

## **PENGARUH KONSISTENSI DAN LARUTAN PENGAKTIF PADA PROSES AKTIVASI ZEOLIT ALAM SECARA HYDROTHERMAL UNTUK PENGOLAHAN AIR SADAH DALAM KOLOM UNGGUN TETAP**

**Endang S.R., Adu Damilsun, Krisna Aditia**

Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung

Email: endangsr@polban.ac.id

### **ABSTRAK**

Zeolit dapat berfungsi sebagai penukar kation atau adsorben untuk penyisihan polutan di dalam air. Zeolit alam pada umumnya memiliki kemampuan rendah untuk penyisihan unsur sadah di dalam air. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan daya penyisihan kesadahan dengan cara melakukan aktivasi terhadap zeolit alam dan mengkaji pengaruh kondisi proses aktivasi. Penelitian dilakukan terhadap zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya melalui proses hidrotermal pada temperatur 100 °C dengan variasi proses konsistensi sistem reaksi, konsentrasi dan jenis larutan pengaktif. Proses aktivasi zeolit alam dilakukan dengan variasi konsistensi 12,5%; 25%; 37,5%; dan 50%, variasi konsentrasi larutan pengaktif NaOH 2N dan NaOH 1N, dan variasi jenis larutan pengaktif NaOH dan NaCl. Hasil proses berupa zeolit aktif untuk dilakukan uji implementasi pengolahan air sadah dalam kolom unggun tetap dengan kedalaman zeolit 90 cm, dioperasikan secara kontinu dengan kecepatan linier 2 m/jam, kesadahan total dan kesadahan Ca<sup>2+</sup> sebagai parameter uji, dengan mengacu pada SNI 06-4161-1996 dan SNI 06-2429-1991, variasi konsentrasi air baku antara 240-440 mg/l sbg CaCO<sub>3</sub>. Zeolit alam memberikan persen penyisihan rendah sekitar 11 – 42% dari variasi konsentrasi air baku yang diberikan, sedangkan zeolit aktif sekitar 56 – 96%. Pengaruh konsistensi proses aktivasi ditunjukkan pada nilai penyisihan terendah pada zeolit. Hasil proses aktivasi dengan konsistensi 50% dan nilai tertinggi untuk konsistensi 12,5%. Konsistensi 12,5% digunakan sebagai acuan konsistensi pada variasi proses yang lain. Pengaruh konsentrasi larutan pengaktif untuk NaOH tidak signifikan, ditunjukkan dengan rentang penyisihan yang sempit antara NaOH 2N dan NaOH 1N yaitu 78-92%. Variasi jenis larutan pengaktif NaCl memberikan persen penyisihan kesadahan tertinggi yaitu 96% pada air baku dengan kesadahan tinggi.

**Kata kunci:** *Zeolit alam, proses aktivasi, kolom unggun tetap, kesadahan total, SNI 06-4161-1996*

### **ABSTRACT**

**INFLUENCE OF CONSISTENCY AND ACTIVATOR LIQUID ON ACTIVATION PROCESS OF NATURAL ZEOLITE BY HYDROTHERMAL FOR HARDNESS WATER PROCESSING IN FIXED COLUMN.** *Zeolite can function as cation exchanger or adsorbent for elimination pollutant in water. In general, natural zeolite have a low capability to eliminate a hard substances in water. The study aimed to increase elimination capacity hardness by activated natural zeolite and study the effect of activation processes. This study was conducted to natural zeolite Cikalong-Tasikmalaya with a hydrothermal process at temperature 100 °C with variations of consistency reaction system, concentration and activator liquid type. Activation natural zeolite was done with variations of consistency of 12,5%; 25%; 37,5%; and 50%, activator liquid concentrate of 2N NaOH and 1N NaOH, and activator liquid types of NaOH and NaCl. The result of process is a active zeolite to the test of implementation a hard water processing in fixed column with depth of zeolites 90 cm, it was operated continuously with a linier speed of 2 m/hours, total hardness and hardness of Ca<sup>2+</sup> as a parameters test with reference to SNI 06-4161-1996 and SNI 06-2429-1991, variations of standard water concentration between 240 to 440 mg/l as CaCO<sub>3</sub>. Natural zeolites gave a lower percent between 11% to 42% from variations of standard water concentration which is given, while the zeolite active between 56% to 96%. The effect consistency of activator process is shown in the lowest elimination values of zeolite. The produce of activation process with consistency of 50% and highest value for consistency of 12,5%. Consistency of 12,5% was used as consistency reference for other variation processes. The effect of activator liquid concentrate NaOH is not significant, indicated by narrows range between 2N NaOH and 1N NaOH is 78% to 92%. Activator liquid type NaCl gives a higher hardness percent 96% at standard water with high of hardness.*

