

**ANALISIS PENGARUH *HUMIDITY* TERHADAP LAJU
KOROSI MENGGUNAKAN *GRAPHENE OXIDE* CANGKANG
KELAPA SAWIT SEBAGAI PENGHAMBAT LAJU KOROSI**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan

Oleh

TRI INDAH SARI SIAGIAN

NPM : 163210779



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2021

KATA PENGANTAR

Rasa syukur diucapkan kepada Allah Subhannahu wa Ta'ala karena atas rahmat dan karunia-Nya 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. Saya menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama kuliah. Tanpa bantuan dari mereka tentu akan sulit rasanya untuk mendapatkan gelar sarjana teknik ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Dr.Mursyidah, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu dan pikiran untuk memberi arahan maupun masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Ketua Prodi Ibu Novia Rita, S.T.,M.T dan sekretaris program studi Bapak Tomi Erfando,S.T., M.T serta dosen-dosen yang banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan, dan dukungan yang telah diberikan.
3. Kedua orang tua, Ayah Rajali Siagian dan Ibu (alm) Susilawati, kakak saya Putri Herawati Siagian, Amd dan Utari Wardani Siagian, Nenek dan Kakek saya yang selalu memotivasi dan memberikan dukungan baik berupa do'a, moril, materil maupun finansial hingga saat ini.
4. Koordinator Migas Center Ibu H. Fitrianti ST.,M.T dan juga teman-teman Migas Center yang selalu mensupport saya baik secara moril maupun materil hingga hingga saat ini.
5. Kakak, Abang dan teman-teman anak bimbingan Ibu Mursyidah yang membantu saya dalam penggunaan alat dan juga sarana bertukar fikiran kepada saya sehingga penelitian saya berjalan dengan lancar.
6. Seluruh teman-teman Teknik Perminyakan angkatan 2016 terkhusus angkatan 2016 kelas (Ea) yang telah memberi semangat kepada saya dan sama-sama berjuang dari pertama kuliah.

Semoga Allah selalu melindungi dan membalas kebaikan semua pihak yang sudah membantu saya. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.



Pekanbaru, 15 April 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Tri Indah Sari Siagian', is written over the date.

Tri Indah Sari Siagian

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR SINGKATAN	x
DAFTAR SIMBOL	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	4
2.1 Korosi yang disebabkan Oleh Kelembaban Udara (<i>Humidity</i>).....	7
2.2 Metode Pencegahan Korosi.....	9
2.3 Nanopartikel Karbon dan <i>Graphene Oxide</i>	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Uraian Metodologi Penelitian	12
3.1 Diagram Alir Penelitian	13
3.2 Alat, Bahan dan Prosedur.....	14
3.3.1 Alat dan Bahan	14
3.3.2 Prosedur Pembuatan dan Pengujian Graphene Oxide Cangkang Kelapa Sawit	16
3.3.3 Persiapan Sampel Logam/Baja.....	16

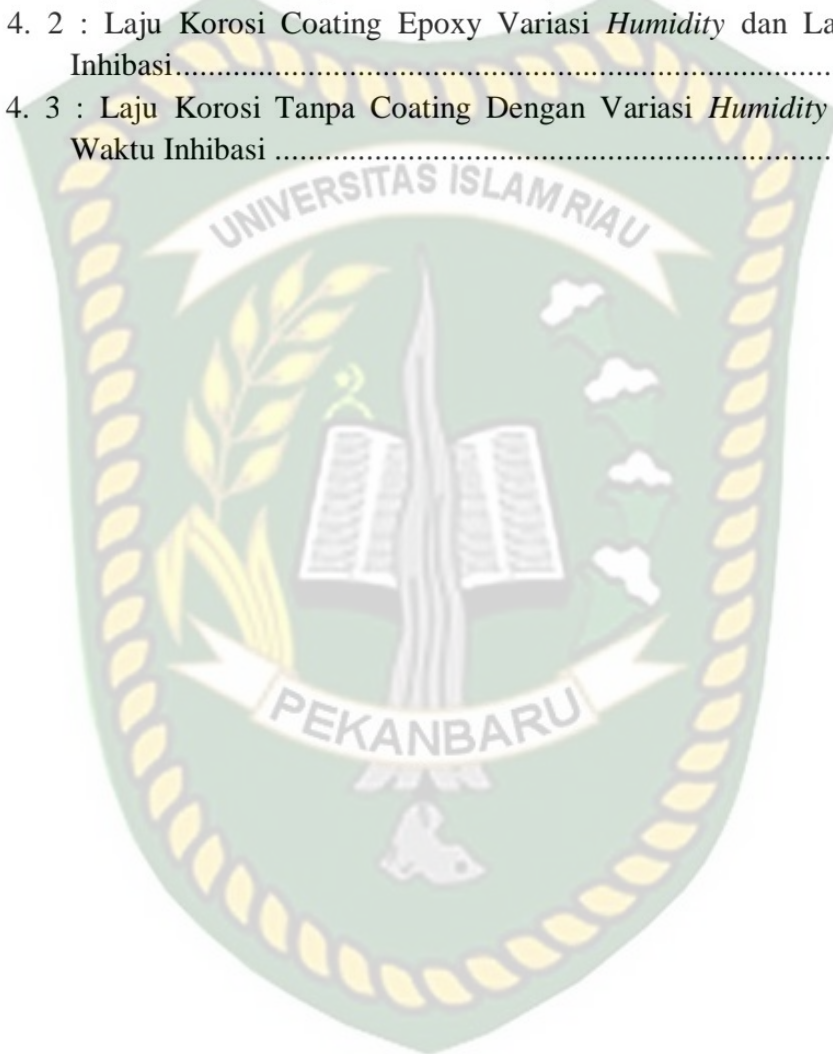
3.3.4	Persiapan Media Inhibasi	16
3.3.5	Pembuatan Material <i>Coating</i>	17
3.3.6	Pelapisan Logam	17
3.3.7	Pengujian Pengaruh Variasi Lama Waktu Inhibasi Dan Variasi Humidity Terhadap Laju Korosi	17
3.4	Lokasi Penelitian	18
3.5	Jadwal Kegiatan Penelitian	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		20
4.1	Analisis Variasi <i>Humidity</i> Terhadap Laju Korosi Menggunakan <i>Graphene Oxide</i>	20
4.2	Analisis Perbandingan Laju Korosi Antara Variasi Jenis Coating.....	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		35
5.1	KESIMPULAN	35
5.2	SARAN.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....		36
LAMPIRAN.....		39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 : <i>Graphene Oxide</i>	10
Gambar 2. 2 : Struktur <i>Graphene Oxide</i>	11
Gambar 3. 1 : Diagram Alir Penelitian	13
Gambar 3. 2 : Oven.....	14
Gambar 3. 3 : Blender	14
Gambar 3. 4 : Ultrasonik/ Sonikasi.....	14
Gambar 3. 5 : <i>Pyrolysis</i>	14
Gambar 3. 6 : <i>Sieve Analysis</i>	14
Gambar 3. 7 : <i>BS & W Sentrifugasi</i>	14
Gambar 3. 8 : Jangka Sorong	15
Gambar 3. 9 : Neraca Analitik	15
Gambar 3. 10 : Higrometer	15
Gambar 3. 11 : Gambar Skema Penelitian	17
Gambar 4. 1 : Laju Korosi Coating Go Dengan Variasi <i>Humidity</i>	21
Gambar 4. 2 : Bentuk Sampel Besi Di Coating GO Dengan <i>Humidity</i> 80% dan 90% Serta Lama Waktu Inhibasi.	22
Gambar 4. 3 : Bentuk Sampel Besi Di Coating GO Dengan <i>Humidity</i> Ruangan Dan Lama Waktu Inhibasi.....	23
Gambar 4. 4 : Laju Korosi <i>Coating</i> Epoxy Dengan Variasi <i>Humidity</i>	24
Gambar 4. 5 : Bentuk Sampel Besi Di Coating Epoxy Dengan <i>Humidity</i> 80% dan 90% Serta Lama Waktu Inhibasi.	26
Gambar 4. 6 : Bentuk Sampel Besi Di Coating Epoxy Dengan <i>Humidity</i> Ruangan Dan Lama Waktu Inhibasi.....	27
Gambar 4. 7 : Laju Korosi Tanpa Coating Dengan Variasi <i>Humidity</i>	28
Gambar 4. 8 : Bentuk Sampel Besi Tanpa Coating Dengan <i>Humidity</i> 80% dan 90% Serta Lama Waktu Inhibasi	29
Gambar 4. 9 : Bentuk Sampel Besi Tanpa Coating Dengan <i>Humidity</i> Ruangan Dan Lama Waktu Inhibasi	30
Gambar 4. 10 : Laju Korosi Pada <i>Humidity</i> 90% Dengan Variasi Jenis Coating .	31
Gambar 4. 11 : Laju Korosi Pada <i>Humidity</i> 80% Dengan Variasi Jenis Coating .	32
Gambar 4. 12 : Laju Korosi Pada <i>Humidity</i> Ruangan Dengan Variasi Jenis Coating	33
Gambar 4. 13 : Data Kuantitative EDX (<i>Energy Dispersive X-Ray Analyzer</i>).....	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 : <i>State Of The Art</i>	4
Tabel 3. 1 : Jadwal Kegiatan Penelitian	19
Tabel 4. 1 : Laju Korosi Coating Variasi <i>Humidity</i> dan Lama Waktu Inhibisi	20
Tabel 4. 2 : Laju Korosi Coating Epoxy Variasi <i>Humidity</i> dan Lama Waktu Inhibisi.....	24
Tabel 4. 3 : Laju Korosi Tanpa Coating Dengan Variasi <i>Humidity</i> dan Lama Waktu Inhibisi	27



