

**KARAKTERISASI HASIL LAPISAN PADA PELAT BAJA  
STANDAR ASTM A36 YANG DILAPISI DENGAN METODE  
*DIAZONIUM INDUCED ANCHORING PROCESS* DENGAN  
VARIASI WAKTU REAKSI DAN KONSENTRASI AGEN  
PEREDUKSI**

**SKRIPSI**

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan  
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Oleh:

Mohammad Aptaloka Sakima  
3334170055

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON-BANTEN**

**2022**

LEMBAR PENGESAHAN

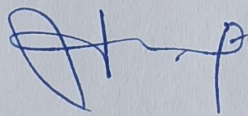
**KARAKTERISASI HASIL LAPISAN PADA PELAT BAJA  
STANDAR ASTM A36 YANG DILAPISI DENGAN METODE  
*DIAZONIUM INDUCED ANCHORING PROCESS* PADA  
VARIASI WAKTU REAKSI DAN KONSENTRASI AGEN  
PEREDUKSI**

**SKRIPSI**

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan  
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh :

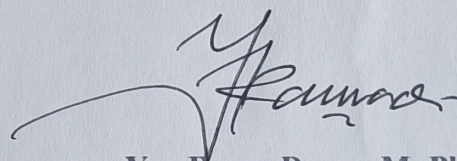
Pembimbing I



**Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc**

NIP. 197804102003121001

Pembimbing II



**Yus Rama Denny M, Ph.D.**

NIP. 198206222009121002



LEMBAR PERSETUJUAN

**KARAKTERISASI HASIL LAPISAN PADA PELAT BAJA  
STANDAR ASTM A36 YANG DILAPISI DENGAN METODE  
*DIAZONIUM INDUCED ANCHORING PROCESS* PADA  
VARIASI WAKTU REAKSI DAN KONSENTRASI AGEN  
PEREDUKSI**

**SKRIPSI**

Disusun dan diajukan oleh :

**Mohammad Aptaloka Sakima**

**3334170055**

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal

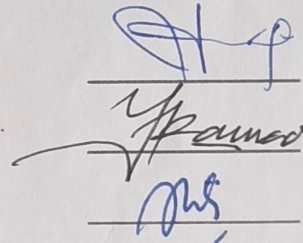
Susunan Dewan Penguji

Tanda Tangan

Penguji I : Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc

Penguji II : Yus Rama Denny M, S.T., M.T., Ph.D.

Penguji III : Tri Partuti, S.Si., M.Si



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik



Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Metalurgi

**Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc**

NIP. 197804102003121001



## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Karakterisasi Hasil Lapisan Pada Pelat Baja Standar  
ASTM A36 Yang Dilapisi Dengan Metode *Diazonium  
Induced Anchoring Process* Dengan Variasi Waktu  
Reaksi Dan Konsentrasi Agen Pereduksi

Nama Mahasiswa : Mohammad Aptaloka Sakima

NIM : 3334170055

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggung jawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.



Cilegon, Juli 2022

Mohammad Aptaloka Sakima

NIM. 3334170055

## ABSTRAK

Pelapisan bahan atau yang biasa dikenal dengan *coating* merupakan suatu metode untuk merubah sifat permukaan bahan. Salah satu material yang banyak digunakan pada kehidupan sehari-hari adalah logam. Salah satu logam yang banyak digunakan dan mudah di temui adalah logam baja karbon rendah karena sifatnya yang mudah ditempa dan dimesin. Salah satu baja karbon rendah adalah baja standar ASTM A36. *Diazonium induced anchoring process* (DIAP) merupakan proses pelapisan material berdasarkan pada reaksi garam aryl diazonium. Salah satu modifikasi dari DIAP adalah metode yang disebut Graftfast™. Proses *polymer grafting* pada penelitian ini menggunakan *4-Nitrobenzenediazonium tetrafluoroborate* (NBDT) dengan konsentrasi 0,01 M dengan variasi waktu reaksi 5, 10, dan 15 menit. Serta menggunakan *L-Ascorbic Acid* (VC) atau dikenal sebagai vitamin C sebagai agen pereduksi. Digunakan variasi konsentrasi VC:NBDT 1:1, 1:5, dan 1:10. Variasi waktu menjadi parameter yang akan mempengaruhi hasil lapisan pada permukaan substrat. Lalu konsentrasi VC digunakan sebagai agen pereduksi yang menginisiasi terbentuknya aryl diazonium dari garam diazonium. Aryl diazonium menjadi gugus yang dibutuhkan dalam penelitian ini, karena gugus ini akan melakukan proses *anchoring* terhadap substrat. Pada penelitian dilakukan uji potensio dinamik dengan potensiostat untuk mengetahui karakterisasi hasil lapisan terhadap ketahanan korosi dengan melakukan analisa pada grafik polarisasi. Lalu dilakukan pengujian FTIR untuk menganalisa gugus fungsi yang terbentuk pada permukaan setelah proses *grafting* dengan menganalisa spektrum hasil pengujian pada rentang bilangan gelombang tertentu. Indikasi adanya lapisan pada permukaan substrat ditandai dengan adanya *peak* pada bilangan gelombang berkisar  $1600\text{ cm}^{-1}$ ,  $1520\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1350\text{ cm}^{-1}$ . Laju korosi terbesar terjadi pada variasi waktu reaksi 15 menit dengan rasio VC:NBDT 1:5.

**Kata kunci** : ASTM A36, DIAP, FTIR, Graftfast™, Laju Korosi

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan anugerah-Nya penulis dapat diberikan kesempatan untuk menyusun dan menyelesaikan tugas akhir ini. Pada penulisan tugas akhir ini juga tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, maka dalam kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc. selaku ketua jurusan Teknik Metalurgi dan selaku kordinator skripsi, serta sebagai pembimbing satu tugas akhir
2. Bapak Yus Rama Denny M, S.T., M.T., Ph.D. selaku pembimbing dua tugas akhir.
3. Ibu Tri Partuti, S.Si., M.Si selaku penguji ketiga pada sidang akhir saya.
4. Dosen-dosen Teknik Metalurgi yang telah memberikan banyak sekali ilmu selama saya menimba ilmu.
5. Ayah dan Bunda saya
6. Teman-teman Teknik metalurgi 2017

Tentunya masih banyak pihak-pihak yang terlibat dalam penyusunan tugas akhir penelitian ini. Diharapkan tugas akhir ini dapat bermanfaat dan bisa menjadi sesuatu yang berguna.

Cilegon, Juli 2022

Mohammad Aptaloka Sakima

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Identifikasi Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Baja.....	5
2.2. Korosi .....	7
2.3. <i>Graftfast</i> .....	10
2.4. Potensiostat.....	15
2.5. <i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i> .....	17
2.6. <i>Scanning Electron Microscope</i> .....	20
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	22
3.2. Alat dan Bahan .....	24
3.3. Prosedur Penelitian.....	25
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>

4.1. Identifikasi <i>Grafting</i> .....	30
4.2 Hasil Pengujian FTIR .....	32
4.3 Pengujian Potensio Dinamik .....	38
4.4. Identifikasi Permukaan .....	43
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>46</b>
5.1. Kesimpulan.....	46
5.2. Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>48</b>
<b>LAMPIRAN A .....</b>	<b>50</b>
<b>LAMPIRAN B .....</b>	<b>52</b>
<b>LAMPIRAN C .....</b>	<b>61</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1.</b> Plat Baja Struktural.....	4
<b>Gambar 2.2.</b> Gambaran Umum Percobaan Graftfast <sup>TM</sup> .....	11
<b>Gambar 2.3</b> L-Ascorbic Acid atau Vitamin C .....	15
<b>Gambar 2.4</b> Kurva Polarisasi Tafel .....	16
<b>Gambar 2.5</b> Alat Uji FTIR.....	17
<b>Gambar 2.6</b> <i>Mid-IR Spectrum Regions</i> .....	18
<b>Gambar 2.7</b> Prinsip Kerja SEM.....	20
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Preparasi Baja ASTM A36.....	21
<b>Gambar 3.2</b> Diagram Alir <i>Grafting</i> Substrat Baja ASTM A36.....	22
<b>Gambar 3.3</b> Pelat Baja sebelum Preparasi (a); Pelat Baja Setelah Preparasi .....	23
<b>Gambar 3.4</b> Kabel Elektroda .....	25
<b>Gambar 3.5</b> (a) Tampilan Aplikasi CS Studio 6. (b) Grafik Tafel .....	26
<b>Gambar 3.6</b> Spektrum Sampel.....	26
<b>Gambar 4.1</b> Indikasi Adanya Produk N <sub>2</sub> Pada Proses <i>Grafting</i> .....	28
<b>Gambar 4.2</b> Mekanisme Transfer Elektron <i>Homolytic Dediazonation</i> .....	29
<b>Gambar 4.3</b> Grafik Perbandingan Hasil FTIR Terhadap Variasi Waktu Reaksi Pada Variasi VC:NBDT = 1:10 .....	32
<b>Gambar 4.4</b> Spektrum Hasil Pengujian FTIR Pada Variasi Konsentrasi VC Pada Variasi Waktu Reaksi 15 Menit .....	34
<b>Gambar 4.5</b> Perbedaan Larutan <i>Grafting</i> Pada Variasi Penggunaan VC; a) VC 1:1 b) VC 1:5 c) VC 1:1 .....	35
<b>Gambar 4.6</b> Kurva Polarisasi Sampel Tanpa <i>Grafting</i> .....	37

<b>Gambar 4.7</b> Kurva Polarisasi Tafel Pada Variasi Waktu Reaksi dan Variasi VC:NBDT 1:10.....	37
<b>Gambar 4.8</b> Perbandingan Kerapatan Arus Korosi dengan Waktu Reaksi .....	39
<b>Gambar 4.9</b> Laju Korosi Terhadap Waktu Pada Variasi Konsentrasi Agen Pereduksi .....	40
<b>Gambar 4.10</b> Hasil Pengujian SEM; (a) Permukaan Sebelum Dilakukan <i>Grafting</i> ; (b) Permukaan Setelah Dilakukan <i>Grafting</i> .....	44
<b>Gambar 4.11</b> Hasil Pengujian SEM (a) Variasi NBDT:VC 1:10; (b) Variasi NBDT:VC 1:5; (c) Variasi VC:NBDT 1:1 .....	45
<b>Gambar B.1</b> Spektrum FTIR Sampel Variasi 5 Menit dan VC:NBD 1:10 .....	48
<b>Gambar B.2</b> Spektrum FTIR Sampel Variasi 10 Menit dan VC:NBDT 1:10.....	48
<b>Gambar B.3</b> Spektrum FTIR Sampel Variasi 15 Menit dan VC:NBDT 1:10.....	49
<b>Gambar B.4</b> Spektrum FTIR Sampel Variasi 5 Menit dan VC:NBDT 1:5.....	49
<b>Gambar B.5</b> Spektrum FTIR Sampel Variasi 10 Menit dan VC:NBDT 1:5.....	49
<b>Gambar B.6</b> Spektrum FTIR Sampel Variasi 15 Menit dan VC:NBDT 1:5.....	50
<b>Gambar B.7</b> Spektrum FTIR Sampel Variasi 5 Menit dan VC:NBDT 1:1 .....	50
<b>Gambar B.8</b> Spektrum FTIR Sampel Variasi 10 Menit dan VC:NBDT 1:1 .....	50
<b>Gambar B.9</b> Spektrum FTIR Sampel Variasi 15 Menit dan VC:NBDT 1:1 .....	51
<b>Gambar B.10</b> Grafik Tafel Sampel Variasi 5 Menit dan VC:NBDT 1:10.....	51
<b>Gambar B.11</b> Grafik Tafel Sampel Variasi 10 Menit dan VC:NBDT 1:10.....	52
<b>Gambar B.12</b> Grafik Tafel Sampel Variasi 15 Menit dan VC:NBDT 1:10.....	52
<b>Gambar B.13</b> Grafik Tafel Sampel Variasi 5 Menit dan VC:NBDT 1:5 .....	53
<b>Gambar B.14</b> Grafik Tafel Sampel Variasi 10 Menit dan VC:NBDT 1:5 .....	53
<b>Gambar B.15</b> Grafik Tafel Sampel Variasi 15 Menit dan VC:NBDT 1:5 .....	54
<b>Gambar B.16</b> Grafik Tafel Sampel Variasi 5 Menit dan VC:NBDT 1:1 .....	54
<b>Gambar B.17</b> Grafik Tafel Sampel Variasi 10 Menit dan VC:NBDT 1:1 .....	55

<b>Gambar B.18</b> Grafik Tafel Sampel Variasi 15 Menit dan VC:NBDT 1:1 .....	55
<b>Gambar B.19</b> Grafik Tafel Sampel Tanpa <i>Grafting</i> .....	56
<b>Gambar C.1</b> Potensiostat .....	57
<b>Gambar C.2</b> Gerinda Tangan.....	57
<b>Gambar C.3</b> Grinder & Polishing.....	57
<b>Gambar C.4</b> Gelas Beker.....	57
<b>Gambar C.5</b> Grinder Ukur.....	57
<b>Gambar C.6</b> Kabel Elektroda .....	57
<b>Gambar C.7</b> Amplas .....	58
<b>Gambar C.8</b> Asam Askorbat .....	58
<b>Gambar C.9</b> Pelat Baja ASTM A36.....	58
<b>Gambar C.10</b> Aseton .....	58
<b>Gambar C.10</b> Aseton .....	58
<b>Gambar C.12</b> Pasta Alumina.....	58
<b>Gambar C.13</b> Nitrobenzene Diazonium.....	58

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b> Komposisi Kimia Baja ASTM A36 .....	6
<b>Tabel 2.2.</b> <i>Tensile Requirements</i> Baja ASTM A36 .....	6
<b>Tabel 2.3</b> Daftar Bilangan Gelombang dari Berbagai Jenis Ikatan .....	19
<b>Tabel 4.1</b> Waktu Reaksi Terhadap %transmitan Penyerapan IR Pada Variasi VC:NBDT = 1:10.....	30
<b>Tabel 4.2</b> Waktu Reaksi Terhadap %transmitan Penyerapan IR Pada Variasi VC:NBDT = 1:5.....	31
<b>Tabel 4.3</b> Waktu Reaksi Terhadap %transmitan Penyerapan IR Pada Variasi VC:NBDT = 1:1 .....	32
<b>Tabel 4.4</b> Nilai Kerapatan Arus Korosi Sampel Uji.....	38
<b>Tabel 4.5</b> Nilai Laju Korosi Sampel.....	40



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Material menjadi hal yang tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan manusia. Berbagai macam material digunakan oleh manusia untuk berbagai macam aplikasi, mulai dari rumah tangga hingga industri. Material yang banyak kita jumpai adalah material logam maupun non logam. Dari Setiap material memiliki sifat dan karakteristiknya masing-masing.

Material logam juga biasa digunakan dalam dunia medis. Paradigma tradisional logam biomaterial membutuhkan logam dengan ketahanan korosi yang baik. Baru-baru ini paradigma itu dipatahkan dengan munculnya logam biodegradable. Logam biodegradable muncul sebagai alternatif untuk bidang biomedis. Logam *biodegradable* diharapkan menimbulkan korosi secara bertahap (Zheng, 2014).

Metode *Diazonium Induced Anchoring Process* (DIAP) merupakan proses pelapisan material berdasarkan pada reaksi garam aryl diazonium, pertama kali diusulkan oleh Pinson pada tahun 1992, yang memanfaatkan reaksi substitusi *nucleophilic aryl* antara garam diazonium dan aromatic untuk secara kovalen mencangkokkan (*graft*) lapisan seperti polifenilen ke permukaan material (Hu, 2020). Salah satu modifikasi dari DIAP adalah metode yang disebut Graftfast<sup>TM</sup>. Metode ini tetap menggunakan prinsip *anchoring process* dengan menyampurkan

garam diazonium, agen pereduksi, serta dengan atau tanpa larutan *vinyllic monomer*. Metode ini dapat diaplikasikan pada berbagai macam substrat, baik konduktor maupun isolator, serta relatif mudah karena dapat dilakukan pada temperatur ruang, tanpa menggunakan energi listrik.

Pada studi awal ini digunakan baja ASTM A36. Baja ASTM A36 sendiri merupakan baja karbon rendah atau *mild-steel*. Baja karbon rendah merupakan baja karbon dengan unsur karbon rendah yakni berkisar 0,05-0,3% Baja ASTM A36 sendiri memiliki unsur karbon sebesar 0,26%. Pada studi ini akan dilakukan pengamatan hasil *grafting* pada permukaan substrat. Pengamatan terkait lapisan yang terbentuk pada permukaan dan sifat korosi dari substrat yang telah dilakukan *grafting*. Berangkat dari hal itu maka judul dalam penelitian ini adalah “Karakterisasi Hasil Lapisan Pada Pelat Baja Standar ASTM A36 Yang Dilapisi Dengan Metode *Diazonium Induced Anchoring Process* Dengan Variasi Waktu Reaksi Dan Konsentrasi Agen Pereduksi”.

## **1.2. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang penelitian maka rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh waktu reaksi terhadap hasil lapisan yang terbentuk?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi agen pereduksi terhadap hasil lapisan yang terbentuk?
3. Bagaimana nilai laju korosi setelah dilakukan *grafting*?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui laju korosi substrat setelah dilakukan *grafting*
2. Membentuk lapisan *polynitrophenylene* (PNP) pada permukaan substrat.
3. Mengetahui pengaruh waktu reaksi terhadap hasil lapisan yang terbentuk pada permukaan baja ASTM A36.
4. Mengetahui pengaruh konsentrasi agen pereduksi terhadap hasil *grafting*.

### **1.4. Batasan Masalah**

Mengacu pada identifikasi masalah serta tujuan dari penelitian ini maka ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Substrat yang digunakan adalah plat baja ASTM A36.
2. Agen reduksi pada penelitian ini adalah *L-Ascorbic Acid*.
3. Karakterisasi produk dilakukan menggunakan instrumen *potentiostat* dan *Fouier-Transform infrared spectrometer* (FTIR).
4. Pengujian laju korosi dengan metode potensiodinamik menggunakan *potensiostat*
5. Penelitian dilakukan di Laboratorim *Material Functional* dan Laboratorium Metalurgi Jurusan Teknik Metalurgi UNTIRTA.

