



**TUGAS AKHIR – SF 141501**

**Identifikasi Produk Korosi Baja SS304 *Coating*  
PANi/SiO<sub>2</sub> Pada Larutan Salinitas Tinggi NaCl 3,5 M**

**AGUSTIN LENY PUTRI  
NRP 1112 100 006**

**Dosen Pembimbing  
Dr.rer.nat Triwikantoro, M.Si**

JURUSAN FISIKA  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**FINAL PROJECT - SF 141501**

**Identification of Corrosion Product *Stainless Steel*  
304 *Coating* PANi/SiO<sub>2</sub> at High Salinity Solution of  
NaCl 3,5 M**

**AGUSTIN LENY PUTRI  
NRP 1112 100 006**

**Advisor  
Dr.rer.nat Triwikantoro, M.Si**

**Department of Physics  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016**

**IDENTIFIKASI PRODUK KOROSI BAJA SS304  
COATING PANi/SiO<sub>2</sub> PADA LARUTAN SALINITAS  
TINGGI NaCl 3,5 M**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada  
Bidang Fisika Material  
Program Studi S-1 Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:  
**AGUSTIN LENY PUTRI**  
NRP 1112100006

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

**Dr. Rer.nat. Trivikantoro, M.Si**  
NIP. 21966011 4199002 1



**IDENTIFIKASI PRODUK KOROSI BAJA SS304  
COATING PANi/SiO<sub>2</sub> PADA LARUTAN SALINITAS  
TINGGI NaCl 3,5 M**

**Nama** : Agustin Leny Putri  
**NRP** : 1112100006  
**Jurusan** : Fisika, FMIPA-ITS  
**Pembimbing** : Dr. Rer.nat Triwikantoro, M.Si

**Abstrak**

*Sintesis material komposit PANi/SiO<sub>2</sub> telah dilakukan dengan menggunakan metode polimerisasi in-situ. Material alam yang digunakan pada penelitian ini yaitu pasir silika Pantai Bancar. Komposit PANi/SiO<sub>2</sub> dilapiskan pada permukaan baja SS304 setelah dicampur cat. Baja SS304 yang telah dilapisi diletakkan dalam larutan salinitas tinggi NaCl 3,5 M. Produk korosi diidentifikasi menggunakan X-Ray Diffractometer (XRD), dan distribusi elemen pada permukaan diamati menggunakan SEM-EDX. Pada penelitian ini, fasa yang terbentuk dari produk korosi yang dihasilkan yaitu CaCO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Fe(OH)<sub>2</sub>. Hasil analisa secara kualitatif, menunjukkan bahwa semakin lama waktu yang diberikan, maka produk korosi yang terbentuk semakin meningkat. Berdasarkan mikrostruktur, partikel-partikel yang terbentuk pada permukaan baja SS 304 coating PANi/SiO<sub>2</sub> yaitu tidak merata dan renggang sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan pada permukaan.*

**Kata kunci :Korosi, Polimerisasi in-situ, SS304.**

**IDENTIFICATION OF CORROSION PRODUCT  
STAINLESS STEEL 304 PANi/SiO<sub>2</sub> AT HIGH SALINITY  
SOLUTION OF NaCl 3,5M**

**Name** : Agustin Leny Putri  
**NRP** : 1112100006  
**Major** : Physics, FMIPA-ITS  
**Advisor** : Dr. Rer.nat Triwikantoro, M.Si

**Abstract**

*Synthesis of composite materials Polyaniline / SiO<sub>2</sub> has been performed using in-situ polymerization method. This research used Silica from Bancar beach. Composite Polyaniline /SiO<sub>2</sub> is coated on the surface of the steel SS 304 after mixed paint. Stainles steel 304 that has been coated, is placed in in high salinity solution of NaCl 3.5 M. The products of corrosion was identified using X-Ray Diffractometer (XRD), and the distribution of elements on the surface was observed using SEM-EDX. In this research, the formed phases from the resulting corrosion product are CaCO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and Fe(OH)<sub>2</sub>. The results of qualitative analysis, indicate that the longer the time given, then the formed corrosion products increase. Based on microstructure, the particles are formed on the surface coating of steel SS 304 Polyaniline / SiO<sub>2</sub> is uneven and tenuous, causing damage at the surface.*

**Keyword** : Corrosion, in-situ polymerization, Stainless steel 304

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan berkah, rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir. Sholawat serta salam tetap tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kami dari kebodohan menuju cahaya kebenaran. Tugas Akhir (TA) ini penulis susun sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar sarjana di jurusan Fisika FMIPA ITS dengan judul :

### **“Identifikasi Produk Korosi Baja SS304 *Coating* PANi/SiO<sub>2</sub> Pada Larutan Salinitas Tinggi NaCl 3,5 M”**

Penulis mempersembahkan Karya Tulis ini kepada masyarakat Indonesia guna berpartisipasi dalam perkembangan ilmu pengetahuan di bidang sains dan teknologi. Penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak ABD. Wahab dan Ibu Nanik Haryani yang telah memberikan semua hal terbaik bagi penulis, terutama doa restunya.
2. Adikku tersayang Kudsiyati yang selalu mendukung segala keputusan penulis.
3. Bapak Agus Purwanto sebagai dosen wali yang selalu memberikan bimbingan dan arahan yang membangun bagi penulis.
4. Bapak Dr.rer.nat. Triwikantoro, M.Si sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membagi pengalaman, memberikan bimbingan, wawasan, dan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Sukir yang selalu memberikan solusi dan sebagai tempat curhat dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

6. Bapak Sholeh dan Bapak Slamet yang senantiasa membantu dalam peminjaman laboratorium dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir.
7. Bapak Dr. Yono Hadi P., M. Eng. dan Bapak Eko Minarto selaku Ketua Jurusan dan Wakil Jurusan Fisika FMIPA ITS yang telah memberikan kemudahan sarana kepada penulis selama kuliah sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
8. Bapak Prof. Drs. Suminar Pratapa, Ph.D yang telah memberikan pemahaman mengenai *software Match* dan *Rietica*.
9. Kepada keluarga Fisika ITS 2012 (Meson) yang telah menemani perjalanan penulis selama menjalani studi di Fisika FMIPA ITS.
10. Kepada rekan - rekan Laboratorium Fisika Dasar yang senantiasa memberikan semangat dan pengalaman selama menempuh studi di Fisika ITS.
11. Kepada rekan - rekan Laboratorium Fisika Modern dan Gelombang yang selalu memberikan motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Kepada rekan - rekan Laboratorium Material, Regina, allif, Wahyu, Okta, Faishol, Deril, Yusro, Rijok, Mbak Sus dll yang banyak membantu dalam proses sintesis sehingga penelitian ini selesai.
13. Anggota Siput yang di pimpin kapten Alfian dengan anggota 1112100001-1112100010 yang mengajarkan arti kekeluargaan selama menempuh studi di Fisika ITS.
14. Mbak Gaby Gabriela yang selalu memberikan arahan dalam menyelesaikan penelitian ini.
15. Partner terbaik mbak Humat, Mbak Fifi, Mbak Dita yang selalu memberikan semangat dalam menyelesaikan penelitian ini.
16. Mbak Iis selaku pihak Teknik Material dan Metalurgi yang bisa bekerja sama dalam menyelesaikan penelitian ini.

17. Pihak-pihak yang terkait dalam pengujian material penelitian di Laboratorium Sentral Univeristas Negeri Malang.
18. Ristek Himasika ITS dan rekan-rekan seperjuangan yang sudah memberikan pengalaman organisasi.
19. Aziz Nugroho yang selalu menemani dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini.
20. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan ini masih terdapat kesalahan. Mohon kritik dan saran pembaca guna menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak. Amiin Ya Rabbal Alamiin.

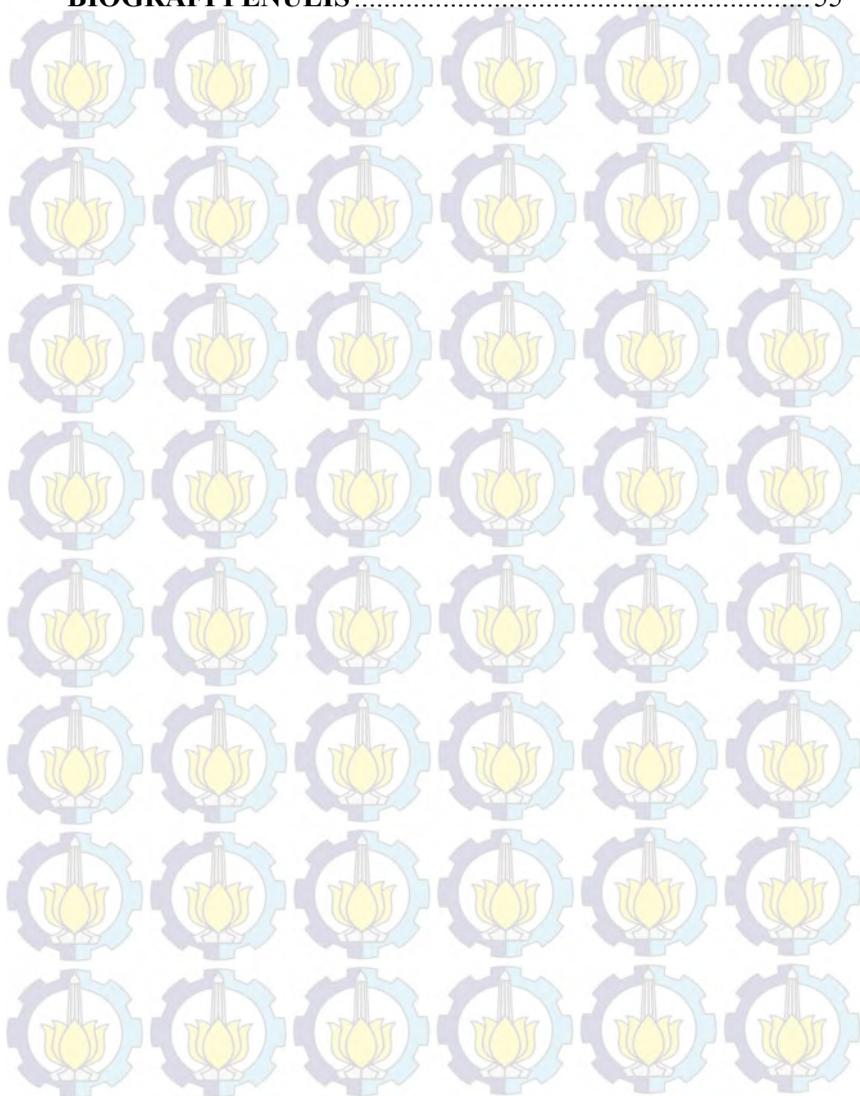
Surabaya, januari 2016

Penulis  
Agustinleny11@gmail.com

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>COVER PAGE</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Korosi .....	5
2.2 Laju Korosi .....	8
2.3 <i>Stainless Steel</i> 304 .....	8
2.4 Silika .....	10
2.5 Polianilin (PANi) .....	11

<b>BAB III METODOLOGI</b> .....	15
3.1 Bahan dan Peralatan.....	15
3.1.1 Bahan.....	15
3.1.2 Peralatan.....	15
3.2 Prosedur Penelitian.....	15
3.2.1 Sintesis Mikrosilika.....	15
3.2.2 Sintesis Polianilin (PANi).....	17
3.2.3 Sintesis PANi/SiO <sub>2</sub> Mikro.....	19
3.2.4 <i>Coating</i> PANi/SiO <sub>2</sub> Mikro.....	20
3.2.5 Eksperimen Korosi.....	20
3.3 Karakterisasi Material.....	21
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	22
3.4.1 Sintesis Mikro Silika.....	22
3.4.2 Sintesis Polianilin (PANi).....	23
3.4.3 Sintesis PANi/SiO <sub>2</sub> Mikro.....	24
3.4.4 Proses <i>coating</i> dan Eksperimen Korosi.....	25
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN</b> .....	27
4.1 Hasil Pemurnian Pasir Silika.....	27
4.2 Hasil Karakterisasi <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD) Mikro Silika.....	29
4.3 Hasil Pengujian Spektroskopi FTIR.....	30
4.4 Identifikasi Fasa dari Hasil Eksperimen Korosi.....	32
4.5 Morfologi Permukaan dari Eksperimen Korosi pada SS 304.....	36
4.6 Distribusi Fasa Produk Korosi Pada Baja SS304.....	40
4.7 Mekanisme Korosi Pada Baja SS304.....	42
<b>BAB V KESIMPULAN</b> .....	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	47
<b>LAMPIRAN</b> .....	49



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Sel korosi sederhana .....	7
<b>Gambar 2.2</b> Polianilin sebagai garam emeraldin pada media asam.....	12
<b>Gambar 2.3</b> Transisi elektron pada PANi yang diberi dopan .....	13
<b>Gambar 3.1</b> Larutan Amonium Peroxydisulfat (APS).....	17
<b>Gambar 3.2</b> Larutan polianilin (PANi).....	18
<b>Gambar 3.3</b> Hasil penyaringan larutan polianilin .....	19
<b>Gambar 3.4</b> Proses <i>coating</i> baja SS304 dengan PANi/SiO <sub>2</sub> .....	20
<b>Gambar 3.5</b> Eksperimen korosi .....	21
<b>Gambar 3.6</b> Diagram alir sintesis mikro silika. ....	22
<b>Gambar 3.7</b> Diagram alir sintesis polianilin (PANi) .....	23
<b>Gambar 3.8</b> Diagram alir sintesis PANi/SiO <sub>2</sub> mikro . ....	24
<b>Gambar 3.9</b> Diagram alir proses <i>coating</i> dan eksperimen korosi .	25
<b>Gambar 4.1</b> Hasil karakterisasi <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD) .....	29
<b>Gambar 4.2</b> Hasil karakterisasi spektroskopi FTIR pada PANi dan PANi/SiO <sub>2</sub> mikro .....	31
<b>Gambar 4.3</b> Hasil karakterisasi <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD) pada pengujian korosi pada baja SS 304 <i>coating</i> PANi/SiO <sub>2</sub> mikro dengan variabel waktu 10 hari, 15 hari, dan 20 hari .....	33

**Gambar 4.4** Hasil karakterisasi *X-Ray Diffractometer* (XRD) pengujian korosi dengan variabel waktu 20 hari pada baja SS 304 *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> dan baja SS 304 *coating* Cat..... 34

**Gambar 4.5** Hasil analisa karakterisasi *X-Ray Diffractometer* (XRD pengujian korosi dengan menggunakan media larutan NDB..... 35

**Gambar 4.6** Morfologi permukaan baja SS 304 dengan *coating* cat dalam waktu 20 hari (a) perbesaran 50x (b) perbesaran 1000x...37

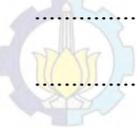
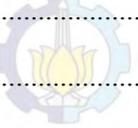
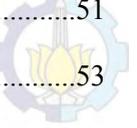
**Gambar 4.7** Morfologi permukaan baja SS 304 dengan *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> mikro dalam waktu 20 hari (a) perbesaran 50x (b) perbesaran 1000x (c) perbesaran 5000x..... 38

**Gambar 4.8** Analisa polarisasi pada material PANi/SiO<sub>2</sub> mikro PANi/SiO<sub>2</sub> amorf dan PSA950 (Gaby.2012).. 39

**Gambar 4.9** Distribusi fasa produk korosi pada permukaan baja SS304 (a) seluruh permukaan (b) bagian permukaan..... 40

**Gambar 4.10** Mekanisme terjadinya korosi pada permukaan baja SS 304..... 42

## DAFTAR LAMPIRAN

						49
						51
						53
						
						
						
						
						

