

## ANALISIS SIFAT KOROSI MATERIAL PELAPIS PANi-SiO<sub>2</sub>/cat PADA MEDIUM NaCl 1M DENGAN METODE EIS

### Analysis of the character material corrosion, coating PANi-SiO<sub>2</sub>/Acrylic paint in NaCl solvent 1M by EIS Method

Dina Mila Tika Syahra, Munasir

Jurusan Fisika, FMIPA, UNESA, email : [dinasyahra@gmail.com](mailto:dinasyahra@gmail.com)

#### Abstrak

Korosi merupakan peristiwa kerusakan logam karena adanya faktor metalurgi dan reaksi kimia dengan lingkungannya yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas suatu bahan logam. Korosi pada larutan asam terutama yang mengandung klorida dapat memberikan efek korosif yang sangat agresif pada logam. Salah satu penanggulangan untuk mencegah terjadinya korosi yaitu dengan melakukan coating. Pada penelitian ini dilakukan pelapisan pada baja SS304 dengan komposit PANi-SiO<sub>2</sub>. Pembuatan komposit berbasis bahan alam meliputi ekstraksi pasir silika dari pasir bancar Tuban, Jawa Timur dan metode polimerisasi untuk mendapatkan polianilin. Komposit PANi/SiO<sub>2</sub> dicampurkan ke dalam cat dengan perbandingan konsentrasi komposit PANi:SiO<sub>2</sub> yaitu 97,5:2,5, 90:10, dan 85:15. Pada masing-masing komposit dilakukan karakterisasi uji korosi sampel sebelum ekpose dan sesudah ekpose (direndam NaCl 1M). Serbuk silika amorf, serbuk polianilin dan komposit PANi/SiO<sub>2</sub> dikarakterisasi menggunakan FTIR. Baja SS304 yang sudah terlapisi dengan pelapis PANi-SiO<sub>2</sub>/cat untuk mengetahui ketahanan korosi yang paling baik dari variasi konsentrasi %berat PANi-SiO<sub>2</sub> di uji dengan EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy). Hasil pengujian EIS menunjukkan bahwa pada komposisi 10% silika-90% PANi merupakan penghambat korosi paling baik dengan nilai Rp (tahanan korosi) yang paling besar baik sebelum ekpose maupun sesudah ekpose, yaitu 3760 Ω dan 7370 Ω.

**Kata kunci :** Korosi, *Electrochemical Impedance Spectroscopy*, PANi, SiO<sub>2</sub>

#### Abstract

Corrosion is event of a metal breakage which it is caused by existencing of metallurgical and chemical reactions with its surroundings which it causes event of the reduction of a metal material quality. Corrosion in acid solvent especially which it contains chloride, it can give corrosive effects which it is very aggressive on metals. One of countermeasures for preventing event of corrosion is by doing coating. In This Research is done coating at steel of SS304 by Composite of PANi-SiO<sub>2</sub>. Manufacture of composite based on natural materials, which it includes extraction of silica sand from sand of banjar Tuban Jawa timur, and The method of dan metode polymerization for getting polyaniline. Composite of PANi/SiO<sub>2</sub> is mixed in the paint with concentration comparison composite of PANi/SiO<sub>2</sub> i.e. 97.5:2.5, 90:10, and 85:15. In each of composite is done characterization of sample corrosion test before exposing (its soaked by NaCl 1M). Dust of amorf silica, Dust of polyaniline and composite of PANi/SiO<sub>2</sub> are characterized by using FTIR. Steel of SS304 which it has been coated by coating of PANi-SiO<sub>2</sub>/Paint for knowing The Best corrosion resistance of concentration variation weigth of PANi-SiO<sub>2</sub> which it is tested by EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy)The result of EIS test show that at the composition 10% silica-90% PANi is the best corrosion resistor with the value Rp (corrosion resistor) The biggest both before exposing and after exposing, i.e. 3760 Ω and 7370 Ω.