## **1.5. Sistematika Penulisan**

Penulisan penelitian ini dibagi menjadi lima bab. Bab I menjelaskan mengenai latar belakang penelitian, identifikasi masalah, tujuan penelitian, Batasan masalah, dan sistematika penulisan penelitian. Bab II menjelaskan mengenai teori-teori dasar yang mendukung penelitian serta sebagai acuan dalam analisis dan pembahasan. Bab III menjelaskan mengenai metode penelitian yang berisi tentang diagram alir penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, prosedur dan metode penelitian yang dilakukan mulai dari penyiapan sampel hingga proses karakterisasi hasil penelitian. Bab IV menjelaskan tentang hasil penelitian dan pembahasan terhadap hasil yang diperoleh selama penelitian dengan mengacu pada literatur yang ada. Bab V menjelaskan kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan serta saran untuk penelitian serupa jika akan dilakukan.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Baja**

Besi murni (ferit) tentulah tidak mengandung karbon. Besi ini relatif lunak dan liat serta mampu tempa, tetapi tidak kuat. Hampir semua besi murni mempunyai suatu kekuatan tarik batas sekitar 40.000 psi. Penambahan karbon ke dalam besi murni dalam jumlah yang berkisar dari 0,05 sampai 1,7 persen, menghasilkan apa yang dikenal sebagai baja. Bila satu atau lebih logam ditambahkan kedalam baja karbon dalam jumlah yang cukup maka akan diperoleh sifat-sifat baja yang baru, hasil ini dikenal dengan baja paduan. Logam paduan yang umum digunakan adalah nikel, mangan, khrom, vanad, dan molibden (Afandi, 2015).



**Gambar 2.1.** Plat Baja Struktural

Adapun baja karbon menurut komposisi kimiawinya dibedakan menjadi sebagai berikut (Sumarji, 2012) :

1. Baja Karbon rendah dengan kadar karbon 0,05-0,3% (*low carbon steel*).  
Sifatnya mudah ditempa dan mudah dimesin. Biasanya digunakan untuk bodi mobil, bus, dan lain-lain.
2. Baja karbon menengah dengan kadar karbon 0,3-0,5% (*medium carbon*

*steel*). Kekuatannya lebih tinggi daripada baja karbon rendah. Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas, dan dipotong. Penggunaannya untuk konstruksi bangunan, bahan pada komponen mesin, golok, pisau, dan lain-lain.

3. Baja karbon tinggi dengan kadar karbon 0,5-1,5 % (*high carbon steel*). Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas dan dipotong. Penggunaannya seperti pada baja kawat, kabel Tarik dang angkat, kikir, pahat, dan gergaji.

**Tabel 2.1.** Komposisi Kimia Baja ASTM A36 (ASTM, 2004)

Unsur	Persentasi(%)
Karbon	0,26
Mangan	-
Fosfor	0,04
Sulfur	0,05
Silicon	Maksimal 0,4
Copper	0,2

**Tabel 2.2.** *Tensile Requirements* Baja ASTM A36 (ASTM, 2004)

<i>Tensile Requirements</i>	
Tensile Strength (MPa)	400-550
Yield Strength (MPa)	250

Baja dengan kadar karbon sangat rendah yaitu kurang dari 0,025% disebut baja feritik, dan yang mengandung 0,8% disebut baja pearlitic. Baja feritik hampir serupa dengan besi murni atau hanya sedikit mengandung karbon (Saito, 2000).

Pada percobaan digunakan baja ASTM A36 yang merupakan baja karbon rendah yang memiliki kekuatan yang baik dan juga ditambah dengan sifat baja yang bisa dirubah bentuk menggunakan mesin dan juga dilakukan pengelasan (Suprayogi, 2017). *Properties* dari baja ASTM A36 dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

## **2.2. Korosi**

Korosi adalah salah satu proses perusakan material khususnya logam karena adanya suatu reaksi antara logam tersebut dengan lingkungan. Proses perusakan material yang terjadi menyebabkan turunnya kualitas material logam tersebut. Korosi yang terjadi pada benda logam merupakan sebuah hal yang akan selalu terjadi dan tidak dapat dihindarkan. Korosi merupakan proses yang terjadi secara alami dan tidak akan biasa berhenti selama logam tersebut masih berada di lingkungan yang bersifat korosif. Proses ini akan merusak logam dengan cara mengikis logam yang kemudian akan menurunkan sifat-sifat mekanis yang dimiliki oleh logam tersebut. Pada umumnya reaksi korosi yang terjadi merupakan reaksi elektrokimia.

Korosi merupakan salah satu musuh besar dalam dunia industri, beberapa contoh kerugian yang ditimbulkan korosi adalah terjadinya penurunan kekuatan material dan biaya perbaikan akan naik jauh lebih besar dari yang diperkirakan. Sehingga diperlukan suatu usaha pencegahan-pencegahan terhadap serangan korosi. Ada pengertian dari pakar lain, yaitu :

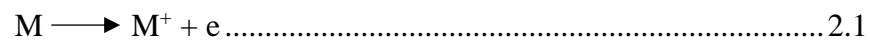
1. Korosi adalah perusakan material tanpa perusakan material
2. Korosi adalah kebalikan dari metalurgi ekstraktif

3. Korosi adalah sistem termodinamika logam dengan lingkungan (udara, air, tanah), yang berusaha mencapai kesetimbangan.

Pada dasarnya korosi diartikan sebagai penurunan mutu logam yang disebabkan oleh reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungan sekitarnya. Korosi dapat terjadi apabila terdapat 4 elemen dibawah ini:

1. Anoda

Terjadi reaksi oksidasi, maka daerah tersebut akan timbul korosi



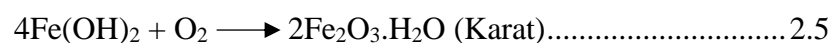
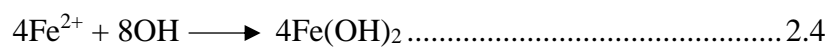
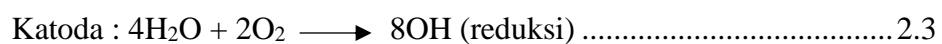
2. Katoda

Terjadi reaksi reduksi, daerah tersebut mengkonsumsi elektron.

3. Tempat arus mengalir dari katoda ke anoda

4. Adanya larutan korosif yang dapat mengalirkan arus listrik yang mengandung ion-ion.

Salah satu contoh reaksi yang akan terjadi adalah sebagai berikut:



Pada persamaan 2.2 memperlihatkan reaksi oksidasi Fe melepaskan ion yang membuat Fe bersifat anodik. Lalu pada persamaan 2.3 merupakan kelembapan udara yang biasa berinteraksi dengan logam Fe, khususnya di lingkungan *outdoor*.



Persamaan antara anoda dan katoda ini akan menghasilkan reaksi pada persamaan 2.4 yang menghasilkan besi(II) hidroksida. Ketika besi(II) hidroksida terpapar oleh udara ( $O_2$ ) akan menghasilkan karat seperti pada persamaan 2.5. Besi (Fe) akan cenderung mengalami karat karena besi akan Kembali ke kondisi setimbangnya. Terbentuknya  $Fe_2O_3$  menjadikan proses korosi pada besi sebagai kebalikan dari proses metalurgi yang memproses besi oksida menjadi besi yang dapat direkayasa (penambahan paduan, perlakuan panas/dingin, dan lain-lain). Adapun korosi dapat terjadi karena penyebab yang berbeda, oleh karena itu terdapat jenis-jenis korosi sebagai berikut (Utomo, 2009) :

#### **4.4.1 Korosi seragam**

Korosi seragam adalah korosi yang terjadi pada permukaan logam akibat reaksi kimia karena pH air yang rendah dan udara yang lembab, sehingga semakin lama logam semakin menipis. Biasanya korosi ini terjadi pada pelat baja atau profil, dan logam homogen.

#### **4.4.2 Korosi Sumuran**

Korosi sumuran merupakan korosi yang disebabkan karena komposisi logam yang tidak homogen yang dimana pada daerah batas timbul korosi yang berbentuk sumur.

#### **4.4.3 Korosi erosi**

Korosi ini terjadi karena keausan dan menimbulkan bagian-bagian yang tajam dan kasar. Bagian-bagian inilah yang mudah terjadi korosi dan juga diakibatkan karena fluida yang sangat deras dan dapat mengikis lapisan pelindung pada logam.

#### **4.4.4 Korosi galvanic**

Korosi galvanic terjadi karena adanya dua logam yang berbeda dalam satu elektrolit sehingga logam yang lebih anodic akan terkorosi.

#### **4.4.5 Korosi tegangan**

Korosi tegangan terjadi karena butiran logam yang berubah bentuk yang diakibatkan karena logam mengalami perlakuan khusus, sehingga butiran menjadi tegang dan butiran ini sangat mudah bereaksi dengan lingkungan.

#### **4.4.6 Korosi celah**

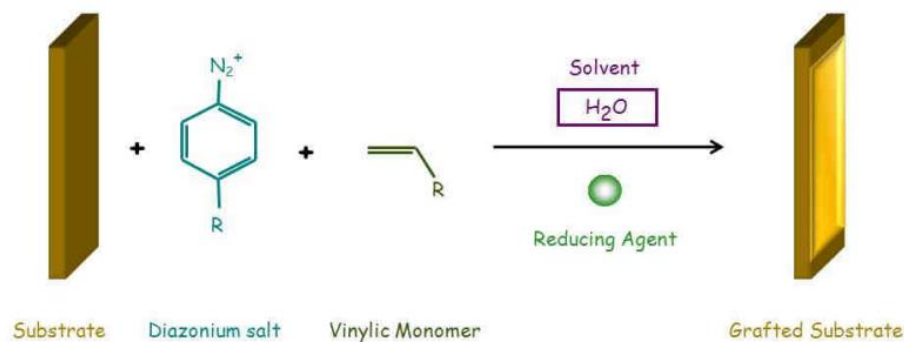
Korosi celah terjadi pada logam yang berdempetan dengan logam lain diantaranya ada celah yang dapat menahan kotoran dan air sehingga konsentrasi  $O_2$  pada permukaan lebih banyak dibandingkan pada bagian dalam, sehingga bagian dalam lebih anodic dan bagian luar menjadi katodik.

### **2.3. Graffast**

Graffast merupakan proses polimerisasi radikal berdasarkan reduksi garam diazonium yang menghasilkan radikal yang dapat menginisiasi polimerisasi dalam larutan *vinyllic monomers*. Graffast mengarah pada pencangkakan lapisan polimer dalam waktu singkat dengan reaksi satu langkah pada tekanan atmosfer, temperatur ruang, dalam air, dan tanpa sumber energi lainnya. Nama graffast sendiri mewakili deskripsi dari *anchoring process* yang menyampurakan garam diazonium, agen produksi dengan atau tanpa *vinyllic monomer* dalam suatu larutan. Gambaran umum proses percobaan Graffast<sup>TM</sup> dapat dilihat pada Gambar 2.2. Proses pencangkakan

dengan hanya menggunakan garam diazonium disebut sebagai reaksi spontan, Sedangkan jika dengan penambahan agen pereduksi disebut sebagai *redox-induced process* (Mesnage, 2011). Mekanisme dari *Diazonium Induced Anchoring Process* (DIAP) dapat dijabarkan sebagai berikut (Mévellec, 2007):

1. Pemunculan radikal aryl terkonsentrasi setelah aktivasi redox dari garam diazonium oleh partikel pereduksi.
2. Pembentukan lapisan cangkok primer seperti polyphenylene.
3. Disaat yang sama, terjadi inisiasi polimerisasi radikal monomer vinil dalam larutan.
4. Terjadi *trapping* makroradikal ke cincin aromatik dari lapisan primer untuk membentuk lapisan akhir



**Gambar 2.2.** Gambaran Umum Percobaan Graftfast™

Secara teori, proses graftfast dapat sesuai dengan berbagai jenis permukaan, mulai dari permukaan material insulator atau konduktor. Proses ini sudah cukup luas diterapkan pada substrat konduktif maupun semi konduktif. Pada proses Graftfast™ terdapat parameter terkontrol yang memengaruhi hasil lapisan pada permukaan material sebagai berikut (Mesnage, 2011):

1. Mengatur ketebalan lapisan

Lama waktu reaksi memengaruhi ketebalan lapisan pada permukaan material. Waktu reaksi memengaruhi intensitas polimer yang tercangkok.

2. Mengatur sifat permukaan

Pada percobaan yang dilakukan pada permukaan Teflon menghasilkan sifat permukaan yang berubah. Permukaan Teflon yang sebelumnya bersifat hydrophobic menjadi hydrophilic dengan ditandai perubahan sudut kontak tetesan pada permukaan Teflon.

3. Pencangkokan simultan dan sekuensial

Sangat memungkinkan menggabungkan dua atau lebih karakteristik sifat polimer baik dengan melakukannya secara simultan atau dilakukan pada larutan yang lain. Pada kasus yang telah terjadi dengan menambahkan beberapa macam varian monomer secara simultan, dapat diperoleh campuran tidak teratur dari dua polimer yang tercangkok pada substrat. Pada kasus yang kedua, terbentuknya lapisan film polimer seperti *multilayer* dengan menggabungkan berbagai macam sifat dari polimer yang pertama dan sifat permukaan pada polimer yang lainnya. Pada kedua kasus tersebut dapat menjadi acuan bahwa rentang pengaplikasian dari pencangkokan material sangatlah luas.

Hal penting lainnya dalam *anchoring process* adalah komponen utama untuk melakukan proses. Hal-hal yang perlu menjadi perhatian adalah penggunaan bahan-bahan seperti garam diazonium, agen pereduksi, monomer, substrat larutan yang digunakan dalam proses, hingga penyesuaian konsentrasi dan waktu reaksi, Maka



dari itu komponen utama pada proses prosedur graftfast adalah sebagai berikut (Mesnage, 2011):

### **2.3.1 Garam diazonium**

Senyawa diazo merupakan senyawa alifatik, aromatic atau heterosiklik dimana terdapat gugus  $-N_2$  yang terikat pada atom karbon. Pada tahun 1858, peter griess menemukan senyawa aromatic diazonium  $(RN_2^+X^-)^{10}$ . Konjugasi dengan siklus aromatik  $\pi$ -elektron membuat ion aryl diazonium sangat lebih stabil dibandingkan jenis alifatik lainnya yang berpotensi meledak ketika kering dan oleh karena itu jarang digunakan dalam kimia organic klasik. Berbeda dengan ion alkyl diazonium lainnya, aromatik garam diazonium bukanlah asam Brønsted melainkan asam Lewis. Bagian dari diazonium ( $N_2^+$ ) diketahui menjadi substituen penarik elektron yang paling dikenal. Akibatnya, garam diazonium mengambil peran besar dalam berbagai macam reaksi khususnya adisi  $\beta$ -nukleofilik pada nitrogen dari diazonium, substitusi nukleofilik, dan kopling azo. Pada pengaplikasian bidang industri telah memunculkan suatu produk akhir seperti pewarna azo.

### **3.3.2. Agen Pereduksi**

Tidak seperti proses elektrokimia, dalam metode *anchoring* transfer elektron pada asal reduksi garam diazonium tidak diperoleh dengan pengaplikasian potensial listrik, tetapi dengan reaksi kimia oksidasi-reduksi. Oleh karena itu proses ini mengikuti aturan yang sama dengan reaksi redox. Semua agen pereduksi dengan standar potensial oksidasi yang lebih rendah dari potensial reduksi garam diazonium diperkirakan akan cocok untuk

mengoperasikan reaksi deazonisasi homolitik, Di antara agen pereduksi yang mungkin digunakan, terdapat dua jenis zat yang berbeda, yaitu zat pereduksi yang bekerja dalam fase heterogeny (tersusun oleh cairan dan padatan) dan yang zat yang beroperasi dalam fase homogen.

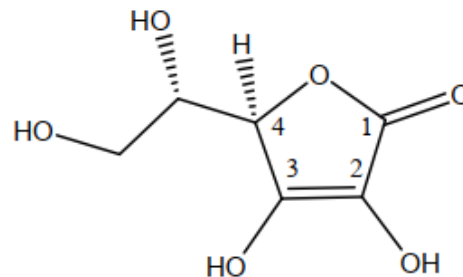
### **2.3.2.1 Fase Heterogen**

Agen pereduksi yang bekerja pada fase *heterogenous* disesuaikan untuk proses penahan (*anchoring*) garam diazonium mencakup semua senyawa padat yang memenuhi persyaratan dalam hal potensi oksidasi. Serbuk besi telah digunakan sebagai agen pereduksi dalam eksperimen *graftfast* dan selanjutnya untuk pengaplikasian spesifik khususnya pada *grafting* membran penukar kation untuk meningkatkan selektivitas membran. Sebagai Langkah awal dalam proses pelapisan tanpa menggunakan energi listrik yang dapat dilakukan pada polimer dan untuk membuat permukaan *self-adhesive*.

### **2.3.2.2 Fase Homogen**

Reduksi dari garam diazonium menjadi radikal aryl dalam fase homogen yang dapat dilakukan dengan iodide dan  $H_3PO_2$ . Reaksi ini telah dianggap sebagai cara untuk memfungsikan permukaan material. Hingga saat ini *hydroquinone*, *ferrocene* (dalam media organik),  $H_3PO_2$  dan *L-Ascorbic acid* telah digunakan dalam mereduksi garam diazonium untuk tujuan mencangkok lapisan organik. *L-ascorbic acid* atau yang biasa dikenal dengan vitamin C merupakan molekul tidak beracun dimana tidak seperti besi, vitamin c dapat bekerja pada fase homogen. Tidak seperti  $H_3PO_2$  vitamin C merupakan asam lemah yang memungkinkan kondisi eksperimen yang lebih luas karena

tidak membatasi eksperimen dalam hal pH. Adapun struktur dari L-ascorbic acid atau vitamin C dapat dilihat pada gambar 2.4.



**Gambar 2.3** L-Ascorbic Acid atau Vitamin C

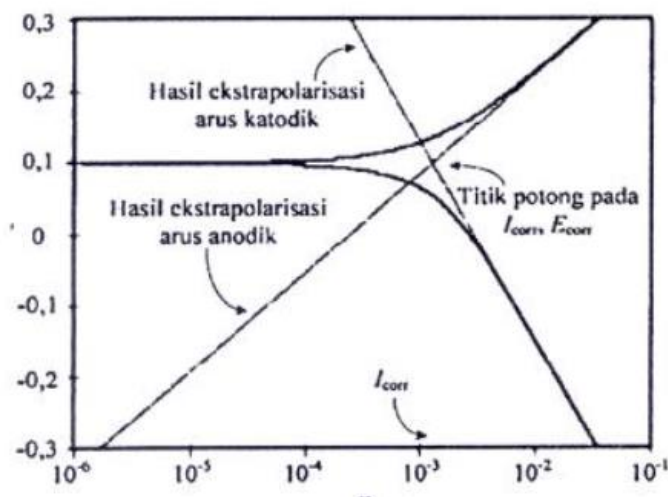
### 3.3.3. Vinylic monomer

Dalam proses *anchoring* graftfast semua vinylic monomer dapat terpolimerisasi melalui jalur radikal berpotensi untuk digunakan. Melalui analogi dari proses SEEP, monomer dengan kelarutan yang rendah dalam air, metode *anchoring* dapat disesuaikan dengan dilakukan pada media air yang terdispersi. Salah satu contoh dari vinylic monomer yang digunakan adalah HEMA atau *hydroxyethyl methacrylate* dengan sifat kelarutan 1 mol/L pada temperatur 20-25°C.

