

**STUDI PENGARUH TEMPERATUR DAN KETEBALAN *COATING*  
*GRAPHENE OXIDE* TERHADAP LAJU KOROSI PADA SAMPEL BAJA**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar serjana teknik*

Oleh

**KARIN DELLA OCTAFARIZA HARAHAHAP**

**NPM 163210072**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN**

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**PEKANBARU**

**2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :

Nama : Karin Della Octafariza Harahap  
NPM : 163210072  
Program Studi : Teknik Perminyakan  
Judul Tugas Akhir : Studi Pengaruh Temperatur dan Ketebalan *Coating Graphene Oxide* Terhadap Laju Korosi Pada Sampel Baja

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.

### DEWAN PENGUJI

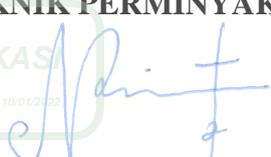
Pembimbing : Dr. Mursyidah, M.Sc. (.....)  
Penguji : Dike Fitriansyah Putra, S.T., M.Sc., MBA. (.....)  
Penguji : Muhammad Aryon, S.T., M.T. (.....)

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal :

Disahkan oleh:

KETUA PROGRAM STUDI  
TEKNIK PERMINYAKAN

  
DIVERIFIKASI  
By noviarita at 08:19:59, 10/01/2022

(NOVIA RITA, S.T., M.T.)

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum didalamnya baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan. Jika terdapat unsur penipuan atau pemalsuan data maka saya bersedia dicabut gelar yang telah saya peroleh.

Pekanbaru, 14 November 2021



Karin Della Octafariza Harahap

163210072



## KATA PENGANTAR

Rasa syukur saya sampaikan kepada Allah Subhannahu wa Ta'ala karena atas Rahmat dan Karunia ilmu yang ia berikan, saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau. Banyak pihak yang telah ikut berkontribusi dalam membantu dan menolong saya untuk menyelesaikan tugas akhir. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Mursyidah, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikirannya dalam memberikan arahan dan masukan selama proses pembuatan tugas akhir saya.
2. Ibu Novia Rita, S.T, M.T., selaku Ketua Prodi dan Bapak Tomi Erfando, S.T., M.T., selaku Sekertaris Prodi serta Dosen lainnya yang telah banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan, dan hal lainnya yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
3. Bapak Ali Musnal, S.T., M.T., selaku Pembimbing Akademik yang memberikan nasihat dalam menjalani perkuliahan di Teknik Perminyakan.
4. Kedua orang tua saya yaitu, bapak Kamal Agustus Harahap dan Ibu Siti Harini. Kedua adik saya yaitu, Sherin dan Kevin, serta keluarga besar yang telah memberikan doa serta dukungan penuh kepada saya.
5. Teman saya yaitu Dino, Putry, Meta, Riza, Nadira dan Windu. Lalu teman-teman di kelas A angkatan 2016, serta teman-teman Teknik Perminyakan UIR lainnya.

Teriring doa saya, semoga Allah memberikan Kesehatan, kedamaian hati, dan dibalaskan segala kebaikan seluruh pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan

Pekanbaru, 14 November 2021



Karin Della Octafariza Harahap

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR LAMPIRAN .....	viii
DAFTAR SINGKATAN.....	ix
DAFTAR SIMBOL .....	x
ABSTRAK .....	xi
ABSTRACK.....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 <i>Graphene Oxide</i> Dari <i>Graphite</i> Baterai Zn-C.....	4
2.2 Metode Pencegahan Korosi.....	5
2.3 Perhitungan Laju Korosi .....	6
2.4 <i>State of the Art</i> .....	6
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>10</b>
3.1 Uraian Metodologi Penelitian .....	10

3.2	Alat dan Bahan .....	10
3.2.1	Alat.....	10
3.2.2	Bahan .....	13
3.3	Prosedur Penelitian.....	13
3.3.1	Sintesis <i>Graphene Oxide</i> Dari Grafit Baterai .....	13
3.3.2	Pengujian Sintesis GO .....	14
3.3.3	Persiapan Logam Baja .....	14
3.3.5	Penyediaan Sampel Uji Korosif.....	15
3.3.6	Pengujian Laju Korosi Pada Sampel Logam Baja.....	15
3.4	Lokasi Penelitian .....	16
3.5	Waktu Penelitian .....	16
3.6	Diagram Alir Penelitian.....	17
<b>BAB IV</b>	<b>PEMBAHASAN.....</b>	<b>18</b>
4.1	Karakterisasi <i>Graphene Oxide</i> .....	18
4.1.1	Pengujian FTIR (Fourier Transform Infra Red) .....	18
4.1.2	Pengujian UV-Vis ( <i>Ultra Violet-Visible</i> ).....	19
4.2	Perhitungan Laju Korosi .....	20
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>29</b>
5.1	Kesimpulan.....	29
5.2	Saran .....	29
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>.....</b>	<b>30</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>.....</b>	<b>34</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Metode <i>dipcoating</i> .....	6
<b>Gambar 3.1</b>	Alat Sonikasi.....	10
<b>Gambar 3.2</b>	Timbangan Digital .....	11
<b>Gambar 3.3</b>	<i>Sieve</i> .....	11
<b>Gambar 3.4</b>	<i>Filter Paper</i> .....	11
<b>Gambar 3.5</b>	Oven .....	11
<b>Gambar 3.6</b>	Spektrofotometer UV-Vis.....	12
<b>Gambar 3.7</b>	Blender.....	12
<b>Gambar 3.8</b>	<i>Beaker Glass</i> .....	12
<b>Gambar 3.9</b>	Jangka Sorong.....	13
<b>Gambar 3.10</b>	<i>Hotplate Magnetic Stirrer</i> .....	13
<b>Gambar 4.1</b>	<i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) sampel GO limbah baterai ..	18
<b>Gambar 4.2</b>	grafik UV-Vis <i>graphene oxide</i> .....	19
<b>Gambar 4.3</b>	Laju korosi berdasarkan variasi temperatur (°C) dan ketebalan <i>coating</i> (mm) .....	21
<b>Gambar 4.4</b>	(a) Ilustrasi partikel pada temperatur rendah, (b) Gerakan partikel pada temperatur lebih tinggi.....	24
<b>Gambar 4.5</b>	Efisiensi inhibisi sampel besi berdasarkan variasi temperatur dan ketebalan <i>coating graphene oxide</i> .....	25
<b>Gambar 4.6</b>	Ekstrapolasi Laju Korosi .....	27

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b>	Skema Penelitian Mengukur Laju Korosi dengan Variasi Temperatur, Frekuensi Pencelupan dan Waktu .....	15
<b>Tabel 3.2</b>	Jadwal Penelitian .....	16

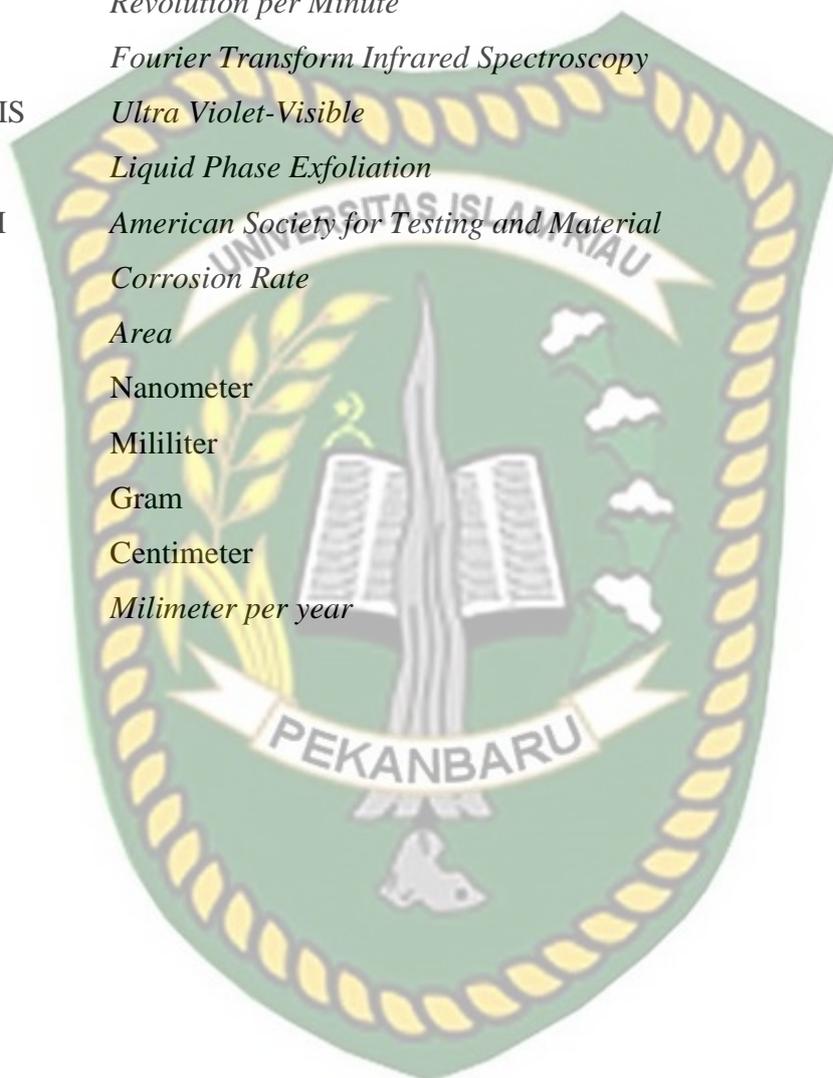


## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b>	Perhitungan laju korosi .....	<b>34</b>
<b>Lampiran 2</b>	Tabel hasil perhitungan laju korosi.....	<b>35</b>
<b>Lampiran 3</b>	Perhitungan tebal coating.....	<b>35</b>
<b>Lampiran 4</b>	Perhitungan efisiensi inhibisi korosi.....	<b>37</b>
<b>Lampiran 5</b>	Hasil perendaman Sampel Baja yang tidak di <i>coating</i> pada temperatur 35 °C, 40 °C, 45 °C selama 216 jam. ....	<b>37</b>
<b>Lampiran 6</b>	Hasil perendaman Sampel Baja yang di <i>coating</i> 3x celupan pada temperatur 35 °C, 40 °C, 45 °C selama 216 jam. ....	<b>38</b>
<b>Lampiran 7</b>	Hasil perendaman Sampel Baja yang di <i>coating</i> 10x celupan pada temperatur 35 °C, 40 °C, 45 °C selama 216 jam. ....	<b>38</b>
<b>Lampiran 8</b>	Hasil perendaman Sampel Baja yang di <i>coating</i> 20x celupan pada temperatur 35 °C, 40 °C, 45 °C selama 216 jam. ....	<b>38</b>
<b>Lampiran 9</b>	Hasil perendaman Sampel Baja yang di <i>coating</i> 30x celupan pada temperatur 35 °C, 40 °C, 45 °C selama 216 jam. ....	<b>39</b>

