



TUGAS AKHIR - MO 184804

**ANALISIS PENGARUH VARIASI KETEBALAN CAT DAN
KOMPOSISI MAGNESIUM KARBONAT SERBUK PADA CAMPURAN
COATING EPOXY TERHADAP KEKUATAN ADHESI,
METALOGRAFI, DAN PREDIKSI LAJU KOROSI PADA BAJA ASTM
A36.**

TIARO YOUSANT RIALDO

NRP. 04311540000144

Dosen pembimbing

Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

2019



FINAL PROJECT - MO 184804

*ANALYSIS THE EFFECT OF COAT THICKNESS AND
MAGNESIUM CARBONATE COMPOSITION IN EPOXY COATING
MIXTURE AGAINST ADHESION STRENGTH, METALOGRAPHY,
AND CORROSION RATE PREDICTION ON ASTM A36 GRADE
STEEL.*

TIARO YOUSANT RIALDO

NRP. 04311540000144

Supervisors:

Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

2019

**ANALISIS PENGARUH VARIASI KETEBALAN CAT DAN KOMPOSISI
MAGNESIUM KARBONAT SERBUK PADA CAMPURAN COATING
EPOXY TERHADAP KEKUATAN ADHESI, METALOGRAFI, DAN
PREDIKSI LAJU KOROSI PADA BAJA ASTM A36.**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Sepuluh Nopember

Oleh:

TIARO YOUSANT RIALDO

NRP. 04311540000144

Disetujui oleh:

1. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing 1)
.....
2. Dr. Ir. Hasan Ikhwan, M.Sc. (Pembimbing 2)
.....
3. Ir. Joswan J. Soedjono, M.Sc. (Penguji 1)
.....
4. Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D. (Penguji 2)
.....
5. Dirta Marina C., S.T., M.T. (Penguji 3)
.....
6. Wimala Lalitya Dhanistha, S.T., M.T. (Penguji 4)
.....

Surabaya, Juli 2019

ABSTRAK

***ANALISIS PENGARUH VARIASI KETEBALAN CAT DAN KOMPOSISI
MAGNESIUM KARBONAT SERBUK PADA CAMPURAN COATING EPOXY
TERHADAP KEKUATAN ADHESI, METALOGRAFI, DAN PREDIKSI LAJU
KOROSI PADA BAJA ASTM A36.***

Name : Tiaro Yousant Rialdo
NRP : 04311540000144
Departemen : Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS
Supervisor : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.
: Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc

Pada hakikatnya semua benda akan mengalami fenomena alam yang disebut korosi. Korosi merupakan suatu peristiwa rusaknya suatu bahan akibat pengaruh dari lingkungan. Korosi merupakan salah satu penyebab utama kegagalan dari suatu struktur, terutama pada struktur – struktur yang berkecimpung di dunia industri kelautan. Oleh karena itu diperlukan upaya – upaya pencegahan, salah satunya adalah dengan metode pelapisan atau *coating*. Pada penelitian digunakan Baja ASTM A36 karena, merupakan baja karbon yang dalam pengaplikasiannya sering digunakan pada struktur – struktur lepas pantai. Tujuan penelitian ini adalah untuk mencari respon dari kekuatan adhesi, metalografi, dan prediksi laju korosi dengan memvariasikan ketebalan ketebalan coating sebesar 100µm, 150 µm, dan 300µm, dengan komposisi Magnesium Karbonat pada campuran coating epoxy tersebut adalah sebesar 10%, 20%, dan 30%. Pada pengujian Pull – Off nilai terbaik yang didapat kan adalah dari variasi campuran 10 % pada ketebalan 100µm dengan nilai sebesar 11.95 MPa. Pada pengujian sel tiga elektroda nilai terbaik didapatkan dari variasi 30 % pada ketebalan 200 µm dengan nilai sebesar 0,000003 mmpy.

Kata kunci: Baja ASTM A36, Coating Epoxy, Magnesium, adhesi, Korosi, Metalografi.