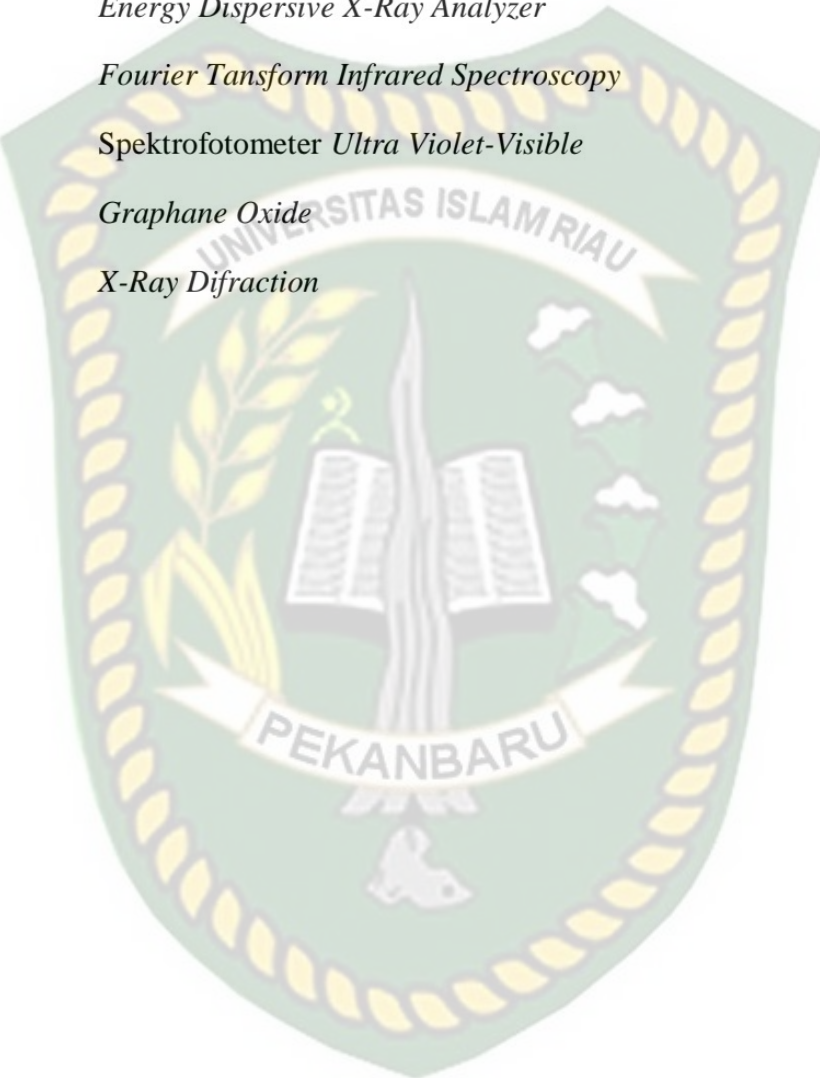
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Data Kuantitative SEM-EDX	39
Lampiran 2 : <i>Humidity</i> yang digunakan pada penelitian	40
Lampiran 3 : Perhitungan Laju Korosi	41
Lampiran 4 : Perhitungan Efisiensi inhibitor	45
Lampiran 5 : Laporan Hasil Pengujian	47



DAFTAR SINGKATAN

SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
EDX	<i>Energy Dispersive X-Ray Analyzer</i>
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>
Uv-Vis	<i>Spektrofotometer Ultra Violet-Visible</i>
GO	<i>Graphane Oxide</i>
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>



DAFTAR SIMBOL

CR	<i>Corrosion Rate</i> (Laju Korosi)
A	luas area
K	Konstanta
cm ²	centi meter persegi
D	massa jenis
mmpy	<i>mili meter per-year</i>
mm	mili meter
gr	gram
C	carbon
cm	centi meter
T	temperatur
t	<i>time</i>
ΔW	Kehilangan Berat
W ₀	Berat Awal Sampel Uji
W ₂	Berat Akhir Sampel Uji
keV	<i>kilo-electron Volt</i>
cps	<i>counting rate</i>
kHz	kilo hertz

ANALISIS PENGARUH *HUMIDITY* TERHADAP LAJU KOROSI MENGUNAKAN *GRAPHENE OXIDE* CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI PENGHAMBAT LAJU KOROSI

Tri Indah Sari Siagian

163210779

ABSTRAK

Korosi merupakan salah satu problematika produksi di industri migas. Korosi yang parah dapat menimbulkan retak/ lubang pada logam baja apabila dilakukan perbaikan akan memerlukan biaya yang sangat besar. Faktor penyebab terjadinya korosi yaitu temperatur, (Ph), kecepatan aliran, kadar oksigen dan kelembaban udara (*humidity*). Peralatan permukaan produksi migas di dominasi dengan logam baja yang memiliki batas ketahanan terhadap perubahan *humidity* yang dapat menyebabkan terbentuknya korosi pada permukaan logam baja. Material *Graphene Oxide* berpotensi untuk mengurangi laju korosi pada logam baja sebagai material pelapis alternatif karena GO bersifat *impermeable* dan memiliki kekuatan mekanik tinggi, lapisan GO juga mencegah oksidasi, di mana partikel GO akan menggantikan karat dan pernis karbon yang akan membuat besi menjadi tahan lama dan juga mengurangi laju korosinya. Pada penelitian ini bertujuan menganalisis efek variasi *humidity* dan variasi jenis sampel *coating* terhadap laju korosi pada berbagai macam sampel.

Salah satu metode memperlambat laju korosi ini adalah dengan cara *coating*, pada metode *coating* ini digunakan resin epoxy dimana resin epoxy ini nantinya akan dicampurkan dengan *graphene oxide* cangkang kelapa sawit yang sudah di sintesiskan.

Hasil pengujian laju korosi terhadap variasi *humidity* dan variasi jenis *coating* dapat dihitung menggunakan rumus *Corrosion Rate*, pengujian yang telah dilakukan yaitu *coating* GO dengan variasi *humidity* menunjukkan semakin tinggi *humidity* maka semakin besar pula laju korosi yang terbentuk, dan pada *humidity* ruangan terjadi *fluktuasi humidity* yang dikarenakan tidak di kontrol menggunakan alat higrometer sehingga *humidity* tidak stabil. Laju korosi pada *humidity* 80% yaitu sebesar 0,00366 (*mmpy*), pada *humidity* 90% yaitu sebesar 0,00464 (*mmpy*), dan pada *humidity* ruangan yaitu sebesar 0,00409 (*mmpy*). Kemudian laju korosi terhadap variasi jenis sampel *coating* menunjukkan sampel *coating* GO mampu memaksimalkan penurunan laju korosi di bandingkan *coating* epoxy, dikarenakan *coating* GO cangkang kelapa sawit memiliki sifat *impermeabel* yang lebih baik dibandingkan *coating* epoxy, pada sampel tanpa *coating* mengalami kenaikan laju korosi lebih cepat dikarenakan permukaan sampel tidak dilindungi. Laju korosi dengan variasi tanpa *coating* 0,09610 (*mmpy*), setelah dicoating epoxy terjadi penurunan menjadi 0,00870 (*mmpy*), kemudian dilakukan *coating* go dan laju korosi semakin turun menjadi 0,00464 (*mmpy*), pada *humidity* yang sama yaitu 90%.

Kata kunci : Cangkang Kelapa Sawit , Korosi, Coating, Laju Korosi, *Humidity*.

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF HUMIDITY ON CORROSION TIME
USING GRAPHENE OXIDE PALM OIL SHEET AS A CORROSION OTHER
DRIVER**

Tri Indah Sari Siagian
163210779

ABSTRACT

Corrosion is one of the production problems in the oil and gas industry. Severe corrosion can cause cracks / holes in the steel metal. If repair is done, it will be very costly. The factors that cause corrosion are temperature, (Ph), flow velocity, oxygen content and humidity. The surface equipment for oil and gas production is dominated by steel, which has a limit on resistance to changes in humidity which can cause corrosion to form on the surface of the steel metal. Graphene Oxide material has the potential to reduce the corrosion rate of steel as an alternative coating material because GO is impermeable and has high mechanical strength, the GO coating also prevents oxidation, where GO particles will replace rust and carbon varnishes which will make the iron durable and also reduce the rate of corrosion. This study aims to analyze the effects of variations in humidity and variations in the type of coating samples on the corrosion rate of various samples. One method of slowing down the corrosion rate is by means of coating, in this coating method an epoxy resin is used where the epoxy resin will be mixed with the palm oil shell graphene oxide that has been synthesized.

The results of testing the rate of corrosion against variations in humidity and variations in the type of coating can be calculated using the Corrosion Rate formula, the test that has been carried out is that the GO coating with humidity variations shows that the higher the humidity, the greater the corrosion rate that is formed, and in room humidity there is a fluctuation in humidity due to not controlled using a hygrometer so the humidity is not stable. The rate of corrosion at 80% humidity is 0.00366 (mmpy), at 90% humidity is 0.00464 (mmpy), and at room humidity is 0.00409 (mmpy). Then the corrosion rate of various types of coating samples shows that the GO coating samples are able to maximize the decrease in corrosion rate compared to epoxy coatings, because the oil palm shell GO coating has better impermeable properties than epoxy coatings, in samples without coating the corrosion rate increases faster due to the surface unprotected samples. The corrosion rate with variations without coating is 0.09610 (mmpy), after coating the epoxy there is a decrease to 0.00870 (mmpy), then coating go is carried out and the corrosion rate decreases to 0.00464 (mmpy), at the same humidity that is 90%.

Key Words : *Palm Shell, Corrosion, Coating, Corrosion Rate, Humidity.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fasilitas produksi pada industri minyak dan gas bumi didominasi dengan material logam baja. Seperti diketahui logam baja memiliki keterbatasan dalam hal ketahanan terhadap kerusakan-kerusakan yang ditimbulkan dari berbagai faktor seperti pH yang asam, kelembaban yang tinggi, temperatur tinggi dan kadar Oksigen yang tinggi. Dalam beberapa kondisi peralatan permukaan produksi migas yang didominasi dengan logam baja rentan terhadap korosif yang mana salah satu faktor penyebab korosif yaitu adanya kelembaban pada daerahnya, peralatan-peralatan yang sering terkena korosi antara lain yaitu flow line, scrubber, gas boot dan sebagainya. (A. Setiawan & Dewi, 2019). Beberapa faktor yang memperengaruhi kelembaban udara yaitu, rendahnya suhu udara, tingginya tekanan udara, pergerakan angin, vegetasi, ketersediaan air, ketinggian tempat dan kerapatan udara, sehingga lokasi-lokasi yang seperti ini sangat diperlukan pencegahan terjadinya korosi dengan cepat. (Agus, 2011; Zaida et al., 2017).

Korosi yang parah dapat menimbulkan lubang/ retak pada logam baja sehingga dapat menurunkan produksi minyak karena minyak akan lolos dari lubang yang terbentuk akibat korosi. (Utomo, 2015) Apabila dilakukan perbaikan pipa, tentu akan memerlukan biaya yang besar. Maka dari itu diperlukannya metode yang mampu menahan laju korosi terbentuk dengan cepat, agar perbaikan pipa logam baja tidak sesering mungkin dilakukan, untuk menghemat biaya keekonomian.

Ada beberapa metode untuk mengurangi laju korosi salah satunya yaitu coating/ pelapisan. Coating/ pelapisan merupakan salah satu pilihan dari beberapa metode pengurangan laju korosi lainnya. Metode ini dianggap efektif karena mudah pengaplikasiannya baik sebelum material logam baja terpasang atau setelah material selesai di pasang. Pelapisan biasanya melapisi permukaan logam dengan material pelindung organik maupun anorganik sehingga proses korosi dapat diminimalisir.

(Riszki et al., 2015) pada penelitiannya melakukan metode pelapisan dengan kitosan pada media korosif NaCl 3% pada suhu 50°C, pada penelitiannya mampu menurunkan laju korosi dari 0,00121 mmpy menjadi 0,00065 mmpy. Kemudian (A. Setiawan, 2018) melakukan riset sintesis ZnO/Al(OH)₃ pada material baja karbon, pada penelitiannya mampu mengurangi laju korosi 0,86 mpy. Selanjutnya (Djunaidi et al., 2016) juga melakukan metode pelapisan Elektroplating Aluminium terhadap laju korosi dengan variasi perbedaan jarak. Pada penelitiannya didapat hasil jarak 15cm mengalami kerusakan korosi yang paling sedikit yaitu 0,4429gr, dibandingkan dengan jarak 10 cm sebesar 0,5071gr dan jarak 20 cm sebesar 04,548 gr.