**Keywords:** corrosion, , *Electrochemical Impedance Spectroscopy*, PANi, SiO<sub>2</sub>

## PENDAHULUAN

Korosi atau pengkaratan dikenal sebagai peristiwa kerusakan logam karena adanya faktor metalurgi (pada material itu sendiri) dan reaksi kimia dengan lingkungannya yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas suatu bahan logam (Nathan, 1977). Bahan-bahan korosif terdiri atas asam dan garam, seperti asam klorida (HCl) dan natrium klorida (NaCl) yang digunakan sebagai medium korosif (Sari, 2013). Larutan yang mengandung klorida dapat memberikan efek korosif yang sangat agresif pada logam, dimana

unsur klorida ini sangat banyak ditemukan pada kandungan panas bumi.

Lingkungan panas bumi yang mengandung senyawa-senyawa korosif ini dapat meningkatkan laju korosi, sehingga korosi pada lingkungan geothermal menjadi topik bahasan yang sangat menarik, dikarenakan indonesia merupakan negara yang memiliki kandungan panas bumi mencapai 40% dari total kandungan panas bumi di dunia (Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2011). Upaya-upaya untuk meningkatkan ketahanan korosi ada banyak cara untuk menanggulangnya, namun dalam penelitian ini

dikembangkan metode pelapisan menggunakan material komposit polianilin/silika memanfaatkan bahan alam pasir silika dari Bancar Tuban Jawa Timur yang ekonomis dan mudah didapat.

Penelitian Al Dulami (2012) pencegahan korosi dilakukan dengan proses *coating* (pelapisan) dimana pelapisan menggunakan komposit PANi/SiO<sub>2</sub> yang telah dikompositkan dengan metode polimerisasi *in situ* dan dilapiskan pada baja ASTM B117 dengan cara spray.

Korosi pada baja karbon sedang dicegah dengan melapiskan material komposit PANi/silika pada baja karbon tersebut dalam medium aquous 3,5% NaCl. (Zuhri, 2013) ketahanan korosi dengan pelapisan menggunakan komposit PANi/SiO<sub>2</sub>, dimana Polianilin disintesis menggunakan metode oksidasi kimia, nanosilika disintesis menggunakan metode kopresipitasi dan pembuatan komposit dilakukan dengan metode pencampuran basah dengan komposisi variasi persen berat nanosilika 10%, 20%, dan 30% tanpa medium korosif berupa aquous (larutan) (Bhandari, 2012).

Komposit SiO<sub>2</sub> dan PANi mampu melindungi baja SS304 dari serangan ion Cl<sup>-</sup> dari larutan NaCl. Komposit PANi/SiO<sub>2</sub> disintesis dengan metode polimerisasi *in situ* dimana SiO<sub>2</sub> akan menyisip diantara PANi ketika PANi masih terbentuk dari anilin. Untuk selanjutnya SiO<sub>2</sub>/PANi dijadikan sebagai filler dan cat sebagai matriknya. Komposit cat-(SiO<sub>2</sub>/PANi) disemprotkan secara berulang hingga menghasilkan lapisan tertentu (Shoodiqin, 2014).

Komposit PANi/SiO<sub>2</sub> dengan metode polimerisasi *in situ* dalam medium korosif 3,5% NaCl dilapiskan pada besi selama 24 jam dengan suhu 60°C. Dari beberapa penelitian tersebut bahwa PANi/Silika sebagai material pelapis yang baik. Material polimer konduktif (PANi) yang memiliki kestabilan tinggi di udara, konduktivitas listrik tinggi, dan dapat digunakan untuk pelapisan pencegahan korosi (Li dkk., 2005). Dikarenakan PANi memiliki sifat termal yang kurang baik, silika yang memiliki sifat mekanik yang baik, inert dan tahan terhadap temperatur tinggi (Bhandari dkk., 2012) jika dikompositkan kedua material tersebut akan didapatkan komposit PANi/silika yang dapat meningkatkan sifat mekanik, termal dan ketahanan terhadap korosi.