## DAFTAR TABEL

**Tabel 2.1** Pengaruh kandungan unsur paduan baja anti korosif ...9

**Tabel 2.2** Komposisi *stainless Steel 304* .....10

**Tabel 4.1** Hasil karakterisasi *X-Ray Flourescene(XRF)* sebelum dilakukan proses pemurnian.....27

**Tabel 4.2** Hasil karakterisasi *X-Ray Flourescene(XRF)* setelah dilakukan proses pemurnian.....28

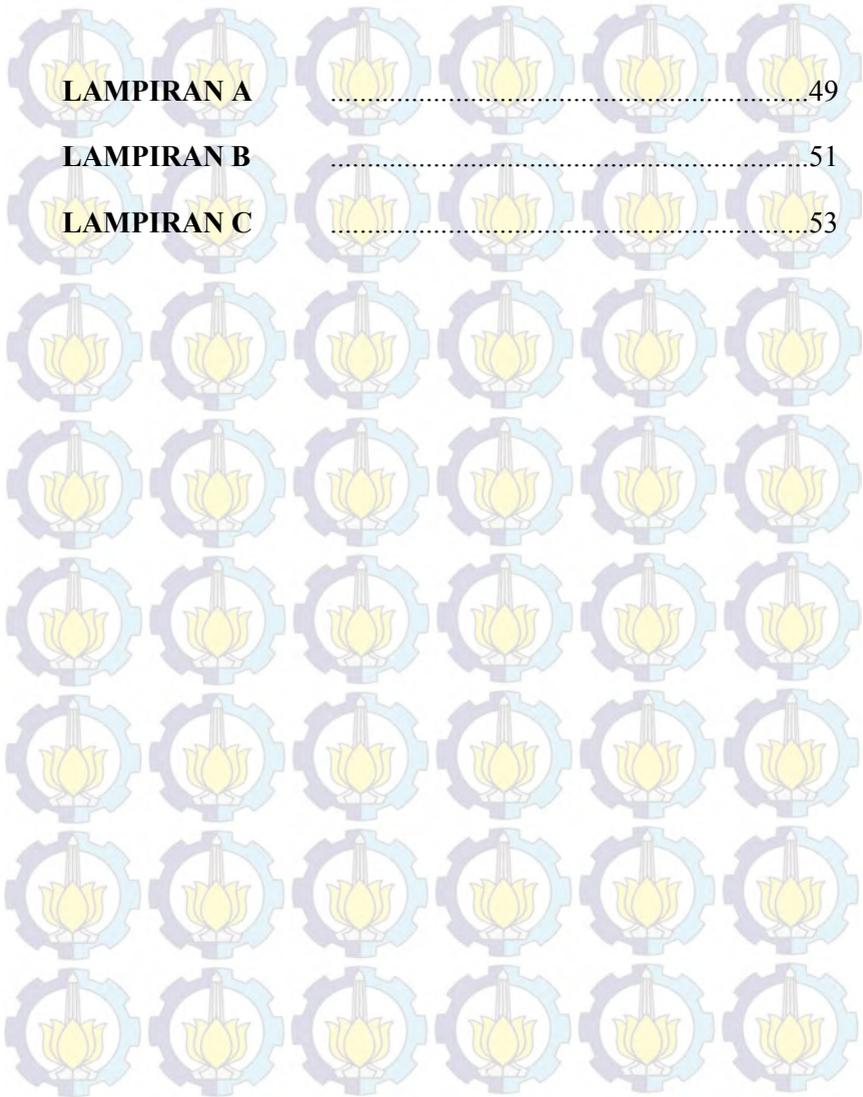
**Tabel 4.3** Data spektra yang muncul pada material PANi dan PANi/SiO<sub>2</sub> .....31

**Tabel 4.4** Fasa yang terbentuk pada media salinitas tinggi NaCl 3,5 M dan media NDB (*Nord Deutsche Bechen*).....36

**Tabel 4.5** Hasil karakterisasi *X-Ray Flourescene(XRF)* pada cat .....41

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>LAMPIRAN A</b>	.....	49
<b>LAMPIRAN B</b>	.....	51
<b>LAMPIRAN C</b>	.....	53



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan logam dalam suatu industri memegang peranan sangat penting. Hampir 90% peralatan dan mesin-mesin instalasi terbuat dari logam. Akan tetapi, logam memiliki kelemahan mudah terkorosi. Korosi merupakan kerusakan/degradasi pada material akibat berinteraksi dengan lingkungannya. Korosi merupakan fenomena alam yang tidak bisa dihindari, akan tetapi dapat dicegah.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Adytia mengenai pengaruh inhibitor hidrasi dapat menurunkan laju korosi baja tahan karat SS304 dalam lingkungan air,  $\text{FeU}_3$ , dan  $\text{NiCl}_2$  dengan hasil bahwa inhibitor hidrasin dapat menurunkan laju korosi baja tahan karat SS304 dalam lingkungan korosif dengan penambahan konsentrasi yang cukup. Selain itu, dilakukan penelitian oleh Ratmi mengenai Pengaruh laju korosi pada baja *stainless steel* 304 Pipa Pendingin reaktor di dalam lingkungan air dan asam nitrat dengan hasil bahwa laju korosi yang terjadi pada konsentrasi optimum tidak sampai mengganggu fungsi pipa pendingin reaktor (Budianto,dkk.2009). Berdasarkan penelitian yang ada, dapat dilakukan pula pencegahan laju korosi pada suatu material dengan metode *coating*. Dapat diketahui bahwa kerusakan material umumnya diawali dari permukaan material tersebut, sehingga untuk mencegah laju korosi perlu dilakukan *coating* dengan material anti korosi.

Negara Indonesia merupakan negara kepulauan yang banyak memiliki potensi-potensi alam melimpah yang dapat dikembangkan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Seperti halnya pasir alam yang melimpah dapat dijadikan sebagai material anti korosi yang dapat di *coating* pada material logam. Penggunaan pasir alam yang mengandung silika dapat dijadikan sebagai *filler* pada pelapisan cat baja. Pasir alam yang mengandung silika berorde nano biasanya dicampurkan dengan

PANi. Hasil pencampuran material tersebut kemudian dicampur dengan cat yang kemudian di *coating* pada material logam. Metode pengecatan yang digunakan yaitu *spraying*. Metode ini lebih efektif melihat sifat kehomogenan dari material yang dijadikan *coating*. Selain itu, menurut Ella yang telah melakukan penelitian mengenai metode pengecatan yang berbasis komposit PANi/SiO<sub>2</sub> yaitu metode celup dan *spray* mendapatkan bahwa metode yang paling efektif yaitu metode *spraying* karena sifat kehomogenan dari material yang di *coating*.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, maka dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai produk korosi baja SS304 *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> pada larutan salinitas tinggi NaCl 3,5M.

### 1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana terbentuknya fasa pada produk korosi pada baja SS 304
2. Bagaimana distribusi fasa pada produk korosi tersebut
3. Bagaimana mekanisme terjadinya korosi baja SS304 *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> pada larutan salinitas tinggi NaCl 3,5M

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah

1. Material anorganik yang digunakan pada penelitian ini yaitu pasir silika dari pantai Bancar
2. Baja yang digunakan adalah SS 304
3. Metode pelapisan yang digunakan adalah *spraying* dengan PANi/SiO<sub>2</sub>
4. Material silika yang digunakan yaitu silika mikro

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui terbentuknya fasa produk korosi baja SS 304 pada larutan Salinitas Tinggi NaCl 3,5 %

2. Menganalisis distribusi fasa pada permukaan *coating* produk korosi yang dihasilkan
3. Mengetahui dan menganalisis mekanisme terjadinya korosi baja SS304 *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> pada larutan salinitas tinggi NaCl 3,5M

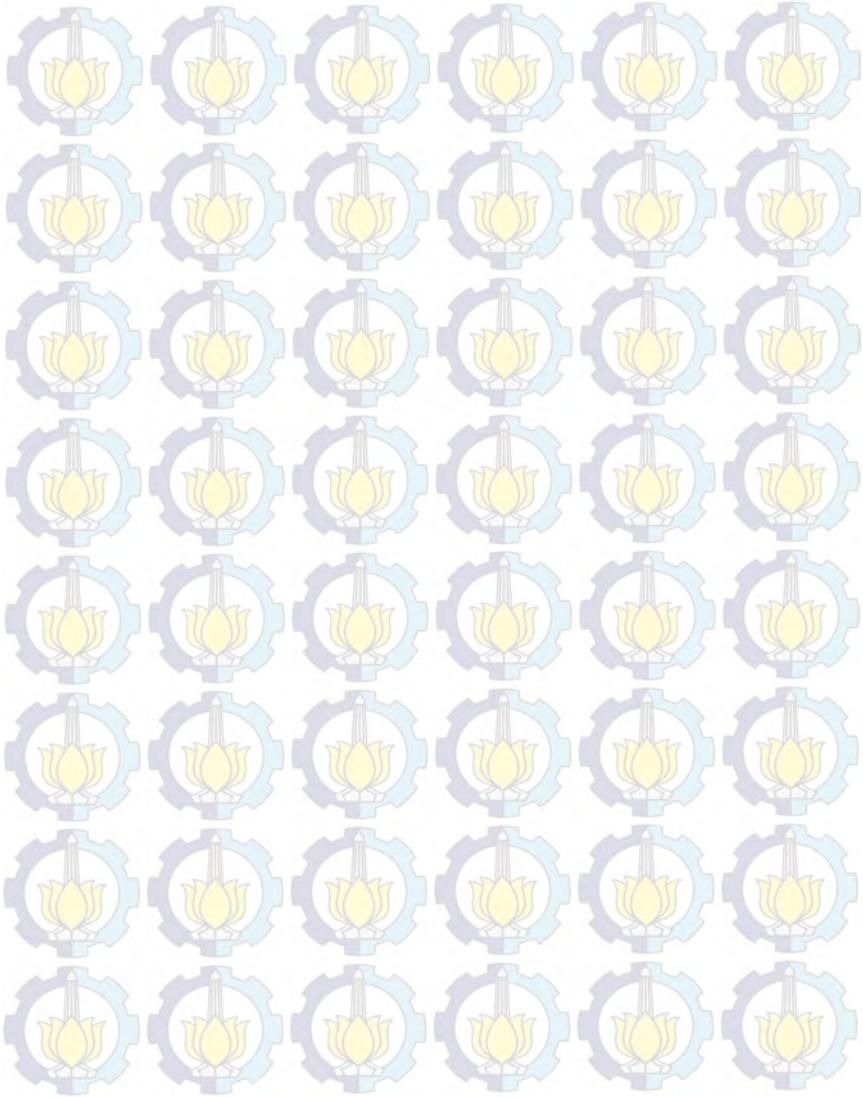
### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini dapat bermanfaat untuk peneliti, pembaca, laboratorium, industri dalam memberi wawasan bahwa bahan-bahan alam seperti pasir silika bisa dijadikan sebagai produk anti korosi yang bisa mengatasi peristiwa korosi pada material-material logam.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tugas akhir ini, tersusun dalam lima bab yaitu : Bab 1: Pendahuluan berisi latar belakang masalah, maksud dan tujuan, perumusan masalah dan manfaat tugas akhir. Bab 2: Tinjauan Pustaka berisi mengenai kajian pustaka yang digunakan pada tugas akhir. Bab 3: Metodologi Penelitian berisi tentang metode dan tahap pengambilan data. Bab 4: Analisa Data dan Pembahasan berupa hasil data yang diperoleh, serta analisa yang dilakukan. Bab 5: Kesimpulan berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Korosi

Trethewey dan Chamberlain menyatakan bahwa korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungan. Korosi terjadi pada saat adanya reaksi pelarutan (*dissolution*) logam menjadi ion pada permukaan logam yang berkontak dengan lingkungan yang mengandung cairan/air dan oksigen melalui reaksi kimia. Diawali dengan pelepasan elektron oleh atom-atom logam sehingga atom-atom logam menjadi ion (+) yang larut dalam lingkungannya (Budianto,dkk.2009).

Korosi adalah proses kerusakan/degradasi pada material akibat berinteraksi dengan lingkungannya. Terkorosinya suatu logam dalam lingkungan elektrolit (air) adalah suatu proses elektrokimia. Proses ini terjadi bila ada reaksi setengah sel yang melepaskan elektron (reaksi oksidasi pada anodik) dan reaksi setengah sel yang menerima elektron tersebut (reaksi reduksi pada katodik). Kedua reaksi ini akan terus berlangsung sampai terjadi kesetimbangan dinamis dimana jumlah elektron yang dilepas sama dengan jumlah elektron yang diterima. Suatu logam yang diselupkan pada suatu larutan elektrolit, maka akan terbentuk dua lokasi yang disebut anoda dan katoda. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi dan pada katoda terjadi reaksi reduksi. Pada anoda merupakan tempat terjadinya reaksi oksidasi dan biasanya terkorosi. Sedangkan pada katoda merupakan tempat terjadinya reduksi dan tidak mengalami korosi. Korosi yang didasarkan proses elektrokimia (*electrochemical process*) terdiri dari 4 komponen utama yaitu:

#### 1. *Anode* (anoda)

Anoda biasanya terkorosi dengan melepaskan elektron-elektron dari atom-atom logam netral untuk membentuk ion-ion. Ion-ion ini mungkin tetap tinggal dalam larutan dan

bereaksi membentuk hasil korosi yang tidak larut. Reaksi pada anoda dapat dituliskan dengan persamaan :



## 2. Cathode (Katoda)

Katoda biasanya tidak mengalami korosi, walaupun mungkin terjadi kerusakan dalam kondisi tertentu. Reaksi yang terjadi pada katoda berupa reaksi reduksi. Reaksi pada katoda tergantung pada larutan yaitu:

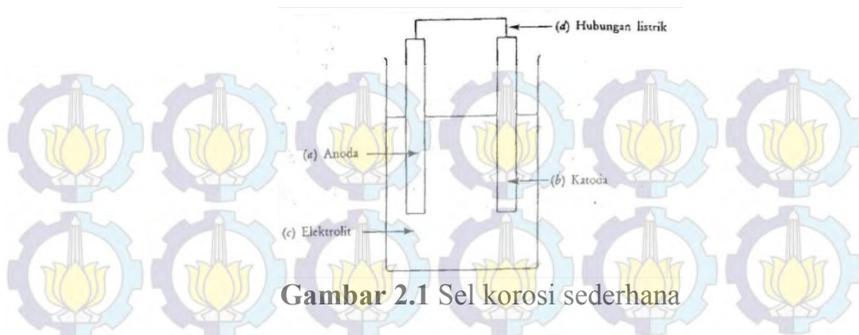


## 3. Elektrolit

Elektrolit adalah larutan yang mempunyai sifat penghantar listrik. Elektrolit dapat berupa larutan asam, basa dan larutan garam. Larutan elektrolit mempunyai peranan penting dalam korosi logam karena larutan ini menjadikan kontak listrik antara anoda dan katoda.

## 4. Anoda dan katoda harus terhubung secara listrik

Antara anoda dan katoda harus ada hubungan listrik agar arus dalam sel korosi dapat mengalir. Hubungan secara fisik tidak diperlukan jika anoda dan katoda merupakan bagian logam yang sama (Fajar S,2013).



**Gambar 2.1** Sel korosi sederhana

Korosi adalah penurunan mutu pada logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Korosi pada *stainless steel* dapat terjadi pada jika kromium oksida yang secara otomatis terbentuk pada permukaan bahan bergabung dengan oksigen. Lapisan kromium oksida ini bersifat pasif (secara kimiawi tidak aktif), kuat (melekat secara erat di permukaan stainless steel tersebut) dan memperbaharui dirinya sendiri (Mulyaningsih,2014).

Secara teoritis proses korosi tidak mungkin dicegah sepenuhnya, karena proses ini bersifat lebih alamiah. Namun bagaimanapun harus dilakukan usaha dalam pencegahan korosi tersebut. Penanggulangan masalah korosi memiliki beberapa aspek salah satunya aspek teknologi. Pengembangan ilmu bahan dapat menghasilkan material-material anti korosif. Pengendalian korosi dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu desain dan pemilihan bahan, penggunaan inhibitor, pelapisan (*coating*), proteksi katodik, dan proteksi anodik (Sulistijono,1999).

Beberapa bentuk korosi menurut Fontana yaitu korosi homogen (*uniformra corrosion*), korosi galvanis (*galvanic corrosion*), korosi celah (*crevice corrosion*), korosi sumur (*pitting corrosion*), korosi antar butir (*intergranular corrosion*), korosi selektif (*selective corrosion*), korosi (*erotion corrosion*), dan korosi tegangan (*stress corrosion*) (Budianto,dkk.2009).

## 2.2 Laju Korosi

Laju korosi merupakan besaran yang menyatakan perubahan arus (i) atau perubahan massa persatuan waktu pada suatu material akibat korosi. Metode yang sering digunakan untuk menentukan laju korosi adalah metode kehilangan massa, dengan mengukur perbedaan massa awal sebelum pengujian dengan massa akhir setelah pengujian korosi. Laju korosi dalam logam dapat dihitung dengan melibatkan variabel waktu, massa yang hilang, luas permukaan yang tidak dilindungi dan kerapatan atau massa jenis logam. Laju korosi biasanya dinyatakan dalam mil per tahun (mpy) sesuai dengan persamaan berikut :

$$\text{Laju korosi (mil per year)} = \frac{534 \times W_L}{\rho \times A \times t} \quad (1.5)$$

Keterangan :

$W_L$  adalah massa yang hilang/ *weight loss* (mg)

$\rho$  adalah massa jenis logam/ *density* ( $\text{gr/cm}^3$ )

$A$  adalah luas penampang spesimen ( $\text{inchi}^2$ )

$t$  adalah waktu pencelupan (jam)

Massa yang hilang dalam pengujian merupakan massa dari produk korosi, nilai  $\rho$  dipengaruhi jenis bahan yang digunakan, luasan  $A$  adalah luas permukaan bahan tak terlindung yang mengalami pengujian korosi sedangkan waktu  $T$  menunjukkan lamanya pengujian yang dilakukan (Fontana, 1986).