Saat ini mulai diteliti pelapisan menggunakan material baru yaitu *Graphene Oxide (GO)*. Material GO berpotensi untuk mengurangi laju korosi pada logam baja sebagai material pelapis alternatif karena GO memiliki kekuatan mekanik tinggi sekitar 1100 GPa (*modulus Young*) dan kekuatan putus 125 GPa, yang dekat dengan karbon nanotube, yang 100 kali lebih besar dari selemba baja dengan ketebalan yang sama. (Kiran et al., 2017)

Seng (Zn) dan resin merupakan salah satu primer yang sering digunakan untuk bahan proteksi korosi. Namun lama kelamaan bubuk pigment seng (Zn) yang umum digunakan sangat beracun dan beresiko untuk kehidupan/ lingkungan sekitar. Di sinilah peran *graphene oxide* alami bahan membran baru dapat menggantikannya, selain kekuatan mekaniknya yang luar biasa, sifat konduktif listrik dan termalnya juga sangat baik, sehingga bahan ini menarik untuk dikembangkan.

Korosi umumnya adalah oksidasi elektrokimia logam baja dengan oksidan seperti oksigen, sulfat, klorida untuk membentuk karat. *Graphene* mampu mempengaruhi reaksi elektrokimia (bersamaan dengan pigment anti korosi pelengkap kedua) dengan cara lebih sedikit karat, selain itu *graphene* dapat memperkuat adhesi pengikat dalam sistem pelapisan ke substrat, hal ini membantu mencegah air asam ayam menyerang substrat, memisahkan lapisan pelindung dari substrat. Selain itu, *graphene* mampu “menyumbangkan” elektron dari orbital SP²

ke seng atau proton dalam air asam, yang keduanya mempersulit komponen asam untuk menyerang permukaan logam baja dibawah lapisan.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dari tugas akhir ini adalah:

1. Menganalisis efek variasi *humidity* terhadap laju korosi pada berbagai macam sampel.
2. Menganalisis perbandingan laju korosi antara variasi jenis coating.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat :

1. Memberikan informasi mengenai inovasi baru pada bidang produksi migas dengan pemanfaatan bahan alami cangkang kelapa sawit sebagai bahan dasar pembuatan *graphene oxide* untuk pencegahan korosi pada fasilitas permukaan produksi migas terhadap pengaruh lingkungan (*humidity*).

1.4 Batasan Masalah

Agar penulisan proosal penelitian tugas akhir ini tidak keluar dari tujuan yang diharapkan, maka batasan penelitian ini difokuskan kepada laju korosi yang diteliti berdasarkan parameter perbedaan lama waktu inhibisi korosi dan *humidity*. Media korosif yang digunakan adalah variasi *humidity* yang diteliti adalah ruangan, 80% dan 90% terhadap sampel logam baja. Laju korosi diteliti dengan menguji sampel logam baja yang dicoating dengan *graphene oxide* cangkang kelapa sawit sebagai penghambat laju korosi. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium dan tidak dilakukan pada skala lapangan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam Al-Qur'an, Allah SWT berfirman dalam Surah Ar Rum 41.

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي
 عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Yang Artinya : "Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar). (41)

2.1 Penelitian Sebelumnya

Tabel 2. 1 : State Of The Art

No	Judul Penelitian	Metode	Bahan	Hasil Penelitian
1	<p><i>Antifouling Behavior of a Low-Pressure Cold-Sprayed Cu/Al₂O₃ Composite Coating.</i></p> <p>(Guosheng et al., 2016)</p>	Coating	Resin epoxy + bubuk Ni, Cu, Al	<p>Hasil yang didapat cat epoxy yang ditambahkan bubuk Ni-Cu-Al memiliki ketahanan <i>fouling</i> yang baik dibandingkan tanpa bubuk pelapis, dengan perbandingan 35% bubuk dan 65% resin epoxy. Pada material Stainless Steel 304. Lepasnya ion Ni²⁺, Cu²⁺, Al³⁺ ke dalam larutan dan menyebabkan <i>fouling</i> CaCO₃ mengendap ke dalam larutan.</p>

2	<p><i>Influence of Graphite Content on Corrosion Behavior of Cartridge Brass in a 3.5 wt. % NaCl Solution</i></p> <p>(Almomani et al., 2016)</p>	Coating	Bubuk Zinc Graphite	<p><i>Graphite powder</i> divariasikan sebesar 1, 3, 5% dalam pembuatan <i>Metal Matrix Composite</i> yang kemudian didapatkan hasil bahwa semakin tinggi % massa dari graphite akan meningkatkan corrosion rate dari <i>Metal Matrix Composite</i> tersebut. Dan <i>corrosion rate</i> yang paling baik adalah pada pencampuran graphite dengan massa 1% dibandingkan dengan pure zinc dan perbandingan massa graphite lainnya.</p>
3	Karbon zinc fosfat sebagai pencegah korosi baja pada media asam sulfat.	Coating	Karbon Zinc Fosfat	<p><i>Coating zinc fosfat</i> pada baja karbon yang digunakan yaitu 50 μm, 75 μm, dan 90 μm. Konsentrasi asam sulfat yang digunakan 10%, 62%, serta 98%. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa semakin tinggi asam semakin cepat pula proses korosinya,</p>

	(Setiawan, 2018)			namun dapat di cegah korosinya apabila <i>coating</i> dengan zinc fosfat dipertebal.
4	Sintesis dan karakterisasi ZnO sebagai Coating Antikorosi ZnO/ Al(OH) ₃ pada material baja karbon (Setiawan, 2016)	<i>Coating</i>	Bubuk ZnO	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada komposisi ZnO/Al(OH) ₃ sebesar 1:3 menjadikan specimen baja karbon memiliki ketahanan korosi yang terbaik dengan nilai laju korosi terendah sebesar 0,86 mpy.
5	Pengaruh Variasi Kelembaban, Temperatur dan Ketebalan Cat Pada Material A53 Grade B Terhadap Laju Korosi Di PT PJB UBJOM Pacitan (Ganesya et al., 2018)	<i>Coating</i>		Didalam pengujian ini hasilnya berdasarkan variasi kelembaban diketahui bahwa semakin tinggi kelembaban maka semakin besar pula laju korosinya. Berdasarkan variasi ketebalan coating diketahui bahwa semakin tinggi ketebalan coating maka semakin kecil pula laju korosinya

2.1 Korosi yang disebabkan Oleh Kelembaban Udara (*Humidity*)

Korosi merupakan peristiwa kerusakan atau penurunan performa suatu material yang disebabkan oleh terjadinya reaksi antara bahan dengan lingkungan pengendapannya yang lambat laun akan merusak fungsi dari alat tersebut. Salah satu contoh korosi yaitu karatan pada pipa/ besi/ baja. (Utami Wahyuningsih, Halim Rusjdi, 2017)

Reaksi redoks akibat perkaratan besi dilingkungan lembab udara seperti berikut :



Kelembaban udara menggambarkan kandungan uap air di udara atau konsentrasi uap air di udara. Kelembaban udara dapat dinyatakan sebagai kelembaban udara absolut, kelembaban relatif, maupun defisit tekanan uap air.

Perubahan udara pada sekitaran fasilitas permukaan produksi migas sangat tidak diinginkan, pasalnya dapat menyebabkan fasilitas permukaan produksi migas mengalami penurunan kualitas. Beberapa faktor yang mempengaruhi kelembaban udara : (Sandy, 2017; Tika, 2010)

1. Ketinggian Tempat
2. Kerapatan Udara
3. Tekanan Udara
4. Radiasi Matahari
5. Angin
6. Suhu
7. Kerapatan Vegetasi

Lokasi-lokasi yang seperti ini sangat diperlukan pencegahan untuk mengurangi laju korosi. Apabila tidak dilakukannya penanggulangan maka fasilitas permukaan produksi rentan terbentuknya korosi. Beberapa kondisi yang menyebabkan terbentuknya korosi di dunia industri minyak dan gas salah satunya yaitu kondisi terbentuknya korosi akibat insulasi. (Sulistijono et al., n.d.; Wilds, 2017) (Winnik, 2016).

Faktor – faktor penyebab terjadinya korosi itu sendiri ialah :

1. Temperatur, semakin tinggi temperatur maka reaksi kimia akan semakin cepat maka korosi akan semakin cepat terjadi
2. Kecepatan aliran, jika aliran semakin cepat maka akan merusak lapisan film pada logam maka akan mempercepat korosi karena logam akan kehilangan lapisan.
3. PH
4. Kadar Oksigen, semakin tinggi kadar oksigen maka reaksi oksidasi akan mudah terjadi sehingga akan mempengaruhi laju reaksi korosi.
5. Kelembaban udara, semakin tinggi kelembaban maka semakin besar pula laju korosinya

Beberapa jenis korosi sebagai berikut : (Utomo, 2015)

1. Korosi Uniform
Merupakan korosi yang disebabkan oleh reaksi kimia atau elektrokimia yang terjadi secara seragam pada permukaan logam. Korosi ini dapat dicegah dengan pemilihan material, penambahan *corrosion inhibitor* pada fluida atau menggunakan *cathodic protection* maupun *coating*.
2. Korosi Sumuran
Merupakan fenomena korosi dimana proses korosi terjadi pada suatu area pada permukaan logam yang akhirnya menyebabkan terjadinya lubang pada permukaan tersebut. Korosi ini dapat dicegah dengan pemilihan material yang sesuai dan memiliki ketahanan tinggi terhadap korosi
3. Korosi Erosi
Merupakan kerusakan korosi yang terjadi karena laju alir fluida yang sangat cepat.
4. Korosi Galvanis
Korosi galvanis terjadi apabila dua logam yang tidak sama dihubungkan dan berada di lingkungan korosif. Salah satu dari logam tersebut akan mengalami korosi, sementara logam lainnya akan terlindungi dari serangan korosi.

5. Korosi Tegang

Stress corrosion adalah bentuk korosi dimana material mengalami keretakan akibat pengaruh lingkungannya. Korosi retak tegang terjadi pada paduan logam yang mengalami tegangan tarik statis di lingkungan tertentu, seperti baja tahan karat sangat rentan terhadap nitrat.

6. Korosi Celah

Korosi celah adalah korosi lokal yang terjadi pada celah diantara dua komponen. Merupakan korosi yang terjadi pada sambungan-sambungan baja/logam.

7. Korosi Mikrobiologi

Korosi yang terjadi karena mikroba mikroorganisme antara lain bakteri, jamur dan sebagainya.

8. Korosi Lelah

Korosi ini terjadi karena logam mendapatkan beban yang terus berulang sehingga semakin lama baja/logam mengalami patah.

2.2 Metode Pencegahan Korosi

Coating merupakan metode yang digunakan untuk melapisi permukaan sebuah dari fluida yang bersifat korosif ataupun dari lingkungan sekitarnya. (Afandi et al., 2015). Penggunaan *organic coating* merupakan metode yang sangat marak pada sekarang ini. Pada penelitian ini nantinya akan dibandingkan laju korosi dengan dan tanpa *grapheme oxide*.

2.3 Nanopartikel Karbon dan *Graphene Oxide*

Menurut (Mursyidah, Adi Novriansyah, Novia Rita, 2015) nanopartikel merupakan material atom/ molekul yang direkayasa dalam ukuran nanometer, yang biasanya berukuran kisaran dari 100-1 nanometer.

