



TUGAS AKHIR - SF 141501

# ANALISA LAJU KOROSI PADA BAJA SS304 DENGAN VARIASI MATERIAL PELAPIS PADA LINGKUNGAN SALINITAS TINGGI NaCl 3,5 M

Ryandhika Rukmana  
NRP 1112 100 073

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

DEPARTEMEN FISIKA  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**TUGAS AKHIR - SF 141501**

**ANALISA LAJU KOROSI PADA BAJA SS304  
DENGAN VARIASI MATERIAL PELAPIS PADA  
LINGKUNGAN SALINITAS TINGGI NaCl 3,5 M**

**Ryandhika Rukmana  
NRP 1112 100 073**

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

**DEPARTEMEN FISIKA  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**FINAL PROJECT - SF 141501**

**CORROSION RATE ANALYSIS OF SS 304  
WITH COATING MATERIAL VARIATION IN  
3,5 M NaCl HIGH SALINITY ENVIRONMENT**

**Ryandhika Rukmana  
NRP 1112 100 073**

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

**DEPARTEMENT OF PHYSICS  
Faculty of Mathematics and Natural Science  
Institute Technology of Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**

**ANALISA LAJU KOROSI PADA BAJA SS304 DENGAN  
VARIASI MATERIAL PELAPIS PADA LINGKUNGAN  
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:  
**RYANDHIKA RUKMANA**  
NRP 1112100073

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

**Dr. rer.nat. Triwikantoro, M.Si**  
NIP. 1966011 4199002.1.001

  
(.....)

# **Analisis Laju Korosi Baja SS304 dengan Variasi Material Pelapis pada Lingkungan Salinitas Tinggi NaCl 3,5 M**

**Nama** : Ryandhika Rukmana  
**NRP** : 1112100073  
**Jurusan** : Fisika, FMIPA-ITS  
**Pembimbing** : Dr. rer.nat Triwikantoro, M.Si

## **Abstrak**

*Sintesis komposit PANi-gelSiO<sub>2</sub> dengan pengisi gel SiO<sub>2</sub> telah dilakukan dengan metode polimerisasi in situ. Gel SiO<sub>2</sub> disintesis dari pasir alam Bancar, Tuban. Pemurnian Silika dilakukan dengan metode kopresipitas. Gel SiO<sub>2</sub>, PANi, dan Komposit PANi-SiO<sub>2</sub> dicampur dengan cat dan dilapiskan pada permukaan baja SS304 dengan perbandingan cat 5 ml, thinner 15 ml, dan bahan pengisi sebanyak 0,5 gram. Karakterisasi perilaku korosi diuji dengan metode polarisasi, sedangkan produk korosi diidentifikasi menggunakan XRD. Berdasarkan hasil uji polarisasi diketahui bahwa laju korosi masing masing sampel baja: tanpa pelapis, dilapisi cat, dilapisi cat + gel-SiO<sub>2</sub>, dilapisi cat + PANi, dilapisi Cat + Komposit PANi/gelSiO<sub>2</sub> sebesar  $2,3623 \times 10^{-2}$  mpy,  $1,3022 \times 10^{-5}$  mpy,  $2,3148 \times 10^{-3}$  mpy,  $6,4906 \times 10^{-7}$  mpy,  $1,3871 \times 10^{-3}$  mpy secara berurutan. Produk korosi yang teridentifikasi pada sampel baja terlapisi cat adalah Fe(OH)<sub>2</sub>. Pada sampel lainnya tidak terdeteksi produk korosi, tetapi ada lubang pada permukaan sampel yang teridentifikasi unsur Fe.*

**Kata kunci** : Pelapisan, komposit, korosi, silika gel

## Corrosion Rate Analysis of SS 304 Steel with Coating Material Variation in 3.5 M NaCl High Salinity Environment

**Name** : Ryandhika Rukmana  
**NRP** : 1112100073  
**Major** : Physics, FMIPA-ITS  
**Advisor** : Dr. rer.nat Triwikantoro, M.Si

### Abstract

*Synthesis of composite PANi-SiO<sub>2</sub> with Gel SiO<sub>2</sub> as a filler has done by using in-situ polymerization method. Gel SiO<sub>2</sub> synthesized from natural sand of Bancar, Tuban. Silica purification was conducted using coprecipitation method. The Gel SiO<sub>2</sub>, PANi, and Composite PANI/gel-SiO<sub>2</sub> were mixed with the paint and were coated on the surface of steel with a ratio 5 ml of paint, 15 ml of thinner, and 0.5 grams filler. The corrosion testing was conducted using polarization method, whereas the product of corrosion was identified using XRD. Based on the experiment, it is known that the corrosion rate for each samples: uncoated, paint coated, paint + Gel SiO<sub>2</sub> coated, paint + PANi coated, paint + PANi/gel SiO<sub>2</sub> are  $2.3623 \times 10^{-2}$  mpy,  $1.3022 \times 10^{-5}$  mpy,  $2.3148 \times 10^{-3}$  mpy,  $6.4906 \times 10^{-7}$  mpy,  $1.3871 \times 10^{-3}$  mpy respectively. The corrosion product of the paint-coated steel is Fe (OH)<sub>2</sub>. The other samples were not detected a corrosn product, however the holes were observed on the surface that identified as a Fe element.*

**Keyword** : coating, composite, corrosion, silica gel

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan hanya kepada Allah SWT, Rabb semesta alam yang telah melimpahkan nikmat, rahmat, pertolongan, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan optimal dan tanpa suatu kendala apapun. Sholawat serta salam penulis curahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kami dari kebodohan menuju jalan kebenaran.

Tugas Akhir ini disusun dengan tujuan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan strata satu dan mendapatkan gelar sarjana (S1) di Departemen Fisika FMIPA ITS. Judul dari Tugas Akhir ini adalah :

### **“ANALISA LAJU KOROSI PADA BAJA SS304 DENGAN VARIASI MATERIAL PELAPIS PADA LINGKUNGAN 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. Allah SWT yang telah memberikan pertolongan yang nyata kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Sungguh Allah adalah sebaik-baiknya penolong.
2. Mama dan Papa yang telah memberikan dukungan materil maupun moral sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan sebaik-baiknya.
3. Bapak Dr.rer.nat. Triwikantoro, M.Si sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membagi

- pengalaman, memberikan bimbingan, wawasan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
4. Bapak M. Zainuri sebagai dosen wali yang selalu memberikan bimbingan, motivasi, serta arahan selama penulis menjalani perkuliahan.
  5. 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.
  6. Mas Slamet, Mas Sholeh, dan Mas Mufid yang senantiasa membantu penulis memberikan sarana dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
  7. Mbak Gaby, Regina, dan Leny yang senantiasa meluangkan waktunya untuk mengajari dan memberikan arahan kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
  8. Akmal yang merupakan teman satu tim Tugas Akhir yang senantiasa membagi ilmu dan pengalamannya.
  9. Rekan-rekan Tim Riset SiO<sub>2</sub> yang banyak membantu dalam proses sintesis dan pengerjaan Tugas Akhir ini.
  10. Teman seperjuangan menuju wisuda 116, terima kasih atas semua pengalaman dan segala dukungan yang diberikan kepada penulis dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
  11. Pengguna Laboratorium Asam yang senantiasa bekerja sama dalam menggunakan lab.
  12. Kepada keluarga Besar Fisika ITS 2012 yang telah memberikan banyak pengalaman dan kenangan selama menjalani kehidupan di FISIKA ITS.
  13. Pihak-pihak yang terkait dalam karakterisasi material di Teknik Material dan Metalurgi ITS.

14. Mas Fahmi selaku mahasiswa Teknik Kimia ITS yang membantu dalam proses pengujian korosi sehingga penelitian ini dapat diselesaikan tepat waktu.
15. Arina, mahasiswi Kimia ITS yang telah meluangkan waktunya untuk berdiskusi.
16. 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. Semoga laporan Tugas Akhir ini bisa bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, Juli 2017

Penulis  
ryandhika12@mhs.physics.its.ac.id

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>COVER PAGE .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
1.6 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Korosi .....	5
2.2 Laju Korosi .....	7
2.3 Stainless Steel 304 .....	8
2.4 Silika .....	10
2.5 Silika Gel .....	11
2.6 Polianilin (PANi) .....	12
2.7 Polarisasi dan Diagram Tafel.....	14
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>19</b>
3.1 Bahan dan Peralatan.....	19
3.1.1 Peralatan.....	19
3.1.2 Bahan.....	19

3.2	Prosedur Penelitian .....	19
3.2.1	Sintesis Mikrosilika.....	19
3.2.2	Sintesis Gel SiO <sub>2</sub> .....	21
3.2.3	Sintesis Polianilin.....	21
3.2.4	Variasi Coating.....	22
3.2.5	Pelapisan .....	22
3.2.6	Eksperimen Korosi.....	24
3.3	Karakterisasi Material.....	25
3.4	Diagram Alir Penelitian .....	26
3.4.1	Sintesis Gel Silika .....	26
3.4.2	Sintesis PANi dan Komposit PANi/SiO <sub>2</sub> Gel .....	27
3.4.3	Pelapisan Baja .....	28
3.5	Jadwal Kegiatan.....	29
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>31</b>
4.1	Sintesis Gel SiO <sub>2</sub> .....	31
4.2	Hasil Karakterisasi <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) .....	34
4.3	Laju Korosi .....	36
4.4	Produk Korosi.....	41
4.5	Mekanisme Korosi.....	44
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>		<b>47</b>
5.1	Kesimpulan .....	47
5.2	Saran .....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>49</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>53</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS .....</b>		<b>57</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Jadwal Kegiatan.....	29
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Karakterisasi <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) pasir silika, Bancar Tuban.....	31
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Karakterisasi <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) setelah dilakukan proses pemurnian.....	32
<b>Tabel 4.3</b> Data Spektra yang muncul pada Silika Gel, PANi, dan PANi/SiO <sub>2</sub> Gel.....	35
<b>Tabel 4.4</b> Laju korosi dengan menggunakan uji polarisasi .....	38

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Bentuk umum korosi berdasarkan cara identifikasinya .....	7
<b>Gambar 2.2</b> Contoh Baja SS 304 .....	9
<b>Gambar 2.3</b> Struktur Silika ( $\text{SiO}_2$ ) .....	10
<b>Gambar 2.4</b> Struktur Silika Gel .....	12
<b>Gambar 2.5</b> Struktur Umum Polianilin .....	14
<b>Gambar 2.6</b> Profil energi untuk anodik dalam kesetimbangan ( $M_0$ ) dan profil polarisasi aktivasi anodic .....	15
<b>Gambar 2.7</b> Diagram Tafel .....	17
<b>Gambar 3.1</b> Eksperimen korosi .....	24
<b>Gambar 3.2</b> Diagram alir sintesis Silika Gel .....	26
<b>Gambar 3.3</b> Diagram alir sintesis PANi dan Komposit PANi/ $\text{SiO}_2$ .....	27
<b>Gambar 3.4</b> Diagram alir Pelapisan Baja.....	28
<b>Gambar 4.1</b> Pola difraksi $\text{SiO}_2$ Gel .....	33
<b>Gambar 4.2</b> Hasil Karakterisasi FTIR Silika Gel, PANi, dan PANi/ $\text{SiO}_2$ gel .....	34
<b>Gambar 4.3</b> Rangkaian sel tiga elektroda pada pengujian polarisasi .....	36

<b>Gambar 4.4</b> Diagram Taffel, grafik nilai potensial terhadap rapat arus .....	37
<b>Gambar 4.5</b> Kurva Tafel Baja tanpa Coating (PB) .....	39
<b>Gambar 4.6</b> Kurva Tafel: (a) PC, (b) PS, (c) PK, dan (d) PP .....	40
<b>Gambar 4.7</b> Pola difraksi XRD produk korosi untuk sampel P-B .	41
<b>Gambar 4.8</b> Pola difraksi XRD produk korosi untuk sampel P-C .	42
<b>Gambar 4.9</b> Pola difraksi XRD produk korosi untuk sampel baja dengan coating (a) P-K (b) P-P dan (c) P-S.. .....	43
<b>Gambar 4.10</b> Permukaan sampel: (A) PC, (B) PS), (C) PP, dan (D) PK .....	45

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**LAMPIRAN A Foto sampel setelah perlakuan korosi .....53**

**LAMPIRAN B Gambar permukaan sampel diamati dengan  
menggunakan Mikroskop Optik .....55**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Material logam adalah salah satu material yang paling umum digunakan oleh manusia terutama untuk keperluan industri ataupun untuk keperluan sehari-hari. Logam sudah digunakan sejak ribuan tahun yang lalu sebagai peralatan perang seperti pedang dan perisai. Seiring perkembangan zaman, penggunaan logam semakin meluas antara lain sebagai bahan baku peralatan rumah tangga, otomotif, jembatan, dan industri. Pemilihan bahan logam didasari oleh sifatnya yang kuat dan elastis sehingga sangat dibutuhkan untuk kegiatan industri. Namun logam memiliki kelemahan, yaitu mudah terkorosi atau berkarat. Korosi sudah menjadi musuh besar bagi manusia yang sangat merugikan terutama pada sektor industri. Berdasarkan G2MT Laboratories, kerugian secara langsung dan tidak langsung akibat korosi pada pertengahan 2013 mencapai satu triliun dollar Amerika. Per tahunnya, *direct cost* untuk korosi mencapai 500 Milliar dollar. Pada tahun 1998 sebagaimana yang dilaporkan NACE *Corrosion Costs Study*, *direct cost* untuk korosi adalah 276 Milliar dollar. Dengan demikian, selama selang 15 tahun, biaya atau kerugian akibat korosi mengalami peningkatan seiring dengan bertambah dan berkembangnya industri di Amerika.