## 2.4. Potensiostat

Pengukuran laju korosi atau *corrosion rate* dengan metode elektrokimia dapat digunakan peralatan potensiostat. Potensiostat digunakan sebagai alat elektronik pengatur perbedaan potensial antara elektroda kerja dan elektroda acuan. Metode pengukuran laju korosi dengan metode elektrokimia dengan potensiostat menggunakan dua metode yaitu dengan metode *polarization resistance* dan metode

tafel. Potensial korosi dan rapat arus korosi merupakan koordinat titik potong bagian anodik dan katodik dari kurva polarisasi yaitu kurva hubungan antara potensial dan rapat arus yang dapat dilihat pada gambar 2.5. Arus korosi ( $I_{corr}$ ) tidak dapat ditentukan secara langsung tetapi arganya dapat diketahui dengan melakukan ekstrapolasi terhadap kurva log arus versus potensial korosi ( $E_{corr}$ ).  $E_{corr}$  didefinisikan sebagai potensial pada saat dimana kecepatan total dari semua reaksi anodik seimbang dengan kecepatan total dari semua reaksi katodik. Perpotongan kurva hasil ekstrapolasi akan menghasilkan titik dengan koordinat ( $I_{corr}$ ,  $E_{corr}$ ). Dengan demikian dapat diketahui nilai arus korosi, dengan mengetahui arus korosi maka dapat ditentukan laju korosi dengan satuan mpy (mili-inchi per year). Alat potensiostat terdiri dari tiga elektroda yaitu yaitu *Saturated Calomel Electrode* (SCE) sebagai elektroda acuan, dua buah elektroda bantu dari grafit, dan yang terakhir elektroda kerja (*Working Electrode*) (Purwanto, 2018).



**Gambar 2.4** Kurva Polarisasi Tafel

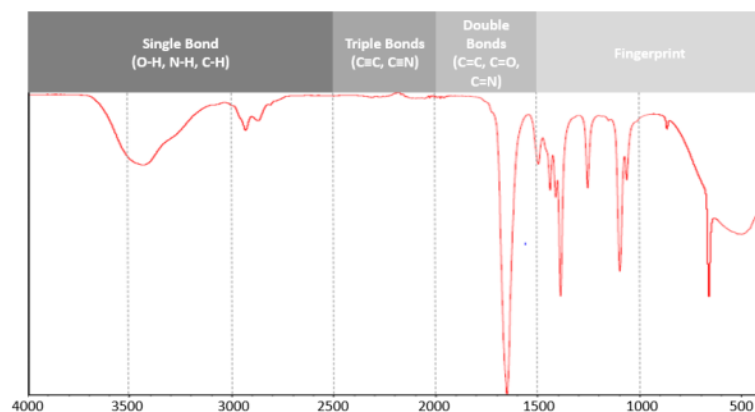
## 2.5. Fourier Transform Infrared (FTIR)

*Fourier Transform Infrared* yang disingkat menjadi FTIR menggunakan prinsip spektro inframerah yang jika senyawa organik dikenai sinar inframerah dengan frekuensi tertentu, maka beberapa frekuensi diserap oleh senyawa tersebut. Banyaknya frekuensi yang melewati senyawa tersebut diukur sebagai persentase transmisi. Setiap frekuensi sinar memiliki  $\lambda$  tertentu yang dapat menunjukkan pembentukan ikatan antar atom tertentu (Frestika, 2017). Cara kerja dari FTIR sendiri pertama adalah dengan mengidentifikasi zat yang akan diukur, berupa atom atau molekul. Sinar inframerah yang berperan sebagai sumber sinar dibagi menjadi dua berkas, satu dilewatkan melalui sampel dan yang lain melalui pembanding. Kemudian secara berturut-turut melewati *chopper*. Setelah melalui prisma atau grating, berkas akan jatuh pada detector dan diubah menjadi sinyal listrik yang kemudian direkam oleh rekorder (Pambudi, 2017).



**Gambar 2.5** Alat Uji FTIR

Dalam prosedur analisis FTIR, sampel dilakukan kontak dengan radiasi IR. Radiasi IR membuat vibrasi atomik dari molekul yang terdapat pada sampel yang menghasilkan penyerapan spesifik dan atau transmisi energi. Hal ini membuat FTIR sangat berguna untuk menentukan untuk menentukan getaran molekul tertentu yang terkandung dalam sampel. IR *Spectrum* dibedakan menjadi tiga daerah bilangan gelombang, yaitu *far-IR spectrum* dengan bilangan gelombang  $<400\text{ cm}^{-1}$ , *mid-IR spectrum* dengan rentang bilangan gelombang  $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ , dan *near-IR spectrum* dengan rentang gelombang  $4000\text{-}13000\text{ cm}^{-1}$ .



**Gambar 2.6** *Mid-IR Spectrum Regions*

*Mid-IR spectrum* menjadi yang sangat banyak digunakan untuk analisis sampel, tetapi *far-spectrum* dan *near-spectrum* juga memberikan kontribusi informasi terkait analisa sampel. *Mid-IR spectrum* sendiri terbagi menjadi 4 daerah gelombang, yaitu (Nandiyanto, 2019):

1. *The single bond region* atau daerah ikatan tunggal yang dianalisis pada bilangan gelombang  $2500\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ .
2. *The triple bond region* atau daerah ikatan tiga yang dianalisis pada bilangan

gelombang 2000-2500  $\text{cm}^{-1}$ .

3. *The double bond region* atau daerah ikatan ganda yang dianalisis pada bilangan gelombang 1500-2000  $\text{cm}^{-1}$ .
4. *The fingerprint region* yang daerah analisisnya terdapat pada bilangan gelombang 600-1500  $\text{cm}^{-1}$

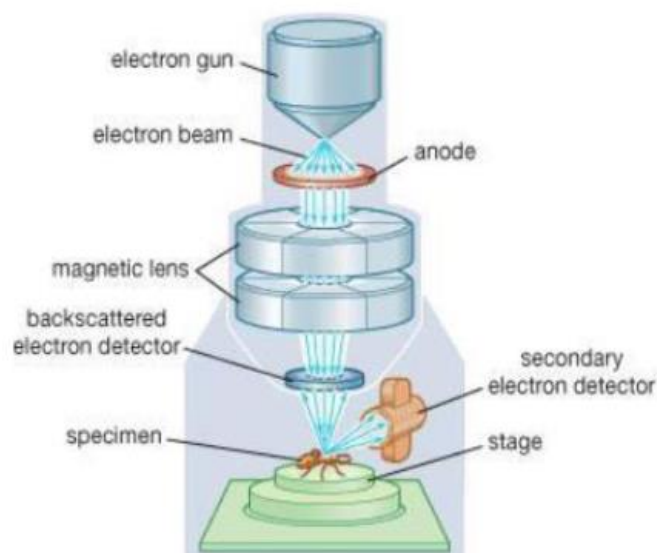
**Tabel 2.3** Daftar Bilangan Gelombang dari Berbagai Jenis Ikatan

Bilangan gelombang ( $\nu$ , $\text{cm}^{-1}$ )	Jenis ikatan
3750-3000	Regang O-H, N-H
3000-2700	Regang -CH <sub>3</sub> , -CH <sub>2</sub> -, C-H, C-H aldehyd
2400-2100	Regang -C≡C-, C≡N
1900-1650	Regang C=O (asam, aldehyd, keton, amida, ester, anhidrida)
1675-1500	Regang C=C (aromatik dan alifatik), C=N
1475-1300	C-H bending
1000-650	C=C-H, Ar-H bending

Identifikasi absorbsi ikatan yang khas dari setiap gugus fungsi merupakan basis dari interpretasi spektrum inframerah. Seperti pada tabel 2.3 yang memperlihatkan bilangan gelombang dari berbagai jenis ikatan (Dahriyanus, 2004).

## 2.6. Scanning Electron Microscope

*Scanning electron microscope* atau yang disingkat SEM merupakan instrument yang Sebagian besar digunakan untuk mengamati fenomena permukaan material. SEM hanya digunakan untuk memvisualisasikan gambar permukaan suatu material dan tidak memberikan informasi internal (Akhtar, 2018). SEM merupakan salah satu alat yang populer untuk mengukur ketebalan dan ukuran butir suatu material. SEM adalah salah satu jenis mikroskop electron yang menggunakan berkas electron untuk menggambar profil permukaan atau morfologi suatu material. Pada dasarnya prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan menggunakan berkas electron berenergi tinggi sehingga permukaan benda haruslah konduktif. Oleh karena itu permukaan benda haruslah bersifat konduktif sehingga untuk karakterisasi material non konduktif terlebih dahulu harus dilapisi oleh material konduktif.



**Gambar 2.7** Prinsip Kerja SEM



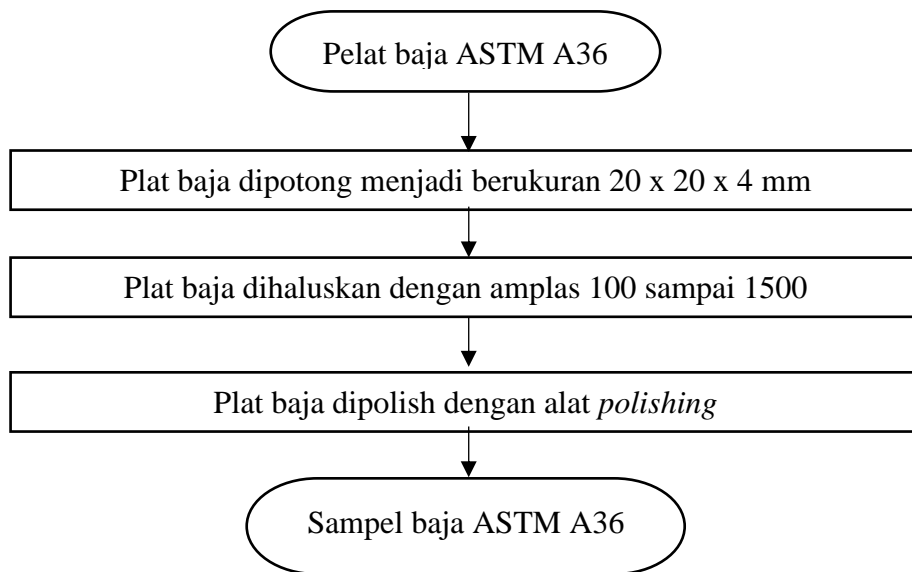
Permukaan benda yang dikenai berkas electron akan memantulkan Kembali berkas electron tersebut atau menghasilkan electron sekunder ke segala arah. Tetapi hanya ada satu arah dimana berkas dipantulkan dengan intensitas tinggi. Detektor di dalam SEM mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Arah tersebut memberi informasi profil permukaan benda (Didik, 2020).

## **BAB III**

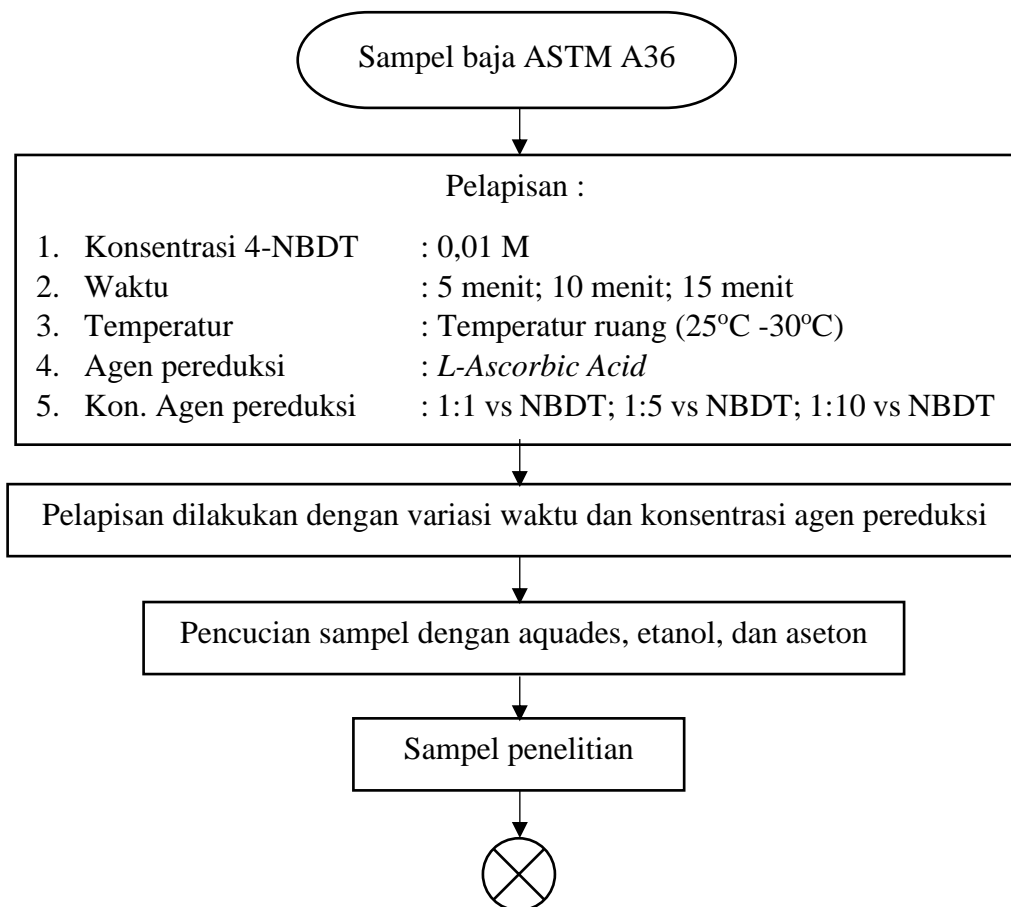
### **METODE PENELITIAN**

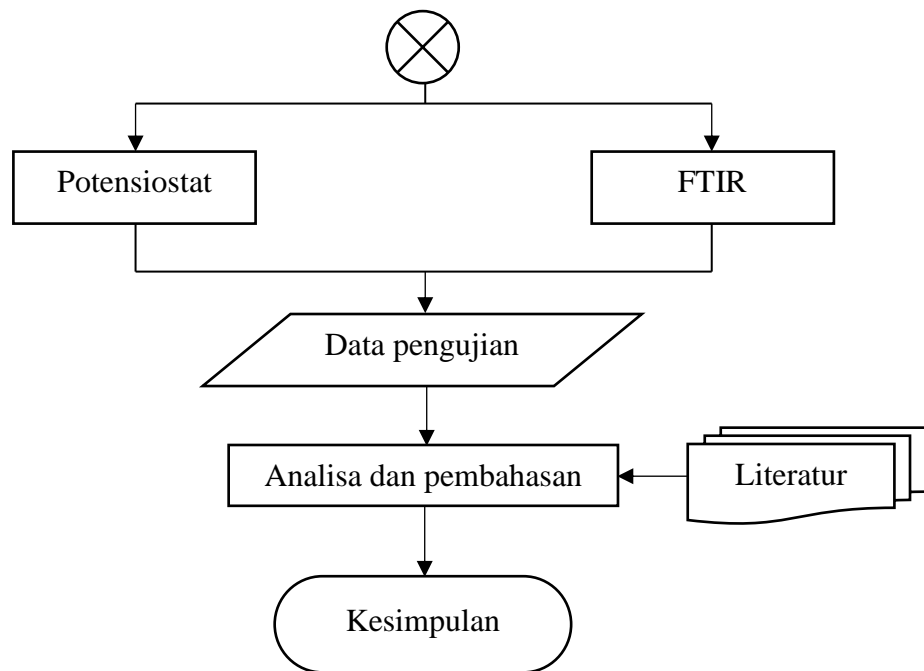
#### **3.1. Diagram Alir Penelitian**

Pada penelitian dilakukan pencangkakan polimer *Polyphenylene* pada substrat baja karbon rendah ASTM A36. Hal pertama yang dilakukan adalah melakukan preparasi pada pelat baja dengan merubah dimensinya menjadi 2 cm x 2 cm menggunakan gerinda tangan. Setelah memperkecil dimensi substrat kemudian dilakukan preparasi pada permukaan substrat dengan melakukan *grinding* dan *polishing*. Penelitian dilakukan pada temperatur ruang normal dengan menggunakan HCl sebagai media pelarut untuk melarutkan 4-NBDT atau garam diazonium sebagai media pelapis. Penelitian ini merupakan metode *reduce-induced process* karena menggunakan *L-ascorbic acid* (vitamin C) sebagai agen pereduksi pada proses *grafting*. Proses pelapisan dilakukan dengan variasi waktu 5 menit, 10 menit, dan 15 menit. Hasil pelapisan dilakukan pengujian dengan potensiostat dengan metode *potentiodynamic* tafel untuk mengetahui *Corrosion Rate* (CR), lalu *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui gugus organik yang terbentuk pada permukaan substrat. Pengujian menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui morfologi permukaan substrat yang dilapis serta mengetahui kehomogenan permukaan.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Preparasi Substrat Baja A36





**Gambar 3.2** Diagram Alir *Grafting* Substrat Baja ASTM A36

## 3.2. Alat dan Bahan

### 3.2.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Amplas.
2. Gelas beker.
3. Gelas Ukur.
4. Gerinda.
5. *Grinder* dan *polishing*
6. Kompresor.
7. Neraca.
8. Sikat kawat.

9. Spatula.

10. Pipet.

### 3.2.2. Bahan

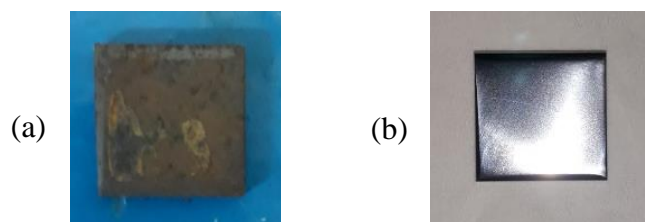
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Air.
2. Aseton *grade* teknis
3. Aquades *grade* teknis
4. Etanol *grade* teknis
5. 4-Nitrobenzenediazonium tetrafluoroborate (NBDT) *grade* pro analisis
6. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 95%-97% *grade* pro analisis
7. HCl *grade* teknis 1 M
8. L-Ascorbic (Vitamin C) *grade* pro analisis

### 3.3. Prosedur Penelitian

#### 3.3.1. Preparasi Baja ASTM A36

Pelat baja ASTM A36 yang semulanya berukuran 200 x 200 x 4 mm dipotong menggunakan gerinda menjadi berukuran 20 x 20 x 4 mm.