## DAFTAR SINGKATAN

GO	<i>Graphene Oxide</i>
RPM	<i>Revolution per Minute</i>
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>
UV-VIS	<i>Ultra Violet-Visible</i>
LPE	<i>Liquid Phase Exfoliation</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Material</i>
CR	<i>Corrosion Rate</i>
A	<i>Area</i>
Nm	<i>Nanometer</i>
ml	<i>Mililiter</i>
gr	<i>Gram</i>
cm	<i>Centimeter</i>
mmpy	<i>Milimeter per year</i>



## DAFTAR SIMBOL

$\text{Fe}^{2+}$	Besi
$\text{H}^+$	Hidrogen
C	Karbon
Zn	Zinc
Mn	Mangan
P	Fosfor
Si	Silika
Cr	Khromium
Ni	Nikel
%	Persen
$\rho$	Densitas
$\lambda$	Lamda
$^{\circ}\text{C}$	Derajat Celcius



# STUDI PENGARUH TEMPERATUR DAN KETEBALAN COATING GRAPHENE OXIDE TERHADAP LAJU KOROSI PADA SAMPEL BAJA

KARIN DELLA OCTAFARIZA HARAHAP

163210072

## ABSTRAK

Permasalahan korosi sering terjadi pada fasilitas permukaan industri perminyakan disebabkan oleh material yang terbuat dari logam baja. Material baja tersebut rentan terhadap korosi karena berinteraksi secara langsung dengan lingkungan sekitar. Salah satu hal yang mempengaruhi laju korosi adalah temperatur. Untuk memperlambat laju pertumbuhan korosi, menggunakan cara terbaru yaitu dengan melapisi logam baja dengan *coating* GO. Pada penelitian ini, bahan dasar GO adalah dari karbon limbah baterai yang disintesis dengan menggunakan metode LPE (*Liquid Phase Exfoliation*). GO yang disintesis telah memiliki sifat gugus fungsi sesuai dengan karakteristik GO. Aplikasi *coating* GO terhadap sampel baja telah diteliti berdasarkan pengaruh temperatur dan ketebalan *coating* GO. Didapatkan bahwa temperatur terendah yaitu 35°C memiliki laju korosi yang paling kecil. Kenaikan temperatur 40°C laju korosi meningkat sebesar 75% dari temperatur awal, namun *coating* GO berhasil menahan persentase laju korosi ketika temperatur dinaikan menjadi 45°C dengan persentase sebesar 44%. Berdasarkan variasi ketebalan *coating* GO didapatkan hasil bahwa ketebalan lapisan yang paling tebal yaitu 1,67 mm memiliki nilai laju korosi yang paling kecil diantara tebal lapisan *coating* 0,47 mm, 1,10 mm, dan 1,31 mm. Efisiensi inhibisi yang paling efisien didapatkan pada ketebalan *coating* GO yang paling tebal yaitu sebesar 1,67 mm.

**Kata Kunci:** *Graphene oxide*, laju korosi, limbah baterai, temperatur, ketebalan *coating*.

**STUDY OF THE EFFECT OF TEMPERATURE AND THICKNESS OF  
GRAPHENE OXIDE COATING ON CORROSION RATE IN STEEL  
SAMPLES**

**ABSTRACT**

*Corrosion problems often occur in petroleum industry surface facilities caused by materials made of steel metal. The steel material is susceptible to corrosion because it interacts directly with the surrounding environment. One of the things that affects the rate of corrosion is temperature. To slow the rate of corrosion growth, use the latest way, namely by coating steel metal with GO coating. In this study, the basic ingredient of GO was from carbon battery waste synthesized using the LPE (Liquid Phase Exfoliation) method. Synthesized GO already has function group properties according to GO characteristics. The application of GO coating to steel samples has been studied based on the effect of temperature and thickness of GO coating. It is found that the lowest temperature of 35 °C has the smallest corrosion rate. The temperature increase of 40°C the rate of corrosion increased by 75% from the initial temperature, but GO coating managed to withstand the percentage of corrosion rate when the temperature was raised to 45 °C with a percentage of 44%. Based on variations in the thickness of GO coating obtained the result that the thickness of the thickest layer is 1.67 mm has the smallest corrosion rate value between the thickness of the coating layer 0.47 mm, 1.10 mm, and 1.31 mm. The most efficient insulation efficiency is obtained at the thickest GO coating thickness of 1.67 mm.*

**Keywords:** *Graphene oxide, corrosion rate, battery waste, temperature, coating thickness.*

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Masalah korosi yang terjadi pada industri perminyakan sudah bukan hal yang asing lagi. Korosi yang berat dapat menimbulkan kerugian pada perusahaan minyak dan gas. Menurut *National Association of Country Engineers* (NACE) kerugian yang disebabkan oleh korosi pertahunnya pada industri minyak dan gas diperkirakan mencapai 1,371 miliar dolar (Itszar, 2020) Material logam yang digunakan pada alat-alat pemboran maupun produksi bisa mengalami korosi yang akan menyebabkan alat-alat pada fasilitas di lapangan minyak dan gas tidak bisa bekerja secara efisien bahkan mengalami kerusakan sehingga diharuskan untuk mengganti atau memperbaiki alat tersebut dan hal itu akan berdampak pada biaya operasi juga mengganggu jalannya sistem produksi yang sudah berlangsung jika salah satu fasilitasnya harus diganti. Selain itu korosi yang terjadi pada *flow line* bisa mengakibatkan kebocoran yang akan mempengaruhi jumlah produksi minyak dan gas. Masalah korosi tidak bisa dicegah tetapi bisa diperlambat laju korosinya, semua logam termasuk logam tahan karat, aluminium, dan sebagainya akan cenderung mengalami pengkaratan oleh media korosif (Gapsari, 2017; Rochmat, Liantony, & Septiananda, 2019).

Dalam produksi minyak dan gas terdapat air formasi yang ikut terproduksi. Air formasi yang ikut diproduksi ini bisa menyebabkan korosi. Kandungan zat yang terdapat pada air formasi seperti  $O_2$ ,  $H_2S$ ,  $CO_2$ , dan zat-zat lainnya mempengaruhi terjadinya korosi. Selain air formasi, temperatur yang terdapat di lingkungan juga ikut mempengaruhi laju korosi. Adanya peningkatan atau penurunan temperatur akan mempengaruhi laju reaksi kimia. Pada air formasi yang mengandung senyawa-senyawa kimia dan secara terus menerus mengalami perubahan temperatur pada lingkungan akan dapat menimbulkan masalah korosi pada alat-alat produksi minyak dan gas. Terdapat material terbaru yang bisa digunakan sebagai bahan untuk bisa memperlambat laju korosi, yaitu *graphene oxide*. *Graphene oxide* bisa dijadikan sebagai lapisan

pelindung karena *graphene* bersifat *hydrophobic*, memiliki ketahanan panas yang tinggi untuk resin epoxy ketika GO dicampurkan ke dalamnya sehingga logam baja yang terlapisi dengan resin epoxy dan GO bisa diperlambat laju korosinya (Ollik & Lieder, 2020). Graphene memiliki fleksibilitas yang tinggi sehingga dapat mengikuti bentuk dan kekasaran permukaan. Fleksibilitas ini berfungsi untuk pengaplikasian lapisan *coating* (Gómez-Navarro, Burghard, & Kern, 2008).

Salah satu metode untuk mencegah korosi adalah dengan pelapisan (*coating*). *Coating* berfungsi sebagai lapisan pelindung pada logam baja sehingga lingkungan tidak berinteraksi secara langsung dengan logam baja. Sekarang ini, banyak aplikasi *coating* dipadukan dengan material lainnya. Serbuk *graphene oxide* dapat dicampurkan dengan larutan *coating* yang dapat digunakan sebagai metode untuk memperlambat laju korosi.

Penelitian ini akan melakukan sintesis *graphene oxide* yang berbahan dasar *graphite* dari limbah baterai. Pemilihan bahan dasar *graphite* dari limbah baterai ini dikarenakan baterai yang digunakan hanya dipakai sekali (*non rechargeable*) hal tersebut dapat menyebabkan banyak limbah kotor baterai yang tidak di daur ulang. Sintesis GO akan dilakukan dengan menggunakan metode *liquid phase exfoliation*. Setelah sintesis selesai maka akan dilakukan beberapa pengujian sebelum GO siap digunakan untuk memastikan bahwa GO yang akan digunakan sesuai dengan kriteria (Ramesha, Kumara, Muralidhara, & Sampath, 2011).

## 1.2 Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini memiliki tujuan adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis laju korosi sampel logam baja berdasarkan perbedaan temperatur.
2. Menganalisis laju korosi sampel logam baja berdasarkan perbedaan ketebalan *coating epoxy* dan GO baterai.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Pada Penelitian tugas akhir ini memanfaatkan bahan yang dapat ditemui di kehidupan sehari-hari yang murah yaitu baterai. Baterai digunakan sebagai bahan dasar pembuatan nanopartikel karbon sebagai inovasi baru di dalam bidang

perminyakan untuk mengendalikan laju korosi pada fasilitas permukaan. Limbah baterai yang telah digunakan bisa dijadikan sebagai bahan penelitian untuk membuat *graphene oxide* sehingga mengurangi limbah kotor yang dapat merusak lingkungan.

#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah untuk proposal penelitian tugas akhir ini hanya mencakup pada pengaplikasian *graphene oxide* untuk memperlambat laju korosi pada logam baja berdasarkan variasi waktu pengukuran laju korosi yaitu 72 jam, 144 jam, dan 216 jam, perbedaan temperatur yaitu 35°C, 40°C dan 45°C, variasi jumlah celupan (*dipping*) coating sebanyak 3, 10, 20, dan 30 kali untuk melihat perbedaan ketebalan lapisan sehingga mempengaruhi hasil akhir dari laju korosi, dan bahan dasar untuk sintesis *graphene oxide* adalah limbah baterai yang menggunakan limbah baterai merk ABC.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Allah SWT berfirman di dalam Al-Qur'an Surah Al-A'la ayat 1–5 yang artinya: Sucikanlah nama Tuhanmu Yang Mahatinggi, yang menciptakan, lalu menyempurnakan (penciptaan-Nya), yang menentukan kadar (masing-masing) dan memberi petunjuk, dan yang menumbuhkan rerumputan, lalu dijadikan-Nya (rumput-rumput) itu kering kehitam-hitaman.

Dari Surah Al-A'la ayat 1–5 menjelaskan tentang proses pembentukan minyak bumi yang berasal dari makhluk hidup organik yang saat sudah mati dan kemudian bercampur menjadi suatu cairan yang mengalir dan berwarna gelap (ahwaa) yang biasa dikenal sebagai minyak bumi.

