

PENGARUH TEMPERATUR PELEBURAN ALKALI TERHADAP KONDUKTIVITAS LISTRIK ZEOLIT SINTETIK DARI BAHAN ABU DASAR BATUBARA DENGAN METODE PELEBURAN ALKALI HIDROTERMAL

Nila Sriwahyuni, Afdhal Muttaqin, Astuti

Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Andalas, Padang

e-mail: nilasriwahyuni001@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan sintesis zeolit dari abu dasar dengan metode peleburan alkali hidrotermal. Temperatur peleburan yang digunakan adalah 550 °C, 750 °C dan 950 °C dengan perbandingan abu dasar : NaOH yaitu 1:1,2 g. Sampel abu dasar yang telah dilebur dengan NaOH kemudian dipanaskan melalui proses hidrotermal dengan variasi media kristalisasi aquades dan NaAlO₂. Sampel zeolit hasil sintesis kemudian dicuci dengan aquades hingga pH 9-10. Karakterisasi meliputi karakterisasi gugus fungsi menggunakan FT-IR, morfologi permukaan menggunakan SEM, dan jenis material menggunakan XRD serta pengukuran konduktivitas. Untuk keperluan pengukuran konduktivitas, sampel dikompaksi membentuk pellet dengan massa 0,3 g. Hasil FT-IR menunjukkan bahwa terdapat sidik jari untuk ikatan regangan SiO dan AlO serta double ring (cincin ganda). Dari hasil difraktometer sinar-X terlihat bahwa zeolit hasil sintesis dengan penambahan aquades merupakan zeolit tipe Na. Sedangkan dengan penambahan NaAlO₂ menghasilkan zeolit tipe Na-A, zeolit P dan Unnamed zeolite. Uji konduktivitas dengan menggunakan LCR-meter menunjukkan bahwa rentang nilai konduktivitas sampel adalah 0,0407 mS/m hingga 0,3814 mS/m. Zeolit dengan nilai konduktivitas tertinggi (0,3814 mS/m) dihasilkan oleh temperatur peleburan 550 OC dan dengan media kristalisasi NaAlO₂.

Kata kunci : abu dasar, alkali – hidrotermal, konduktivitas, zeolit

ABSTRACT

Synthesis of zeolites from bottom ash by alkali melting hydrothermal method have been done. Melting temperature was 550 °C, 750 °C and 950 °C with a ratio of bottom ash: NaOH is 1: 1.2 g. Samples of bottom ash which had been merged with NaOH then heated through a hydrothermal process with 2 kinds of crystallization medium that are distilled water and NaAlO₂. Synthesized zeolite samples were then washed with distilled water until pH 9-10. The characterization includes functional groups using FT-IR, surface morphology with SEM, and type of material using XRD, and conductivity measurements. For the purposes of conductivity measurement, the samples compacted to form pellets with a mass of 0.3 g. FT-IR results showed that there are fingerprints for bond stretching of SiO and AlO and Double Ring. X-ray diffraction (XRD) shows that the zeolites which are synthesized by the addition of distilled water is Na-type zeolite. While the zeolites which are synthesized by the addition of NaAlO₂ produce Na-A, P and Unnamed zeolite types. Conductivity test using LCR meter showed that range of the sample conductivity is from 0.0407 mS/m to 0.3814 mS/m. Zeolite with the highest conductivity (0.3814 mS/m) were obtained from melting temperature of 550 °C and with NaAlO₂ as crystallization medium.

Keywords : bottom ash, alkali – hidrothermal, zeolite, conductivity

I. PENDAHULUAN

Zeolit adalah material berpori yang sering disebut sebagai *moleculer sieve/moleculer mesh* (saringan molekuler), karena memiliki pori-pori yang berukuran molekuler (Putra, 2007). Struktur dan kerangka zeolit yang berpori membuat zeolit memiliki banyak kegunaan diantaranya sebagai absorben, penukar kation (*ion exchange*), sensor gas, katalis dan penyaring molekul serta digunakan sebagai tempat pertumbuhan nanopartikel di dalam pori-pori nanozeolit (Ahkam, 2011).