Korosi adalah proses degradasi material akibat interaksi dengan lingkungan sekitarnya. Interaksi tersebut menimbulkan reaksi korosi yang umumnya merupakan reaksi elektrokimia. (Anggaretno, 2012). Secara umum korosi pada

awalnya menyerang permukaan suatu logam sehingga perlu adanya lapisan tambahan yang bersifat anti korosi guna untuk mengendalikan atau menurunkan laju korosi pada logam tersebut. Telah dilakukan penelitian sebelumnya oleh Dyana menggunakan komposit PANi/Gel -SiO<sub>2</sub>. Penambahan gel SiO<sub>2</sub> pada sintesis komposit PANi-SiO<sub>2</sub> menghasilkan struktur yang homogen dengan adanya aglomerasi silika di sekitar polianilin. Penelitian lainnya dilakukan oleh Putri menggunakan komposit PANi/SiO<sub>2</sub> serbuk yang digunakan sebagai campuran cat pelapis anti korosi. Penelitian ini menunjukkan bahwa campuran komposit PANi/SiO<sub>2</sub> dengan cat dapat mereduksi laju korosi pada baja SS 304 lebih baik daripada pelapisan yang hanya menggunakan cat (Aristia, 2012). Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa untuk melakukan pencegahan atau menurunkan laju korosi dapat menggunakan lapisan tambahan sebagai coating dengan menggunakan material anti-korosif sehingga laju korosi pada baja akan menurun.

Negara Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki sekitar 13.466 pulau dengan panjang garis pantai mencapai 99.093 kilometer ([nationalgeographic.co.id](http://nationalgeographic.co.id)). Terdapat banyak kekayaan alam Indonesia yang memiliki potensi untuk dikembangkan dalam mengatasi permasalahan korosi. Salah satunya adalah pasir alam di pantai Bancar, Tuban, Jawa Timur. Pasir ini mengandung unsur Silika yang dapat dijadikan filler atau penguat pada bahan pelapisan baja. Silika ini akan dicampurkan dengan PANi sebagai pengikat atau matriksnya. Kemudian komposit PANi/SiO<sub>2</sub> tadi dicampur dengan cat lalu dicoating pada permukaan logam. Metode yang digunakan adalah metode *spraying*.

Sebagaimana yang dijelaskan pada penelitian sebelumnya oleh Ella, metode spraying menghasilkan coating yang lebih homogen dibandingkan dengan metode celup.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, maka dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai analisa laju korosi pada baja SS304 dengan variasi lapisan coating pada lingkungan salinitas tinggi. Larutan elektrolit yang digunakan adalah NaCl 3,5 M.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Perumusan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi pengisi *coating* terhadap laju korosi baja SS 304
2. Bagaimana fasa yang terbentuk pada baja SS304 yang dilapisi oleh variasi *coating* setelah diberi perlakuan korosi?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini yaitu

1. Mengetahui pengaruh variasi komposisi pengisi *coating* terhadap laju korosi baja SS 304
2. Mengetahui fasa yang terbentuk pada baja SS304 yang dilapisi oleh variasi *coating* setelah diberi perlakuan korosi

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bahan baku digunakan yaitu pasir silika dari pantai Bancar Tuban, Jawa Timur
2. Baja yang digunakan adalah SS 304
3. Metode pelapisan yang digunakan adalah metode *spraying*
4. Silika yang digunakan adalah dalam bentuk gel

#### **1.5 Sistematika Penulisan**

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

#### **1.6 Manfaat Hasil Penelitian**

Penelitian ini dapat bermanfaat untuk memberi wawasan kepada peneliti, pembaca, laboratorium, dan industri tentang bahan-bahan alam seperti pasir silika yang dapat diolah sebagai produk anti korosi yang bisa mengurangi laju korosi pada material-material logam.

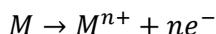
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Korosi

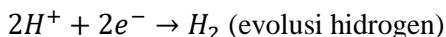
Korosi adalah proses degradasi material akibat interaksi dengan lingkungan sekitarnya. Interaksi tersebut menimbulkan reaksi korosi yang umumnya merupakan reaksi elektrokimia. (Anggaretno, 2012). Trethewey dan Chamberlain menyatakan, korosi terjadi karena adanya reaksi pelarutan (*dissolution*) logam menjadi ion pada permukaan yang melakukan kontak langsung 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-ion (+) yang larut dalam lingkungannya (Budianto et al., 2009).

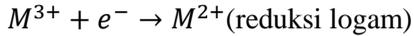
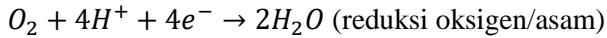
Ketika atom metal berkontak langsung dengan lingkungan yang mengandung molekul air, metal akan memberikan elektron dan menjadi ion positif. Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya korosi antara lain adalah lingkungan, temperature, tekanan, dan berasal dari material itu sendiri. (Roberge, 2007). Reaksi elektrokimia melibatkan proses oksidasi di bagian anoda yang melepaskan elektron dan proses reduksi pada bagian katoda yang menangkap elektron. Kedua reaksi tersebut harus seimbang dan simultan serta memiliki laju reaksi yang sama melalui konduktor.

Reaksi anoda yang terjadi adalah:

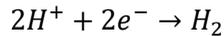
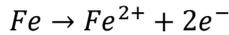


Reaksi pada katoda yang mungkin terjadi bisa beragam:





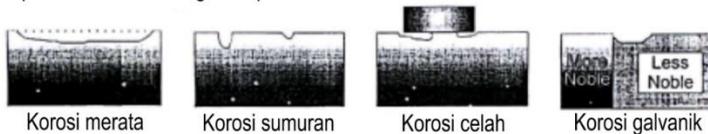
Sebagai contoh bila besi terkorosi dalam larutan asam, maka reaksinya:



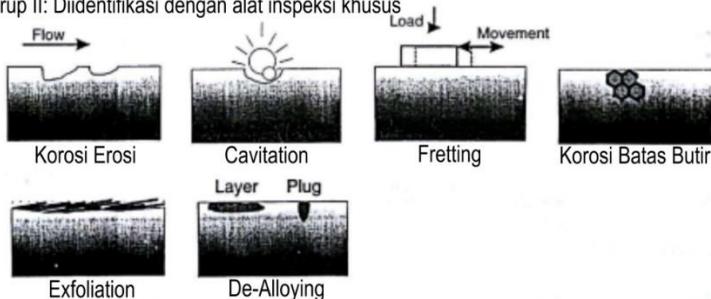
Besi mengalami kenaikan muatan atau teroksidasi (mengalami korosi), sedangkan hidrogen mengalami penurunan muatan atau tereduksi. (Sulistijono, 1999)

Menurut Roberge, korosi memiliki banyak bentuk dan diklasifikasikan menjadi tiga kelompok berdasarkan cara mengidentifikasinya seperti yang tertera pada gambar 2.1.

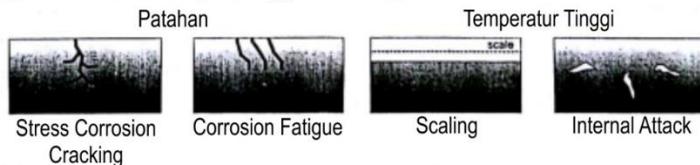
Grup I: Diidentifikasi dengan inspeksi visual



Grup II: Diidentifikasi dengan alat inspeksi khusus



Grup III: Diidentifikasi dengan pengujian mikroskopis



Gambar 2.1 Bentuk umum korosi berdasarkan cara identifikasinya (Roberge, 2007)

Menurut Fontana, beberapa bentuk korosi 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 et al., 2009).

## 2.2 Laju Korosi

Laju korosi atau tingkat hilangnya suatu material adalah konsekuensi dari adanya reaksi kimia. Hal ini dinyatakan sebagai

Laju Korosi atau hilangnya ketebalan suatu material per unit satuan waktu. Rumus untuk perhitungannya sesuai dengan ASTM G 31-72 *Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*:

$$CPR = \frac{K \times Wl}{\rho \times A \times t} \quad (2.1)$$

Keterangan :

K : konstanta laju korosi

$\rho$  : massa jenis logam/density (gr/cm<sup>3</sup>)

W : massa yang hilang/weight loss (mg)

A : luas penampang spesimen (inchi<sup>2</sup>)

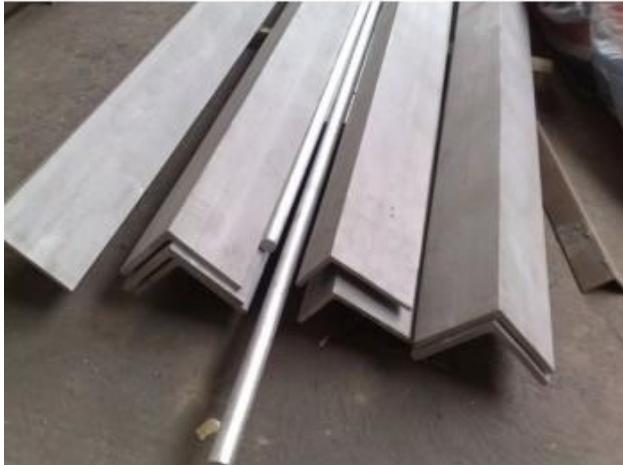
t : waktu pencelupan (jam)

Satuan CPR dinyatakan dalam mills per year (mpy) atau millimeter per year (mm/yr). K memiliki nilai yang bergantung pada sistem unit yang digunakan. K bernilai 534 untuk CPR dalam mpy (dimana 1 mil = 0.001 inchi) dan W,  $\rho$ , A, dan t dalam satuan milligram, gram per centimeter persegi, inchi kuadrat, dan jam. Untuk aplikasi, nilai CPR yang dapat diterima adalah kurang dari 20 mpy (Callister, 2007).

### 2.3 Stainless Steel 304

Baja paduan SS 304 merupakan baja tahan karat austenitic stainless steel yang memiliki komposisi 0.042% C, 1.19% Mn, 0.034% P, 0.006% S, 0.049% Si, 18.24% Cr, 8.15% Ni, dan sisanya adalah Fe. Beberapa sifat mekanik yang dimiliki baja karbon tipe 304 ini antara lain: kekuatan tarik 646 Mpa, *yield strength* 270 Mpa, elongasi 50%, dan kekerasan 82 HRB. Stainless steel tipe 304 merupakan jenis baja tahan karat yang serbaguna dan paling banyak digunakan. Stainless steel tipe 304 ini banyak digunakan untuk tanki dan container, untuk berbagai

macam cairan dan padatan, peralatan pertambangan, kimia, makanan, dan industri farmasi (Sumarji, 2011).



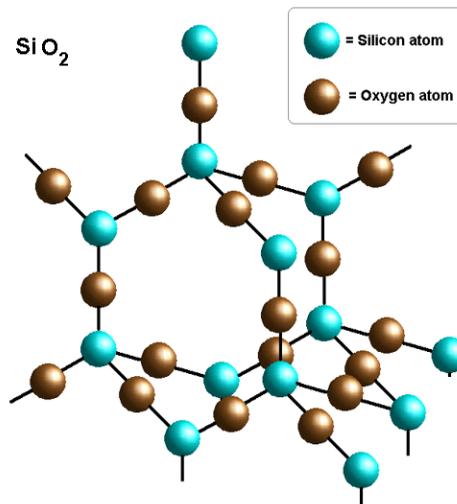
Gambar 2.2 Contoh Baja SS 304 (zhongtongsteelpipe.com)

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).