Nano-science dan *nano-technology* telah memungkinkan kemungkinan merancang material yang ramah lingkungan, oksidasi kuat dan lapisan tahan korosi untuk meningkatkan daya tahan material, bahkan di bawah kondisi lingkungan yang parah. Studi terbaru dari film penghalang telah difokuskan pada deposisi fase cair pelapis keramik (alumina, zirkonium dioksida dll.), pelapisan epoksi (poliamida, polianilin, dll.), pelapis film (polimer), dll. Di antara ini,

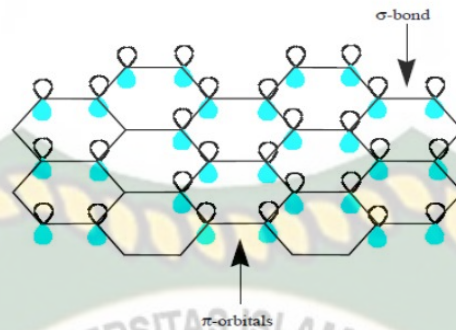
pelapis graphene memiliki sifat mekanik, listrik, termal, optik, dan fisik yang luar biasa, dan berpotensi digunakan sebagai film konduktif transparan, dalam bahan komposit dan aplikasi lainnya. (Aneja et al., 2017; Kiran et al., 2017)

Lapisan film *grapheme oxide* secara khusus mencegah pembentukan oksida apa pun pada logam yang dilindungi permukaannya, sehingga memungkinkan permukaan logam murni hanya berjarak satu atom dari lingkungan korosif. Pengujian SEM, Spektroskopi Raman, dan studi XPS menunjukkan bahwa permukaan logam terlindungi dengan baik dari oksidasi bahkan setelah pemanasan pada 200°C di udara hingga 4 jam. *Graphene* juga menyediakan resistensi efektif terhadap hidrogen peroksida. Metode perlindungan ini menawarkan keuntungan yang signifikan dan dapat digunakan pada logam apa saja yang mengkatalisasi pertumbuhan graphene. (Kiran et al., 2017)

Graphene (Gr), adalah kisi kristal karbon sarang lebah dua dimensi, satu atom karbon tunggal allotrope dibentuk oleh atom karbon sp² yang terkemas ketat. Karena elektron bebas, ia memiliki elektron yang tinggi mobilitas (250.000 cm² / V), transportasi balistik, dan efek ruang kuantum pada suhu kamar. Ini dianggap sebagai bahan tertipis di dunia, serta transparan (transparansi optik: ~ 97,7%), fleksibel dan impermeable, dan 200 kali lebih kuat dari baja. Selain itu, ia memiliki tinggi kekuatan mekanik 1100 GPa (modulus Young) dan kekuatan putus 125 GPa, yang dekat dengan karbon nanotube, yang 100 kali lebih besar dari selebar baja dengan ketebalan yang sama. Munculnya *graphene* dengan sifat unik ini meningkatkan kemungkinan pengembangan bahan tahan korosi yang kuat untuk melindungi tembaga dari kerusakan akibat korosi di bawah kondisi lingkungan yang ketat. (Kiran et al., 2017)



Gambar 2. 1 : *Graphene Oxide*



Gambar 2. 2 : Struktur *Graphene Oxide*

Graphene Oxide (GO) merupakan salah satu dari jenis nanopartikel karbon yang populer diteliti saat ini, susunan atom GO berkerangka heksagonal yang mirip sarang lebah dan membentuk satu lembaran setipis satu atom. Salah satu karakteristik yang paling menarik dari *graphene oxide* adalah susunan atom karbon sangat teratur dan hampir sempurna. (Kharissova & Kharisov, 2008)

Graphene oxide yang digunakan berasal dari karbon cangkang kelapa sawit, dimana ini sebagai pengganti pigment organik yang terdiri dari partikel – partikel seperti pelat lamellar, yang mana pelat tersebut yang akan membentuk lapisan film pada cat yang dapat mencegah rembesnya air dan memperkuat material coating. (Afandi et al., 2015; Prayoga, 2018)

Graphene oxide telah banyak digunakan secara luas dalam pengembangan material nanokomposit untuk mengaplikasikan penemuan-penemuan yang baru dan tentunya dengan pengaplikasi dan bahan yang berbeda. Meskipun sudah banyak penelitian mengenai aplikasi *graphane oxide* ini, Indonesia sendiri masih belum banyak melakukan penelitian pengembangan lanjut pada material ini.

Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis nanopartikel karbon dari cangkang sawit menjadi *graphene oxide* untuk di aplikasikan ke logam/baja. (Faldi Lulrahman, 2019)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Uraian Metodologi Penelitian

Metode dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah *Experiment Research*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh nanopartikel karbon cangkang kelapa sawit terhadap pencegahan korosi dengan metode pelapisan/ *coating* pada media korosif *humidity*. Metode untuk mengetahui kandungan GO pada cangkang kelapa sawit adalah *pyrolysis*, dan untuk menguji efektifitas dari hasil sintesis GO yaitu dengan dilakukannya pengujian SEM- EDX.

Penelitian laboratorium, buku, referensi jurnal dan makalah yang sesuai topik penelitian adalah teknik pengumpulan data yang termasuk data primer pada penelitian ini. Setelah didapatkan hasil, maka dilakukan evaluasi data untuk dilakukannya analisa yang mengarah kepada kesimpulan dan tujuan dari penelitian.

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 : Diagram Alir Penelitian

3.2 Alat, Bahan dan Prosedur

3.3.1 Alat dan Bahan

Alat yang akan digunakan didalam penelitian:



Gambar 3. 2 : Oven



Gambar 3. 3 : Blender



Gambar 3. 4 : Ultrasonik/ Sonikasi



Gambar 3. 5 : Pyrolisis



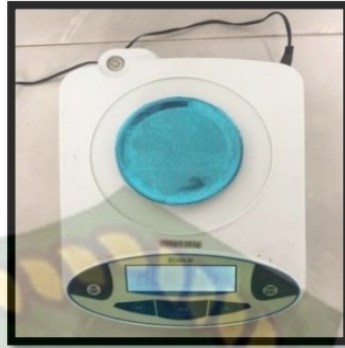
Gambar 3. 6 : Sieve Analysis



Gambar 3. 7 : BS & W Sentrifugasi



Gambar 3. 8 : Jangka Sorong



Gambar 3. 9 : Neraca Analitik



Gambar 3. 10 : Higrometer

Pengujian yang dilakukan yaitu:

1. Uv-Vis
2. SEM dan EDX
3. XRD
4. FTIR

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Cangkang Kelapa Sawit
2. Larutan HNO_3 60%
3. *Aquades*
4. *Resin Epoxy*
5. *Aceton*
6. *Deionized water*
7. *Silica Gel*
8. Logam baja dengan type grade rendah

3.3.2 Prosedur Pembuatan dan Pengujian Graphene Oxide Cangkang Kelapa Sawit

1. Mempersiapkan cangkang kelapa sawit yang sudah dibersihkan dan dijemur selama 3 hari, untuk dimasukkan kedalam oven dengan temperatur 100°C selama 24 jam, kemudian
2. Melakukan *pyrolysis* dengan temperatur 300°C selama 12 jam sampai menjadi karbon, selanjutnya
3. Menghaluskan karbon menggunakan mortar & alu, setelah itu dihaluskan lagi menggunakan sieve 400 mesh
4. Mengaktivasi karbon menggunakan HNO³ 60%, proses aktivasi dilakukan dengan cara merendam *sample* dengan HNO³ 60%, selama 24 jam, kemudian di saring menggunakan *filter paper*
5. Membilas sampel dengan aquades
6. Mengeringkan menggunakan oven T = 100°C
7. Melakukan sonikasi karbon selama 4 jam, dengan mencampurkan *acetone* + *deionized water* + *carbon*, kemudian
8. Melakukan *mesentrifugasi* sampel dengan kecepatan 1000 RPM selama 30 menit dengan temperature ruangan 28°C
9. Mengeringkan sampel hasil sentrifugasi selama 3 jam dengan T = 100°C.
10. Melakukan pengujian :
 - SEM untuk melihat morfologi, EDX digunakan untuk melihat komposisi unsur dari material.

3.3.3 Persiapan Sampel Logam/Baja

Memotong logam/baja dengan ketebalan 1,3 cm dengan dimensi 3,5 x 3,5 cm sebanyak 12 sampel. Melakukan pengamplasan, kemudian dibilas dengan aquadest, dan dikeringkan kemudian di timbang masing-masing dari berat sampel untuk berat awalnya. Tipe baja yang digunakan yaitu *mildsteel* atau A-283 Grade C (Agus, Bima, Ela, Marta, 2016; Agus, Galih, Yuki, 2019) ; (Sari et al., 2015)

3.3.4 Persiapan Media Inhibisi

Menyiapkan wadah plastik berukuran 300ml, 5liter, air 30ml, silica gel, sebagai tempat media inhibisi korosi.

3.3.5 Pembuatan Material Coating

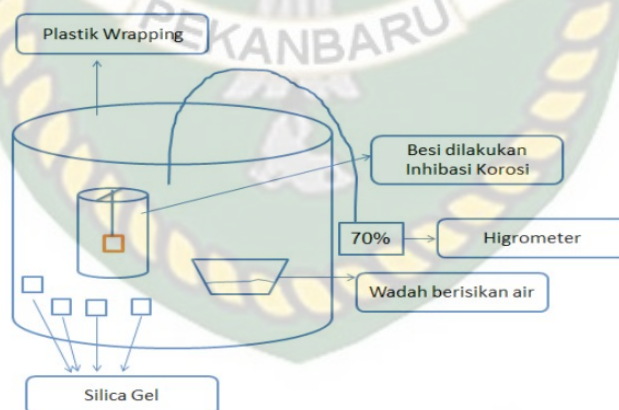
Proses coating dilakukan dengan metode *dipcoating*, larutan coating di siapkan dengan membuat larutan resin saja, dan larutan resin epoxy 100 ml yang di tambahkan *graphene oxide* 5 gr.

3.3.6 Pelapisan Logam

Pelapisan sampel pertama tanpa menggunakan *coating* kemudian untuk sampel ke dua dengan epoxy, untuk sampel ke tiga dengan penambahan *graphene oxide* pada epoxy, lalu dilakukanlah *coating*. Setelah ketiga sampel disiapkan lakukanlah penimbangan berat awal dari sampel. (Ramadian et al., 2012)

3.3.7 Pengujian Pengaruh Variasi Lama Waktu Inhibisi Dan Variasi Humidity Terhadap Laju Korosi

Sampel yang telah disiapkan dimasukkan kedalam wadah plastik selama waktu variasi inhibisinya yaitu 72 jam, 144 jam dan 216 jam, serta sudah dilakukan pengaturan variasi *humidity* ruangan, 80% dan 90% dan variasi jenis sampel coating, setelah semua sampel telah selesai dilakukan pengujian dilakukanlah penimbangan berat akhir dari masing-masing sampel.