Mineral zeolit mempunyai struktur tiga dimensi tetrahedral (SiO₄⁻⁴) dan (AlO₄⁻³). Keberadaan atom Al inilah yang menyebabkan zeolit menjadi bermuatan listrik. Muatan listrik yang dimiliki oleh kerangka zeolite, baik yang terdapat dipermukaan maupun di dalam pori menyebabkan zeolit dapat berperan sebagai penukar kation, penyerap dan katalis (Harahap,

dkk.,2006). Sensitivitas dalam konduktivitas dan sifat kapasitif zeolit merupakan kunci untuk pengoperasian zeolit sebagai bahan sensor, perangkat elektronik dan optoelektronik (Kalogeras, 1998).

Limbah abu dasar memiliki kandungan karbon yang tinggi yang apabila dibiarkan dilingkungan lambat laun dapat menimbulkan gas metana yang akan berpotensi untuk meledak (self burning) (Kementerian Negara dan Lingkungan Hidup, 2006) Disisi lain, limbah abu dasar juga mengandung oksida silika (SiO_2) dan alumina (AlO_2) serta besi (Fe_2O_3). Keberadaan komponen silika dan alumina yang memiliki kemiripan dengan komponen zeolit inilah memungkinkan abu dasar dapat disintesis menjadi material yang strukturnya mirip dengan zeolit atau dikenal dengan zeolite like material (ZLM) (Tunjungsari, 2008).

Londar (2010) melakukan sintesis zeolit dari bahan abu dasar batubara dengan metode hidrotermal langsung menggunakan larutan alkali, menggunakan variasi waktu kristalisasi selama 12, 24, 72, dan 144 jam pada temperatur kristalisasi $160\text{ }^\circ\text{C}$. Menurut Londar (2010), zeolit yang diperoleh melalui metode hidrotermal langsung memiliki tingkat kemurnian yang rendah dibandingkan dengan zeolit yang disintesis menggunakan metode peleburan hidrotermal.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode peleburan alkali hidrotermal. Abu dasar dan NaOH diampurkan dengan rasio (1 : 1,2) g. Selanjutnya dilebur dengan variasi temperatur peleburan $550\text{ }^\circ\text{C}$, $750\text{ }^\circ\text{C}$ dan $950\text{ }^\circ\text{C}$, dilanjutkan dengan proses hidrotermal pada suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$ selama 12 jam mengacu pada metode yang digunakan oleh Wahyuni (2010). Selain dilakukan variasi terhadap media kristalisasi yang digunakan yaitu dengan menggunakan aquades dan menggunakan media kristalisasi NaAlO_2 . Kemudian dilanjutkan dengan karakterisasi struktur, bentuk permukaan dan konduktivitas listrik dari zeolit yang dihasilkan.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Teknik Penelitian

2.1.1 Pembuatan Zeolit

Sintesis zeolit dari abu dasar menggunakan abu dasar yang berasal dari sektor PLTU Ombilin. Sebanyak 150 g abu dasar dipanaskan di dalam oven untuk menghilangkan unsur air selama 12 jam pada temperatur $105\text{ }^\circ\text{C}$ dan didinginkan di dalam desikator. Sebanyak 12 g abu dasar yang telah dipanaskan dan 14,4 g NaOH dihaluskan, dicampur dan dihomogenkan, kemudian didiamkan di dalam *stainless steel crucible*, percampuran ini dibuat sebanyak 6 buah sampel yang akan diberi perlakuan berbeda. Sampel ini kemudian dilebur dengan cara dipanaskan di dalam furnace dengan variasi suhu $550\text{ }^\circ\text{C}$, $750\text{ }^\circ\text{C}$ dan $950\text{ }^\circ\text{C}$ selama 1 jam, 2 sampel untuk masing-masing variasi. Sampel ini kemudian didinginkan dan dihaluskan. Sebanyak 20 g dari sampel yang telah dihaluskan dilarutkan dalam 240 mL aquadestilat untuk masing-masing sampel.

Masing-masing sampel kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 1 jam. Sampel yang telah dihomogenkan dimasukkan ke dalam botol polietilen dan diperam (*aging*) pada temperatur $30\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam. Sampel yang telah diperam kemudian disaring menggunakan kertas whatman 42, dan diambil ekstraknya.

