

Penambahan *Fly Ash* pada Komposit Polianilin/HCl/*Fly Ash*

Fly Ash Addition in the Polyaniline/HCl/Fly Ash Composite

Nila Rosana, Nugrahani Primary Putri*

Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

ABSTRAK

Pada penelitian ini telah dibuat komposit antara polianilin sebagai salah satu polimer konduktif yang mempunyai konduktivitas yang baik dengan fly ash sehingga mendapatkan material baru dengan aplikasi yang lebih luas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan pengaruh penambahan fly ash terhadap sifat listrik komposit polianilin/HCl/*fly ash*. Metode sintesis polianilin menggunakan oksidasi kimia dan pada pembuatan komposit polianilin/HCl/*fly ash* menggunakan metode metalurgi serbuk, dengan komposisi berat fly ash sebesar 10%, 20%, 30%, dan 40%. Hasil komposit diuji dengan FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi polianilin, LCR meter ($f = 50-10^6$ Hz) untuk mengukur konduktivitas listrik dan konstanta dielektrik komposit, XRF digunakan untuk mengukur persentase komposisi unsur di dalam fly ash, sedangkan untuk mengetahui morfologi komposit diuji menggunakan SEM EDAX. Hasil LCR meter diperoleh bahwa konduktivitas listrik meningkat dan konstanta dielektrik menurun seiring bertambahnya frekuensi yang diberikan. Konduktivitas listrik maksimum komposit dicapai pada sampel dengan komposisi fly ash 20%, yaitu sebesar $3,86 \times 10^{-6}$ S/cm. Konstanta dielektrik maksimum pada komposisi fly ash 20% tersebut mencapai $2,01 \times 10^4$.

Kata kunci: komposit polianilin/HCl/*fly ash*, konduktivitas listrik, konstanta dielektrik

ABSTRACT

In this study has been made composite between polyaniline as one of conductive polymers that has good conductivity by using fly ash as consequence getting a new material with a wider application. The aim of this research was to determine the effect of the addition of fly ash on the electrical properties of polyaniline/HCl/*fly ash* composite. The method of fabrication that we used to get synthesis of polyaniline was chemical oxidation while the composite of polyaniline/HCl/*fly ash* manufactured by using powder metallurgy, with a composition of 10%, 20%, 30% and 40% fly ash. The composite was tested using FTIR to find polyaniline functional groups, LCR meter ($f = 50-10^6$ Hz) to determine the electrical conductivity and dielectric constant of the composite, to find the content of fly ash was tested by using XRF, where as the morphology of the composite was tested by using SEM EDAX. Based on LCR's results, the electrical conductivity increased and dielectric constant decreased. The maximum electrical conductivity of the composite reached on the composition 20% fly ash was 3.86×10^{-6} S/cm. The maximum dielectric constant at 20% fly ash composition reached 2.01×10^4 .

Key words: polianilin/HCl/*fly ash* composite, electrical conductivity, dielectric constant

* Alamat korespondensi:
e-mail: primarypu3@yahoo.com

PENDAHULUAN

Perkembangan di bidang teknologi dan sains mendorong material komposit berbasis polianilin banyak digunakan pada berbagai macam aplikasi produk. Contoh aplikasi komposit polimer adalah pada komposit PANi-Fe₃O₄ yang dapat diaplikasikan sebagai *electrochromic device*, *electromagnetic interference shielding* dan penyerap gelombang mikro (Putri, 2009). Salah satu bahan bakar fosil yang umum digunakan saat ini adalah batu bara. Namun, pembangkitan energi dengan batu bara menimbulkan limbah yang cukup banyak, di antaranya *fly ash*. *Fly ash* ini terdapat dalam jumlah yang cukup besar sehingga memerlukan pengelolaan agar tidak menimbulkan masalah lingkungan, seperti pencemaran udara, atau perairan, dan penurunan kualitas ekosistem (Wardani, 2008).