**Gambar 3.3** (a) Pelat Baja sebelum Preparasi; (b) Pelat Baja Setelah Preparasi

Kemudian dilakukan grinding dengan menggunakan amplas 100, 180, 220, 240, 280, 320, 360, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000. Setelah itu dilakukan *polishing* dengan media pasta alumina. Terlihat pada gambar 3.3 yang memperlihatkan perbedaan sampel sebelum dan sesudah dilakukan preparasi.

### **3.3.2. Proses Grafting Substrat**

Pembuatan larutan untuk melakukan *grafting* menggunakan pelarut HCl dengan konsentrasi 0,01 M yang diencerkan menggunakan *deionized water*. Kemudian sampel yang telah dipreparasi dimasukkan ke dalam larutan HCl diikuti dengan penambahan asam askorbat (vitamin C) dengan variasi konsentrasi 1/1 vs NBDT, 1/5 vs NBDT, dan 1/10 vs NBDT. Proses *grafting* ini dilakukan dengan variasi waktu selama 5 menit, 10 menit, dan 15 menit. Setelah proses selesai sampel diangkat dan dibilas dengan aquades, etanol, dan aseton secara berurutan. Permukaan sampel ditiupkan angin dengan kompressor untuk menghilangkan cairan pada permukaan setelah dilakukan pembilasan.

### **3.3.3. Pengujian Potensiostat**

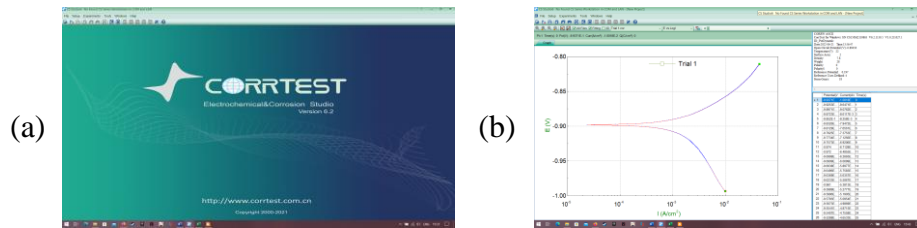
Pengujian potensiostat dilakukan untuk mengetahui laju korosi permukaan sampel setelah dilakukan *grafting*. Pada pengujian ini digunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M sebagai larutan elektrolit. Alat yang digunakan adalah corrtest CS150. Digunakan kabel elektroda yang akan

menghubungkan elektroda kerja, elektroda referensi, dan elektroda *counter*. Elektroda kerja yang merupakan sampel hasil *grafting* akan dicapit dengan kabel berwarna hijau, elektroda referensi yang merupakan Ag/AgCl akan dicapit dengan kabel berwarna kuning, dan elektroda *counter* yang merupakan grafit akan dicapit dengan kabel berwarna kuning. Sebagai gambaran kabel elektroda dapat dilihat pada gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Kabel Elektroda

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan alat dengan komputer. Pada komputer digunakan aplikasi CS Studio 6 sebagai aplikasi *interface* pengoperasian alat. Tampilan pada aplikasi CS Studio 6 dapat dilihat pada gambar 3.5 bagian a. Pada aplikasi nantinya akan dipilih opsi *corrosion test* dengan metode *potentiodynamic* dengan metode tafel. Sebelum pengujian dilakukan penginputan data sampel uji berupa luas permukaan uji dan densitas sampel uji. Setelah semua kabel terhubung dengan elektroda yang telah ditentukan selanjutnya adalah dengan memasukan ketiga elektroda kedalam larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M.

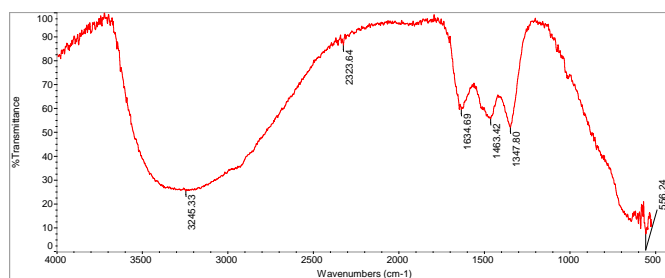


**Gambar 3.5** (a) Tampilan Aplikasi CS Studio 6. (b) Grafik Tafel

Proses pengujian untuk satu buah sampel dilakukan selama 400 detik. Setelah proses selesai akan diperoleh diagram tafel seperti pada gambar 3.5 bagian b.

### 3.3.4. Pengujian FTIR

Pengujian FTIR merupakan pengujian yang dimaksudkan untuk menganalisis lapisan yang terbentuk pada permukaan sampel. Pengujian FTIR dilakukan diluar kampus tepatnya dilakukan di Laboratorium Fisika Lanjut yang berlokasi di BRIN PUSPIPEK Serpong. FTIR yang digunakan pada pengujian menggunakan merk Thermoscientific seri Nicolet iS-10. Hasil dari pengujian FTIR menghasilkan grafik antara transmisi dengan bilangan gelombang, dimana pada grafik menghasilkan *peak* pada bilangan gelombang tertentu seperti pada gambar 3.6.



**Gambar 3.6** Spektrum Sampel



Spektrum Hasil pengujian sampel dianalisis dengan mengamati *peak* yang terbentuk dari setiap bilangan gelombang. Pada spektrum juga menunjukkan intensitas dari gugus yang terbentuk yang akan menjadi data analisis penelitian.

### **3.3.5. Pengujian SEM**

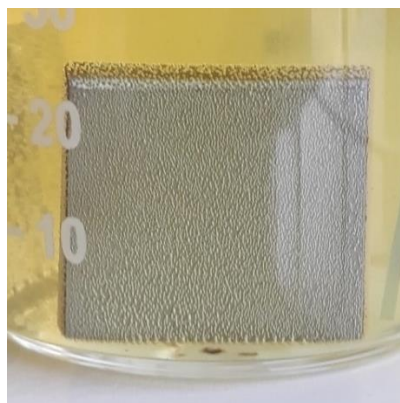
Pengujian menggunakan SEM bertujuan untuk mengetahui permukaan substrat sebelum dan sesudah dilakukan proses pelapisan. Instrumen SEM yang digunakan bermerk Carl Zeiss dengan seri Evo MA 10. Pengujian SEM dilakukan di PUSLABFOR yang bertempat di Sentul, Jawa Barat. Perbesaran yang diaplikasikan pada permukaan dengan perbesaran 100, 1000, dan 5000.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

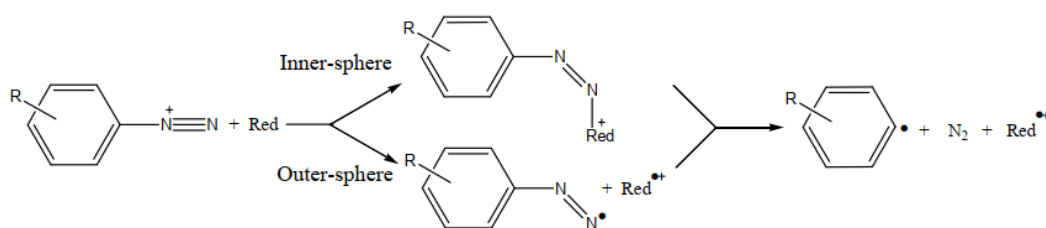
#### 4.1. Identifikasi *Grafting*

Proses *grafting* pada substrat dilakukan dengan membuat larutan *grafting*. Larutan *grafting* terdiri dari garam diazonium, agen pereduksi dan juga larutan asam. Garam diazonium yang digunakan adalah *4-Nitrobenzene diazonium tetrafluoroborate* atau 4-NBDT dengan konsentrasi 0,01 M. 4-NBDT digunakan sebagai bahan utama yang digunakan untuk menghasilkan radikal aryl. Selanjutnya digunakan agen pereduksi berupa *L-Ascorbic acid* atau yang biasa dikenal dengan vitamin C (VC). Digunakannya VC sebagai pereduksi karena VC bekerja dalam fase homogen tidak seperti penggunaan pereduksi serbuk besi. Lalu VC juga merupakan asam lemah sehingga tidak merubah pH larutan. VC sebagai agen pereduksi berfungsi untuk melakukan reaksi redoks dengan 4-NBDT sehingga menghasilkan radikal aryl. Lalu digunakan larutan HCl sebagai pelarut.



**Gambar 4.1** Indikasi Adanya Produk  $N_2$  Pada Proses *Grafting*

Digunakannya HCl sebagai media pelarut karena 4-NBDT cenderung stabil pada kondisi asam. Pada proses yang dilakukan terjadi dediazoniation atau proses degradasi garam diazonium didalam larutan yang menghasilkan produk berupa  $N_2$ . Seperti pada Gambar 4.1 yang menunjukkan adanya gelembung pada proses *grafting* yang menandakan adanya produk berupa  $N_2$  pada proses yang dilakukan. Adanya produk berupa  $N_2$  juga menandakan adanya reaksi antara garam diazonium dengan agen pereduksi. Seperti yang digambarkan pada gambar 4.2. Pada gambar 4.2 memperlihatkan skema reaksi antara garam diazonium dan agen pereduksi yang menghasilkan produk selain  $N_2$  adalah aryl radikal. Skema yang ada pada gambar 4.2 merupakan skema transfer elektron pada *dediazoniation*. Proses yang terjadi merupakan transfer elektron *homolytic dediazoniation* yang melibatkan adanya transfer elektron yang dapat diinduksi oleh agen pereduksi yaitu vitamin C (VC).



**Gambar 4.2** Mekanisme Transfer Elektron *Homolytic Dediazoniation*

Dari skema yang ditampilkan terdapat dua buah proses yang berbeda. Agen pereduksi yang sifatnya adalah anionic yang baik akan lebih condong melalui mekanisme transfer elektron langsung atau *outer-sphere*. Sedangkan untuk agen pereduksi yang bersifat anion nukleofilik lebih suka membentuk mekanisme *inner-sphere*. Dalam penelitian yang telah dilakukan menggunakan VC mekanisme yang terjadi adalah transfer elektron langsung atau *outer-sphere* (Mesnage, 2011).

## 4.2 Hasil Pengujian FTIR

Tentu saja adanya produk berupa N<sub>2</sub> tidak cukup sebagai indikasi adanya lapisan yang terbentuk pada permukaan substrat. Perlu adanya identifikasi lebih lanjut terhadap hasil dari proses *grafting*. Sampel yang telah dilakukan perlakuan dengan variasi waktu reaksi dan variasi konsentrasi agen pereduksi dilakukan pengujian menggunakan metode spektrofotometri dengan instrument FTIR.

Pada hasil spektrum penelitian yang dilakukan Mevellec et al., pada tahun 2010 analisa terhadap kemuculan *polynitrophenylene* (PNP) ditandai dengan adanya *peak* pada rentang bilangan gelombang 1530 dan 1350 cm<sup>-1</sup> yang dikaitkan dengan kelompok NO<sub>2</sub> atau gugus nitro. Sedangkan adapun *peak* pada rentang bilangan gelombang 1600 cm<sup>-1</sup> yang menandakan adanya gugus aryl. Pada gambar 4.3 menunjukkan hasil pengujian ketiga buah sampel dengan variasi waktu reaksi. Pada hasil yang terlihat menunjukan perbedaan *peak* yang terjadi namun masih terjadi pada rentang regional yang sama. Hal lain yang membedakan adalah persen transmitan *peak* yang dapat dilihat pada tabel 4.1 hingga 4.3.

**Tabel 4.1** Waktu Reaksi Terhadap %transmitan Penyerapan IR Pada variasi VC:NBDT 1:10

VC:NBDT	Waktu Reaksi	Bilangan gelombang	%transmitan	Gugus fungsi
		1634,69 cm <sup>-1</sup>	59,4	C=C
1:10	5 Menit	1463,42 cm <sup>-1</sup>	55,5930	NO <sub>2</sub>
		1347,80 cm <sup>-1</sup>	55,3410	NO <sub>2</sub>

**Tabel 4.1** Waktu Reaksi Terhadap %transmitan Penyerapan IR Pada variasi VC:NBDT 1:10 (Lanjutan)

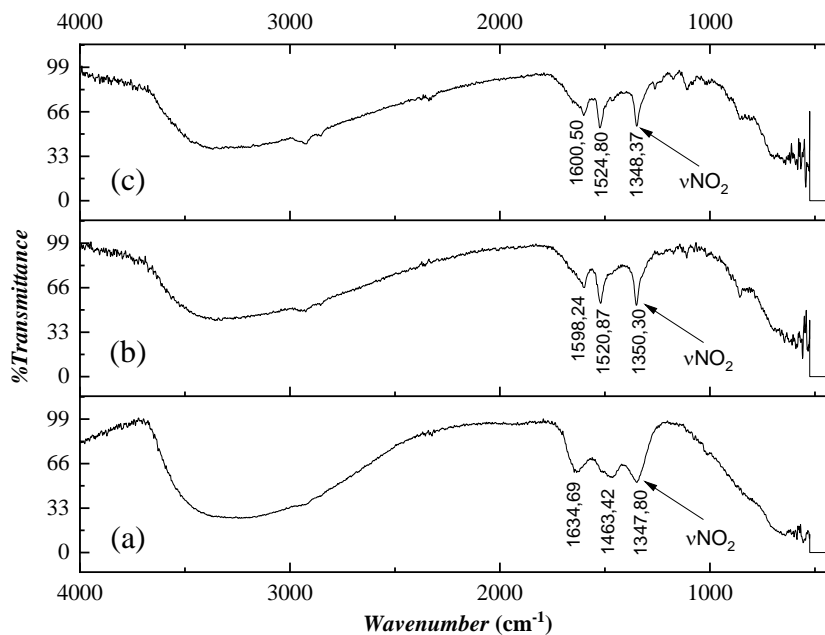
VC:NBDT	Waktu Reaksi	Bilangan Gelombang	%transmittan	Gugus Fungsi
1:10	10 menit	1598,24 cm <sup>-1</sup>	66,1380	C=C
		1520,87 cm <sup>-1</sup>	54,3910	NO <sub>2</sub>
		1350,30 cm <sup>-1</sup>	52,8790	NO <sub>2</sub>
	15 menit	1600,5 cm <sup>-1</sup>	63,2210	C=C
		1524,8 cm <sup>-1</sup>	54,0750	NO <sub>2</sub>
		1348,37 cm <sup>-1</sup>	52,0360	NO <sub>2</sub>

**Tabel 4.2** Waktu Reaksi Terhadap %transmitan Penyerapan IR Pada variasi VC:NBDT 1:5

Variasi VC:NBDT	Waktu Reaksi	Bilangan Gelombang	%transmitan	Gugus Fungsi
1:5	5 Menit	1629,29 cm <sup>-1</sup>	68,7230	C=C
		1464,23 cm <sup>-1</sup>	65,1890	NO <sub>2</sub>
		1349,35 cm <sup>-1</sup>	61,5080	NO <sub>2</sub>
	10 menit	1625,96 cm <sup>-1</sup>	61,2170	C=C
		1463,53 cm <sup>-1</sup>	58,1020	NO <sub>2</sub>
		1345,23 cm <sup>-1</sup>	53,8190	NO <sub>2</sub>
	15 menit	1596,83 cm <sup>-1</sup>	63,3260	C=C
		1523,07 cm <sup>-1</sup>	55,3480	NO <sub>2</sub>
		1349,76 cm <sup>-1</sup>	52,8110	NO <sub>2</sub>

**Tabel 4.3** Waktu Reaksi Terhadap %transmitan Penyerapan IR Pada variasi VC:NBDT 1:1

Variasi VC:NBDT	Waktu Reaksi	Bilangan Gelombang	%transmitan	Gugus Fungsi
1:1	5 Menit	1635,36 $\text{cm}^{-1}$	64,2360	C=C
		1464,10 $\text{cm}^{-1}$	58,9630	NO <sub>2</sub>
		1353,12 $\text{cm}^{-1}$	61,1450	NO <sub>2</sub>
	10 menit	1635,20 $\text{cm}^{-1}$	60,1290	C=C
		1471,55 $\text{cm}^{-1}$	55,4320	NO <sub>2</sub>
		1350,30 $\text{cm}^{-1}$	57,4420	NO <sub>2</sub>
	15 menit	1635,61 $\text{cm}^{-1}$	69,0350	C=C
		1543,99 $\text{cm}^{-1}$	71,8910	NO <sub>2</sub>
		1348,37 $\text{cm}^{-1}$	53,9630	NO <sub>2</sub>

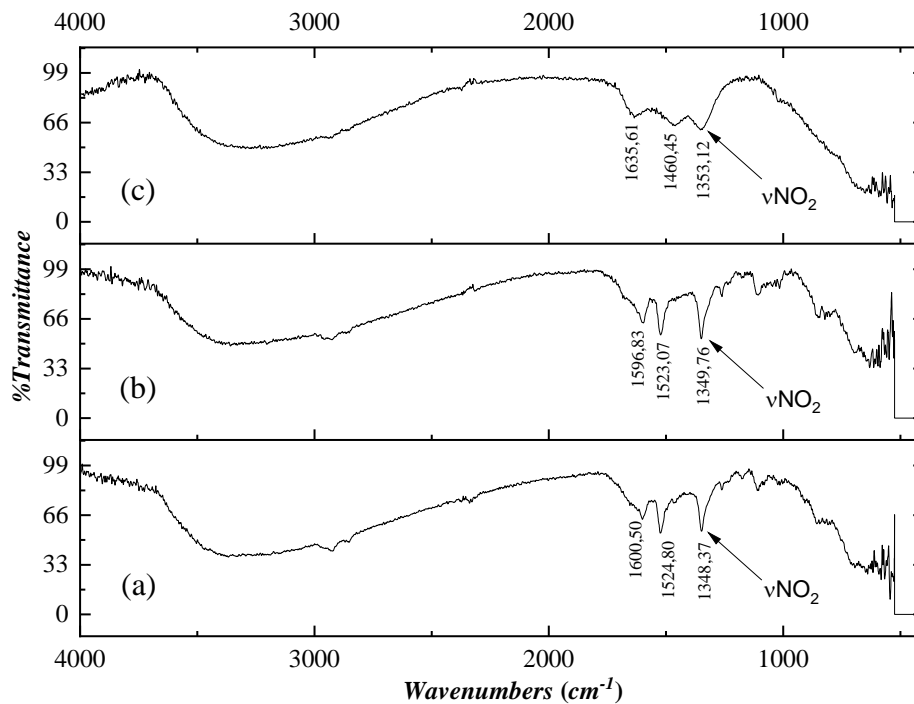


**Gambar 4.3** Grafik Hasil FTIR Sampel dengan Variasi VC:NBDT = 1:10 Terhadap Variasi Waktu Reaksi (a) 5 menit; (b) 10 menit; (c) 15 menit

Pada gambar 4.3 terbentuk pola *peak* yang seragam. Menurut Nandiyanto et al., pada 2019 bilangan gelombang pada rentang 1555-1485/1355-1320 menunjukkan gugus senyawa aromatik nitro. Sedangkan *peak* yang terbentuk pada bilangan gelombang 1650-1500  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan gugus aromatik C=C. Pada tabel 4.1 hingga 4.3 menunjukkan persentase transmittan yang berbeda pada setiap *peak*. Persen transmittan 100 menandakan tidak ada frekuensi IR yang diserap oleh senyawa yang terbentuk pada permukaan substrat. Hal ini menandakan semakin kecil persen transmittan maka semakin besar frekuensi IR yang diserap. Hal ini juga menandakan intensitas dari senyawa yang meningkat (Dachriyanus, 2004). Dalam hasil spektra FTIR pada tabel 4.1 hingga 4.3 yang menunjukkan %transmittan pada *peak* gugus nitro. Tentu saja %transmittan yang terbentuk mempengaruhi absorpsi frekuensi IR yang diserap.