Ekstrak dari sampel ini kemudian dibuat campuran (*slurry*) dengan penambahan larutan NaAlO_2 , sebagai penambah unsur Al didalam struktur zeolit dengan variasi lain menggunakan aquades. Masing-masing sampel yang telah dibuat *slurry* kemudian dimasukkan ke dalam reaktor hidrotermal (*stainless steel autoclave*) yang tertutup rapat untuk kristalisasi, dengan temperatur $100\text{ }^\circ\text{C}$ selama 12 jam. Selanjutnya, setelah perlakuan hidrotermal, sampel hasil kristalisasi dipisahkan dari filtratnya, dicuci menggunakan aquades hingga mendapatkan pH 9-10 yang kemudian dikeringkan pada temperatur $105\text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam.

2.1.2 Karakterisasi Sampel

Karakterisasi sampel dilakukan meliputi, karakterisasi gugus fungsi menggunakan FT-IR, jenis material menggunakan difraksi sinar-X dan morfologi permukaan menggunakan SEM serta penentuan nilai konduktivitas listrik. Penentuan konduktivitas listrik dilakukan dengan mengkompaksi 0,3 g sampel bubuk zeolit yang telah disintesis dengan tekanan yang sama untuk

setiap variasi. Sampel dibentuk menjadi tablet berdiameter 13 mm dan ketebalan berkisar antara 1 mm - 4 mm. Selanjutnya dilakukan pengujian mengenai konduktivitas listrik yang dimiliki oleh zeolit sintetik menggunakan LCR-Meter yang terdapat di Labor Material, Jurusan Fisika, Universitas Andalas. Pengujian konduktivitas listrik dilakukan dengan meletakkan pelet zeolit diantara *stainless steel aluminium* yang memiliki diameter sama dengan diameter pelet, yang bertindak sebagai katoda di dalam pengukuran nilai konduktivitas listrik.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Karakterisasi Gugus Fungsi

Karakterisasi zeolit dengan FT-IR bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi penyusun kerangka zeolit. Analisa FT-IR dilakukan pada rentang bilangan gelombang gelombang (4000–500) cm^{-1} . Pada rentang bilangan gelombang tersebut terdapat gugus-gugus fungsi serta daerah sidik jari yang dimiliki oleh zeolit, mengacu kepada kandungan SiO_2 dan AlO_2 yang dimiliki oleh sampel sebagai hasil dari sintesis abu dasar batubara.

Tabel 1 Interpretasi bilangan gelombang pada sampel zeolit

Bilangan Gelombang (cm^{-1})							Interpretasi
Range	Sampel						
	A550	A550S	A750	A750S	A950	A950S	
1250-950	966,65	964,18	963,33	969,03	965,87	960,88	Vibrasi regangan asimetri Si-O dan Al-O
820 - 650	687,5	656,25	681,31	660,06	657,65	659,36	Vibrasi regangan simetri Si-O dan Al-O
650 - 500	554,37	548,88	562,5	562,57	562,6	-	<i>Double Ring</i>

