

## KARAKTERISASI KAPASITAS TUKAR KATION ZEOLIT UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH B3 CAIR

Endro Kismolo, Nurimaniwathy, Tri Suyatno

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan – BATAN

Jl. Babarsari Kotak Pos 6101 YKBB Yogyakarta

Email : endrokismolo@gmail.com

### ABSTRAK

**KARAKTERISASI KAPASITAS TUKAR KATION ZEOLIT UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH B3 CAIR.** Telah dilakukan penelitian karakterisasi kapasitas tukar kation zeolit alam sebagai sorben alternatif. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik kapasitas tukar kation zeolit alam yang digunakan pada reduksi volume limbah radioaktif. Karakterisasi dilakukan dengan mengukur nilai kapasitas tukar kation zeolit alam sebelum dan setelah pengaktifan kimia zeolit alam menggunakan larutan  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  0,1 M;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  0,1 M dan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,1 M, dan pengaktifan fisika dengan pemanasan pada suhu 50 °C sampai dengan 450 °C. Dari percobaan diperoleh kesimpulan bahwa kondisi terbaik dicapai pada suhu pemanasan 250 °C yaitu memberikan nilai KTK total sebesar = 1,904 meq/g. Sedangkan  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  0,1M merupakan aktifan terbaik yaitu memberikan nilai KTK total sebesar 1,921 meq/g.

*Kata kunci : Kapasitas Tukar Kation, KTK-Zeolit, Reduksi Volume LRA*

### ABSTRACT

**THE CHARACTERIZATION CATION EXCHANGE CAPACITY OF ZEOLITE FOR THE TREATMENT OF HAZARDOUS LIQUID WASTE.** The aim of the research of characterization of cation exchange capacity natural zeolite for the alternative sorbent has been done. This research was done to know cation exchange capacity of natural zeolite, as the applied on the reduction of radioactive waste. Characterization was done by measure of cation exchange capacity of zeolite before and after chemical activation using  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  0.1 M;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  0.1 M dan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0.1 M and physical activation by heating on temperature from 50 °C to 450 °C. From the research can be deduced that the best condition to be obtained on temperature heating on 250 °C is to gave total CEC are 1,904 meq/g. And the  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  0,1M is the best activan with the value of CEC are 1,921 meq/g.

*Key Words : Cation Exchange Capacity, CEC-Zeolite, Volume Reduction of RW*

### PENDAHULUAN

Untuk mendukung kegiatan pengelolaan limbah radioaktif di PTAPB khususnya pada kegiatan reduksi volume limbah radioaktif dan limbah B3 cair aktivitas rendah perlu dikembangkan pemanfaatan mineral lokal sebagai sorben alternatif. Peningkatan metode dan teknis sorpsi menggunakan mineral lokal terus diupayakan agar diperoleh tingkat reduksi limbah yang tinggi, sehingga pencemaran lingkungan dapat dihilangkan. Pemakaian mineral lokal zeolit pada proses sorpsi merupakan salah satu metode yang diterapkan pada proses reduksi dan pengolahan limbah radioaktif dan limbah B3 cair. Proses sorpsi cocok diterapkan pada reduksi volume limbah radioaktif cair dan senyawa B3 cair yang memiliki kadar radionuklida atau logam berat yang rendah, misalnya limbah cair destilat evaporator atau efluen proses pertukaran ion sebelum limbah tersebut di dispersi lingkungan. Limbah radioaktif dan senyawa B3 cair yang memiliki karakteristik demikian biasanya terdapat dalam beningan atau efluen hasil pengolahan kimia

dan proses evaporasi dimana di dalamnya masih mengandung radionuklida atau logam berat yang kadarnya belum memenuhi syarat untuk didispersi ke lingkungan<sup>(1,2)</sup>.