Dalam Al-Qur'an mengatur bahwa manusia harus memanfaatkan dan melestarikan sumber daya alam yang telah diciptakan Allah SWT. Yang diperintahkan oleh Allah SWT dalam Surah Al-An'am ayat 165 yang artinya: Dan Dialah yang menjadikan kamu sebagai khalifah-khalifah di bumi dan Dia mengangkat (derajat) sebagian kamu di atas yang lain, untuk menguji atas (karunia) yang diberikan-Nya kepadamu. Sesungguhnya Tuhanmu sangat cepat memberi hukuman dan sungguh, Dia Maha Pengampun, Maha Penyayang

Selanjutnya juga terdapat pada Surah Al-Qashash Ayat ke 77 yang artinya: Dan carilah (pahala) negeri akhirat dengan apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu di dunia dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi. Sungguh, Allah tidak menyukai orang yang berbuat kerusakan.

Kedua surah diatas menjelaskan tentang betapa pentingnya untuk menjaga dan melestarikan alam. Industri perminyakan sendiri sangat berhubungan dengan lingkungan. Air formasi yang ikut terproduksi dari reservoir mengandung partikel-partikel yang dapat merusak lingkungan sekitar jika air formasi tersebut tidak di *treatment* lagi sebelum di buang atau diinjeksikan kembali ke reservoir.

### 2.1 *Graphene Oxide* Dari *Graphite* Baterai Zn-C

*Graphene oxide* sebagai lapisan tunggal dari *graphite* memiliki sifat unik, yaitu mempunyai ketebalan sangat tipis yang dikenal sebagai material dua

dimensi. Pada beberapa tahun terakhir ini turunan *graphene oxide* seperti nanopartikel berbasis *graphene oxide* muncul sebagai bahan yang berfungsi untuk berbagai aplikasi (Novoselov et al., 2004; Ray, 2015; Sukmawati, 2016).

Proses persiapan *graphene oxide* ada dua langkah. Dimana langkah pertama dengan cara membuat *graphene oxide* yang berasal dari serbuk *graphite* dapat dilakukan dengan mendispersikan *graphite* ke dalam air atau pelarut polar lainnya. Lalu langkah kedua yaitu bongkahan dari *graphene oxide* dapat dikelupas dengan sonikasi atau dengan perlakuan lainnya.

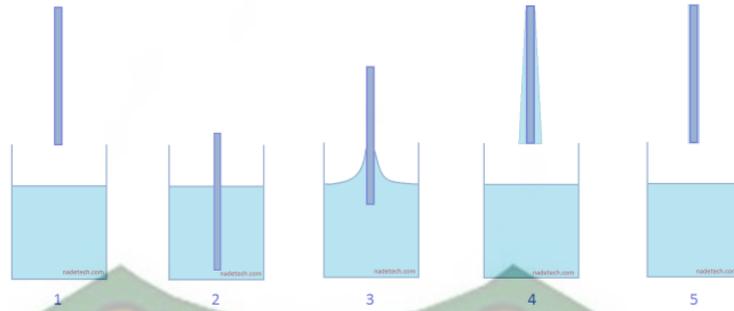
Di dalam baterai terdapat karbon yang berbentuk batang yang dibuat dengan cara memadatkan karbon, *graphite*, dan bahan pengikat lainnya (Linden & Reddy, 2002).

## 2.2 Metode Pencegahan Korosi

Pada penelitian ini menggunakan metode *coating*. Pelapisan permukaan logam dengan menggunakan *coating* digunakan sebagai *barrier* logam yang berfungsi agar logam tidak kontak secara langsung dengan medium korosif. *Coating* merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memperlambat laju korosi (Rizki, 2019).

Salah satu metode pelapisan *coating* adalah *dipcoating*. Metode *dipcoating* merupakan proses dimana sebuah spesimen dicelupkan ke dalam larutan *coating* kemudian di angkat secara vertikal dengan kecepatan yang konstan (Brinker, 2013; Mukhsinin, Nehru, & Afrianto, 2019).

Larutan *coating* yang sering digunakan adalah resin epoxy. Resin epoksi tahan terhadap alkali dan media kimia lainnya. Resin memiliki sifat yang bisa melekat dengan baik pada permukaan logam. Hal tersebut berasal dari banyaknya gugus polar yang tersedia dalam molekul. Resin ini adalah dasar dari campuran plastic dimana jika ditambahkan dengan katalis yang sesuai maka akan mengeras di tempat dan dalam waktu yang singkat. Resin bisa berguna untuk menutup kebocoran sementara di pipa besi atau non besi (Uhlig & Revie, 1985).



**Gambar 2.1:** Metode *dipcoating* (Dip Coating Process, 2017)

### 2.3 Perhitungan Laju Korosi

Perhitungan laju korosi ini menggunakan metode perhitungan pengurangan berat.

Adapun rumus untuk menghitung laju korosi adalah sebagai berikut (Rizky, Eng, & Sanjaya, 2015):

$$\text{Corrosion Rate} = \frac{K \cdot W}{\rho \cdot A \cdot t} \quad (2.1)$$

Dimana:

K = Konstanta =  $8,75 \times 10^4$

W = berat sampel baja ( $W_0 - W_1$ ) (gr)

P = densitas sampel baja =  $7,86 \text{ gr/cm}^3$

A = luas permukaan sampel baja (cm)

t = waktu (jam)

Untuk mengetahui efisiensi inhibisi pada sampel baja menggunakan persamaan (Bardal, 2007):

$$E(\%) = \frac{r_1 - r_2}{r_1} \times 100 \quad (2.2)$$

Dimana:

E = efisiensi inhibisi (%)

$r_1$  = laju korosi tanpa *coating*

$r_2$  = laju korosi dengan menggunakan *coating*

### 2.4 State of the Art

Penelitian dengan judul “Preparasi dan Sintesis *Graphene Oxide* Dengan Metode *Liquid Phase Exfoliation* dan *Random Collision Marbles Shaking* Dengan Bahan Dasar *Graphite* Limbah Baterai *Zinc-Carbon* Berdasarkan Uji Spektrofotometer UV-Vis” yang diteliti oleh Rhyko Irawan Wisnujaya pada tahun

2016 menggunakan metode LSE dan RCMS untuk mensintesis *graphite* berbahan dasar baterai Zn-C dengan variasi campuran *graphite* sebanyak 0.4 gram, 0.6 gram, 0.8 gram, 1.0 gram, 1.2 gram, dan 1.4 gram lalu pengujian sample berdasarkan uji Spektrofotometer UV-Vis yang berfungsi sebagai acuan untuk mengetahui angka dari panjang gelombang serapan dan puncak absorbansi. Hasil uji menunjukkan bahwa untuk metode LSE mendapatkan hasil yang paling baik pada variasi 1.0 gram campuran *graphite* baterai Zn-C dengan puncak absorbansi yang tertinggi pada nilai 3,742 dan panjang gelombang berada di 227,5 nm. Sedangkan metode *Random Collision Marbles Shaking* (RCMS) memperoleh hasil yang baik pada variasi sebanyak 3 kelereng dengan nilai puncak absorbansi tertinggi pada 4,198 dengan panjang gelombang di 230,5 nm (Wisnuwijaya, 2016).

Penelitian yang dilakukan oleh Astrid Fitria Febryanti Pramono yang berjudul “Analisis Pengaruh Panas Terhadap Gaya Adhesi *Coating* Polimer Alam Getah Karet (*Hevea Brasiliensis*) Dengan Silika ( $\text{SiO}_2$ ) Pada Baja ASTM A36” di tahun 2017 menggunakan bahan dasar polimer alam yaitu getah karet dengan metode pelapisan *coating* adalah *dipcoating*. Proses pelapisan ini mempunyai variasi suhu larutan *coating* berada di angka 25, 50, dan 75°C dan variasi banyaknya frekuensi pencelupan larutan *coating* sebanyak 5, 10, dan 15 kali pada baja karbon jenis ASTM A36. Penelitian tersebut mendapatkan hasil bahwa lapisan *coating* dengan gaya adhesi yang terbaik dihasilkan pada pengujian spesimen dengan variasi temperatur 50°C dan memiliki ketebalan *coating* berkisar antara 0.5 – 1.0 mm diatas ketebalan rata-rata. Banyaknya Frekuensi pencelupan dan variasi temperatur akan mempengaruhi tebalnya lapisan *coating* karena temperatur akan berpengaruh dengan viskositas larutan *coating* (Pramono, 2017).

Penelitian yang berjudul “*Influence of Graphite Content on Corrosion Behavior of Cartridge Brass in a 3.5 wt% NaCl Solution*” yang dilakukan oleh Mohammed Ali, dkk yang menggunakan metode *coating* dengan bahan bubuk zinc *graphite* yang mendapatkan hasil bahwa Cu-30Zn yang diperkuat dengan partikel grafit menunjukkan kecenderungan yang lebih tinggi untuk korosi yang seragam dibandingkan dengan paduan matriks monolitik, namun ketahanan korosi Cu-30Zn menurun dengan kenaikan persentase berat dari grafit karena

peningkatan luas katodik yang sesuai. Laju korosi yang baik terjadi ketika dicampurkan dengan *graphite* sebanyak 1% dibandingkan dengan *zinc* ataupun perbandingan banyak *graphite* lainnya (Almomani, Tayfour, & Nimrat, 2016).

Penelitian yang dilakukan oleh Agus Rochmat, dkk dengan judul “Karakterisasi Material Campuran SiO<sub>2</sub> dan Getah Flamboyan (*Delonix Regia*) Sebagai Material Coating Pencegah Korosi Pada Baja” di tahun 2016 menggunakan bahan baku getah flamboyan dan SiO<sub>2</sub> sebagai bahan campuran untuk metode *coating* mendapatkan hasil degradasi *coating* dan laju korosi ini sangat dipengaruhi oleh pH yang ada di lingkungan. *Coating* terdegradasi yang paling besar terdapat pada lingkungan dengan keadaan asam, yaitu asam sulfat yang dapat menyebabkan laju korosi terbesar dengan nilai  $0.00349 \frac{\text{gram}}{\text{cm}^2 \cdot \text{jam}}$ . Sementara untuk kondisi lingkungan basa, *coating* terdegradasi cukup besar tetapi hal tersebut tidak membuat baja sampai teroksidasi seperti pada lingkungan asam. Sedangkan pengujian dengan menggunakan larutan garam, material *coating* mengalami persen degradasi yang paling rendah. Untuk bahan getah flamboyan membentuk senyawa *1,2-Benzendycarboxylic acid* dimana senyawa tersebut digunakan sebagai inhibitor korosi (Rochmat, Putra, Nuryani, & Pramudita, 2017).

