

PEMANFAATAN BATU APUNG SEBAGAI SUMBER SILIKA DALAM PEMBUATAN ZEOLIT SINTETIS

Febri Melta Mahaddilla, Ardian Putra

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
e-mail : mahad_dilla@yahoo.com , ardhee@fmipa.unand.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan sintesis hidrotermal zeolit dari batu apung dengan metoda pencampuran natrium silikat dan natrium aluminat. Natrium silikat dan natrium aluminat dicampurkan dengan variasi rasio Si/Al (10:15 ml, 15:15 ml, 20:15 ml, 25:15 ml dan 30:15 ml). Natrium silikat diperoleh dengan pencampuran 10 g batu apung dan 40 g NaOH (natrium hidroksida) disertai pemanasan pada suhu 350°C. Natrium aluminat diperoleh dengan pencampuran NaOH dan Al(OH)₃. Hasil difraktometer sinar-X (XRD) pada zeolit dengan rasio 15:15 menunjukkan zeolit yang diperoleh adalah jenis zeolit A. Uji konduktivitas dengan menggunakan LCR-meter menghasilkan nilai konduktivitas yang tinggi untuk masing-masing sampel dengan rentang nilai 0,375 mS/m hingga 0,404 mS/m. Nilai konduktivitas yang besar ini dapat dimanfaatkan sebagai penukar ion dan penyaring molekul.

Kata kunci : zeolit, batu apung, rasio Si/Al, sintesis hidrotermal

ABSTRACT

Hydrothermal synthesis of zeolite from pumice produced by the mixture between natrium silicate and natrium aluminate has been done. Natrium silicate and natrium aluminate varies in Si/Al ratio (10:15 ml, 15:15 ml, 20:15 ml, 25:15 ml and 30:15 ml). Natrium silikat was obtained by mixing 10 gram of pumice and 40 gram of NaOH (natrium hydroxide) which was heated in 350°C. Natrium aluminat was obtained by mixing NaOH and Al(OH)₃. The X-Ray Diffraction (XRD) test was conducted at sample which has 15:15 ratio shows that it is recognized as type-A zeolite. The conductivity test using LCR-meter showed that sample have high conductivity, range from 0.375 mS/m to 0.404 mS/m. This material can be used as ion exchange and molecular adsorbition.

Keywords : zeolite, pumice, ratio of Si/Al, hydrothermal synthesis

I. PENDAHULUAN

Zeolit oleh para ilmuwan dikenal sebagai mineral serba guna yang banyak dimanfaatkan dalam bidang industri. Zeolit memiliki beberapa keunggulan dibandingkan mineral lain terutama kegunaannya sebagai adsorben, penukar ion dan katalis. Zeolit merupakan suatu kelompok mineral yang dihasilkan dari proses hidrotermal pada batuan beku basa. Mineral ini biasanya dijumpai mengisi celah-celah ataupun rekahan dari batuan tersebut. Selain itu, zeolit juga merupakan endapan dari aktivitas vulkanik yang banyak mengandung unsur silika (Saputra, 2006). Komposisi kimianya tergantung pada kondisi hidrotermal lingkungan lokal, seperti suhu, tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah lokasi kejadiannya. Hal itu menjadikan zeolit dengan warna dan tekstur yang sama mungkin berbeda komposisinya bila diambil dari lokasi yang berbeda, disebabkan karena kombinasi mineral dengan impuritas lainnya.

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses perubahan alam (zeolitisasi) dari batuan vulkanik tuf. Pada zeolit alam, terdapat molekul air dalam pori dan oksida bebas di permukaan seperti Al₂O₃, SiO₂, CaO, MgO, Na₂O, K₂O dapat menutupi pori-pori atau situs aktif dari zeolit sehingga dapat menurunkan kapasitas adsorpsi maupun sifat katalisis dari zeolit tersebut. Inilah alasan mengapa zeolit alam perlu diaktivasi terlebih dahulu sebelum digunakan.

Pemanfaatan bahan mineral dengan nilai ekonomi rendah telah banyak dikembangkan oleh para ahli untuk pembuatan zeolit sintetis, seperti fly ash, abu sekam padi, kaolin, diatomite, dan smektit. Selain bahan tersebut, batu apung juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan zeolit, dimana komposisi penyusun batu apung terdiri dari silika, alumina, besi oksida dan mineral lainnya. Komposisi silika dalam batu apung yang merupakan komponen utamanya dapat dimanfaatkan dalam pembuatan zeolit.