Saat ini zeolit banyak digunakan sebagai sorben alam yang secara ekonomis dapat digunakan sebagai bahan penyerap logam berbahaya dalam limbah radioaktif dan senyawa B3 cair. Salah satu faktor penting berkaitan dengan penggunaan mineral lokal khususnya zeolit untuk penyaring dan atau penyerap logam berbahaya dalam limbah industri adalah dalam hal kemampuan mineral lokal sebagai penukar ion. Kemampuan zeolit sebagai sorben didukung oleh adanya kandungan senyawa aluminium silikat di dalamnya yang memiliki struktur kerangka tiga dimensi di dalam zeolit yang terbentuk oleh tetrahedral  $\text{AlO}_4^{5-}$  dan  $\text{SiO}_4^{4-}$  dengan rongga di dalamnya terisi ion-ion logam biasanya logam alkali tanah (Na, K, Mg, Ca dan Fe) dan molekul air yang dapat bergerak bebas. Untuk mempermudah terjadinya proses pertukaran kation-kation, padatan zeolit dibuat homogen terlebih dahulu dengan proses pengaktifan yaitu dengan

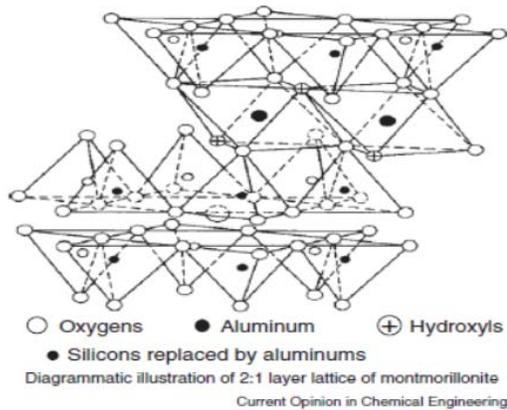
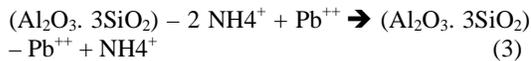
menambah asam atau garam tertentu, atau dengan pemanasan<sup>(2,3,4)</sup>.

Pengaktifan mineral lokal dapat dilakukan dengan menambahkan larutan asam atau garam (sulfat, khlorida, nitrat). Langkah ini bertujuan untuk membersihkan permukaan pori-pori mineral, membuang senyawa-senyawa pengotor dan reposisi letak atom dalam pori yang dapat dipertukarkan dengan memperbesar kemungkinan naiknya pergerakan logam-logam alkali tanah yang ada di dalamnya<sup>(3,4,5)</sup>. Pada pengaktifan secara kimia menggunakan larutan garam  $\text{NH}_4^+$  maka akan diperoleh (zeolit- $\text{NH}_4^+$ ) sebagai penukar kation, sehingga dalam proses sorpsi kation (Logam = L) yang ada dalam limbah akan terserap oleh pori permukaan zeolit dan bersubstitusi dengan kation  $\text{NH}_4^+$  yang ada pada permukaan sorben, seperti dalam reaksi di bawah ini :

1. Reaksi aktifasi zeolit)



2. Reaksi pertukaran ion pada aplikasi proses penyerapan limbah



Gambar 1. kerangka struktur mineral lokal zeolit dan clipnotit

Zeolit mempunyai kapasitas tukar kation (KTK) yang lebih tinggi dibandingkan lempung misalnya bentonit, dan rumpun monmorillonit yang lain, hal ini dapat diterangkan dari perbedaan struktur kristal kedua material yang mempengaruhi sifat serapan dan pertukaran ion. Nilai KTK total dari zeolit jenis klinoptilolit pada umumnya antara (1,5 - 2,0) meq/g dan KTK total dari bentonit bervariasi dari (0,4 - 1,2) meq/g. Di dalam sistem air, nilai KTK dari zeolit juga sangat ditentukan sifat pergerakan logam-logam alkali yang ada di dalamnya yaitu logam (Ca, Mg, Na dan  $\text{K}^{(1,8)}$ ).

Secara umum kerangka struktur mineral lokal zeolit dan clipnotit mengikuti bentuk struktur sebagaimana ditunjukkan Gambar 1.