Kedalaman *peak* juga dipengaruhi oleh kondisi permukaan. Cara kerja FTIR adalah dengan menembakan gelombang IR ke permukaan substrat. Kemungkinan *peak* yang terbentuk juga akibat kehomogenan dari lapisan yang terbentuk. Meningkatnya intensitas juga mempengaruhi tebal lapisan yang terbentuk. Seperti pada penelitian Alice Mesnage, et al., yang dilakukan pada 2010 yang membandingkan intensitas dari spektrum yang terbentuk dengan tebal lapisan, menyatakan bahwa dengan semakin besarnya intensitas maka ketebalan lapisan yang terbentuk akan semakin besar secara kualitatif. Dalam paten dari Mevellec et al., yang dikeluarkan pada 2017 menyatakan bahwa peningkatan waktu reaksi akan menghasilkan tebal lapisan yang meningkat. Hal ini sejalan dengan parameter kontrol ketebalan yang menyatakan bahwa peningkatan polimer yang tercangkok dengan reaksi waktu

memiliki korelasi dengan intensitas dan ketebalan lapisan (Mesnage, 2011). Pada penelitian juga dilakukan variasi pada penggunaan konsentrasi agen pereduksi yaitu VC.

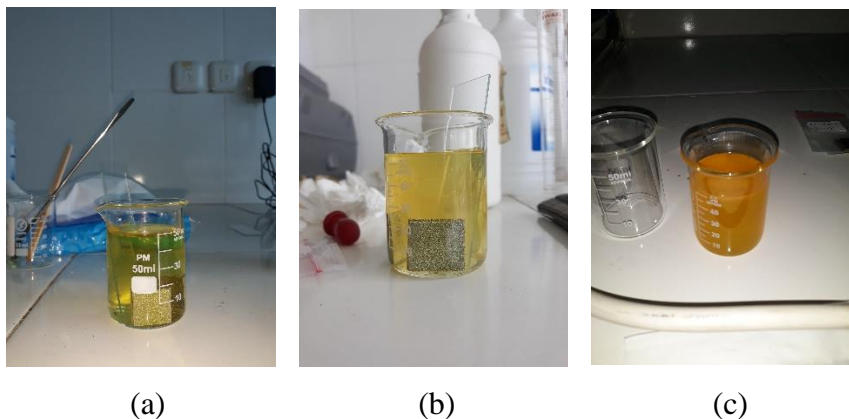


**Gambar 4.4** Spektrum Hasil Pengujian FTIR Variasi Waktu Reaksi 15 Menit Pada Variasi Rasio VC:NBDT (a) 1:10; (b) 1:5; (c) 1:1

Konsentrasi VC yang digunakan berbanding dengan NBDT 1:1 (konsentrasi VC = 0,01 M), 1:5 (konsentrasi VC = 0,002), dan 1:10 (konsentrasi VC = 0,001). Penggunaan variasi konsentrasi agen pereduksi juga mempengaruhi intensitas dari masing-masing *peak* pada bilangan gelombang tertentu. Spektrum FTIR dapat dilihat pada gambar 4.4 dan intensitas dari setiap *peak* dapat dilihat pada Tabel 4.1. VC berhubungan dengan fungsinya untuk melakukan reaksi redoks dengan garam diazonium yang kemudian menghasilkan aryl diazonium. Pada tabel 4.1 hingga 4.3 menunjukkan %transmitan paling kecil terdapat pada VC:NBDT 1:10. Hal ini



memungkinkan menjadi penanda bahwa variasi tersebut merupakan variasi yang menghasilkan gugus nitro paling besar dengan %transmittan 55,3410% pada waktu reaksi 5 menit, 52,8790% pada waktu reaksi 10 menit, dan 52,0360 pada waktu reaksi 15 menit. Dapat diamati bahwa pada variasi VC:NBDT yang lain menghasilkan %transmittan yang lebih besar pada waktu reaksi yang sama. Hal ini berkaitan dengan “*self-limitation*” dalam pencangkakan ditemukan dengan melihat perubahan yang terjadi pada larutan reaktif. *Self-limitation* merupakan pembatasan dalam proses *grafting* yang terjadi pada permukaan substrat yang dipengaruhi waktu serta rasio penggunaan agen pereduksi dan garam diazonium. Dapat dilihat pada Gambar 4.5 menunjukkan warna larutan pada variasi konsentrasi. Warna larutan yang berbeda menandakan kejenuhan larutan yang membuat presipitasi pada substrat seperti terblokir yang mengakibatkan terbatasnya *grafting* pada substrat.



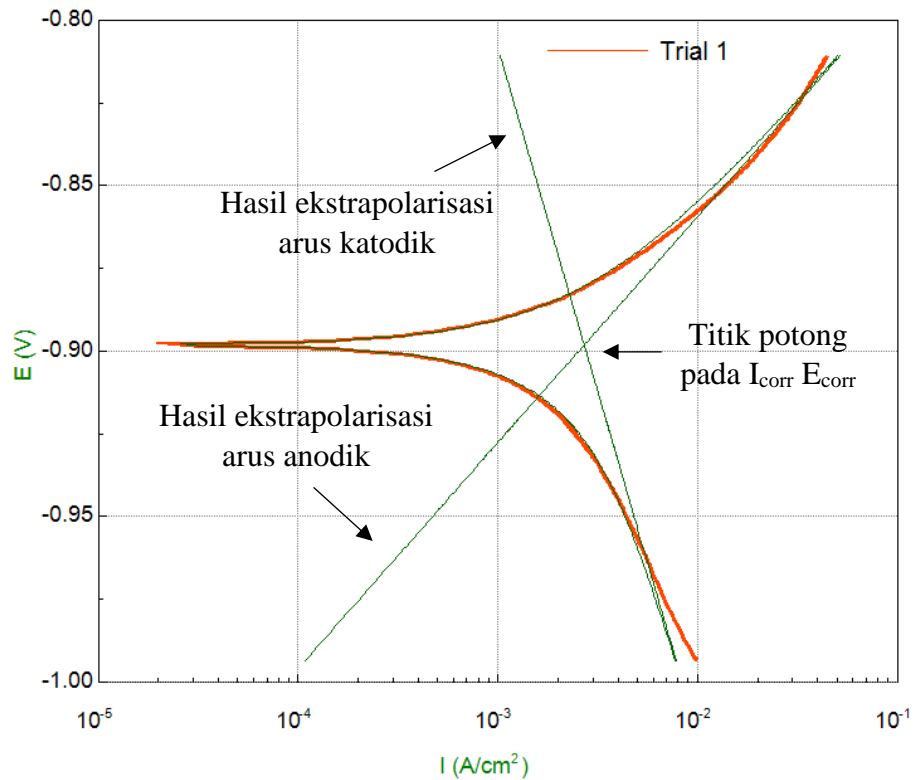
**Gambar 4.5** Perbedaan Larutan *Grafting* Pada Variasi Penggunaan VC; (a) VC 1:1 (b) VC 1:5 (c) VC 1:1

Konsentrasi radikal akan mempengaruhi proses pelapisan pada permukaan substrat. Disinyalir dari data yang ada bahwa penambahan konsentrasi agen

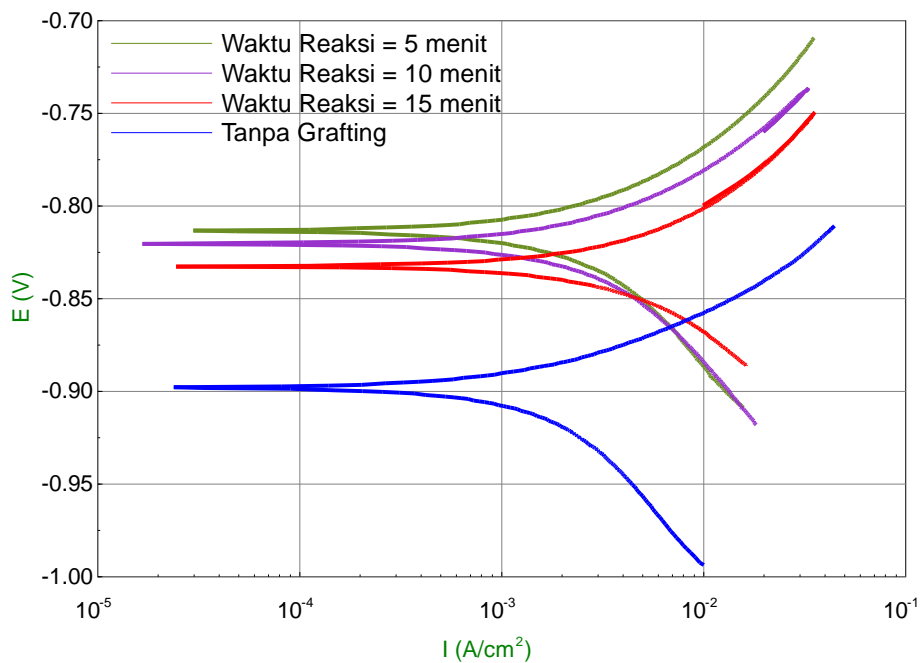
pereduksi menghambat proses *grafting* karena mengurangi konsentrasi radikal yang bekerja pada saat pelapisan. Dari hal ini dapat diambil sebuah data bahwa dengan melakukan suatu *grafting* perlu ditentukan konsentrasi diazonium, konsentrasi media pelarut, dan konsentrasi agen pereduksi tertentu karena akan menjadi faktor penentu dari hasil lapisan yang akan terbentuk. Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh bahwa dengan konsentrasi agen pereduksi satu banding dua dengan NBDT menghasilkan nilai laju korosi paling tinggi karena dipengaruhi hasil *grafting* yang terjadi. Adanya kemungkinan rasio agen pereduksi yang ideal untuk melakukan proses secara optimal

### **4.3 Pengujian Potensio Dinamik**

Potensiostat digunakan sebagai alat elektronik pengatur perbedaan potensial antara elektroda kerja dan elektroda acuan. Selain itu digunakan pula elektroda bantu dari karbon. Alat potensiostat ini mengatur dengan memasukan arus ke dalam sel melalui elektroda pembantu. Sehingga potensiostat akan mengukur aliran arus antara elektroda kerja dan elektroda pembantu. Potensial korosi dan rapat arus korosi merupakan koordinat titik potong bagian anodik dan katodik dari kurva polarisasi yaitu kurva hubungan antara potensial dan rapat arus (Haidar, 2017). Kurva hubungan antara potensial dan arus ditunjukkan pada gambar 4.6. Pada gambar terdapat perpotongan kurva hasil ekstrapolasi yang menghasilkan titik dengan koordinat  $I_{corr}, E_{corr}$ . Terbentuknya koordinat tersebut adalah untuk mengetahui nilai arus korosi. Nilai arus korosi digunakan untuk menghitung laju korosi dari sampel uji.



**Gambar 4.6** Kurva Polarisasi Sampel Tanpa Grafting



**Gambar 4.7** Kurva Polarisasi Tafel Pada Variasi Waktu Reaksi Dengan VC:NBDT 1:10

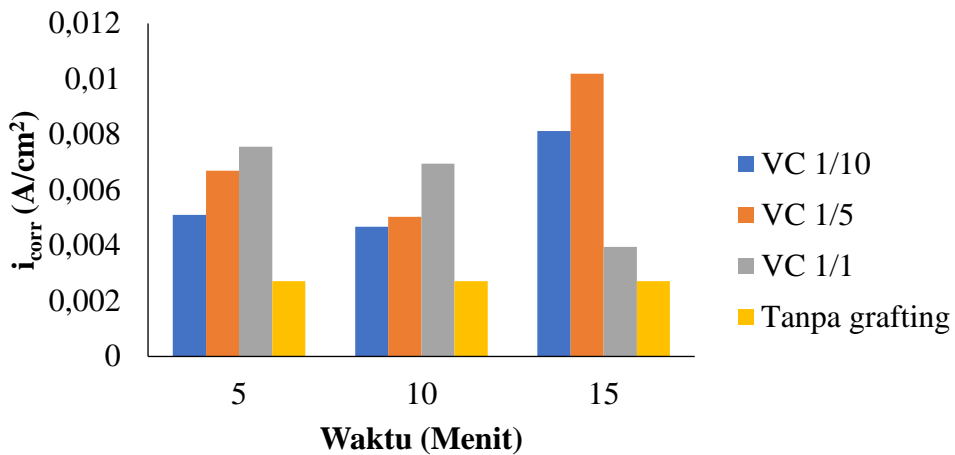
Pada gambar 4.7 terlihat bahwa setiap sampel menghasilkan grafik polarisasi yang berbeda-beda. Hal ini membuat titik potong pada  $I_{corr}, E_{corr}$ . Hal ini juga yang membuat nilai kerapatan laju korosi pada setiap sampel berbeda-beda dan akan menghasilkan data laju korosi yang berbeda pula. Perbedaan grafik yang terbentuk karena adanya perbedaan arus yang bekerja pada elektroda kerja dan elektroda pembantu. Adanya perbedaan ini menghasilkan hasil ekstrapolasi arus anodik dan katodik yang berbeda. Hal serupa juga terjadi pada sampel dengan variasi VC:NBDT 1:5 dan 1:1. Dari Grafik polarisasi diperoleh titik potong yang menghasilkan kerapatan arus pada setiap sampel yang ditunjukkan pada tabel 4.4

**Tabel 4.4** Nilai Kerapatan Arus Korosi Sampel Uji

Waktu (menit)	Nilai $i_{Corr}$			
	VC 1:10	VC 1:5	VC 1:1	Tanpa <i>grafting</i>
5	0,0050995	0,0066973	0,007562	
10	0,0046735	0,0050366	0,0069496	0,0027121
15	0,0081278	0,010188	0,0039479	

Pada tabel 4.2 dapat diamati bahwa nilai kerapatan arus korosi paling tinggi terjadi pada waktu reaksi 15 menit dengan variasi VC:NBDT 1:5. Sedangkan kerapatan arus korosi yang paling kecil terbentuk pada waktu reaksi 15 menit dengan variasi VC:NBDT 1:1. Perbedaan kerapatan arus korosi ini dipengaruhi oleh hasil ekstrapolasi anoda dan katoda yang terbentuk pada diagram tafel. Perbedaan potensial akan mempengaruhi nilai kerapatan arus korosi. Menurut

standar ASTM G-102 kerapatan arus korosi dipengaruhi oleh slope reaksi tafel anodik dan slope reaksi tafel katodik yang terbentuk.



**Gambar 4.8** Grafik Perbandingan Kerapatan Arus Korosi dengan Waktu Reaksi

Berdasarkan gambar 4.8 rapat arus yang paling tinggi terjadi pada sampel yang memiliki variasi rasio konsentrasi VC/NBDT 1/5. Nilai kerapatan arus ini akan berpengaruh pada nilai laju korosi karena berdasarkan persamaan 4.1 laju korosi berbanding lurus dengan kerapatan korosi. Korosi dapat terjadi karena adanya reaksi oksidasi dan reduksi. Fe sebagai anoda akan mengalami oksidasi dan melepaskan ion. Ion yang dilepaskan adalah sebesar 2 ekivalen/mol. Berat molekul dari unsur Fe sendiri adalah 55,845 (g/mol). Perhitungan laju korosi dengan menggunakan persamaan 4.1 menghasilkan nilai laju korosi seperti pada tabel 4.5.

$$CR = 3,27 \times 10^{-3} \times (i_{corr} / \rho) \times (Mw/n) \dots \dots \dots (4.1)$$

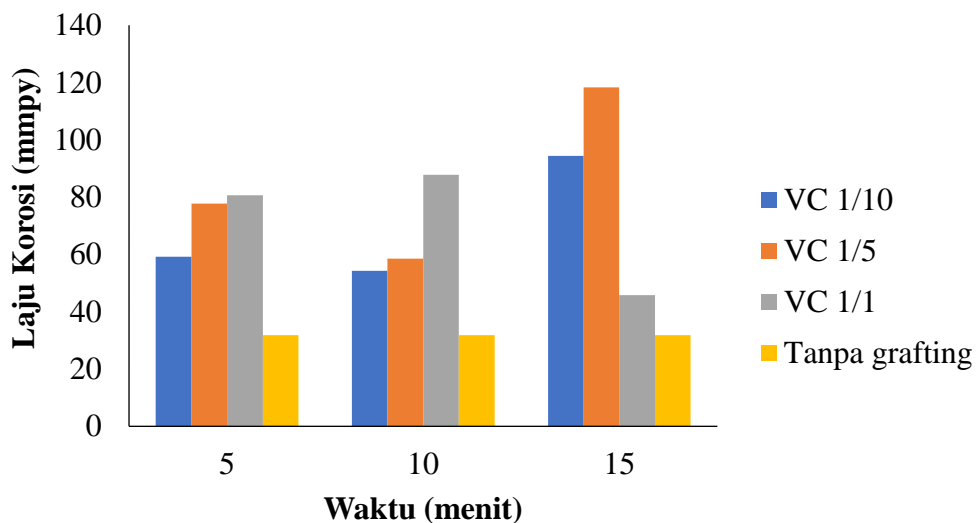
Keterangan :

- CR = Laju korosi (mmpy)
- $i_{corr}$  = kerapatan arus korosi ( $\mu A/cm^2$ )

- $\rho$  = Densitas benda uji ( $\text{g/cm}^3$ )  
 $M_w$  = Berat molekul ( $\text{g/mol}$ )  
 $n$  = Jumlah ion yang dilepaskan