## 2.4 Silika

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. Silika terbentuk kristal transparan dengan titik leleh sebesar 1873-1998 K dan densitasnya sebesar  $2,648 \text{ g/cm}^3$  (Akbar, 2010).

Silika adalah salah satu bahan mineral alam yang paling sering dimanfaatkan dalam kebutuhan sehari-hari. Silika digunakan sebagai bahan pembuat kaca, gelas dan piranti semikonduktor. Silika merupakan senyawa terbanyak penyusun kerak bumi (60,6%). Silika didapatkan dari pasir silika yang jumlahnya melimpah di Indonesia atau limbah penghancuran gelas dan kaca, juga dari bahan organik seperti abu sekam padi, dan abu tebu. Dalam bentuk aplikasinya, silika seringkali dibuat dalam bentuk gelas, kristal, gel, aerogel, fumed silika, dan silika koloid (Zainuri, 2012).



Gambar 2.3 Struktur Silika (SiO<sub>2</sub>) (keywordsuggest.org)

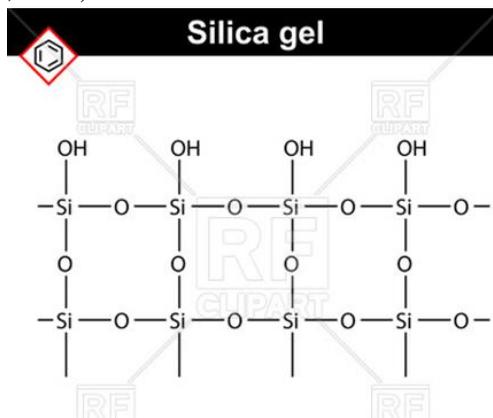
Silika merupakan bahan silikat paling sederhana yang memiliki 3 (tiga) struktur kristal *polymorphie* yaitu *quartz*, *cristobalite*, dan *tridymite*. Kristal silika mempunyai kerapatan yang rendah dan memiliki ikatan atom kuat yang dapat dicerminkan dari temperaur lelehnya 1710°C (Hadi, 2010). Di dalam silika ( $\text{SiO}_2$ ), ion  $\text{Si}^{4+}$  menempati interstisial tetrahedral  $\text{O}^{2-}$  dengan 2 oksigen dipakai bersama dengan tetrahedral tetangga.  $\text{SiO}_2$  memiliki ikatan kombinasi ionik dan kovalen. Silika mempunyai polimorfi struktur yang bergantung pada temperatur dan tekanan. Masing-masing fase 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 mirip dengan *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).

Terdapat berbagai metode yang digunakan untuk membentuk nanosilika. Material nanosilika yang didapat melalui proses presipitasi bergantung pada kondisi sintesis yang meliputi pH, temperatur sintesis, waktu presipitasi, metode pencucian, dan metode pengeringan (Aristia, 2012).

## 2.5 Silika Gel

Secara sintesis senyawa silika dapat dibuat dari larutan silikat. Silika gel adalah salah satu senyawa silika sintesis yang berstruktur amorph. Silika gel merupakan salah satu bahan kimia berbentuk padatan yang banyak dimanfaatkan sebagai adsorben. Beberapa kelebihan dari silica gel yaitu: sangat inert, hidrofilik, mempunyai kestabilan termal dan mekanik yang tinggi serta relatif tidak mengembang dalam pelarut organik jika dibandingkan dengan padatan resin polimer organik. Kualiatasnya

ditentukan oleh berbagai faktor, antara lain struktur internal, ukuran partikel, porositas, luas permukaan, ketahanan dan polaritasnya. Kegunaan silika gel yang lazim adalah sebagai penyerap uap air pada penyimpanan bahan – bahan yang bersifat higroskopis, atau mudah menyerap uap air seperti berbagai produk makanan dan juga obat – obatan. (Sulastri, Kristianingrum, 2010)



Gambar 2.4 Struktur Silika Gel (rfclipart.com)

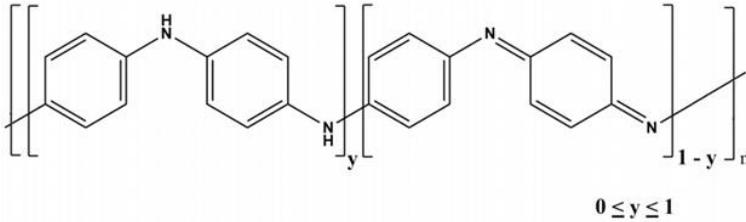
Menurut Oscik silika gel merupakan silika amorf yang terdiri dari globula-globula  $\text{SiO}_4$  tetrahedral yang tersusun teratur dan beragregasi membentuk kerangka tiga dimensi yang lebih besar (1-25  $\mu\text{m}$ ). Rumus kimia silika gel secara umum adalah  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . Struktur satuan mineral silika pada dasarnya mengandung kation  $\text{Si}^{4+}$  yang terkoordinasi secara tetrahedral dengan anion  $\text{O}^{2-}$ . Akan tetapi, susunan  $\text{SiO}_4$  pada silika gel tidak beraturan. Susunan ini terbentuk karena kondensasi asam ortosilikat atau asam monosilikat. Silika yang larut ditulis sebagai  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ,  $\text{Si}(\text{OH})_4$  atau  $\text{SiO}_2 \cdot (\text{OH})_2$  (Sholikha et al. 2010).

## 2.6 Polianilin (PANI)

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  $sp^2$ ) (Putri, 2016).

Konduktivitas listrik dari sebagian bahan polimer dapat ditingkatkan dengan menambahkan bahan asam sehingga timbul sifat kedua yang konduktif. Bahan polimer yang konduktivitas listriknya dapat ditingkatkan salah satunya adalah Polianilin (PANi) (Permana, Darminto, 2012).

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 (Aristia, 2012).



Gambar 2.5 Struktur Umum Polianilin ([www.polyaniline.in](http://www.polyaniline.in))

Polianilin yang disintesis secara kimia akan menghasilkan produk dalam bentuk serbuk. Sintesis yang dilakukan pada polianilin dapat mempengaruhi sifat dari polianilin itu sendiri. Sifat dari polianilin juga dapat dipengaruhi oleh parameter sintesis seperti konsentrasi monomer anilin, jenis dopan, konsentrasi yang digunakan, lama waktu serta arus dan tegangan polimerisasi. Dengan parameter sintesis yang optimum, akan didapatkan polianilin dengan nilai konduktivitas listrik yang maksimum (Nurkumala, 2014).

## 2.7 Polarisasi dan Diagram Tafel

Polarisasi terjadi ketika logam tidak berada dalam kesetimbangan dengan ion-ion larutan elektrolitnya. Polarisasi adalah selisih potensial antara elektroda dengan potensial korosi bebas. Laju korosi dapat diekspresikan sebagai:

$$v = A e^{-\frac{\Delta G^{++}}{RT}} [\text{reaktan}] \quad (2.2)$$

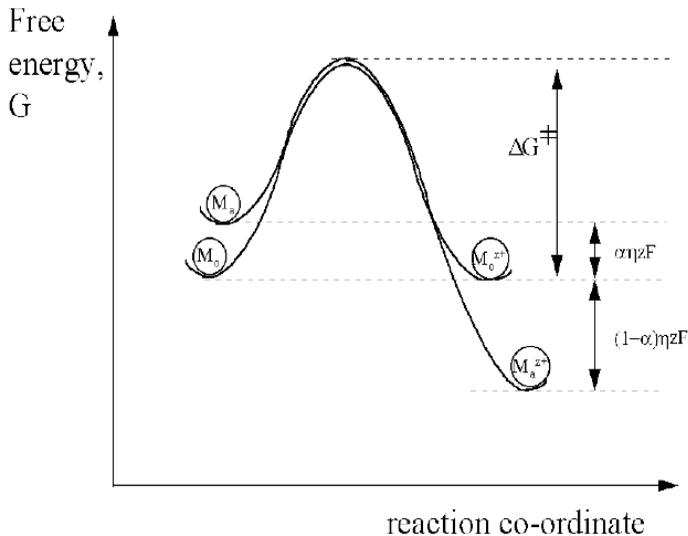
Dalam keadaan yang setimbang, laju reaksi anoda ( $i_a$ ) memiliki nilai yang sama dengan laju katoda ( $i_c$ ). Sehingga:

$$i_0 = i_a = i_c$$

Konsentrasi reaktan bisa dianggap sebagai tetapan sehingga nilai konstanta berubah menjadi  $A_0$ . Sehingga persamaan (2.2) menjadi:

$$i_a(\text{pada kesetimbangan}) = i_0 = A_0 e^{-\frac{\Delta G^{++}}{RT}} \quad (2.3)$$

Jika reaksi di anoda lebih cepat dibandingkan dengan reaksi katoda ( $i_a > -i_c$ ) dan proses korosi berlangsung secara menyeluruh, kesetimbangan menjadi rusak dan energi bebas logam berada pada tingkat yang berlainan dengan energi bebas ion-ionnya. (Tretheway, 1991)



Gambar 2.6 Profil energi untuk anodik dalam kesetimbangan ( $M_0$ ) dan profil polarisasi aktivasi anodik (<http://documents.tips/documents/bab-iii-kinetika-korosi.html>)

Berdasarkan gambar di atas, polarisasi telah dikonversi menjadi energi, melalui perkalian  $zF$  seperti dalam persamaan Faraday:

$$\Delta G = E - zF \quad (2.4)$$

Simbol  $F$  menyatakan muatan yang dipindahkan oleh satu mol elektron,  $E$  adalah potensial yang diukur, dan  $z$  adalah banyaknya elektron yang dipindahkan dalam reaksi korosi.

Sehingga dapat ditetapkan energi aktivasi baru sebesar  $\Delta G^{++} - \alpha\eta zF$ . Rapat arus anoda menjadi:

$$i_a = A_0 e^{\left[ \frac{-\Delta G^{++} + \alpha\eta zF}{RT} \right]} \quad (2.5)$$

Jika  $A' = \frac{\alpha z F}{RT}$  maka,

$$i_a = i_0 e^{A'\eta} \quad (2.6)$$

$$\ln \frac{i_a}{i_0} = A'\eta \quad (2.7)$$

Apabila dikonversi ke logaritma basis 10, maka:

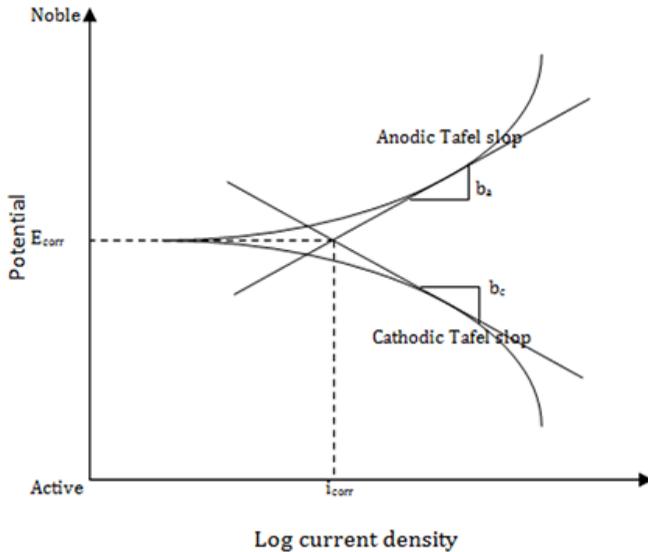
$$\eta = \frac{2,303}{A'} \log \frac{i_a}{i_0} \quad (2.8)$$

Misalkan  $\beta_a = \frac{2,303}{A'}$ , maka persamaan (2.8) menjadi:

$$\eta = \beta_a \log \frac{i_a}{i_0} \quad (2.9)$$

(Tretheway, 1991)

Simbol  $\eta$  menyatakan polarisasi atau *over-potential*. Plot polarisasi ( $\eta$ ) vs log (I) adalah linier untuk kedua polarisasi anodik dan katodik.  $\beta_a$  dan  $\beta_c$  disebut sebagai Slope Tafel dan  $i_0$  merupakan rapat arus (Ahmad, 2006).