**Keywords:** *Natural zeolite, activation process, fixed column, total hardness, and SNI 06-4161-1996*

## PENDAHULUAN

Zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya diketahui sebagai zeolit yang memiliki kandungan mineral mordenit tinggi yaitu 81,2%<sup>(7)</sup> dengan nilai KTK 138 meq/100<sub>gr.zeolit kering</sub>. Secara umum zeolit alam memiliki kapasitas tukar kation (KTK) rendah dan dapat ditingkatkan dengan melalui pengaktifan. Proses pengaktifan dapat ditempuh melalui berbagai cara diantaranya secara kimia. Proses aktivasi zeolit secara kimia dapat menghasilkan kenaikan nilai KTK zeolit aktif yang disebabkan karena berbagai peristiwa terjadi selama proses, diantaranya: pelarutan pengotor yang menutupi pori, menutupi daerah pertukaran atau *exchange site* dan daerah adsorpsi atau *adsorption site*. Proses aktivasi juga dapat memperbesar mesopori dan memperluas permukaan mesopori. Pembentukan mesopori akan memudahkan proses difusi sehingga akan meningkatkan aktivitas<sup>(8)</sup>, namun demikian proses aktivasi memerlukan kondisi proses yang sesuai karena kondisi proses sangat berpengaruh terhadap performansi zeolit aktif<sup>(6)</sup>. Kondisi proses aktivasi zeolit alam yang sesuai akan menghasilkan peningkatan KTK maksimal, tetapi kondisi proses yang kurang sesuai dapat menurunkan nilai KTK dari zeolit alam, dapat disebabkan oleh kondisi proses yang memberikan degradasi terhadap struktur kristal zeolit alam atau terdapatnya reaksi samping dari pengotor-pengotor yang terkandung<sup>(9)</sup>.

Pada penelitian ini proses aktivasi dilakukan melalui proses hydrothermal pada temperatur 100 °C dengan larutan pengaktif NaOH dan NaCl dan beberapa nilai konsistensi. Penelitian sejenis telah dilakukan oleh Kang S., J., dan Egashira, K., (1997) terhadap beberapa jenis zeolit alam di Korea<sup>(3)</sup> juga telah dilakukan oleh Urkovic, L., C., Stevanovic, Cerjan., dan Filipan T, (1997)<sup>(8)</sup>

Nilai konsistensi identik dengan jumlah bedvolume regenerasi pada proses regenerasi terhadap suatu media penukar ion. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan nilai KTK zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya secara kimia untuk selanjutnya diimplementasikan dalam pengolahan air sadah dalam air.

Zeolit dengan karakter yang dimiliki diantaranya sebagai penukar kation dan adsorben akan dapat melakukan penyisihan unsur sadah dalam air apabila kedua karakter zeolit tersebut berfungsi dengan

baik, di samping factor-faktor lain yang dapat berpengaruh. Sebagaimana diketahui unsur sadah Mg dan Ca di dalam air memiliki karakter pembentuk endapan Mg(OH)<sub>2</sub> dan CaCO<sub>3</sub> yang dapat menimbulkan masalah dalam kegiatan industri proses ketika digunakan sebagai air proses, air umpan boiler dan air pendingin, di samping permasalahan yang terjadi ketika air sadah digunakan dalam aktivitas domestik seperti untuk memasak dan mencuci.

Hasil proses aktivasi berupa zeolit aktif, dilakukan uji implementasi pengolahan air sadah dalam kolom unggun tetap yang dioperasikan secara kontinyu. Penelitian juga merupakan lanjutan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Herdiana, H., Izazi, M., T., dan Rahayu, E., S., melalui pengaktifan zeolit sejenis secara kimia-fisika dengan menghasilkan zeolit aktif bentuk zeolit-H, (2007)<sup>(2)</sup> dengan kemampuan penurunan kesadahan rendah dan oleh Canggih P., S., Resik, F., E., dan Rahayu, E., S., melalui pengaktifan secara kalsinasi, (2008)<sup>(1)</sup> yang juga menghasilkan zeolit aktif berkemampuan penurunan kesadahan rendah.