Penelitian ini memanfaatkan bahan alam pasir bancar Tuban Jawa Timur. Sintesis pemurnian silika berbasis pasir alam hingga mendapatkan material silika amorf membutuhkan waktu relatif lama karena prosesnya yang cukup panjang. Metode yang pernah berhasil dilakukan dalam mensintesis silika amorf berbasis pasir alam adalah metode kopresipitasi dengan prosentase tertinggi kandungan silika rata-rata 95,73% (Hadi, 2011). Sedangkan untuk sintesis Polianilin menggunakan polimerisasi oksidasi dengan monomer anilin (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>), oksidan Ammonium peroksidisulfat ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>), dan dopan HCl.

Komposit PANi/Silika dilakukan dengan mencampurkan kedua bahan tersebut ke dalam cat dengan perekat 1 butanol dan kemudian dilapiskan pada

strip baja SS304 dengan cara spray. Baja SS304 ini merupakan bahan untuk pipa instalasi geothermal.

Baja SS304 merupakan baja tahan karat yang memiliki kandungan unsur: Karbon (C) 0.04%, Silikon (Si) 0.45%, Mangan (Mn) 1.96%, Kromium (Cr) 18.42%, Nikel (Ni) 9.74%, Fosfor (P) 0.0065% dan Sulfur (S) 0.011% (Mardhani, 2013). Ketahanan korosi SS304 disebabkan adanya lapisan pasif dari krom oksida pada permukaan baja. Namun dalam proses industri, baja SS304 sering mengalami proses *pickling* atau pencucian dengan asam (biasanya asam sulfat atau asam klorida) sehingga lapisan pasif tidak bisa terbentuk. Dalam larutan asam, baja SS304 yang memiliki kandungan minimal 18% Cr akan mengalami pelarutan dan tidak dapat membentuk lapisan pasifnya dan baja akan mengalami korosi (M. Anoraga, 2012).

Medium korosif NaCl 1M merupakan medium yang berkadar garam tinggi, kandungan klorida (Cl<sup>-</sup>) yang cukup tinggi sebagai penyebab korosi. Sehingga korosi pada Baja SS304 dalam medium korosif tersebut berlangsung cepat.

Dengan melapiskan material komposit PANi/SiO<sub>2</sub> pada baja SS304, diharapkan dapat menanggulangi masalah tersebut, sama halnya pada pipa instalasi geothermal atau kapal yang mudah terkorosi. Karakterisasi sifat korosif dilakukan dengan pengujian Spektroskopi Impedansi Elektrokimia (EIS) pada baja SS304 yang dilapisi komposit PANi/SiO<sub>2</sub>.

## TEORI DASAR

### A. Silika

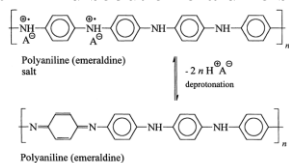
Silika merupakan material yang tersedia di alam dan secara kuantitatif memiliki jumlah yang melimpah. Di alam senyawa silika ditemukan dalam bentuk pasir, kuarsa, gelas, dan sebagainya. Pada saat ini, dengan berkembangnya teknologi nano-material, silika dapat diproses menjadi bentuk nano silika yang penggunaannya jauh lebih luas dan lebih bernilai ekonomis seperti untuk industri semikonduktor, industri berteknologi tinggi (Okutani, 2009; Sun dan Gong, 2001). Untuk memproduksi partikel silika, ada berbagai metode seperti metode alkali fusion, hidrotermal, metode sol gel dan metode kopresipitasi.

Pada penelitian ini digunakan metode kopresipitasi. Metode kopresipitasi merupakan salah satu metode sintesis senyawa anorganik yang didasarkan pada pengendapan lebih dari satu substansi secara bersama-sama ketika melewati titik jenuhnya. Metode ini menjanjikan karena prosesnya menggunakan suhu rendah dan mudah untuk mengontrol ukuran partikel sehingga waktu yang dibutuhkan relatif lebih singkat (Fernandez, 2011).