Gambar 2.7 Diagram Tafel (Anaee, 2016)

Pengukuran spesimen pada elektroda kerja diukur berdasarkan elektroda referensi yang mana diletakan di dalam tempat yang terpisah dan terhubung melalui kabel dengan elektroda kerja yang ada di dalam tempat yang terdapat larutan elektrolit. Potensial elektroda kerja diukur dengan voltmeter yang terhubung dengan elektroda kerja dan elektroda referensi. Potensial korosi juga merujuk pada *Open-Circuit Potential* (OCP) sebagaimana permukaan metal terkorosi secara bebas. Polarisasi yang diperoleh adalah perilaku material di daerah aktif saja, dengan menggambar garis singgung (tangensial) pada kurva anodik dan katodik, kerapatan arus korosi ( $i_{\text{corr}}$ ) dan potensial korosi ( $E_{\text{corr}}$ ) dapat ditentukan (Anaee, 2016).

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

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

##### **3.1.1 Peralatan**

Peralatan yang digunakan untuk penelitian ini adalah saptula kaca, spatula besi, tisu, masker, sarung tangan, label nama, corong, aluminium foil, *sprayer*, gelas beker 500 ml, gelas beker 1000 ml, Labu Erlenmeyer, pipet, cawan petri, termometer, kertas saring, mortar, *magnetic stirrer*, *ball milling*, magnet permanen, timbangan digital, kertas mesh, *magnetic bar*, *mixer spraying*, dan kompresor. Peralatan uji sampel yang digunakan untuk penelitian ini yaitu *X-Ray Diffractometer* (XRD), *X-Ray Flourescence* (XRF), *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Potensiodynamic*, dan Mikroskop Optik.

##### **3.1.2 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pasir SiO<sub>2</sub> dari pasir alam Bancar, Tuban, aquades, HCl 2M, alkohol, baja SS 304, Thinner, Cat kapal, es batu, garam, Dodecyl Benzene sulfonic acid (DBSA), Anilin, Amonium Peroxydisulfat (APS), aseton, dan NaCl 3.5 M.

#### **3.2 Prosedur Penelitian**

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

###### *Preparasi Pasir Alam*

Pasir alam yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir Silika dari Bancar, Tuban, Jawa Timur. Sebelum digunakan, pasir tersebut diuji menggunakan alat uji XRD dan XRF yang bertujuan untuk mengetahui unsur yang ada di dalam pasir tersebut dan digunakan untuk data awal yang akan dibandingkan dengan sampel hasil sintesis.

Pasir alam disaring dengan tujuan untuk menghilangkan pengotor yang ada di material tersebut. Kemudian pasir ditimbang sebanyak 200 gram dengan menggunakan neraca digital. Setelah ditimbang, pasir dicuci dengan menggunakan 1 liter aquades sebanyak 5 kali pencucian. Tujuannya adalah untuk menghilangkan kadar garam dan pengotor lainnya yang masih terdapat di pasir tersebut agar pasir tidak terkontaminasi dengan unsur-unsur lain yang tidak diinginkan. Kemudian Pasir dikeringkan dengan temperatur  $100,3^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 18$  jam untuk mengurangi kandungan air. Setelah pasir dikeringkan, proses berikutnya adalah separasi magnet yang bertujuan untuk memisahkan unsur Besi (Fe) yang terkandung dalam material pasir tersebut.

#### ***Proses Penggilingan (Milling)***

Metode untuk mendapatkan silika dalam orde mikro adalah dengan melalui proses *Ball milling*. Proses ini dilakukan selama 2 jam dimana setiap 1 jam proses *ball milling*, proses tersebut berhenti selama 30 menit. Perbandingan Sampel (gr) : Bola  $\text{ZrO}_2$  (gr) : Alkohol (ml) yaitu 3 : 15 : 5. Proses *milling* yang dilakukan ini adalah *wet milling* dengan medium alkohol sebagai pencampurnya. Kecepatan *milling* yang digunakan adalah 150 rpm. Prinsip proses *milling* adalah untuk mereduksi ukuran partikel ketika sampel diberi gaya eksternal. Pemberian gaya eksternal yang berulang oleh bola zirconia terhadap sampel akan menyebabkan deformasi plastis dimana atom-atom pada sampel akan mengalami dislokasi dan terjadi perubahan bentuk, sehingga ukuran partikel tereduksi. Setelah proses *milling* telah dilakukan, maka sampel di keringkan di dalam oven dengan suhu  $100,3^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 5$  jam.

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

Pasir Silika yang sudah melalui proses *milling* selanjutnya direndam dengan HCl 2M selama  $\pm 12$  jam dengan perbandingan

volume pasir dan HCL yaitu 1:10. Proses perendaman ini bertujuan untuk mengurangi impuritas yang masih terdapat pada Pasir Silika tersebut sehingga menghasilkan silika dengan kemurnian yang lebih tinggi. Setelah direndam dengan HCL 2M, Pasir Silika tersebut dicuci dengan aquades sebanyak 5 kali kemudian disaring dan dikeringkan di dalam oven.

### 3.2.2 Sintesis Gel $\text{SiO}_2$

Sintesis Silika Gel melalui dua tahapan yaitu:

#### a) Pembentukan Larutan Natrium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )

Proses ini dilakukan dengan melarutkan 15 gr serbuk silika mikro ke dalam larutan NaOH 7M menggunakan *magnetic stirrer* dengan temperatur  $225^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Proses ini menghasilkan kristal sodium silikat yang kemudian dilarutkan kembali dengan 200 ml aquades menggunakan *magnetic stirrer* selama  $\pm 30$  menit. Kemudian larutan disaring menggunakan kertas saring sehingga didapatkan larutan Natrium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ). Larutan tersebut lalu diendapkan selama  $\pm 3$  jam.

#### b) Pembentukan Gel $\text{SiO}_2$

Larutan Natrium silikat yang telah diendapkan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dan dititrasi dengan menggunakan HCl 2M hingga pH larutan menjadi 7 dan secara kualitatif larutan terlihat keruh disertai terbentuknya gel berwarna putih. Kemudian, larutan ini diendapkan selama 24 jam. Setelah itu, gel yang sudah mengendap dicuci menggunakan aquades sebanyak 15 kali untuk menghilangkan NaCl yang ada terdapat pada gel akibat reaksi pada proses sebelumnya. Selanjutnya, larutan disaring sehingga didapatkan endapan gel  $\text{SiO}_2$ . Gel  $\text{SiO}_2$  ini kemudian disimpan dalam wadah tertutup agar tidak mengering.

### 3.2.3 Sintesis Polianilin

Sintesis Polianilin (PANi) dilakukan dengan cara sebagai berikut: pertama larutan APS dibuat dengan cara melarutkan Amonium Peroxydisulfat (APS) sebanyak 4,56 gram ke dalam 100 ml aquades kemudian diaduk selama  $\pm 30$  menit. Langkah kedua,

anilin sebanyak 1,86 gram dan DBSA sebanyak 4,46 gram dilarutkan ke dalam 100 ml aquades dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Kemudian larutan tersebut dititrisi dengan larutan APS yang telah disiapkan sebelumnya. Kemudian sistem didinginkan hingga mencapai temperatur 0 – 5°C dengan bantuan es batu serta garam untuk menurunkan temperatur. Proses polimerisasi ini dilakukan dalam waktu  $\pm 8$  jam. Setelah itu, larutan PANi disaring dengan kertas saring lalu dicuci dengan aquades hingga air yang melewati kertas saring tersebut menjadi bening. Kemudian PANi yang tersaring di kertas saring tersebut dicuci dengan aseton lalu ditumbuk dengan mortar sehingga menjadi serbuk PANi.

### 3.2.4 Variasi Coating

Pada proses coating ini dilakukan variasi lapisan yaitu:

1. Baja + *Epoxy* + Cat
2. Baja + *Epoxy* + Cat + SiO<sub>2</sub> Gel
3. Baja + *Epoxy* + Cat + PANi
4. Baja + *Epoxy* + Cat + PANi/gel-SiO<sub>2</sub>

Sampel (PANi; SiO<sub>2</sub> Gel; dan PANi/gel-SiO<sub>2</sub>) dicampur dengan cat kapal dan *Thinner* dengan perbandingan, Sampel : Cat Kapal : *Thinner* yaitu 0,5 gram : 5 ml: 15 ml. Kemudian bahan-bahan tersebut diaduk selama kurang lebih 1 menit. Setelah itu, campuran cat dimasukkan kedalam *sprayer* yang terhubung dengan kompresor. Selanjutnya adalah proses coating pada baja SS304.

### 3.2.5 Pelapisan

Metode pelapisan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *spray*. Menurut Ella (2014), dengan menggunakan metode *spray*, kualitas cat yang didapatkan lebih baik daripada metode

celup karena distribusi partikel PANi dan SiO<sub>2</sub> nya lebih homogen atau merata.

### **Preparasi Sampel**

Baja yang digunakan dalam penelitian ini adalah SS 304. Sebelum dicoating dihaluskan terlebih dahulu dengan menggunakan amplas bernomor mesh 80 – 1000. Selanjutnya dibersihkan menggunakan acetone.

Cat yang digunakan pada penelitian ini adalah Cat Kapal Agatha Paint. Campuran yang akan diberikan yaitu dari bahan yang telah disintesis: Gel SiO<sub>2</sub>, PANi, dan Komposit PANi/gel-SiO<sub>2</sub>.

### ***Spraying***

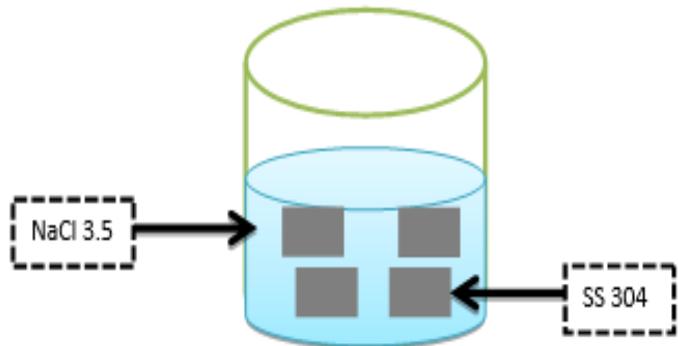
Proses *spraying* dilakukan dengan cara menembakan cat ke atas sampel sampai seluruh permukaannya terlapsi. Pertama, semua sampel dicoating dengan menggunakan *epoxy* untuk meningkatkan kualitas adhesi antara lapisan coating dengan baja. Fungsi dari *epoxy* itu sendiri adalah memberikan lapisan dasar yang kuat sehingga cat tidak mudah rontok. Kemudian baja yang telah diberikan *epoxy* dikeringkan terlebih dahulu di dalam oven selama  $\pm 2$  jam atau sampai lapisan *epoxy* tersebut mengering.

Setelah itu proses *spraying* untuk cat dapat dilakukan. Baja pertama dispray dengan menggunakan cat tanpa campuran bahan yang telah disintesis. Selanjutnya cat dicampur dengan gel SiO<sub>2</sub>. Kemudian dilakukan *spraying* pada baja kedua sampai seluruh permukaannya terlapsi merata. Pelapisan yang ketiga menggunakan cat dengan campuran polimer konduktif yaitu Polianilin (PANi). Cat dan PANi diaduk sehingga menghasilkan campuran cat berwarna hijau. Kemudian campuran cat tadi dispray ke permukaan baja sampai merata. Selanjutnya campuran yang digunakan adalah cat dan komposit PANi/gel-SiO<sub>2</sub>. Warna yang dihasilkan dari campuran ini adalah hijau muda. Setelah itu proses *spraying* dilakukan pada sampel baja keempat.

Baja yang sudah dicoating dikeringkan di dalam oven selama  $\pm 2$  jam atau sampai lapisan coating tersebut mengering. Setelah itu baja diangkat dan disiapkan untuk pengujian laju korosi.