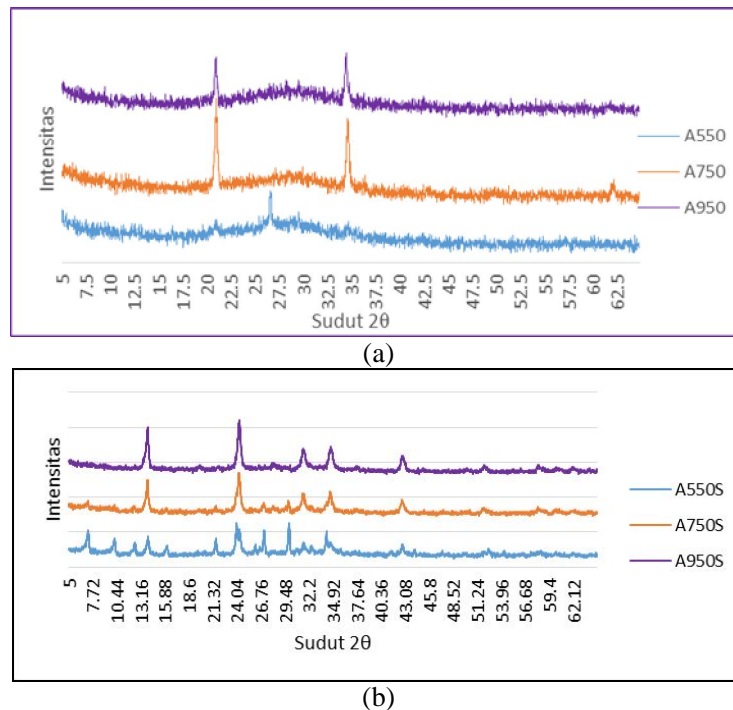
Pita serapan yang tinggi dan tajam pada panjang gelombang 966,65 cm^{-1} , 964,18 cm^{-1} , 963,33 cm^{-1} , 969,03 cm^{-1} , 965,87 cm^{-1} dan 960,88 cm^{-1} yang menunjukkan adanya Al tersubstitusi dalam bentuk tetrahedral dari kerangka silika (Fatihah, 2013). Pada panjang gelombang tersebut terlihat adanya vibrasi regangan asimetri Si-O atau Al-O dalam SiO_4 atau AlO_4 tetrahedral, dimana ikatan ini berada antara panjang gelombang (1250-950) cm^{-1} . Pita serapan ini muncul pada semua sampel zeolit yang diuji. Selain itu, pita absorban antara panjang gelombang (650-750) cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi ulur simetri Si-O dan Al-O. Dimana, semua sampel dalam sintesis zeolit menunjukkan pita serapan pada daerah ini. Untuk lebih jelasnya, keterangan ini ditampilkan pada Tabel 1 yang merupakan interpretasi dari spectra yang dihasilkan oleh grafik FT-IR.

Selain itu, karakteristik gugus fungsi yang sangat penting yang dimiliki zeolit dari karakterisasi zeolit dengan FT-IR adalah struktur double ring yang dimiliki oleh zeolit. Puncak yang muncul pada daerah serapan (650-500) cm^{-1} yang berasal dari vibrasi akibat adanya cincin ganda (double ring). Cincin ganda adalah jalinan eksternal antara kerangka zeolit yang satu dengan kerangka yang lainnya (Ahkam, 2011). Pita serapan cincin ganda yang muncul pada sampel zeolit ini berada pada rentang bilangan gelombang (565,19-553,62) cm^{-1} sebagai ciri khas struktur kristal zeolit A (Wuntu dan Tangkuman, 2008). Pita serapan ini tidak muncul pada sampel A950S sebagai sampel zeolit yang disintesis menggunakan temperatur peleburan 950 $^{\circ}\text{C}$ disertai dengan hidrotermal dengan penambahan NaAlO_2 .

3.2 Karakterisasi Jenis Material

Pengujian XRD dilakukan untuk mengetahui senyawa atau kristal yang terbentuk dalam suatu material kristalin sehingga akan diketahui struktur, tipe dan ukuran kristal. Dari pola difraksi sinar-X pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa hasil sintesis zeolit pada variasi temperatur peleburan 550 $^{\circ}\text{C}$, 750 $^{\circ}\text{C}$ dan 950 $^{\circ}\text{C}$ dengan penambahan aquades, difraktogram yang dihasilkan memiliki kemiripan, yaitu muncul pada sudut 2θ yang hampir sama. Difraktogram ini banyak terdapat puncak-puncak yang sesuai dengan difraktogram standar, terutama pada

puncak-puncak tertinggi 2θ yang berada pada sudut 20,983 dan 34,741 yang sesuai dengan puncak karakteristik dari standar JCPDS nomor 39-0101. Pola ini merupakan pola dari kristal sodium aluminum silicat atau yang lebih dikenal dengan zeolit Na.



Gambar 1 Pola difraksi sinar-X dari Zeolit dengan media kristalisasi (a) aquades dan (b) NaAlO_2

Pada Gambar 1(a) terlihat pengaruh dari kenaikan temperatur yang mengakibatkan menghilangnya puncak 2θ di sejumlah sudut seperti pada sudut 26,615 yang diindikasikan berdasarkan data standar JCPDS nomor 46-1045 sebagai kuarsa (SiO_2) yang merupakan salah satu unsur penyusun utama dari abu dasar. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur peleburan yang digunakan dalam sintesis ini mengakibatkan konsentrasi kuarsa yang terdapat pada sampel akan semakin berkurang. Kenaikan temperatur juga mengakibatkan munculnya difraktogram baru di beberapa sudut 2θ seperti pada sudut 36,305 dan 49,905 yang mengindikasikan kemunculan untuk difraktogram *Sodium Aluminum Silicat* (Zeolit-Na).