## 2.3 *Stainless Steel 304*

*Stainless Steel* mempunyai ketahanan yang baik terhadap korosi karena elemen paduan utamanya adalah besi, chromium, dan nikel dimana Cr membentuk lapisan oksida yang melindungi logam terhadap reaksi dengan lingkungannya. Chromium adalah elemen reaktif sehingga apabila bersinggungan dengan udara sekitarnya, maka akan bereaksi membentuk oksida chromium yang sangat kompak padat, dan stabil sehingga inert dan menghalangi reaksi logam dibawahnya dengan udara di sekitarnya. Efek tersebut akan tampak nyata pada kadar chromium yang lebih dari 11% (Sulistijono, 1999).

**Tabel 2.1.** Pengaruh kandungan unsur paduan baja anti korosif (Budianto.2009)

Unsur	Pengaruh
Karbon (C)	Menaikkan kekerasan, dan berperan dalam pembentukan karbida krom yang menyebabkan penurunan ketahanan korosi
Krom (Cr)	Berperan dalam pembentukan ferrit, dan menaikkan ketahanan korosi
Nikel (Ni)	Berperan dalam pembentukan austenit, menaikkan kekuatan pada temperatur tinggi, dan meningkatkan ketahanan terhadap korosi
Nitrogen (N)	Pembentukan austenit yang sangat kuat
Niobium (Nb)	Unsur pembentuk karbida yang kuat yang mengakibatkan terhindar dari terbentuknya karbida Cr
Mangan (Mn)	Berperan dalam pembentukan ferrit dan menstabilkan austenit pada temperatur tinggi
Molybdenum (Mo)	Berperan dalam pembentukan ferrit dan meningkatkan kekuatan pada temperatur tinggi
Titanium (Ti)	Unsur yang berperan dalam pembentukan karbida yang kuat dan ferrit
Phospor (P)	Unsur yang menyebabkan penurunan ketahanan korosi
Sulfur (S)	Meningkakan sifat getas material

*Stainless Steel* merupakan baja paduan dengan kandungan besi dengan kadar 10,5 % - 18% krom yang membentuk lapisan pasif sebagai pelindung dari peristiwa oksidasi sehingga menyebabkan material ini mempunyai sifat tahan korosi. *Stainless Steel* 304 mengandung sedikitnya 18% kromium dan 8% nikel, dan dikombinasikan dengan paling banyak 0,08%

karbon. Penambahan unsur-unsur tertentu dalam paduan *stainless steel* bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan. Chromium (Cr) adalah elemen yang paling penting dalam *stainless steel*. Keberadaan elemen ini yang menyebabkan *stainless steel* menjadi tahan terhadap korosi. Walaupun demikian kondisi lingkungan tetap menjadi penyebab kerusakan lapisan pelindung tersebut. Tetapi jika lapisan pelindung sudah tidak lagi terbentuk, maka korosi akan terjadi (Mulyaningsih 2014). *Stainless steel* 304 memiliki komposisi yaitu sebagai berikut :

**Tabel 2.2** Komposisi *Stainless Steel* 304 (%) (Bikash R.M, dkk.2015)

	Fe	Cu	Si	C	Cr	Mn	Ni
SS 304	74,11	-	0,29	-	17,75	0,72	7,13

#### 2.4 Silika

Silika merupakan salah material yang dapat direkayasa menjadi material dalam orde nano sehingga memiliki manfaat yang lebih tinggi. penelitian mengenai sintesis silika dalam orde mikro ataupun dalam orde nano telah dilakukan (Latif,dkk.2014) Silika termasuk golongan IV yang memiliki ketahanan abrasi yang baik, isolator listrik, dan stabilitas termal yang tinggi. Silika memiliki ikatan koordinasi tetrahedral dengan satu atom silika (Si) ditengah dan empat atom oksigen (O) di sekelilingnya (Basuki,dkk.2011). Silika terbentuk kristal transparan dengan titik leleh sebesar 1873-1998 K dan densitasnya sebesar 2,648 g/cm<sup>3</sup> (Akbar.2010).

Silika merupakan bahan silikat paling sederhana yang mempunyai 3(tiga) struktur kristal *polymorphie* yaitu *quartz*, *crystalite*, dan *tridymite*. Silika bisa dibuat sebagai bahan padat non kristal yang susunana atomnya acak. Kristal silika mempunyai kerapatan yang rendah dan memiliki ikatan atom kuat yang dapat dicerminkan dari temperatur lelehnya 1710 °C (Hadi,2010). Dalam silika (SiO<sub>2</sub>), ion Si<sup>4+</sup> menempati interstisial tetrahedral O<sup>2-</sup> dengan 2 oksigen dipakai bersama dengan

tetrahedral tetangga.  $\text{SiO}_2$  mempunyai ikatan kombinasi ionik dan kovalen. Silika mempunyai polimorfi struktur yang bergantung pada temperatur dan tekanan. Masing-masing fasa pada  $\text{SiO}_2$  mempunyai bentuk tinggi (*High*) dan rendah (*Low*) yang terkait dengan pergeseran transformasi. Kristal *High* memiliki kesimetrian yang lebih tinggi. Kristobalit memiliki temperatur polimorfi yang paling tinggi. Struktur kristalnya menyerupai *Zinc blende* dengan substitusi tetrahedral untuk atom-atom. Tridimit memiliki struktur monoklinik pada struktur *high*. Struktur *quartz* adalah hexagonal dan pada struktur *low* adalah trigonal (Chiang,1997)

Latif membuktikan bahwa fasa *quartz* pada silika mikro terbentuk pada temperatur  $800^\circ\text{C}$  dan pada temperaur  $1200^\circ\text{C}$  terbentuk fasa *quartz* dan *crystalite* rendah. Sedangkan pada silika amorf terbentuk fasa *tridymite* dan *crystalite* pada temperatur  $1000^\circ\text{C}$  dan  $1200^\circ\text{C}$  (Latif,dkk.2014)

Senyawa  $\text{SiO}_2$  adalah salah satu material yang penting yang dapat menunjukkan sifat-sifat menarik pada ukuran dan keadaan yang berbeda (Yang,2008). Silika dapat berupa kristal,amorf,dan berwujud acak.sifat silica bergantung dari perilaku struktur selama reaksi sintesis. Silika amorf adalah material yang dihasilkan dari reaksi alkali-silika.

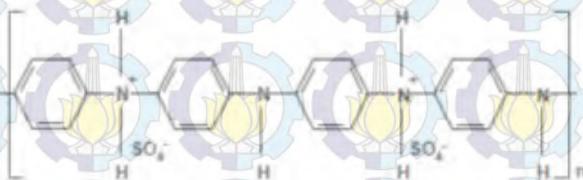
Van-Hoek dan Winter yang mengadakan penelitian mengenai perilaku struktur dari kristal silica setelah penggilingan mekanik (*ball milling*) dengan beberapa variasi suhu kalsinasi menunjukkan bahwa pola XRD yang terbentuk antara nanokristal dan amorf silika yang berbeda. Kedua struktur dibedakan oleh susunan atom-atomnya. Mekanisme terbentuknya silica amorf disebabkan oleh energi penggilingan yang lama. Energi tinggi mampu mendegradasi kisi kristal yang diikuti dengan terbentuknya ukuran partikel yang semakin kecil (Hoek,2002).

## 2.5 Polianilin (PANi)

Polianilin (PANi) merupakan bahan polimer yang banyak dipelajari karena konduktivitas yang tinggi pada doping dengan

asam. Dikatakan sebagai material konduktif yaitu adanya ikatan ganda terkonjugasi sepanjang rantai polimer. Dalam keadaan terkonjugasi, ikatan karbon dapat berikatan tunggal atau ganda. Setiap ikatan terdiri dari obligasi yang membentuk ikatan kimia yang kuat. Namun keadaan terkonjugasi tidaklah cukup untuk membuat material konduktif. Untuk membentuk material yang konduktif diperlukan pemberian dopan (Hasan,dkk.2012).

Polianilin ini merupakan salah satu material yang menjanjikan karena sifat intrinsik konduktivitas listrik oleh doping dengan dopan organik. Sifat listrik ini dapat dikendalikan secara reversible, baik dengan perubahan transfer dopan ataupun dengan protonasi (Asokan,dkk.2015).



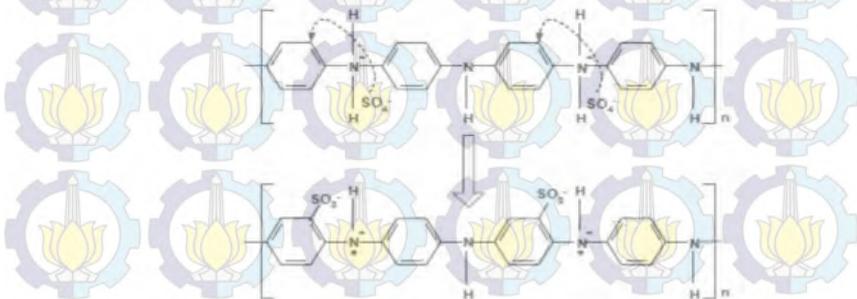
**Gambar 2.2** Polianilin sebagai garam emeraldin pada media asam

Polianilin merupakan salah satu jenis polimer konduktif yang memiliki beberapa keunggulan dibanding dengan polimer konduktif lainnya. Polimer semikonduktif dan konduktif adalah polimer terkonjugasi yang menunjukkan perubahan ikatan tunggal dan ganda antara atom-atom karbon pada rantai utama polimer. Ikatan ganda diperoleh dari karbon yang memiliki empat elektron valensi, namun pada molekul terkonjugasi hanya memiliki tiga atau dua atom lain. Suatu zat dapat bersifat polimer konduktif jika mempunyai ikatan rangkap yang terkonjugasi. Diantara polimer konduktif, polianilin menempati kedudukan yang istimewa karena kaya akan aspek ilmiah dan luas potensi aplikasinya seperti, baterai sekunder, sensor, LED, dan bidang optoelektronik lainnya. Selain itu ditinjau dari aspek kestabilan

yang paling baik diantara bahan polimer yang selama ini dikenal. Faktor inilah yang memungkinkan polianilin sebagai bahan berpotensi tinggi untuk produksi komersil (Asrori,2000).

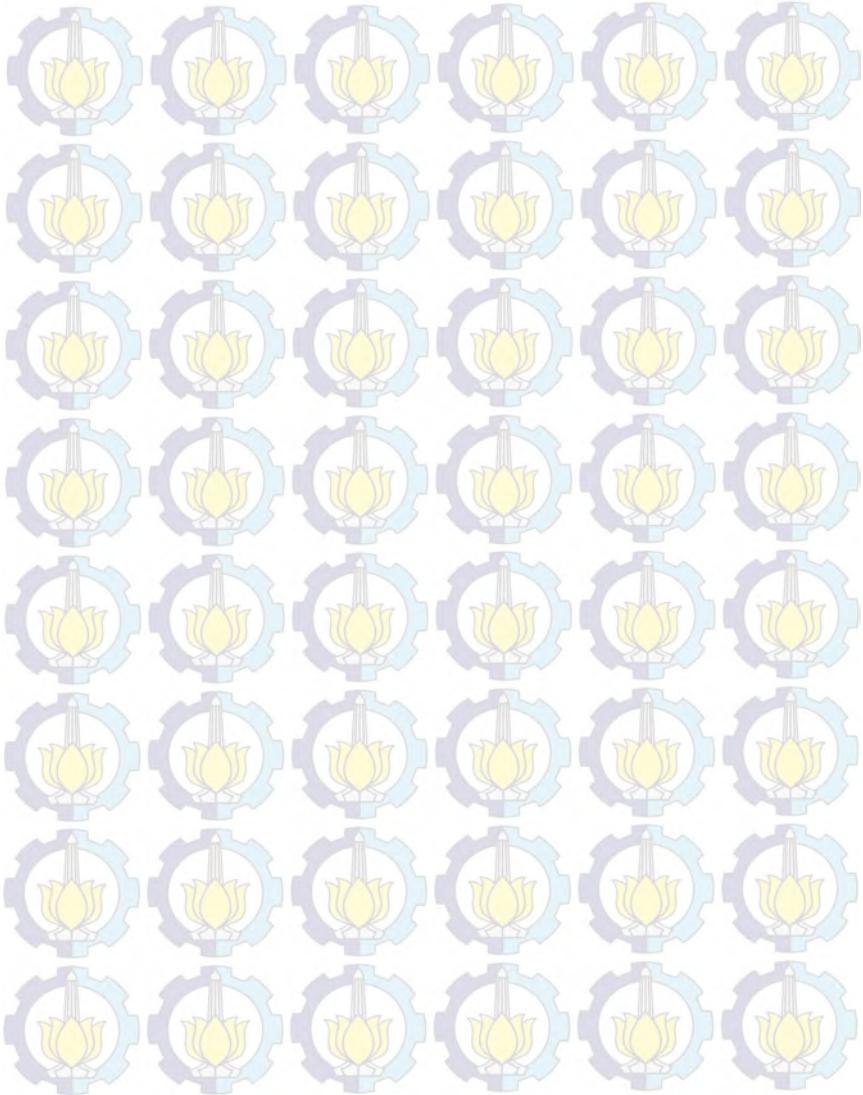
Polianilin adalah molekul besar yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia kecil dan sederhana yang disebut monomer anilin ( $C_6H_5NH_2$ ) yang berikatan kovalen. Penggabungan monomer-monomer anilin akan membentuk cincin benzoid (B) dan kuinoid (Q) yang dihubungkan satu dengan lainnya oleh atom nitrogen (N) melalui ikatan amin (terhibridisasi  $sp^3$ ) dan ikatan imin (terhibridisasi  $sp^2$ ).

Salah satu cara peningkatan konduktivitas bahan polimer adalah dengan membentuk keadaan elektronik tereksitasi dari tiap orbit molekular berupa keadaan *overlap* dari pita energinya (Mort,1982). Teknik lainnya yang dapat dilakukan adalah menambahkan bahan tertentu pada bahan polimer (*doping*), sehingga konduktivitas listrik tidak timbul dari polimer tersebut, tetapi berasal dari sisipan fasa kedua yang bersifat konduktor (Vlack,1984). Polianilin (PAni) merupakan jenis polimer konduktif yang dihasilkan dari proses polimerisasi monomer anilin ( $C_6H_5NH_2$ ) dalam suasana asam. Hasil polimerasi polianilin yang bersifat konduktif adalah basa Emeraldin yang mempunyai konduktivitas listrik sekitar  $10^{-7}S/cm$  dan dapat ditingkatkan dengan *doping* (Rosana and Putri, 2012)



**Gambar 2.3** Transisi elektron pada PANi yang diberi dopan

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Bahan dan Peralatan**

##### **3.1.1 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pasir  $\text{SiO}_2$ , aquades, HCl 2M, alkohol, baja SS304, Thinner A, Cat kapal, air, es batu, Dodecyl Benzene Sulfonic Acid (DBSA), Anilin, Amonium Peroxydisulfat (APS), dan aseton.

##### **3.1.2 Peralatan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu gelas beker 500 ml, corong, aluminium foil, spray, thermometer, saptula kaca, spatula besi, kertas saring, tisu, masker, sarung tangan, label nama, *magnetic stirrer*, magnet permanen, oven, *ball milling*, timbangan digital, mesh, *magnetic bar*, *mixer spraying*, dan kompresor. Selain itu, peralatan uji sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu *X-Ray Diffractometer* (XRD) yang digunakan untuk mengetahui fasa pada sampel uji, *X-Ray Fluorescence* (XRF) yang digunakan untuk mengetahui kandungan unsur pada sampel uji, *Fourier-Transform Infrared Ray* (FTIR) yang digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk pada sampel uji, dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang digunakan untuk mengetahui mikrostruktur sampel uji.

#### **3.2 Prosedur Penelitian**

##### **3.2.1 Sintesis Mikrosilika**

###### ***Preparasi Pasir Alam***

Pasir alam yang digunakan dalam percobaan ini yaitu pasir Silika Bancar. Sebelum digunakan sebagai bahan penelitian, pasir tersebut dilakukan uji XRF yang bertujuan untuk mengetahui unsur yang ada pada pasir tersebut dan digunakan sebagai data awal yang akan dibandingkan pada sampel hasil sintesis. Pasir alam tersebut disaring untuk menghilangkan pengotor yang masih

ada pada material tersebut. Kemudian pasir ditimbang sebanyak 200 gram dengan menggunakan neraca digital. Setelah itu, pasir alam tersebut dicuci dengan menggunakan 1 liter aquades sebanyak 5(lima) kali pencucian yang bertujuan untuk menghilangkan kadar garam dan pengotor yang masih terdapat pada pasir sehingga pasir tersebut tidak terkontaminasi dengan unsur-unsur lain yang tidak diinginkan. pasir dikeringkan dengan temperatur 100,3 °C selama  $\pm$  18 jam yang bertujuan untuk mengurangi kandungan air. Setelah pasir dikeringkan, maka dilakukan separasi magnet dengan tujuan untuk memisahkan unsur Fe yang terdapat pada material pasir tersebut.