### 3.2.6 Eksperimen Korosi

Eksperimen korosi dilakukan dengan merendam baja SS 304 yang sudah dicoating dengan variasi lapisan ke dalam larutan salinitas tinggi yaitu NaCl 3,5 M dalam waktu 20 hari secara kontinu. Kemudian setelah dikorosi dilakukan pengujian XRD untuk mengidentifikasi produk korosi yang terbentuk. Berikut adalah ilustrasi perendaman sampel ke dalam larutan NaCl 3,5 M:



**Gambar 3.1** . Eksperimen korosi

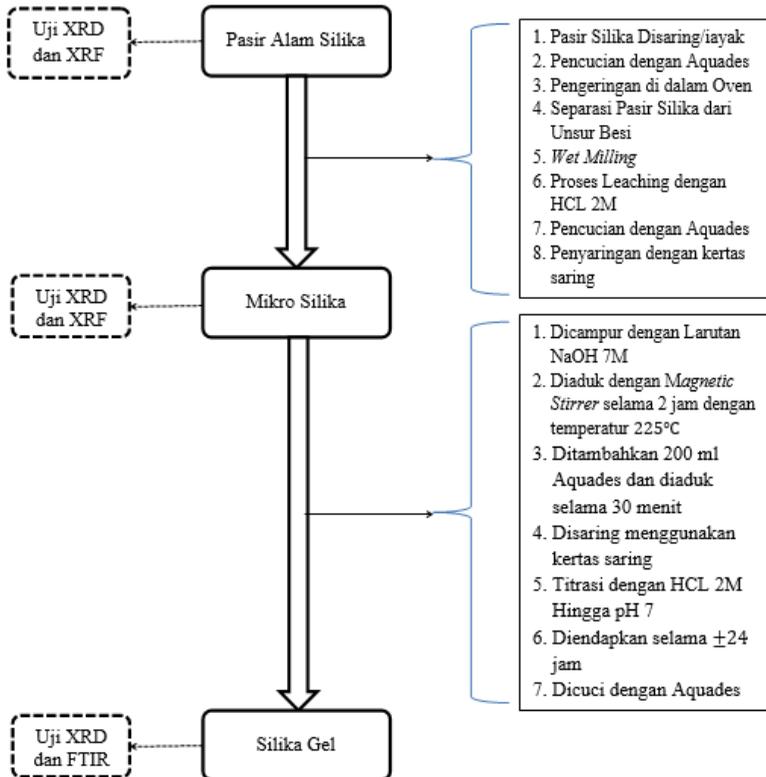
Selain pengujian produk korosi, dilakukan juga pengujian polarisasi menggunakan *Potensiodynamic* untuk mendapatkan nilai arus korosi dan potensial korosi yang terjadi. Pengujian ini juga bertujuan untuk mendapatkan nilai laju korosi pada sampel yang diuji.

### 3.3 Karakterisasi Material

Karakterisasi sampel pada penelitian ini menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) yang digunakan untuk mengetahui kandungan unsur pada sampel uji, *X-Ray Diffractometer* (XRD) yang digunakan untuk mengetahui fasa pada sampel uji, *Fourier Transform Infrared* (FTIR) digunakan untuk mengetahui ikatan – ikatan atau gugus fungsi yang terbentuk melalui proses pembuatan PANi – SiO<sub>2</sub>, *Potensiodynamic* untuk mengukur potensial dan arus korosi. Serta Mikroskop optik untuk melihat permukaan sampel setelah diberi perlakuan korosi.

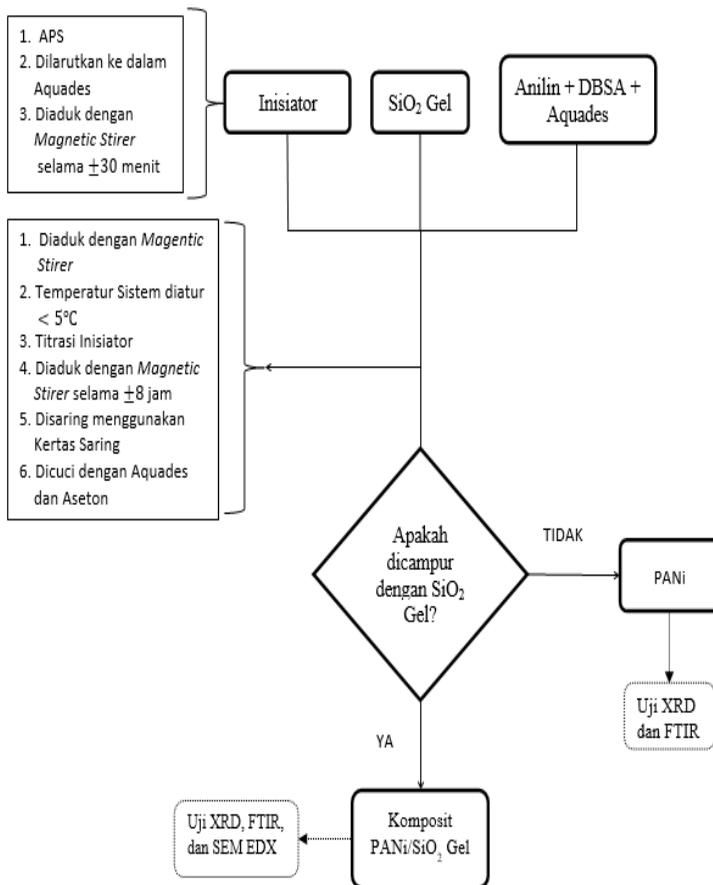
### 3.4 Diagram Alir Penelitian

#### 3.4.1 Sintesis Gel Silika



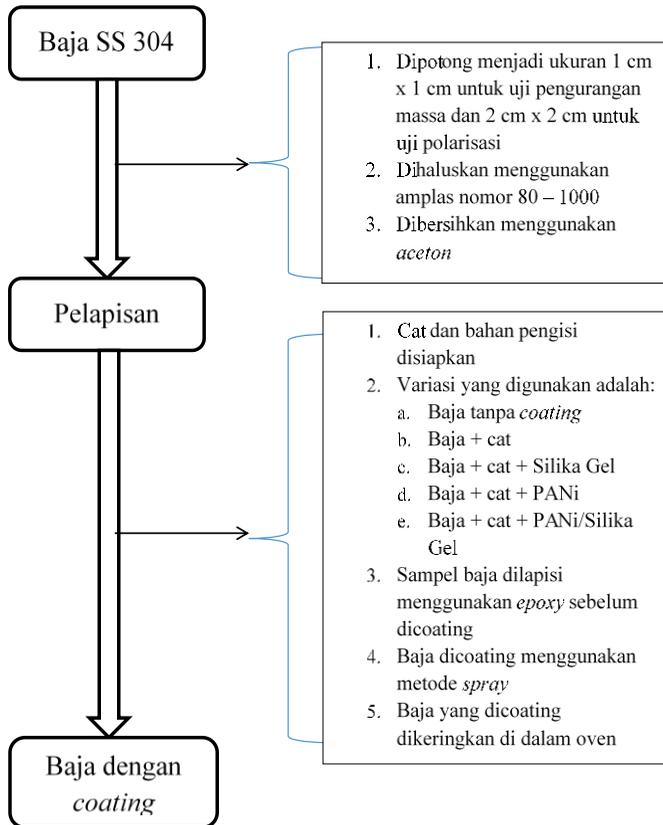
**Gambar 3.2** Diagram alir sintesis Silika Gel

### 3.4.2 Sintesis PANi dan Komposit PANi/SiO<sub>2</sub>



**Gambar 3.3** Diagram alir sintesis PANi dan Komposit PANi/SiO<sub>2</sub>

### 3.4.3 Pelapisan Baja



Gambar 3.4 Diagram alir Pelapisan Baja

### 3.5 Jadwal Kegiatan

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan

No	Kegiatan	Februari				Maret				April				Mei				Juni			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Preparasi Sampel	■	■	■	■	■	■	■	■												
2	Perlakuan Korosi									■	■	■	■	■	■	■	■				
3	Karakterisasi Sampel									■	■	■	■	■	■	■	■				
4	Analisa Data																	■	■	■	■
5	Penulisan laporan																	■	■	■	■

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Sintesis Gel SiO<sub>2</sub>

#### Pemurnian Silika

Penelitian ini menggunakan material alam pasir silika yang diambil dari Pantai Bancar, Tuban, Jawa Timur. Pasir ini memiliki kandungan silika yang tinggi, terbukti dari hasil karakterisasi *X-Ray Fluorescence (XRF)* yang bertujuan untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung dalam pasir Bancar ini. Berikut adalah haasi pengujian *X-Ray Fluorescence (XRF)*:

Tabel 4.1 Hasil Karakterisasi *X-Ray Fluorescence (XRF)* pasir silika, Bancar Tuban.

No	Unsur	Presentase (%)
1.	Si	68,2
2.	K	0,24
3.	Ca	28
4.	Ti	0,22
5.	Fe	2,08
6.	Ni	0,21
7.	Cu	0,14
8.	Sr	0,45
9.	Ba	0,2
10.	Yb	0,1

Tabel 4.1 di atas menjelaskan bahwa terdapat beberapa unsur yang terkandung di dalam pasir Bancar Tuban. Unsur yang paling banyak kandungannya adalah unsur silika (Si) yaitu dengan presentasi 68,2%. Di dalam pasir ini juga terdapat unsur lainnya seperti Fe yang berjumlah 2,08%. Selanjutnya untuk meningkatkan kemurnian dari unsur silika tersebut maka dilakukan proses pemurnian pasir silika. Proses ini melalui beberapa tahapan, yang pertama adalah pencucian dengan aquades untuk menghilangkan pengotor yang ada. Kemudian dilakukan separasi magnetik untuk memisahkan unsur besi (Fe)

dari pasir Bancar. Setelah itu dilakukan proses *ballmilling* untuk mereduksi ukuran partikel pasir tersebut. Proses selanjutnya adalah *leaching* yang bertujuan untuk mengurangi ketidakmurnian yang tidak diharapkan. Setelah dilakukan pemurnian silika, selanjutnya dilakukan karakterisasi XRF lagi untuk melihat hasilnya. Berikut adalah hasil karakterisasi XRF:

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

No	Unsur	Presentase (%)
1.	Si	89,77
2.	Al	1,76
3	P	0,69
4	Cl	0,41
5	S	0,38
6	Ca	5,42
7	Fe	1,28
8	Zr	0,19
9	Ti	0,21

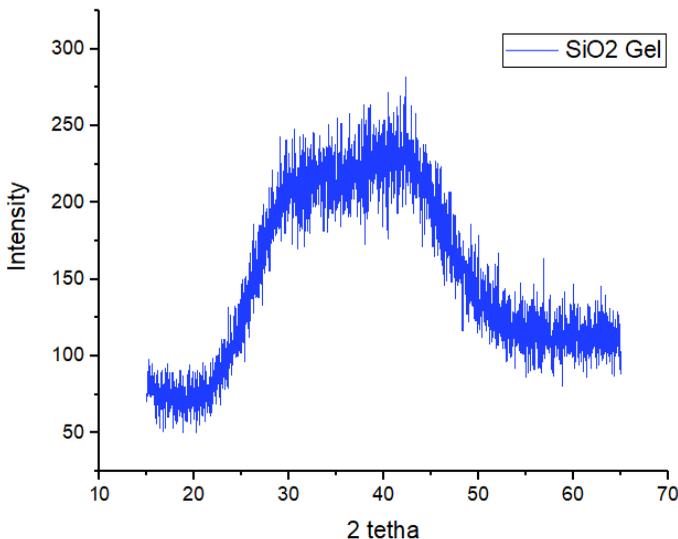
Hasil karakterisasi XRF pada Tabel 4.2 menunjukkan peningkatan nilai presentase unsur Si dari yang sebelumnya 68,2% menjadi 89,77%. Terjadi peningkatan sebesar 21,57% akibat dari proses pemurnian. Peningkatan unsur Si ini terjadi karena proses *leaching* menggunakan larutan asam kuat HCl 2M yang bersifat korosif sehingga unsur-unsur selain SiO<sub>2</sub> bereaksi dengannya sehingga unsur-unsur tersebut seperti Fe, hilang atau berkurang presentase kandungannya. Oleh sebab itu kandungan Si menjadi lebih tinggi setelah pemurnian (Dyana, 2017).

Menurut Dyana, kemunculan unsur baru seperti Zr disebabkan karena adanya proses *ballmilling* dimana unsur tersebut berasal dari bola *milling* yang terbuat dari zirkonia. Sehingga zirkonia tersebut ikut terkikis pada saat dilakukannya proses *milling*.

## SiO<sub>2</sub> Gel

Hasil dari proses *milling* adalah pasir silika dengan ukuran mikro (mikrosilika). Kemudian mikrosilika tersebut dikeringkan dan selanjutnya dilakukan proses kopresipitas dengan cara melarutkan serbuk silika mikro sebanyak 15 gr ke dalam larutan NaOH 7 M sehingga didapatkan SiO<sub>2</sub> berupa Gel.