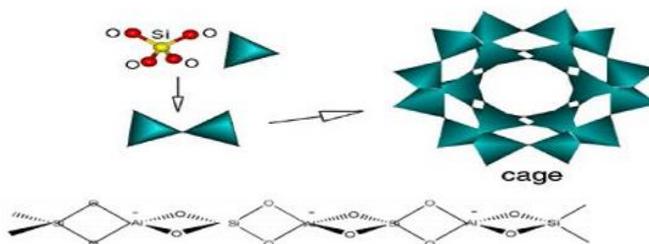
Pada umumnya komposisi zeolit alam mengandung klinoptilolit, mordenit, chabazit, dan erionit. Warna dari zeolit adalah putih keabu-abuan, putih kehijau-hijauan atau putih kekuning-kuningan. Densitas zeolit antara 2,0 - 2,3 g/cm³, dengan bentuk halus dan lunak (Pasaribu, 2011). Zeolit merupakan mineral alami aluminosilikat yang terhidrasi. Zeolit termasuk golongan yang dikenal sebagai mineral "tektosilikat". Zeolit alam biasanya terbentuk dari perubahan batuan yang kaya akan gelas di danau atau air laut (Erdem, 2004). Komposisi kimia dalam zeolit secara umum dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia dan sifat fisika zeolit alam (% Wt)

Komposisi Kimia	(%)	Sifat Fisika
SiO ₂	69,31	Porositas 41,5 %
Al ₂ O ₃	13,11	Densitas 2,27 g/cm ³
K ₂ O	2,83	Keputihan 68 %
H ₂ O	6,88	Bleaching aktif 1,92 gram sampel/gram tonsil
Si/Al	4,66	pH 7,5

(Sumber: Erdem, 2004)

Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral [AlO₄] dan [SiO₄] yang saling berhubungan melalui atom O. Pada struktur 3 dimensi yang digambarkan pada Gambar 1, dapat dilihat bahwa empat ikatan tetravalent silikon adalah netral sedangkan empat ikatan trivalen aluminium adalah negatif, sehingga dibutuhkan ion bermuatan positif untuk menetralkan senyawa tersebut, seperti Na, yang diindikasikan secara umum.



Gambar 1. Struktur Zeolit (Sumber : Pasaribu, 2011)

Zeolit mempunyai sifat dehidrasi (melepaskan molekul H₂O) apabila dipanaskan. Pada umumnya struktur kerangka zeolit akan menyusut. Tetapi kerangka dasarnya tidak mengalami perubahan secara nyata. Molekul H₂O seolah-olah mempunyai posisi yang spesifik dan dapat dikeluarkan secara reversibel. Sifat zeolit sebagai adsorben dan penyaring molekul, dimungkinkan karena struktur zeolit yang berongga, sehingga zeolit mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya. Selain itu kristal zeolit yang telah terdehidrasi merupakan adsorben yang selektif dan mempunyai efektivitas adsorpsi yang tinggi.

Sifat zeolit sebagai penukar ion karena adanya kation logam alkali dan alkali tanah. Kation tersebut dapat bergerak bebas di dalam rongga dan dapat dipertukarkan dengan kation logam lain dengan jumlah yang sama. Akibat struktur zeolit berongga, anion atau molekul berukuran lebih kecil atau sama dengan rongga dapat masuk dan terjebak. Zeolit sintetis adalah suatu senyawa kimia yang mempunyai sifat fisik dan kimia yang sama dengan zeolit alam. Zeolit ini dibuat dari bahan lain dengan proses sintesis. Zeolit sintetis dapat dibuat menggunakan tiga jenis bahan kimia yang kegunaannya sama dengan zeolit alam, yaitu karbon aktif, silika gel, dan zeolit buatan.

Tahap pertama dalam pembuatan zeolit adalah reaksi bahan dasar seperti gel atau zat padat amorf hidroksida alkali dengan pH tinggi dan basa kuat dengan kondisi operasi pada suhu hidrotermal rendah (Sutarti, 1994 dalam Pasaribu, 2011). Karena sifat zeolit yang unik, dimana susunan atom maupun komposisinya dapat dimodifikasi maka banyak dilakukan pembuatan

zeolit sintetis yang sesuai dengan kebutuhan seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2. Zeolit sintetis memiliki kemurnian yang lebih tinggi dibandingkan zeolit alam dan memiliki rasio Si/Al yang dapat disusun sesuai kebutuhan. Perubahan rasio Si/Al pada suatu material akan mempengaruhi sifat dari material tersebut (Lestari, 2010).

