

PERCOBAAN PENGGERUSAN ZEOLIT TASIKMALAYA DAN UJI KAPASITAS TUKAR KATIONNYA PADA SETIAP UKURAN HASIL GERUS

TRISNA SOENARA dan HUSAINI

Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara
Jalan Jenderal Sudirman 623 Bandung 40211
Telp. (022) 6030483 Fax. (022) 6003373
e-mail: trisna@tekmira.esdm.go.id, husaini@tekmira.esdm.go.id

SARI

Sifat-sifat ketergerusan dalam penghalusan zeolit dengan menggunakan alat *Ball Mill Denver* dilakukan dengan mempelajari beberapa faktor berpengaruh yang meliputi kecepatan putar (RPM) dan waktu penggerusan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa penggerusan zeolit Tasikmalaya menghasilkan kumulatif persen optimum lolos 99% pada ukuran -35 mesh dan minimum pada ukuran -200 mesh sebesar 27% dengan menggunakan bola gerus berdiameter 48 mm, 52 rpm selama 12 menit. Kondisi optimum tersebut diperoleh dari ujicoba terhadap variasi sembilan ukuran butiran sebagai berikut: -6 + 35; -35 + 70; -70 + 100; -100 + 140; -140 + 170; -170 + 200; -200 + 270; -270 + 325 dan -325 mesh. Semua variasi ukuran zeolit tersebut diuji kapasitas tukar kationnya. Hasil pengujian KTK menunjukkan bahwa ukuran butiran semakin halus, KTK-nya semakin tinggi, tetapi setelah kehalusan butiran mencapai -200 mesh nilai KTK-nya turun lagi.

Kata Kunci : zeolit, penggerusan, ukuran butir, KTK

ABSTRACT

The grindability of Tasikmalaya's zeolite using Ball Mill has been studied by parameters of % solid, rotation speed (RPM) and grinding time. The result has produced the optimum size in 99 % cumulative passed of -35 mesh and the minimum size of -200 mesh at 27%, using diameters of grinding balls of 48 mm, 52 RPM with grinding time 12 minutes. This optimum condition revealed from the variation of nine sizes of distribution such as: -6 + 35; -35 + 70; -70 + 100; -100 + 140; -140 + 170; -170 + 200; -200 + 270; -270 + 325 and -325 mesh. Then, all of the size variations were tested by Cation Exchange Capacity (CEC). The result shows that the smaller the particle size the CEC increases. However, after -200 mesh of particle size the CEC declines.

Keywords : Zeolite, grinding, particle sizes, CEC

PENDAHULUAN

Zeolit adalah kristal aluminosilikat terhidrasi yang berisi kation-kation bermuatan positif dari unsur alkali dan alkali tanah dalam rangka kristal tiga dimensinya. Kerangka dasar struktur zeolit adalah penggabungan unit-unit tetrahedral AlO_4 dan SiO_4 yang dihubungkan melalui atom oksigen yang di dalam struktur zeolit tersebut Si^{+4} dapat digantikan

oleh Al^{3+} , sehingga rumus empiris dari zeolit dapat ditulis: $M_{2/n}O \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot yH_2O$. M adalah kation alkali atau alkali tanah, n adalah volume kation dan x,y adalah bilangan tertentu (Husaini, 2003).

Zeolit dikenal sebagai mineral yang unik, karena memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang sangat diperlukan seperti derajat hidrasi yang tinggi, kerapatan ruang rendah dan volume ruang kosong

tinggi bila mengalami dehidrasi dan mempunyai kemampuan menukar kation, saluran molekul yang seragam dalam kristal terhidrasi serta mempunyai kemampuan menyerap gas dan uap, bersifat katalis dan konduktivitas listrik. (Hay, 1997).

Zeolit mempunyai daya selektifitas serap yang tinggi sehingga sering digunakan untuk mengisolasi kation yang diikatnya secara selektif, misalnya ion NH_4^+ dan radionuklida.

Kation-kation dalam struktur kristal zeolit dapat dipertukarkan dengan kation lain dalam suatu larutan tanpa merusak strukturnya. Hal ini disebabkan oleh adanya ion-ion yang bergerak bebas dalam pori-pori kristal zeolit yang selalu memelihara kenetralan muatan listriknya. Kapasitas pertukaran kation tergantung pada ukuran butir, muatan ion, dan jenis zeolit. Molekul – molekul air pada zeolit mudah dilepaskan (dehidrasi) melalui proses pemanasan pada suhu 350°C , menghasilkan luas permukaan rongga/saluran yang tinggi, sehingga memiliki daya serap yang tinggi (Kuncoro, 1989).