**Tabel 4.5** Nilai Laju Korosi Sampel

Waktu (menit)	Laju Korosi (mmpy)			
	VC 1:10	VC 1:5	VC 1:1	Tanpa grafting
5	59,203	77,752	87,791	
10	54,256	57,311	80,681	31,486
15	94,359	118,28	45,833	



**Gambar 4.9** Laju Korosi Terhadap Waktu Pada Variasi Konsentrasi Agen Pereduksi

Berdasarkan standar ASTM G-102, perhitungan untuk menentukan laju korosi adalah dengan menggunakan persamaan 4.1. Adapun data yang diperlukan untuk menentukan laju korosi dari suatu sampel adalah diperolehnya nilai kerapatan arus korosi. Nilai kerapatan arus berbanding lurus dengan laju korosi. Semakin besar

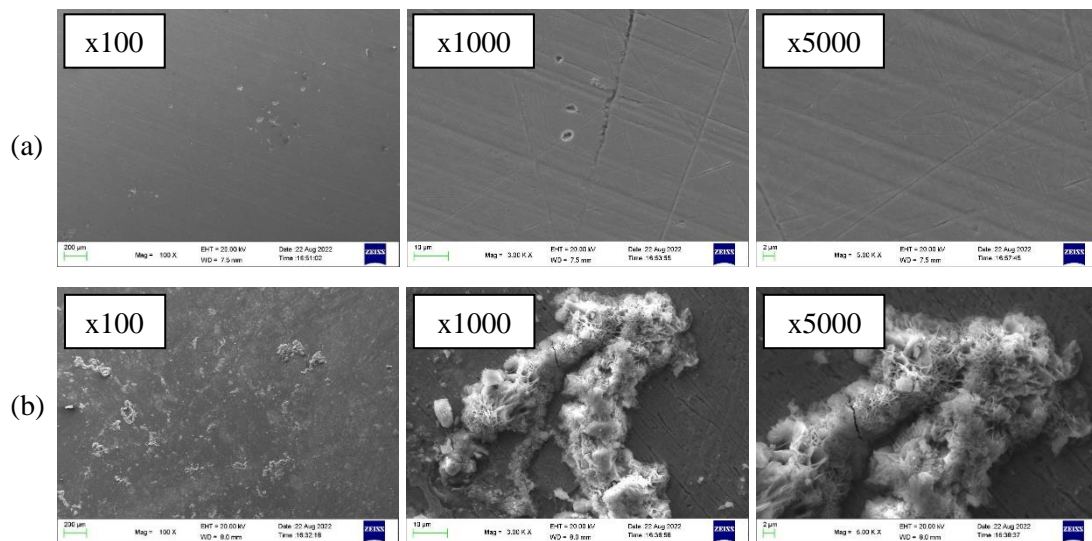
nilai kerapatan arus korosi maka semakin besar nilai laju korosi yang diperoleh. Berdasarkan data hasil pengujian laju korosi dan grafik pada gambar 4.9, laju korosi akan mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu reaksi. Kemungkinan terjadinya korosi pada permukaan substrat adalah ketidak homogenannya permukaan substrat. Ketidak homogenan permukaan substrat menyebabkan adanya permukaan yang lebih mudah terkorosi dan tidak. Akibat ketidak homogenannya permukaan lapisan memungkinkan adanya korosi sumuran pada permukaan. Tentu saja korosi sumuran atau *pitting* korosi ini walau kasat mata terlihat hanya seperti titik-titik pada permukaan namun mengakibatkan adanya korosi pada bagian dalam substrat atau singkatnya korosi tidak hanya terjadi pada permukaan.

#### **4.4. Identifikasi Permukaan**

Permukaan substrat dilakukan pengujian menggunakan SEM untuk mengamati permukaan substrat setelah maupun sebelum dilakukan proses pelapisan. Substrat yang telah dilakukan uji korosi dilakukan pengecekan menggunakan SEM.

##### **4.4.1 Sebelum dan sesudah *grafting***

Perlu diamati permukaan substrat setelah dan sesudah dilakukan *grafting* untuk mengetahui hasil *grafting* yang terbentuk pada permukaan substrat baja. Hasil SEM permukaan substrat sebelum dan sesudah *grafting* dapat dilihat pada gambar 4.10.



**Gambar 4.10** Hasil Pengujian SEM; (a) Permukaan Sebelum Dilakukan *Grafting*;  
(b) Permukaan Setelah Dilakukan *Grafting*

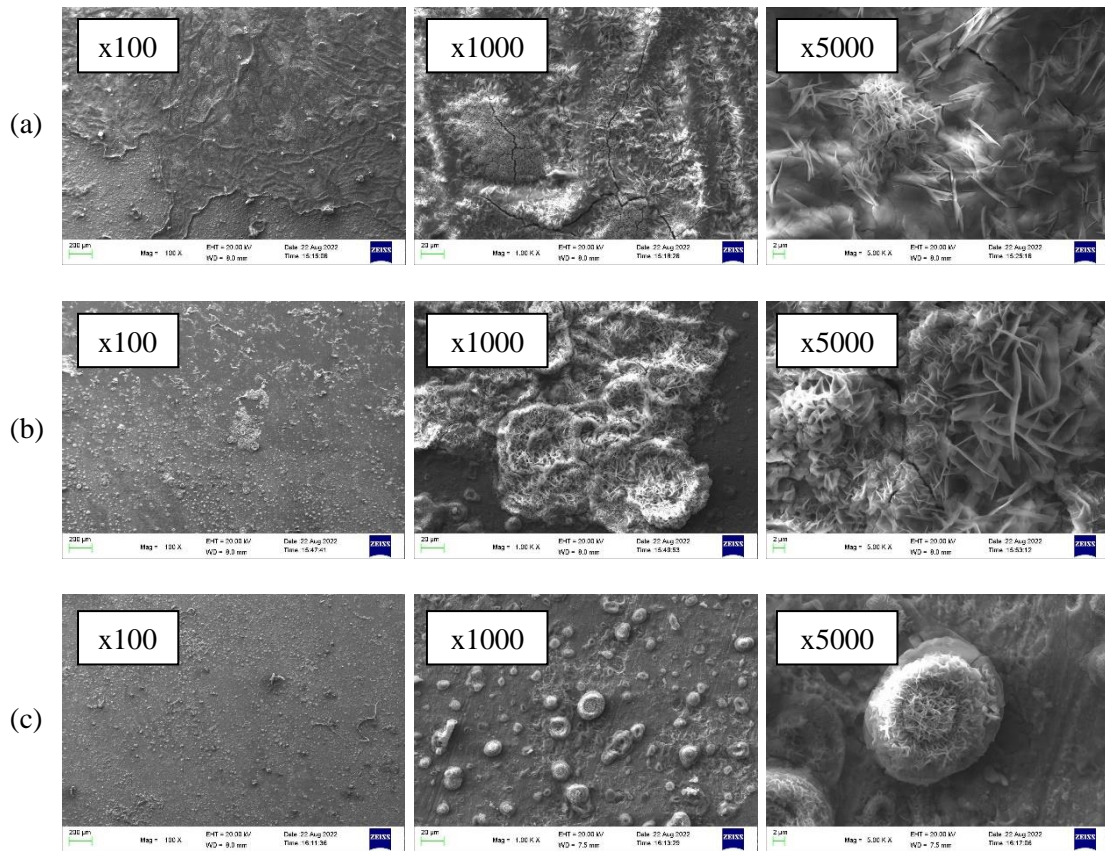
Jika dibandingkan antara gambar sampel sebelum dan sesudah dilakukan *grafting* terlihat jelas perbedaan pada permukaannya. Pada permukaan sampel yang telah dilakukan *grafting* terlihat adanya lapisan yang terlihat tidak merata pada permukaannya. Kemudian jika diperbesar permukaan yang tidak merata ini memperlihatkan gambaran seperti pada gambar 4.10. Pada gambar tersebut terlihat bahwa lapisan yang terbentuk terlihat seperti helaian-helaian rambut halus.

#### 4.4.2 Setelah Dilakukan Uji Korosi

Pengamatan juga dilakukan pada permukaan substrat yang telah dilakukan uji korosi. Pada gambar 4.11 yang merupakan hasil pengamatan yang dilakukan pada permukaan sampel dengan variasi waktu reaksi *grafting* 15



menit dengan masing-masing variasi rasio NBDT:VC 1:10, 1:5, dan 1:1.



**Gambar 4.11** Hasil Pengujian SEM (a) Variasi NBDT:VC 1:10; (b) Variasi NBDT:VC 1:5; (c) Variasi VC:NBDT 1:1

Pada gambar 4.11 memperlihatkan permukaan substrat yang mengalami korosi. Dapat diamati pada permukaan substrat terbentuk bintik-bintik korosi yang berpotensi mengalami korosi sumuran atau *pitting corrosion*.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Pada penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik sebuah kesimpulan berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian. Adapun kesimpulan dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Rasio konsentrasi VC:NBDT mempengaruhi konsentrasi radikal fenil sehingga mempengaruhi hasil lapisan. Rasio VC:NBDT yang paling besar intensitasnya terdapat pada VC:NBDT 1:5 dengan variasi waktu reaksi 15 menit.
2. Terdapat lapisan polynitrophenylene dengan ditandai dengan terbentuknya senyawa aromatik nitro pada substrat baja dengan adanya *peak* pada rentang 1530-1350  $\text{cm}^{-1}$
3. Nilai laju korosi tertinggi terjadi variasi rasio konsentrasi VC:NBDT 1:5 pada variasi waktu 15 menit dengan nilai laju korosi 118,28 mmpy. Sedangkan nilai laju korosi terkecil terjadi pada variasi konsentrasi VC/NBDT 1:1 dengan variasi waktu 15 menit dengan nilai laju korosi 45,833 mmpy.

#### 5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adapun saran-saran yang dapat menjadi acuan untuk dilakukan pada penelitian selanjutnya. *Grafting* dapat

menggunakan monomer vinyl. Lalu proses *grafting* dapat dilakukan dengan alternatif garam diazonium selain NBDT. Dapat menggunakan variasi konsentrasi NBDT yang lebih tinggi. Kemudian pada saat penelitian dapat menggunakan *ultrasonic cleaner* sebagai metode pembersihan permukaan dari gugus polimer yang tidak terbentuk. Perlu adanya analisis lebih lanjut terkait permukaan hasil lapisan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Yudha K.; Arief, Irfan S.; Amidji. (2015). Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengna Variasi Ketebalan *Coating*. *Jurnal Teknik ITS*. **Vol.4**. G1-G5
- Akhtar, K. et al. (2018). *Scanning Electron Microscopy: Principle and Applications in Nanomaterials Characterization*. *Hanbook of Materials Characterization*. Springer.
- ASTM G-102. (1999). *Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements*
- ASTM. (2004). *Standart Specification for Carbon Structural Steel*. ASTM International. United states
- Dachriyanus. (2004). Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi. Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas, Padang
- Didik, Lalu A. (2020). Penentuan Ukuran Butir Kristal  $\text{CuCr}_{0,98}\text{Ni}_{0,02}\text{O}_2$  Dengan Menggunakan *X-ray Diffraction (XRD)* Dan *Scanning Electron Microscope (SEM)*. *Indonesian Physical Review*. **Vol.3**. 6
- Frestika, Mia Y. et al. (2017). Investigasi Pembentukan Ikatan Zn-O *Rods* Di Atas Permukaan Mikrokantilever Dengan Uji Karakterisasi FTIR. *Spektra*. **Vol.2**. 91
- Haidir, Andi., et al. (2017). Analisis Laju Korosi Paduan Aluminium Feronikel Pada pH Basa Dengan Potensiostat. *Jurnal Batan No.18/X*
- Hidayat, Amri H. (2013). Studi Eksperimen Perbandingan Laju Korosi pada Plat ASTM (*American Society For Testing and Material*) A36 dengan Menggunakan Variasi Sudut Bending. *JURNAL TEKNIK POMITS*. **Vol.2**. G-56
- Hu, Ping et al. (2020) Application of diazonium-induced anchoring process on ultrafiltration substrate for the fabrication of nanofiltration membrane with enhanced desalination performance. *Desalination*. Vol.496. 114340
- Mévellec, Vincent et al. (2007). Grafting Polymers on Surfaces: A New Powerful and Versatile Diazonium Salt-Based One-Step Process in Aqueous Media. *Chem Mater*. Vol.19. 6326-6330
- Mesnage, Alice et al. (2011). Diazonium Salts Induced Anchoring Process:

Mechanism, Application(s). Ecole Polytechnique X. English,

Nandiyanto, Asep Bayu dani et al. (2019). How to Read and Interpret FTIR Spectroscopy of Organic Material. *Indonesian Journal of Science & Technology*. Vol.4/1

Pambudi, Aji et al. (2017). Analisis Morfologi dan Spektroskopi Infra Merah Serat Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) Hasil Proses Alkalisasi Sebagai Penguat Komposit Absorpsi Suara. *JURNAL TEKNIK ITS*. Vol.6. F-441

Saito, S.; Surdia, T. (1999). Pengetahuan Bahan Teknik. Pradya Paramita. Jakarta

Sumarji. (2012). Evaluasi Korosi Baja Karbon Rendah ASTM A36 Pada Lingkungan Atmosferik Di Kabupaten Jember. *ROTOR*. Vol.5. 44

Suprayogi, Andik et al. (2017). Analisa *Surface Preparation* Pada Plat Baja ASTM A36. *Senaspro*. 188

Utomo, Budi. (2009). Jenis Korosi Dan Penanggulangannya. *KAPAL*

Zheng, Y.F., et al. (2014) Biodegradable Metals. *Materials Science and Engineering R*. Vol.77

**LAMPIRAN A**  
**CONTOH PERHITUNGAN**

**A.1. Pengenceran HCl 1M menjadi 0,5 M**

Diketahui :

$$\text{Konsentrasi awal} = 1 \text{ M}$$

$$\text{Volume akhir} = 50 \text{ ml}$$

$$\text{Konsentrasi akhir} = 0,5 \text{ M}$$

$$= \text{Konsentrasi awal} \times \text{volume awal} = \text{konsentrasi akhir} \times \text{volume akhir}$$

$$= 1 \text{ M} \times \text{volume awal} = 0,5 \text{ M} \times 50 \text{ ml}$$

$$= \text{volume akhir} = (0,5 \text{ M} \times 50 \text{ ml}) / 1 \text{ M}$$

$$= \text{volume akhir} = 25 \text{ ml}$$

**A.2. Penggunaan 4-NBDT**

Diketahui :

$$\text{Molekul relatif} = 236,92$$

$$\text{Konsentrasi} = 0,01 \text{ M}$$

$$\text{Volume larutan} = 50 \text{ ml}$$

$$\text{Massa 4-NBDT} = (\text{Molekul relatif} \times \text{konsentrasi} \times \text{volume larutan}) / 1000$$

$$\text{Massa 4-NBDT} = (236,92 \times 0,01 \text{ M} \times 50 \text{ ml}) / 1000$$

$$\text{Massa 4-NBDT} = 0,11846 \text{ gr} = 118,46 \text{ mg}$$

**A.3. Penggunaan *L-Ascorbic Acid* (VC)**

Diketahui :

$$\text{Molekul relatif} = 176,15$$

$$\text{Konsentrasi} = 0,01 \text{ M}$$

$$\text{Volume larutan} = 50 \text{ ml}$$

$$\text{Massa VC} = (\text{Molekul relatif} \times \text{konsentrasi} \times \text{volume larutan}) / 1000$$

$$\text{Massa VC} = (176,15 \times 0,01 \text{ M} \times 50 \text{ ml}) / 1000$$

$$\text{Massa VC} = 0,088075 \text{ gr} = 88,1 \text{ mg}$$

#### A.4. Laju korosi (CR)

$$CR = 3,27 \times 10^{-3} \times (i_{\text{corr}} / \rho)$$

Keterangan :

CR = Laju korosi (mmpy)

$i_{\text{corr}}$  = kerapatan arus korosi ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )

$\rho$  = Densitas benda uji ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