Gambar 3. 11 : Skema Penelitian

Laju korosi adalah kecepatan penurunan kualitas logam baja terhadap waktu dan pengaruh lingkungan sekitar. Laju korosi dari logam baja dapat dihitung dengan metode kehilangan berat, metode ini dengan melakukan penimbangan material awal sebelum dan sesudah terkorosif, untuk mengetahui kehilangan beratnya dihitung dengan persamaan sebagai berikut: (Afandi et al., 2015; A. Setiawan & Dewi, 2019; P. A. Setiawan, 2018)

$$\Delta W = W_0 - W_2 \dots\dots\dots (3-1)$$

Dimana :

ΔW = Kehilangan berat (gram)

W_0 = Berat awal sampel uji (gram)

W_2 = Berat akhir sampel uji (gram)

$$CR (mm/y) = \frac{(K \times W)}{A \times T \times D} \dots\dots\dots (3-2)$$

Dimana :

CR = Corrosion rate/ laju korosi (mm/y)

K = Konstanta untuk mengubah satuan (8.78×10^6)

W = Berat yang hilang (gram)

A = Luas area total (cm²)

T = Waktu exposure (jam)

D = Massa jenis baja (gram/cm³)

$$A = [2 \times \{(p \times l) + (p \times t)\}] + (l \times t) \dots\dots\dots (3-3)$$

Dimana :

p = Panjang (cm)

l = Lebar (cm)

t = Tinggi (cm)

Efisiensi inhibitor di hitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{efisiensi inhibitor (\%)} = \frac{(CR_{non\ inh} - CR_{inh})}{CR_{non\ inhibitor}} \times 100\% \dots\dots\dots (3-4)$$

CR = Corrosion Rate

Variabel bebas yang akan saya gunakan yaitu :

Variasi *humidity* ruangan, 80% dan 90%, serta variasi waktu inhibisi 72 jam, 144 jam dan 216 jam. Mengikut rujukan (Afandi et al., 2015) : (Ganesya et al., 2018)

3.4 Lokasi Penelitian

Pengujian BS & W Sentrifugasi dilakukan di Laboratorium. Untuk pengujian SEM-EDX di UPT Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro.

3.5 Jadwal Kegiatan Penelitian

Tabel 3. 1 : Jadwal Kegiatan Penelitian

Kegiatan	Waktu Pelaksanaan (Bulan)						
	Tahun 2020/2021						
	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr
Studi Literatur							
Sintesis & Pengujian Graphene Oxide							
Seminar Proposal							
Pengujian Pengaruh Variasi <i>Humidity</i> dan Variasi Jenis Coating Terhadap Laju Korosi							
Analisa Hasil dan Pembuatan Laporan Hasil							
Sidang Tugas Akhir							

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

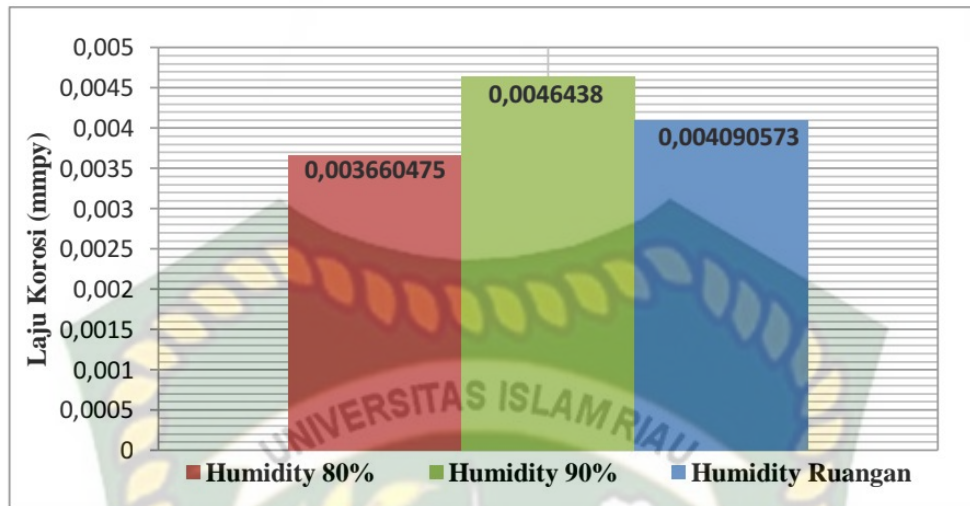
Pada bab ini akan menjelaskan hasil dan pembahasan mengenai hasil karakterisasi sintesis *Graphene Oxide* (GO) limbah cangkang kelapa sawit menggunakan karakterisasi SEM untuk melihat morfologi atau permukaan sampel, karakterisasi EDX untuk juga digunakan untuk memberikan identifikasi unsur dan informasi komposisi kuantitatif. Serta pengujian laju korosi untuk mengetahui berapa laju korosi pada besi yang telah dibuat dengan ukuran yang seragam dan kemudian dilakukan inhibisi korosi dengan variable bebasnya yaitu tanpa coating, coating epoxy dan juga coating GO dengan pengamatan waktu 72 jam, 144 jam dan 216 jam pada *humidity* ruangan, 80% dan 90%.

4.1 Analisis Variasi *Humidity* Terhadap Laju Korosi Menggunakan *Graphene Oxide*

Berikut hasil pengujian *weight loss* pada sampel *coating* GO dengan variasi *humidity* serta lama waktu inhibisi dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 1 : Laju Korosi Coating GO Variasi *Humidity* dan Lama Waktu Inhibisi

Sampel	Berat Awal Besi (gr)	<i>Humidity</i> (%)	<i>Weight Loss (gram)</i>			<i>Corrosion Rate (mmpy)</i>
			72 Jam	144 Jam	216 Jam	
Coating <i>Graphene Oxide</i>	19,422	80%	0,00366	0,00366	0,00366	0,00366
	19,562	90%	0,00363	0,00545	0,00485	0,004644
	19,311	<i>Humidity</i> Ruangan	0,00368	0,00368	0,00491	0,004091



Gambar 4. 1 : Laju Korosi Coating Go Dengan Variasi *Humidity*

Dari gambar 4.1 dapat dilihat laju korosi *humidity* 80% pada 72 jam yaitu sebesar 0,00366 (gram), pada 144 jam sebesar 0,00366 (gram), pada 216 jam yaitu sebesar 0,00366 (gram), dengan laju korosi pertahunnya menjadi sebesar 0,00366 (mmpy).

Sedangkang laju korosi *humidity* 90% pada 72 jam yaitu sebesar 0,00363 (gram), pada 144 jam sebesar 0,00545 (gram), pada 216 jam yaitu sebesar 0,00485 (gram), dengan laju korosi pertahunnya menjadi sebesar 0,00464 (mmpy).

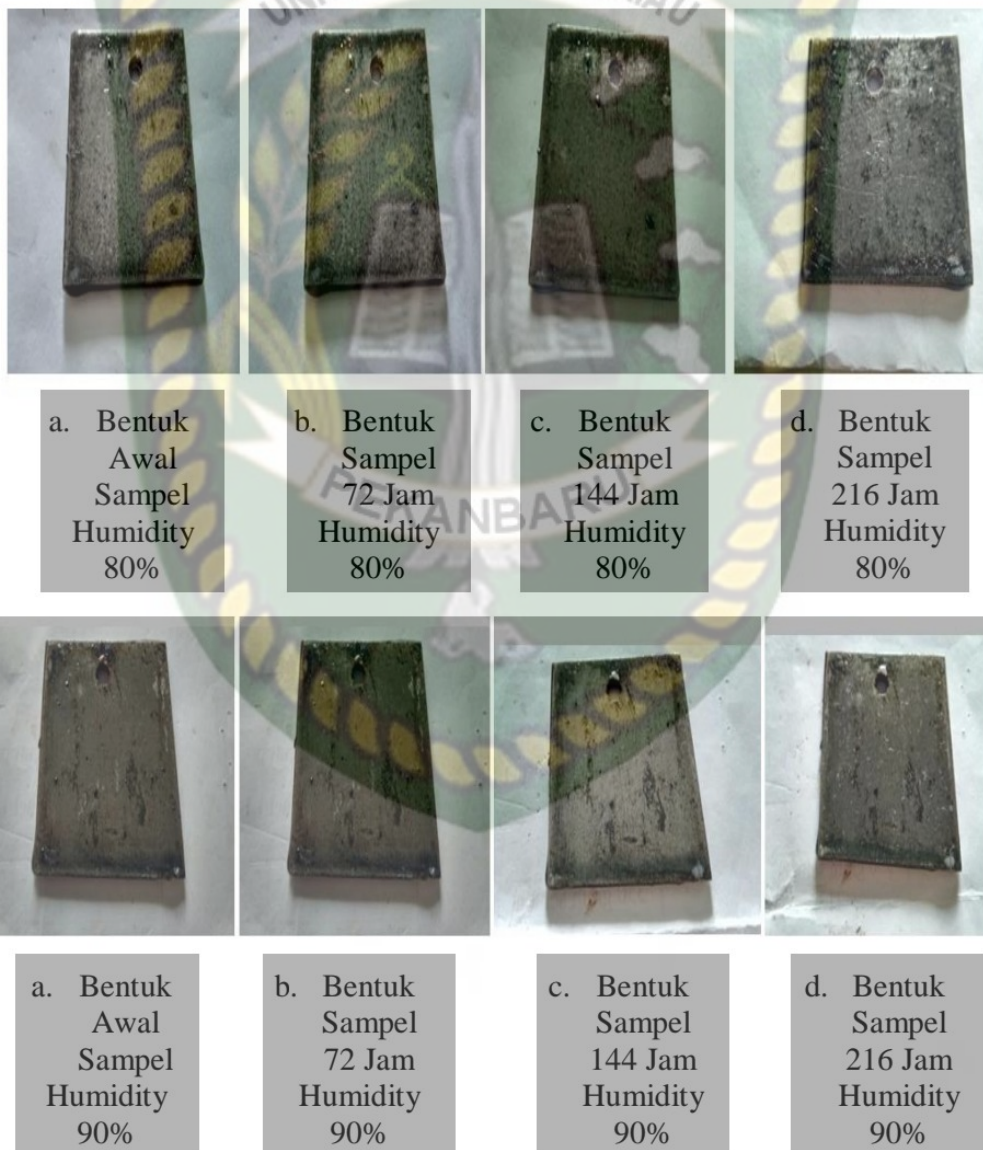
Berdasarkan hasil dari kemampuan menahan laju korosi antara *humidity* 80% dan *humidity* 90% menggunakan Coating GO menunjukkan benar bahwa semakin tinggi *humidity* nya maka semakin besar pula laju korosinya. Pada *humidity* 90% kandungan uap air yang terbentuk lebih banyak dibandingkan pada *humidity* 80%. Karena pada keadaan tersebut jumlah oksigen yang terdapat dibawah insulasi akan berkurang dan akan menyebabkan kelembaban yang relative tinggi sehingga terjadinya pengembunan (H₂O).

Sedangkan laju korosi pada *humidity* ruangan pada 72 jam yaitu sebesar 0,00368 (gram), pada 144 jam yaitu sebesar 0,00368 (gram), pada 216 jam yaitu sebesar 0,00491 (gram), dengan laju korosi pertahunnya menjadi sebesar 0,00409 (mmpy).

Berdasarkan hasil kemampuan menahan laju korosi pada *humidity* ruangan dimana terjadinya *fluktuasi humidity* yang *humidity*nya tidak di kontrol dengan alat higrometer sehingga tidak stabilnya *humidity* yang berkontak pada sampel.

Rata-rata *humidity* untuk daerah pekanbaru yaitu 70-85% yang mana daerah ini rentan terhadap terjadinya korosi.