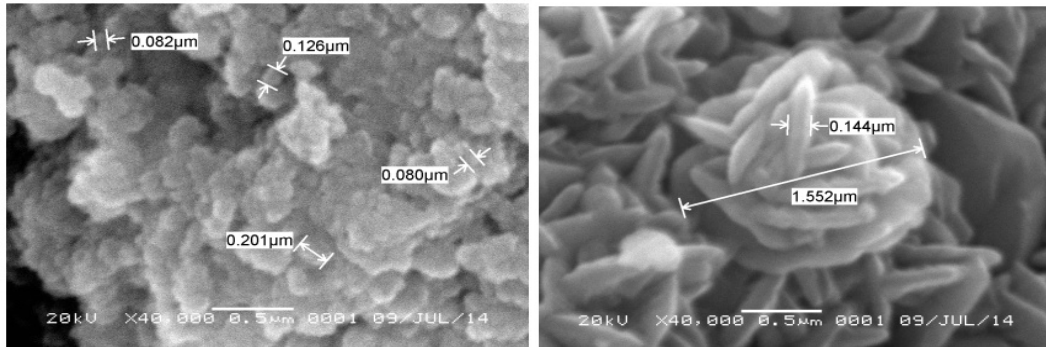
Berbeda halnya dengan zeolit variasi temperatur peleburan 550 °C, 750 °C dan 950 °C dengan penambahan NaAlO_2 , yang menghasilkan pola difraksi sinar-X seperti terlihat pada Gambar 1(b). Hasil difraktogram pada Gambar 1(b) merupakan pola difraksi sinar-X dari sampel dengan penambahan NaAlO_2 dengan variasi temperatur peleburan 550 °C (A550S), 750 °C (A750S) dan 950 °C (A950S). Difraktogram yang muncul memiliki kesamaan, yaitu muncul pada sudut 2θ yang hampir sama. Puncak-puncak difraktogram ini sesuai dengan difraktogram standar JCPDS nomor 38-0241 kecuali untuk sampel A950S. Puncak spektra 2θ terutama pada sudut 7.193, 10.156, 23.690, 27.077, 29.913 memberikan identitas jenis zeolit yang diperoleh dari metode ini adalah tipe zeolit Na-A (zeolit A) yang sesuai dengan hasil yang diperoleh oleh Wahyuni (2010).

Berdasarkan pola difraksi dari ketiga sampel pada Gambar 1(a) dapat disimpulkan bahwa temperatur peleburan yang baik digunakan dalam sintesis zeolit dengan metode peleburan disertai penambahan NaAlO_2 pada saat proses hidrotermal adalah temperatur 550 °C, ini terlihat pada intensitas yang dihasilkan dari pola difraksi sinar-X. Dimana intensitas yang dihasilkan oleh sampel A550S lebih tajam dibandingkan dengan sampel A750S. Tingkat kemurnian zeolit dengan derajat kristalinitas tinggi akan menghasilkan puncak sempit yang sangat jelas dengan garis dasar yang rendah dan datar (Atskins, 1999). Intensitas yang tinggi

dan jelas serta sesuai dengan data standar ini memperlihatkan bahwa sampel A550S yang dihasilkan lebih kristalin dari pada hasil zeolit sampel A750S dan sampel A950S.

3.3 Karakterisasi Morfologi Permukaan

Karakterisasi menggunakan SEM merupakan tinjauan mikrostruktur yang dilakukan dengan tujuan untuk melihat morfologi permukaan. Pengujian SEM dilakukan pada sampel zeolit hasil sintesis yang memiliki nilai konduktivitas tinggi yaitu pada temperatur 550 °C, dari masing-masing variasi dengan penambahan Aquades dan dengan penambahan NaAlO₂.



