

KARAKTERISASI SIFAT LISTRIK PANi:ZEOLIT FAUJASIT Na-X DARI LIMBAH BOTTOM ASH

Fifi Yunica, Afdhal Muttaqin

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas
Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163
e-mail: fifiyunica@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan uji konduktivitas zeolit: PANi. Zeolit yang digunakan berjenis faujasit Na-X yang didapat dari sintesis limbah *bottom ash*. PANi disintesis dalam bentuk *emeraldine salt* ditumbuhkan pada zeolit dengan variasi massa (20%:80%, 30%:70%, 50%:50%, 70%:30%, 80%:20% dan 100%). Data XRD menunjukkan telah terjadinya penumbuhan PANi pada zeolit yang terlihat dari hilangnya beberapa puncak zeolit setelah proses penumbuhan. Uji konduktivitas menunjukkan bahwa rentang nilai konduktivitas zeolit: PANi dengan variasi massa berkisar antara $0,998 \times 10^{-4}$ S/cm hingga $102,794 \times 10^{-4}$ S/cm dengan nilai maksimum pada variasi massa zeolit: PANi 30% : 70%.

Kata kunci : *Bottom ash*, polimer konduktif, polianilin, zeolit, konduktivitas.

ABSTRACT

The conductivity tests of zeolites: PANi were conducted. The zeolite used in process is faujasit Na-X type which is obtained from synthesized waste of bottom ash. PANi is synthesized in the form of emeraldine salt which is grown on zeolite mass variation (20%:80%, 30%:70%, 50%:50%, 70%:30%, 80%:20% and 100%). The XRD data shows that there has been a growth of PANi on zeolite which is visible from the loss of some peaks of zeolite after the growing process. Conductivity test shows that range of conductivity values of zeolites: PANi with mass variations range from $0,998 \times 10^{-4}$ S/cm to $102,794 \times 10^{-4}$ S/cm with maximum value at mass variation of zeolite: PANi is 30% : 70%

Keywords: Bottom ash, conductive polymer, polyaniline, zeolite, conductivity.

I. PENDAHULUAN

Polimer dalam keadaan alamiahnya hampir semua bersifat isolator. Namun menariknya sifat listrik polimer lebih mudah dipengaruhi dibandingkan dengan material lainnya. Hal ini menjadikan polimer banyak dikembangkan dan diteliti untuk berbagai aplikasi. Polimer konduktif merupakan polimer yang dapat menghantarkan arus listrik. Polianilin merupakan salah satu polimer konduktif yang menarik untuk dikembangkan. (Wibawanto dkk, 2011).

Polianilin (PANi) merupakan salah satu polimer yang banyak diteliti dewasa ini, selain karena sintesisnya yang sederhana, serta stabil terhadap lingkungan, PANi memiliki konduktivitas listrik yang cukup baik. Konduktivitas polianilin dapat dipengaruhi melalui *charge-transfer* doping dan protonasi (Maddu dkk, 2008). Hal ini dikarenakan PANi mempunyai alternasi ikatan dan rangkap tunggal (terkonjugasi) yang memungkinkan terjadinya aliran elektron dalam rantai polimer. Selain itu peningkatan konduktivitas PANi dapat juga dilakukan dengan cara mendoping dengan bahan yang memiliki konduktivitas yang lebih tinggi, seperti menggunakan karbon (grafit) (Chen dkk, 2003). Grafit memiliki ukuran pori lebih kecil dibandingkan zeolit, dimana ukuran pori grafit berkisar 40 nm dan zeolit memiliki ukuran pori 20 Å. Pada tahun 2012 Gatri memanfaatkan zeolit alam sebagai absorben ion logam berat. Zeolit alam yang dimodifikasi terlebih dahulu dengan PANi. Hasil modifikasi zeolit: PANi menunjukkan terjadinya perubahan kemampuan hasil penyerapan logam berat.

Zeolit merupakan mineral atau batuan alam yang secara kimiawi termasuk golongan mineral silika dan dinyatakan sebagai alumina silikat terhidrasi, terbentuknya halus dan merupakan hasil produk sekunder yang stabil pada kondisi permukaan karena berasal dari proses sedimentasi, pelapukan maupun aktivasi hidrotermal (Kusuma dkk, 2010). Komponen utama pembangun struktur zeolit adalah struktur bangun primer $(\text{SiO}_4)_4$ yang mampu membentuk struktur tiga dimensi. Muatan listrik yang dimiliki oleh kerangka zeolit baik yang terdapat dipermukaan maupun di dalam pori menyebabkan zeolit dapat berperan sebagai penukar kation, penyerap dan katalis (Harahap, 2006).