### ***Proses Penggilangan (Milling)***

Proses *Ball milling* dilakukan untuk mereduksi ukuran partikel menjadi lebih kecil. Semakin kecil ukuran partikel maka *surface area* semakin besar, sehingga mudah bereaksi apabila diberi perlakuan kimia. Pada penelitian ini, Proses *milling* dilakukan selama 2 jam dengan menggunakan medium alkohol dalam proses pencampuran. Kecepatan yang digunakan pada proses *milling* ini yaitu 150 rpm dengan perbandingan material silika(gr) : Bola  $ZrO_2$  (gr) : alkohol (ml) yaitu 3 : 15 : 5. Semakin lama waktu *milling* yang diberikan, maka semakin kecil ukuran partikel (Fifi.2012). Bola *milling* yang digunakan pada penelitian ini yaitu bola zirkon. Pada proses *milling*, material mengalami gaya eksternal yang diberikan oleh pergerakan bola zirkon. Gaya eksternal yang mengenai material, akan menyebabkan partikel besar mengalami patah dan tereduksi menjadi partikel yang lebih kecil. Semakin lama gaya eksternal yang diberikan oleh bola zirkon, maka akan terjadi deformasi plastis. Deformasi plastis akan timbul apabila suatu material diberi beban eksternal secara berulang. Deformasi plastis yang terjadi pada proses *milling* ini akan menyebabkan atom-atom pada material mengalami dislokasi dan terjadi slip (perubahan bentuk), sehingga ukuran partikel tereduksi menjadi lebih kecil. Setelah proses *milling* telah

dilakukan, maka sampel di keringkan dengan temperatur  $100,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 5$  jam.

### ***Proses Leaching dengan HCl 2M***

Pasir Silika hasil *milling* kemudian direndam dengan HCL 2M selama 12 jam dengan perbandingan volume pasir dan HCL yaitu 1:10. Proses ini bertujuan untuk mengurangi impuritas-impuritas yang masih terdapat pada silika serta membersihkan kandungan-kandungan unsur selain silika sehingga menghasilkan silika dengan kemurnian yang lebih tinggi. Kemudian pasir silika yang sudah direndam dengan HCL dicuci dengan aquades sebanyak 5 kali dan disaring dengan menggunakan kertas saring halus.

### **3.2.2 Sintesis Polianilin (PANi)**

Sintesis polianilin (PANi) dilakukan dengan menggunakan polimerisasi *in-situ*. Sintesis polianilin dilakukan dengan dua metode. Pertama yaitu sintesis larutan A dan kedua sintesis larutan B. Sintesis A yaitu dengan mencampurkan 2,28 gram Amonium Peroxydisulfat (APS) dan 50 ml aquades. Larutan tersebut diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama  $\pm 30$  menit dengan kecepatan 5 rpm. Hasil dari sintesis larutan A yaitu larutan berwarna bening seperti pada gambar berikut:



**Gambar 3.1** Larutan Amonium Peroxydisulfat (APS)

Kedua yaitu sintesis larutan B dengan mencampurkan 0,93 gram anilin; 2,23 gram Dodecyl Benzene sulfonic acid (DBSA); dan 50 ml aquades. Larutan tersebut diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama  $\pm 30$  menit. Pencampuran ini dilakukan pada temperatur  $< 5^{\circ}\text{C}$  dan menggunakan kecepatan 5 rpm. Larutan A yang sudah disintesis, kemudian di campur dengan larutan B dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama  $\pm 8$  jam. Hasil dari sintesis dari polianilin (PANi) yaitu diawali dengan larutan berwarna hijau muda dan disintesis sehingga menghasilkan warna hijau pekat seperti pada gambar berikut :



**Gambar 3.2** larutan Polianilin (PANi)

Setelah proses polimerisasi selesai, maka larutan didinginkan hingga mencapai temperatur  $0^{\circ}\text{C}$ . Setelah proses tersebut selesai, maka larutan PANi dicuci dengan aquades hingga bening dan kemudian dicuci dengan aseton. Setelah itu, larutan disaring dengan menggunakan kertas saring.



**Gambar 3.3** Hasil penyaringan larutan polianilin

### 3.2.3 Sintesis PANi/SiO<sub>2</sub> Mikro

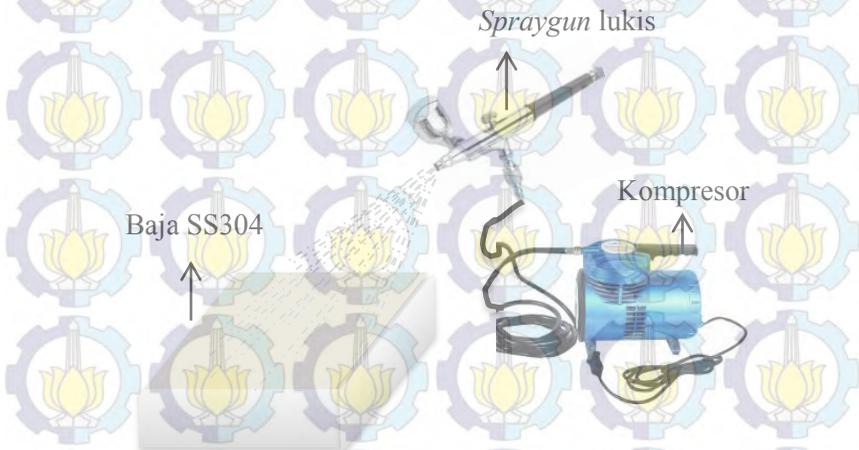
Sintesis PANi/SiO<sub>2</sub> mikro dilakukan menggunakan cara yang sama dengan sintesis Polianilin (PANi). Pertama yaitu sintesis larutan A dan kedua sintesis larutan B. Sintesis A yaitu dengan mencampurkan 4,56 gram Amonium Peroxydisulfat (APS) dan 100 ml aquades. Larutan tersebut diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama  $\pm 30$  menit dengan kecepatan 5 rpm.

Penambahan SiO<sub>2</sub> mikro dilakukan pada sintesis larutan B. Pada sintesis larutan B dengan mencampurkan 1,12 gram SiO<sub>2</sub> mikro; 1,86 gram anilin; 4,46 gram Dodecyl Benzene sulfonic acid (DBSA); dan 100 ml aquades. Larutan tersebut diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama  $\pm 30$  menit. Pencampuran ini dilakukan pada temperatur  $< 5^{\circ}\text{C}$  dan menggunakan kecepatan 5 rpm. Larutan A yang sudah disintesis, kemudian di campur dengan larutan B dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama  $\pm 8$  jam. Setelah proses polimerisasi selesai, maka larutan didinginkan hingga mencapai temperatur  $0^{\circ}\text{C}$ . Setelah proses tersebut selesai, maka larutan PANi/SiO<sub>2</sub> mikro dicuci dengan aquades hingga bening dan kemudian dicuci dengan aseton. Setelah itu, larutan disaring dengan menggunakan kertas saring.

### 3.2.4 *Coating* PANi/SiO<sub>2</sub> mikro

Material PANi/SiO<sub>2</sub> mikro yang sudah dihasilkan kemudian dicampur dengan cat kapal dan *Thinner* dengan perbandingan PANi-Silika, cat kapal, dan *Thinner* yaitu 0,5 gram : 10 ml: 10 ml. Hasil pencampuran material tersebut di *coating* pada baja SS304. *Coating* dilakukan dengan menggunakan *spraygun* lukis dimana ukuran lubang pada *spraygun* lukis dalam orde mikro. Cat yang digunakan pada penelitian ini yaitu Agatha Paint Anti Corrothion Primer. Dimensi baja SS304 yang digunakan pada penelitian ini yaitu 1 cm x 1 cm x 2mm.

Berikut merupakan ilustrasi pada proses *coating* PANi/ SiO<sub>2</sub> mikro yang telah dilakukan yaitu:

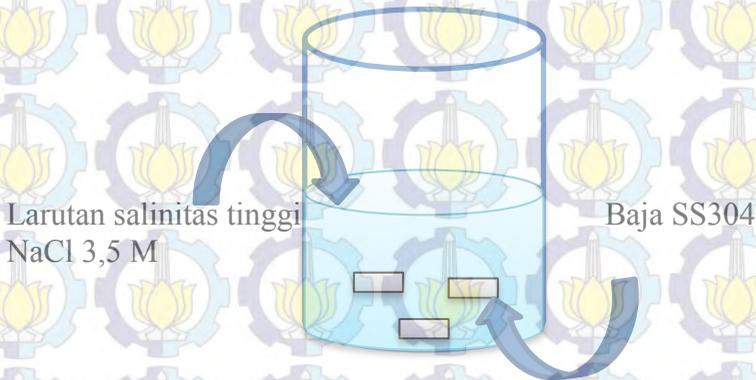


**Gambar 3.4** Proses *coating* baja SS304 dengan PANi/SiO<sub>2</sub>

### 3.2.5 Eksperimen Korosi

Eksperimen korosi dilakukan dengan merendam baja SS304 yang sudah di *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> mikro dengan larutan salinitas tinggi yaitu NaCl 3,5 M. Eksperimen ini dilakukan dalam waktu 10 hari, 15 hari, dan 20 hari secara diskontinu yaitu dalam selang

4 hari, baja SS304 yang sudah di *coating*, diberi perlakuan panas pada temperatur 150°C selama 7 jam. Berikut merupakan ilustrasi dari eksperimen korosi yaitu:



**Gambar 3.5** Eksperimen korosi

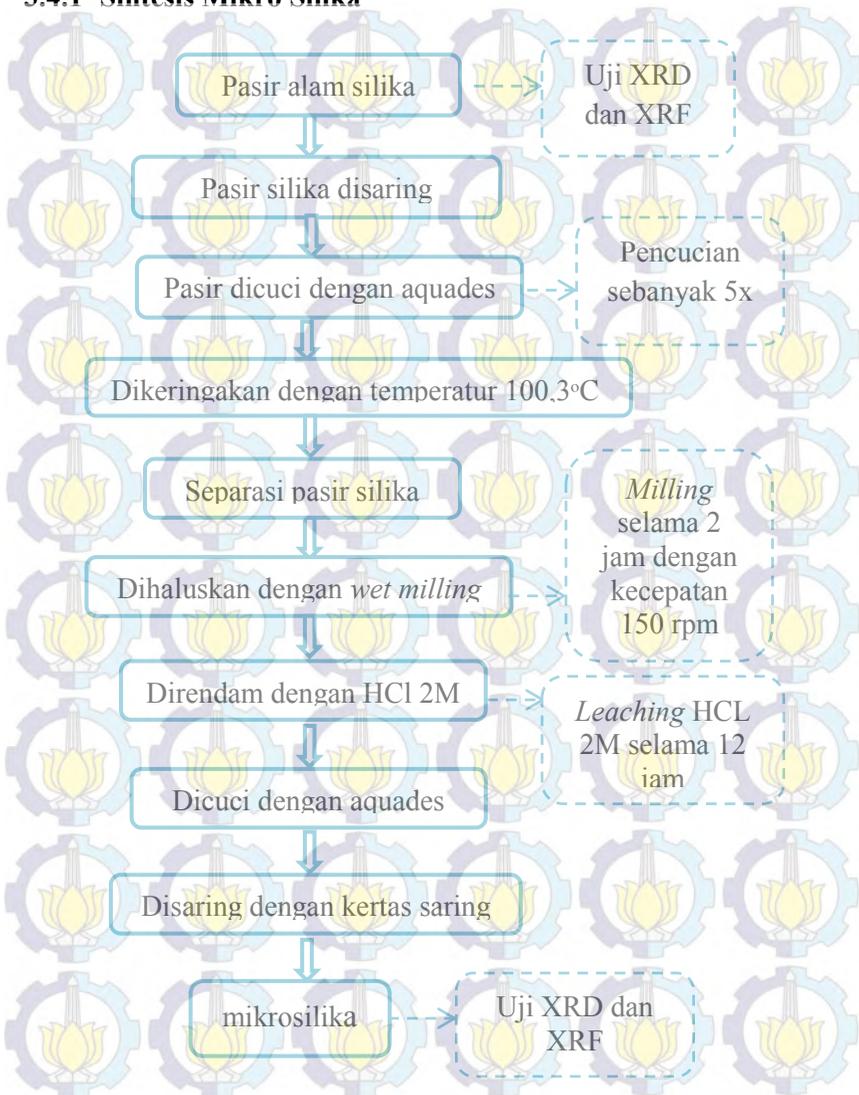
Berdasarkan hasil eksperimen tersebut, maka dilakukan karakterisasi dengan uji XRD untuk mengetahui fasa yang terbentuk, dan SEM untuk mengetahui morfologi permukaan korosi.

### 3.3 Karakterisasi Material

Karakterisasi dari material yang telah dihasilkan yaitu dengan menggunakan *X-Ray Fluorescence (XRF)*, *X-Ray Diffractometer (XRD)*, *Fourier-Transform Infrared Ray (FTIR)*, dan *Scanning Electron Microscopy (SEM)*.

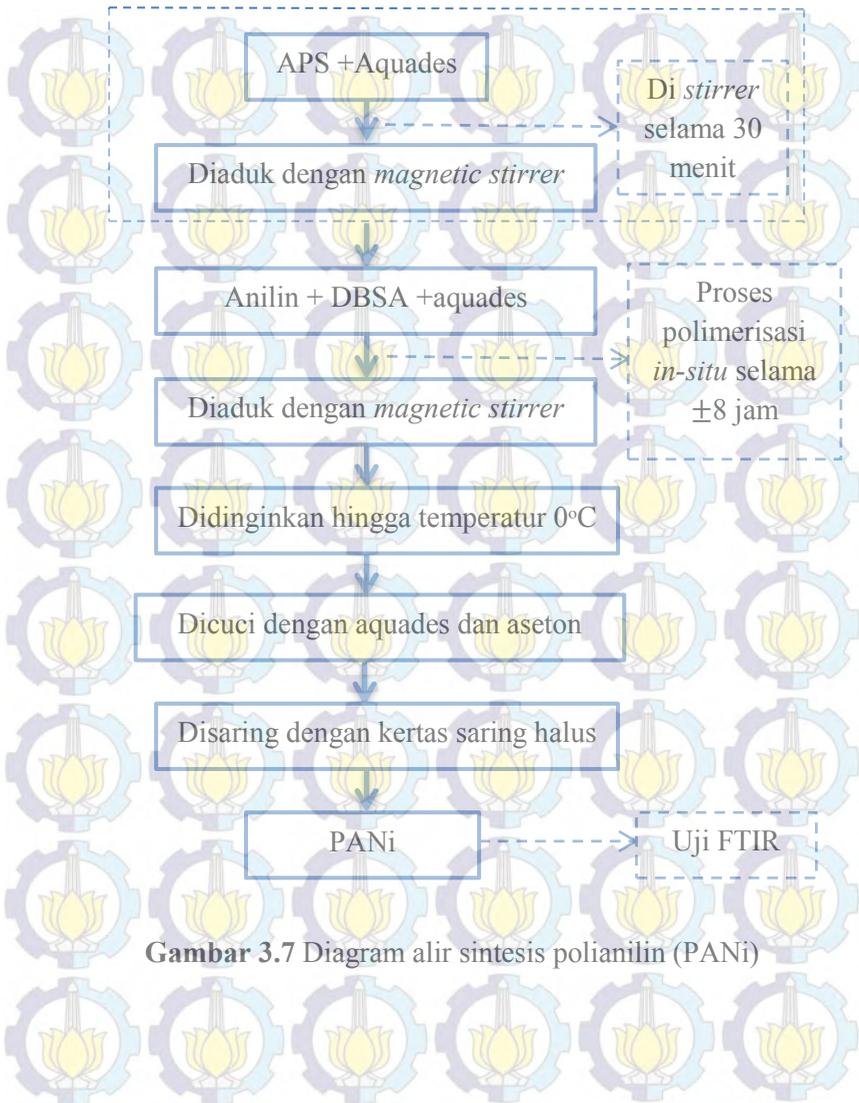
### 3.4 Diagram Alir Penelitian

#### 3.4.1 Sintesis Mikro Silika



**Gambar 3.6** Diagram alir sintesis mikro silika

### 3.4.2 Sintesis Polianilin (PANi)



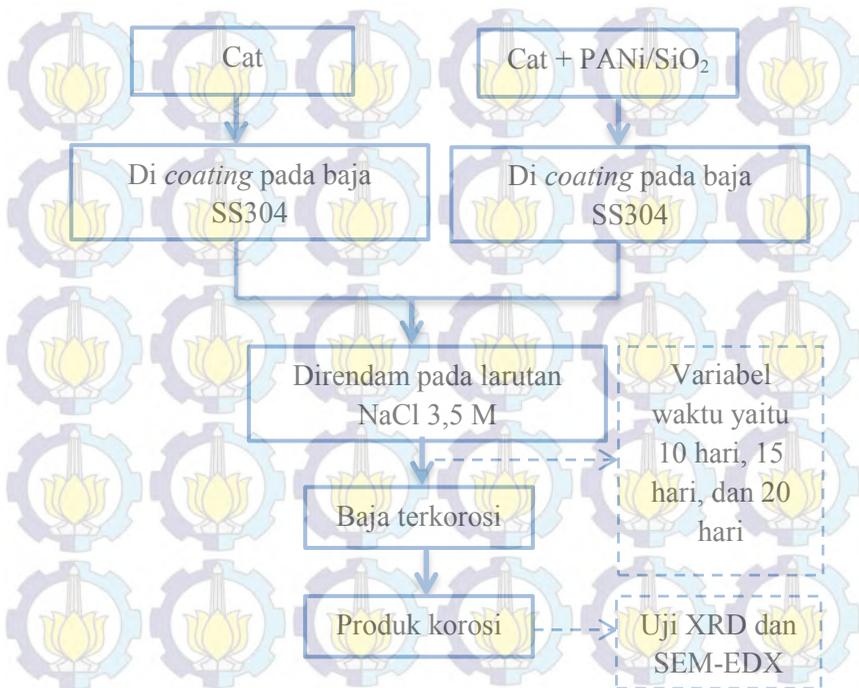
**Gambar 3.7** Diagram alir sintesis polianilin (PANi)