(a) (b)

Gambar 2 Hasil karakterisasi SEM zeolit sintetis dengan suhu peleburan 550 °C (a) Dengan penambahan aquades, dan (b) Dengan penambahan NaAlO₂

Morfologi untuk sampel dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil karakterisasi untuk temperatur peleburan 550 °C memperlihatkan kristal yang terbentuk memiliki bentuk yang hampir seragam. Perbesaran sampai 40.000 kali menunjukkan partikel dengan diameter berkisar (0,080– 0,201) μm untuk sampel zeolit dengan penambahan aquades dan 0,144 μm untuk zeolit dengan media kristalisasi NaAlO₂.

Pencitraan dengan SEM dari kedua sampel memperlihatkan gambaran yang berbeda. Zeolit yang dihasilkan dengan penambahan aquades menghasilkan bentuk partikel hampir berbentuk bola (Gambar 2a) sedangkan zeolit yang dihasilkan dengan penambahan NaAlO₂ menghasilkan bentuk partikel seperti jarum, seperti terlihat pada Gambar 2b. Perbedaan ini diakibatkan oleh jenis dari zeolit serta unsur yang berbeda dari sampel yang dihasilkan. Sesuai dengan data karakterisasi XRD bahwa zeolit yang dengan penambahan NaAlO₂ memiliki hasil yang lebih kristalin dengan didominasi oleh puncak Zeolit A, sehingga memperlihatkan morfologi yang lebih seragam. Berbeda dengan sampel yang dihasilkan dengan penambahan aquades masih memiliki beberapa senyawa lain seperti kuarsa seperti di informasikan dari hasil karakterisasi XRD, Gambar 2 (a), sehingga di indikasi memiliki morfologi permukaan yang kurang seragam, seperti terlihat pada Gambar 2a.

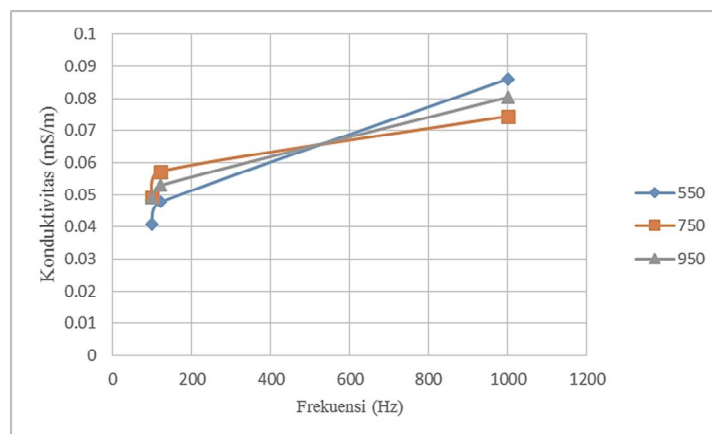
Selain itu pencitraan dengan SEM pada sampel dengan temperatur 550 °C dan dengan penambahan NaAlO₂ menunjukkan bahwa kristal zeolit tumbuh saling bertumpuk membentuk agregat dengan ukuran 1,552 μm. Dari Gambar 2 dapat disimpulkan untuk zeolit yang dihasilkan dengan penambahan NaAlO₂ memiliki hasil pencitraan yang lebih homogen dan teratur dibandingkan dengan media kristalisasi menggunakan aquades.