Zeolit memiliki struktur yang khas, yakni hampir sebagian besar merupakan kanal dan pori, sehingga zeolit memiliki luas permukaan yang besar. Keadaan ini dapat dijelaskan dengan masing-masing pori dan kanal dalam maupun antar kristal dianggap berbentuk silinder, maka luas permukaan total zeolit adalah akumulasi dari luas permukaan (dinding) pori dan kanal-kanal penyusun zeolit. Semakin banyak jumlah pori yang dimiliki, semakin besar luas permukaan total yang dimiliki zeolit. Menurut Dyer (1988), luas permukaan internal zeolit dapat mencapai puluhan bahkan ratusan kali lebih besar dibanding bagian permukaan luarnya. Luas permukaan yang besar ini sangat menguntungkan dalam pemanfaatan zeolit baik sebagai adsorben ataupun sebagai katalis heterogen.

Aktivasi zeolit dapat dilakukan dengan penambahan sejumlah NaOH yang dibutuhkan untuk mempercepat kelarutan Si dan Al dari zeolit. Komposisi NaOH yang digunakan akan mempengaruhi jenis zeolit yang akan diperoleh. Selain penambahan NaOH, waktu hidrotermal juga dapat mempengaruhi hasil zeolit. Sunardi pada tahun 2007 melakukan waktu hidrotermal selama 24 jam dan menghasilkan zeolit jenis faujasit.

Faujasit adalah satu dari beberapa zeolit yang biasanya disintesis dari bahan alam. Faujasit sendiri memiliki 2 jenis yaitu zeolit faujasit kaya silikon (zeolit Na-Y) dan zeolit faujasit kaya aluminium (zeolit Na-X). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konduktivitas listrik dari zeolit faujasit hasil dari sintesis bottom ash dan kemudian dimodifikasi dengan polimer konduktif polianilin (PANi).

II. METODE

2.1 Pembuatan Polianilin

Proses sintesis PANi dilakukan dengan cara mencampurkan 50 mL HCl dan 2 mL monomer anilin selama 1 jam. 6 gram ammonium peroksodisulfat $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ dimasukkan ke dalam 50 mL aquades selama 1 jam. Kedua larutan tersebut dicampurkan ke dalam satu wadah kimia, diaduk hingga rata dan dibiarkan selama 2 jam sampai terjadi polimerisasi sempurna dengan terbentuk endapan berwarna hijau dan terlihat adanya pemisahan. Larutan HCl-Anilin berada dibagian atas dan larutan $\text{H}_2\text{O}-(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ berada pada bagian bawah. Hasil yang berupa endapan tersebut kemudian dicuci dengan menggunakan HCl sebanyak 3 kali. Hasil cucian kemudian dicuci lagi menggunakan aseton sebanyak 3 kali sehingga terbentuk endapan PANi hidroklorid (*Emeraldine Salt*). Polianilin yang terbentuk tersebut dikeringkan dengan cara dipanaskan pada oven dengan suhu 80°C selama 2 jam.

2.2 Penumbuhan Polianilin pada Zeolit

Pada proses pembentukan zeolit:PANi digunakan 0,029 gram APS yang dilarutkan dengan 5 mL akuades. Pada wadah lain dipersiapkan 0,013 gram PANi dan zeolit (dengan massa zeolit divariasikan), selanjutnya kedalam wadah zeolit:PANi ditambahkan dengan 5 mL akuades. Kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit, lalu ditambahkan dengan larutan APS yang sudah disiapkan sebelumnya dengan kondisi pengadukan tetap berlangsung 2 jam. Polimerisasi selesai campuran didiamkan selama 3 jam dan *disentrifuge* untuk memperoleh padatan Zeolit:PANi. Kemudian dikeringkan dengan suhu 30°C .

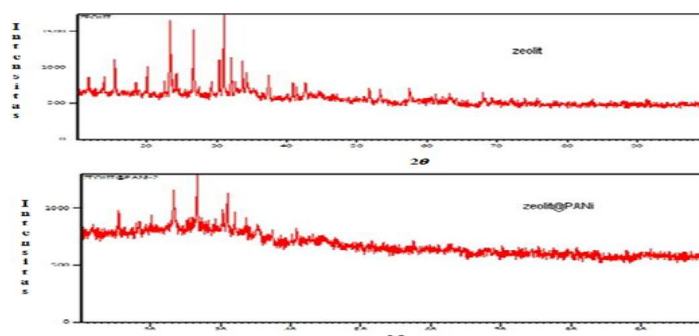
III. HASIL DAN DISKUSI.