Logam-logam alkali yang bersifat kationik tersebut secara terpisah mampu menaikkan nilai KTK total dari sorben zeolit tergantung kemudahan logam-logam alkali tersebut bergerak dalam sistem saluran-saluran kerangka zeolit. Kation-kation tersebut mempunyai mobilitas yang tinggi, sehingga dapat memudahkan proses pertukaran ion. Karakter zeolit lainnya adalah dari pembentukan kerangka struktur molekular dari penggabungan molekul-molekul tetrahedral membentuk celah-celah dan saluran yang teratur sehingga menyebabkan adanya struktur berpori yang memungkinkan suatu molekul dapat melewati atau terperangkap dalam struktur kristal. Hal ini menyebabkan zeolit bersifat sebagai penukar ion, penyerap, dan penyaring molekul<sup>(4,5)</sup>. Sistem kapilaritas dalam pori yang terbentuk dalam struktur zeolit diduga akan menjadi lebih luas apabila zeolit alam dipanaskan pada suhu tertentu. Proses pemanasan diduga mampu menguapkan air dalam struktur kristal, dan kotoran dalam pori akan ikut teruapkan bersama penguapan air. Pori sorben yang semakin besar menyebabkan proses intrusi air akan meningkat sehingga diduga akan meningkatkan nilai kapasitas tukar kation, sehingga dapat meningkatkan kemampuan sorpsi dari zeolit dapat dilakukan dengan cara peningkatan nilai kapasitas tukar kation zeolit tersebut menggunakan larutan garam  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  dan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  atau  $\text{HNO}_3$  dan aktivasi secara fisis dengan pemanasan zeolit pada suhu 50 °C sampai dengan 450 °C. Selanjutnya karakteristik sorben zeolit ditentukan dengan mengukur nilai KTK total dan nilai KTK masing-masing kation (sebagai  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$ ) yang ada di dalamnya<sup>(2,5)</sup>.

Dalam percobaan ini selain ingin diperoleh karakteristik nilai kapasitas tukar kation total dan nilai KTK masing-masing logam-logam alkali yang ada di dalam zeolit tersebut sebelum dan sesudah pengaktifan, juga akan diuji kemampuan sorpsi zeolit tersebut dalam mereduksi kadar Pb dalam limbah B3 cair fase air<sup>(7)</sup>.

## TATA KERJA

### Bahan

Zeolit dari Gedangsari Gunung Kidul, larutan ammonium sulfat 0,1 M, larutan ammonium nitrat, 0,1 M, larutan ammonium khlorida 0,3 M, limbah cair efluen simulasi yang mengandung kontaminan logam plumbum (Pb) sebesar 50,0 ppm dan aquades.

## Peralatan

Ayakan standar tyler, perangkat pengaduk polymixer, piranti gelas, furnase thermolyne sybron dan spektrofometer.

## Cara Kerja

### Pengaktifan zeolit secara fisis dengan pemanasan

- Zeolit lolos saringan (-60+80) mesh sebanyak 500 gram dimasukkan ke dalam gelas piala atau cawan porselin, dipanaskan dalam furnase pada suhu 150 °C selama 60 menit, didiamkan dalam furnase sampai suhu kamar, ditimbang, kemudian ditampung dalam wadah dan ditutup rapat,
- Dilakukan langkah yang sama seperti di atas pada suhu 50 °C, 100 °C, 200 °C, 150 °C, 250 °C, 300 °C, 350 °C, 400 °C dan 450 °C untuk masing-masing selama 60 menit.
- Dilakukan langkah a dan b terhadap zeolit dengan ukuran butir (-80+100) mesh.