Tabel 2. Zeolit Sintetis dan kegunaannya

Jenis zeolit	Kegunaan
Zeolit X	<i>catalytic cracking</i> (FCC) dan <i>hidrocracking</i> , mereduksi NO, NO ₂ dan CO ₂
Zeolit Y	removal, pemisah fruktosa-glukosa, pemisah N ₂ di udara, bahan pendingin kering
Zeolit US-Y	memisahkan monosakarida
Zeolit A	pengkonsentrasi alkohol, pengering olin, bahan gas alam padat, pembersih CO ₂ dari udara
Zeolit ZSM-5	<i>dewaxing</i> , produksi <i>synfuel</i> , mensintesis ethylbenzene
Linde Zeolite-A	bubuk pembersih untuk memindahkan ion Ca dan Mg

(Sumber: Saputra, 2006)

Kemampuan zeolit sebagai penyerap, katalis dan penukar ion sangat bergantung kepada perbandingan Al dan Si, sehingga dapat dikelompokkan menjadi 3 (Sutarti, 1994 dalam Rini, 2010) :

1. Zeolit sintetis dengan kadar Si rendah
Zeolit jenis ini banyak mengandung Al, berpori, mempunyai nilai ekonomi tinggi karena efektif untuk pemisahan dengan kapasitas besar. Volume porinya dapat mencapai 0,5 cm³ tiap cm³ volume zeolit.
2. Zeolit sintetis dengan kadar Si sedang
Jenis zeolit ini mempunyai perbandingan Si/Al 2 hingga 5. Contoh zeolit sintetis jenis ini adalah zeolit omega.
3. Zeolit sintetis dengan kadar Si tinggi
Zeolit jenis ini sangat higroskopis dan menyerap molekul non polar sehingga baik untuk digunakan sebagai katalisator asam untuk hidrokarbon. Zeolit jenis ini misalnya zeolit ZSM-5, ZSM-11, ZSM-21, ZSM-24.

Selain perbandingan Si/Al, sifat fisika seperti konduktivitas juga sangat mempengaruhi fungsi kerja dari zeolit. Zeolit dengan nilai konduktivitas yang besar memiliki kapasitas ion yang besar sehingga dapat menyerap kation-kation yang kemudian dapat dipertukarkan. Zeolit dengan sifat ini sangat baik dimanfaatkan sebagai penukar ion. Contohnya zeolit klinoptilolit dapat digunakan sebagai bahan penyaring dalam pemurnian air serta mengurangi jumlah unsur-unsur logam berat yang terdapat pada air limbah industri (Erdem, 2004).

Karena sifat zeolit yang unik, dimana susunan atom maupun komposisinya dapat dimodifikasi maka banyak dilakukan pembuatan zeolit sintetis yang sesuai dengan kebutuhan

II. METODE

Dalam penelitian ini sintesis zeolit mengacu kepada pembentukan zeolit alam yang terjadi secara hidrotermal yang telah dilakukan oleh Warsito (2008).

2.1 Pembuatan natrium silikat

Batu apung yang telah halus sebanyak 10 g ditambahkan ke dalam 40 g NaOH. Campuran ini dipanaskan selama 4 jam dengan suhu 350°C. Selanjutnya akan terbentuk padatan yang kemudian dilarutkan dalam akuades dan didiamkan selama 12 jam.

2.2 Pembuatan natrium aluminat

Natrium aluminat dibuat dengan mencampurkan 20 g NaOH dengan 100 mL akuades. Campuran ini kemudian dipanaskan pada temperatur 100°C. Setelah pemanasan dilakukan, sebanyak 8,5 g Al(OH)₃ dimasukkan ke dalam campuran sedikit demi sedikit dengan pengadukan.

2.3 Pembuatan zeolit

Pembuatan zeolit dilakukan dengan mencampurkan natrium silikat dengan variasi volume dan natrium aluminat 15 ml, dimana variasi rasio ditampilkan dalam Tabel 3. Campuran ini kemudian disimpan pada temperatur kamar selama 24 jam dengan pengadukan menggunakan stirrer.