ABSTRACT

***ANALYSIS THE EFFECT OF COAT THICKNESS AND MAGNESIUM
CARBONATE POWDER COMPOSITION IN EPOXY COATING MIXTURE
AGAINST ADHESION STRENGTH, METALOGRAPHY, AND CORROSION RATE
PREDICTION ON ASTM A36 GRADE STEEL***

Name : ***Tiaro Yousant Rialdo***
NRP : ***04311540000144***
Departement : ***Ocean Engineering Department, Ocean Technology
Faculty, ITS***
Supervisor : ***Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.***
: ***Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc***

In essence, all objects will experience natural phenomena called corrosion. Corrosion is an event of damage to material due to the influence of the environment. Corrosion is one of the main causes of failure of a structure, especially in structures that are involved in the world of the marine industry. Therefore prevention efforts are needed, one of which is by coating or coating methods. The study used ASTM A36 steel because it is carbon steel which in its application is often used in offshore structures. The purpose of this study was to look for responses from adhesion strength, metallography, and prediction of corrosion rate by varying the thickness of the coating thickness by 100µm, 150 µm, and 300µm, with the composition of Magnesium Carbonate in the mixture of epoxy coatings being 10%, 20%, and 30 %. In the Pull-Off test, the best value obtained is from a mixture of 10% mixture at 100µm thickness with a value of 11.95 MPa. In the three-electrode cell test, the best value was obtained from 30% variation at 200 µm thickness with a value of 0.000003 mmpy.

Keyword: *ASTM A36 Steel, Epoxy Coating, Magnesium, Adhesion, Corrosion, Metallography.*

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penayang, penulis panjatkan puji dan syukur atas kehadiran-Nya, yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik.

Tugas akhir ini berjudul “Analisis Pengaruh Variasi Ketebalan Cat dan Komposisi Magnesium Karbonat Serbuk Pada Campuran Coating Epoxy Terhadap Kekuatan Adhesi, Metalografi, dan Prediksi Laju Korosi Pada Baja ASTM A36”. Dalam penyusunan Laporan ini, penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak sehingga laporan ini dapat terselesaikan dengan maksimal. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang turut serta membantu penulis dalam menyelesaikan laporan ini.

Terlepas dari semua itu, penulis menyadari masih ada kesalahan dalam laporan Tugas Akhir ini, dan karena itu penulis dengan tangan terbuka menerima kritik serta saran demi kesempurnaan laporan ini.

Surabaya, Juli 2019

Tiaro Yousant Rialdo

04311540000144

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini tidak akan rampung apabila tidak ada bantuan dari berbagai pihak yang senantiasa membantu penulis dalam menyelesaikan laporan, oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayat setiap waktu hingga laporan ini dapat selesai tepat pada waktunya.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan support baik itu lahir dan batin.
3. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS.
4. Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc selaku Koordinator Kerja Praktek dan Ketua Program Studi Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS.
5. Bapak Ir. Joswan J. Soedjono, M.Sc., Bapak Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D., Ibu Dirta Marina C., S.T., M.T., serta Ibu Wimala Lalitya Danistha S.T., M.T., selaku Dosen Penguji yang memberikan kritik membangun sebagai penyempurna pengerjaan Laporan Tugas Akhir ini.
6. Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T.,M.Sc. selaku dosen wali penulis yang selama empat tahun terakhir memberikan nasihat serta wawasan kepada penulis.
7. Teman – teman angkatan 2015 P55- L33 yang menjadi wadah diskusi penulis selama proses pengerjaan Laporan Tugas Akhir ini.
8. Pihak – pihak lain yang secara tidak langsung ikut andil dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini.

Dengan ini penulis berharap laporan ini nantinya akan bermanfaat bagi pembaca.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Hipotesa Awal	4
1.7 Sistematika Penulisan Laporan Tugas Akhir.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSATAKA DAN DASAR TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Dasar Teori	8
2.2.1 Baja	8
2.2.2 Korosi	10
2.2.3 Jenis - Jenis Korosi	14
2.2.4 Laju Korosi	20
2.2.5 Pencegahan Korosi	22
2.2.6 Lapisan Pada <i>Coating</i>	28
2.2.7 Epoxy	29
2.2.8 Magnesium Karbonat	30