Penelitian yang dilakukan oleh Zongxue, dkk pada tahun 2015 yang berjudul “*Preparation of graphene oxide modified by titanium dioxide to enhance the anti-corrosion performance of epoxy coating*” bahwa struktur lembaran hibrida GO TiO<sub>2</sub> jelas dipengaruhi oleh nano-TiO<sub>2</sub> pada permukaan GO, dan diperoleh jarak antarlapisan yang lebih besar. Selain itu, hibrida tidak hanya memiliki pengelupasan dan dispersi yang sangat baik dalam resin epoksi, tetapi juga meningkatkan ketahanan korosi lapisan epoksi pada kandungan rendah (2wt.%). Perbandingan dengan nanofiller lain yang dilaporkan dalam literatur ini menunjukkan bahwa hibrida GO TiO<sub>2</sub> menunjukkan keuntungan yang jelas dalam peningkatan ketahanan korosi. Ada beberapa alasan seperti tingginya efisiensi penyumbatan pori-pori ukuran mikro, struktur lembaran, pengelupasan dan dispersi yang sangat baik dalam resin epoksi. Di sini, hibrida GO TiO<sub>2</sub> menyajikan aplikasi proaktif di bidang Nanofillers untuk pelapis epoksi anti korosi (Yu et al., 2015).

Penelitian yang dilakukan oleh Rama P. Dwinanda, dkk pada tahun 2020 yang berjudul “*the Effect of Epoxy and non Epoxy coating treatment on the corrosion of low carbon steel in sodium chloride solutions*” yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh pelapisan baja karbon rendah S2750JH terhadap larutan 3,5%wt pada laju korosi. Uji perendaman yang dilakukan selama tujuh minggu menghasilkan bahwa pelapisan *coating* terbukti efektif untuk menurunkan laju korosi karena pelapisan *coating* bertindak sebagai penghalang antara material dan lingkungan korosif, mencegah terjadinya korosi. Lapisan epoksi menunjukkan efisiensi perlindungan tertinggi diikuti oleh lapisan non-epoksi (Dwinanda, Haryoko, & Kurnia, 2020).



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Uraian Metodologi Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini menggunakan metode *experiment research*. Dimana untuk mengetahui kandungan GO pada baterai Zn-C menggunakan metode *liquid phase exfoliation* sedangkan untuk menguji keefektifan dari hasil sintesis GO tersebut menggunakan pengujian dari instrument Spektrofotometer Uv-Vis dan FTIR.

Teknik pengumpulan data termasuk data primer pada penelitian ini berasal dari penelitian di laboratorium, buku, referensi jurnal, dan makalah yang sesuai dengan topik yang diteliti. Setelah mendapatkan hasil penelitian maka akan dilakukan analisa terhadap hasil yang didapat sehingga bisa diambil kesimpulan dan tujuan dari penelitian ini.

### 3.2 Alat dan Bahan

#### 3.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Alat Sonikasi

Berfungsi sebagai alat utama yang digunakan untuk mensintesis grafit limbah baterai menjadi *graphene oxide* (GO).



**Gambar 3.1:** Alat Sonikasi

2. Timbangan Digital

Berfungsi untuk menimbang bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini.



**Gambar 3.2:** Timbangan Digital

3. *Sieve*

Berfungsi sebagai penyaring dari sample untuk mendapatkan ukuran yang seragam.



**Gambar 3.3:** sieve

4. *Filter paper*

Berfungsi untuk memisahkan larutan dan sampel GO baterai Zn-C.



**Gambar 3.4:** Filter Paper

5. Oven

Berfungsi untuk mengeringkan sampel GO baterai Zn-C.



**Gambar 3.5:** Oven

6. Spektrofotometer UV-Vis

Berfungsi untuk menguji nilai absorbansi dari sampel GO baterai Zn-C.



**Gambar 3.6:** Spektrofotometer UV-Vis

7. Blender

Berfungsi untuk menghaluskan batang karbon baterai Zn-C.



**Gambar 3.7:** Blender

8. *Beaker glass* 250 ml

Berfungsi untuk menampung larutan hasil dari sintesis GO baterai.



**Gambar 3.8:** *Beaker Glass*

9. Jangka sorong

Berfungsi untuk mengukur panjang x lebar x tinggi plat baja yang digunakan sebagai alat sampel pengujian.



**Gambar 3.9:** Jangka Sorong

#### 10. Hotplate Magnetic Stirrer

Berfungsi untuk memanaskan larutan uji korosi.



**Gambar 3.10:** : *Hotplate Magnetic Stirrer*

#### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Batang karbon baterai
2. Aquadest
3. *Resin epoxy*
4. Spesimen baja
5. Air formasi

### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Sintesis *Graphene Oxide* Dari Grafit Baterai

Adapun prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan.
2. Membuka baterai dan mengambil batang karbon baterai tersebut.
3. Menghaluskan grafit baterai dengan cara diblender menggunakan blender lalu digiling hingga berubah menjadi serbuk halus.
4. Mengayak serbuk grafit tadi menggunakan *sieve* 400 mesh.
5. Menimbang serbuk yang telah diayak

6. Mencampurkan serbuk grafit baterai dengan serbuk surfaktan perbandingan 1:1.
7. Campuran serbuk dimasukan ke dalam aquadest sebanyak 100 ml dengan menggunakan gelas ukur.
8. Memblender campuran tersebut selama 5 menit.
9. Sampel yang telah tercampur lalu disonikasi selama 4 jam dengan frekuensi 40 kHz.
10. Lalu setelah itu sampel di sentrifugasi, dan diamkan selama 24 jam.
11. Kemudian sampel disaring dengan menggunakan kertas filter dan kemudian dikeringkan di dalam oven selama 30 menit dengan  $T = 100^{\circ}\text{C}$ .

### 3.3.2 Pengujian Sintesis GO

Ada beberapa pengujian untuk mengetahui apakah sintesis GO yang dibuat berhasil atau tidak adalah sebagai berikut:

1. Pengujian FTIR  
Digunakan untuk melihat informasi mengenai ikatan kimia yang terdapat pada sampel GO.
2. Pengujian UV-Vis  
Berfungsi untuk mengukur transmitten dan absorben dari sampel.

### 3.3.3 Persiapan Logam Baja

Logam yang akan disiapkan adalah logam baja yang dilapisi dengan *coating* campuran resin *epoxy* dan GO limbah baterai. Pelapisan dengan *epoxy* dilakukan dengan cara *dipcoating*. Sampel yang menggunakan *coating epoxy* akan dicelupkan dengan jumlah celupan yang berbeda-beda.

Spesimen logam baja akan dibentuk dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 5 mm. Pemotongan spesimen logam baja ini menggunakan gerinda lalu sebelum logam baja dilapisi dengan larutan *coating* dan campuran GO, spesimen baja akan dibersihkan terlebih dahulu dengan menggunakan amplas agar permukaan logam baja bersih dari *scale*, karat dan kotoran.

Variasi banyaknya celupan *coating* saat proses pelapisan logam baja akan mempengaruhi ketebalan lapisan *coating*. Untuk menghitung ketebalan lapisan *coating* dapat menggunakan rumus di bawah ini (Agyenim-Boateng et al., 2014) :

$$\text{Tebal coating} = \frac{(\text{tebal sampel yang telah di coating} - \text{tebal spesimen})}{2} \quad (3.1)$$

### 3.3.5 Penyediaan Sampel Uji Korosif

Pengerjaan *coating* pada penelitian ini menggunakan proses *dipcoating*. Larutan *coating* dipersiapkan dengan campuran resin epoxy dan serbuk GO dengan perbandingan 1:1. Larutan uji korosi yang digunakan adalah air formasi.

### 3.3.6 Pengujian Laju Korosi Pada Sampel Logam Baja

Sampel-sampel yang telah dipersiapkan ditimbang terlebih dahulu untuk menentukan berat awal ( $W_i$ ). Sampel dimasukkan ke dalam wadah yang berisikan larutan korosif dan dilakukan pengujian korosi dengan variasi temperatur 35°C, 40°C, dan 45°C selama 72 jam, 144 jam dan 216 jam dimana variasi temperatur menggunakan *hotplate magnetic stirrer*. Secara lengkap skema penelitiannya bisa diamati pada table 3.1.

**Tabel 3.1:** Skema Penelitian Mengukur Laju Korosi dengan Variasi Temperatur, Frekuensi Pencelupan dan Waktu

No. Sampel	Jenis Sampel	Temperatur, °C	Jam Ke –		
			72	144	216
1.	<i>Graphene Oxide + Coating epoxy dipping 3 kali</i>	35			
		40			
		45			
2.	<i>Graphene Oxide + Coating Epoxy dipping 13 kali</i>	35			
		40			
		45			
3.	<i>Graphene Oxide + Coating Epoxy dipping 23 kali</i>	35			
		40			
		45			
4.	<i>Graphene Oxide + Coating</i>	35			

	<i>Epoxy dipping</i> 33 kali	40			
		35			

### 3.4 Lokasi Penelitian

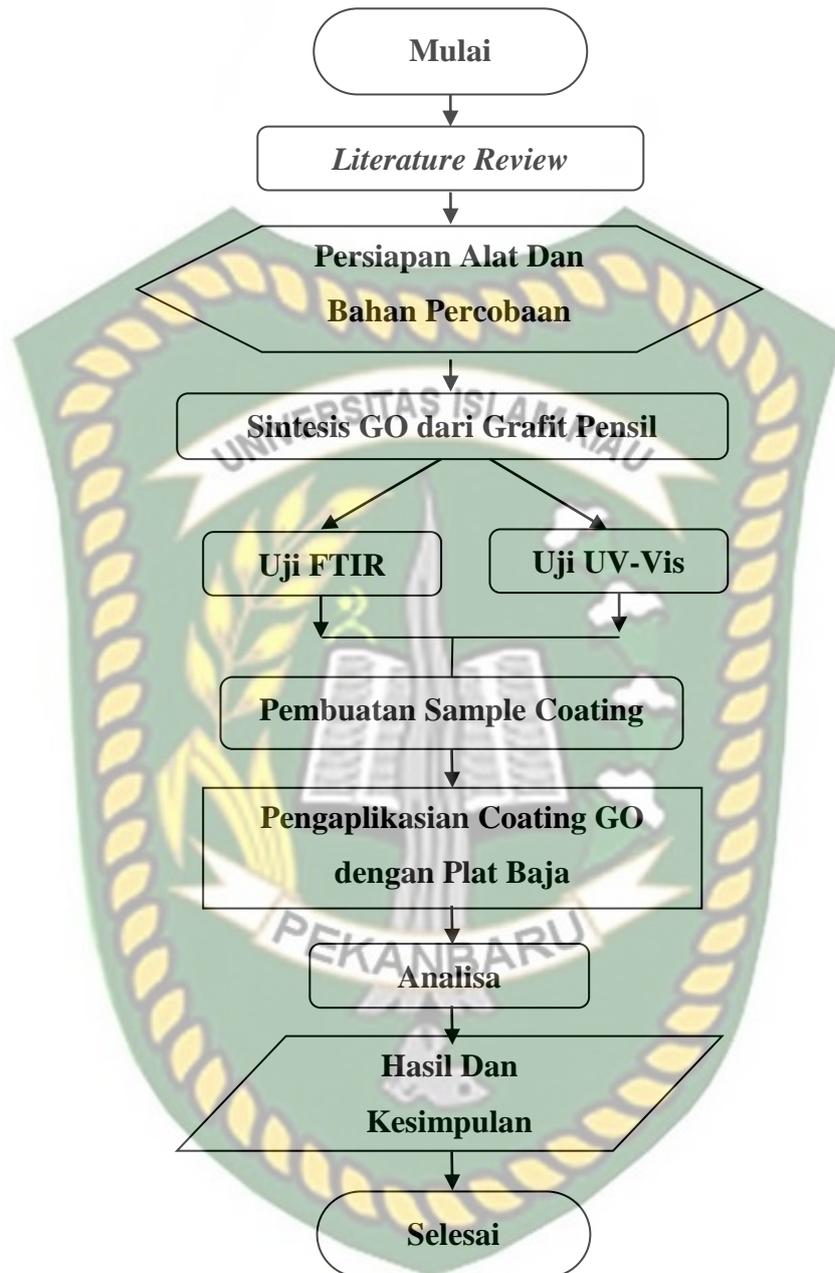
Penelitian pada Tugas Akhir ini dilaksanakan di beberapa tempat yaitu untuk pengujian Spektrofotometer Uv-Vis dilakukan di BPTP Pekanbaru, pengujian FTIR dilakukan di laboratorium FMIPA Kimia Universitas Riau.