Dibawah ini adalah hasil pengamatan morfologi dari permukaan sampel besi yang telah di Coating GO setelah dilakukan pengujian variasi *humidity* dan variasi inhibisi.



Gambar 4. 2 : Bentuk Sampel Besi Di Coating GO Dengan *Humidity* 80% dan 90% Serta Lama Waktu Inhibisi.

Pada gambar diatas merupakan hasil pengamatan morfologi menggunakan kamera handphone dari sampel Coating GO. Pada *humidity* 80% coating yang melapisi pada permukaan luar besi mengalami kerusakan di beberapa bagian atas permukaan sampel. Sedangkan pada *humidity* 90% coating yang melapisi pada permukaan luar besi mengalami kerusakan lebih banyak di beberapa bagian atas permukaan sampel.

Korosi ini terjadi karena kandungan yang ada pada *humidity* yaitu adanya unsur kimia udara (O_2) dan kandungan uap air ($H_2O_{(gas)}$) ini menyebabkan besi (Fe) yang diletakkan kedalam media inhibisi mengalami reaksi redoks (korosi). Sehingga reaksi yang terjadi dibawah insulasi akan memberikan peluang terjadinya proses korosi.



Gambar 4. 3 : Bentuk Sampel Besi Di Coating GO Dengan *Humidity* Ruangan Dan Lama Waktu Inhibisi.

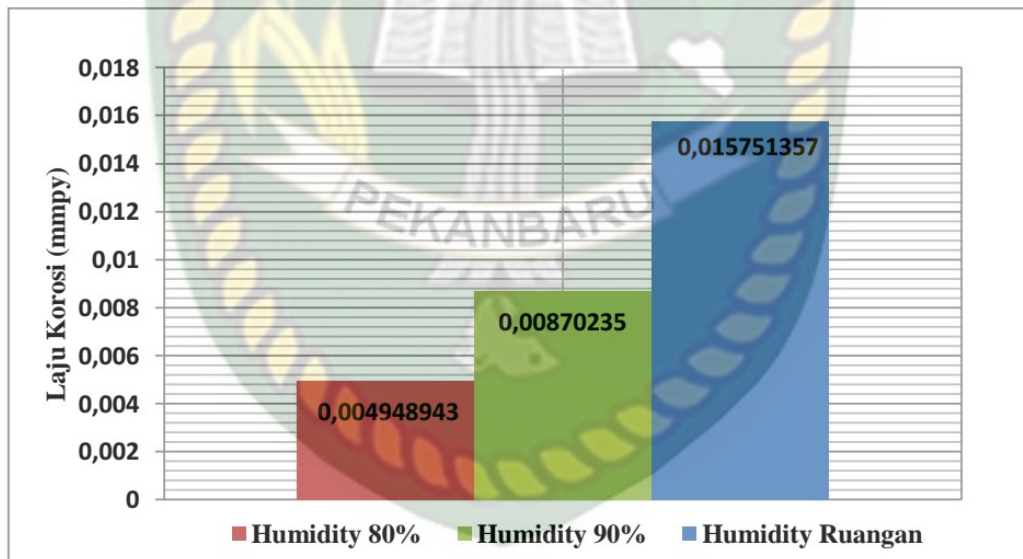
Pada gambar diatas merupakan hasil pengamatan morfologi menggunakan kamera handphone dari sampel *coating* GO dengan *humidity* ruangan, korosi di tunjukkan dengan adanya kerusakan pada permukaan sampel.

Ini terjadi karena besi mengalami oksidasi oleh udara, dan udara selalu berganti-ganti sehingga terjadilah korosi.

Berikut hasil pengujian *weight loss* pada sampel *coating epoxy* dengan variasi *humidity* serta lama waktu inhibisi dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 2 : Laju Korosi Coating Epoxy Variasi *Humidity* dan Lama Waktu Inhibisi

Sampel	Berat Awal Besi (gr)	Humidity (%)	Weight Loss (gram)			Corrosion Rate (mmpy)
			72 Jam	144 Jam	216 Jam	
Coating Epoxy	19,952	80%	0,00356	0,00534	0,00594	0,004949
	19,516	90%	0,00729	0,00911	0,00971	0,008702
	19,057	Humidity Ruang	0,01865	0,01492	0,01368	0,015751



Gambar 4. 4 : Laju Korosi Coating Epoxy Dengan Variasi *Humidity*

Dari gambar 4.4 dapat dilihat perbandingan dari sampel yang telah dicoating epoxy dengan variasi *humidity* 80% pada 72 jam laju korosinya yaitu sebesar 0,0035 (gram), pada 144 jam laju korosinya sebesar 0,0053 (gram), pada 216 jam laju korosinya sebesar 0,0059 (gram), dengan laju korosi pertahunnya menjadi sebesar 0,00494 (mmpy).

Sedangkan *humidity* 90% pada 72 jam laju korosinya sebesar 0,0072 (gram), pada 144 jam laju korosinya sebesar 0,0091 (gram) pada 216 jam laju korosinya sebesar 0,0097 (gram) dengan laju korosi pertahunnya menjadi sebesar 0,00870 (mmpy).

Berdasarkan hasil dari kemampuan menahan laju korosi antara *humidity* 80% dan *humidity* 90% menggunakan Coating Epoxy menunjukkan benar bahwa semakin tinggi *humidity* nya maka semakin besar pula laju korosinya. Pada *humidity* 90% kandungan uap air yang terbentuk lebih banyak dibandingkan pada *humidity* 80%. Karena pada keadaan tersebut jumlah oksigen yang terdapat dibawah insulasi akan berkurang dan akan menyebabkan kelembaban yang relative tinggi sehingga terjadinya pengembunan (H_2O).

Sedangkan pada *humidity* ruangan pada 72 jam laju korosinya sebesar 0,0186 (gram), pada 144 jam laju korosinya sebesar 0,0149 (gram), pada 216 jam laju korosinya sebesar 0,0136 (gram), dengan laju korosi pertahunnya menjadi sebesar 0,01575 (mmpy).

Berdasarkan hasil kemampuan menahan laju korosi pada *humidity* ruangan dimana terjadinya *fluktuasi humidity* yang *humidity* nya tidak di kontrol dengan alat higrometer sehingga tidak stabilnya *humidity* yang berkontak pada sampel.

Dibawah ini merupakan hasil pengamatan morfologi menggunakan kamera handphone dari permukaan sampel besi setelah dilakukan coating epoxy dan pengujian variasi *humidity* dan variasi inhibisi.



a. Bentuk Awal Sampel Humidity 80%

b. Bentuk Sampel 72 Jam Humidity 80%

c. Bentuk Sampel 144 Jam Humidity 80%

d. Bentuk Sampel 216 Jam Humidity 80%



- | | | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| a. Bentuk Awal Sampel Humidity 90% | b. Bentuk Sampel 72 Jam Humidity 90% | c. Bentuk Sampel 144 Jam Humidity 90% | d. Bentuk Sampel 216 Jam Humidity 90% |
|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|

Gambar 4. 5 : Bentuk Sampel Besi Di Coating Epoxy Dengan *Humidity* 80% dan 90% Serta Lama Waktu Inhibasi.

Pada gambar diatas merupakan hasil pengamatan morfologi menggunakan kamera handphone dari sampel coating epoxy. Pada *humidity* 80% coating yang melapisi pada permukaan luar besi mengalami kerusakan di beberapa bagian atas permukaan sampel. Sedangkan pada *humidity* 90% coating yang melapisi pada permukaan luar besi mengalami kerusakan lebih banyak di beberapa bagian atas permukaan sampel.

Korosi ini terjadi karena kandungan yang ada pada *humidity* yaitu adanya unsur kimia udara (O_2) dan kandungan uap air ($H_2O_{(gas)}$) ini menyebabkan besi (Fe) yang diletakkan kedalam media inhibasi mengalami reaksi redoks (korosi). Sehingga reaksi yang terjadi dibawah insulasi akan memberikan peluang terjadinya proses korosi.



a. Bentuk Awal Sampel Humidity Ruangan

b. Bentuk Sampel 72 Jam Humidity Ruangan

c. Bentuk Sampel 144 Jam Humidity Ruangan

d. Bentuk Sampel 216 Jam Humidity Ruangan

Gambar 4. 6 : Bentuk Sampel Besi Di Coating Epoxy Dengan *Humidity* Ruangan Dan Lama Waktu Inhibasi.

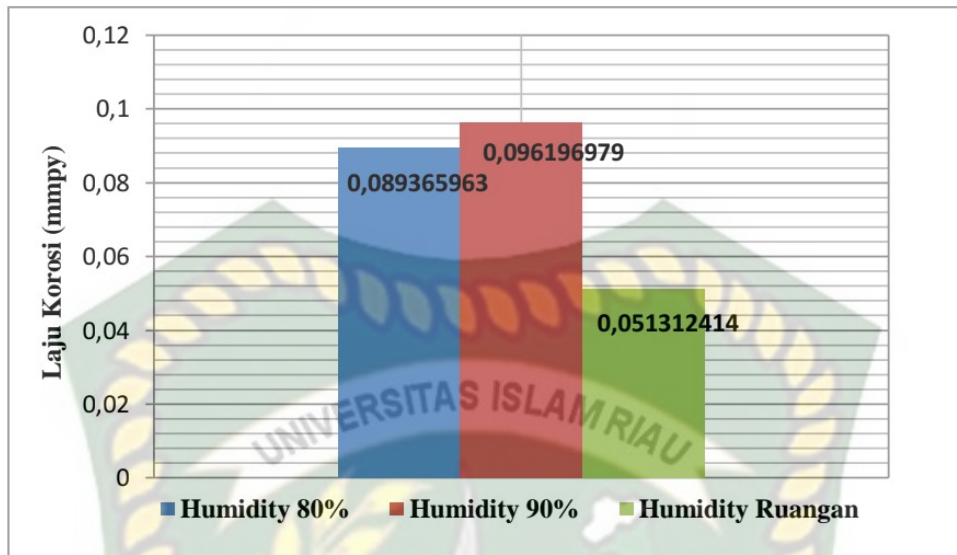
Pada gambar diatas merupakan hasil pengamatan morfologi menggunakan kamera handphone dari sampel coating epoxy dengan *humidity* ruangan, korosi di tunjukkan dengan adanya kerusakan pada permukaan sampel.

Ini terjadi karena besi mengalami oksidasi oleh udara, dan udara selalu berganti-ganti sehingga terjadilah korosi.

Berikut hasil pengujian *weight loss* pada sampel tanpa coating dengan variasi *humidity* serta lama waktu inhibasi dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 3 : Laju Korosi Tanpa Coating Dengan Variasi *Humidity* dan Lama Waktu Inhibasi

Sampel	Berat Awal Besi (gr)	<i>Humidity</i> (%)	<i>Weight Loss (gr)</i>			<i>Corrosion Rate (mmpy)</i>
			72 Jam	144 Jam	216 Jam	
Tanpa Coating	19,579	80%	0,09804	0,08896	0,0811	0,089366
	19,831	90%	0,10755	0,0950	0,08604	0,096197
	19,705	Humidity Ruangan	0,02886	0,06494	0,06013	0,051312



Gambar 4. 7 : Laju Korosi Tanpa Coating Dengan Variasi *Humidity*

Dari gambar 4.7 dapat dilihat perbandingan dari sampel tanpa coating dengan variasi *humidity* 80% pada 72 jam laju korosinya yaitu sebesar 0,0980 (gram), pada 144 jam laju korosinya sebesar 0,0889 (gram), pada 216 jam laju korosinya sebesar 0,0811 (gram), dengan laju korosi pertahunnya menjadi sebesar 0,08936 (mmpy).