Raghavendra dkk., (2003) mempelajari tentang sintesis, karakterisasi dan penghantar frekuensi rendah dari komposit polianilin/*fly ash* sebagai bahan konduktor ionik menggunakan proses oksidasi kimia. Perbandingan komposisi yang digunakan adalah 15%, 20%, 30%, dan 40%. Penelitian tersebut menggunakan bahan yang relatif mahal seperti BaCl₂, terutama untuk proses filtrasi yang membutuhkan suhu 5°C saat pengadukan larutan polianilin dengan *fly ash*. Hasil yang diperoleh pada saat itu adalah komposit dengan penambahan *fly ash* 20% pada frekuensi 10 KHz yang memiliki tingkat konduktivitas listrik maksimum mencapai orde 10⁻⁶ S/cm.

Polianilin (PANI) merupakan salah satu jenis polimer konduktif yang dihasilkan dari proses polimerisasi monomer anilin (C₆H₅NH₂) dalam suasana asam. Hasil polimerisasi polianilin yang bersifat konduktif adalah basa Emeraldin yang mempunyai konduktivitas listrik sekitar 10⁻⁷ S/cm dan dapat ditingkatkan hingga 100 S/cm dengan proses *doping* (Aryanti dkk., 1998).

Fly ash merupakan material yang dihasilkan dari proses pembakaran batu bara yang mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃), fero oksida (Fe₂O₃), dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain, yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO₂), alkalin (Na₂O dan K₂O), sulfur trioksida (SO₃), fosfor oksida (P₂O₅), dan karbon. *Fly ash* merupakan bahan yang mempunyai nilai konduktivitas listrik rendah dan konstanta dielektrik yang tinggi. Akan tetapi beberapa hal dapat memengaruhi konduktivitas listrik dan konstanta dielektrik *fly ash*, salah satunya adalah frekuensi. Konduktivitas listrik akan meningkat dengan meningkatnya frekuensi hingga mencapai orde 10⁶ S/cm, sedangkan konstanta dielektrik akan menurun seiring meningkatnya frekuensi (10⁵) (Hanjitsman, 2011).

Konduktivitas listrik adalah kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan listrik, sedangkan sifat dielektrik suatu bahan tergantung pada respons material tersebut ketika berada pada medan listrik. Sifat dielektrik selalu berkaitan dengan konstanta dielektrik bahan pada ruang vakum dan digunakan untuk menentukan permitivitas

listrik (Irzaman dkk., 2010). Hubungan konduktivitas listrik dan konstanta dielektrik dapat diketahui melalui persamaan berikut (Beek, 1999):

$$\epsilon_r = \frac{Ct}{\epsilon_0 A} \dots\dots\dots(1)$$

$$\epsilon_r = \epsilon' - i \epsilon'' \dots\dots\dots(2)$$

$$\sigma = \epsilon'' \epsilon_0 2\pi f \dots\dots\dots(3)$$

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

C = kapasitansi (F)

t = tebal sampel (m)

A = luas permukaan sampel (m²)

f = frekuensi (Hz)

ε₀ = konstanta dielektrik pada ruang vakum (8,85 * 10⁻¹² Fm⁻¹)

ε_r = konstanta dielektrik bahan

ε' = permitivitas listrik

ε'' = *dielectric lost factor*

σ = konduktivitas listrik bahan (S/cm)

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan pengaruh penambahan *fly ash* terhadap sifat listrik komposit polianilin/HCl/*fly ash*.

METODE PENELITIAN

Bahan dasar yang digunakan pada penelitian ini adalah anilin, *fly ash*, HCl, Ammonium perokdisulfat, aseton dan aquades. Peralatan yang digunakan untuk sintesis polianilin adalah spatula untuk mengaduk, gelas kimia sebagai tempat polimerisasi, kertas saring untuk menyaring endapan polianilin dan *furnace* untuk memanaskan bahan.