### 3.5 Waktu Penelitian

Tabel 3.2: Jadwal Penelitian

Kegiatan	Waktu Pelaksanaan 2021 (Bulan)									
	Apr	Mei	Juni	Jul	Agu	Sept	Okt	Nov	Des	
Studi literatur,										
Membuat proposal penelitian dan seminar proposal penelitian										
Membuat <i>graphene oxide</i> dan pengujian GO										
Pengaplikasian lapisan <i>coating</i>										
Pengujian GO terhadap sampel baja										
Analisa data										
Membuat Laporan TA dan sidang TA										

### 3.6 Diagram Alir Penelitian



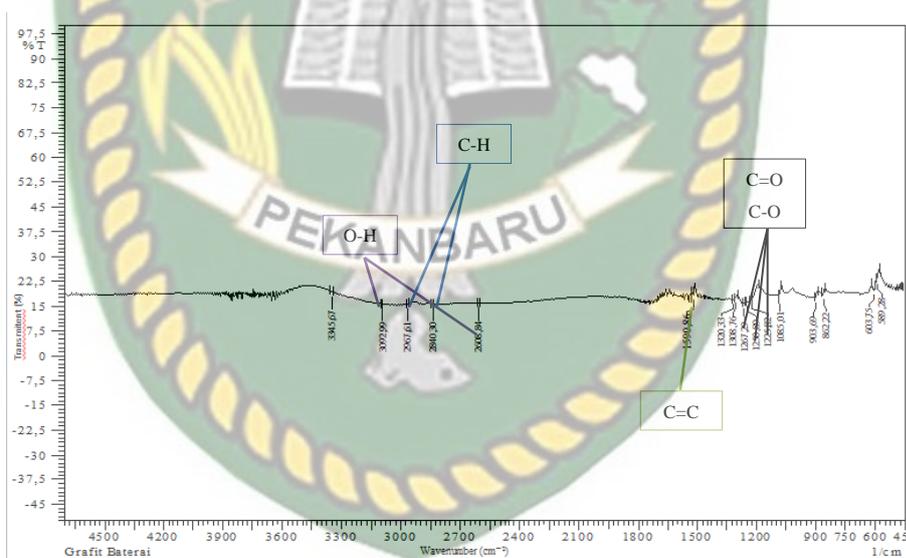
## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Karakterisasi *Graphene Oxide*

#### 4.1.1 Pengujian FTIR (Fourier Transform Infra Red)

Pengujian FTIR adalah teknik pengujian yang digunakan untuk mendapatkan spectrum infrared dari penyerapan atau emisi zat cair, padat, ataupun gas (Griffiths, De Haseth, & Winefordner, 2007). Untuk *graphene oxide* sendiri, spektrum terdiri dari kelompok vibrasi yang meliputi gugus karbonil, aromatik, karboksil, epoksi dan gugus hidroksil (Surekha, Krishnaiah, Ravi, & Padma Suvarna, 2020). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ikatan kimia yang terdapat pada sintesis GO limbah baterai.

Spektrum transmisi infrared pada sintesis GO limbah baterai diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4.1:** *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) sampel GO limbah baterai

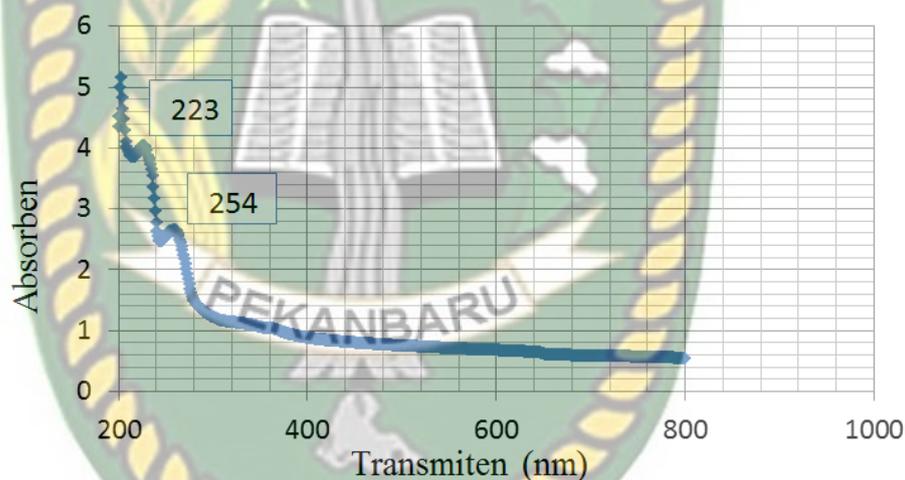
Lebar puncak pada  $3345,67\text{ cm}^{-1}$  dan  $2608,84\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan gugus hidroksil (O-H) dimana sampel *graphene oxide* limbah baterai mengandung air di dalamnya. Adanya dua puncak pada  $2967,61\text{ cm}^{-1}$  dan  $2840,30\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan  $\text{sp}^3$  C-H yang membuktikan bahwa adanya asam karboksilat pada struktur sampel *graphene oxide* limbah baterai. Terbentuknya puncak pada  $1267,29\text{ cm}^{-1}$ ,  $1250,89\text{ cm}^{-1}$  dan  $1225,82\text{ cm}^{-1}$

menandakan regangan C=O dan C-O karena terdapat gugus karbonil di dalamnya. Pada puncak  $862,22\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan bahwa cincin aromatik (C-H), pada puncak  $1590,86\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan cincin aromatic C=C terbentuk dan puncak pada  $1085,01\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan terbentuknya gugus epoksi.

Hasil uji FTIR pada sampel graphene oxide limbah baterai terdapat kelompok vibrasi berupa gugus karbonil, aromatik, karboksil, epoksi dan hidroksil sehingga hal tersebut menandakan bahwa pada uji FTIR sampel graphene oxide limbah baterai berhasil terbentuk.

#### 4.1.2 Pengujian UV-Vis (*Ultra Violet-Visible*)

Alat pengukuran UV-Vis spektrofotometer adalah suatu instrument yang digunakan untuk mengukur absorban panjang gelombang ultraviolet dan cahaya tampak pada suatu sampel.



**Gambar 4.2:** grafik UV-Vis *graphene oxide*

Hasil pengujian UV-Vis sampel GO pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa terdapat 2 puncak absorbansi. Puncak yang pertama berada pada panjang gelombang  $\lambda = 223\text{ nm}$ . Sedangkan puncak yang kedua berada pada panjang gelombang  $\lambda = 254\text{ nm}$ . Kedua puncak pada sampel *graphene oxide* berada di bawah 300 nm. Sehingga menunjukkan bahwa grafit limbah baterai yang disintesis telah mengalami eksfoliasi pada saat proses sonikasi yang dilakukan selama 4 jam.

Puncak absorbansi C=C *graphene oxide* berada pada panjang gelombang 223 nm sampai dengan 273 nm (Aziz & Jaafar, 2014; Song,

Wang, & Chang, 2014; Uran, Alhani, & Silva, 2017). Sehingga dari pengujian UV-Vis ini telah menunjukkan keberhasilan dari sampel GO yang disintesis dari grafit limbah baterai.