Kemudian Gel SiO<sub>2</sub> dikarakterisasi menggunakan XRD untuk mengetahui pola difraksinya. Berikut adalah hasil XRD Gel SiO<sub>2</sub>:

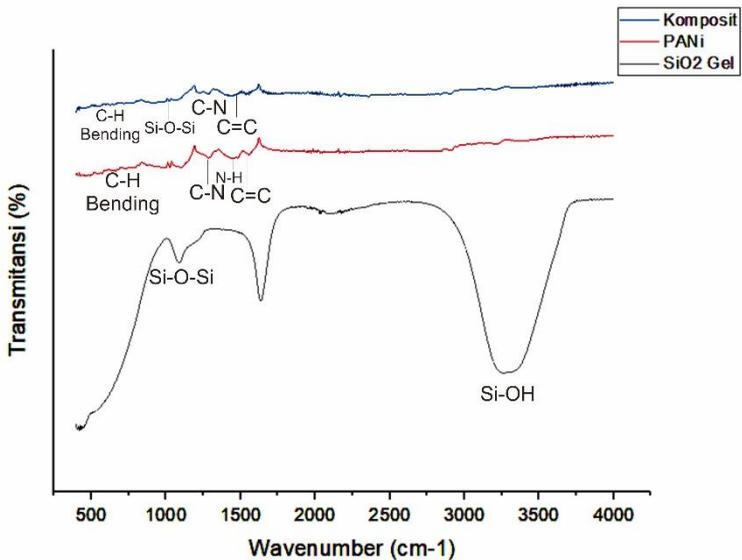


Gambar 4.1 Pola difraksi SiO<sub>2</sub> Gel

Berdasarkan karakterisasi pola difraksi yang ada pada Gambar 4.1 di atas, terlihat bahwa SiO<sub>2</sub> Gel memiliki fasa amorf. Menurut Dyana, pola difraksi yang memiliki bentuk puncak yang lebar dan memiliki intensitas yang rendah (~100-250counts) dapat dikatakan memiliki masa amorf. Dimana hal ini sesuai dengan penelitian lainnya oleh Nittaya dan van Hoek mengenai Gel-SiO<sub>2</sub> dengan dukungan data hasil uji TEM (Dyana, 2017).

## 4.2 Hasil Karakterisasi *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Tujuan dilakukannya karakterisasi spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) adalah untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada Gel SiO<sub>2</sub>, Polimer PANi, dan Komposit PANi/gel-SiO<sub>2</sub>. Adapun hasil dari karakterisasi spektroskopi FTIR yang telah dilakukan pada material tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 4.2 Hasil Karakterisasi FTIR Silika Gel, PANi, dan PANi/gel-SiO<sub>2</sub>

Dari Gambar 4.3 di atas terdapat beberapa titik serapan gelombang yang merepresentasikan jenis ikatan atau gugus fungsi yang terbentuk. Hasil tersebut kemudian dianalisa dengan menggunakan bilangan gelombang referensi untuk mengetahui gugus fungsi apa saja yang terdapat pada bahan yang diuji. Pada Tabel 4.3 sampai Tabel 4.5 akan dibahas jenis ikatan atau gugus fungsi yang terbaca pada Gambar 4.3. Berikut adalah hasil analisa data FTIR:

Tabel 4.3 Data FTIR pada Silika Gel, PANi, dan PANi/gel-SiO<sub>2</sub>

Referensi	Jenis Ikatan	Silika Gel	PANi	PANi/SiO <sub>2</sub> gel
600-900	C-H Bending	-	665,08	624,23
1050-1110	Si-O-Si Asymmetric Stretching	1091,58	-	1022,06
1250-1360	Aromatic C-N Stretching	-	1284,46	1283,46
1400-1500	N-H Stretching	-	1442,81	-
1430-1600	C=C Cincin Aromatik	-	1557,23	1455,39
3200-3700	Si-OH stretching	3265,56	-	-

Gambar 4.3 menunjukkan hasil dari kerakteriasi FTIR gel SiO<sub>2</sub>, PANi, dan Komposit PANi/gel-SiO<sub>2</sub>. Terdapat pergeseran bilangan gelombang dari gugus fungsi Si-O-Si yang mengindikasikan terbentuknya komposit PANi/gel-SiO<sub>2</sub>. Pergeseran bilangan gelombang tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3 dimana awalnya bilangan gelombang yang terbaca adalah 1091,58 pada sampel Silika Gel, kemudian setelah dilakukan proses komposit bilangan gelombangnya berubah menjadi 1022,06 cm<sup>-1</sup>.

Pada PANi dan Komposit PANi/gel-SiO<sub>2</sub> juga terbaca gugus fungsi C-N *stretching* yang merupakan karakteristik pola peyerapan kuat material Polianilin yang bersifat konduktif (Dyana, 2017). Pada PANi bilangan gelombang C-N *stretching* ada pada nilai 1284,46 cm<sup>-1</sup>, sedangkan pada Komposit PANi/gel-SiO<sub>2</sub> C-N *stretching* ada pada nilai 1283,46 cm<sup>-1</sup>.

### 4.3 Laju Korosi

Pengujian laju korosi dilakukan dengan menggunakan metode polarisasi menggunakan alat uji *potensiodynamic*.

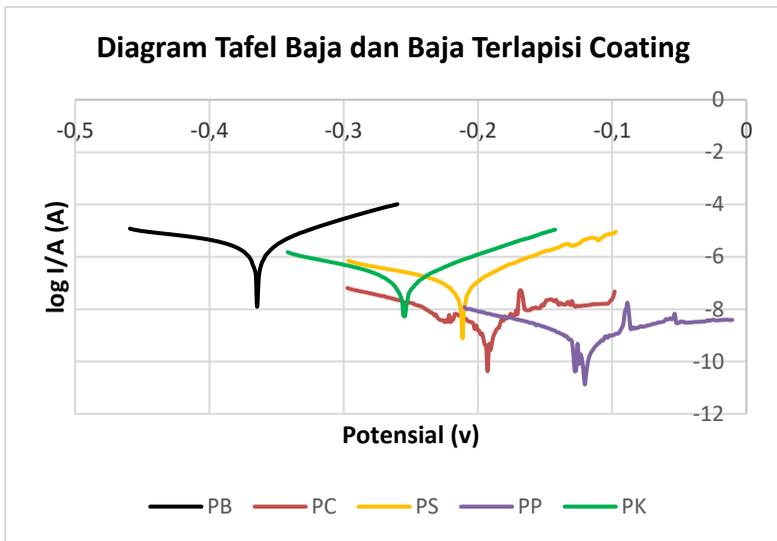
#### Analisa Polarisasi

Uji polarisasi dilakukan untuk mendapatkan laju korosi dengan menggunakan prinsip sel tiga elektroda yang terdiri dari tiga macam elektroda. Elektroda pertama adalah elektroda kerja (*working electrode*) yaitu sebutan untuk elektroda yang sedang diteliti. Luas permukaan dari elektroda ini berpengaruh terhadap laju korosi yang akan terjadi. Kemudian ada elektroda pembantu (*counter electrode*) yang berperan untuk mengangkut arus dalam rangkaian. Biasanya elektroda ini menggunakan batang karbon. Namun dalam penelitian ini, elektroda pembantu yang digunakan adalah Platina. Selanjutnya ada elektroda acuan yang berperan sebagai titik dasar pengacuan pengukuran-pengukuran potensial elektroda kerja. Arus yang mengalir di elektroda ini harus sangat kecil. Oleh karena itu elektroda pembantu dibutuhkan dalam sel tiga elektroda ini. Elektroda acuan yang digunakan adalah Ag/AgCl. Larutan elektrolit yang digunakan adalah NaCl 3,5 M



Gambar 4.3 Rangkaian sel tiga elektroda pada pengujian polarisasi

Hasil dari percobaan ini kemudian diolah dengan menggunakan *software* NOVA dan didapatkan grafik potensial vs arus. Kemudian dibuat garis slop tangensial pada grafik tersebut sehingga nilai  $E_{corr}$  observasi dan  $E_{corr}$  kalkulasi memiliki nilai yang mendekati sama. Selanjutnya didapatkan nilai arus korosi yang kemudian dibagi dengan nilai luas permukaan yang tercelup di larutan elektrolit. Setelah itu hasilnya dibuat dalam bentuk logaritma sehingga didapatkan grafik potensial vs  $\log I/A$  seperti pada Gambar 4.4 berikut ini:



Gambar 4.4 Diagram Taffel, grafik nilai potensial terhadap rapat arus

Dari pengujian tersebut didapatkan nilai laju korosi dalam mpy seperti yang tertera pada Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4 Laju korosi dengan menggunakan uji polarisasi

No	Sampel	$E_{\text{corr}}$ (mV)	$I_{\text{corr}}$ ( $\mu\text{A}$ )	CR (mpy)
1	PB	-365,220	7,66020	$2,3623 \times 10^{-2}$
2	PS	-212,040	0,80496	$2,3148 \times 10^{-3}$
3	PK	-255,490	0.48236	$1,3871 \times 10^{-3}$
4	PC	-193,240	0.0022754	$1,3022 \times 10^{-5}$
5	PP	-127,810	$9,6489 \times 10^{-5}$	$6,4906 \times 10^{-7}$

Berdasarkan data Tabel di atas, laju korosi paling tinggi adalah panel baja tanpa *coating* (PB). Hal ini disebabkan permukaan baja tersebut tereksposur secara langsung dengan larutan elektrolit sehingga tidak ada pertahanan melawan ion-ion negatif yang terdapat di dalam larutan NaCl 3,5 M sehingga baja akan mudah terkorosi.

Sampel PC, baja dilapisi oleh *epoxy* dan cat saja sehingga sampel memiliki pertahanan melawan ion-ion negatif. Laju korosi pada sampel PC ini adalah  $1,3022 \times 10^{-5}$  mpy. Laju korosinya sangatlah kecil karena memang cat yang digunakan adalah cat anti-korosi untuk kapal.

PP memiliki laju korosi yang paling kecil. Sampel ini mengandung *epoxy*, cat, dan PANi yang merupakan polimer konduktif yang mampu menciptakan proteksi katodik melawan lingkungan yang agresif dengan cara menghambat proses oksidasi logam pada mekanisme terjadinya korosi (Zuhri et al., 2013) sehingga PANi ini bisa menjadi bahan yang anti korosi dengan laju korosi  $6,4906 \times 10^{-7}$  mpy.

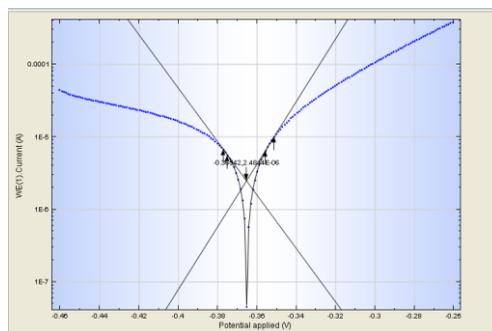
Pada sampel PS yang mengandung *epoxy*, cat, dan silika gel memiliki laju korosi sebesar  $2,3148 \times 10^{-3}$  mpy. Jika dibandingkan dengan sampel PC yang merupakan baja dengan *coating* cat saja, penambahan silika gel pada sampel PS membuat laju korosi pada sampel menjadi lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa fase gel silika ini justru menurunkan kualitas ketahanan korosi akibat kemampuan penyerapan dari silika gel sehingga larutan NaCl akan mudah terserap oleh *coating* sehingga serangan ion-ion negatif menjadi lebih cepat. Silika gel juga memiliki

rumus kimia  $\text{Si(OH)}_4$  dimana terdapat  $\text{OH}^-$  disana yang merupakan salah satu ion korosif yang menyerang logam. Akan tetapi dengan adanya unsur cat, maka laju korosinya masih tergolong baik karena berada di bawah laju korosi dari baja tanpa *coating*.