3.4 Konduktivitas Listrik Zeolit

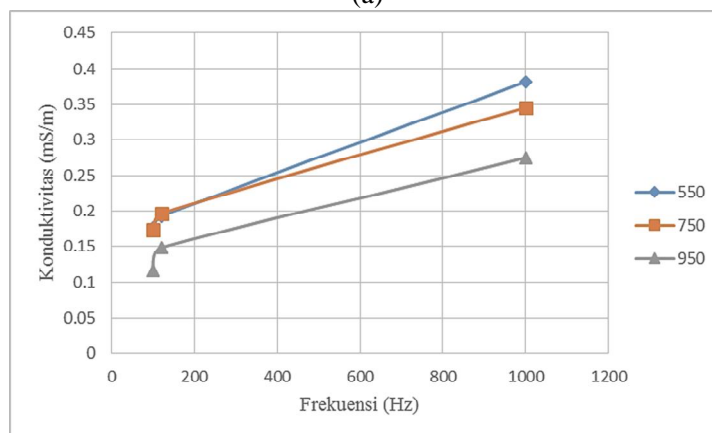
Karakterisasi konduktivitas listrik yang digunakan untuk mengetahui konduktivitas listrik dari zeolit sintetis ini adalah melalui pengukuran resistansi menggunakan LCR-meter model TH2820 dengan tiga variasi frekuensi 100 Hz, 120 Hz, dan 1000 Hz. Nilai konduktivitas yang diperoleh berkisar antara 0,0407 mS/m hingga 0,3814 mS/m dengan konduktivitas listrik tertinggi dimiliki oleh sampel dengan temperatur peleburan 550 °C dan penambahan NaAlO₂, yaitu sebesar 0,3814 mS/m. Nilai konduktivitas yang diperoleh ini berada dalam rentang data konduktivitas listrik zeolit yang berkisar antara 10⁻³ S/m dan 10⁻¹³ S/m (Kalogeris, 1998) sebagai nilai konduktivitas pada rentang semikonduktor.

Sampel zeolit dengan aquades sebagai media kristalisasi memiliki nilai konduktivitas listrik yang cenderung meningkat seiring dengan peningkatan temperatur peleburan. Peningkatan temperatur peleburan pada penambahan aquades ini sebanding dengan semakin berkurangnya komposisi dari kuarsa pada sampel yang dihasilkan, yang dapat dilihat pada hasil XRD sebelumnya (Gambar 2). Sebagaimana diketahui, kuarsa merupakan unsur dengan konduktivitas yang rendah.

Nilai konduktivitas listrik yang dihasilkan dari sintesis zeolit dengan menggunakan NaAlO_2 sebagai media kristalisasi menjadikan sampel ini jauh lebih konduktif dibandingkan dengan sampel yang menggunakan aquades sebagai media kristalisasi (Gambar 3a). Namun sebaliknya, kenaikan temperatur pada media kristalisasi menggunakan NaAlO_2 , malah menurunkan tingkat konduktivitas (Gambar 3b). Sebagaimana halnya dengan sampel yang menggunakan aquades, kenaikan temperatur peleburan yang digunakan mengakibatkan mineral kuarsa menjadi berkurang, seperti terlihat pada Gambar 1. Berkurangnya jumlah kuarsa ini mengakibatkan berkurangnya kesempatan senyawa aluminium yang ditambahkan pada proses ini, untuk membentuk kerangka zeolit. Hal ini ditunjukkan dengan masih adanya fase kuarsa dan albite pada temperatur 550°C . Semakin meningkatnya temperatur menjadikan fase kuarsa dan albite menjadi berkurang dan menghasilkan zeolite jenis baru (*unnamed zeolite*) berbentuk kubik dengan sisi $8,695 \text{ \AA}$. Peningkatan temperatur hingga 950°C menjadikan zeolite Na-A berubah seluruhnya menjadi zeolite jenis baru ini. Dari hasil FT-IR (Tabel 1), menunjukkan, zeolite jenis baru ini tidak memiliki ikatan double ring sebagaimana zeolit Na-A. Ikatan double ring menjadikan senyawa menjadi lebih konduktif.



(a)



(b)

Gambar 3 Hubungan frekuensi terhadap nilai konduktivitas (a) Dengan penambahan aquades dan (b) Dengan penambahan NaAlO_2

Perbandingan nilai konduktivitas listrik dari zeolit yang dihasilkan terhadap frekuensi yang digunakan dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 3. Dari Grafik hubungan frekuensi

terhadap konduktivitas (Gambar 3) dapat terlihat bahwa nilai konduktivitas listrik dari zeolit cenderung naik seiring dengan meningkatnya frekuensi yang digunakan sewaktu pengukuran. Hal ini mengindikasikan bahwa frekuensi mempengaruhi keaktifan dari pembawa muatan dalam material atau bahan zeolit yang dihasilkan.