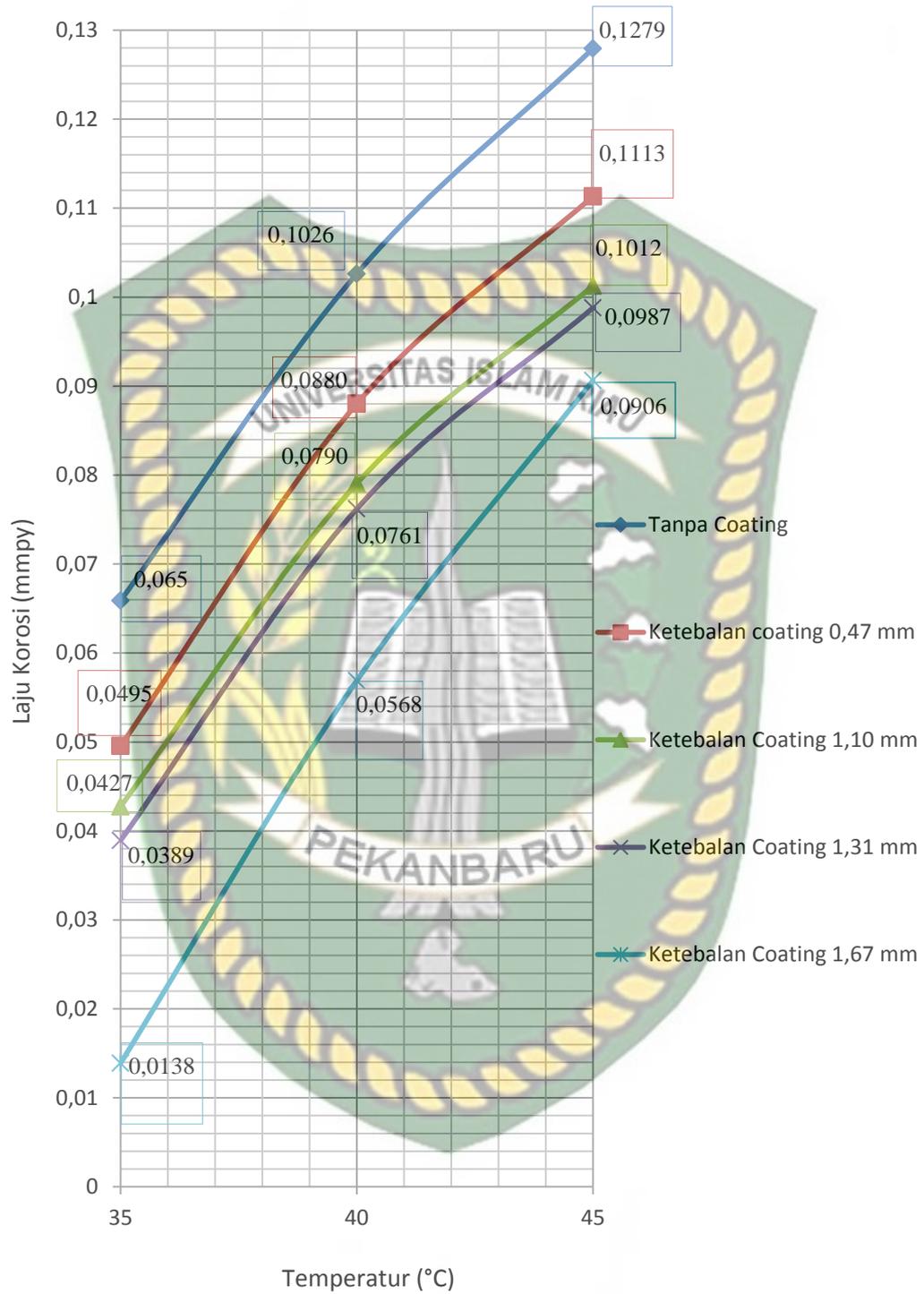
#### 4.2 Perhitungan Laju Korosi

Pengujian yang dilakukan pada sampel baja SS304 selama 72 jam, 144 jam, dan 216 jam dengan variasi perbedaan temperatur dan variasi ketebalan *coating* 3x celupan, 10x celupan, 20x celupan dan 30x celupan. Baja SS304 yang digunakan memiliki kandungan Karbon (C), Mangan (Mn), Fosfor (P), Silikon (Si), Khromium (Cr), Besi (Fe), dan Nikel (Ni).

Perbedaan frekuensi celupan sampel baja pada larutan *coating* akan menghasilkan ketebalan *coating* yang berbeda-beda. Pengukuran ketebalan menggunakan jangka sorong pada setiap sampel di beberapa titik, yaitu titik atas, tengah dan bawah yang berguna untuk menyamaratakan lapisan *coating* yang terlapis pada sampel. Lalu data pengukuran yang telah di dapat dari setiap titik dibagi menjadi tiga untuk mendapatkan ketebalan pengukuran rata-rata. Setelah mendapatkan ketebalan pengukuran rata-rata, maka akan menentukan ketebalan *coating* dengan menggunakan rumus yang sudah ada pada Bab III, yaitu rumus (3.1).

Pada celupan dengan frekuensi sebanyak 3 kali celupan mempunyai nilai tebal lapisan *coating* sebesar 0,47 mm. Lalu frekuensi 10 kali celupan *coating* mempunyai nilai tebal lapisan *coating* sebesar 1,10 mm. Untuk frekuensi celupan sebanyak 20 kali, nilai tebal lapisan *coating* sebesar 1,31 mm. Sementara untuk frekuensi celupan sebanyak 30 kali, mempunyai nilai tebal lapisan *coating* yaitu sebesar 1,67 mm.

Untuk dapat memudahkan menganalisis hasil laju korosi berdasarkan variasi temperatur dan ketebalan *coating* maka akan menggunakan grafik laju korosi yang dibuat pada aplikasi Microsoft Excel.



**Gambar 4.3:** Laju korosi berdasarkan variasi temperatur (°C) dan ketebalan *coating* (mm)

Gambar 4.3 merupakan grafik laju korosi pada sampel baja yang telah diuji. Terdapat perbedaan temperatur dan adanya variasi dari ketebalan *coating graphene oxide*.

Sampel baja yang tidak di lapisi oleh *coating* mengalami nilai laju korosi yang paling tinggi dibandingkan dengan sampel-sampel lain yang terlindungi oleh *coating*. Sampel baja yang tidak di *coating* pada temperatur 35°C memiliki laju korosi sebesar 0,0658 mmpy, sedangkan pada temperatur 40°C memiliki laju korosi sebesar 0,1026 mmpy, dan untuk temperatur 45°C memiliki laju korosi sebesar 0,1278 mmpy. Kenaikan laju korosi dari temperatur 35°C ke temperatur 40°C sebesar 35,86% sementara kenaikan laju korosi dari temperatur 35°C ke temperatur 45°C sebesar 48,51%.

Sementara untuk sampel baja dengan ketebalan *coating* yang melapisi sampel sebesar 0,47 mm memiliki kemiripan dengan garis pada sampel uji yang tidak di *coating*. Hanya saja nilai laju korosinya lebih rendah jika dibandingkan dengan sampel baja tanpa *coating*. Sampel baja yang di *coating* dengan ketebalan lapisan sebesar 0,47 mm pada temperatur 35°C laju korosinya yaitu 0,0495 mmpy, lalu pada temperatur 40°C memiliki laju korosi sebesar 0,0880 mmpy, dan untuk temperatur 45°C memiliki laju korosi sebesar 0,1113 mmpy. Kenaikan laju korosi dari temperatur 35°C ke temperatur 40°C sebesar 43,62% sementara kenaikan laju korosi dari temperatur 35°C ke temperatur 45°C sebesar 55,52%.

Pada sampel baja yang dilapisi *coating* dengan ketebalan *coating graphene oxide* sebesar 1,10 mm memiliki nilai laju korosi yang lebih rendah dibandingkan dengan sampel baja yang tidak di *coating* dan sampel baja yang di *coating* pada ketebalan 0,47 mm. Laju korosi pada sampel baja dengan ketebalan *coating* 1,10 mm ini pada temperatur 35°C yaitu bernilai 0,0427 mmpy, lalu pada temperatur 40°C memiliki laju korosi sebesar 0,0790 mmpy, dan pada temperatur 45°C memiliki laju korosi sebesar 0,1012 mmpy. Dari nilai-nilai laju korosi pada masing-masing temperatur menunjukkan bahwa naiknya temperatur maka akan menyebabkan bertambahnya laju korosi. Kenaikan persentase dari temperatur 35°C ke temperatur 40°C yaitu sebesar

51% sedangkan kenaikan dari temperatur 35°C ke temperatur 45°C sebesar 57%.

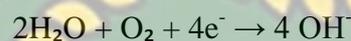
Sampel baja dengan ketebalan sebesar 1,31 mm mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya temperatur namun tetap nilai laju korosinya masih lebih kecil dibandingkan dengan nilai laju korosi pada sampel yang tidak di *coating*. Laju korosi pada temperatur 35°C yaitu 0,0389 mmpy, lalu pada temperatur 40°C memiliki laju korosi sebesar 0,0761 mmpy, dan untuk temperatur 45°C memiliki laju korosi sebesar 0,0987 mmpy. Kenaikan laju korosi dari temperatur 35°C ke temperatur 45°C yaitu sebesar 51% sedangkan kenaikan laju korosi dari temperatur 35°C ke temperatur 45°C sebesar 58%.

Selanjutnya pada sampel baja yang memiliki ketebalan *coating* GO senilai 1,67 mm ini berada dipaling bawah yang menyatakan bahwa laju korosi yang paling kecil dibandingkan dengan sampel-sampel lainnya. Pada grafik juga bisa dilihat bahwa adanya kenaikan temperatur menyebabkan menaiknya laju korosi. Pada temperatur 35°C memiliki nilai laju korosi sebesar 0,0138 mmpy, untuk temperatur 40°C memiliki nilai laju korosi sebesar 0,0568 mmpy dan pada temperatur 45°C memiliki laju korosi sebesar 0,0906 mmpy. Bisa dianalisis bahwa laju korosi dari temperatur 35°C ke temperatur 40°C yaitu sebesar 75%, sedangkan kenaikan dari temperatur 35°C ke temperatur 45°C yaitu sebesar 84%. Dari temperatur 40°C ke 45°C kenaikan laju korosinya tidak linier karena adanya GO, oleh karena itu walaupun kenaikan temperatur menyebabkan naiknya laju korosi tetapi mampu menekan laju korosi ketika mencapai temperatur 45°C.

Dari seluruh nilai laju korosi pertahunnya diperoleh bahwa pada temperatur 35°C di setiap ketebalan lapisan *coating* GO memiliki nilai laju korosi yang paling kecil dibandingkan dengan temperatur yang lebih tinggi lainnya. Hal ini disebabkan karena pada temperatur 35°C kadar oksigen yang terlarut pada media korosif masih dalam kondisi yang stabil. Sedangkan pada temperatur yang lebih tinggi yaitu pada temperatur 40°C sudah mulai adanya reaksi terhadap oksigen pada media korosif. Begitu juga ketika temperaturnya

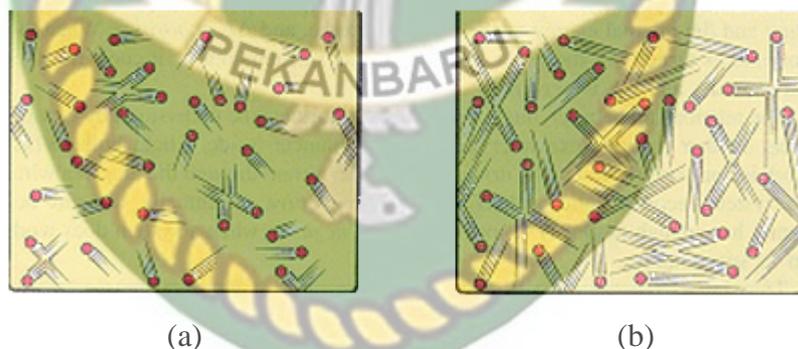
semakin tinggi (45°C) maka telah terjadi pergerakan oksigen yang lebih cepat.

Hal ini sesuai dengan hipotesis bahwa proses terjadinya korosi disebabkan oleh adanya reaksi reduksi dan oksidasi. Dimana oksigen akan mengalami reaksi reduksi dan sampel logam baja akan mengalami oksidasi. Pada temperatur yang lebih tinggi yaitu 40°C dan 45°C oksigen akan lebih cepat mereduksi sampel logam baja.