Maksud dan tujuan dilakukannya kajian ini adalah untuk mendapatkan kondisi operasi penggerusan zeolit sampai ukuran butiran tertentu dengan menggunakan ball mill cara kering yang optimum. Hal ini perlu dilakukan karena batuan zeolit hasil tambang umumnya berukuran relatif besar, sedangkan dalam pemakaiannya, zeolit alam harus memiliki ukuran butiran tertentu, yang disesuaikan dengan bidang penggunaannya. Untuk mendapatkan distribusi ukuran partikel tertentu, batuan zeolit digerus dengan *Ball Mill* cara kering untuk mengkaji faktor-faktor yang berpengaruh. Faktor-faktor pengaruh yang diuji adalah diameter bola (d), kecepatan putar *Ball Mill* (rpm-putaran per menit). Masing-masing fraksi ukuran zeolit, selanjutnya dianalisis kapasitas tukar kationnya (KTK).

Untuk mengecilkan ukurannya harus melalui tahapan peremukan dan penggerusan. Proses penggerusan tersebut dibagi menjadi 2 tahap yaitu:

- Penggerusan kasar, dengan selang ukuran 1 cm – 1 mm.
- Penggerusan halus (*fine grinding*), dengan selang ukuran kurang dari 1 mm.

Pada uji coba ini dilakukan penggerusan tahap ke 2 yaitu penggerusan cara kering dengan *Ball Mill* untuk mendapatkan distribusi ukuran antara -6 mesh hingga

-325 mesh.

Bekerjanya gaya-gaya dalam proses penggerusan tergantung dari putaran *Ball Mill*. Untuk putaran yang relatif lambat gaya abrasi akan lebih dominan, karena partikel-partikel akan mendapat gaya gesek dari media gerusnya. Sedangkan bila putaran *Ball Mill* dipercepat akan mengakibatkan media gerus dan partikel dapat bergerak lebih jauh dari diameter putarannya. Semakin cepat putaran *Ball Mill* hingga melewati kecepatan putar kritis (N_c) mengakibatkan proses penggerusan tidak terjadi. Putaran *Ball Mill* yang belum melewati kecepatan kritis gaya gerus yang dominan adalah gaya dampak dan kompresi (Austin). Penggerusan yang ideal, diperlukan kecepatan putar *Ball Mill* yang tidak melewati N_c . Menurut perhitungan N_c , maka diperlukan kecepatan putar *Ball Mill* untuk diameter (d) bola gerus (48 mm), $N_c = 83,47$ rpm. Sedangkan bila $d = 23$ mm, $N_c = 79,68$ rpm. Oleh karena itu, dalam percobaan ini menggunakan diameter bola gerus (d) 48 mm, 35 mm dan 23 mm.

METODOLOGI

Alat dan Bahan

Alat:

- *Jaw Crusher dan Roll Crusher*
- Ro-Tap
- Ayakan berukuran: 6# ; 35# ; 70# ; 100# ; 140# ; 170# ; 200# ; 270# dan 325#
- Timbangan Elektronik
- *Laboratory Ball Mill*
- Oven Pengereng
- Bola penggerus dengan 3 ukuran : 48mm ; 35mm dan 23mm, yang masing-masing mempunyai berat total 9 kg.
- Peralatan pengukur KTK .

Bahan :

- Batuan Zeolit Alam asal Tasikmalaya, Jawa Barat.
- Sampel zeolit berukuran -6 + 35 mesh, -35 + 70 mesh, -70 + 100 mesh, -100 + 140 mesh, -140 + 170 mesh, -170 + 200 mesh, -200 + 270 mesh, -270 + 325 mesh, -325 mesh

Parameter Percobaan

Parameter pertama yaitu diameter bola gerus yang terbuat dari baja, 3 tiga jenis yaitu ukuran besar 49

mm, sedang 35 mm dan kecil 23 mm. Jumlah bola gerus yang dipakai tergantung pada perbandingan antara berat bola gerus dengan batuan yang akan digerus. Karena berat batuan untuk tiap percobaan 1 kg, maka berat bola gerusnya sembilan kg (Menurut Standard Ball Mill Denver), perbandingan antara berat yang digerus dengan bola gerus: 1 : 9. Dengan demikian jumlah masing-masing ukuran bola gerus yang dipakai juga bervariasi, untuk diameter 49 mm, berjumlah 21 bola; diameter 35 mm, berjumlah 54 bola sedangkan untuk diameter 23 mm, 193 bola. Parameter kedua adalah kecepatan putar *Ball Mill* yaitu 52 putaran per menit dan 42 putaran per menit. Penggerusan dilakukan dengan cara kering.