### Pengaktifan zeolit secara kimia

- Zeolit ukuran butir (-60+80) mesh sebanyak 150 gram dimasukkan ke dalam gelas beker volume 1000 ml yang telah berisi larutan aktivan (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> 0,1 M sebanyak 500 ml. Selanjutnya diaduk pada kecepatan pengadukan cepat 150 rpm selama 10 menit menggunakan perangkat polymixer, dilanjutkan dengan kecepatan pengadukan lambat 30 rpm selama 60 menit.
- Hasilnya disaring dan padatan dalam kertas saring masukkan ke dalam gelas beker 1000 ml. Selanjutnya padatan dalam beker gelas dicuci dengan akuades yaitu dengan cara ditambahkan akuades 500 ml, diaduk lambat 50 rpm selama 10 menit, disaring dan diukur pH filtratnya. Pencucian terhadap padatan diulang dengan cara yang sama sampai diperoleh pH filtrat = 7,0
- Padatan yang diperoleh dipindahkan ke dalam gelas beker 1000 ml untuk dicuci dengan ethanol teknis sebanyak 500 ml dengan cara diaduk (30 rpm) selama 60 menit, disaring, dan padatan yang dalam kertas saring dipindahkan ke dalam cawan porselain, dikeringkan menggunakan lampu pemanas sampai diperoleh berat padatan yang tetap.
- Padatan zeolit hasil aktivasi digerus, dan diayak dengan ayakan tyler standard ukuran (-60+80) mesh, hasilnya disimpan dalam eksikator.
- Langkah a, b, c dan dilakukan terhadap zeolit ukuran butir (-80+100) mesh dan dengan larutan aktifan NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 0,3 M dan NH<sub>4</sub>Cl 0,3 M. Masing-masing perlakuan dilakukan tiga kali ulangan.

## Penentuan nilai kapasitas tukar kation (KTK)

Kapasitas tukar kation adalah banyaknya kation yang dapat ditukarkan dalam satuan berat equivalen tiap satuan berat mineral dari bahan galian alam. Pada percobaan ini selain diukur nilai KTK total, juga dianalisis nilai kapasitas tukar kation yang ditimbulkan karena adanya logam-logam alkali yang bersifat kationik (Ca, Mg, Na dan K).

### Uji sorpsi logam Pb dalam limbah simulasi khrom-nitrat

Limbah B3 cair yang mengandung logam Pb sebesar 50,0 ppm di masukan ke dalam gelas beker 100 ml, kemudian ditambah zeolit alam dan zeolit hasil pengaktifan terbaik sebanyak 10 % berat/volume (b/v). Campuran selanjutnya diaduk pada kecepatan pengadukan cepat 150 rpm selama 10 menit dan pengadukan lambat 50 rpm selama 60 menit, diterapkan selama 180 menit. Selanjutnya dilakukan analisis kadar Pb dalam beningan hasil penganapan dengan metode spektrofotometri.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh pemanasan terhadap karakteristik nilai kapasitas tukar kation.

Tabel 1. Tabel data hubungan antara suhu pemanasan terhadap nilai KTK total zeolit pada kondisi ukuran butir (-60+80) mesh dan (-80+100) mesh, dengan waktu pemanasan 60 menit.

No	Suhu Pemanasan (°C)	Kapasitas Tukar Kation (KTK) <sub>total</sub> (meq/gram)	
		(-60+80) mesh	(-80+100) mesh
1.	50	1,664	1.651
2.	100	1,736	1.726
3.	150	1,778	1.755
4.	200	1,812	1.794
5.	250	1,904	1.854
6.	300	1,623	1.554
7.	350	1,414	1.372
8.	400	1,376	1.302

Data pengaruh pemanasan terhadap karakteristik nilai kapasitas tukar kation total zeolit dapat dilihat pada Tabel 1. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa pengaktifan dengan cara pemanasan sedikit meningkatkan nilai kapasitas tukar kation dari zeolit alam. Dari Tabel 1 diperoleh data bahwa pada suhu pemanasan tertentu ( ± 300 °C) terhadap zeolit alam, nilai KTK total yang diperoleh cenderung turun.

Hal ini terjadi karena pada kisaran suhu tersebut diduga sudah mulai terjadi kerusakan pada struktur kerangka mineral zeolit, sehingga nilai

KTK yang diperoleh menjadi rendah. Dari percobaan, kondisi pemanasan zeolit terbaik dicapai pada kisaran suhu 200 °C sampai 250 °C dengan nilai KTK total antara 1,904 meq/g sampai 1,854 meq/g. Terhadap kedua kondisi ukuran butir, maka untuk zeolit dengan ukuran butir (-60+80) mesh memberikan nilai kapasitas tukar kation total sedikit lebih besar apabila dibandingkan dengan zeolit dengan ukuran butir (-80+100) mesh.