Pada temperatur rendah yaitu 35°C, partikel yang berada pada sistem sampel baja memiliki sifat yang stabil dan tidak bergerak. Ketika temperaturnya naik (40°C) partikel dalam sampel baja (Fe) mengalami pergerakan dan hal ini menimbulkan energi kinetik. Pada temperatur yang lebih tinggi (45°C) pergerakan dari partikelnya semakin cepat sehingga menyebabkan energi kinetiknya akan lebih besar (Bejan, 2016; Qi et al., 2014; Zaki Ahmad, 2006).

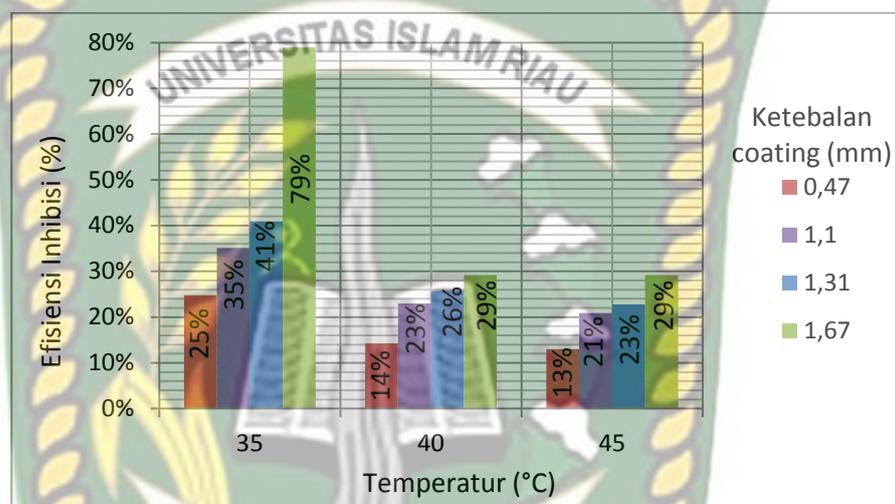
Pergerakan partikel sampel baja dapat diilustrasikan pada gambar 4.4.



**Gambar 4.4:** (a) Ilustrasi partikel pada temperatur rendah, (b) Gerakan partikel pada temperatur lebih tinggi

Sementara jika dilihat dari variasi ketebalan *coating* GO maka semakin tebal lapisan proteksi dari *coating* GO tersebut semakin kecil laju korosinya. Hal ini menunjukkan bahwa ketebalan *coating* juga dapat mempengaruhi laju korosi yang terjadi. Baja yang dilapisi dengan *coating* GO dapat terlindungi dari lingkungan korosif karena baja tidak berinteraksi langsung dengan lingkungan karena adanya lapisan pelindung dari *coating*.

Semakin tebal lapisan *coating* GO maka akan menyebabkan nilai permeabilitasnya semakin kecil. Ketebalan *coating* yang besar akan membuat lapisan *coating* GO menjadi impermeabel, semakin tebal suatu lapisan *coating* GO maka kemampuan media korosif untuk menembus lapisan akan semakin sulit sehingga laju korosinya juga akan lebih kecil dibandingkan dengan tebal lapisan *coating* yang rendah. Ketebalan *coating* GO semakin bagus maka semakin impermeabel suatu lapisan yang melindungi sampel baja (Buchheit, 2018; Dhoke, Khanna, & Sinha, 2009; Kutz, 2018).



**Gambar 4.5:** Efisiensi inhibisi sampel besi berdasarkan variasi temperatur dan ketebalan *coating graphene oxide*

Gambar 4.4 merupakan efisiensi inhibisi dari setiap sampel berdasarkan variasi temperatur dan ketebalan *coating graphene oxide*. Jika nilai laju korosi berbanding lurus dengan temperatur maka untuk nilai efisiensi inhibisi ini berbanding terbalik. Dimana semakin tinggi temperatur maka keefektifan dari *coating graphene oxide* semakin menurun karena adanya kenaikan laju korosi.

Sementara untuk variasi ketebalan *coating graphene oxide* berbanding lurus, dimana semakin tebal suatu lapisan yang melindungi sampel maka nilai efisiensi inhibisinya semakin meningkat.

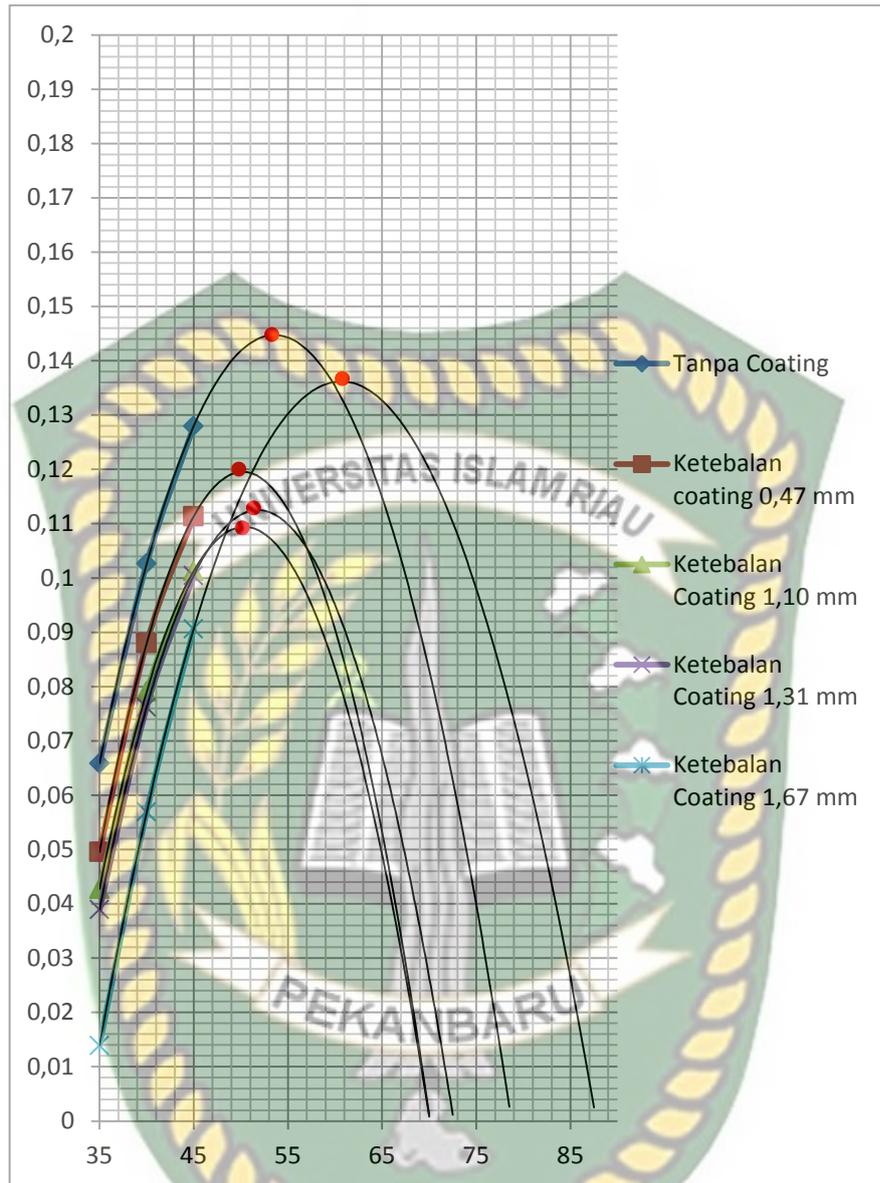
Jika dibandingkan dengan sampel yang tidak di *coating*, penurunan laju korosi pada sampel baja dengan ketebalan 0,47 mm pada temperatur 30°C memiliki efisiensi sebesar 25% lebih kecil daripada sampel yang tidak di *coating*. Untuk temperatur 40°C keefektifan penurunan laju korosinya

sebesar 14% dibandingkan sampel yang tanpa *coating*. Sementara pada temperatur 45°C, efisiensi penurunan laju korosinya sebesar 13% lebih kecil dibandingkan sampel yang tidak di *coating*. Dari efisiensi persenan yang di dapat menunjukkan bahwa terjadinya penurunan laju korosi seiring dengan adanya proteksi dari lapisan *coating* daripada sampel yang tidak di *coating*, dan juga semakin tinggi temperatur maka semakin besar nilai laju korosinya.

Sampel baja yang dilapisi dengan *coating* setebal 1,10 mm ini memiliki efisiensi inhibisi pada 35°C sebesar 35% lebih baik dari pada sampel baja yang tidak di *coating*. Lalu pada temperatur 40°C mempunyai efisiensi inhibisi yang juga lebih baik daripada sampel tanpa *coating* yaitu sebesar 23% dan pada temperatur 45°C mempunyai nilai efisiensi inhibisi nya sebesar 21%. Sama halnya seperti pada sampel baja yang di *coating* pada ketebalan 0,47 mm. Sampel baja pada ketebalan lapisan *coating* GO 1,10 mm ini juga memiliki efisiensi inhibisi yang lebih baik dibandingkan dengan sampel yang tidak di *coating*.

Efisiensi inhibisi dari sampel besi yang di *coating* dengan ketebalan lapisan *coating* sebesar 1,31 mm ini pada temperatur 35°C memiliki efisiensi sebesar 41%, untuk temperatur 40°C efisiensinya yaitu 26% dan pada temperatur 45°C memiliki nilai efisiensi sebesar 23%. Dari persenan efisiensi inhibisinya maka di dapat bahwa semakin tinggi temperatur maka akan semakin rendah efisiensi inhibisinya. Namun nilai dari efisiensi inhibisi ini juga bisa menunjukkan bahwa keefektifan sampel besi yang di *coating* dengan ketebalan 1,31 mm lebih efisien dibandingkan dengan sampel baja yang tidak di *coating*.

Untuk mengetahui efisiensi inhibisi dari sampel besi yang memiliki ketebalan *coating graphene oxide* sebesar 1,67 mm ini dapat dibandingkan dengan sampel besi yang tidak di *coating*. Keefektifan sampel pada ketebalan 1,67 mm ini di temperatur 35°C yaitu 79%, sedangkan pada temperatur 40°C yaitu 29% dan pada temperatur 45°C sebesar 29%.



**Gambar 4.6:** Ekstrapolasi Laju Korosi

Berdasarkan gambar 4.3 dapat di ekstrapolasikan untuk mengetahui nilai ketahanan *coating* GO pada sampel baja. Dapat dilihat pada gambar 4.6 bahwa garis yang ada di gmbat 4.3 bukanlah garis linear sehingga saat di ekstrapolasikan garisnya tidak lurus.