Laju korosi pada sampel PK yang merupakan baja dilapisi *epoxy*, cat, dan komposit PANi/gel- $\text{SiO}_2$  memiliki laju yang lebih rendah dari PS yaitu  $1,3871 \times 10^{-3}$  mpy. Nilai ini jauh lebih rendah dari PP. Hal ini bisa disebabkan karena pengaruh gel silika yang ada di dalam komposit yang beraglomerasi dengan partikel PANi. Menurut Dyana (2017), pada penelitiannya yang menggunakan variasi silika mikro pada pembuatan gel silika, jumlah  $\text{SiO}_2$  dalam gel mempengaruhi ukuran dan jarak antar partikel. Semakin sedikit mikrosilika dalam gel, ukuran partikel menjadi lebih besar karena partikel silika yang beraglomerasi sedikit. Pada penelitian ini, menggunakan mikrosilika sebanyak 15 gram, sehingga lebih banyak partikel silika gel yang beraglomerasi.

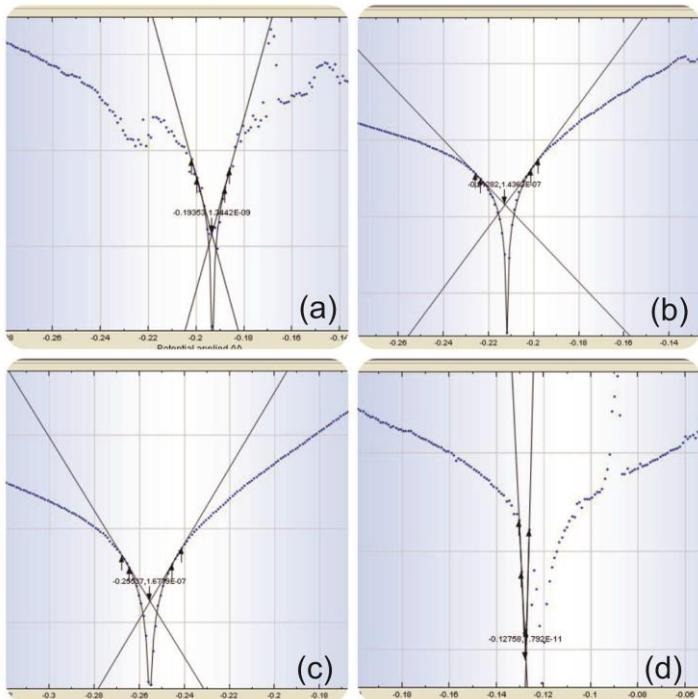
### ***Tafel Ploting***

Laju korosi ditentukan dengan cara menarik garis tangensial pada diagram tafel dengan bantuan empat titik untuk membuat dua garis yang titik pertemuannya merupakan nilai dari laju korosi yang terjadi. Kurva bagian kiri merupakan daerah anodik dan kurva bagian kanan adalah daerah katodik.



Gambar 4.5 Kurva Tafel Baja tanpa Coating (PB)

Gambar 4.5 merupakan diagram polarisasi non-linier, sehingga untuk mengetahui nilai dari laju korosi yang terjadi perlu dilakukan *extrapolating* Tafel pada bagian linier anodik dan katodik yaitu dengan membuat garis tangensial pada kedua bagian hingga kedua garis tersebut bertemu pada suatu titik.



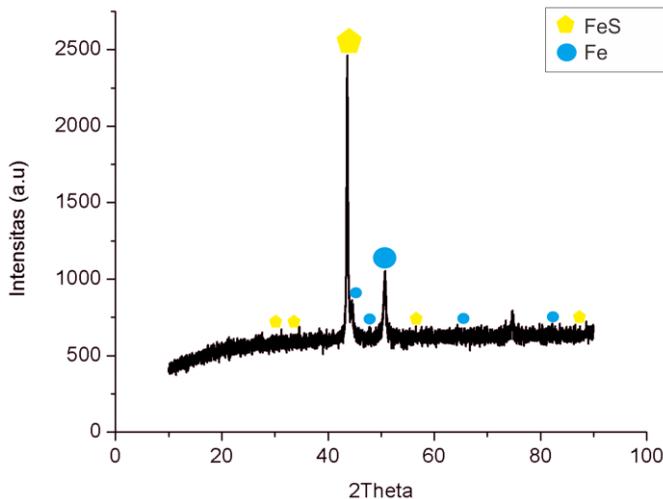
Gambar 4.6 Kurva Tafel: (a) PC, (b) PS, (c) PK, dan (d) PP

Gambar 4.6 menunjukkan perbedaan plotting tafel untuk setiap sampel. Kurva tafel ini merupakan grafik arus vs potensial. Sumbu y merupakan nilai dari arus korosi, sedangkan sumbu x adalah potensial korosi. Sehingga sumbu x/y merupakan  $i/v$ , hal ini menunjukkan nilai dari konduktivitas. Sehingga semakin tegak garis yang terbentuk, maka semakin konduktif bahan tersebut. Terlihat pada Gambar 4.6, bahwa PANi merupakan polimer konduktif sehingga garis yang terbentuk hampir tegak.

#### 4.4 Produk Korosi

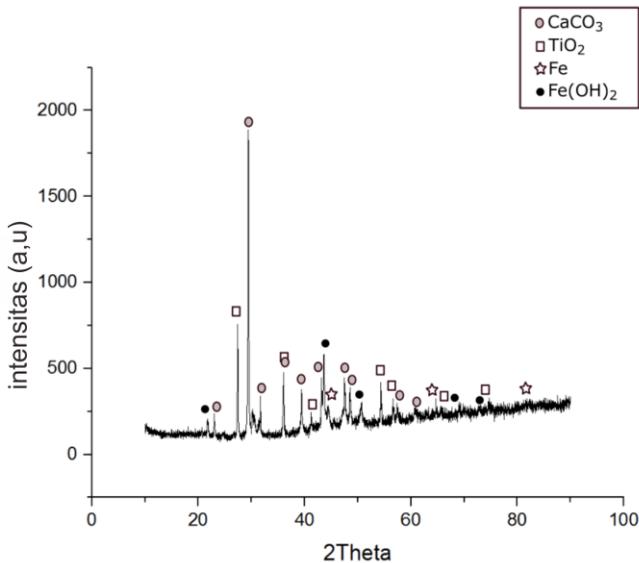
Untuk mengetahui produk korosi, sampel baja SS 304 yang diletakan ke dalam larutan NaCl 3,5 M selama 20 hari. Sampel ini merupakan sampel yang berbeda dengan sampel yang diuji menggunakan polarisasi.

Sampel diuji menggunakan XRD untuk mengetahui fasa yang terbentuk. Berikut adalah hasil pengujian XRD:



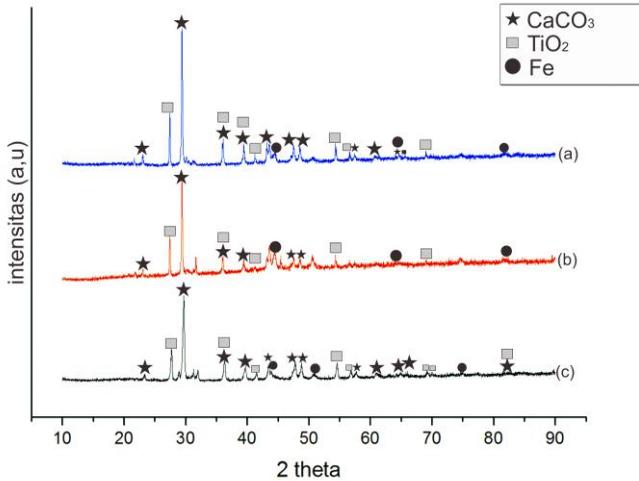
Gambar 4.7 Pola difraksi XRD produk korosi untuk sampel P-B

Gambar di atas merupakan hasil XRD dari sampel P-B, baja tanpa *coating*. Terlihat pada Gambar 4.7, unsur yang mendominasi ada FeS dan Fe. Pada sampel ini tidak terbaca produk korosi yang terjadi disebabkan kemungkinan lapisan oksida yang terbentuk tidak kompak sehingga hilang saat dilakukan pembersihan sebelum diuji XRD.



Gambar 4.8 Pola difraksi XRD produk korosi untuk sampel P-C

Berdasarkan Gambar 4.8 di atas, dapat diketahui fasa yang terbaca adalah  $\text{CaCO}_3$  yang merupakan komposisi utama dari cat kapal yang digunakan. Pada penelitian sebelumnya oleh Putri (2016), tidak terbaca unsur  $\text{TiO}_2$ . Pada penelitian ini, digunakan *epoxy* untuk meningkatkan adhesivitas antara baja dengan *coating*. Sehingga unsur  $\text{TiO}_2$  yang terbaca diindikasikan merupakan komposisi utama dari *epoxy*. Kemudian terdeteksi adanya unsur Fe sebanyak 1,1% pada sampel yang mengindikasikan bahwa terdapat lubang pada lapisan sehingga *base metal* terbaca oleh XRD. Selain itu terdapat fasa  $\text{Fe(OH)}_2$  yang menempati permukaan sampel sebanyak 16,6%.



Gambar 4.9 Pola difraksi XRD produk korosi untuk sampel baja dengan *coating* (a) P-K (b) P-P dan (c) P-S

Berdasarkan Gambar 4.9 di atas, produk korosi tidak terbaca oleh XRD, namun diduga terdapat lubang akibat serangan korosi karena hasil XRD menunjukkan puncak difraksi unsur Fe di beberapa sudut pada tiap sampel. Pada sampel P-S terdeteksi unsur Fe sebesar 3,9%. Hasil olahan data menggunakan *software* search-Match menunjukkan puncak difraksi Fe pada sampel ini terjadi di sudut  $50,93^\circ$  dan  $74,65^\circ$ . Kode sampel P-P terdeteksi Fe sebesar 5,5% dan terjadi pada sudut  $64,99^\circ$  dan  $82,40^\circ$ . Untuk sampel P-K, Fe yang terbaca XRD sebesar 1,5% dan terbaca pada sudut  $44,44^\circ$ ,  $64,62^\circ$ , dan  $81,63^\circ$ . Persentase Fe ini menunjukkan seberapa banyak lapisan *coating* yang terlubangi akibat adanya kontak dengan lingkungan yang korosif. Akan tetapi, produk korosi pada sampel ini tidak muncul. Hal ini bisa saja terjadi karena lapisan *coating*nya melindungi baja dengan baik dan juga akibat adanya penambahan *epoxy* sehingga lapisan *coating* tidak mudah terkelupas.

## 4.5 Mekanisme Korosi

Jenis korosi pada penelitian ini adalah korosi basah yang reaksinya mengikuti reaksi elektrokimia yang melibatkan proses oksidasi (reaksi anodik) dan reduksi (reaksi katodik). Percobaan ini menggunakan larutan NaCl 3,5 M yang berperan sebagai larutan elektrolit dimana larutan ini memiliki jenis ikatan ionik sehingga larutan NaCl ini terdiri dari ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$ . Selain itu juga ada air yaitu  $\text{H}_2\text{O}$  yang terdiri dari ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Ion yang biasanya agresif menyerang adalah ion negatif, dalam penelitian ini adalah ion  $\text{Cl}^-$  dan  $\text{OH}^-$ . Permukaan baja yang terlapisi ataupun yang tidak terlapisi *coating* akan diserang oleh ion  $\text{Cl}^-$  dan  $\text{OH}^-$  ini dengan cara penetrasi melalui permukaan *coating* kemudian menuju permukaan logam. Fe akan melepaskan elektron pada reaksi korosi dan berinteraksi dengan  $\text{Cl}^-$  atau  $\text{OH}^-$ , sedangkan elektron yang terlepas dari reaksi anoda akan berinteraksi dengan ion positif  $\text{Na}^+$  dan  $\text{H}^+$ . Menurut Putri (2016), umumnya, ion  $\text{Cl}^-$  menyebabkan terjadinya korosi lubang. Pergerakan ion  $\text{Cl}^-$  dalam media korosi tersebut menyebabkan adanya aliran elektron. Transfer energi yang disebabkan oleh tumbukan elektron dengan elektron bahan menyebabkan timbulnya lapisan oksida.

Sampel yang digunakan pada penelitian ini dilapisi dengan beberapa macam variasi lapisan pengisi yaitu, gel  $\text{SiO}_2$ , PANi, dan Komposit PANi/gel- $\text{SiO}_2$ . PANi adalah polimer konduktif artinya material ini dapat menghantarkan arus tanpa ikut bereaksi. PANi bisa menjadi pelindung katodik pada baja sehingga ion negatif yang menyerang sampel terhalangi oleh adanya PANi tersebut. Menurut Putri (2016), PANi dapat menghantarkan elektron sehingga apabila ion  $\text{Cl}^-$  bertumbukkan dengan elektron pada ahan yang sudah dicoating dengan PANi, maka transfer energi akan diteruskan oleh bahan tersebut. Sehingga interaksi antara ion korosif  $\text{Cl}^-$  dan bahan terjadi secara tidak langsung

dengan baja tersebut. Artinya hal ini dapat menghambat laju pertumbuhan lapisan oksida.