### B. PANi

PANi (polimer konduktif) banyak digunakan sebagai inhibitor korosi, estetis menarik para peneliti ketika sedang digunakan dengan coating konvensional sebagai pigmen anti korosi. PANi adalah salah satu kandidat terbaik untuk meningkatkan sifat anti-korosi cat karena ramah lingkungan, kemampuan anti-korosi yang baik (Munasir, 2014). Berdasarkan tingkat oksidasinya, polianilin dapat disintesis dalam beberapa bentuk

isolatifnya yaitu leucomeraldine base (LB) yang tereduksi penuh, emeraldine base (EB) yang teroksidasi setengah dan pernigraniline base (PB) yang teroksidasi penuh. Dari tiga bentuk ini, EB yang paling stabil dan juga paling luas diteliti karena konduktivitasnya dapat diatur dari 10<sup>-10</sup> S/cm hingga 100 S/cm melalui doping, bentuk konduktif EB disebut emeraldine salt (ES).



**Gambar 1.** Polianilin emeraldine garam bentuk basa (J.Stejskal, 2002)

### C. Komposit PANi-SiO<sub>2</sub>

Pola serapan (absorpsi) pada komposit PANi-SiO<sub>2</sub> secara umum tidak menunjukkan bahwa penambahan partikel silika merubah struktur matriks. Adanya pola serapan pada bilangan gelombang 1100 cm<sup>-1</sup> menunjukkan pola serapan gugus Si-O-Si (Siloksan) (Liu, 2008). Dengan menggabungkan kedua material PANi/silika akan terbentuk material komposit PANi/SiO<sub>2</sub> yang dapat meningkatkan sifat fisik seperti sifat mekanik, sifat termal material, dan menunjukkan sifat yang khas seperti ketahanan terhadap korosi.

### D. Analisis korosi dengan metode EIS

Spektroskopi Impedansi Elektrokimia merupakan suatu teknik eksperimental elektrokimia yang memiliki peranan khusus dalam kajian korosi dikarenakan perilaku korosi merupakan proses elektrokimia. Besaran Besaran yang diperoleh pada pengukuran EIS adalah Rs, Rct dan Cdl. Besaran Rs adalah tahanan larutan yang bergantung pada konsentrasi ion, jenis ion, temperatur, dan geometri area penghantaran arus (Wahyuningsih, 2010).

Format bode plot pada EIS memudahkan untuk menyelidiki nilai impedansi absolut, pergeseran fasa dari suatu gejala impedansi sebagai fungsi dari frekuensi. Secara umum bode plot memberikan deskripsi secara jelas dari suatu sistem elektrokimia yang memiliki perilaku ketergantungan terhadap frekuensi, di mana nilai frekuensi muncul secara eksplisit (Syahril, 2012).

### METODE

#### A. Rancangan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan ini tergolong penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen yaitu penelitian yang didalamnya melibatkan manipulasi pada kondisi subjek yang di teliti, dengan adanya pengontrolan ketat pada faktor- faktor luar dan melibatkan subjek perbandingan atau metode ilmiah sistematis, eksperimen tentang korosi pada baja SS304 ini mencakup tentang pembuatan pelapis anti korosi, proses pelapisan pada sampel dan pengujian pada sampel.

#### B. Variabel Operasional Penelitian

Definisi operasional merupakan definisi yang digunakan dalam penelitian. Terdapat tiga variabel operasional penelitian, yaitu variabel kontrol, variabel manipulasi, dan variabel respon. Pada penelitian Eksperimen ini yang dijadikan variabel Manipulasi yaitu persen (%) berat PANi:SiO<sub>2</sub> dengan persen berat SiO<sub>2</sub> 2,5%:10%:15% (Ma Li, 2014). Variabel respon pada

penelitian ini yaitu pengaruh perbedaan komposisi PANi:SiO<sub>2</sub> pada masing-masing sampel terhadap kehilangan berat sampel yang terkorosi. Variabel Kontrol merupakan variabel yang dibuat tetap pada penelitian ini yaitu jenis cat, medium korosif (1M NaCl), lama perendaman, temperatur (45°-50°C).