Diameter Bola Gerus

Kemampuan menggerus dari ketiga macam bola gerus ini, tergantung pada rongga yang dibuat antara bola-bola tersebut dan luas permukaan bola yang dapat menggerus bijih. Semakin besar rongga antara bola-bola maka semakin kecil kemungkinan bijih akan tergerus dengan sempurna. Apabila rongga-rongga yang dibuat oleh bola-bola terlalu kecil maka luas permukaan bola yang dapat menggerus batuan akan semakin kecil.

Kecepatan Putar (RPM)

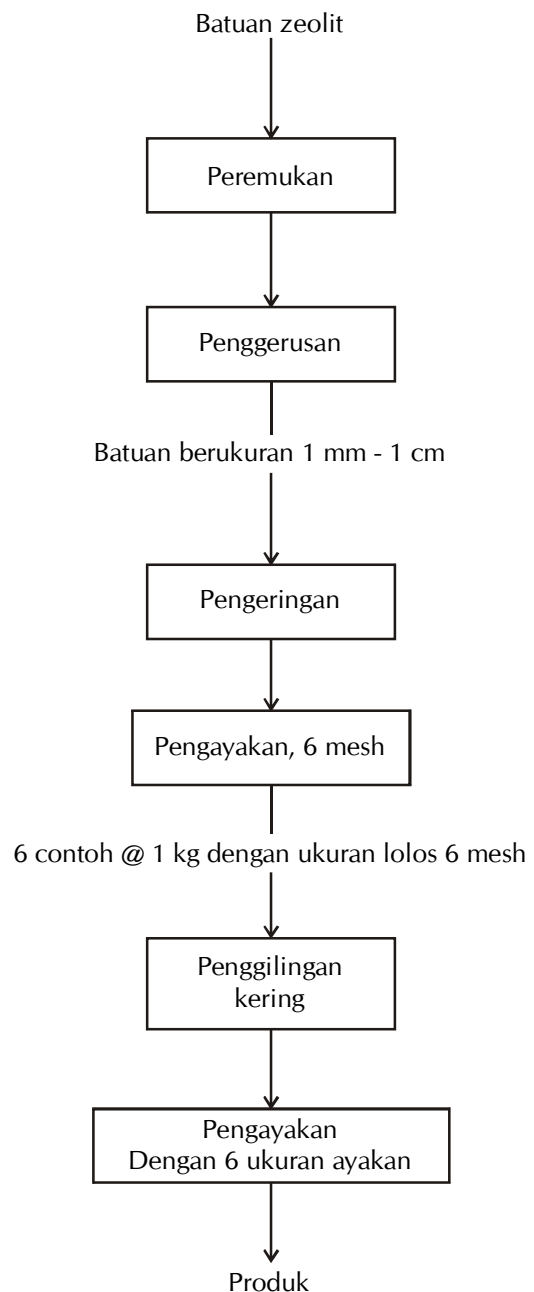
Putaran Mill yang terlalu lambat akan menghasilkan gaya gerus besar sehingga produk yang dihasilkan sangat halus sehingga kondisi ini memungkinkan terjadinya *over grinding*. Sebaliknya jika putaran Mill terlalu tinggi produk hasil proses penggerusan akan berukuran kasar yang akan menyebabkan terjadinya ketidak efisienan proses penggerusan.

Prosedur Percobaan Penentuan Fraksi-Fraksi Ukuran Zeolit

- Contoh bahan zeolit pertama-tama diremuk dengan *Jaw Crusher*, diikuti dengan penggerusan menggunakan *Roll Crusher*.
- Produk hasil penggerusan dilakukan pemercontohan dengan metode *Coning Quatering* untuk memperoleh ukuran secara merata pada tiap sampel. Pada percobaan ini dibuat 6 sampel yang masing-masing 1 kg.
- Kemudian tiap sampel tersebut diayak dengan menggunakan pengayak mekanis (*Ro-Tap*). Hasil ayakan ini merupakan berat awal tiap fraksi ukuran sebelum digerus.
- Kemudian tiap sampel digerus selama 3 menit

sebanyak 4 kali, sehingga didapatkan 5 macam distribusi ukuran produknya.