EW = Berat Ekuivalen

Diketahui :

$$i_{\text{corr}} = 0,0050995 \text{ A}/\text{cm}^2 = 5099,5 \mu\text{A}/\text{cm}^2$$

$$\rho = 7,86 \text{ g}/\text{cm}^3$$

$$EW = 27,9225$$

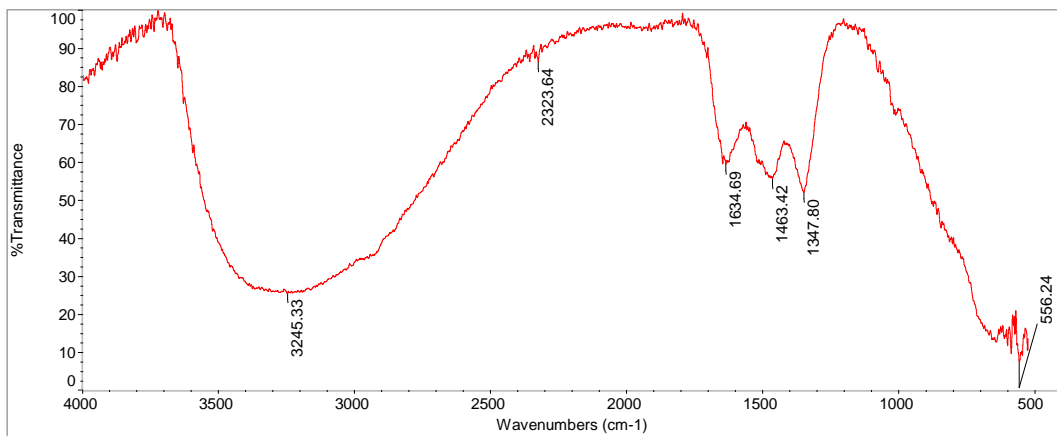
Maka :

$$CR = 3,27 \times 10^{-3} \times (5099,5/7,86) \times 27,9225$$

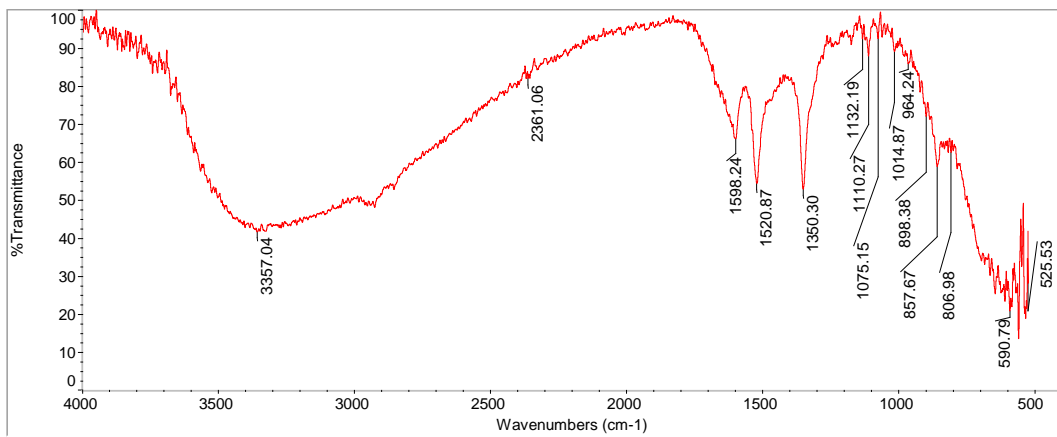
$$CR = 59,2389 \text{ mmpy}$$

**LAMPIRAN B**  
**DATA PENGUJIAN**

**B.1. Data Hasil Pengujian FTIR**

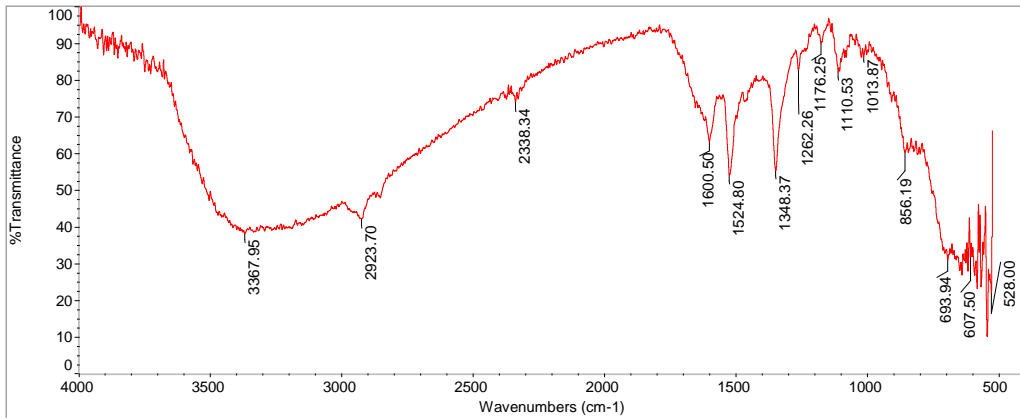


**Gambar B.1** Spektrum FTIR Sampel Variasi Waktu 5 Menit dan VC:NBD 1:10

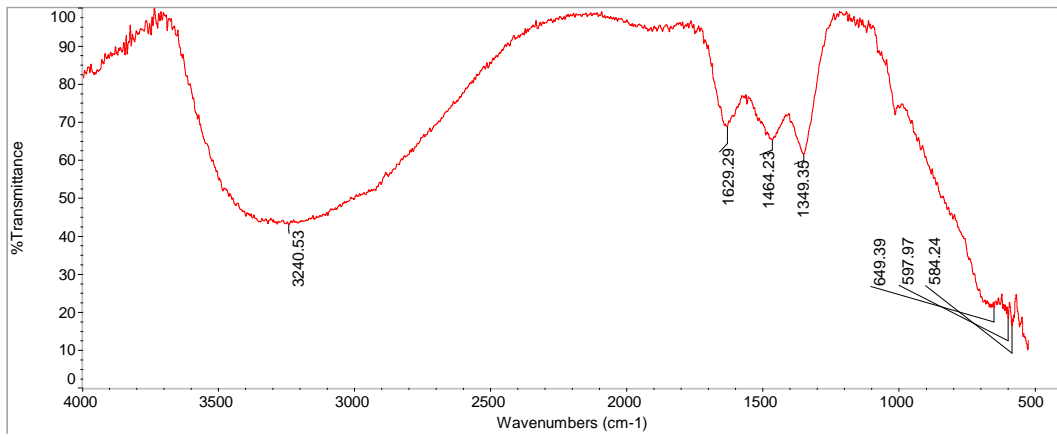


**Gambar B.2** Spektrum FTIR Sampel Variasi Waktu 10 Menit dan VC:NBD 1:10

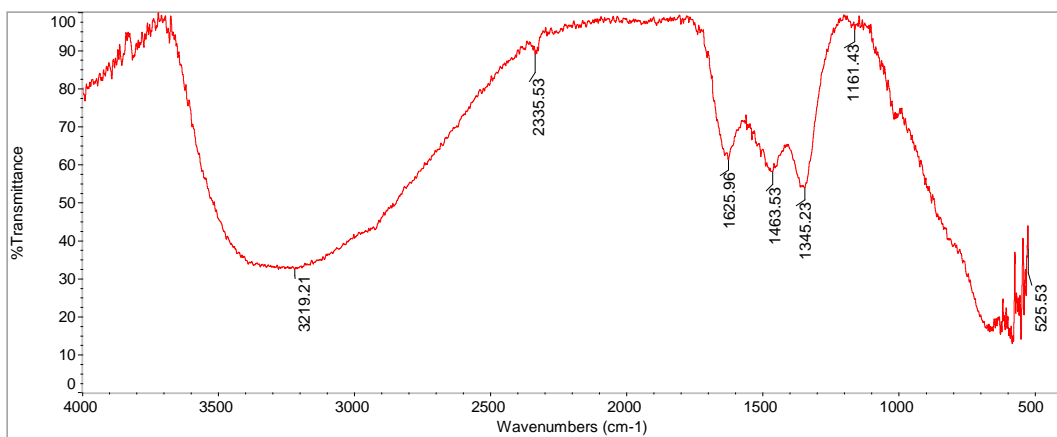




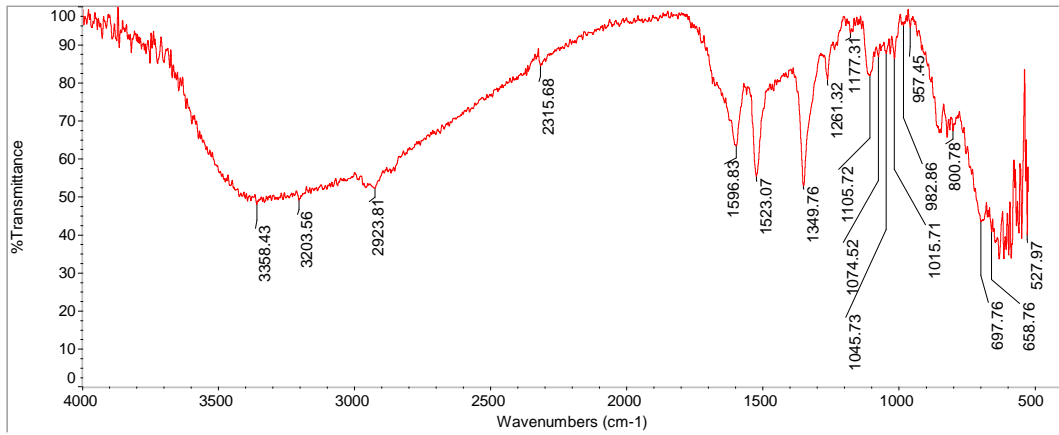
**Gambar B.3** Spektrum FTIR Sampel Variasi 15 Menit dan VC:NBDT 1:10



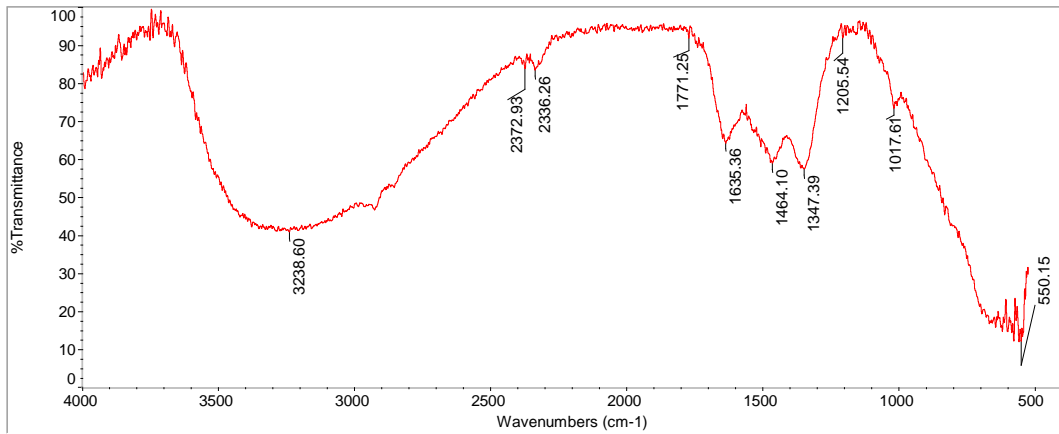
**Gambar B.4** Spektrum FTIR Sampel Variasi 5 Mnit dan VC:NBDT 1:5



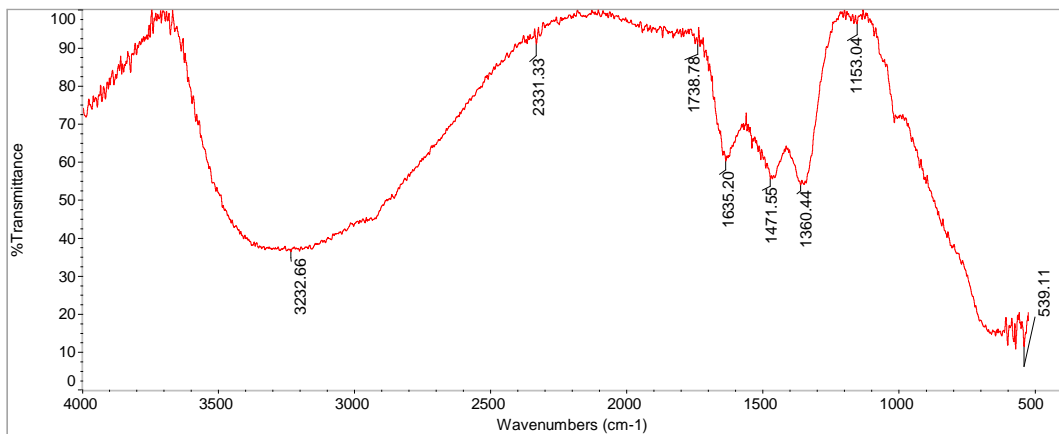
**Gambar B.5** Spektrum FTIR Sampel Variasi 10 Menit dan VC:NBDT 1:5



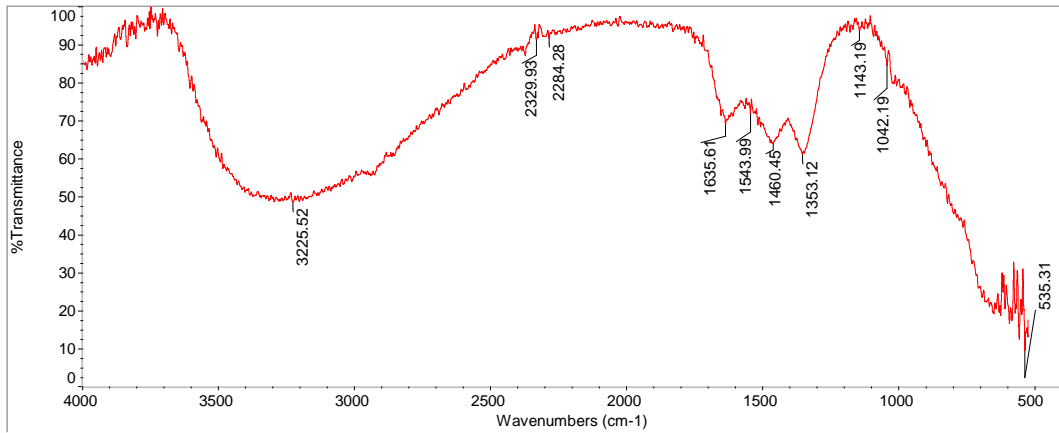
**Gambar B.6** Spektrum FTIR Sampel Variasi Waktu 15 Menit dan VC:NBDT 1:5



**Gambar B.7** Spektrum FTIR Sampel Variasi Waktu 5 Menit dan VC:NBDT 1:1

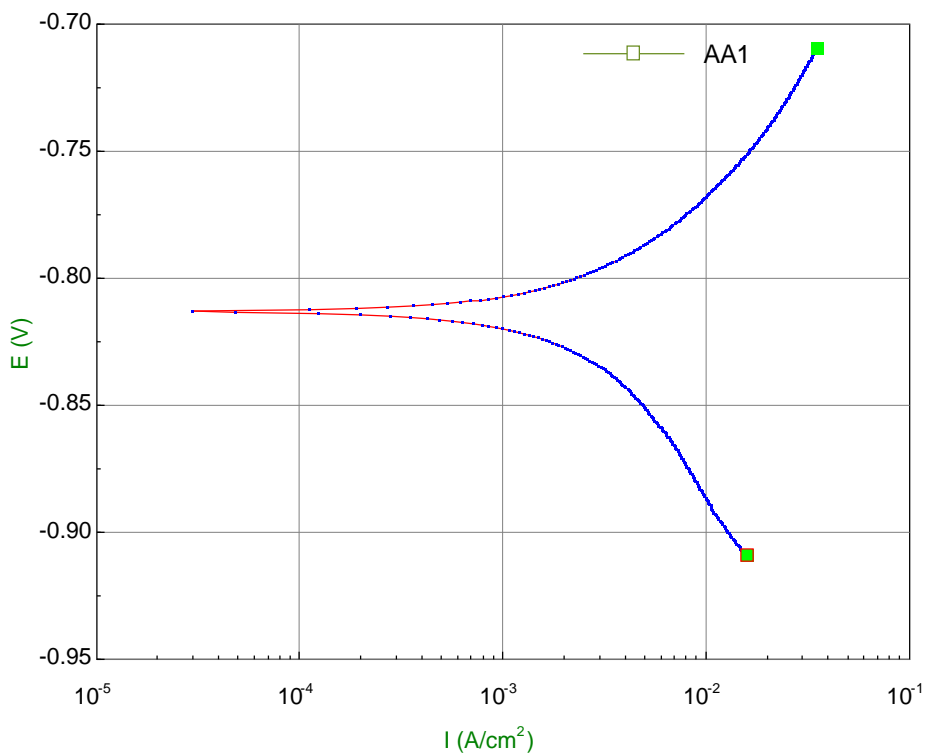


**Gambar B.8** Spektrum FTIR Sampel Variasi Waktu 10 Menit dan VC:NBDT 1:1

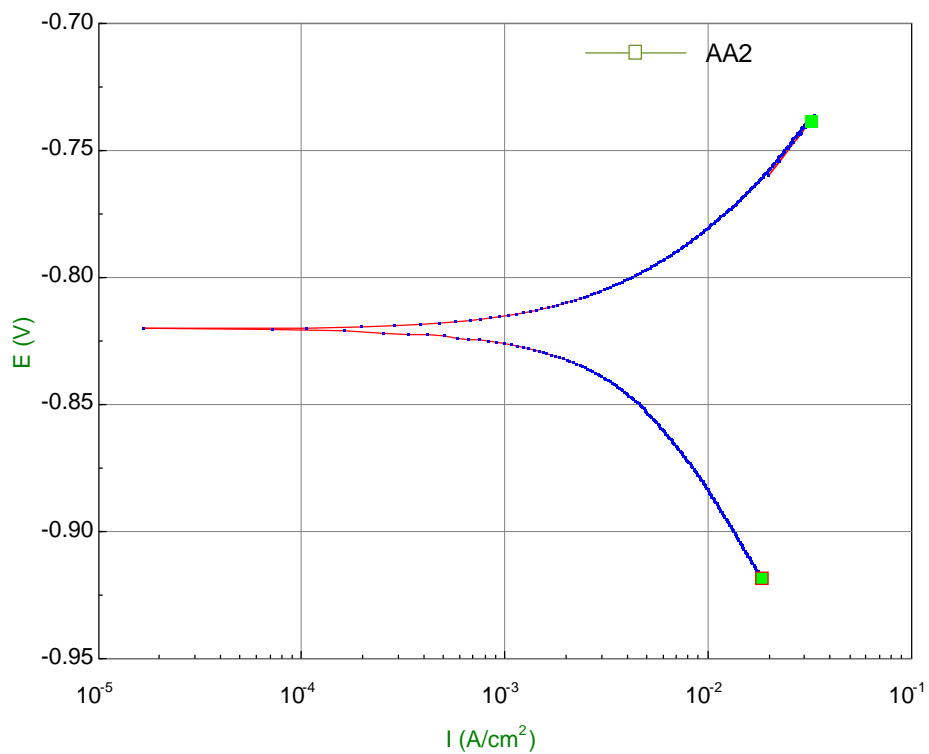


**Gambar B.9** Spektrum FTIR Sampel Variasi Waktu 15 Menit dan VC:NBDT 1:1

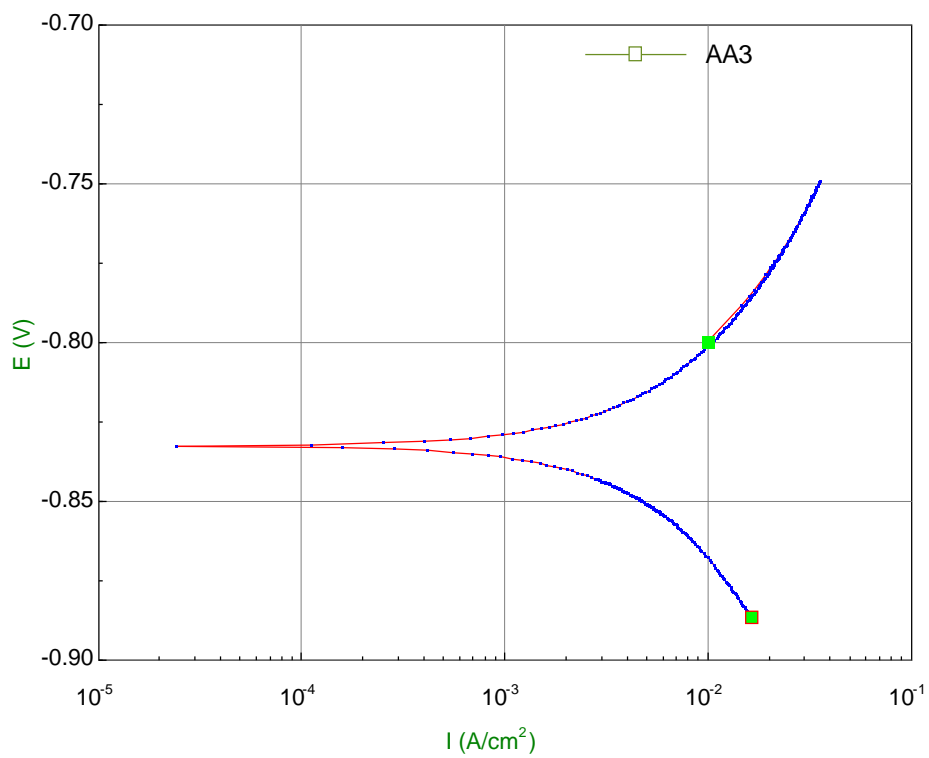
**B.2. Data Hasil Pengujian Potensiostat**