## METODE PENELITIAN

Proses aktivasi dilakukan terhadap zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya berbentuk granular berukuran 2-5 mm. Proses dilakukan secara *batch* di dalam reactor berpengaduk berpenangas berukuran 25 liter, dengan kondisi proses pada temperature 100°C selama 9 jam dengan larutan pengaktif NaOH 2N dengan konsistensi 12,5%. Untuk mengetahui pengaruh konsistensi dilakukan proses aktivasi dalam larutan pengaktif NaOH 2N dengan konsistensi 25%, 37,5% dan 50% dalam waktu proses 9 jam. Variasi larutan pengaktif diberikan dengan NaOH 1N dan NaCl 1N dalam konsistensi 12,5%, temperature 100°C dan waktu proses 9 jam. Hasil zeolit aktif dilakukan penetralan hingga pH 7 sebelum dilakukan pengujian terhadap zeolit untuk pengolahan air sadah dilakukan dalam kolom unggun tetap dengan media zeolit atau zeolit aktif dengan kedalaman 90 cm untuk memenuhi safety factor, yang dioperasikan secara kontinyu dengan *constant head* 40 cm. Dalam operasi, air sadah diumpangkan masuk kedalam kolom unggun tetap dengan variasi nilai air baku air sadah dalam rentang nilai kesadahan yaitu 240 – 660 mg/liter sebagai CaCO<sub>3</sub>, laju alir 2

m/jam dan waktu sampling 1 jam, 3 jam dan 5 jam operasi.

Nilai kesadahan diuji terhadap air baku air sadah dan air terolah dengan parameter uji kesadahan total dan kesadahan  $Ca^{2+}$  dengan mengacu pada SNI secara berturut SNI 06-4161-1996 dan SNI 06-2429-1991. Hasil pengujian nilai kesadahan  $Ca^{2+}$  digunakan dalam menghitung nilai kesadahan  $Mg^{2+}$ , untuk mengetahui tingkat selektivitas zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya dan zeolit hasil proses pengaktifan, terhadap  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya dan zeolit aktif hasil proses aktivasi secara kimia dapat diketahui melalui penerapan zeolite tersebut sebagai media penukar kation dan atau adsorben terhadap unsur sadah dalam air. Dalam operasinya air sadah diumpankan masuk kedalam kolom unggun tetap dengan variasi nilai air baku air sadah dengan laju alir linier 2 m/jam, *constant head* 40 cm dan waktu sampling 1 jam, 3 jam dan 5 jam operasi. Hasil penurunan kesadahan air terolah merupakan rata-rata dari ketiga sampel hasil sampling.

### Zeolit Alam sebagai Media

Kinerja zeolit alam dalam pengolahan air baku air sadah dengan tingkat kesadahan 240-440 mg/l sbg.  $CaCO_3$ , dijelaskan dengan menguji nilai kesadahan air terolah dan hasilnya seperti tertera pada tabel 1.

Penggunaan air baku dengan tingkat kesadahan tinggi dengan zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya sebagai media penukar kation/adsorpsi menghasilkan penurunan kesadahan total rendah < 30% dan menurun linier dengan kenaikan konsentrasi kesadahan dalam air baku.

Disebabkan oleh kondisi zeolit alam yang mengandung pengotor-pengotor yang dapat menghalangi terjadinya proses pertukaran/adsorpsi unsure sadah oleh zeolit.

Penurunan unsure sadah dalam air baku yang terjadi menjelaskan bahwa selektivitas zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya terhadap  $Ca^{2+} > Mg^{2+}$  diperoleh dari data % penurunan kesadahan yang lebih tinggi untuk  $Ca^{2+}$  dari pada  $Mg^{2+}$  secara signifikan dan seragam pada semua konsentrasi air baku air sadah.