Metode yang digunakan dalam sintesis polianilin adalah metode oksidasi kimia, yaitu dengan melarutkan anilin ke dalam larutan HCl dan dibiarkan selama 1 jam. Pada saat yang sama, sebanyak 5,71 g ammonium perokdisulfat dilarutkan ke dalam 50 ml air dan dibiarkan selama 1 jam. Kedua larutan dicampur dan diaduk sebentar kemudian dibiarkan selama 1 hari untuk terjadinya polimerisasi. Endapan polianilin yang terkumpul dicuci dengan aseton dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 60°C. Polianilin hasil polimerisasi, dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi polianilin. Pembuatan komposit polianilin/HCl/*fly ash* dilakukan dengan mencampurkan polianilin dengan *fly ash* dengan komposisi 10%, 20%, 30%, dan 40%, serta dikompaksi pada tekanan 50 KN. Hasil komposit polianilin/HCl/*fly ash* dikarakterisasi menggunakan LCR meter pada frekuensi 50-10⁶ Hz untuk menentukan nilai konduktivitas listrik dan konstanta dielektrik bahan. Untuk mendeskripsikan morfologi komposit, dilakukan karakterisasi menggunakan SEM-EDAX.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dengan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) memperlihatkan spektrum inframerah sampel polianilin yang berada pada fase garam emeraldin (ES) dengan puncak-puncak absorpsi karakteristik yang bersesuaian dengan gugus fungsi polianilin. Tipe ikatan yang muncul kemudian dibandingkan dengan referensi (Wibowo, 2007) yang meliputi C-H *bending*, C-N *stretching*, C=C benzoid, dan C=C kuinoid (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil FTIR Polianilin

Ekspirimen (cm ⁻¹)	Referensi (cm ⁻¹)	Vibrasi	Database (cm ⁻¹)
814,5	797	C-H <i>bending</i>	900-675
1140,1	1109	C-H <i>bending</i>	
1239,8	1236	C-N <i>stretching</i>	1250-1020
1302,4	1292	C-N <i>stretching</i>	1335-1250
1472,1	1481	C=C benzoid	1400-1500
1573,3	1560	C=C kuinoid	1585-1600

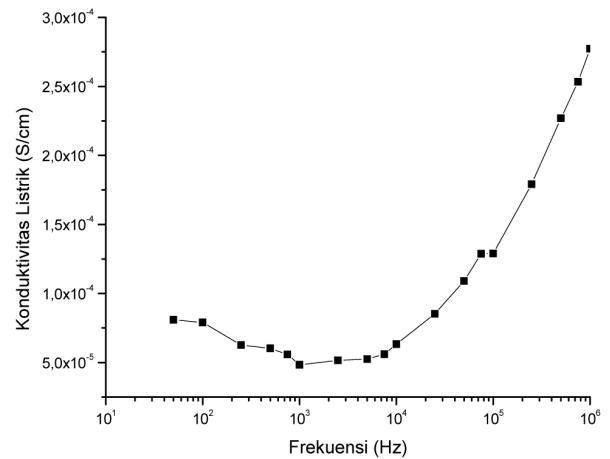
Terdapat beberapa pergeseran puncak gelombang antara hasil eksperimen dengan referensi, antara lain pada C-H *bending* sebesar 17,5 cm⁻¹ dan C-N *stretching* sebesar 3,8 cm⁻¹. Akan tetapi, puncak-puncak gelombang tersebut masih dalam selang database sehingga dapat dinyatakan bahwa polianilin hasil polimerisasi merupakan fasa garam emeraldin.

Material *fly ash* sebagai *filler* diuji dengan XRF (*X-Ray Fluorescence*), untuk mengukur persentase komposisi unsur yang terkandung dalam *fly ash*. Hasil XRF menunjukkan bahwa *fly ash* yang dipergunakan dalam penelitian ini merupakan jenis lignit (Tabel 2). Lignit merupakan batu bara termuda dilihat dari pandangan geologi. Batu bara ini merupakan batu bara lunak yang tersusun dari bahan yang mudah menguap dan kandungan air dengan kadar *fixed carbon* yang rendah.

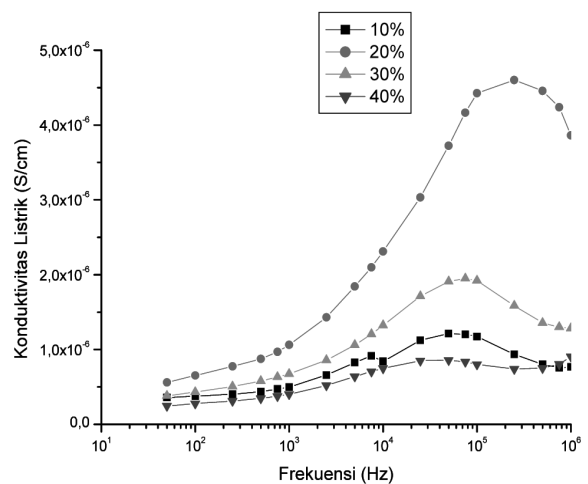
Tabel 2. XRF *Fly Ash*

Senyawa Paling Stabil	Berat dalam Campuran (%)
SiO ₂	30,68
Al ₂ O ₃	21,85
Fe ₂ O ₃	12,14
CaO	16,82
MgO	4,59
SO ₃	1,58