- Penggerusan dilakukan dengan memvariasikan ukuran bola gerus dan kecepatan putaran.
- Dari data-data ini dibuat grafik antara kumulatif persen (%) berat lolos terhadap ukuran tiap fraksi (mikron).



Gambar 1. Bagan Alir Preparasi dan Uji Giling

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Zeolit Alam

Zeolit alam yang digunakan untuk percobaan berasal dari Tasikmalaya yang terdiri atas jenis mordenit (dominan) dan klinoptilolit (sedikit) dengan total zeolit sampai 76,5 %. Kandungan pengotornya antara lain felspar, kuarsa, kalsit, kristobalit, illit, halloysit, smektit, mika, plagioklas dan oksida besi. Komposisi kimianya adalah sebagai berikut: SiO₂ 68,20 – 72,20 %; Al₂O₃ 10,00 – 11,64 %; Fe₂O₃ 1,08 – 2,27 %; CaO 2,10 – 3,35 %; MgO 0,51 – 0,82 %; K₂O 0,43 – 1,95 %; Na₂O 1,48 – 2,13 %; MnO 0,008 – 0,021 %; LOI 9,53 – 11,67 %. Bahan asal zeolit ini mempunyai KTK rata-tara 160 Meq/100 gr.

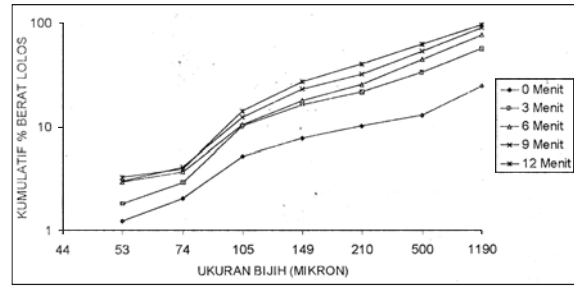
Komposisi kimia zeolit yang digunakan dalam percobaan ini adalah: SiO₂ 66,64 %; Al₂O₃ 11,98 %; Fe₂O₃ 1,89 %; CaO 2,14 %; MgO 0,14 %; K₂O 0,93 %; Na₂O 3,07 %; MnO 0,01 %; LOI 15,65 %. Bahan zeolit ini mempunyai KTK 150 Meq/100 gr.

Distribusi Ukuran Butiran

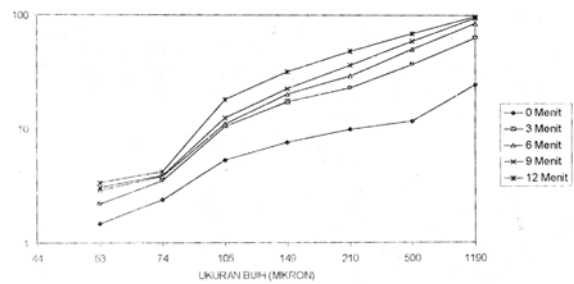
Data hasil percobaan I dibuat grafiknya dengan ukuran bijih (skala mikron) sebagai sumbu absis dan kumulatif persen berat lolos (%) sebagai sumbu ordinat, kedua sumbu ini dibuat dalam skala logaritma (metoda *Schuhman*). Pada percobaan I ini terdapat 6 jenis pengujian yang diubah menjadi bentuk grafik percobaan, mulai dari grafik percobaan I-1 hingga I-6 (Gambar 1 hingga Gambar 6). Setiap jenis pengujian dibahas mengenai pengaruh variabel-variabel : waktu gerus; ukuran bola gerus dan putaran per menit (RPM). Dari setiap jenis pengujian didapatkan harga D(80) dan D(90) yang merupakan kumulatif % berat lolos 80% dan 90% pada ukuran bijih tertentu (skala mikron) seperti yang terlihat pada Tabel 1. di bawah ini.