### Pengaruh pengaktifan kimia terhadap nilai kapasitas tukar kation (KTK) total dari zeolit alam.

Pengaruh pengaktifan kimia terhadap nilai kapasitas tukar kation (KTK) total dari zeolit dapat dilihat pada Tabel 2. Dari Tabel 2, dapat diperoleh data bahwa nilai kapasitas tukar kation zeolit dapat ditingkatkan dengan cara pengaktifan kimia, dalam percobaan ini digunakan larutan aktifan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  0,1M,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  0,1 M dan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,1 M. Terhadap variable ukuran butir zeolit, maka dari Tabel 1 dapat diperoleh data bahwa nilai kapasitas tukar kation total dari zeolit dengan ukuran butir (-60+80) mesh memberikan nilai KTK yang lebih besar apabila dibandingkan dengan zeolit dengan ukuran butir (-80+100) mesh.

Tabel 2. Pengaruh pengaktifan secara kimia terhadap nilai kapasitas tukar kation (KTK) total dari zeolit yang dipanaskan 150 °C

No	Larutan Aktivan	KTK (meq/g)
	Ukuran butir (-60+80) mesh (KTK awal : 1,664 meq/g)	
1.	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,1 M	1,921
2.	$\text{NH}_4\text{NO}_3$ 0,1 M	1,898
3.	$\text{NH}_4\text{Cl}$ 0,1 M	1,786
	Ukuran butir (-80+100) mesh (KTK awal : 1,651 meq/g)	
1.	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,1 M	1,886
2.	$\text{NH}_4\text{NO}_3$ 0,1 M	1,746
3.	$\text{NH}_4\text{Cl}$ 0,1 M	1,726

Dari percobaan ini diperoleh data bahwa hasil modifikasi/ pengaktifan zeolit secara kimia terbaik dicapai dengan penambahan larutan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  0,1 M yaitu dengan nilai KTK total rerata sebesar 1,921 meq/g terhadap zeolit dengan ukuran butir (-60+80) mesh. Meskipun perubahan nilai kapasitas tukar kation yang diperoleh masih cukup rendah, tetapi ditambahkan ammonium sulfat encer memberikan nilai KTK yang lebih besar dibanding ammonium nitrat dan ammonium klorida. Pada pengaktifan mineral lokal, pengendalian kerusakan struktur mineral dan aktivasi terjadi bersamaan ketika proses pengaktifan. Pada penelitian ini

karena waktu pengaktifan relatif singkat, diduga ammonium sulfat mampu selain sebagai aktifan juga mampu membersihkan kerangka struktur mineral lebih cepat dibandingkan ammonium nitrat dan ammonium klorida. Ion sulfat akan menggantikan posisi  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$  dalam ikatan ioniknya, sehingga nilai KTK yang diperoleh akan meningkat. Terhadap ukuran butir zeolit, dari percobaan diperoleh data bahwa meskipun selisihnya tidak signifikan, maka pada proses pengaktifan sebaiknya dipilih dengan ukuran mendekati ukuran butir aplikasi, yaitu sekitar 60 sampai dengan 100 mesh. Pada pengaktifan, ukuran butir yang lebih besar akan mengalami kerusakan material lebih kecil dari pada yang ukuran butirnya lebih kecil. Ini masih perlu dikembangkan mengingat kondisi mineral lokal di setiap daerah memiliki karakteristik yang berbeda.

### Pengaruh pengaktifan terhadap nilai kapasitas tukar kation (KTK) logam-logam alkali (Ca, Mg, Na dan K) dalam zeolit alam.

Tabel 3.a Pengaruh ukuran butir terhadap nilai kapasitas tukar kation (KTK) dari logam-logam alkali dalam zeolit alam.