Untuk mengukur pengaruh parameter sintesis terhadap sifat konduktivitas listrik yang dihasilkan, telah dilakukan pengukuran terhadap sejumlah sampel dengan manipulasi frekuensi. Rentang frekuensi yang dilakukan adalah 50 Hz sampai 10⁶ Hz dengan menggunakan alat uji, yaitu LCR meter.



Gambar 1. Konduktivitas listrik PANI



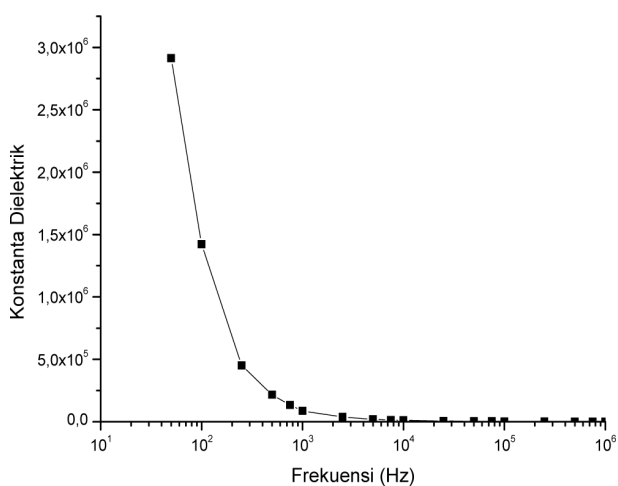
Gambar 2. Konduktivitas listrik PANI/HCl/*Fly Ash*

Nilai konduktivitas polianilin dan komposisinya dengan *fly ash* meningkat dengan bertambahnya frekuensi (Gambar 2). Konduktivitas listrik maksimum yang dicapai pada sampel polianilin, yaitu sebesar $2,7 \times 10^{-4}$ S/cm pada frekuensi 10⁶ Hz. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu, yaitu konduktivitas polianilin mencapai orde 10⁻⁴ S/cm ($f=10^6$ Hz) dan konduktivitas komposit polianilin/HCl/*fly ash* mencapai orde 10⁻⁶ S/cm ($f=10^6$ Hz) dengan komposisi 20% *fly ash* yang mempunyai hasil konduktivitas listrik terbesar. Pada komposit polianilin/*fly ash* terdapat empat komposisi yang digunakan, yaitu 10%, 20%, 30%, 40% dan nilai konduktivitas tertinggi yang didapatkan pada komposit tersebut (Raghavendra dkk., 2003).

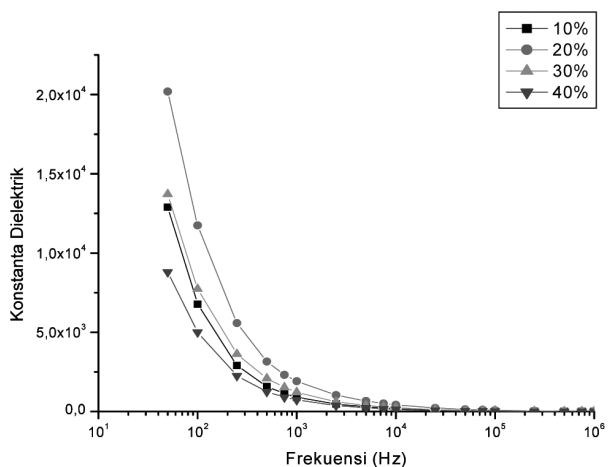
Nilai konduktivitas maksimum pada komposit polianilin/HCl/*fly ash* masing-masing ketika penambahan 10%, 20%, 30% dan 40% adalah sebesar $7,65 \times 10^{-7}$ S/cm, $3,86 \times 10^{-6}$ S/cm, $1,28 \times 10^{-6}$ S/cm dan $9,07 \times 10^{-7}$ S/cm. Selain itu nilai konduktivitas komposit polianilin/*fly ash* maksimum terdapat pada persentase berat 20% *fly ash*.