Tabel 1. D(80) dalam skala mikron

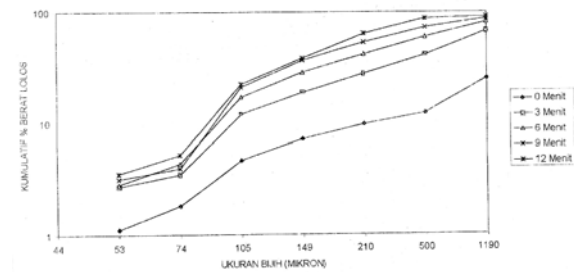
WAKTU	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6
3 menit	-	-	-	-	-	-
6 menit	-	464	481	-	480	-
9 menit	405	381	360	430	390	460
12 menit	345	322	349	360	343	345
Kondisi						
D- Bola	48	35	23	48	35	23
Putaran	52	52	52	42	42	42



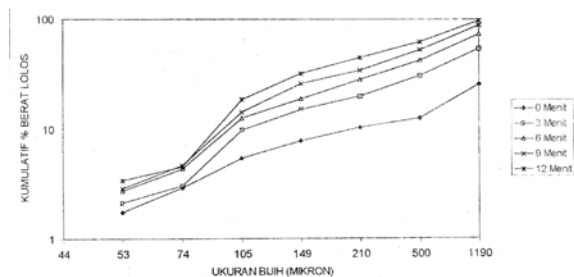
Gambar 1. Pengaruh penggerusan pada distribusi ukuran bijih; 52 RPM dan bola gerus 48 mm.



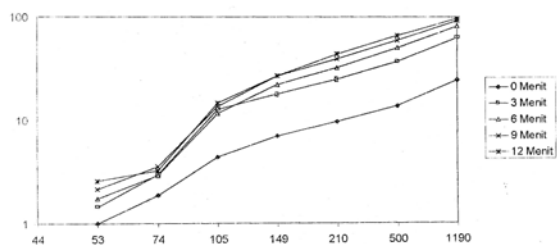
Gambar 2. Pengaruh penggerusan pada distribusi ukuran bijih; 52 RPM dan bola gerus 35 mm.



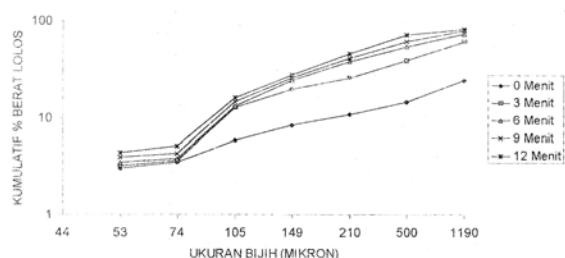
Gambar 3. Pengaruh penggerusan pada distribusi ukuran bijih; 52 RPM dan bola gerus 23 mm.



Gambar 4. Pengaruh penggerusan pada distribusi ukuran bijih; 42 RPM dan bola gerus 48 mm



Gambar 5. Pengaruh penggerusan pada distribusi ukuran bijih; 42 RPM dan bola gerus 35 mm



Gambar 6. Pengaruh penggerusan pada distribusi ukuran bijih; 42 RPM dan bola gerus 23 mm

Pengaruh Waktu Gerus

Pada tiap waktu penggerusan terdapat satu grafik distribusi ukuran bijih hasil penggerusan, sehingga dalam setiap jenis percobaan akan terdapat lima plot grafik yaitu grafik distribusi ukuran bijih menit ke 0 (sebelum penggerusan); menit ke 3; menit ke 6; menit ke 9 dan menit ke 12. Pada Tabel 1, Menunjukkan bahwa sampai penggerusan 3 menit, 80% kumulatif persen lolos belum dicapai. Selain itu dari Tabel 1. Menunjukkan bahwa penggerusan selama 6 menit mulai menghasilkan 80% kumulatif persen berat lolos. (Percobaan I-2; Percobaan I-3; Percobaan I-5;). Sedangkan pada penggerusan 9 menit umumnya menghasilkan 80% kumulatif persen berat lolos kecuali. Untuk penggerusan selama 12 menit dalam setiap penggerusan hampir semuanya menghasilkan 80% kumulatif persen berat lolos.

Pada pada Tabel 2. menunjukkan bahwa penggerusan hingga 6 menit belum menghasilkan 90% kumulatif persen berat lolos. Pada penggerusan selama 9 menit mulai menghasilkan 90% kumulatif persen berat lolos (Percobaan I-1; Percobaan I-2; Percobaan I-5). Bila penggerusan dilakukan selama 12 menit hampir semua jenis pengujian menghasilkan 90% kumulatif persen berat lolos.