No	Ukuran Butir (mesh)	Nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) (meq/g)			
		$\text{Ca}^{++}$	$\text{Mg}^{++}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$
1.	(-60+80)	1,492	0,625	0,851	0,514
2.	(-80+100)	1,471	0,548	0,794	0,502

Data Primer : Metode analisis : SNI. 15-0449-1989

Modifikasi/ pengaktifan terhadap nilai kapasitas tukar kation (KTK) masing-masing logam alkali yang ada di dalam zeolit dapat dilihat pada Tabel 3a, Tabel 3.b dan Tabel 3.c. Dari percobaan dapat diperoleh informasi bahwa nilai kapasitas tukar kation zeolit dapat ditingkatkan dengan cara pemanasan dan pengaktifan kimia yaitu dalam percobaan ini digunakan larutan aktifan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  0,1 M  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  0,1 M dan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,1 M, masing-masing larutan aktifan menghasilkan nilai KTK yang berbeda. Dari ketiga tabel tersebut dapat dilihat bahwa untuk masing-masing logam alkali akan memberikan sifat pertukaran dalam kerangka zeolit yang berbeda tergantung kondisi zeolitnya.

Nilai kapasitas tukar kation masing-masing logam alkali tersebut tersebut sangat tergantung kondisinya antara lain ukuran butir, kondisi sebelum dan setelah pemanasan, serta kondisi zeolit sebelum dan setelah pengaktifan secara kimia. Dari Tabel 3.a, dapat diperoleh data terhadap dua macam kondisi ukuran butir zeolit, bahwa ukuran butir berpengaruh terhadap nilai kapasitas tukar kation logam-logam alkali dalam zeolit. Semakin kecil ukuran butirnya, maka nilai

rerata kapasitas tukar kation yang dihasilkan masing-masing logam alkali cenderung turun. Hal ini berlaku untuk semua nilai KTK dari logam Ca, Mg, Na dan K yang ada di dalam mineral zeolit. Meskipun belum dianalisis lebih dalam dengan melihat kondisi struktur sebelum dan sesudah pengaktifan, sama dengan percobaan awal bahwa hal ini terjadi karena terjadinya kerusakan mineral semakin besar pada ukuran butir yang semakin kecil. Kondisi yang demikian membuat nilai KTK yang diperoleh baik secara total maupun per logam alkali memiliki kecenderungan menurun. Data tersebut memberikan informasi penting tentang batasan penggunaan mineral alam (tanpa modifikasi) khususnya zeolit yang sering diaplikasikan untuk proses adsorpsi.

Tabel 3.b Pengaruh pengaktifan fisika dengan pemanasan terhadap nilai kapasitas tukar kation (KTK) dari logam-logam alkali dalam zeolit.

No	Suhu Pemanasan (°C)	Nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK)(meq/g)			
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
<b>Ukuran butir (-60+80)</b>					
1.	Tanpa pemanasan	0,823	0,103	0,324	0,300
2.	150	1,415	0,188	0,611	0,409
3.	200	1,420	0,512	0,666	0,424
4.	250	1,399	0,477	0,627	0,446
5.	300	1,268	0,237	0,818	0,540
6.	350	0,918	0,474	0,843	0,636
<b>Ukuran butir (-80+100)</b>					
1.	Tanpa pemanasan	0,736	0,098	0,286	0,265
2.	150	1,248	0,597	0,665	0,372
3.	200	1,670	0,467	1,022	0,451
4.	250	1,422	0,469	0,811	0,541
5.	300	1,177	0,238	0,623	0,463
6.	350	0,784	0,095	0,584	0,601

Data Primer : Metode analisis : SNI. 15-0449-1989

Selanjutnya dari Tabel 3.b dan Tabel 3.c, diperoleh data pengaruh pemanasan dan pengaruh pengaktifan kimia terhadap nilai kapasitas tukar kation masing-masing logam alkali yang ada dalam zeolit alam (Ca, Mg, Na dan K). Dari data menunjukkan bahwa untuk kedua ukuran butir sampel zeolit yang dicoba, variabel pemanasan mampu menaikkan nilai KTK yang diperoleh, tetapi pada suhu tertentu nilai KTK yang diperoleh cenderung turun lagi. Pada batas tertentu variabel panas dan penambahan bahan kimia justru menurunkan nilai KTK logam-logam alkali, hal ini diduga terjadi karena kerusakan struktur kerangka zeolit yang mengakibatkan terjadinya penurunan mobilitas logam-logam alkali dalam (Ca, Mg, Na dan K) dalam zeolit. Kondisi yang demikian akan