$\text{SiO}_2$  adalah material keramik yang tentunya tahan terhadap korosi. Fungsinya disini adalah sebagai pengisi tambahan untuk lebih mengurangi laju korosi. Namun silika gel yang digunakan dalam penelitian ini bersifat mampu menyerap air.

Terlepasnya ion-ion Fe dan elektron menyebabkan massa dari sampel berkurang. Akan tetapi, Fe berinteraksi dengan ion negatif yang terdapat di larutan elektrolit membentuk lapisan oksida yang kemudian menempel di permukaan sampel. Ketika terbentuk produk korosi, sebagian area dari lapisan *coating* akan tergantung oleh produk korosi tersebut. Lapisan ini bisa menjadi pelindung bagi sampel dari serangan korosif lainnya karena lapisan oksida menghambat jalannya ion-ion negatif untuk berdifusi ke dalam sampel.

Korosi yang terjadi pada penelitian ini adalah korosi lubang, terbukti dari hasil XRD pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 dimana unsur Fe terdeteksi sehingga diindikasikan terjadi korosi lubang. Berikut adalah hasil pengamatan menggunakan mikroskop optik



Gambar 4.10 Permukaan sampel: (A) PC, (B) PS), (C) PP, dan (D) PK

Berdasarkan Gambar 4.10, dapat dilihat bahwa terdapat lubang yang cukup besar pada permukaan sampel PC. Pada sampel PS, permukaannya sangatlah kasar dan tidak merata. Hal ini menandakan distribusi dari silika gel tidak merata dan beraglomerasi. Sampel PK pada Gambar 4.10 (D) menunjukkan permukaan yang lebih halus merata. Sampel PP pada Gambar 4.10 (C) menunjukkan permukaan PANi yang kasar. Namun PANi adalah polimer konduktif sehingga dapat melindungi permukaan baja dengan baik. Pada Gambar 4.10 (D) terlihat beberapa bagian bagian gelap, bagian kecil tersebut adalah lubang yang terjadi akibat korosi lokal yang diakibatkan oleh serangan ion  $\text{Cl}^-$ . Menurut Perez (2004), Selain proses untuk terbentuknya lubang atau pertumbuhan lubang yang cukup lama, diasumsikan terdapat banyak reaksi anoda dan katoda di daerah yang terlokalisasi. Kedua reaksi anoda dan katoda berlangsung lambat, namun reaksi tetap berjalan searah dengan gravitasi pada banyak kasus. Di dalam larutan elektrolit, ion  $\text{Cl}^-$  bergerak menuju ke dalam lubang, sedangkan molekul oksigen bereaksi dengan molekul air di permukaan baja.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Variasi material pelapis Baja SS304 berpengaruh pada laju korosi dalam lingkungan salinitas tinggi 3,5 M. Pelapis Cat + PANi memperbaiki sifat korosi baja hingga  $10^5$  kali dibanding baja tanpa dilapisi, sedangkan pelapis cat + PANi + SiO<sub>2</sub> gel hanya 10 kali. Penambahan PANi meningkatkan ketahanan korosi, sedangkan penambahan material pelapis yang mengandung SiO<sub>2</sub> gel tidak berpengaruh secara signifikan
2. Produk korosi yang teridentifikasi ~~jadi~~ pada sampel baja dengan coating cat yaitu Fe(OH)<sub>2</sub>, sedangkan pada permukaan sampel terdapat lubang yang dideteksi unsur Fe.

### 5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya mengenai penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan sintesis komposit PANi-SiO<sub>2</sub> gel dengan variasi massa gel SiO<sub>2</sub>
2. Penelitian selanjutnya perlu melakukan karakterisasi SAA untuk mengetahui banyaknya kandungan unsur H<sub>2</sub>O dalam Gel SiO<sub>2</sub> hasil sintesis dan kemampuan penyerapan dari Gel SiO<sub>2</sub>.
3. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan uji ketebalan lapisan untuk mengetahui pengaruh ketebalan *coating* terhadap laju korosi.
4. Untuk pengujian pengurangan massa sebaiknya seluruh permukaan baja dicat.

5. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengukuran ketebalan *coating*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Zaki. 2006. "Principle of Corrosion Engineering and Corrosion Control." Elsevier Science & Technology Books
- Akbar, Sunthoni. 2010. "Sintesis Silika Amorf Berbasis Pasir Alam Slopeng Menggunakan Metode Alkalifusion." FMIPA ITS; Surabaya
- Annae, Rana Afif Majed dan Majid Hameed Abdulmajeed. 2016. "Tribocorrosion". Baghdad: University of Technology, Department of Materials Engineering, Corrosion Science (University of Baghdad),
- Anggaretno, Gita, Imam Rochani, dan Heri Supomo. 2012. "Analisa Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Laju Korosi Pada Pengelasan Pipa API 5L Grade X65 Dengan Media Korosi FeCl<sub>3</sub>," JURNAL TEKNIK ITS, 1 (September).
- Aristia, Gabriela Amanda Gita. 2012. "Sifat Korosi Komposit PANI/SiO<sub>2</sub>-Bervariasi-Struktur Pada Larutan Salinitas Tinggi." Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- 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
- Callister, William D. Jr. 2007. "Material Science and Engineering: An Introduction Seventh Edition". New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Chiang, Y. Ming., Kingery, W. David., Birnie, Dunbar P. 1997. "Physical Ceramics : Principles for Ceramics Science and Engineering. J. Willey.

- Dyana, Regina Gaby Lastiana. 2017. "Sintesis dan Karakterisasi Komposit PANi – SiO<sub>2</sub> dengan Pengisi Gel SiO<sub>2</sub> dari Pasir Bancar Tuban". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Fontana, M.G. 2005. "Corrosion Engineering". Tata Mc Graw-Hill.
- Hadi, Surahmat, Munasir, dan Triwikantoro. 2011. "Sintesis Silika Berbasis Pasir Alam Bancar Menggunakan Metode Kopresipitasi," Jurnal Fisika Dan Aplikasinya.
- 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.
- Nurkumala, E. 2014. "Pengaruh Temperatur Kalsinasi dan Waktu Penahanan terhadap Pertumbuhan Kristal Nanosilika". Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Oscik, J., I.L., Copper. 1994. "Adsorption". Ellis Horwood Publisher, Ltd. Chichester.
- Perez, Nestor. 2004. "Electrochemistry and Corrosion Science". Boston: Kluwer Academic Publishers
- Permana, A., Darminto, D. 2012. "Fabrikasi Polianilin-TiO<sub>2</sub> dan Aplikasinya sebagai Pelindung Anti Korosi pada Lingkungan Statis, Dinamis dan Atmosferik". Jurnal Fisika dan Aplikasinya Vol 8 Isu 1.
- Putri, Agustin Leny. 2016. "Identifikasi Produk Korosi Baja SS304 Coating PANi/SiO<sub>2</sub> Pada Larutan Salinitas Tinggi NaCl 3,5 M." Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Roberge, Pierre R. 2007. *Corrosion Inspection and Monitoring*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Sholikha, Ismiati, et al. 2010. "Sintesis Dan Karakterisasi Silika Gel Dari Limbah Abu Sekam Padi (*Oryza Sativa*) Dengan Variasi Konsentrasi Pengasaman" *Jurnal Penelitian Mahasiswa UNY Volume V, Nomor 2, Agustus 2010*.
- Sulastri, Siti dan Susila Kristianingrum. 2010. "Berbagai Macam Senyawa Silika: Sintesis, Karakterisasi Dan Pemanfaatan" *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta*
- Sulistijono. 1999. "Diktat Kuliah Korosi". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sumarji. 2011. "Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Stainless Steel Tipe SS 304 Dan SS 201 Menggunakan Metode U-Bend Test Secara Siklik Dengan Variasi Suhu Dan pH". *Jurnal ROTOR, Volume 4 Nomor 1, Januari 2011*.
- Trethewey K.R. & Chamberlain, J. 1991. *Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*. PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Zainuri, Moch, et al. 2012. "Perbandingan Massa Kalium Hidroksida Pada Ekstraksi SiO<sub>2</sub> Orde Nano Berbasis Bahan Alam Pasir Kuarsa."
- Zuhri, A.A., et al. 2013. "Sintesis dan Karakterisasi Nanokomposit PANi/SiO<sub>2</sub> sebagai Pelapis Tahan Korosi". *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia Vol 2*.
- <http://www.zhongtongsteelpipe.com/id/competitive-price-ss-steel-angle-bar-with-sgs-certificate-61.html>
- <http://keywordsuggest.org/gallery/732286.html>

<https://rfclipart.com/chemical-structure-of-silica-gel-compound-126131-vector-clipart.html>

<http://polyaniline.in/polyaniline/>

## LAMPIRAN A

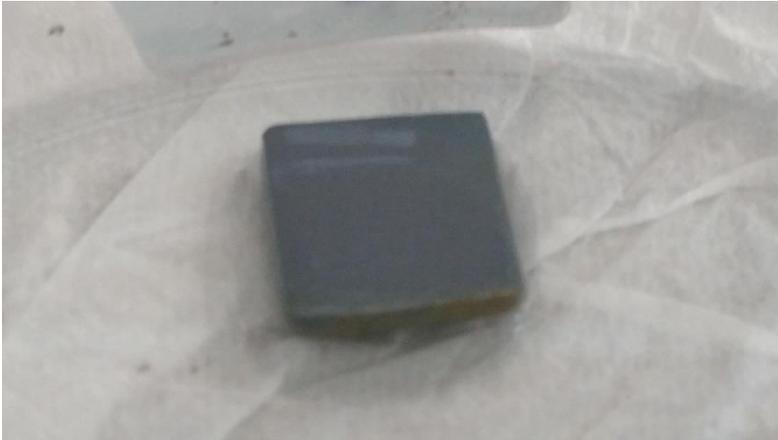
Foto sampel setelah perlakuan korosi



Baja + epoxy + cat (PC)



Baja + epoxy + cat + Silika Gel (PS)



Baja + *epoxy* + cat + PANi (PP)



Baja + *epoxy* + cat + Komposit PANi/SiO<sub>2</sub>-gel (PK)

## LAMPIRAN B

**Gambar permukaan sampel diamati dengan menggunakan Mikroskop Optik**



Permukaan PC



Permukaan PS



Permukaan PP



Permukaan PK

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis dikenal dengan nama “Ryandhika Rukmana” adalah anak pertama dari empat bersaudara yang dilahirkan pada 16 Desember 1993 dari pasangan Kardiman dan Siti Rohana Dewi. Penulis berasal dari Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Sabillal Jakarta, SD Negeri Pisangan Baru 11 Pagi Jakarta, SMP Negeri 7 Jakarta dan SMA Negeri 54 Jakarta. Penulis mengikuti jalur SNMPTN tulis dan diterima di Jurusan Fisika FMIPA ITS pada tahun 2012 yang terdaftar dengan NRP 1112100073. Di jurusan Fisika ini, penulis pada awalnya menggeluti bidang minat Fisika Bumi kemudian beralih ke bidang Fisika Material. Selama menempuh pendidikan tinggi di ITS, Penulis sangat menyukai kegiatan yang berhubungan dengan bidang akademik maupun kegiatan non akademik. Penulis merupakan salah satu pendiri dari UKM *ITS Astronomy Club* (IAC). Penulis pernah berkontribusi di *American Association of Petroleum Geologists* (AAPG) *Student Chapter* ITS. Penulis juga pernah menjadi anggota dari *Student Chapter* lainnya seperti *Society of Petroleum Engineer* (SPE) dan *Indonesian Corrosion Association* (INDOCOR). Harapan besar penulis adalah karya ini dapat bermanfaat untuk orang lain dan juga bagi diri penulis sendiri sebagai sarana pengembangan potensi dan kualifikasi diri sehingga mampu menjadi pribadi yang lebih baik yang berlandaskan ajaran agama Allah SWT. Penulis akan menerima segala masukan, kritik, dan saran mengenai penelitian yang penulis lakukan ini. Kritik dan saran dapat dikirim melalui email: [ryandhika12@mhs.physics.its.ac.id](mailto:ryandhika12@mhs.physics.its.ac.id) .

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*