Tabel 2. D(90) (dalam Skala mikron).

Waktu	P.I-1	P.I-2	P.I-3	P.I-4	P.I-5	P.I-6
3 mnt						
6 mnt						
9 mnt	480	465			480	
12 mnt	428	423	455	442	440	
Kondisi						
D-bola	48	35	23	48	35	23
Putaran	52	52	52	42	42	42

Keterangan P = Percobaan; D = Diameter (mm).

Pengaruh Ukuran Bola Gerus

Pengaruh ukuran bola gerus terhadap kecepatan waktu penggerusan. dapat diterangkan sebagai sbb : bola gerus berukuran 48 mm relatif memiliki luas permukaan tumbukan dengan batuan yang digerus lebih kecil dibandingkan kedua ukuran bola gerus lain yang lebih kecil (35 mm dan 23 mm) sehingga kemungkinan tumbukan yang terjadi menjadi lebih sedikit. Sedangkan bola gerus dengan ukuran 23 mm berdasarkan percobaan di atas tetap tidak menghasilkan penggerusan yang cepat dibandingkan bola gerus berukuran 35 mm. Hal ini disebabkan besar gaya tumbukan yang diberikan tiap bola gerus berukuran 23 mm relatif lebih kecil dibandingkan besar gaya tumbukan yang dapat diberikan oleh tiap bola gerus berukuran 35 mm atau 48 mm. Selain itu dapat juga disebabkan adanya selisih antara besar gaya tumbukan dengan kuat remuk dari batuan pada penggerusan dengan bola gerus berukuran 23 mm yang relatif lebih kecil bila dibandingkan penggerusan yang dilakukan dengan bola gerus 35 mm atau 48 mm, Dengan demikian bola gerus 35 mm dari keseluruhan percobaan yang dilakukan merupakan ukuran bola gerus yang menghasilkan penggerusan optimum.

Pengaruh Kecepatan Putar Ball Mill

Kecepatan putar *Ball Mill* 52 rpm pada percobaan ini menghasilkan produk gerusan lebih baik dibandingkan dengan kecepatan putar *Ball Mill* 42 kecepatan putar per menit.

Pengaruh Ukuran Butiran terhadap Kapasitas Tukar Kation Zeolit

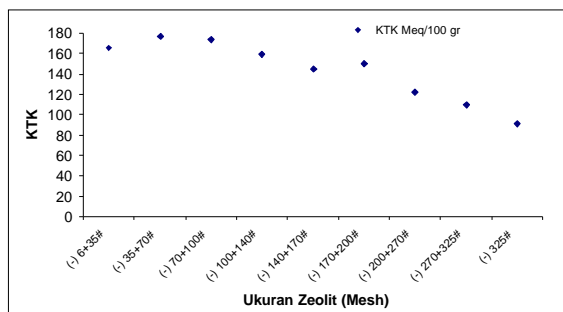
Dari Gambar 7 disimpulkan bahwa pada ukuran awal -6 + 35 mesh dengan KTK 166 meq/100g merupakan ukuran baik. Kemudian pada percobaan kedua dengan ukuran -35 + 70 mesh meningkat menjadi 177 meq/100g merupakan nilai tertinggi dan pada

Tabel 3. D(80) dalam mikron

Waktu	P.I-1	P.I-4	P.I-2	P.I-5	P.I-3	P.I-6
3 mnt						
6 mnt			464	480	481	
9 mnt	405	430	381	390	360	460
12 mnt	345	360	322	343	349	345
Kondisi						
Putaran	52	42	52	42	52	42
D-bola	48	48	35	35	23	23
% solid	100	100	100	100	100	100

Tabel 4. D(90) dalam mikron

Waktu	P.I-1	P.I-4	P.I-2	P.I-5	P.I-3	P.I-6
3 mnt						
6 mnt						
9 mnt	480		465	480		
12 mnt	428	442	423	440	455	
Kondisi						
Putaran	52	42	52	42	52	42
D-bola	48	48	35	35	23	23
% solid	100	100	100	100	100	100



Gambar 7. Pengaruh ukuran zeolit terhadap kapasitas tukar kation.