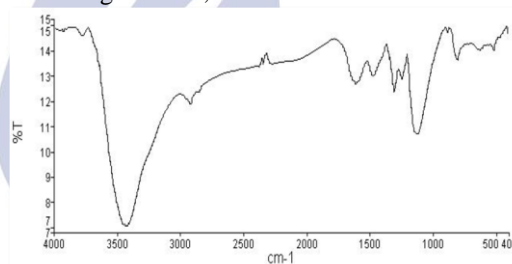
### C. Pelapisan material PANi/Silika-Acrylic paint pada Baja SS304

Komposit PANi-SiO<sub>2</sub> dicampurkan ke dalam 10 ml cat baja dan ditambahkan 5 ml thinner yang selanjutnya di stirrer agar tercampur homogen. Kemudian material pelapis tersebut dilapiskan pada plat baja karbon dengan cara spray. Pencampuran nano komposit PANi/SiO<sub>2</sub> dilakukan dengan perbandingan PANi tetap untuk 6 sampel, sedang untuk SiO<sub>2</sub> dengan perbandingan masing-masing sampel 2,5:10%:15%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. HASIL PENELITIAN

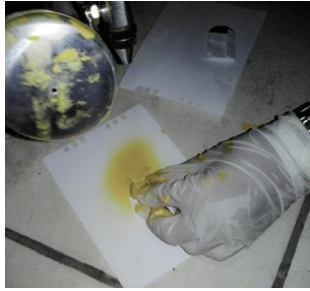
Percobaan ini dilakukan untuk menanggulangi masalah korosi pada larutan NaCl 1M. Pengujian dilakukan dengan FTIR, dan EIS.



**Gambar 2.** FTIR Komposit PANi-SiO<sub>2</sub>

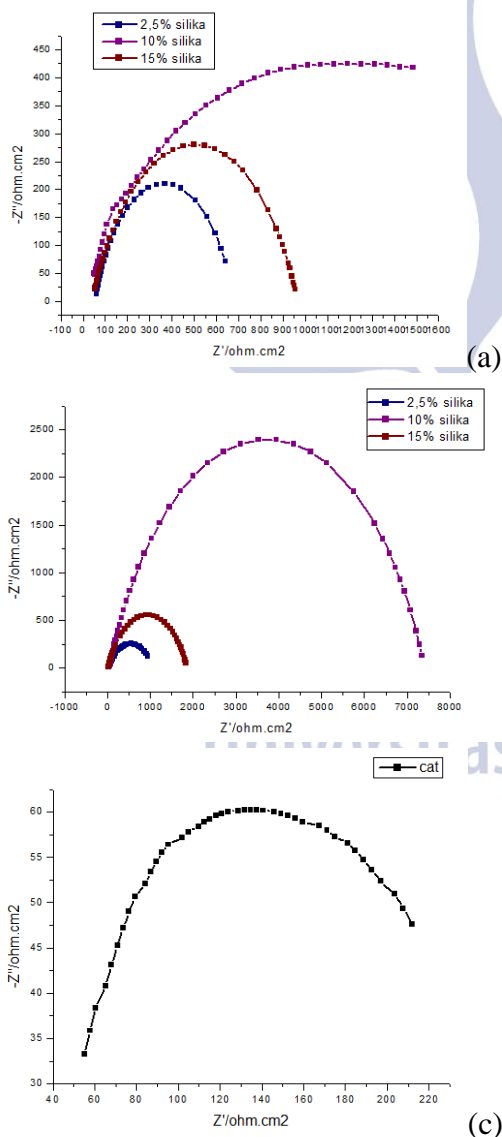
Pada komposit PANi/Silika secara kualitatif hasil eksperimen sesuai dengan bilangan gelombang literatur (cm<sup>-1</sup>). Pada panjang gelombang 1126,57 cm<sup>-1</sup> nampak muncul ikatan Si-O-Si stretching (siloksan) hal ini menunjukkan masih ada sifat dari silika. Sehingga sifat material dari dua bahan tidak melebur jadi satu, melainkan masing-masing bahan masih memiliki sifat masing-masing. Sehingga hasil uji FTIR PANi/Silika sudah bisa dikatakan komposit. Syarat komposit yakni gabungan dua material menjadi satu tetapi tanpa terjadi reaksi kimia, sehingga sifat material yang terbentuk adalah gabungan dari dua sifat material asal.