Tabel 3. Rasio volume natrium silikat dan natrium aluminat (Si/Al) untuk setiap sampel

Sampel	Si (ml)	Al (ml)	Rasio
1	10	15	0,67
2	15	15	1,00
3	20	15	1,33
4	25	15	1,67
5	30	15	2,00

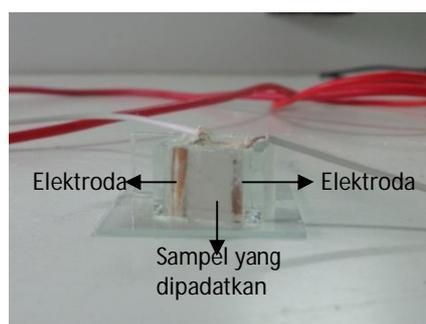
2.4 Pemanasan, pencucian dan pengeringan sampel

Sampel yang telah terbentuk kemudian dipanaskan dengan suhu 100°C selama 48 jam. Selanjutnya sampel disaring dan dicuci dengan menggunakan akuades hingga pH netral. Sampel kemudian dikeringkan pada suhu 100°C selama 2 jam.

2.5 Karakterisasi

Karakterisasi sampel dilakukan dengan menggunakan LCR-meter dan Difraktometer Sinar-X (XRD). LCR-meter digunakan untuk mengukur konduktivitas dari sampel yang dihasilkan, sedangkan XRD digunakan untuk mengetahui jenis zeolit yang dihasilkan.

Pengukuran konduktivitas dilakukan dengan cara menempatkan sampel ke dalam sebuah kotak isolator dan dipadatkan seperti yang terlihat pada Gambar 2. Pada kedua sisi kotak isolator ini diberi elektroda yang terhubung dengan LCR-meter dan akan menghasilkan nilai resistansi.



Gambar 2. Kotak isolator dengan elektroda

III. HASIL DAN DISKUSI

Pencampuran larutan natrium silikat dan natrium aluminat membentuk gel berwarna putih yang memperlihatkan adanya interaksi antara silikat dan aluminat. Terbentuknya gel merupakan awal dari pembentukan inti dan pertumbuhan kristal yang merupakan hal penting dalam proses sintesis zeolit. Pembentukan inti kristal terjadi pada saat pengadukan pada suhu kamar (ageing) yang dilakukan selama 24 jam (Warsito, 2008). Dalam penelitian ini, sintesis hidrotermal dilakukan dalam sistem *autoclave* dengan perlakuan statis pada suhu 100°C selama

48 jam. Dalam waktu 48 jam telah terjadi pembentukan kristal yang disertai hilangnya kadar air dalam sampel.

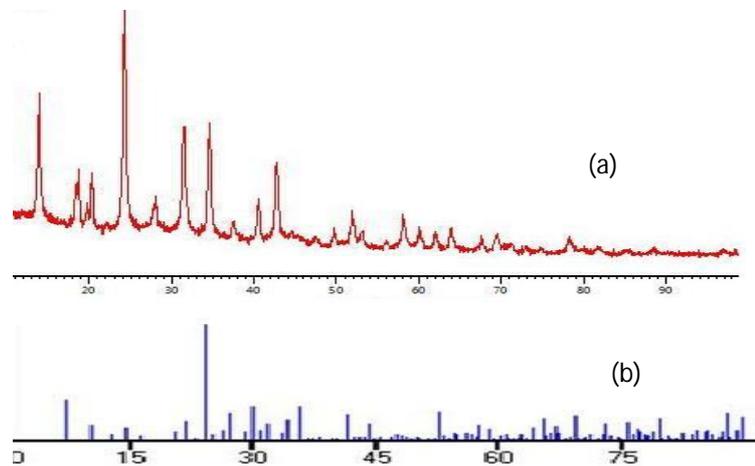
Karakterisasi dengan menggunakan XRD dilakukan pada sampel 2 dengan rasio Si/Al 15:15. Data XRD menunjukkan pola difraksi dari zeolit dengan rasio Si/Al 15:15 memiliki sudut 2θ utama yang ditunjukkan dalam Tabel 4, dimana sudut-sudut ini menunjukkan pola yang sama dengan zeolit-A (Cesium Sodium Hydrogen Aluminum Silicate) sesuai dengan data JCPDS nomor 82-1285.

Zeolit dengan rasio Si/Al 15:15 pada sudut 2θ di 24,2537° memiliki kemiripan puncak dengan zeolit A (JCPDS nomor 82-12850) pada sudut 2θ di 24,004°. Sementara itu, sudut 2θ di 47,4849° pada zeolit dengan rasio Si/Al 15:15 memiliki puncak yang hampir sama dengan zeolit A pada sudut 2θ di 47,339°. Kemiripan puncak lainnya juga terlihat pada sudut 2θ 49,6615° dimana data JPDS menunjukkan nilai yang hampir sama pada sudut 2θ di 49,743° dan pada sudut 2θ 55,9967° terhadap sudut 2θ zeolit A di 55,963°. Pada sudut 2θ di 78.1648° kembali terlihat kesamaan puncak dengan sudut 2θ zeolit A di 78.115°.