### Larutan Pengaktif NaOH 2N

Proses aktivasi dilakukan dengan larutan pengaktif NaOH 2N dengan konsistensi 12,5%, menghasilkan penurunan kesadahan total yang tinggi yaitu 83,72%. Kenaikan % penurunan kesadahan total yang tinggi dari zeolit alam menunjukkan tingginya kinerja larutan pengaktif NaOH 2N melakukan beberapa hal pekerjaan yang dapat menghasilkan kondisi zeolit aktif memiliki kemampuan tinggi untuk melakukan penukaran kation/adsorpsi terhadap  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$ . Diantaranya menyingkirkan pengotor pada permukaan pori sehingga  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  dapat masuk dan menuju ke *exchange site/adsorption site* untuk tertukar atau teradsorpsi. Menyingkirkan pengotor yang menutupi *exchange site/adsorption site* sehingga proses pertukaran/adsorpsi dapat berlangsung. Larutan pengaktif juga memperbesar ukuran pori untuk dapat memfasilitasi kemudahan difusi system sehingga  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  menuju *exchange site/adsorption site* dalam kerangka zeolite. Dapat juga disebabkan oleh terjadinya proses transformasi mordenit dari zeolit Cikalong-Tasikmalaya ini menjadi jenis zeolit lain dengan nilai KTK tinggi seperti fillipsit.

**Tabel 1.** Nilai Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah Dengan Media Zeolit Alam

Kesadahan Air Baku (mg/l sbg. $CaCO_3$ )	Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah (%)		
	Kesadahan Total	Kesadahan Ca	Kesadahan Mg
240	28,89	39,42	11,63
340	20,56	23,46	10,46
440	15,23	20,05	8,61

### Pengaruh Konsistensi Sistem Reaksi

Proses aktivasi dengan konsistensi system reaksi 12,5 % identik dengan volume regenerasi dalam proses regenerasi terhadap media penukar anion yang diperlukan 10 bedvolume untuk menghasilkan media penukar kation aktif yang siap digunakan kembali. Untuk mengetahui pengaruh konsistensi system reaksi pada proses aktivasi zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya dengan larutan pengaktif NaOH 2N, diberikan variasi konsistensi 12,5%, 25%, 37,5% dan 50%. Hasil implementasi dari zeolit aktif yang diperoleh sebagai media penukar kation/adsorpsi unsure sadah dalam air seperti tertera pada tabel 2.

Penurunan kesadahan pada air terolah dari air baku dengan kandungan unsure sadah total 340 mg/l sbg. CaCO<sub>3</sub> menurun secara linier dan signifikan dengan meningkatnya konsistensi system reaksi. Sehingga perlu dipertimbangkan ketika akan menggunakan % konsistensi yang tinggi untuk suatu efisiensi. Tingginya penurunan yang signifikan terhadap % penurunan kesadahan ini dapat disebabkan oleh intensitas kontak antara senyawa NaOH yang mengecil dengan meningkatnya konsistensi yang akan menurunkan peluang terjadinya reaksi.

### Pengaruh Konsentrasi Air Baku

Pengaruh konsentrasi air baku terhadap kinerja media zeolit juga dilakukan terhadap zeolit aktif NaOH 2N, konsistensi 12,5%, dengan menggunakan konsentrasi kesadahan total dalam air baku yang sama ketika diterapkan pada zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya yaitu antara 240-440 mg/l sbg. CaCO<sub>3</sub>, hasilnya seperti tertera pada tabel 3.

Penggunaan air baku dengan tingkat kesadahan tinggi dengan zeolit aktif NaOH 2N konsistensi 12,5% pada semua jenis air baku yang diberikan menghasilkan penurunan kesadahan total tinggi dengan nilai hampir sama dengan sedikit penurunan terhadap %penurunan kesadahan dalam air terolah yang tidak signifikan terhadap kenaikan konsentrasi kesadahan total dalam air baku. Menggambarkan bahwa faktor-faktor yang mendukung dan memberikan kontribusi berlangsungnya pertukaran kation/adsorpsi pada zeolit aktif seperti dijelaskan pada 3.2 dapat tetap menangani terhadap air baku dengan kesadahan total tinggi 440 mg/l sbg. CaCO<sub>3</sub> hingga penurunan kesadahan > 80%. Proses pertukaran kation yang terjadi oleh unsure sadah di sini juga menunjukkan bahwa % penurunan unsure sadah dalam air untuk Ca<sup>2+</sup> > Mg<sup>2+</sup> sehingga dapat semakin meyakinkan bahwa selektivitas zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya terhadap Ca<sup>2+</sup> > Mg<sup>2+</sup>.