Coating/pelapisan ini dilakukan dengan cara spray pada baja ss304 menggunakan material pelapis PANi/SiO<sub>2</sub>-cat. Metode spray merupakan teknik yang tepat untuk mendapatkan hasil pengecatan dengan homogenitas yang tinggi. Homogenitas terjadi karena tekanan tinggi dari udara yang disemprotkan pada cat memaksa partikel-partikel cat tersebar merata disemua bagian. Sehingga pengecatan dengan metode spray dapat meminimalisasi adanya penggumpalan bahan yang digunakan (Shoodiqin, 2014).



**Gambar 3.** Pelapisan pada baja menggunakan metode spray

Analisis EIS digunakan untuk menunjang pemahaman mengenai mekanisme korosi yang terjadi pada masing-masing sampel. Diagram Nyquist dari sampel 2,5% silika, 10% silika, 15% silika menggambarkan plot impedansi imajiner terhadap impedansi real. Dari ketiga sampel juga menunjukkan plot semi-circle dengan diameter berbeda dari masing-masing komposisi silika pada sampel.



**Gambar 4.** Diagram Nyquist Sistem korosi komposit PANi-SiO<sub>2</sub>/cat pada permukaan baja SS304 (a) sebelum expose (b) sesudah expose (c) cat.

Laju korosi pada EIS dapat dilihat dari nilai  $R_{ct}/R_p$ . Semakin besar nilai  $R_{ct}$ , semakin kecil laju korosinya. nilai  $R_{ct}$  pada 10% silika paling besar diantara lainnya baik yang sebelum expose maupun yang sesudah expose.. Komposit 10% silika-90% PANi merupakan material coating yang paling baik diantara komposit lainnya. Hal ini bisa jadi pada komposit 10% silika-90% PANi, partikel silika sudah merata dan terdistribusi pada polianilin. Sebagai pembandingan diuji 1 sampel cat sebelum expose, dimana cat memiliki hambatan yang paling kecil di bawah komposisi 2,5% silika sebelum expose. Hal ini menunjukkan pelapis cat lebih mudah terkorosi dibanding pelapis buatan PANi-SiO<sub>2</sub>. Data sebelum dan sesudah expose pada parameter  $R_p$  terlihat dari 2,5% silika, 10% silika, dan 15% silika nilai  $R_p/R_{ct}$  pada masing-masing berat sampel setelah expose nilai  $R_p$  lebih besar dari pada sebelum expose. Sehingga laju korosi pada saat direndam 1M NaCl pada suhu 45°C-50°C lebih kecil dibanding sebelum direndam. sehingga komposit PANi/Silika cocok pada kondisi panas untuk menahan laju korosi.