menyebabkan terjadinya penurunan nilai KTK masing-masing logam alkali tersebut. Pada percobaan ini, pemanasan yang optimum memang belum diperoleh, artinya seberapa jauh kondisi struktur mineral miah perlu dikaji lebih dalam, khususnya terkait dengan ukuran butir dan variabel pemanasan, karena kecenderungan turunnya nilai KTK tidak semata-mata karena proses tergantikannya logam-logam alkali dengan ion aktifan, tetapi kerusakan struktur mineral akan dikaji lebih dalam. Dari data percobaan, kondisi pemanasan terbaik dicapai pada suhu antara 200 °C sampai 250 °C, sedangkan untuk pengaktifan kimia, larutan ammonium sulfat memberikan rerata nilai KTK yang terbesar untuk semua logam alkali yang ada di dalam zeolit seperti tampak pada tabel 3.c.

Tabel 3.c. Pengaruh pengaktifan kimia terhadap nilai kapasitas tukar kation (KTK) logam-logam alkali dalam zeolit.

No	Kondisi Zeolit	Nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) (meq/g)			
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
1.	Ukuran butir (-60+80) Aktivasi secara kimia :				
	a. (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 0,1 M	1,286	0,566	0,581	0,683
	b. NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , 0,1 M	1,276	0,684	0,473	0,691
	c. NH <sub>4</sub> Cl, 0,1 M	1,187	0,507	0,542	0,553
2.	Ukuran butir (-80+100) Dipanaskan :				
	a. (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 0,1 M	1,228	0,513	0,494	0,603
	b. NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , 0,1 M	1,266	0,510	0,525	0,628
	c. NH <sub>4</sub> Cl, 0,1 M	1,205	0,455	0,481	0,562

Data Primer : Metode analisis : SNI. 15-0449-1989

### Uji sorpsi terhadap limbah cair Pb-nitrat

Kondisi zeolit hasil pemanasan dan pengaktifan kimia digunakan untuk sorpsi limbah cair yang mengandung logam Pb. Data untuk percobaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4. Pada uji sorpsi ini hanya dicoba untuk zeolit alam dan yang memiliki nilai KTK terbaik setelah pengaktifan secara fisika dengan cara pemanasan dan pengaktifan secara kimia.

Dari uji sorpsi tersebut tampak bahwa perlakuan terhadap adsorben alam zeolit secara nyata mampu meningkatkan kemampuan sorpsinya, sehingga mineral lokal yang akan digunakan sebagai sorben alternative perlu dimodifikasi baik dengan cara pemanasan atau dengan cara pengaktifan kimia. Dari percobaan diperoleh data bahwa uji sorpsi menggunakan mineral yang mengalami pengaktifan akan memberikan kualitas sorpsi lebih baik, dan akhirnya memberikan nilai efisiensi pemisahan lebih besar. Dalam semua

kondisi dapat dilihat bahwa semakin besar nilai kapasitas tukar kationnya, akan memberikan nilai efisiensi pemisahan yang cenderung lebih besar pula. Ini terjadi karena semakin besar nilai kapasitas tukar kationnya akan memberikan peluang selain terjadi proses sorpsi juga terjadi pertukaran ion oleh logam-logam alkali yang ada di dalam kisi-kisi struktur mineral. Selanjutnya pada aplikasi penambahan bahan kimia perlu dipertimbangkan sesuai kebutuhan proses, mengingat proses pengaktifan segera perlu dilakukan proses pencucian agar tidak terjadi korosi dan pelepasan logam-logam yang siap dipertukarkan. Selain itu penggunaan bahan kimia aktifan direkomendasikan untuk menggunakan larutan yang encer untuk menghindari kerusakan mineral.