**Tabel 2.** Nilai Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah Dengan Media Zeolit Aktif NaOH 2N pada Air Baku dengan Kesadahan 340 mg/l sbg. CaCO<sub>3</sub>

Konsistensi Campuran Reaksi (%)	Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah (%)		
	Kesadahan Total	Kesadahan Ca	Kesadahan Mg
12,5	83,72	87,18	78,43
25	73,46	74,97	71,32
37,5	60,14	60,90	56,86
50	56,86	57,64	55,86

**Tabel 3.** Nilai Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah Dengan Media Zeolit Aktif NaOH 2N pada Konsistensi 12,5%

Kesadahan Air Baku (mg/l sbg CaCO <sub>3</sub> )	Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah (%)		
	Kesadahan Total	Kesadahan Ca	Kesadahan Mg
240	89,55	91,59	86,12
340	83,72	74,97	71,32
440	86,61	88,70	83,70

### Pengaruh Jenis Larutan Pengaktif

Untuk mengetahui pengaruh dari larutan pengaktif pada kinerja zeolit aktif dalam pengolahan air sadah, juga dilakukan proses aktivasi dengan larutan pengaktif NaOH 1N, dan NaCl 1N dengan waktu aktivasi 9 jam, konsistensi 12.5% dan temperatur 100°C, dan hasilnya seperti tertera pada tabel 4.

Dihasilkan kinerja zeolit aktif NaOH 1N dan zeolit aktif NaCl 1N zeolit aktif dalam penurunn kesadahan air lebih tinggi dari zeolit aktif NaOH 2N, diprediksi terdapat mekanisme penyisihan unsur sadah dalam air yang lebih kuat pada zeolit NaOH 1N seperti adsorpsi. Sedang tingginya kinerja zeolit aktif NaCl 1N, diprediksi pada proses aktivasi terjadi konversi yang mendekati homoionic

bentuk Na pada zeolit aktif. Mengikuti hasil pengujian terhadap operasi-operasi sebelumnya, di sini hasil yang diperoleh tetap menunjukkan bahwa selektivitas ketiga zeolit aktif terhadap  $Ca^{2+} > Mg^{2+}$ .

### Larutan Pengaktif NaOH 1N& NaCl 1N

Kemampuan kinerja yang tinggi yang dimiliki zeolit aktif NaOH 1N dan zeolit aktif NaCl 1N dalam penurunan kesadahan dalam air dengan kesadahan total 440 mg/l sbg  $CaCO_3$ , dicoba lanjut uji kinerjanya pada air baku air sadah dengan konsentrasi lebih tinggi yaitu 540 dan 660 mg/l sbg  $CaCO_3$  dan hasilnya seperti tertera pada tabel 5 dan tabel 6.

**Tabel 4.** Nilai Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah Dengan Media Zeolit Aktif Konsistensi 12,5% pada Air Baku 440 mg/l sbg.  $CaCO_3$

Kesadahan Air Baku (mg/l sbg $CaCO_3$ )	Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah (%)		
	Kesadahan Total	Kesadahan Ca	Kesadahan Mg
NaOH 2N	86,61	88,70	83,70
NaOH 1N	91,59	91,75	91,36
NaCl 1N	95,78	96,29	95,04

**Tabel 5.** Nilai Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah Dengan Media Zeolit Aktif NaOH 1N pada Konsistensi 12,5%

Kesadahan Air Baku (mg/l sbg $CaCO_3$ )	Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah (%)		
	Kesadahan Total	Kesadahan Ca	Kesadahan Mg
440	91,59	91,75	91,36
540	84,22	87,42	79,77
660	78,54	79,72	78,06

**Tabel 6.** Nilai Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah Dengan Media Zeolit Aktif NaCl 1N pada Konsistensi 12,5%

Kesadahan Air Baku (mg/l sbg $CaCO_3$ )	Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah (%)		
	Kesadahan Total	Kesadahan Ca	Kesadahan Mg
440	95,78	96,29	95,04
540	95,01	96,07	93,51
660	94,41	95,33	93,29