Sedangkan *humidity* 90% pada 72 jam laju korosinya sebesar 0,1075 (gram), pada 144 jam laju korosinya sebesar 0,0950 (gram) pada 216 jam laju korosinya sebesar 0,0860 (gram) dengan laju korosi pertahunnya menjadi sebesar 0,09619 (mmpy).

Berdasarkan hasil laju korosi antara *humidity* 80% dan *humidity* 90% menunjukkan benar bahwa semakin tinggi *humidity* nya maka semakin besar pula laju korosinya. Pada *humidity* 90% kandungan uap air yang terbentuk lebih banyak dibandingkan pada *humidity* 80%. Karena pada keadaan tersebut jumlah oksigen yang terdapat dibawah insulasi akan berkurang dan akan menyebabkan kelembaban yang relative tinggi sehingga terjadinya pengembunan (H_2O).

Sedangkan pada *humidity* ruangan pada 72 jam laju korosinya sebesar 0,0288 (gram), pada 144 jam laju korosinya sebesar 0,0649 (gram), pada 216 jam laju korosinya sebesar 0,0601 (gram), dengan laju korosi pertahunnya menjadi sebesar 0,05131 (mmpy).

Berdasarkan hasil laju korosi pada *humidity* ruangan dimana terjadinya *fluktuasi humidity* yang *humidity*nya tidak di kontrol dengan alat higrometer sehingga tidak stabilnya *humidity* yang berkontak pada sampel.

Dibawah ini merupakan hasil pengamatan morfologi menggunakan kamera handphone dari permukaan sampel besi tanpa coating yang telah di uji variasi *humidity* dan variasi inhibisi.



Gambar 4. 8 : Bentuk Sampel Besi Tanpa Coating Dengan *Humidity* 80% dan 90% Serta Lama Waktu Inhibisi

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa korosi yang terbentuk adalah korosi *uniform*, karena metode inhibisi ini merupakan metode tertutup. Gambar diatas merupakan hasil pengamatan morfologi menggunakan kamera handphone dari sampel tanpa coating.

Korosi ini terjadi karena kandungan yang ada pada *humidity* yaitu adanya unsur kimia udara (O_2) dan kandungan uap air ($H_2O_{(gas)}$) ini menyebabkan besi (Fe) yang diletakkan kedalam media inhibisi mengalami reaksi redoks (korosi). Sehingga reaksi yang terjadi dibawah insulasi akan memberikan peluang terjadinya proses korosi.

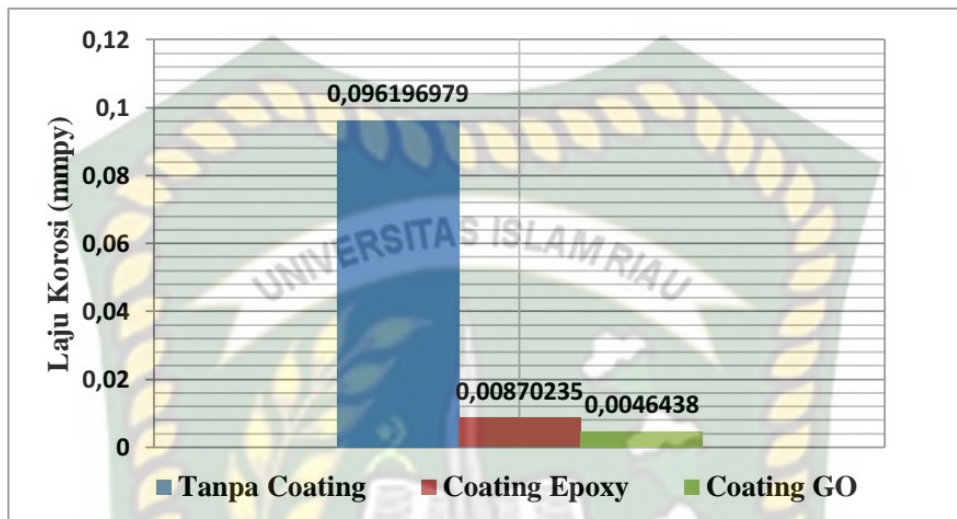


Gambar 4. 9 : Bentuk Sampel Besi Tanpa Coating Dengan *Humidity* Ruangan Dan Lama Waktu Inhibisi

Pada sampel tanpa coating dengan *humidity* ruangan korosi yang timbul semakin meningkat tiap bertambah lamanya waktu inhibisi, di tunjukkan dengan terjadinya oksidasi oleh udara, dan udara selalu berganti-ganti sehingga terjadi bercak hitam yang terbentuk secara perlahan.

4.2 Analisis Perbandingan Laju Korosi Berdasarkan Variasi Jenis Coating

4.2.1 Laju Korosi Tanpa Coating, Coating Epoxy dan Coating GO Pada Humidity 90%



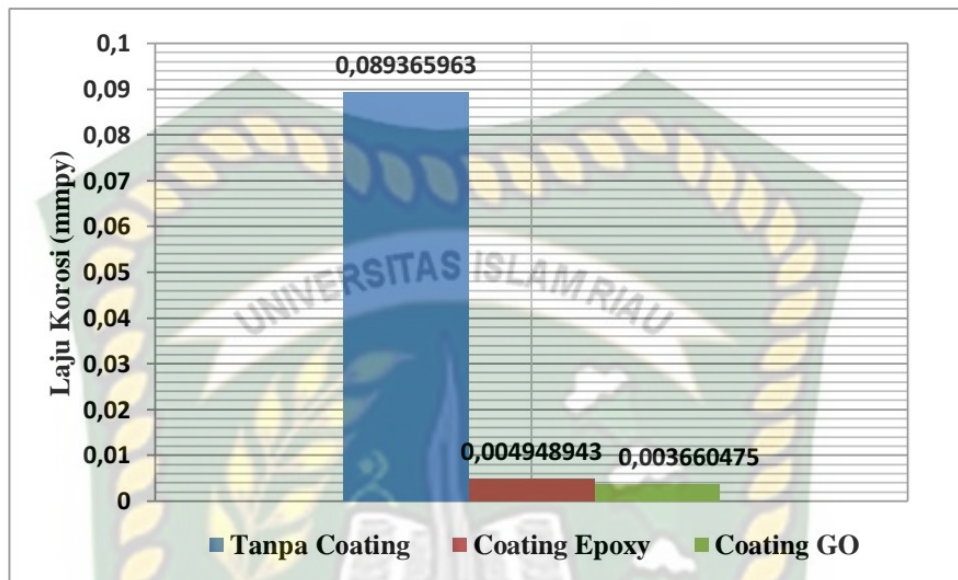
Gambar 4. 10 : Laju Korosi Pada Humidity 90% Dengan Variasi Jenis Coating

Dari gambar 4.10 dapat dilihat bahwa sampel tanpa coating memiliki laju korosi pertahunnya yaitu sebesar 0,0961 (*mmpy*) pada *humidity* 90%. Setelah dicoating dengan epoxy terjadi penurunan laju korosi menjadi 0,008702 (*mmpy*) pada *humidity* yang sama yaitu 90%. Kemudian dilakukan penambahan coating dengan Graphene Oxide di peroleh hasil laju korosinya semakin turun menjadi 0,00464 (*mmpy*).

Berdasarkan hasil penelitian dengan variasi jenis coating pada *humidity* yang sama 90%, terbukti menunjukkan adanya penurunan laju korosi pertahunnya tiap-tiap jenis coating, sehingga permasalahan korosi ini dapat diatasi dengan penambahan *graphene oxide*.

Presentase antara besi tanpa coating dengan coating epoxy yaitu sebesar 91%. Sedangkang presentase antara besi tanpa coating dengan coating GO yaitu sebesar 95%. Kemampuan menahan laju korosi pada jenis sampel coating epoxy & coating GO dengan *humidity* yang sama 90% yaitu selisih 4%.

4.2.2 Laju Korosi Tanpa Coating, Coating Epoxy dan Coating GO Pada Humidity 80%



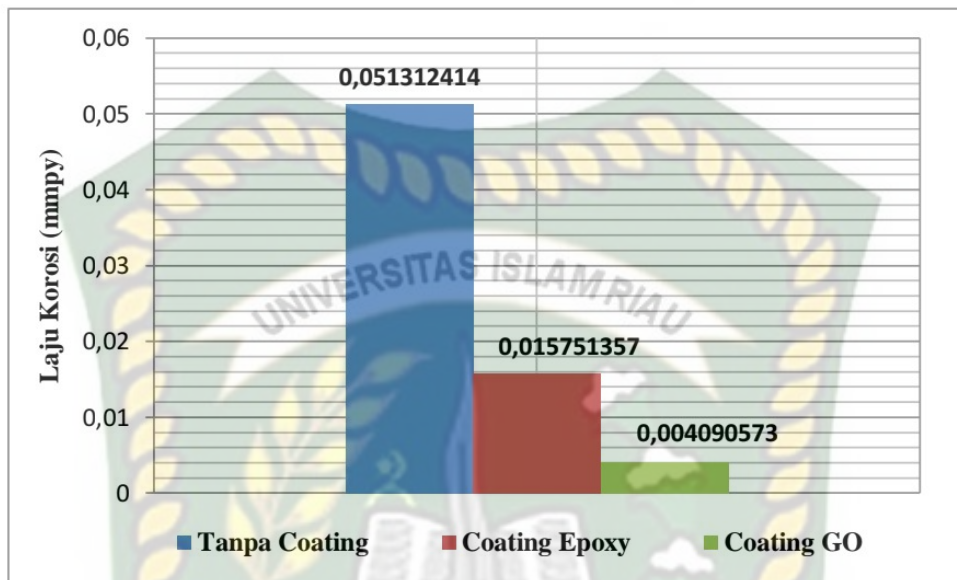
Gambar 4. 11 : Laju Korosi Pada Humidity 80% Dengan Variasi Jenis Coating

Dari gambar 4.11 dapat dilihat bahwa sampel tanpa coating memiliki laju korosi pertahunnya yaitu sebesar 0,08936 (mmpy) pada *humidity* 80%. Setelah dicoating dengan epoxy terjadi penurunan laju korosi menjadi 0,00494 (mmpy) pada *humidity* yang sama yaitu 80%. Kemudian dilakukan penambahan coating dengan Graphene Oxide di peroleh hasil laju korosinya semakin turun menjadi 0,00366 (mmpy).

Berdasarkan hasil penelitian dengan variasi jenis coating pada *humidity* yang sama 80%, terbukti menunjukkan adanya penurunan laju korosi pertahunnya tiap-tiap jenis coating, sehingga permasalahan korosi ini dapat diatasi dengan penambahan *graphene oxide*.

Presentase antara besi tanpa coating dengan coating epoxy yaitu sebesar 94%. Sedangkang presentase antara besi tanpa coating dengan coating GO yaitu sebesar 96%. Kemampuan menahan laju korosi pada jenis sampel coating epoxy & coating GO dengan *humidity* yang sama 80% yaitu selisih 2%.