### 3.4.3 Sintesis PANi/SiO<sub>2</sub> Mikro



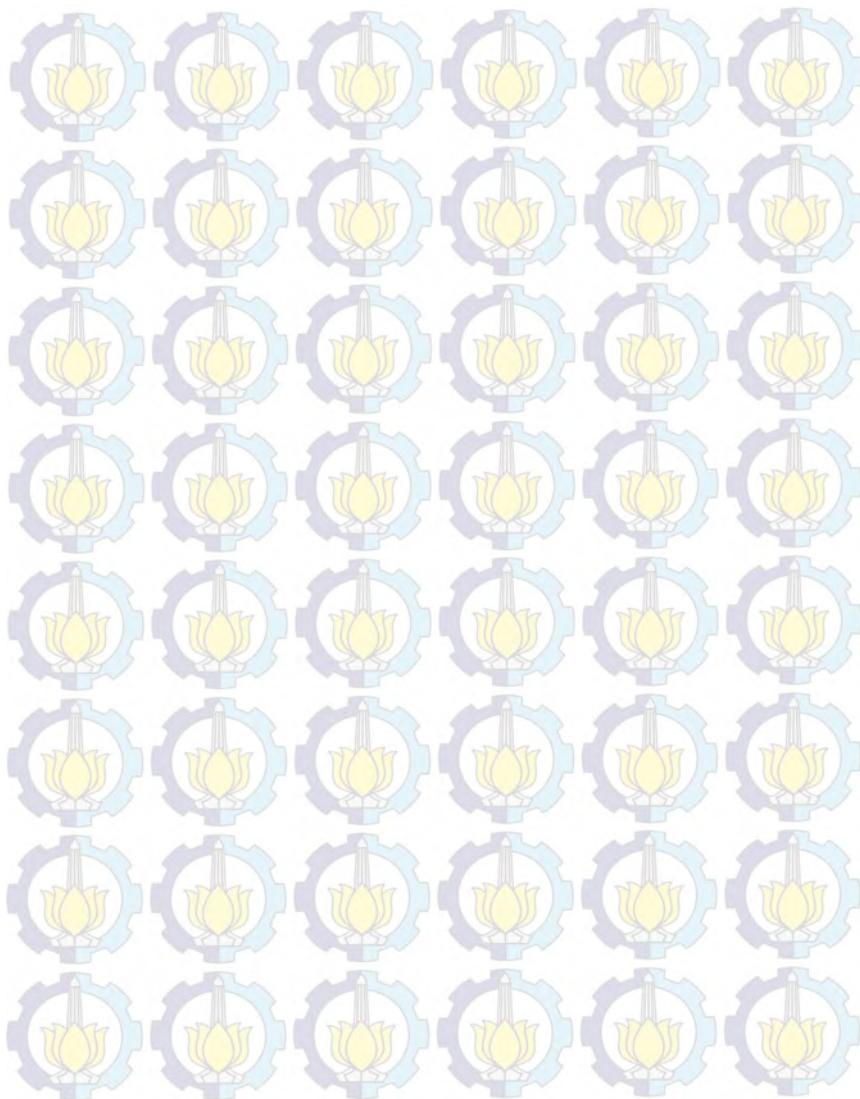
Gambar 3.8 Diagram alir sintesis PANi/SiO<sub>2</sub> Mikro

### 3.4.4 Proses *Coating* dan Eksperimen Korosi



**Gambar 3.9** Diagram alir proses *coating* dan eksperimen korosi

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pemurnian Pasir Silika

Material alam yang digunakan pada penelitian ini yaitu pasir Silika dari Pantai Bancar, Jawa Timur. Pasir Bancar tersebut memiliki kandungan silika yang tinggi. Sebelum digunakan sebagai material utama dalam penelitian ini, dilakukan karakterisasi *X-Ray Flourescene* (XRF) yang bertujuan untuk mengetahui komposisi kandungan kimia yang terdapat pada pasir silika dari Pantai tersebut. Berikut hasil karakterisasi *X-Ray Flourescene* (XRF) yang dilakukan sebelum proses pemurnian silika yaitu:

**Tabel 4.1** Hasil Karakterisasi *X-Ray Flourescene* (XRF) sebelum dilakukan proses pemurnian.

No	Unsur	Presentase (%)
1.	Si	71,5
2.	K	0,77
3.	Ca	22,8
4.	Ti	0,53
5.	V	0,01
6.	Cr	0,074
7.	Mn	0,14
8.	Fe	3,57
9.	Ni	0,03
10.	Cu	0,088
11.	Sr	0,45
12.	Ba	0,1

Berdasarkan hasil karakterisasi *X-Ray Flourescene* (XRF), maka tahap awal yaitu pencucian pasir silika dengan tahapan seperti Sub Bab 3.2 terdapat 3 (tiga ) proses utama yaitu separasi

magnet, proses *milling*, dan *leaching* HCl 2 M. Proses yang dilakukan pada pemurnian tersebut memiliki tujuan masing-masing yaitu seprasi magnet untuk memisahkan unsur Fe yang terdapat pada psir silika, proses *milling* dilakukan untuk mereduksi ukuran partikel, dan *leaching* HCl 2 M dilakukan untuk mengurangi impuritas yang tidak diharapkan dalam penelitian. Adapun hasil dari karakterisasi *X-Ray Flourescene* (XRF) setelah proses pemurnian silika yaitu sebagai berikut :

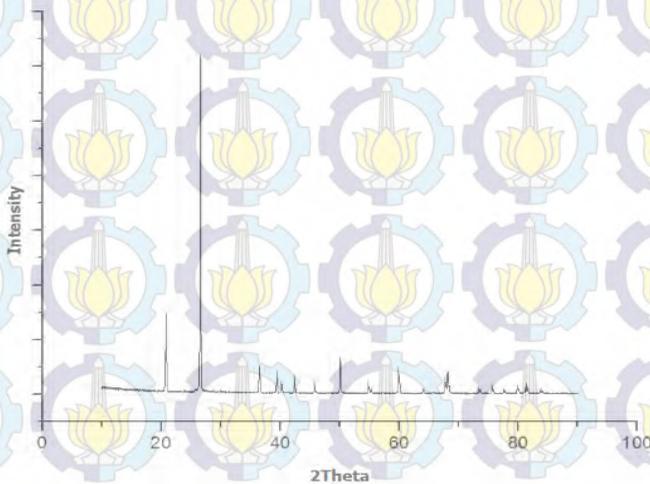
**Tabel 4.2** Hasil Karakterisasi *X-Ray Flourescene* (XRF) setelah dilakukan proses pemurnian.

No	Unsur	Presentase (%)
1.	Si	95,98
2.	Al	1,76
3.	P	0,69
4.	Cl	0,41
5.	S	0,38
6.	Ca	0,22
7.	Fe	0,21
8.	Zr	0,19
9.	Ti	0,10
10.	Zn	0,01

Berdasarkan hasil karakterisasi *X-Ray Flourescene* (XRF) setelah dilakukan pencucian pasir silika yaitu terjadi peningkatan komposisi dari Si dari 71,5 % menjadi 95,98% serta penurunan komposisi terjadi pada unsur Fe yaitu 3,57 % menjadi 0,21% setelah dilakukan pencucian. Proses *leaching* HCl 2 M yang dilakukan pada pencucian pasir silika dapat meningkat unsur Si, dan proses separasi magnet dapat menurunkan kandungan unsur Fe karena separator magnetik menarik unsur Fe.

#### 4.2 Hasil Karakterisasi *X-Ray Diffractometer* (XRD) Mikro Silika

Material silika yang dihasilkan dari proses pemurnian pasir Bancar, Jawa Timur, dikarakterisasi *X-Ray Diffractometer* (XRD) yang bertujuan untuk mengetahui fasa yang terbentuk dari hasil pemurnian. Berdasarkan hasil karakterisasi *X-Ray Diffractometer* (XRD) didapatkan pola sebagai berikut :



**Gambar 4.1** Hasil karakterisasi *X-Ray Diffractometer* (XRD) pada material silika

Gambar 4.1 menunjukkan Hasil karakterisasi *X-Ray Diffractometer* (XRD) material silika. Karakterisasi *X-Ray Diffractometer* (XRD) dilakukan dengan menggunakan sudut  $2\theta$  yaitu  $10^\circ$ - $90^\circ$ . Berdasarkan analisa dengan menggunakan software *Match!* Diketahui bahwa terbentuk single fasa pada material silika yaitu fasa *quartz*.

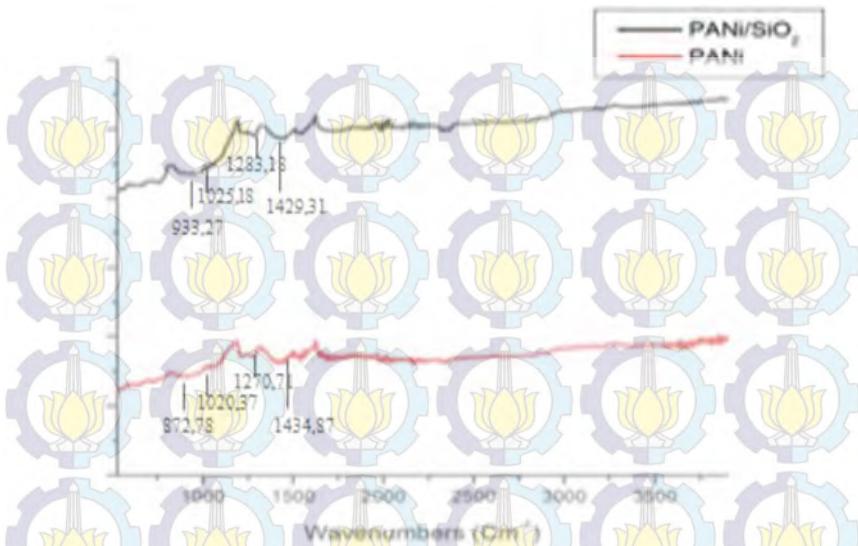
Silika memiliki 3 (tiga) struktur *polymorphie* yaitu *quartz*, *crystalbite* dan *tridymite*. Struktur *polymorphie* pada silika tergantung pada perlakuan temperatur dan tekanan. Struktur

*crystalite* dan *tridymite* terbentuk pada temperatur yang tinggi, Sedangkan struktur *quartz* terbentuk pada temperatur rendah. Berdasarkan penelitian sebelumnya didapatkan bahwa fasa yang terbentuk setelah sintesis silika yaitu fasa *quartz* dan apabila diberi perlakuan panas, pada temperatur 800°C dan 1200°C terbentuk fasa *quartz* dan *crystalite* rendah. Sedangkan perlakuan panas untuk silika amorf pada temperatur 1000°C dan 1200°C terbentuk fasa *tridymite* dan *crystalite*.

Pada penelitian ini, didapatkan fasa *quartz* pada material silika. Hal ini dapat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (Latif,dkk.2014), bahwa fasa yang terbentuk adalah sama yaitu fasa *quartz*.

#### **4.3 Hasil Pengujian Spektroskopi FTIR**

Karakterisasi spektroskopi FTIR bertujuan untuk menganalisa dan mengetahui gugus fungsi yang dapat ditentukan dari spektra vibrasi yang dihasilkan oleh suatu material pada panjang gelombang tertentu. Pada penelitian ini, karakterisasi spektroskopi FTIR dilakukan pada polimer PANi dan komposit PANi/SiO<sub>2</sub>. Polimer PANi dan komposit PANi/SiO<sub>2</sub> mikro dihasilkan dengan menggunakan metode polimerisasi *in-situ* dan digunakan dopan Dodecyl Benzene Sulfonic Acid (DBSA). Adapun hasil dari karakterisasi spektroskopi FTIR yang telah dilakukan pada kedua material tersebut yaitu sebagai berikut:



**Gambar 4.2** Hasil Karakterisasi spektroskopi FTIR pada PANi dan PANi/SiO<sub>2</sub> Mikro

Berdasarkan hasil karakterisasi spektroskopi FTIR dapat ditentukan dengan melihat puncak spektra yang muncul pada bilangan gelombang tertentu. Berikut merupakan data spektra yang muncul pada material PANi dan PANi/SiO<sub>2</sub> mikro yaitu:

**Tabel 4.3** Data spektra yang muncul pada material PANi dan PANi/SiO<sub>2</sub>

Referensi	PANi	PANi/SiO <sub>2</sub>	Jenis ikatan/Gugus fungsi
1000-1400	1434,87	1429,31	C=C benzenoid ring
1000-1130	1020,37	1025.18	Si-O-Si Stretching
1335-1250	1270,71	1283,18	C-N stretch of Q-B-Q
900-675	872,78	933.27	C-H bending

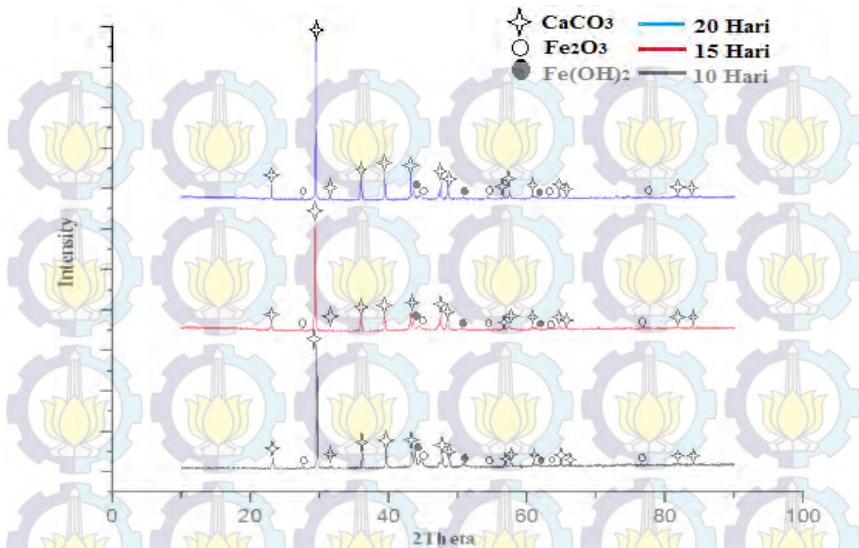
Berdasarkan data spektra yang muncul pada material PANi dan PANi/SiO<sub>2</sub> mikro, dapat dianalisis bahwa absorpsi bahwa antara PANi dan PANi/SiO<sub>2</sub> terdapat gugus fungsi Si-O-Si *stretching* yang muncul pada material PANi pada bilangan gelombang 1020,37 dan pada material PANi/SiO<sub>2</sub> mikro pada bilangan gelombang 1025,28. Sedangkan gugus fungsi C-N *stretching* muncul pada material PANi pada bilangan gelombang 1270,71 dan pada material PANi/SiO<sub>2</sub> pada bilangan gelombang 1283,27.

Berdasarkan data serapan yang muncul pada material PANi dan PANi/SiO<sub>2</sub> mikro, dapat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya bahwa pada material PANi/SiO<sub>2</sub> mikro gugus fungsi Si-O-Si *stretching* muncul pada bilangan gelombang 1128,3 dan gugus fungsi C-N *stretching* muncul pada bilangan gelombang 1297,0 (Gaby,dkk.2012).

#### **4.4 Identifikasi Fasa dari Hasil Eksperimen Korosi**

Ekseperimen korosi pada penelitian ini dilakukan merendam baja SS 304 pada larutan salinitas tinggi NaCl 3,5% yang diberi perlakuan panas secara diskontinu. Baja SS 304 tersebut dicoating dengan komposit PANi/SiO<sub>2</sub> mikro. Metode coating yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *spraying*. Berdasar penelitian yang dilakukan (Ella, 2014) bahwa metode *spraying* lebih homogen dan menghasilkan laju korosi rendah dibandingkan dengan metode pencelupan.