3.1 Karakterisasi XRD

Berdasarkan difraktogram yang diperoleh dari XRD, dapat dilihat perubahan yang terjadi akibat proses penumbuhan PANi pada permukaan zeolit yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan Tabel 1 adanya (puncak-puncak zeolit sintesis yang tidak muncul pada sudut 2θ) yang diindikasikan telah terjadi penumbuhan PANi pada rangka zeolit. Setelah dilakukan proses penumbuhan PANi terlihat bahwa PANi telah berhasil menutupi beberapa atom utama dari rangka zeolit sehingga XRD tidak membaca lagi posisi atom tersebut. Kemungkinan lain terjadinya reposisi atom penyusun zeolit. Namun hal ini kecil kemungkinan mengingat kecilnya energi yang dibutuhkan untuk bisa melakukan hal tersebut.

Kemungkinan lain yang terjadi adalah terjeratnya PANi. Kation-kation yang dapat dipertukarkan ataupun molekul air yang terdapat pada zeolit tidak terikat secara kuat dalam

kerangka karena dapat dipertukarkan secara mudah dengan cara pencucian dengan larutan yang mengandung kation lain Mumpton (1984).



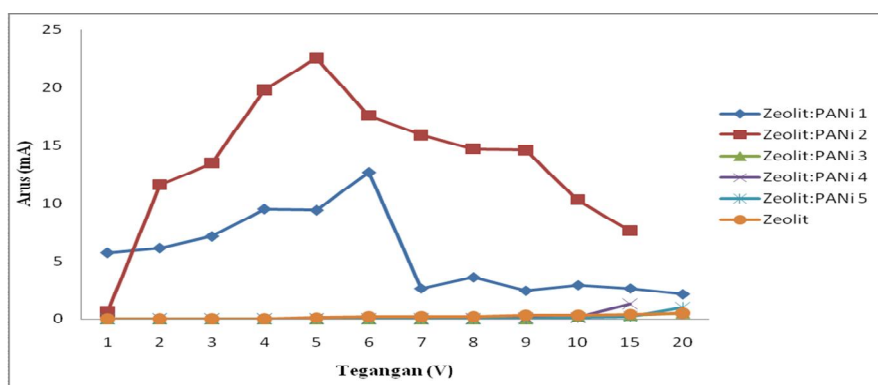
Gambar 1 Difraktogram Zeolit Faujasit dan Zeolit:PANi

Tabel 1 Perbandingan hasil sudut 2θ Zeolit sintesis dengan Zeolit:PANi

Zeolit Hasil Sintesis (2θ)	Zeolit-PANi (2θ)
11.7148	-
15.4230	15.4497
18.4156	-
20.0663	-
22.4784	-
23.3094	23.3138
24.1889	-
26.6770	26.6419
29.2312	-
30.3220	30.3334
30.9605	30.9540
32.6247	31.9922
33.6227	-
34.1995	35.2510
37.3744	-

3.2 Karakterisasi Sifat Listrik

Pengukuran konduktivitas dilakukan dengan cara memberikan tegangan pada bahan. Elektron bebas akan mengalir dalam bahan apabila ada perbedaan potensial diantara dua titik bahan. Elektron-elektron dalam bahan yang memiliki beda potensial mengalir dari potensial yang lebih rendah ke potensial yang lebih tinggi sehingga akan menimbulkan arus. Hubungan tegangan dan arus dapat dilihat pada Gambar 2.