4.2.3 Laju Korosi Tanpa Coating, Coating Epoxy dan Coating GO Pada Humidity Ruangan

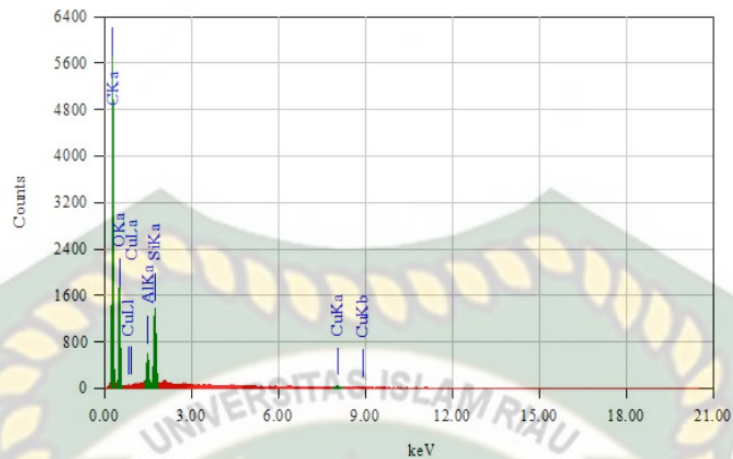


Gambar 4. 12 : Laju Korosi Pada Humidity Ruangan Dengan Variasi Jenis Coating

Dari gambar 4.12 dapat dilihat bahwa sampel tanpa coating memiliki laju korosi pertahunnya yaitu sebesar 0,0513 (mmpy) pada *humidity* ruangan. Setelah dicoating dengan epoxy terjadi penurunan laju korosi menjadi 0,0157 (mmpy) pada *humidity* yang sama yaitu *humidity* ruangan. Kemudian dilakukan penambahan coating dengan Graphene Oxide di peroleh hasil laju korosinya semakin turun menjadi 0,0040 (mmpy).

Berdasarkan hasil penelitian dengan variasi jenis coating pada *humidity* yang sama *humidity* ruangan, terbukti menunjukkan adanya penurunan laju korosi pertahunnya tiap-tiap jenis coating, sehingga permasalahan korosi ini dapat diatasi dengan penambahan *graphene oxide*.

Presentase penurunan laju korosi antara besi tanpa coating dengan coating epoxy yaitu sebesar 69%. Sedangkan presentase antara besi tanpa coating dengan coating GO yaitu sebesar 92%. Laju korosi pada jenis sampel coating epoxy & coating GO dengan *humidity* yang sama *humidity* ruangan yaitu selisih 23%.



No	Kandungan Unsur	Mass (%)
1	Carbon (C)	89,32
2	Oxide (O)	5,16
3	Aluminium (Al)	1,31
4	Silikon (Si)	3,31
5	Tembaga (Cu)	0,90

Gambar 4. 13 : Data Kuantitative EDX (*Energy Dispersive X-Ray Analyzer*)

Dari data kuantitative diatas yang menunjukkan bahwa coating dengan menggunakan *graphene oxide* lebih baik dari pada coating menggunakan epoxy. Hasil ini dibuktikan dengan pengujian EDX dari sampel *graphene oxide* yang menyatakan bahwa *graphene oxide* memiliki kandungan Carbon (C) yang tinggi yaitu sebesar 89,32 % dan kandungan Oxide (O) sebesar 5,16%.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian laju korosi terhadap variasi *humidity* menunjukkan bahwa perbandingan antara *humidity* 80% dan 90% benar bahwasanya semakin tinggi *humidity* suatu daerah maka semakin besar pula laju korosi yang terbentuk. Sedangkan pada *humidity* ruangan menunjukkan *fluktuasi humidity* yang dikarenakan tidak di kontrol menggunakan serangkaian alat higrometer sehingga menyebabkan tidak stabilnya *humidity* yang berkontak pada sampel.

Laju korosi pada coating GO dengan variasi *humidity* 80% yaitu sebesar 0,00366 (*mmpy*), pada *humidity* 90% yaitu sebesar 0,00464 (*mmpy*), dan pada *humidity* ruangan yaitu sebesar 0,00409 (*mmpy*).

2. Hasil pengujian laju korosi *humidity* 90% terhadap variasi jenis sampel coating menunjukkan bahwa sampel Coating GO mampu memaksimalkan penurunan laju korosi sebesar 0,00464 (*mmpy*), di bandingkan coating epoxy saja yaitu hanya sebesar 0,00870 (*mmpy*), dikarenakan coating *graphene oxide* cangkang kelapa sawit memiliki sifat *impermeabel* yang lebih baik dibandingkan *coating epoxy*, yang mana sifat naopartikel ini mampu menahan cairan atau gas apapun masuk melewatinya. Sedangkan sampel tanpa dicoating mengalami kenaikan laju korosi lebih cepat yaitu sebesar 0,09610 (*mmpy*), dikarenakan permukaan sampel tidak dilindungi.

5.2 SARAN

Adapun saran yang dapat penulis berikan yaitu melakukan uji laju korosi dengan temperatur berbeda, variasi lama waktu inhibasi, variasi ketebalan *coating* dengan metode *dipcoating*.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Y. K., Arief, I. S., & Amiadji. (2015). Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating. *Jurnal Teknik Its*, 4(1), 1–5.
- Agus, Bima, Ela, Marta, R. (2016). *Karakterisasi Material Campuran SiO₂ dan Getah Flamboyan Sebagai Material Coating Pencegah Korosi Pada Baja*. 2(November), 27–36.
- Agus, Galih, Yuki, R. (2019). *Uji Kemampuan Tanin Daun Ketapang Sebagai Inhibisi Korosi Pada Baja Mild Steel Dalam Pipeline*. 8(1), 45–50.
- Agus. (2011). *Kelembaban udara*. m 3.
- 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*. 11, 3436–3447.
- Aneja, K. S., Böhm, H. L. M., Khanna, A. S., & Böhm, S. (2017). Functionalised graphene as a barrier against corrosion. *FlatChem*, 1, 11–19.
- Djunaidi, R., Zahara, S., & Yakub, H. (2016). *Jurnal Ilmiah “ Teknika “ Analisa Pengaruh Jarak Katoda Dan Anoda Dalam Proses Elektroplating Aluminium Terhadap Laju Korosi Rita Djunaidi *, Siti Zahara N **, Herlangga Yakub ** Fakultas Teknik Universitas IBA ISSN : 2355-3553 Jurnal Ilmiah “ Teknika “. 4(2).*
- Faldi Lulrahman, A. I. (2019). *Studi Pengolahan Limbah Tempurung Kelapa Dengan Metode Pirolisis Untuk Menghasilkan Asap Cair*. xx(xx), 22–26.
- Ganesya, A. B., Antoko, B., & Karuniawan, B. W. (2018). *Pengaruh Variasi Kelembaban , Temperatur Dan Ketebalan Cat Pada Material a53 Grade B Terhadap Laju Korosi Di Pt Pjb Ubjom Pacitan*. 151–156.
- Guosheng, H., Lukuo, X., Xiangbo, L., & Hongren, W. (2016). *Antifouling Behavior of a Low - Pressure Cold - Sprayed Cu / Al₂ O₃ Composite Coating*. 11, 8738–8748.

Kharissova, O. V., & Kharisov, B. I. (2008). Graphenes, One of the Hottest Areas in the Nanotechnology: Attention of Chemists is Needed. *The Open Inorganic Chemistry Journal*, 2 (1), 39–49.

Kiran, N. U., Dey, S., Singh, B. P., & Besra, L. (2017). Graphene coating on copper by electrophoretic deposition for corrosion prevention. *Coatings*, 7(12).

Mursyidah, Adi Novriansyah, Novia Rita, A. H. (2015). *Effect of Nanosilica Injection to Oil Recovery Factor in Low Porosity and Permeability Reservoir*. 9, 11–13.

Prayoga, F. R. (2018). *Pengaruh Variasi Rasio Zinc- Graphite Sebagai Pigmen Pelapisan Epoxy Pada Baja ASTM A36 Terhadap Ketahanan Fouling Di Lingkungan Geothermal*.

Ramadian, A., Agung, B., Sc, M., Material, T., & Industri, F. T. (2012). Pengaruh Temperatur dan Lama Celup pada Proses Hot Dip Galvanizing Elemen Pemanas Cold End Layer Air Heater PT PJB UP Gresik Unit 1. *Jurnal Teknik POMITS*, Vol. 1(No. 1), 1–8.

Riszki, T. I., Kimia, J., Matematika, F., Alam, P., Sepuluh, I. T., & Baja, A. P. S. (2015). *Pengaruh Suhu terhadap Kualitas Coating (Pelapisan) Stainless Steel Tipe 304 dengan Kitosan secara Elektroforesis*. 4(1), 25–28.

Sandy, D. A. (2017). *Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Perubahan Suhu, Kelembaban Udara Dan Tekanan Udara*.

Sari, Y., Dwiwati, S. T., Mesin, J. T., Teknik, F., & Jakarta, U. N. (2015). *Korosi H₂S dan CO₂ pada Peralatan Statik di Industri Minyak dan Gas*. April, 18–22.

Setiawan, A. (2018). *Sintesis dan Karakterisasi ZnO sebagai Coating Antikorosi ZnO / Al (OH)₃ pada Material Baja Karbon*. 39(1), 55–61.

Setiawan, A., & Dewi, A. K. (2019). *Pengaruh Surface Treatment Terhadap Ketahanan Korosi Baja Karbon Tercoating Zinc Fosfat Pada Media Asam Sulfat*. 11(1).

- Setiawan, A., Fajrin, A., Munir, M. M., & Ari, M. (2018). Korosi Baja Karbon Api 5L Grade B Sebagai Flowline Produksi Gas Alam. *Journal of Research and Technology*, 4(1), 28–40.
- Setiawan, P. A. (2018). *Perbandingan Laju Korosi Main Pipe, Striping Pipe Pada Kapal Tanker Dengan Perlindungan Cat Secara Konvensional Dan Powder Coating*. 22–29.
- Sulistijono, P. I., Agungkurniawan, B., & Sc, M. (n.d.). *Failure Analysis Of Elbow Pipe Due To CUI (Corrosion Under Insulation)*.
- Tika, I. I. (2010). *Variasi Suhu Dan Kelembaban Udara Di Taman Suropati Dan Sekitarnya*.
- Utami Wahyuningsih, Halim Rusjdi, E. S. (2017). Penanggulangan Korosi Pada Pipa Gas Dengan Metode Cathodic Protection (Anoda Korban) Pt Pgn Solution Area Tangerang. *Power Plant*, 5(1), 1–63.
- Utomo, S. (2015). Pengaruh Konsentrasi Larutan NaNO₂ Sebagai Inhibitor Terhadap Laju Korosi Besi Dalam Media Air Laut. *Jurnal Teknologi*, 7(March).
- Wilds, N. (2017). Corrosion under insulation. In *Trends in Oil and Gas Corrosion Research and Technologies*. Elsevier Ltd.
- Winnik, S. (2016). *Corrosin Under Insulation*.
- Zaida, Ardiansah, I., & Rizky, M. A. (2017). Rancang Bangun Alat Pengendali Suhu Dan Kelembaban Relatif Pada Rumah Kaca Dengan Informasi Berbasis WEB. 11(1).