Pada sampel baja tanpa *coating*, laju korosi maksimumnya berada pada temperatur 43°C dengan kecepatan laju korosi mencapai 0,143 mmpy. Untuk sampel baja dengan ketebalan *coating* GO 0,47 mm, memiliki nilai laju korosi tertinggi berada pada 0,12 mmpy di temperatur 50°C. sampel baja dengan ketebalan *coating* GO 1,10 mm memiliki nilai laju korosi maksimum

terletak pada 0,112 mmpy di temperatur 52°C, untuk ketebalan *coating* GO 1,31 mm memiliki nilai laju korosi maksimum sebesar 0,109 mmpy di temperatur 51°C, dan pada sampel baja dengan ketebalan *coating* GO 1,67 mm memiliki nilai laju korosi kritisnya sebesar 0,138 mmpy di temperatur 61°C.

Dari nilai-nilai laju korosi maksimum disetiap sampel baja, dilihat bahwa *coating* dapat menurunkan laju dari korosi terhadap sampel baja karena untuk sampel baja tanpa *coating* laju korosi maksimumnya adalah sebesar 0,143 mmpy sedangkan laju korosi maksimum untuk sampel baja yang dilapisi oleh *coating* GO berada di bawah 0,143 mmpy.

Sementara jika dilihat berdasarkan temperatur kecepatan laju korosi semakin menurun setelah menyentuh titik kritisnya, hal ini disebabkan karena kadar oksigen yang mengoksidasi sampel baja sudah semakin menipis sebanding dengan meningkatnya temperatur. Sehingga menyebabkan proses oksidasinya melambat.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laju korosi pada temperatur  $35^{\circ}\text{C} = 0,0421$  mmpy lebih rendah dibandingkan dengan temperatur  $40^{\circ}\text{C} = 0,0805$  mmpy dan  $45^{\circ}\text{C} = 0,1059$  mmpy. Berdasarkan nilai efisiensi inhibisi diperoleh bahwa pada temperatur yang paling rendah  $35^{\circ}\text{C} = 45\%$  memiliki efisiensi inhibisi yang sangat efisien dibandingkan dengan temperatur yang lebih tinggi  $40^{\circ}\text{C} = 24\%$  dan  $45^{\circ}\text{C} = 21\%$ . Karena semakin rendah temperatur maka reaksi reduksi dan oksidasinya semakin lambat.
2. Laju korosi sampel baja dipengaruhi oleh ketebalan *coating* GO. Ketebalan *coating* GO sebesar 1,67 mm memiliki laju korosi terbaik dibandingkan dengan ketebalan lainnya. Laju korosi dengan ketebalan 1,67 mm = 0,0537 mmpy, ketebalan 1,31 mm = 0,0725 mmpy, ketebalan 1,10 mm = 0,0743 mmpy, ketebalan 0,47 mm = 0,0829 mmpy. Begitu juga terhadap efisiensi inhibisi yang paling efisien adalah pada ketebalan *coting* GO sebesar 1,67 mm yaitu 46%.

### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan menggunakan resin epoxy masih memiliki kekurangan yaitu viskositas dari campuran GO dan resin epoxy mengalami peningkatan dalam waktu yang relatif singkat. Oleh karena itu, disarankan perlunya penelitian terhadap beberapa jenis resin sehingga ditemukan campuran GO dan resin yang optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agyenim-Boateng, A. N. K., Dagadu, C. P. K., Tikwa, A. A., Awuvey, D. K., Amoakohene, E. Y., & Kwaasi, E. (2014). *Determination of Corrosion Rate and Remaining Life of Pressure Vessel Using Ultrasonic Thickness Testing Technique*. *Global Journal of Engineering, Design and Technology*, 3(2), 43–50.
- Almomani, M. A., Tayfour, W. R., & Nimrat, M. H. (2016). *Influence of Graphite Content on Corrosion Behavior of Cartridge Brass in a 3.5 wt.% NaCl Solution*. *Int. J. Electrochem. Sci*, 11(6), 4515–4525.
- Aziz, M., & Jaafar, J. (2014). *Preparation and Characterization of Graphene Membrane Electrode Assembly* *Jurnal Teknologi Full paper Preparation and Characterization of Graphene Membrane Electrode Assembly*. (August), 10–14. <https://doi.org/10.11113/jt.v69.3388>
- Bardal, E. (2007). *Corrosion and protection*. Springer Science & Business Media.
- Bejan, A. (2016). *Advanced engineering thermodynamics* (4th Editio). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Brinker, C. J. (2013). Dip coating. In *Chemical Solution Deposition of Functional Oxide Thin Films* (pp. 233–261). Springer.
- Buchheit, R. G. (2018). *Corrosion resistant coatings and paints*. In *Handbook of Environmental Degradation Of Materials: Third Edition*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-52472-8.00022-8>
- Dhoke, S. K., Khanna, A. S., & Sinha, T. J. M. (2009). *Effect of nano-ZnO Particles On the Corrosion Behavior of alkyd-based Waterborne Coatings*. *Progress in Organic Coatings*, 64(4), 371–382.
- Dip Coating Process*. (2017, May 18). Retrieved November 07, 2021, from [nadetech.com](http://nadetech.com): [nadetech.com](http://nadetech.com)
- Dwinanda, R. P., Haryoko, L. A. F., & Kurnia, J. C. (2020). *The Effect of Epoxy and Non-epoxy Coating Treatment on the Corrosion of Low Carbon Steel in Sodium Chloride Solutions*. *Materials Today: Proceedings* (2020) 46 1699–1704, 46(4), 1699–1704. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.371>

- Gapsari, F. (2017). *Pengantar Korosi*. Universitas Brawijaya Press.
- Gómez-Navarro, C., Burghard, M., & Kern, K. (2008). *Elastic Properties of Chemically Derived Single Graphene Sheets*. *Nano Letters*, 8(7), 2045–2049. <https://doi.org/10.1021/nl801384y>
- Griffiths, P. R., De Haseth, J. A., & Winefordner, J. D. (2007). *Fourier Transform Infrared Spectrometry*. Retrieved from [https://books.google.co.id/books?id=C%5C\\_c0GVe8MX0C](https://books.google.co.id/books?id=C%5C_c0GVe8MX0C)
- Itszar. (2020, Desember 22). *Soroti Persoalan Korosi di Industri Minyak dan Gas*. Retrieved April 06, 2021, from [its.ac.id: https://www.its.ac.id/news/2020/12/22/soroti-persoalan-korosi-di-industri-minyak-dan-gas/](https://www.its.ac.id/news/2020/12/22/soroti-persoalan-korosi-di-industri-minyak-dan-gas/)
- Kutz, M. (2018). *Handbook of environmental degradation of materials*. New York: William Andrew.
- Linden, D., & Reddy, T. B. (2002). *Handbook of Batteries*. United States: McGraw-Hill Professional.
- Mukhsinin, A., Nehru, N., & Afrianto, M. F. (2019). *Rancang Bangun Alat Pembuat Lapisan Tipis Metode Dip Coating Berbasis Arduino Uno*. *JIFP (Jurnal Ilmu Fisika Dan Pembelajarannya)*, 3(2), 76–83.
- Novoselov, K. S., Geim, A. K., Morozov, S. V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S. V, Firsov, A. A. (2004). *Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films*. *Science*, 306(5696), 666–669.
- Ollik, K., & Lieder, M. (2020). *Review of the Application of Graphene-based Coatings as Anticorrosion Layers*. *Coatings*, 10(9), 1–27. <https://doi.org/10.3390/coatings10090883>
- Pramono, A. F. F. (2017). *Analisis Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Gaya Adhesi Coating Polimer Alam Getah Karet (Hevea brasiliensis) dengan Silika (SiO2) pada Baja ASTM A36*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Qi, Y., Luo, H., Zheng, S., Chen, C., Lv, Z., & Xiong, M. (2014). *Effect of temperature on the corrosion behavior of carbon steel in hydrogen sulphide environments*. *Int. J. Electrochem. Sci*, 9(4), 2101–2112.
- Ramesha, G. K., Kumara, A. V., Muralidhara, H. B., & Sampath, S. (2011). *Graphene and graphene oxide as effective adsorbents toward anionic and*

- cationic dyes*. Journal of Colloid and Interface Science, 361(1), 270–277.
- Ray, S. (2015). *Applications of graphene and graphene-oxide based nanomaterials*. William Andrew.
- Rizki, D. (2019). *Laju Korosi dalam Larutan Asam Sulfat dengan Menggunakan Inhibitor Asam Oksalat*. Chemistry Progress, 1(2).
- Rizky, M., Eng, E. S. M., & Sanjaya, E. (2015). *Pengujian Korosi Uap Asam Temperatur Tinggi Lapisan Zinc Pada Substrat Baja Karbon*. PROSIDING SEMINAR NASIONAL FISIKA (E-JOURNAL), 4, SNF2015-VII.
- Rochmat, A., Liantony, G., & Septiananda, Y. D. (2019). *Uji Kemampuan Tanin Daun Ketapang Sebagai Inhibisi Korosi Pada Baja Mild Steel dalam Pipeline*. JURNAL INTEGRASI PROSES, 8(1), 45–50.
- Rochmat, A., Putra, B. P., Nuryani, E., & Pramudita, M. (2017). *Karakterisasi Material Campuran SiO<sub>2</sub> Dan Getah Flamboyan (Delonix Regia) Sebagai Material Coating Pencegah Korosi Pada Baja*. Jurnal Teknologi Kimia Unimal, 5(2), 27–36.
- Song, J., Wang, X., & Chang, C. (2014). *Preparation and Characterization of Graphene Oxide*.
- Sukmawati, G. (2016). *Graphene Oxide: Bahan Baru Membran*. Artikel. Program Studi Biofisika, Sekolah Pascasarjana, IPB, 389–397.
- Surekha, G., Krishnaiah, K. V., Ravi, N., & Padma Suvarna, R. (2020). *FTIR, Raman and XRD analysis of graphene oxide films prepared by modified Hummers method*. Journal of Physics: Conference Series, 1495(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1495/1/012012>
- Uhlig, H. H., & Revie, R. W. (1985). *Corrosion and corrosion control. An introduction to corrosion science and engineering. Third Edition*.
- Uran, S., Alhani, A., & Silva, C. (2017). *Study of ultraviolet-visible light absorbance of exfoliated graphite forms*. AIP Advances, 7(3), 35323.
- Wisnuwijaya, R. I. (2016). *Preparasi dan Sintesis Graphene Oxide dengan Metode Liquid Sonication Exfoliation dan Random Collision Marbles Shaking dengan Bahan Dasar Graphite Limbah Baterai Zinc-Carbon Berdasarkan Uji Spektrofotometer Uv-Vis.. Universitas Negeri Yogyakarta*.
- Yu, Z., Di, H., Ma, Y., He, Y., Liang, L., Lv, L., ... Luo, Z. (2015). *Preparation*

*of graphene oxide modified by titanium dioxide to enhance the anti-corrosion performance of epoxy coatings. Surface and Coatings Technology, 276, 471–478. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2015.06.027>*

Zaki Ahmad. (2006). *Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control* (1st edition). Elsevier Science and Technology Books.