Tabel 4. Puncak utama pada zeolit dengan rasio Si/Al 15:15 dan JCPDS 82-1285

Puncak utama (2θ)	JCPDS 82-1285
24,2537°	24,004°
47,4849°	47,339°
49,6615°	49,743°
55,9967°	55,963°
78,1648°	78,115°

Pada Gambar 3(a) terlihat puncak yang dimiliki oleh zeolit dengan rasio 15:15 memiliki kesamaan dengan Gambar 3(b) yang merupakan pola XRD JCPDS 82-1285. Zeolit-A (Cesium Sodium Hydrogen Aluminum Silicate) diketahui memiliki bentuk kristal kubik.



Gambar 3. Pola XRD (a) zeolit dengan rasio Si/Al 15:15 ; (b) zeolit-A (JCPDS 82-1258)

Zeolit A memiliki kemampuan dalam selektifitas adsorpsi yang tinggi terhadap ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} (Sholichah, 2013). Zeolit-A memiliki ukuran partikel kecil dari 30µm sehingga luas permukaannya lebih besar dan baik digunakan sebagai adsorben. Luas permukaan yang besar ini menyebabkan pori-pori zeolit memiliki kapasitas pertukaran ion yang besar (Hossein, 2008). Pembentukan ukuran pori pada suatu zeolit ditentukan oleh molekul pengarah yang ditambahkan pada proses hidrotermal (Shevade, 2000 dalam Warsito, 2008). Putro (2007) menghasilkan zeolit ZSM-5 murni dan analsim tanpa penambahan templat dengan pemanfaatan abu sekam padi sebagai sumber silika. Dalam penelitian ini, pembentukan pori zeolit tidak menggunakan templat yang merupakan molekul pengarah pembentukan pori. Batu apung memiliki ukuran pori berkisar antara 5 mm – 30 mm (Rosda, 2011). Dengan pemanfaatan batu

apung sebagai sumber silika, didapatkan hasil sintesis zeolit berupa zeolit A yang manfaatnya telah diketahui sangat baik sebagai adsorben.

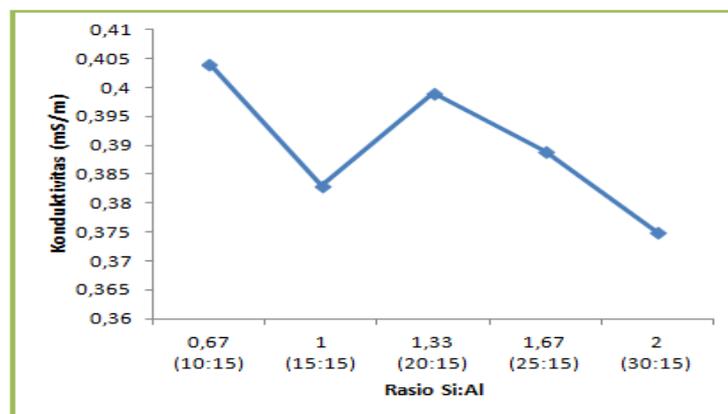
Pengukuran konduktivitas menunjukkan bahwa sampel yang dihasilkan termasuk dalam bahan jenis semikonduktor, dimana kisaran nilai konduktivitasnya antara 0,375 mS/m hingga 0,404 mS/m dengan konduktivitas terbesar dihasilkan oleh zeolit dengan rasio 10:15 seperti yang terlihat dalam Tabel 5.

Tabel 5 Nilai konduktivitas zeolit terhadap rasio

Rasio Si/Al	Konduktivitas (mS/m)
10 : 15	0,404
15 : 15	0,383
20 : 15	0,399
25 : 15	0,389
30 : 15	0,375

Selisih nilai konduktivitas dari setiap sampel menunjukkan nilai yang tidak terlalu besar. Dari uji konduktivitas ini diketahui zeolit sintesis yang dihasilkan dengan rasio Si/Al kecil secara keseluruhan mempunyai nilai konduktivitas yang besar.