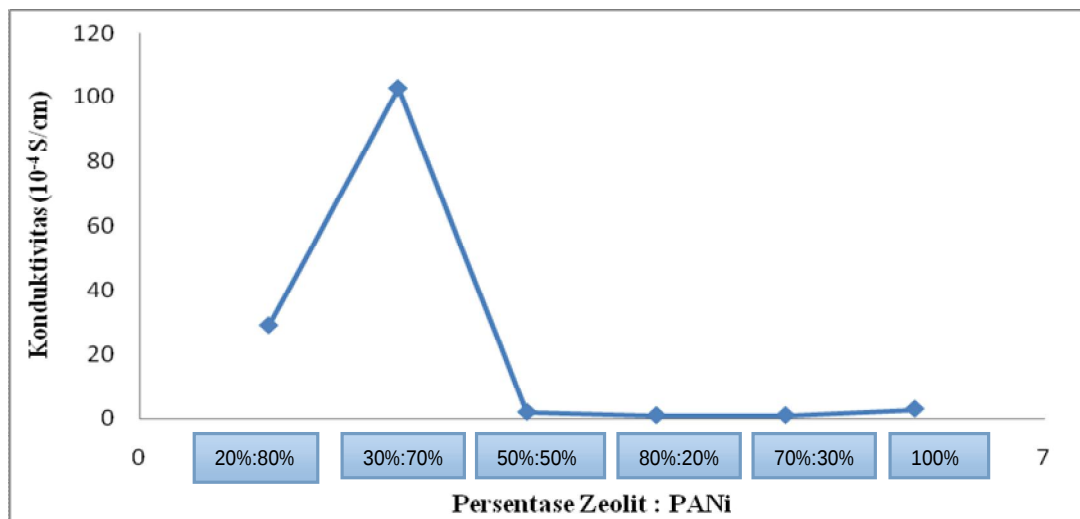


Gambar 2 Hubungan Tegangan Dengan Arus Pada Sampel Zeolit:PANi Dengan Berbagai Komposisi

Penambahan PANi pada zeolit mengakibatkan terjadinya peningkatan arus dengan bertambahnya nilai tegangan. Zeolit: PANi dengan komposisi 30%:70% memiliki respon yang lebih cepat saat diberikan tegangan. Hubungan karakterisasi hubungan antara tegangan dan arus, terlihat kecenderungan kenaikan arus linear terhadap tegangan. Namun saat tegangan diperbesar, terjadi perubahan penurunan sampel 1 dan 2 yang memiliki respon yang lebih bagus dibandingkan sampel lain. Penurunan arus ini kemungkinan diakibatkan oleh terjadinya hubungan singkat yang merubah struktur dari material. Sampel dengan jumlah zeolit tinggi ternyata memiliki ketahanan yang lebih besar terhadap beda potensial. Hasil pengukuran untuk tegangan 10 V dapat dilihat pada Tabel 2 menunjukkan bahwa zeolit sintesis dan zeolit: PANi yang dihasilkan termasuk dalam bahan jenis konduktor, dengan kisaran nilai konduktivitasnya antara $0,998 \times 10^{-4}$ S/cm hingga $102,794 \times 10^{-4}$ S/cm dengan konduktivitas tertinggi dihasilkan pada zeolit: PANi dengan variasi 30% : 70%. Kalogeris pada tahun 1998 melakukan pengumpulan data terhadap sifat listrik dan relaksasi dielektrik zeolit, menghasilkan data bahwa konduktivitas zeolit berkisar antara 10^{-3} Sm⁻¹ and 10^{-13} Sm⁻¹. Untuk struktur zeolit dengan sifat konduktor umum (A, X dan ZSM-5) konduktivitas terbesar dimiliki oleh zeolit-Na. Untuk lebih jelasnya nilai konduktivitas direpresentasikan dalam Tabel 2 dan Gambar 3.

Tabel 2 Nilai konduktivitas pada masing-masing sampel dengan penambahan zeolit faujasit.

NO	Variasi Zeolit : PANi	V (Volt)	I (mA)	Konduktivitas (10^{-4} s/cm)
1	20% : 80%	10	2,9	28,922
2	30% : 70%	10	10,3	102,794
3	50% : 50%	10	0,2	1,996
4	70% :30%	10	0,1	0,998
5	80% : 20%	10	0,1	0,998
6	100% Zeolit	10	0,3	2,994



Gambar 3 Hubungan Penambahan Zeolit Terhadap Nilai Konduktivitas Zeolit: PANi.

Dari Gambar 3 terlihat bahwa penambahan zeolit sintesis berhasil mempengaruhi konduktivitas zeolit: PANi. Sampel ke 2 dengan variasi komposisi 30% : 70% memiliki respon konduktivitas terbesar, yang ditunjukkan dengan nilai konduktivitas untuk tegangan 10 volt sebesar $102,794 \times 10^{-4}$ S/cm. Dapat diartikan bahwa PANi yang ditumbuhkan pada permukaan zeolit mengakibatkan zeolit menjadi lebih konduktif. Jika mengacu pada data XRD sebelumnya, terjadi relokasi akibat penumbuhan PANi ternyata meningkatkan nilai konduktivitas listrik zeolit: PANi. Relokasi ini dikarenakan pori-pori zeolit yang sebelumnya terisi oleh oksigen digantikan muatan PANi yang lebih positif.