BAB 3 LANDASAN TEORI

3.1 Diagram Alir Penelitian.....	33
3.2 Penjelasan Diagram Alir Penelitian.....	35
3.3 Prosedur Penelitian	37
3.3.1 Pemotongan Sampel	37
3.3.2 Persiapan Lingkungan	38
3.3.3 Persiapan Pengasaran Permukaan <i>Blasting</i>	38
3.3.4 Pengecekan Hasil Visual <i>Blasting</i>	40
3.3.5 Pengaplikasian <i>Coating</i> pada Material	41
3.3.6 Pengukuran Ketebalan Cat Basah.....	41
3.3.7 Pengukuran Ketebalan Cat Kering	42
3.3.8 Pengujian Daya Lekat (Adhesi).....	43
3.3.9 Pengujian Laju Korosi	45
3.3.10 Pengujian Morfologi.....	46

BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Prosedur <i>Blasting</i> dan <i>Coating</i>	47
4.2 Data Lingkungan.....	47
4.3 Hasil Proses <i>Blasting</i>	48
4.4 Inspeksi Visual Hasil <i>Blasting</i>	49
4.5 Pengukuran Kekasaran Permukaan Spesimen.....	50
4.6 Proses <i>Coating</i>	51
4.7 Pengukuran <i>Wet Film Thickness</i>	53
4.8 Hasil Proses <i>Coating</i>	54
4.9 Pengukuran <i>Dry Film Thickness</i>	55
4.10 Hasil Pengukuran Daya Lekat (Adhesi)	56
4.11 Hasil Pengujian Prediksi Laju Korosi	59
4.12 Pengaruh Variasi Komposisi dan ketebalan cat.....	64
4.13 Hasil Foto Mikro.....	65

BAB 4 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	67
----------------------	----

5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Konstruksi yang Berpotensi Mempercepat Laju Korosi	12
Gambar 2.2 Contoh Konstruksi yang tidak Menimbulkan Endapan	12
Gambar 2.3 Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Korosi.....	13
Gambar 2.4 Pengaruh pH terhadap laju korosi	14
Gambar 2.5 <i>Uniform Corrosion</i>	15
Gambar 2.6 <i>Galvanic Corrosion</i>	15
Gambar 2.7 <i>Crevice Corrosion</i>	16
Gambar 2.8 <i>Pitting Corrosion</i>	17
Gambar 2.9 <i>Selective Corrosion</i>	17
Gambar 2.10 <i>Errosion Corrosion</i>	18
Gambar 2.11 <i>Stress Corrosion</i>	19
Gambar 2.12 <i>Fatigue Corrosion</i>	19
Gambar 2.13 <i>Biological Corrosion</i>	20
Gambar 2.14 Mekanisme Proteksi Korosi ICCP	23
Gambar 2.15 Mekanisme Proteksi Korosi SACP	24
Gambar 2.16 SEM <i>Microstructure</i> dari Magnesium dalam bentuk <i>Powder</i>	31
Gambar 2.17 SEM <i>Microstructure Magnesium Carbonate</i>	31
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 3.2 Dimensi Spesimen 12 x 6 x 1 cm.....	37
Gambar 3.3 Dimensi Spesimen 4 x 2 x 1 cm.....	37
Gambar 3.4 Dimensi Spesimen 1 x 1 x 1 cm.....	38
Gambar 3.5 <i>Spychrometer</i> dan Tabel <i>Dew point and Relative Humidity</i>	38
Gambar 3.6 Persiapan <i>nozzle blasting</i>	39
Gambar 3.7 Persiapan <i>blasting Pot</i>	40
Gambar 3.8 Tingkat kebersihan permukaan SA 2 ½ ISO 8501-1	40
Gambar 3.9 Proses pengaplikasian <i>Coating</i>	41
Gambar 3.10 Pengukuran ketebalan cat basah menggunakan <i>wet film comb</i>	42
Gambar 3.11 Pengukuran DFT menggunakan <i>coating thickness gauge</i>	43
Gambar 3.12 Penempelan <i>Dolly</i> pada spesimen	44
Gambar 3.13 <i>Portable adhesive tester</i>	44