Dari kedua tabel menjelaskan bahwa kedua zeolit berlaku seperti pada umumnya yang mengalami penurunan kinerja penurunan kesadahan dalam air ketika beban konsentrasi kesadahan dalam air baku naik. Hal demikian dialami secara signifikan oleh zeolit aktif NaOH 1N, sedang penurunan kinerja untuk zeolit aktif NaCl 1 N sangat kecil. Namun demikian dapat dikatakan bahwa zeolit aktif tersebut di atas tetap memiliki kinerja yang tetap tinggi dalam penurunan kesadahan dalam air bahkan pada pembebanan kesadahan yang tinggi dalam air baku. Dan tetap, dalam kondisi ini hasil yang diperoleh tetap menunjukkan bahwa selektivitas ketiga zeolit aktif terhadap  $Ca^{2+} > Mg^{2+}$ .

## KESIMPULAN

1. Kemampuan zeolit alam Cikalong Tasikmalaya untuk penurunan kesadahan air sangat rendah < 30% dan berhasil dapat dinaikkan dengan proses aktivasi secara hydrothermal pada larutan pengaktif NaOH dan NaCl dengan temperatur 100 °C, selama 9 jam, sehingga memiliki kemampuan menurunkan kesadahan dalam air > 80% bahkan berlaku untuk air dengan kesadahan tinggi.
2. Pengaruh konsistensi larutan pengaktif pada proses aktivasi cukup signifikan terhadap kemampuan zeolit aktif untuk penurunan kesadahan dalam air, yaitu 83,72% pada konsistensi 12,5%, dan menurun tajam hingga 56,86% untuk konsistensi 50%. Sehingga perlu dipertimbangkan ketika akan menggunakan nilai konsistensi tinggi dalam proses aktivasi untuk implementasi pengolahan air sadah walaupun untuk alasan efisiensi yang juga masih harus ditelaah kebenarannya.
3. Zeolit alam dan zeolit aktif hasil proses aktivasi memiliki selektivitas yang konsisten terhadap  $Ca^{2+}$  dengan lebih besar sedikit dibanding terhadap  $Mg^{2+}$ .

## DAFTAR PUSTAKA

1. Urkovic, L.,C., Stevanovic, Cerjan., dan Filipan T, (1997) " Abstract of Metal Ion Exchange By Natural and Modified Zeolites ", Water Research Vol.31, No.6, P 1379.
2. Kang S., J., Egashira,K., (1997) " Abstract of Modification of Different Grades of Korean Natural Zeolites for Increasing Cation Exchange Capacity" Applied Clay Science, Vol.12. No.1-2, P. 131.
3. Herdiana, H., Izazi,M., T., dan Rahayu, E., S., (2007), "Kinerja zeolit alam aktif dalam pengolahan air sadah", Jurusan Teknik kimia Polban.
4. Canggih P.,S., Resik, F., E., dan Rahayu, E., S. (2008) Implementasi zeolit alam dan zeolit aktif hasil proses aktivasi secara fisika untuk penyisihan kesadahan air, Jurusan Teknik Kimia Polban.
5. Nurdrajat, Iyan Haryanto, Johannes Hutabarat, (2009) " Abstrak dari Prospek dan Evaluasi Endapan Zeolit Di Daerah Cikalong, Kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat" Kantor Litbang Unpad'.
6. Rahayu, E., S., Rahayu, R., R., Nuraeni, Y., (2008), " Pengaruh Temperatur dan *Holding Time* di Dalam *Furnace* Untuk Aktivasi Zeolit Terhadap KTK Zeolit Aktif" Journal Fluida Polban, Vol.6, NO.1, Hal 33-39.
7. Semmens, M.,J., Martin,W.,P., (1988), " Abstract of The influence of pretreatment on the capacity and selectivity of clinoptilolite for metal ion", Water Research Vol.22. Issue 5, May 1988, P. 537.
8. Sutopo, FX dkk, (1991), "Proyek pengembangan teknologi pengolahan bahan galian Tasikmalaya" PPTM.
9. US Patent 4401633(1983) "Two step process for preparation of zeolite A by hydrothermal treatment of heulandites".
10. Zi Yun LI, et al, (2003), " Effect of Alkali Treatment on the Structure and Catalytic Properties of ZSM-5 Zeolite", P 115-118.