Tabel 4. Uji sorpsi zeolit terhadap efisiensi pemisahan limbah Pb-nitrat pada kondisi beban adsorben 10 % b/v, kecepatan pengadukan cepat 100 rpm selama 10 menit, kecepatan pengadukan lambat 30 rpm selama 30 menit dan waktu penguapan selama 12 jam.

No	Kondisi adsorben zeolit	Efisiensi Pemisahan (%)
1.	Zeolit alam (-60+80) mesh	64,725
2.	Zeolit pemanasan 250 °C	88,424
3.	Zeolit hasil pengaktifan kimia dengan (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : 0,1 M	94,615
3.	Zeolit hasil pengaktifan kimia dengan NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> : 0,1 M	93,559
3.	Zeolit hasil pengaktifan kimia dengan NH <sub>4</sub> Cl : 0,1 M	91,274

## KESIMPULAN

Dari data percobaan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Terhadap nilai kapasitas tukar kation total, maka untuk keperluan modifikasi zeolit alam, pemanasan terbaik dicapai pada suhu 250 °C dengan nilai KTK total sebesar = 1,904 meq/g, sedangkan zeolit yang aktifan larutan (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 merupakan aktifan terbaik yaitu memberikan nilai KTK total sebesar 1,921 meq/g.
2. Terhadap nilai KTK dari logam-logam alkali kationik Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup> dan K<sup>+</sup>, maka Ca<sup>++</sup> yang paling dominan memiliki nilai kapasitas tukar kation terbesar yaitu untuk zeolit dengan ukuran butir (-60+80) mesh yang dipanaskan sampai 200 °C dan ditambah larutan (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

0,1 M. Pada kondisi tersebut nilai KTK logam-logam alkali rerata yang dihasilkan adalah sebesar 1,420 meq/g untuk sampel uji yang dipanaskan 200 °C, dan 1,286 meq/g untuk yang diaktifkan dengan larutan (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 M.

3. Dari uji sorpsi terhadap limbah simulasi Pb-nitrat, diperoleh data bahwa kondisi mineral lokal yang terbaik memberikan nilai efisiensi pemisahan logam Pb yang terbesar.

## DAFTAR PUSTAKA

1. BRECK, D.W., Zeolite Molecular Sieves, Structure, Chemistry, and Use, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1974.
2. SCHNEIDER, K., Use of Local Minerals in the Treatment of Radioactive Waste, Technical Report Series No. 136, IAEA, Vienna, 1974.
3. OTHMER, K., Encyclopedia of Chemical Technology, 3<sup>th</sup> ed., vol. 15, John Wiley & Sons, New York, 1981
4. PALAR, HERYANDO., 1994, Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat, PT. Rineka Cipta, Jakarta
5. <http://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/SEDIMENT/sedsettle.html>.
6. Peraturan Pemerintah RI Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dan Penjelasannya.
7. ENDRO KISMOLO, 2011, Karakterisasi Kadar Zat Padat Dalam Efluen Pada Proses Sorpsi Limbah B3 Cair Menggunakan Zeolit, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah-Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nukir, PTAPB, Yogyakarta.
8. HANAN S, DKK, 2010, Application of zeolite prepared from egyptia kaolin for removal of heavy metals: II. Isoterm models, Journal of Hazaourdots Materials 182 ; 842-841.

## TANYAJAWAB

### Harry Supriadi

- Apakah karakter fisika dan kimia selalu terkait dengan proses pengaktifan mineral lokal, dan bagaimana dengan nilai KTKnya?

### Endro Kismolo

- Ya. Pada pengolahan untuk proses pengaktifan mineral lokal secara fisika selalu diikuti proses perubahan karakteristik kimianya. Nilai KTK selalu dipengaruhi oleh karakteristik mineral lokal tersebut.

**Rosidi**

- Zeolit diperoleh dari Gunung Kidul, preparasi apa yang dilakukan, apa perlu ukuran butir tertentu?

**Endro Kismolo**

- *Penelitian ini adalah bagian preparasi zeolit untuk sorbent alternatif. Dalam percobaan ini hanya dilakukan penggerusan untuk memperoleh ukuran butir tertentu dan aktivasi menggunakan garam ammonium digunakan untuk pengaktifan kimia.*