Pengaruh penambahan *fly ash* pada konduktivitas polianilin adalah menurunnya nilai konduktivitas hasil komposit polianilin/HCl/*fly ash*. Penurunan tersebut disebabkan oleh masuknya *fly ash* yang mempunyai ukuran butir lebih besar bila dibandingkan dengan polianilin. Hal tersebut menyebabkan jarak antarrantai meningkat sehingga muatan listrik lebih sulit mengalir dan mengakibatkan terjadinya penurunan nilai konduktivitas listrik. Dari hasil uji konduktivitas untuk semua sampel didapatkan bahwa nilai konduktivitas listrik meningkat seiring dengan kenaikan frekuensi, hal ini disebabkan karena kehadiran polaron yang bergerak dengan jarak dekat sepanjang rantai polimer.

Untuk mengetahui nilai konstanta dielektrik, dilakukan pengukuran kapasitansi pada sampel menggunakan LCR meter.



Gambar 3. Konstanta dielektrik PANI



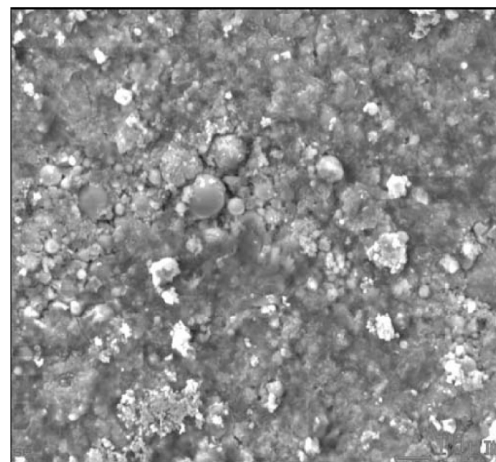
Gambar 4. Konstanta dielektrik komposit PANI/HCl/*Fly Ash*

Nilai konstanta dielektrik polianilin dan kompositnya dengan *fly ash* menurun dengan bertambahnya frekuensi (Gambar 4). Konstanta dielektrik maksimum yang dicapai pada sampel polianilin yaitu sebesar $2,91 \times 10^6$ pada frekuensi 50 Hz. Nilai konstanta dielektrik maksimum pada komposit polianilin/HCl/*fly ash* ketika

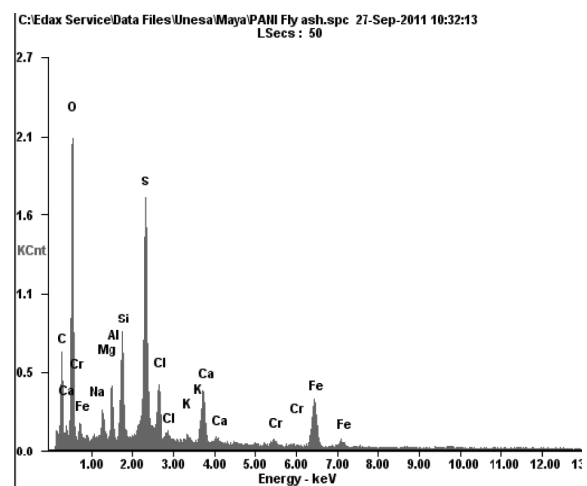
penambahan 10%, 20%, 30% dan 40%, yaitu $1,29 \times 10^4$, $2,01 \times 10^4$, $1,37 \times 10^4$ dan $8,38 \times 10^3$. Di samping itu, nilai konstanta dielektrik komposit polianilin/*fly ash* maksimum terdapat pada persentase berat 20% *fly ash*.

Terlihat adanya pengaruh peningkatan frekuensi yang berpengaruh pada turunnya nilai konstanta dielektrik bahan. Hal ini disebabkan karena pada frekuensi rendah, dipole dapat merespons dengan cepat mengikuti medan listrik, selain itu polarisasi dipole bertambah besar sehingga nilai konstanta dielektriknya meningkat. Pada frekuensi tinggi polarisasi akan menurun sehingga nilai konstanta dielektriknya menurun.