Berdasarkan hasil karakterisasi *X-Ray Diffractometer* (XRD) fasa yang terbentuk setelah korosi seperti pada Gambar 4.3:

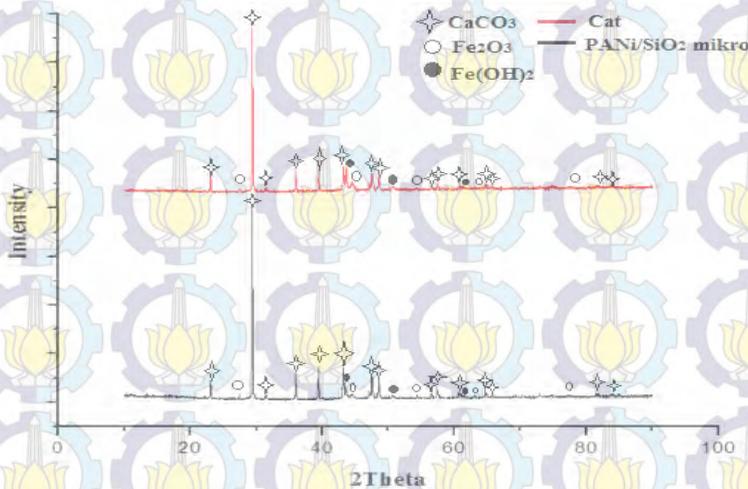


**Gambar 4.3** Hasil karakterisasi *X-Ray Diffractometer* (XRD) pada pengujian korosi baja SS 304 *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> mikro dengan variabel waktu 10 hari, 15 hari dan 20 hari

Karakterisasi *X-Ray Diffractometer* (XRD) dilakukan dengan menggunakan sudut 10° - 90°. Berdasarkan hasil pola difraksi atau XRD menunjukkan bahwa puncak-puncak difraksi yang terbentuk hampir sama pada variabel waktu yang dilakukan, tetapi terdapat perbedaan antara eksperimen korosi baja SS 304 *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> mikro dalam waktu 10 hari dengan eksperimen korosi baja SS 304 *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> mikro dalam waktu 15 ataupun 20 hari yaitu pada puncak yang terjadi pada sudut 35° - 60°. Pada rentang sudut tersebut, terjadi pelebaran puncak dibandingkan dengan eksperimen korosi dalam waktu 10 hari. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa dengan adanya pelebaran puncak, maka fasa yang terbentuk tidak hanya satu fasa. Oleh karena itu dilakukan analisa dengan menggunakan

*software Match!*. Gambar 4.3 menunjukkan fasa yang terbentuk pada produk korosi baja SS 304 *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> mikro. Pada eksperimen korosi dalam waktu 10 hari, 15 hari, dan 20 hari menunjukkan produk korosinya yang sama yaitu CaCO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Fe(OH)<sub>2</sub>. Secara fisis, pada baja SS 304 dapat dilihat bahwa produk korosi yang terbentuk berwarna coklat kekuningan dan secara kualitatif, produk korosi yang terbentuk pada baja SS 304 *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> mikro dalam waktu 20 hari lebih banyak dibandingkan dengan produk korosi yang terbentuk dalam waktu 10 ataupun 15 hari.

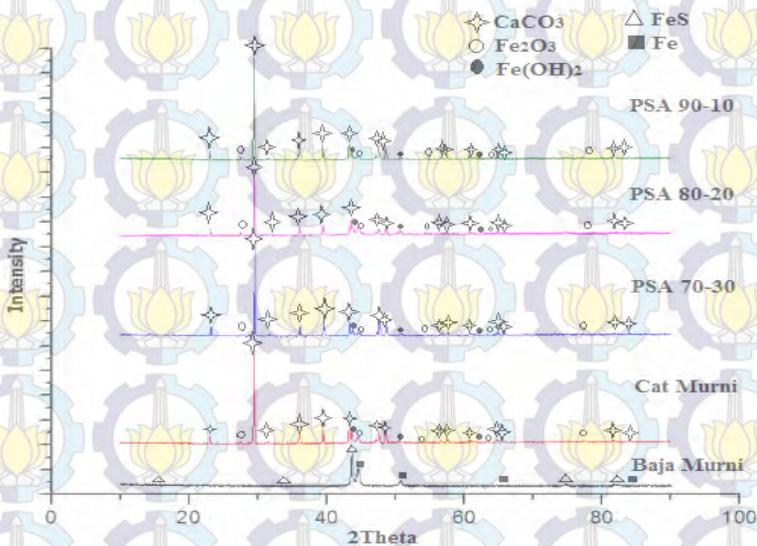
Berikut merupakan hasil analisa *match!* Antara fasa yang terbentuk dari produk korosi baja SS 304 *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> dengan produk korosi baja SS 304 *coating* cat yaitu:



**Gambar 4.4** Hasil analisa karakterisasi *X-Ray Diffractometer* (XRD) pengujian korosi dengan variabel waktu 20 hari pada baja SS 304 *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> dan baja SS 304 *coating* Cat.

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan, didapatkan bahwa fasa yang terbentuk pada baja SS 304 *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> dan baja SS 304 *coating* Cat yaitu CaCO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Fe(OH)<sub>2</sub>. Berdasarkan fasa yang terbentuk tersebut, dapat diindikasikan bahwa unsur yang terdapat pada baja SS 304 yang digunakan pada penelitian ini yaitu Fe sebesar 74,11 % terkorosi dengan lingkungan yang diberikan pada penelitian. Dalam hal ini, peristiwa korosi yang terjadi menyebabkan terbentuknya lapisan oksida. Pengaruh udara pada penelitian tersebut menyebabkan fasa yang terbentuk dari hasil korosi yaitu Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Fe(OH)<sub>2</sub>.

Sebagai pembanding, penelitian dengan menggunakan larutan NDB (*Nord Deutsche Bechen*) di Jerman. Berdasarkan penelitian tersebut, didapatkan hasil analisa dengan menggunakan *software match!* yaitu sebagai berikut:



**Gambar 4.5** Hasil analisa karakterisasi *X-Ray Diffractometer* (XRD) pengujian korosi dengan menggunakan media larutan NDB

Gambar 4.5 menunjukkan pola hasil dari karakterisasi *X-Ray Diffractometer* (XRD) dengan menggunakan larutan NDB (*Nord Deutsche Bechen*). Larutan NDB (*Nord Deutsche Bechen*) merupakan larutan yang dapat mengilustrasikan lingkungan geotermal atmosfer. Pola yang dihasilkan hampir sama dengan pola karakterisasi eksperimen korosi pada larutan salinitas tinggi NaCl 3,5 M. akan tetapi, fasa yang terbentuk pada penelitian dengan menggunakan larutan NDB (*Nord Deutsche Bechen*) yaitu  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{FeS}$ , dan  $\text{Fe}$ . Berikut perbandingan fasa yang terbentuk pada produk korosi SS304 dengan menggunakan larutan salinitas tinggi NaCl 3,5 M dan larutan NDB (*Nord Deutsche Bechen*) yaitu:

**Tabel 4.4** Fasa yang terbentuk pada media salinitas tinggi NaCl 3,5 M dan media NDB (*Nord Deutsche Bechen*)

Fasa yang terbentuk	Media NaCl 3,5 M	Media NDB
$\text{CaCO}_3$	✓	✓
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	✓	✓
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	✓	✓
$\text{FeS}$	-	✓

#### 4.5 Morfologi Permukaan dari Eksperimen Korosi pada SS 304

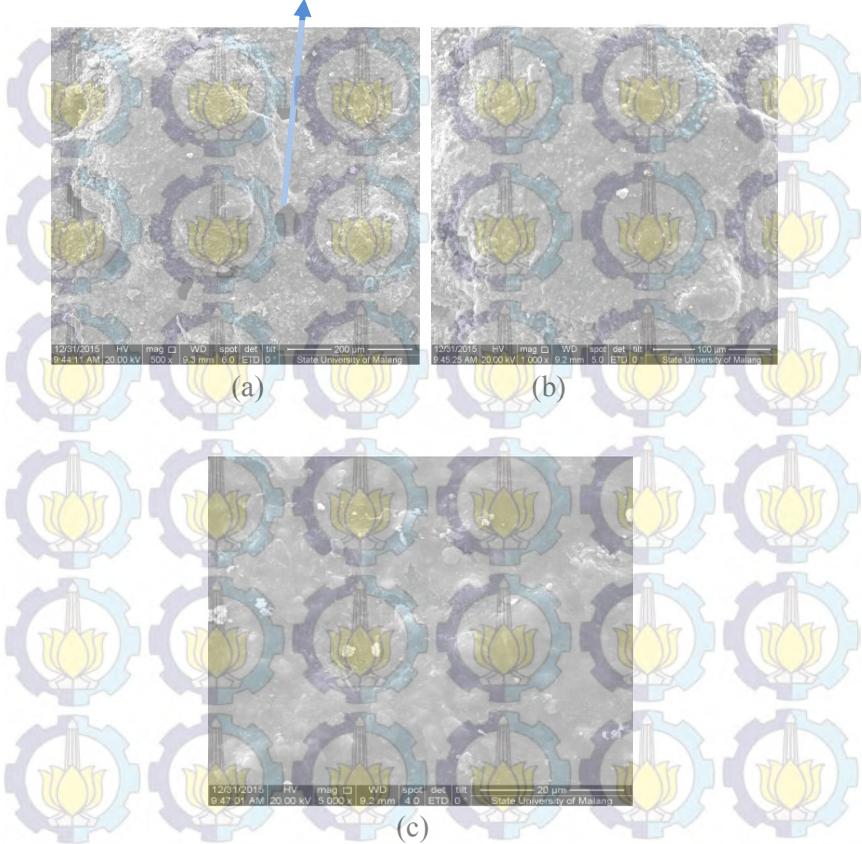
Pada penelitian ini, SS 304 yang telah di *coating* dengan PANi/SiO<sub>2</sub> mengalami korosi dari hasil eksperimen korosi yang dilakukan. Korosi merupakan salah satu kerusakan yang terjadi pada permukaan suatu logam. Dalam penelitian ini, korosi terjadi pada permukaan baja SS 304 yang sudah di *coating* dengan PANi/SiO<sub>2</sub> mikro. Untuk mengetahui morfologi yang dihasilkan, dilakukan karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dapat dianalisa kerusakan yang terjadi pada permukaan dan

pertumbuhan korosi yang terjadi. Berikut merupakan hasil karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yaitu :



**Gambar 4.6** Morfologi permukaan Baja SS 304 dengan *coating* cat dalam waktu 20 hari (a) perbesaran 500x (b) perbesaran 1000x

Lubang pada permukaan

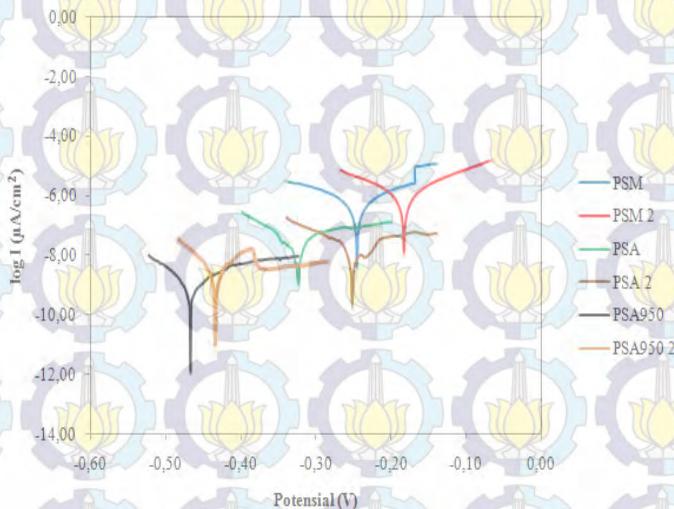


**Gambar 4.7** Morfologi permukaan Baja SS 304 dengan *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> mikro dalam waktu 20 hari (a) perbesaran 500x (b) perbesaran 1000x (c) perbesaran 5000x

Berdasarkan hasil karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menunjukkan bahwa morfologi baja SS 304 *coating* cat belum homogen dan masih terdapat lubang

dalam pelapisan permukaan. Sedangkan morfologi baja SS 304 *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> mikro terdapat kerusakan pada permukaan yaitu terdapat lubang. Secara mikro struktur, *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> mikro, partikel-partikel tersebar tidak merata dan terlihat renggang.

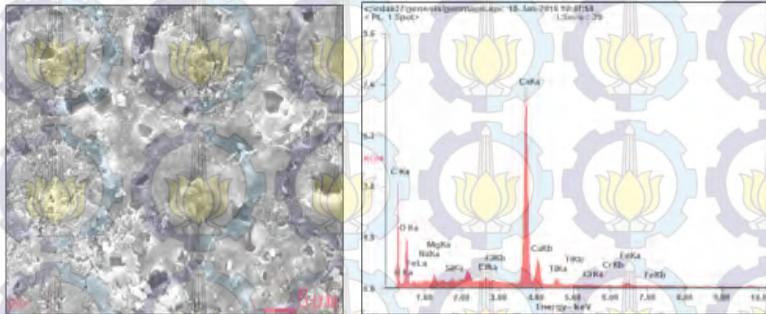
Sifat korosi komposit PANi/SiO<sub>2</sub> bervariasi struktur pada larutan salinitas tinggi dilakukan oleh Gaby yang menghasilkan bawa laju korosi PANi/SiO<sub>2</sub> mikro memiliki Ketahanan korosi paling rendah dibandingkan dengan laju korosi PANi/SiO<sub>2</sub> amorf dan PSA950. Ketahanan korosi pada komposit PANi/SiO<sub>2</sub> mikro dengan laju korosi rata-rata  $3,6 \times 10^{-2}$  mmpy. Menurut gaby, material PANi/SiO<sub>2</sub> miko, partikel-partikel pada material tersebut cenderung renggang sehingga menyebabkan ion-ion korosif dapat menembus lapisan secara cepat, sehingga laju korosi pada komposit tersebut meningkat.



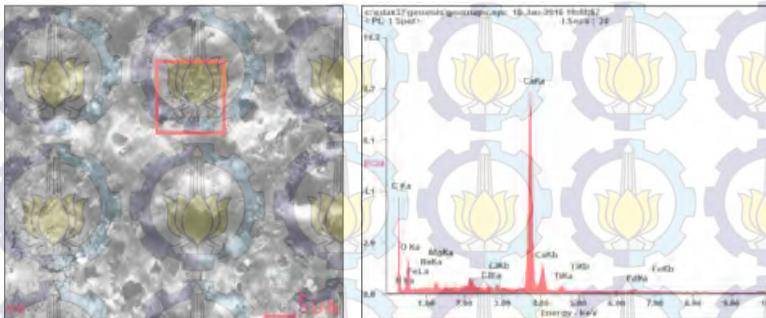
**Gambar 4.8** Analisis polarisasi pada material PANi/SiO<sub>2</sub> mikro PANi/SiO<sub>2</sub> amorf dan PSA950 (Gaby.2012)

#### 4.6 Distribusi Fasa Produk Korosi Pada Baja SS304

Fasa yang terbentuk pada baja SS304 *coating* cat dan *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> Mikro setelah korosi yaitu CaCO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Fe(OH)<sub>2</sub>. Fe merupakan unsur logam yang mendominasi baja SS304. Produk korosi yang terbentuk meliputi unsur Ca, Fe, O, dan H. Untuk mengetahui distribusi fasa yang terbentuk pada permukaan baja SS304 dilakukan dengan Karakterisasi SEM-EDX. Berikut hasil dari karakterisasi SEM-EDX yaitu :



(a)



(b)

**Gambar 4.9** Distribusi Fasa produk korosi pada permukaan baja SS304 (a) seluruh permukaan (b) bagian permukaan

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa Ca merupakan unsur yang mendominasi pada produk korosi yang terbentuk. Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa gambar hitam menunjukkan unsur Fe yang mendominasi dan gambar putih menunjukkan unsur Ca yang mendominasi. Unsur Fe merupakan produk korosi yang terbentuk dan berasal dari komposisi baja SS304. Sedangkan unsur Ca berasal dari komposisi dari kandungan cat yang digunakan pada penelitian. Berikut merupakan hasil karakterisasi *X-Ray Flourescence* (XRF) untuk mengetahui komposisi dari cat yaitu:

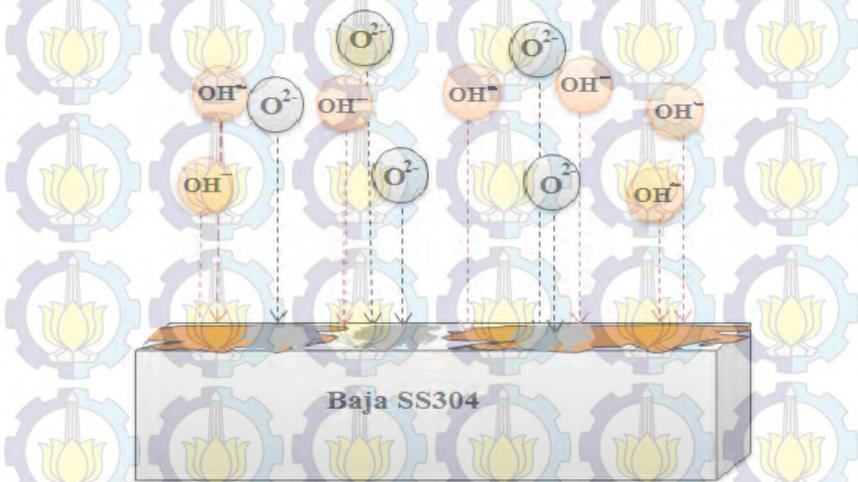
**Tabel 4.5** Hasil karakterisasi *X-Ray Flourescence* (XRF) pada Cat

No	Unsur	Presentase (%)
1.	Ca	92,36
2.	Ti	4,71
3.	V	0,08
4.	Fe	0,18
5.	Cu	0,068
6.	Zn	1,26
7.	Mo	0,59
8.	Yb	0,75

Berdasarkan hasil karakterisasi *X-Ray Flourescence* (XRF) pada Cat diketahui bahwa kandungan Ca sebesar 92,36%. Sehingga apabila baja di *coating* dengan cat, maka permukaan *coating* yang akan berinteraksi secara langsung dengan lingkungan korosif yang digunakan pada penelitian ini. Interaksi antara permukaan *coating* cat dengan lingkungan korosif mengakibatkan unsur-unsur yang terdapat pada *coating* akan bereaksi, sehingga terbentuklah produk korosi SS304 pada penelitian ini yaitu  $\text{CaCO}_3$ .