Hasil ini sama dengan hasil yang diperoleh Etrugul (2007) dimana nilai konduktivitas meningkat seiring dengan peningkatan frekuensi, dengan zeolit yang digunakan adalah zeolit tipe Na-Y. Nilai konduktivitas tertinggi diperoleh dari sampel zeolit dengan temperatur peleburan 550 °C dan dengan penambahan NaAlO₂ dengan nilai 0,3814 mS/m.

IV. KESIMPULAN

Proses peleburan menggunakan NaOH serta hidrotermal pada temperatur 100 °C selama 12 jam dengan penambahan aquades menghasilkan zeolit Na, kuarsa, dan Nonambient temperatur. Proses peleburan menggunakan NaOH serta hidrotermal pada temperatur 100 °C selama 12 jam dengan penambahan NaAlO₂ menghasilkan zeolit Na-A, zeolit Na-P, hydrosodalite, albite, calcian, ordered, kuarsa, Unnamed zeolite dengan bentuk kristal kubik dan nilai $a = 8,965 \text{ \AA}$. Zeolit dengan temperatur peleburan 550 °C dan dengan penambahan NaAlO₂ memiliki nilai konduktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel lainnya dengan nilai konduktivitas 0,3814 mS/m. Nilai konduktivitas dari zeolit yang dihasilkan semakin meningkat dengan kenaikan frekuensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahkam, M., 2011, Sintesis dan Karakterisasi Membran Nanozeolit Y untuk Aplikasi Pemisahan Gas Metanol-Etanol, Skripsi, Depart. Kimia, Universitas Indonesia, Depok.
- Atskins, P. W., 1999, *Kimia Fisika*, Jilid 2. Edisi Keempat, (diterjemahkan oleh : Kartohadoprodyo, I.I.), Erlangga, Jakarta.
- Ertugrul dan Alime, 2007, Dielectric Behavior of the Catalyst Zeolite NaY, Department of Physics, Anadolu University.
- Fatiha, W. Y., 2013, Sintesis Zeolit dari Fly Ash Batubara Ombilin pada Temperatur Rendah dengan Menggunakan Air Laut, Skripsi, UNAND, Padang.
- Harahap, dkk., 2006, Kajian Bahan Galian Zeolit untuk di Manfaatkan sebagai Bahan Baku Pupuk, Skripsi, Sumatra Utara.
- Kalogerias, I. M. dan A. Dova, V., 1998, Electrical Properties of Zeolitic Catalyst, Defect and Diffusion Forum, Vol. 164 pp. 1-36, Depart. Physics, Athens.
- Kusumaningtyas, A. E., 2003, Pemanfaatan Zeolit Sebagai Adsorben untuk Mengolah Limbah Industri dan Radioaktif, Universitas Negeri Malang, Malang.
- Londar, E., dkk., 2010, Pengaruh Karbon Terhadap Pembentukan Zeolit dari Abu Dasar dengan Metode Hidrotermal Langsung, ITS, Surabaya.
- Putra, S. E., 2007, Zeolit sebagai Mineral Serba Guna. http://www.chemistry.org/artikel_kimia/kimia_material/zeolit_sebagai_mineral_serba_guna/. Diakses tanggal 6 Juni 2014.
- Rakhmatullah, D. K. A., Wiradini, G., dan Ariyanto, N. P., 2007, Pembuatan Adsorben dari Zeolit Alam dengan Karakteristik Adsorption Properties untuk Kemurnian Bioetanol, Laporan Akhir Penelitian Bidang Energi Penghargaan PT. Rekayasa Industri, Program Studi Teknik Fisika, ITB.
- Tunjungsari, R., 2008, Studi Adsorpsi Ion Logam Pb (II) oleh Abudasar (Bottom Ash) Batubara, Skripsi, Fakultas MIPA, UGM, Yogyakarta.
- Wahyuni, S. Dan Widiastuti, N., 2010, Adsorpsi Ion Logam Zn(II) pada Zeolit A yang Disintesis dari Abu Dasar Batubara PT Ipomomi Paiton dengan Metode Batch, Prosiding Tugas Akhir Semester Ganjil 2009/2010, Surabaya.
- Wuntu, A.D. dan Tangkuman, H. D., 2008, Derajat Kristalisasi pada Sintesis Zeolit A dengan Radiasi Gelombang Mikro, Jurnal, UNSRAT, Manado.