Dalam penelitian ini perubahan nilai konduktivitas terhadap rasio Si/Al menghasilkan nilai yang tidak linier. Pada Gambar 4 terlihat bahwa dengan kenaikan rasio Si/Al terjadi penurunan konduktivitas, akan tetapi pada rasio 20:15 konduktivitas yang dihasilkan lebih besar dari zeolit rasio 15:15. Nilai konduktivitas dari dua zeolit ini memperlihatkan nilai yang tidak seharusnya, dimana zeolit rasio 20:15 seharusnya memiliki nilai konduktivitas yang lebih kecil bukan lebih besar dari zeolit 15:15.



Gambar 4 Hubungan konduktivitas terhadap rasio Si/Al

Pada zeolit rasio 15:15 terjadi penurunan terhadap nilai konduktivitas, hal ini dapat diakibatkan oleh kandungan silika dan alumina yang sama dalam kerangka zeolit yang menyebabkan sedikitnya pembentukan ion $Al(OH)_4^-$. Zeolit dengan konduktivitas yang tinggi memiliki muatan negatif yang berasal dari pembentukan anion $Al(OH)_4^-$ yang terpolimerisasi pada keadaan basa. Keberadaan atom aluminium ini secara keseluruhan akan menyebabkan zeolit memiliki muatan negatif. Anion dalam kerangka zeolit dapat bergerak secara bebas dan mampu mengikat kation-kation yang dapat dipertukarkan.

Dari keseluruhan zeolit sintesis, zeolit dengan rasio 10:15 memiliki konduktivitas terbesar. Karena memiliki nilai konduktivitas yang besar dengan jumlah kation yang banyak maka zeolit rasio 10:15 yang dihasilkan dalam penelitian merupakan zeolit yang paling baik sebagai penukar ion.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa batu apung dapat dimanfaatkan sebagai sumber silika dalam proses pembuatan zeolit sintesis secara hidrotermal.

Berdasarkan hasil difraktometer sinar-X diketahui bahwa dengan perbandingan rasio Si/Al rendah zeolit sintetis dari batu apung menghasilkan zeolit tipe A. Zeolit dengan rasio 15:15 merupakan zeolit yang memiliki nilai pertukaran ion paling tinggi karena memiliki nilai konduktivitas paling tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- BATAN Homepage, Potensi Zeolit untuk Mengolah Limbah Industri dan Radioaktif, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Indonesia, <http://www.batan.go.id/ptlr/11id/?q=content/potensi-zeolit-untuk-mengolah-limbah-industri-dan-radioaktif>, diakses Agustus 2012
- Erdem, E, N. Karapinar, R. Donat, 2004, The removal of heavy metal cations by natural zeolites, *Journal of Colloid and Interface Science* 280 (2004) Elsevier, hal 309–314
- Hosseini, G.M., Namdar M.A., Ali M., Pakzad M.R, 2008, Ion Exchange Behavior of Zeolites A and P Synthesized Using Natural Clinoptilolite, Iran. *Journal Chemical* Vol. 27, No.2, Nuclear Science and Technology Research Institute (NSTRI) Iran
- Lestari, D.Y., 2010, Kajian modifikasi dan karakterisasi zeolit alam dari berbagai negara, prosiding seminar nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2010. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Pasaribu, K.A., 2011, Efek Komposisi Zeolit-Serbuk Kayu dan Suhu Sintering Terhadap Karakteristik Dalam Pembuatan Keramik Berpori Dengan Menggunakan PVA Sebagai Perikat, Respository Universitas Sumatera Utara, Medan
- Putro, A.L. dan Didik P., 2007, Abu Sekam Padi Sebagai Sumber Silika Pada Sintesis Zeolit ZSM-5 Tanpa Menggunakan Templat Organik, *Akta Kimindo* Vol. 3 No. 1 Oktober 2007 : 33 – 36, Jurusan Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Rini, D.K., Fendy A.L., 2010 Optimasi Aktivasi Zeolit Alam Untuk Dehumidifikasi, Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang
- Rosda, Dafid, 2011, Hubungan Porositas dan Densitas Mortar Berbasis Batu Apung, Sripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang
- Saputra, Rodhie, 2006, Pemanfaatan Zeolit Sintetis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Industri, 23 Januari 2006.
- Sholichah, F., Arnelli, Ahmad S., 2013, Pengaruh waktu hidrotermal pada sintesis zeolit dari abu sekam padi serta aplikasinya sebagai builder deterjen, Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro
- Warsito, S., Sriatun dan Taslimah, 2008, Pengaruh penambahan surfaktan Cetyltrimethylammonium bromide (n-CTMABr) pada sintesis zeolit-Y, Fak. MIPA, Universitas Diponegoro