#### 4.7 Mekanisme Korosi Pada Baja SS304

Pada penelitian ini, korosi yang terjadi pada Baja SS 304 *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> mikro dapat diindikasikan sebagai korosi Lubang dan korosi merata. Hal ini berdasarkan morfologi permukaan baja SS 304 dari hasil karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Berdasarkan perlakuan yang diberikan pada penelitian ini, dapat di analisis mekanisme terjadinya korosi pada baja SS 304 dengan *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> mikro ataupun baja SS 304 *coating* cat yaitu sebagai berikut:



**Gambar 4.10** Mekanisme terjadinya korosi pada permukaan baja SS 304

Pada penelitian, terdapat perlakuan yang diberikan yaitu lingkungan dengan salinitas Tinggi NaCl 3,5 M. Adanya perlakuan tersebut menyebabkan terionisasinya NaCl menjadi  $Na^+$  dan  $Cl^-$ . Pada umumnya, ion  $Cl^-$  menyebabkan terjadinya korosi lubang. Pergerakan ion  $Cl^-$  dalam media korosi tersebut menyebabkan adanya aliran elektron. Transfer energi yang

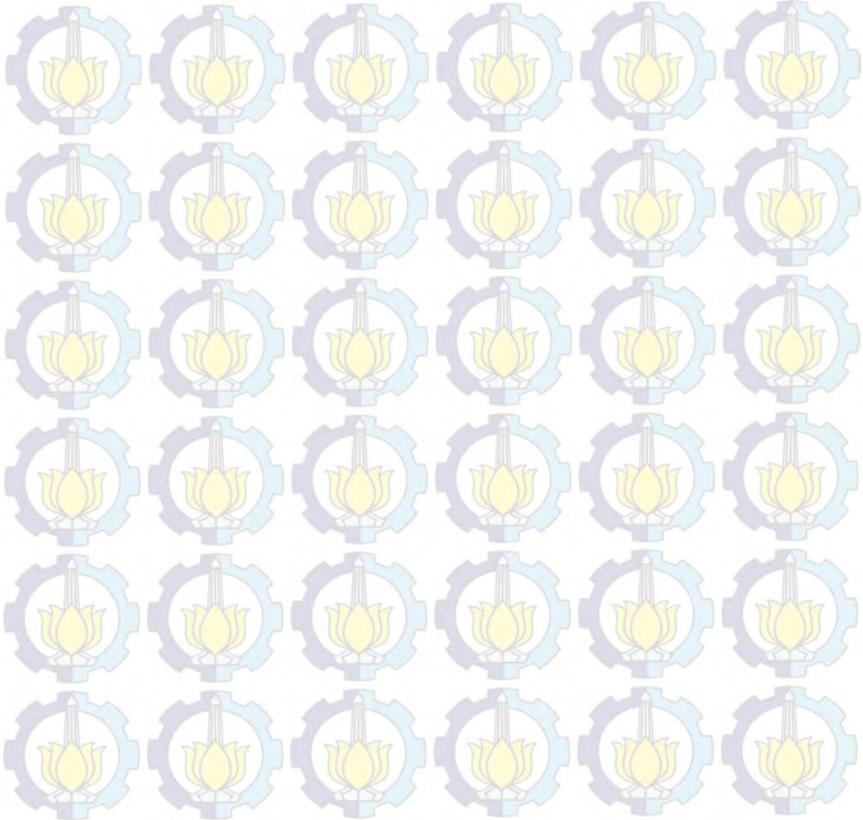
disebabkan oleh tumbukan elektron dengan elektron bahan akan menyebabkan timbulnya lapisan oksida.

Material yang digunakan sebagai pelapis anti korosif yaitu komposit PANi/SiO<sub>2</sub>. PANi merupakan polimer konduktif yang dapat digunakan sebagai material anti korosif. Dalam mekanisme terjadinya korosi pada baja SS 304 dengan *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> yaitu berkaitan dengan sifat dari material *coating* yang digunakan pada baja tersebut. Pada bahan polimer yang bersifat isolator, dapat menimbulkan terbentuknya lapisan oksida secara cepat. Hal ini dikarenakan ion Cl<sup>-</sup> yang terdapat pada media korosif yang digunakan pada penelitian ini tidak dapat mengalir pada saat bertumbukan dengan elektron pada baja. Sehingga terjadi interkasi langsung antara Cl<sup>-</sup> tersebut dengan bahan yang dapat menyebabkan terbentuknya lapisan oksida secara cepat. Sedangkan pada bahan polimer konduktif, seperti PANi yang digunakan pada percobaan ini, dapat menghantarkan aliran elektron. Sehingga apabila ion Cl<sup>-</sup> bertumbukan dengan elektron pada bahan yang sudah *coating* oleh bahan polimer konduktif, maka akan terjadi transfer energi yang akan diteruskan oleh bahan tersebut. Sehingga interaksi antara ion korosif Cl<sup>-</sup> dan bahan yang sudah di *coating* bahan polimer konduktif terjadi secara tidak langsung dengan baja tersebut sehingga dapat menghambat pertumbuhan lapisan oksida.

Penambahan material alam pada penelitian ini, yaitu Silika dari pantai bancar memiliki sifat sebagai material anti korosif. Perlakuan panas pada lingkungan korosi yang diberikan pada penelitian ini, terdapat ion - ion lain yaitu ion O<sup>2-</sup> dan Ion OH<sup>-</sup>. Dalam lingkungan korosif, apabila konsentrasi Ion O<sup>2-</sup> meningkat, maka akan terjadi disosiasi, dan terjadi absorpsi pada permukaan. Interaksi yang terjadi antara ion dengan permukaan baja menyebabkan adanya ikatan kimia. Interkasi inilah yang menyebabkan pembentukan lapisan oksida. SiO<sub>2</sub> merupakan material keramik yang bersifat absorben. Material keramik merupakan material yang tahan terhadap korosi, sedangkan material yang bersifat absorben merupakan sifat yang dimiliki

oleh material  $\text{SiO}_2$  yang mampu menyerap air karena struktur silika yaitu berpori (Munasir.2014)

Pada penelitian ini, ion korosif yang dominan bereaksi yaitu  $\text{Cl}^-$ . Berdasarkan hasil analisis produk korosi yang terbentuk pada baja SS304, tidak teridentifikasi terbentuknya  $\text{FeCl}_2$  pada produk korosi. Apabila dilihat dari energi bebas pembentukan  $\text{FeCl}_2$  didapatkan bahwa energi  $\text{FeCl}_2$  relatif kecil sehingga kurang reaktif dibandingkan dengan fasa yang terbentuk pada produk korosi SS304.



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

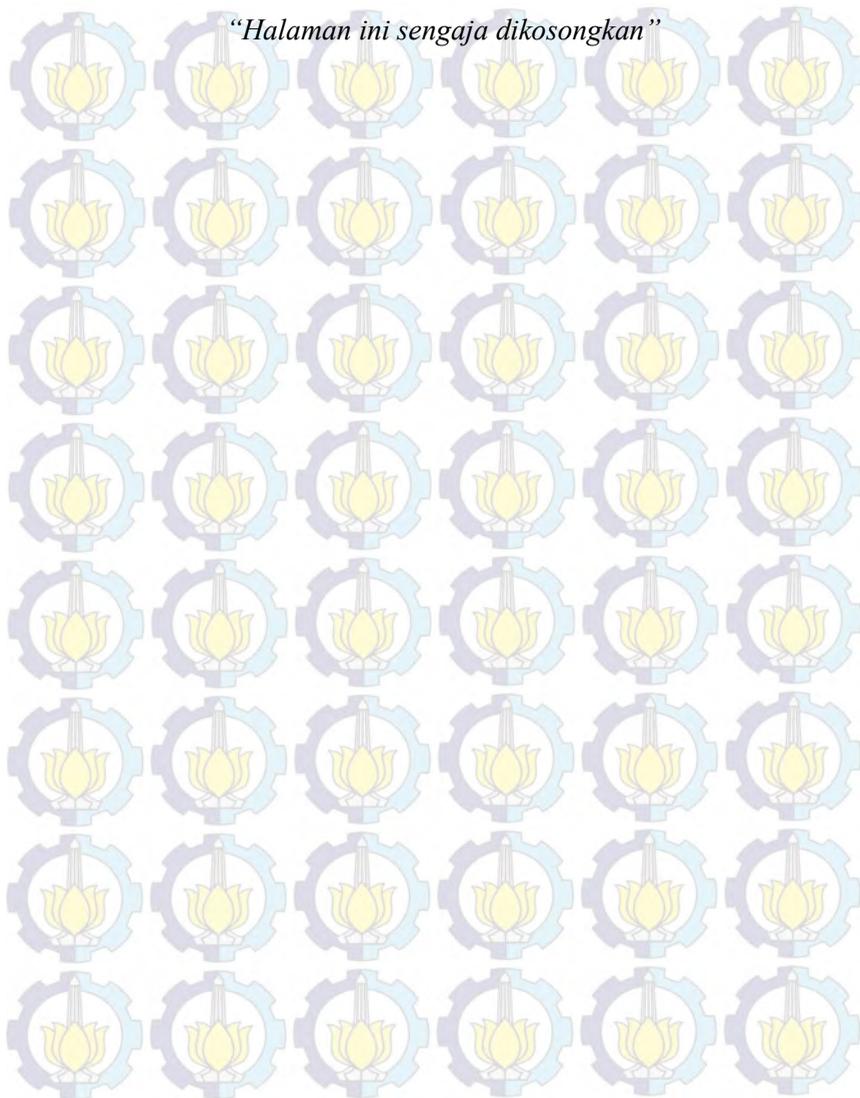
1. Fasa yang terbentuk pada produk korosi baja SS304 *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> yaitu CaCO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Fe(OH)<sub>2</sub>.
2. Unsur Ca paling dominan pada permukaan produk korosi yang terbentuk pada produk korosi baja SS304 *coating* PANi/SiO<sub>2</sub>.
3. Lingkungan salinitas tinggi NaCl 3,5 M menyebabkan terionisasinya NaCl menjadi Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup>, sehingga terjadi interkasi langsung antara Cl<sup>-</sup> tersebut dengan bahan yang dapat menyebabkan terbentuknya lapisan oksida secara cepat. Penambahan bahan polimer konduktif, seperti PANi dapat menghantarkan aliran elektron dan penambahan SiO<sub>2</sub> sebagai material yang tahan terhadap korosi dapat menghambat pertumbuhan lapisan oksida.

### 5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya mengenai penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan eksperimen korosi secara kontinu dan dalam waktu yang relatif lama.
2. Metode *spraying* yang digunakan perlu di kaji kembali dalam teknisnya dan dapat ditentukan berapa layer dalam pelapisan suatu permukaan baja.
3. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan karakterisasi mikroskop optik untuk mengetahui besar ketebalan lapisan *coating*.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

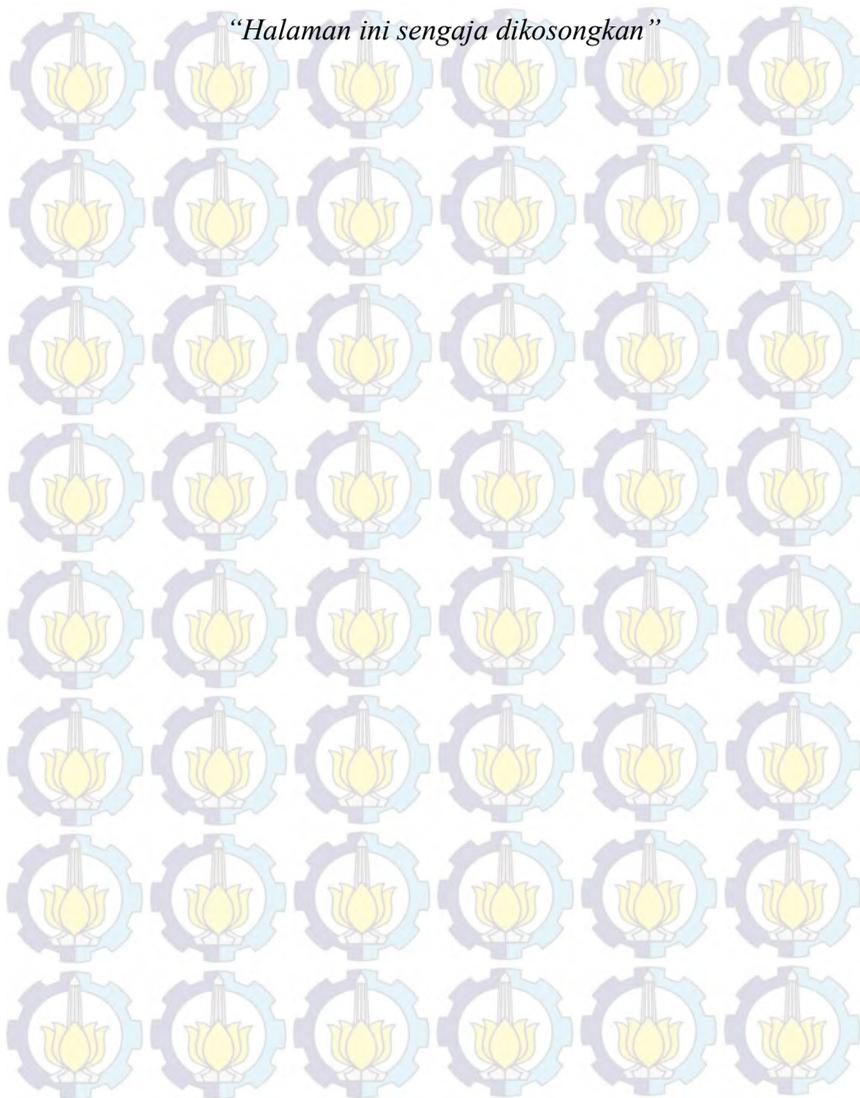
1. Fasa yang terbentuk pada produk korosi baja SS304 *coating* PANi/SiO<sub>2</sub> yaitu CaCO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Fe(OH)<sub>2</sub>.
2. Unsur Ca paling dominan pada permukaan produk korosi yang terbentuk pada produk korosi baja SS304 *coating* PANi/SiO<sub>2</sub>.
3. Lingkungan salinitas tinggi NaCl 3,5 M menyebabkan terionisasinya NaCl menjadi Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup>, sehingga terjadi interkasi langsung antara Cl<sup>-</sup> tersebut dengan bahan yang dapat menyebabkan terbentuknya lapisan oksida secara cepat. Penambahan bahan polimer konduktif, seperti PANi dapat menghantarkan aliran elektron dan penambahan SiO<sub>2</sub> sebagai material yang tahan terhadap korosi dapat menghambat pertumbuhan lapisan oksida.