Distribusi *fly ash* terhadap matriks polianilin pada komposit polianilin/HCl/*fly ash* tidak merata sebagaimana terlihat pada hasil SEM (*Scanning Electron Microscope*) (Gambar 5A).



A



B

Gambar 5. A. Hasil SEM komposit polianilin/HCl/*fly ash* dengan komposisi 20% *fly ash* B. Hasil EDAX komposit polianilin/HCl/*fly ash*

Pada Gambar 5 ditunjukkan hasil SEM untuk komposit polianilin/*fly ash* dengan komposisi 20% *fly ash*. Perbesaran yang digunakan sangat tinggi, yaitu

2500 dan 20.000 kali dengan tegangan 20.000 kV. Hasil SEM EDAX di atas terdapat warna yang berbeda (gelap dan terang) di dalam komposit polianilin/*fly ash*. Persebaran warna yang tidak sama mengindikasikan adanya perbedaan densitas antara polianilin dan *fly ash*. Jika bahan memiliki densitas rendah maka warna akan semakin gelap karena sinar yang ditembakkan ketika proses SEM akan banyak terserap dibandingkan dengan sampel densitas tinggi.

Pada hasil EDAX terlihat beberapa atom dengan persentasenya. Hasil EDAX tersebut memperlihatkan keberadaan atom C, O, Mg, Al, Si, S, Cl, Ca dan Fe pada sampel. Atom C yang terdeteksi merupakan atom penyusun polianilin dan *fly ash*, O mengindikasikan sampel teroksidasi. Di lain pihak, Mg, Al, Si, S, Cl, Ca dan Fe adalah atom penyusun *fly ash*. Kehadiran Cl pada komposit merupakan dopan HCl ketika polimerisasi polianilin dan atom H tidak terdeteksi karena terlalu ringan.

SIMPULAN

Pengaruh penambahan *fly ash* pada polianilin terhadap sifat listrik, yaitu tingkat konduktivitas listrik dan konstanta dielektrik yang menurun. Penurunan ini disebabkan oleh penyumbatan oleh *fly ash* yang terdapat dalam matriks Polianilin. Selain itu juga dipengaruhi ukuran *fly ash* yang lebih besar daripada polianilin. Hal ini menyebabkan jarak antarrantai meningkat, sehingga

muatan listrik yang mengalir antar rantai lebih sulit dan mengakibatkan penurunan konduktivitas. Ketika diberikan frekuensi $50\text{--}10^6$ Hz konduktivitas listrik maksimum terdapat ketika penambahan *fly ash* sebesar 20% sebesar $3,86 \times 10^{-6}$ S/cm, dan konstanta dielektrik maksimum sebesar $2,01 \times 10^4$.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryati Tuti dkk, 1998. Pengaruh Arus Sintesis Terhadap Konduktivitas Polianilin Hasil Elektropolimerisasi. *Laporan Penelitian*. Sumedang: UNPAD.
- Beek Van, 1999. Dielectric Measurements to characterize the microstructural changes of young concrete. *Heron*; 44.
- Hanjitsman S, 2011. Electrical Conductivity and Dielectric Property of Fly Ash Geopolymer Pastes. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*; 18.
- Irzaman, Maddu A, Syafutra H, Ismangil A, 2010. Uji Konduktivitas Listrik dan Dielektrik Film Tipis Lithium Tantalate (LiTaO_3) yang Didadah Niobium Pentaoksida (Nb_2O_5) Menggunakan Metode Chemical Solution Deposition. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*.
- Putri NP, 2009. Sintesis Film Nanokomposit PANi/HCl/ Fe_3O_4 . *Seminar Fisika dan Aplikasinya*. Surabaya: Fisika ITS
- Raghavendra SC dkk, 2003. Synthesis, Characterization and Low Frequency a.c Conduction of Polyaniline/Fly Ash Composites. *Bull Material Science*; 27.
- Wardani SPR, 2008. Pemanfaatan Limbah Batu Bara (*Fly Ash*) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan. *Laporan Penelitian*. Semarang: UNDIP.
- Wibowo, A. 2007. Sintesis dan Karakterisasi Polianilin sebagai Material Aktif dalam Solar Cells. Tesis. Bandung: ITB.