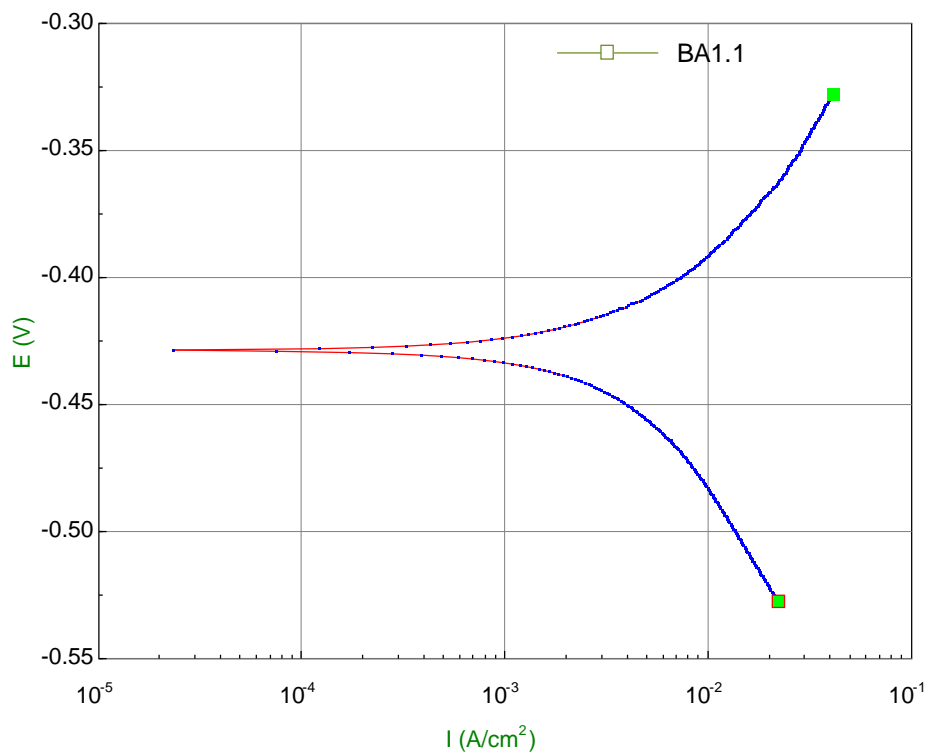
**Gambar B.10** Grafik Tafel Sampel Variasi Waktu 5 Menit dan VC:NBDT 1:10



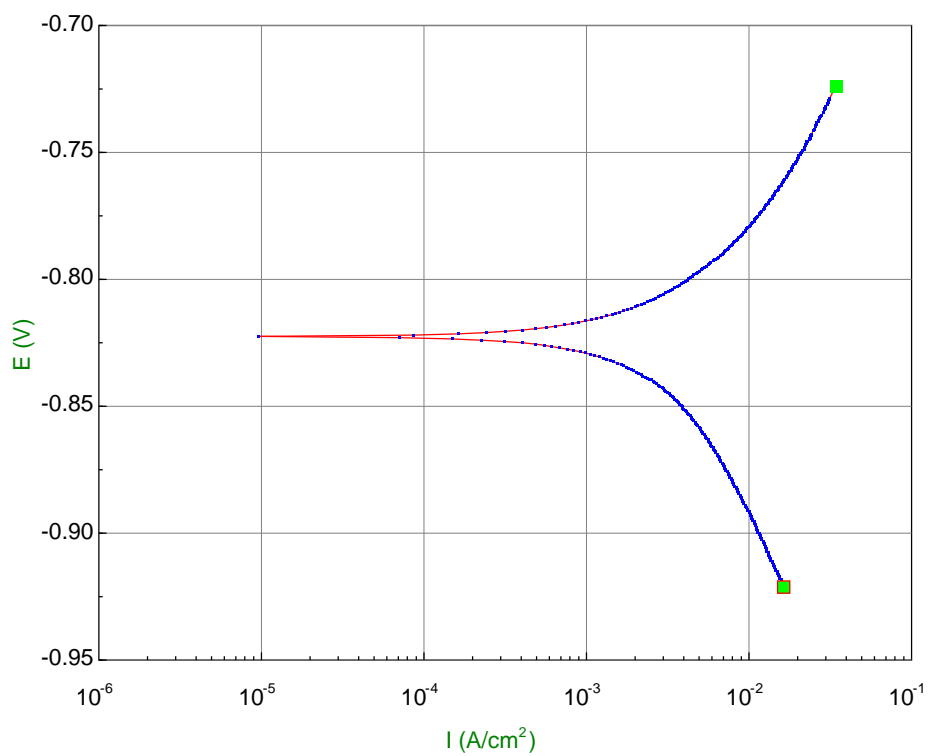
**Gambar B.11** Grafik Tafel Sampel Variasi Waktu 10 Menit dan VC:NBDT 1:10



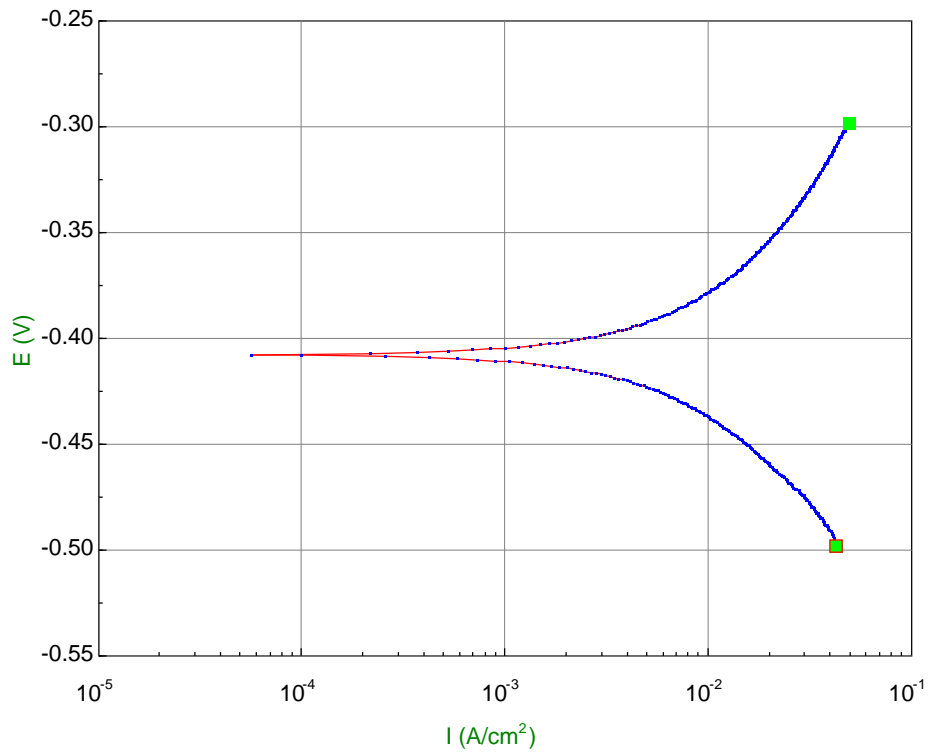
**Gambar B.12** Grafik Tafel Sampel Variasi Waktu 15 Menit dan VC:NBDT 1:10



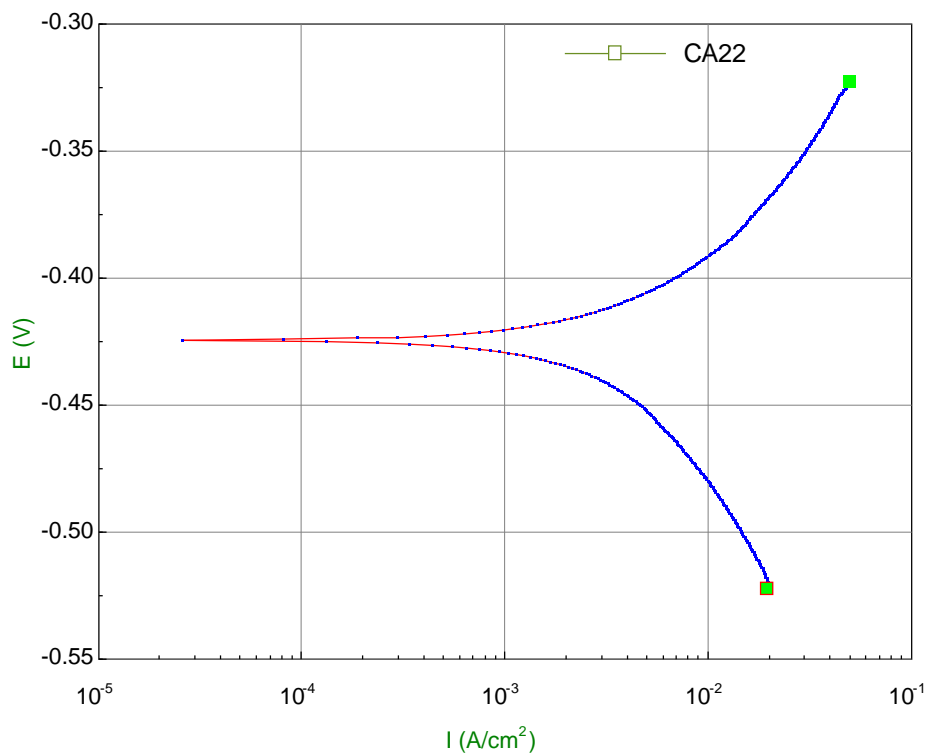
**Gambar B.13** Grafik Tafel Sampel Variasi Waktu 5 Menit dan VC:NBDT 1:5



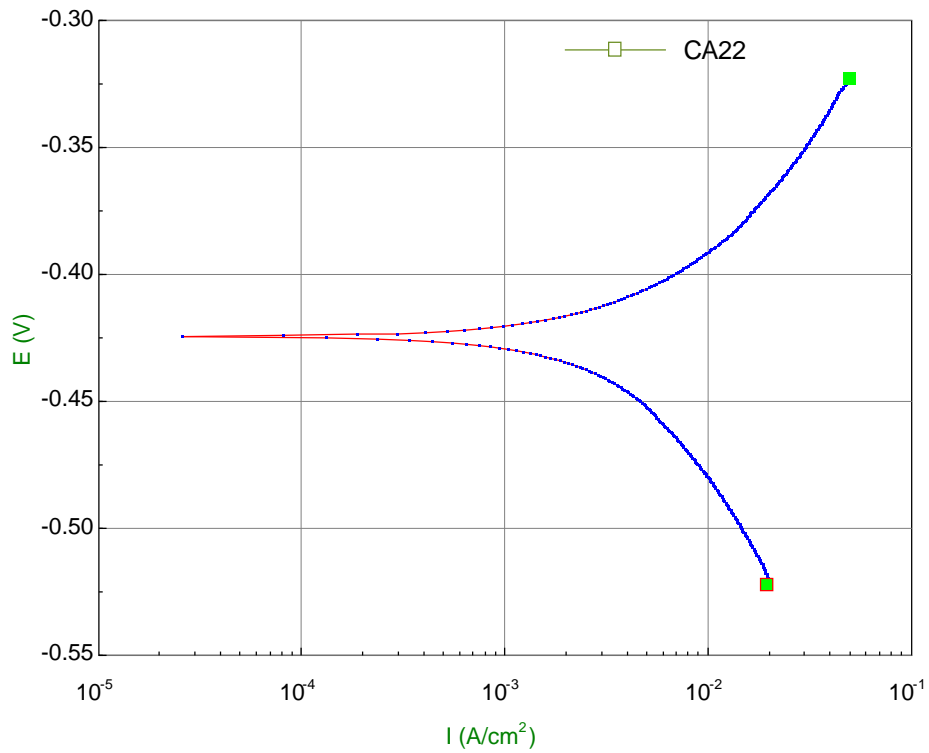
**Gambar B.14** Grafik Tafel Sampel Variasi waktu 10 Menit dan VC:NBDT 1:5



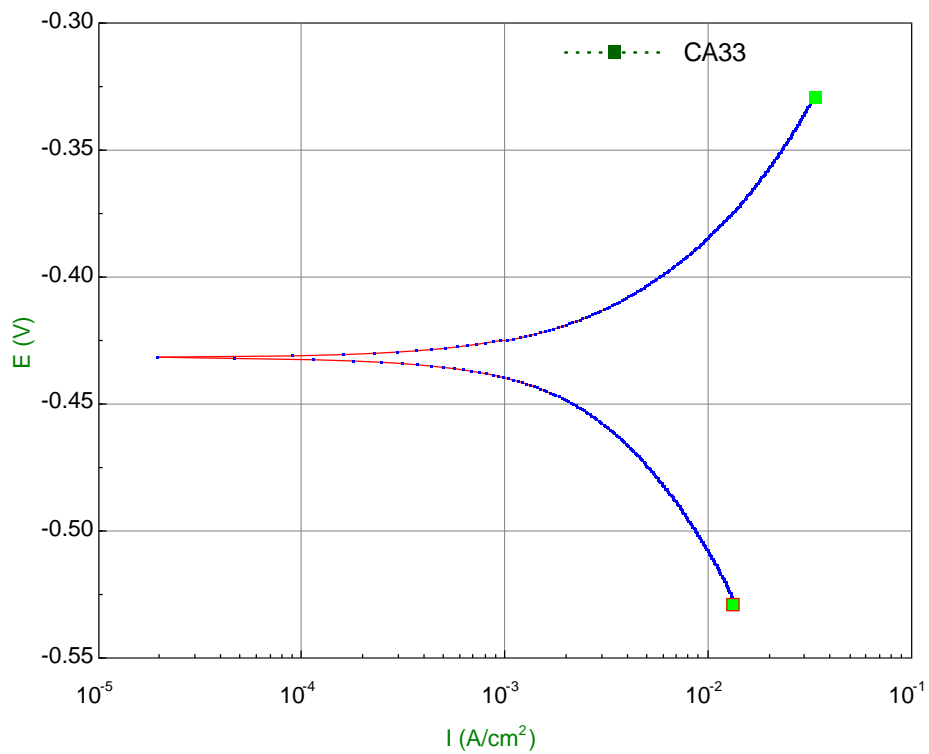
**Gambar B.15** Grafik Tafel Sampel Variasi Waktu 15 Menit dan VC:NBDT 1:5



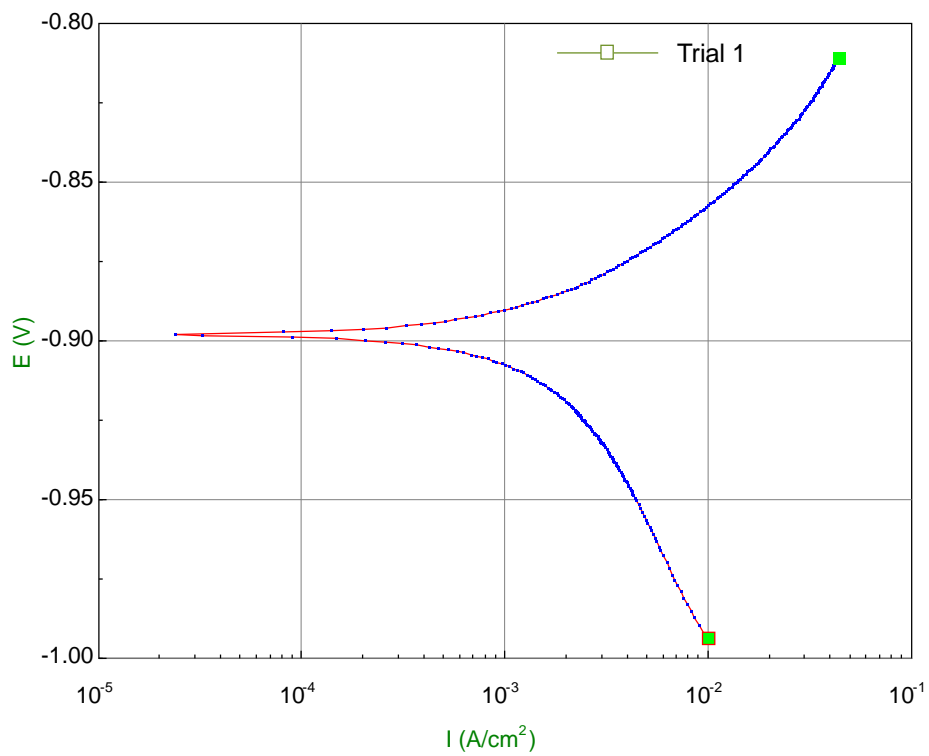
**Gambar B.16** Grafik Tafel Sampel Variasi Waktu 5 Menit dan VC:NBDT 1:1



**Gambar B.17** Grafik Tafel Sampel Variasi Waktu 10 Menit dan VC:NBDT 1:1



**Gambar B.18** Grafik Tafel Sampel Variasi Waktu 15 Menit dan VC:NBDT 1:1



**Gambar B.19** Grafik Tafel Sampel Tanpa *Grafting*



**LAMPIRAN C**  
**ALAT DAN BAHAN**

**C.1 Alat-alat**



**Gambar C.1 Potensiostat**



**Gambar C.2 Gerinda Tangan**



**Gambar C.3 Grinder & Polishing**



**Gambar C.4 Gelas Beker**



**Gambar C.5 Grinder Ukur**



**Gambar C.6 Kabel Elektroda**

## B.2 Bahan-bahan



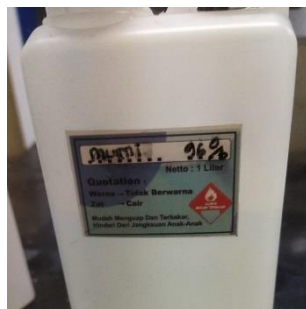
**Gambar C.7** Amplas



**Gambar C.8** Asam Askorbat



**Gambar C.9** Pelat Baja ASTM A36



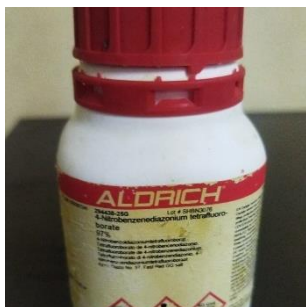
**Gambar C.10** Aseton



**Gambar C.11** Etanol



**Gambar C.12** Pasta Alumina



**Gambar C.13** Nitrobenzene Diazonium