Namun ternyata kenaikan konduktivitas tidak sebanding dari penambahan PANi pada zeolit sintesis. Ketika penambahan zeolit tetap dilanjutkan dengan jumlah PANi yang sama dengan sebelumnya, nilai konduktivitas menurun. Ini dapat terjadi karena banyaknya pori-pori zeolit yang tidak terisi penuh oleh PANi sehingga lebih banyak oksigen yang masih terperangkap pada pori-pori zeolit. Tidak optimalnya pengisian ini tentunya akan menyebabkan menurunkan konduktivitas zeolit:PANi, karena adanya rongga mengakibatkan resistansi pada material akan meningkatkan (Hasnaouin, 2008).

Selain itu, keadaan ini dapat diakibatkan oleh kation Na^+ yang digunakan dalam menstabilkan unit-unit pembentuk kerangka zeolit (Ojha dkk, 2004) dan keberadaan ion aluminium ini secara keseluruhan akan menyebabkan zeolit memiliki muatan negatif. Muatan negatif inilah yang menyebabkan zeolit mampu mengikat kation. Zeolit pada awalnya memiliki pori-pori yang berisi air dan kation-kation yang dapat dipertukarkan. Penambahan PANi terhadap zeolit menjadikan kation NH_3^+ dapat memasuki rongga-rongga zeolit yang masih kosong, sehingga mempunyai konduktivitas zeolit:PANi yang ditunjukkan juga dengan hilangnya beberapa puncak XRD yang awalnya muncul pada zeolit.

Pada zeolit sintesis 20% nilai konduktivitas ternyata menurun pada nilai $28,922 \times 10^{-4}$ S/cm. Ini diakibatkan muatan negatif pada zeolit yang akan dipertukarkan dengan muatan positif PANi sedikit sehingga banyak muatan positif tidak tertangkap seluruhnya karena pori-pori pada zeolit yang diberikan tidak mencukupi. Hal ini kemudian menyebabkan terjadi gaya tolak-menolak antara muatan PANi yang sudah mengisi penuh pada permukaan zeolit.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penumbuhan PANi pada permukaan zeolit sintesis mempengaruhi konduktivitas. Nilai konduktivitas maksimum dari penelitian ini adalah $102,794 \times 10^{-4}$ S/cm, dihasilkan oleh zeolit:PANi dengan variasi massa 30% : 70%. Penumbuhan PANi mengakibatkan hilangnya beberapa puncak yang sebelumnya ada pada zeolit faujasit Na-X.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, W.C., Wen T.C., dan Teng, H., 2003, Electrochemical and Capacitive Properties of Polyaniline- Implanted Porous Carbon Electrode For Supercapacitors, *Journal of power sources*, Vol.1, No.17, Elsevier, hal 273-282.
- Dyer, A., 1988, An Introduction to Zeolite Molecular Sieves, John Wiley and Sons Ltd., Chichester, England.
- Gatri, A., (2012), "Modifikasi Zeolit Alam dengan Polianilin (PANI) sebagai Absorben Ion Logam Berat", *Skripsi*, FMIPA., Universitas Indonesia.
- Harahap, S., dan Fitrah, A., (2006) " Kajian Bahan Galian Zeolit untuk di Manfaatkan sebagai Bahan Baku Pupuk", *Tugas Akhir*, Badan Penelitian dan Pengembangan Sumatera Utara.
- Hasnaouin, M.El., Graca, M.P.F. dan Achour, M.E., 2011, Electrical Properties of Carbon Black/ Copolymer Composites Above and Below The Melting.
- Kusuma, D., 2010, Optimalisasi Aktivasi Zeolit Alam untuk Dehumidifikasi, *Skripsi*, Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.
- Kalogeras, I.M and A. Vassilikou-Dova, 1998, Electrical Properties of Zeolitic Catalysts, *Defect and Diffusion Forum Vol. 164 (1998) pp. 1-36*, Scitec Publications, Switzerland.
- Mumpton, F.A and Sand., L.B., 1978, in "Natural Zeolit, occurrence, properties and uses", Pergamon press, Oxford.
- Ojha, K., Narayan C. P., dan Amar N. S., (2004), "Zeolit From Fly Ash: Synthesis and Characterization", *Chemical Engineering Journal* 112 (2005) 109–115.
- Sunardi, 2007, Konversi Abu Layang Batu Bara menjadi Zeolit dan Pemanfaatannya sebagai Absorben Merkuri, FMIPA, Universitas Banjarmasin.
- Wibawanto, R.H., (2009), "Elektropolimerisasi Film Polianilin Dengan Metode Potensiostatik", *Tugas Akhir*, ITS, Surabaya.