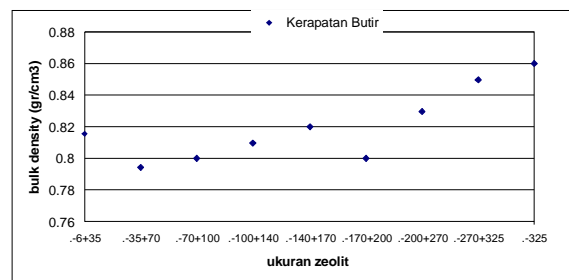
ukuran -70 + 100 mesh dengan KTK 174 meq/100g, untuk percobaan selanjutnya sampai pada -325 mesh nilai KTK-nya menjadi turun. Artinya kemampuan zeolit untuk digunakan sebagai penukar kation menjadi makin rendah. Berdasarkan standar SNI bahwa nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) akan meningkat apabila ukuran zeolit semakin halus, tetapi ukuran butiran yang terlalu halus mengakibatkan struktur rongga menjadi terbatas, sehingga kecepatan aliran larutan menjadi berkurang. Selain itu, berdasarkan karakteristiknya zeolit alam asal Tasikmalaya ini mengandung mineral lempung (smektit) yang umumnya keterdapat di alam

berukuran sangat halus (-200 mesh). Adanya mineral lempung ini yang memungkinkan nilai KTK yang makin turun untuk ukuran yang semakin halus (-325 mesh).

Pengaruh Ukuran Butir terhadap Bulk Density (Kerapatan Butir)

Uji coba ini untuk menunjukkan bahwa kerapatan butir mempunyai pengaruh dalam penyerapan terhadap ion dalam rongga zeolit (KTK). Hasilnya menunjukkan bahwa terlalu halus ukuran butiran zeolit, nilai KTK-nya menjadi turun karena beberapa faktor diatas. Dari ujicoba densitas terhadap variasi ukuran zeolit, maka didapat hasil sebagai berikut :

Berdasarkan standar menunjukkan bahwa ukuran yang terbaik untuk digunakan dalam pertukaran kation adalah pada ukuran -60 + 100 mesh. Sedangkan pada uji coba ini, ukuran partikel yang paling baik adalah pada ukuran butiran -70 + 100 mesh dengan nilai KTK 174 meq/100g.



Gambar 8. Pengaruh Kehalusan Terhadap Kerapatan Ukuran Butir.

KESIMPULAN

Dari hasil ujicoba yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

Kecepatan penggerusan (*Grinding*) dipengaruhi oleh faktor-faktor : Ukuran Bola Penggerus ; kecepatan putar.

1. Ukuran bola penggerus yang terbaik untuk laju penggerusan zeolit pada penelitian ini adalah yang berukuran 35 mm.
2. Putaran *Ball Mill Denver* yang terbaik untuk penggerusan pada penelitian ini 52 rpm.
3. Dengan penggerusan selama 12 menit dihasilkan

kumulatif persen optimum berat lolos pada ukuran –35 mesh sebesar 99.125% dan minimum pada ukuran –200 mesh sebesar 27.13.%

4. Zeolit yang baik apabila digunakan untuk penukar kation adalah zeolit pada ukuran – 70 + 100 mesh dengan nilai KTK-nya 174 meq/ 100g.
5. Uji *Bulk Density* menyatakan bahwa semakin halus ukuran butir maka semakin tinggi kerapatannya butirnya.

SARAN

Perlu dilakukan uji demineralisasi lempung atau mengurangi mineral smektit pada zeolit Tasikmalaya agar nilai KTK zeolit menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Hay,R.L., *Geology Of Zeolites In Sedimentary Rock*. Chap.3 in *Mineralogy and Geology of Natural zeolites* Ed. By F.A. Mumpton, Miner. Soc America Vol. 4. ;1997.

Husaini, Peningkatan Nilai Tambah Zeolit Alam dan Hasil Aplikasinya, Badan Litbang Dan Sumberdaya Mineral, Puslitbang Teknologi Mineral Dan Batubara, *tekMIRA*. Bandung September 2003.

Kuncoro, Zeolit Sebagai Alternatif Industri Komoditi Mineral Industri. PPPTM, Bandung.1989.

Austin L.G., *The Effect of Ball Size on Mill Performance*, The Pennsylvania State University Park (USA) 1987.

Standard Nasional Indonesia, *Standar Pengukuran Kapasitas Pertukaran Kation Mineral Zeolit SNI-SPU No.03*.Dirjen Pertambangan Umum Departemen Pertambangan Dan Energi.1992.