### 5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya mengenai penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan eksperimen korosi secara kontinu dan dalam waktu yang relatif lama.
2. Metode *spraying* yang digunakan perlu di kaji kembali dalam teknisnya dan dapat ditentukan berapa layer dalam pelapisan suatu permukaan baja.
3. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan karakterisasi mikroskop optik untuk mengetahui besar ketebalan lapisan *coating*.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Sunthoni. 2010. **Sintesis Silika Amorf Berbasis Pasir Alam Slopeng Menggunakan Metode Alkalifusion**. FMIPA ITS; Surabaya.
- Ashokan, S., Ponnuswamy, V., Jayamurugan, P. 2015. **Synthesis and Characterization of CuO nanoparticles, DBSA doped PANi and PANi/CuO Hybrid Composites for Diode and Solar Cell Device Development**. Department of Physics, Sri Ramakrishna Mission Vidyalaya College of Arts and Science, India. *Journal of Alloy and Compounds* 646 40-48.
- Budianto, A., Purwantini, K., Sujitno, B. T., N. D. 2009. **Pengamatan Struktur Mikro Pada Korosi Antar Butir Dari Material Baja Tahan Karat Austenitik setelah Mengalami Proses Pemanasan**. BATAN; Yogyakarta. Vol 3 No. 2, ISSN 1978-8738
- Fontana, M. G. 2005. **Corrosion Engineering**. Tata Mc Graw-Hill.
- Aristia, G. A. G., Triwikantoro, Suminar P. 2012. **Sifat Korosi Komposit PANi/SiO<sub>2</sub> Bervariasi Struktur Pada Larutan Salinitas Tinggi**. ITS; Surabaya.
- Rosana, N., Putri, N. P., 2012. Penambahan Fly Ash Pada Komposit Polianilin/Hcl/Fly Ash. *J. Sains Mat.* 1.
- Halimatuddahlia. 2003. **Pencegahan Korosi dan Scale pada proses Produksi Minyak bumi**. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara.
- Hasan S. M., Baker A. G., Jafaar H. I. 2012. **A.C Electrical Conductivity for polyaniline Prepared in Different Acidic Medium**. Department of Physics, College of Science, Baghdad-Iraq. Vol 01 No. 2. pp 352-362.
- Latif, C., Triwikantoro, T., Munasir, M., 2014. **Pengaruh Variasi Temperatur Kalsinasi pada Struktur Silika**. *J. Sains Dan Seni ITS* 3, B4-B7.
- Mulyaningsih, N., dkk. 2014. **Analisis Perbandingan Laju Korosi material SS 304 lapis Ni-Cr dengan SS 316 L**

**terhadap pengaruh cairan tubuh.** Jurusan teknik mesin  
Universitas Gajah Mada; Yogyakarta.

Munasir,A.Arifudin Zuhri,N.Primary P, Pirim S.2014. **Analisis Sifat Korosi PANi-SiO<sub>2</sub>/Acrylic Paint pada Medium NaCl 3,5 %.**Universitas Negeri Surabaya;Surabaya.

Moharana.B.R,Sahu.S.K, Sahoo.Bathe.R.2015.**Eksperimental Investigation on Mechanical and Microstructural Properties of AISI 304 to Cu Joints by CO<sub>2</sub> Laser.** Department of Mechanical Engineering National Institute of Technology; India.

Sidiq,M .Fajar. 2013.Analisa Korosi dan Pengendaliannya.  
Journal Foundry Vol.3 ISSN :2087-2259

Sulistijono.1999.**Korosi.**Fakultas Teknik Industri ITS;Surabaya.

Trethewey K.R. & Chamberlain,J.1991. Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa.PT gramedia Pustaka Utama:Jakarta.

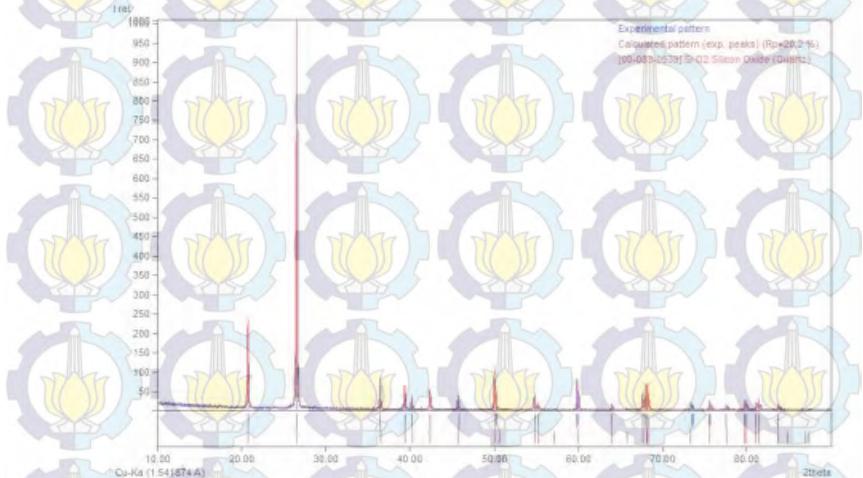
Yang, M. G Zhenzhong.2008.**Syntesis of Hollow spheres with mesoporous silica nanoparticles shell.****Material Chemistry and Physics. 111 :5-8.**

Van,Hoek,Winter R.2002.**Amorphous silica and intergranular structure of nanocrystalline.**Phys Chem Glass 43C 80.

# LAMPIRAN A

## Hasil Karakterisasi X-Ray Diffractometer (XRD)

### A. Hasil Karakterisasi X-Ray Diffractometer (XRD) Mikrosilika



### Match! Phase Analysis Report

Institute of Technology Sepuluh November (ITS), Department of Physics

Sample: Silika Mikro

#### Sample Data

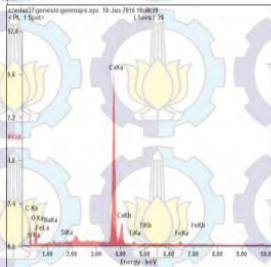
File name	Silika Mikro.rd
File path	F:\DATA\UITALEN\XRD\SiO2 Mikro
Data collected	Jan 20, 2016 11:08:26
Data range	10.00° - 89.997°
Number of points	4788
Step size	0.017
Alpha2 subtracted	No
Background subtr	No
Data smoothed	No
Radiation	X-rays
Wavelength	1.541874 Å

No.	2theta [°]	d[Å]	I/I0	FWHM
1	20.77	4.2772	222.45	0.1337
2	26.55	3.3575	1000.00	0.1337
3	36.45	2.4649	73.75	0.1337
4	39.37	2.2888	60.39	0.1337
5	40.19	2.2436	32.02	0.1337
6	42.36	2.1336	49.26	0.1337
7	45.82	1.9805	21.08	0.1337
8	50.03	1.8231	108.62	0.1337
9	50.30	1.8140	10.57	0.1337
10	54.78	1.6758	33.43	0.1337
11	55.24	1.6630	13.56	0.1337
12	59.86	1.5452	74.82	0.1337
13	60.04	1.5410	42.67	0.1337
14	63.96	1.4557	13.89	0.1337
15	67.64	1.3851	46.64	0.1337
16	68.06	1.3776	58.87	0.1337
17	68.23	1.3746	63.18	0.1337
18	73.40	1.2900	17.09	0.1337
19	73.60	1.2869	10.76	0.1337
20	75.57	1.2583	22.74	0.1337
21	75.69	1.2565	-6.73	0.1337
22	77.58	1.2306	12.74	0.1337
23	79.80	1.2019	21.55	0.1337
24	79.97	1.1997	10.81	0.1337
25	81.10	1.1858	15.94	0.1337
26	81.39	1.1823	26.66	0.1337
27	83.71	1.1553	9.25	0.1337

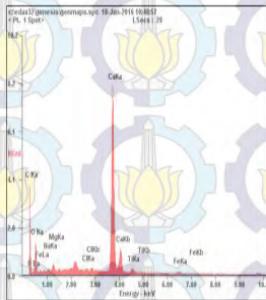
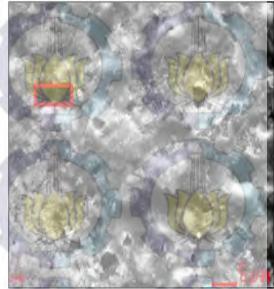
## LAMPIRAN B

### Hasil Karakterisasi SEM-EDX

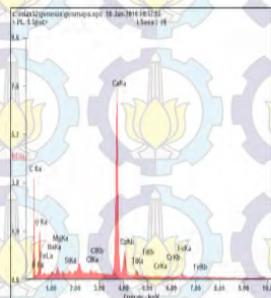
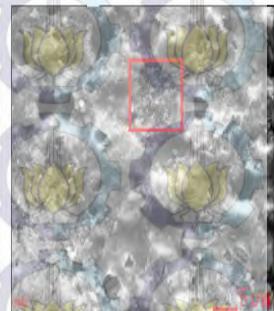
#### A. Karakterisasi SEM-EDX Pada Permukaan Baja SS304 Setelah Terkorosi



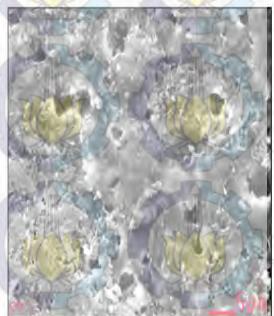
Element	Wt%	At%
CaK	15.42	28.48
NiK	03.93	06.22
OK	25.13	34.84
NaK	00.50	00.48
SiK	00.24	00.19
CaK	51.04	28.24
TiK	01.02	00.47
FeK	02.72	01.08
Matrix	Correction	ZAF



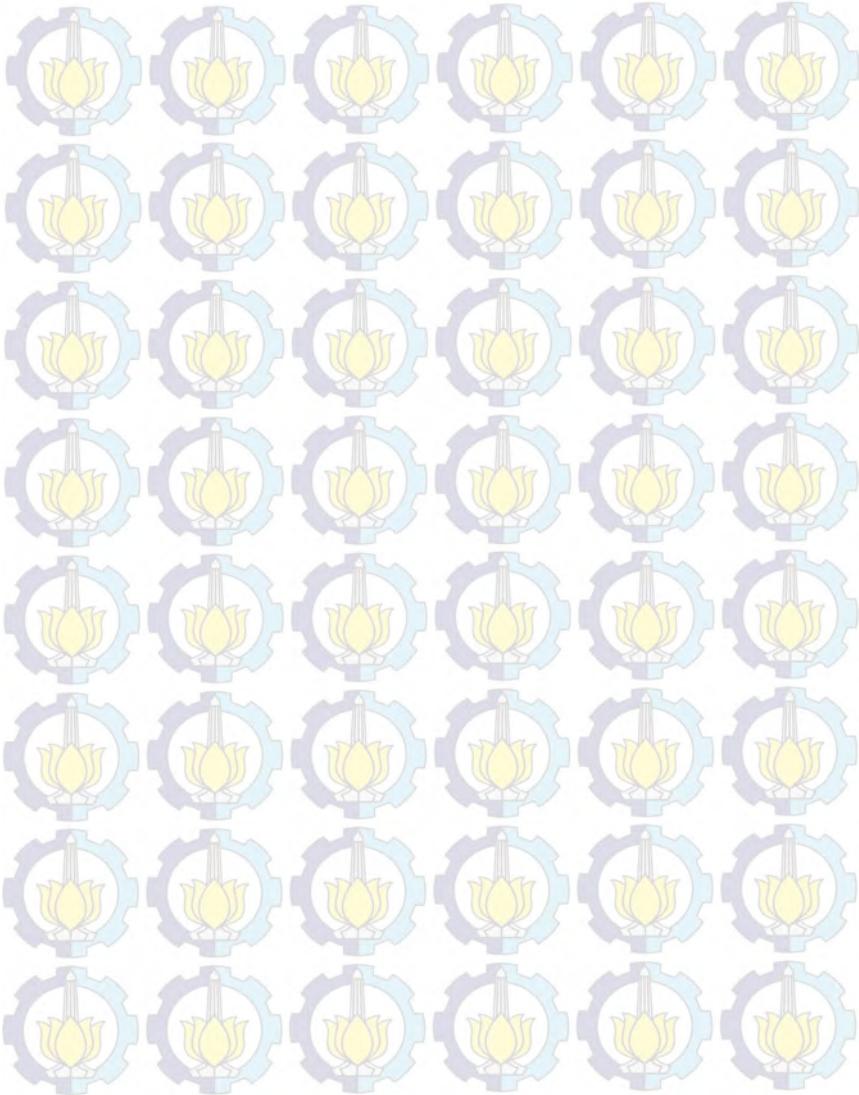
Element	Wt%	At%
CaK	29.07	44.97
NiK	04.74	06.28
OK	25.21	29.28
NaK	00.90	00.73
MgK	01.38	01.06
ClK	00.40	00.21
CaK	35.36	16.49
TiK	01.43	00.56
FeK	01.30	00.43
Matrix	Correction	ZAF



Element	Wt%	At%
CaK	29.15	43.58
NiK	05.85	07.62
OK	28.24	31.69
NaK	01.21	00.99
MgK	01.55	01.15
SiK	00.29	00.38
ClK	00.58	00.29
CaK	29.33	13.14
TiK	01.42	00.53
CrK	00.50	00.10
FeK	01.61	00.52
Matrix	Correction	ZAF

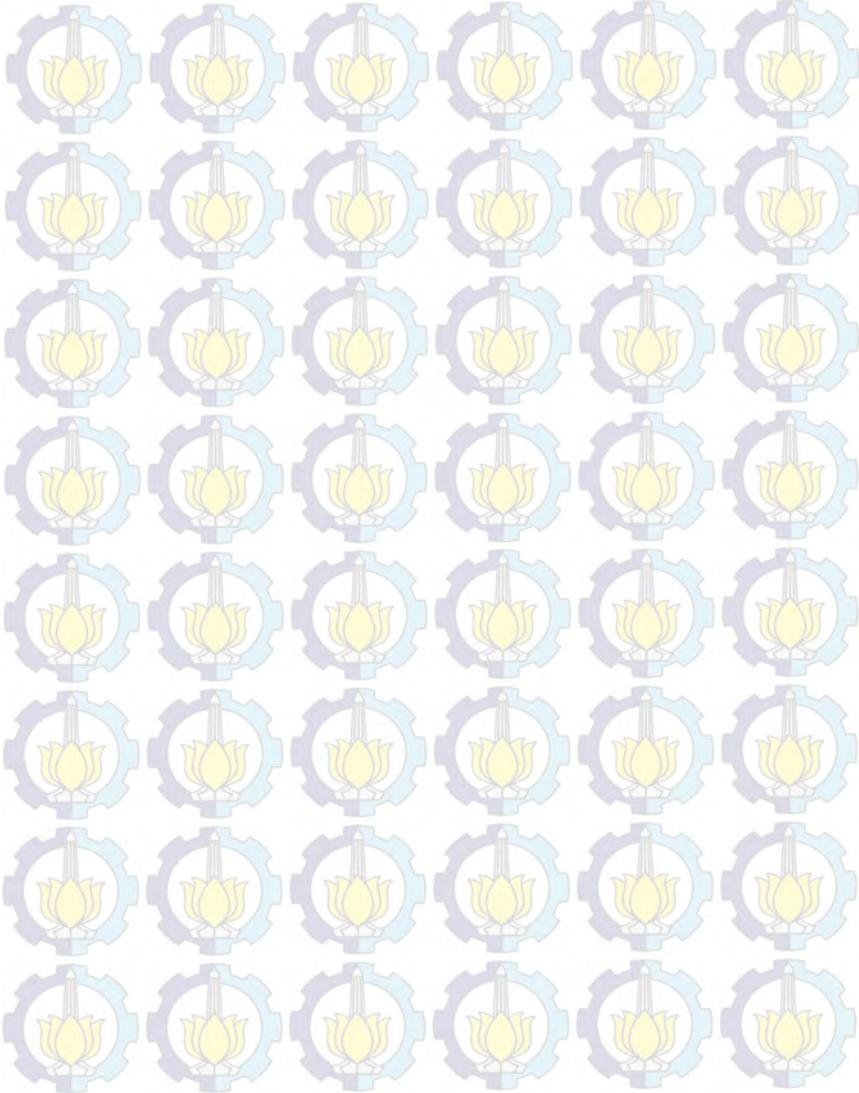


*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*





*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## BIODATA PENULIS



Penulis dikenal dengan nama “Agustin Leny Putri” merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang dilahirkan pada 25 Agustus 1993 dari pasangan Bapak ABD Wahab dan Ibu Nanik Haryani. Penulis berasal dari kota pendidikan di Pulau Madura yaitu Pamekasan. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Al Jufri, SDN Trasak II, SMPN 2 Pamekasan, dan SMAN 1 Pamekasan. Penulis mengikuti jalur SNMPTN undangan dan diterima di jurusan Fisika ITS pada tahun 2012 yang terdaftar dengan NRP 1112 100 006. Di jurusan Fisika ini, penulis menggeluti bidang minat Fisika Material. Penulis sangat menyukai kegiatan yang berhubungan dengan akademik dan organisasi. Sejak SMA hingga masa perkuliahan, penulis aktif dalam kegiatan Karya Ilmiah dan ikut aktif berpartisipasi dalam kompetisi karya ilmiah. Selain itu, penulis juga aktif sebagai asisten dosen Fisika dasar, asisten laboratorium Fisika dasar, asisten laboratorium Fisika Modern dan Gelombang, dan asisten Fisika laboratorium Bidang Material. Harapan besar penulis adalah karya ini bisa bermanfaat bagi orang lain dan diri sendiri sebagai sarana pengembangan potensi diri, serta mampu menjadi pribadi yang lebih beruntung yang berlandaskan ajaran Allah SWT. Kritik dan saran dapat dikirim melalui email: [agustinleny11@gmail.com](mailto:agustinleny11@gmail.com)

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