## B. PEMBAHASAN

Aliran Nyquist pada sebelum dan sesudah expose merupakan diagram datar impedansi kompleks yang mengalirkan komponen impedansi imajiner ( $Z_{im}$ ) terhadap komponen impedansi nyata ( $Z_{real}$ ). Eis memiliki beberapa parameter yaitu  $R_s$  adalah tahanan larutan,  $R_{ct}/R_p$  adalah Tahanan transfer muatan, dan  $Cd/CPE$  adalah kapasitansi lapis rangkap listrik. Sehingga pada diagram nyquist pada komposit sebesar 10% silika-90% PANi, memiliki ketahanan korosi paling baik diantara komposisi %berat lainnya. Hal ini nilai optimum pada 10% silika-90% PANi dikarenakan silika pada komposisi tersebut sudah merata dan menjadi filler dari PANi.

## PENUTUP

### Simpulan

Pada pengujian FTIR komposit PANi-SiO<sub>2</sub>/Cat masih nampak sifat dari masing-masing bahan. Dari hasil analisa EIS menunjukkan bahwa pada komposisi persen berat 10% silika-90% PANi didapatkan hasil terbaik sebagai pelapis paling tahan korosi dibanding komposisi lainnya.

### Saran

Untuk memperoleh hasil terbaik, bisa digunakan metode *spin coating* untuk melapiskan ke permukaan baja/sampel. Dan Melakukan sintesis PANi dengan metode polimerisasi interfasial agar diperoleh fiber polianilin. Melakukan sintesis silika amorf dengan metode hidrotermal kopersipitasi agar diperoleh serbuk silika yang berkualitas tinggi. Hendaknya pembuatan komposit PANi-SiO<sub>2</sub> dengan metode polimerisasi *in situ*.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Al-Dulami, A. 2011. *Corrosion Protection of Carbon Steel Using Polyaniline Composite with Inorganic Pigments*. *Sains Malaysiana*, 757-763.
- Bhandari, Hema, dkk. 2012. *Conducting Polymer Nanocomposites for Anticorrosive and Antistatic Applications*
- Fernandez, B. Rio, 2011. *Makalah sintesis Nano Partikel*. Padang: Universitas Andalas.
- Gatri, Dinda. 2012. *Modifikasi zeolit alam dengan polianilin sebagai adsorben ion logam berat*. SKRIPSI
- J. Sketsal dan R.G. Gilbert. 2002. *Polyaniline Preparation of a Conducting Polymer*, *pure Appl. Chem.*, 74, 857-867.
- Munasir, 2014. *Analisa Sifat Korosi Komposit PANi-SiO<sub>2</sub>/Acrylic Paint pada medium 3,5% NaCl*: Universitas Negeri Surabaya.
- Nicholson, K. 1993. *Geothermal Fluids Chemistry & Exploration Technique*. Springer Verlag, Inc.: Berlin
- Okutani, T., 2009. *Utilization of silica in rice hull as raw materials for silicon semiconductors*, *J. Met. Mater. Min.*, Vol. 19(2), 51-59.
- Pirajno, F., 2009, *Hydrothermal Processes and Mineral System* Spinger Science Geological Survey of Western: Australia
- P.K. Jal, Sudarshan, M, A. Saha, S. Patel, B.K. Mishra (2004) *Synthesis and Characterization of Nanosilica Prepared by Precipitation Method*, *Colloids and Surfaces*, Volume 240, 174
- Sidiq, M. Fajar, 2013. *Analisa Korosi dan Pengendaliannya*. Akademi Perikanan Baruna Slawi.
- Shoodiqin, M. Dian, Aristia. 2014. *Pengaruh Presentase SiO<sub>2</sub> terhadap Laju Korosi Komposit PANi/SiO<sub>2</sub> pada larutan Korosif NaCl*. TESIS. Tidak dipublikasikan
- Sun. L., dan Gong, K., 2001. *Silicon-based materials from rice husks and their applications*, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 40, 5861-5877.
- Sulastri, S., 2010. *Berbagai macam senyawa silika*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Zuhri, A. Arifudin. 2013. *Sintesis dan Karakterisasi nanokomposit PANi/SiO<sub>2</sub> sebagai pelapis tahan korosi*. SKRIPSI. Tidak dipublikasikan.