Gambar 3.14 Pengujian Prediksi Laju Korosi.....	46
Gambar 3.15 Mikroskop yang Terintegrasi dengan Kamera dan Komputer	46
Gambar 4.1 Spesimen A36 Sebelum Dilakukan <i>Blasting</i>	49
Gambar 4.2 Spesimen A36 Setelah Dilakukan <i>Blasting</i>	49
Gambar 4.3 Hasil <i>Blasting</i> dan standar kebersihan SA 2 ½	50
Gambar 4.4 Hasil Proses <i>Coating</i> Spesimen Adhesi	54
Gambar 4.5 Hasil Proses <i>Coating</i> Spesimen Korosi.....	55
Gambar 4.6 Hasil <i>Pull Off</i> Material	57
Gambar 4.7 Grafik Nilai <i>Pull Off</i> Material	58
Gambar 4.8 Perbandingan Nilai adhesi MgCO ₃ dan Grafit	58
Gambar 4.9 Hasil Pengujian Prediksi Laju Korosi pada Spesimen B3	60
Gambar 4.10 Hasil Pengujian Prediksi Laju Korosi pada Spesimen B4	61
Gambar 4.11 Grafik Prediksi Laju Korosi	62
Gambar 4.12 Grafik Tafel Potensial Korosi Spesimen Ketebalan 100 µm	63
Gambar 4.13 Foto Mikro Spesimen Tanpa Campuran MgCO ₃	65
Gambar 4.14 Foto Mikro Spesimen dengan Campuran MgCO ₃	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Baja A36	10
Tabel 2.2 Kekuatan Baja A36	10
Tabel 2.3 Kriteria Ketahanan Material Berdasarkan Laju Korosi	21
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Data Lingkungan	48
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan Spesimen Adhesi	50
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan Spesimen Korosi.....	51
Tabel 4.4 Komposisi Kandungan $MgCO_3$	53
Tabel 4.5 Perhitungan <i>Wet Film Thickness</i>	54
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran <i>Dry Film Thickness</i> Spesimen Adhesi.....	55
Tabel 4.7 Hasil Pengukuran <i>Dry Film Thickness</i> Spesimen Korosi	56
Tabel 4.8 Hasil Pengujian <i>Pull Off</i>	57
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Prediksi Laju Korosi.....	61

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, dengan total jumlah pulau mencapai 17.504 pulau. Indonesia juga disebut negara sebagai negara maritim, karena hampir 70 persen wilayahnya adalah lautan. Dengan luas wilayah lautan yang jauh lebih besar dari luas daratannya, pendistribusian logistik ke seluruh penjuru Indonesia di dominasi oleh pendistribusian logistik yang menggunakan jalur laut. Sebagai negara kepulauan yang memiliki laut yang luas dan garis pantai yang panjang, sektor maritim dan kelautan berperan penting bagi Indonesia baik dalam aspek ekonomi dan lingkungan, sosial-budaya, hukum dan keamanan (Forum Rektor Indonesia, 2015). Saat ini pemerintah sedang gencarnya menggalakkan industri maritim masif yang diharapkan dapat memacu perkembangan dari industri kelautan yang ada di Indonesia. Dengan perkembangan industri logistik yang pesat, harus diimbangi dengan kualitas mutu serta fasilitas yang memadai. Oleh karena itu perusahaan yang berkecimpung di industri kemaritiman harus mampu mengimbangi *demand* dari produksi fasilitas – fasilitas kemaritiman dengan tidak mengurangi mutu dari produk tersebut demi menjaga kualitas dan keamanan dari produk. Bahan utama dari konstruksi kemaritiman itu sendiri adalah baja. Hingga saat ini penggunaan baja sebagai material utama salah satunya adalah pembuatan kapal masih sangat dominan. Dikarenakan hampir semua konstruksi kapal terbuat dari pelat baja, maka diperlukan suatu metode pencegahan korosi karena baja merupakan suatu material yang sangat mudah terkorosi.

Korosi merupakan suatu proses degradasi dari suatu material berupa logam/non-logam yang dikarenakan terjadinya reaksi kimia antara logam tersebut dengan lingkungannya. Korosi juga merupakan salah satu penyebab utama kegagalan dari suatu struktur, terutama pada struktur – struktur yang berkecimpung di dunia industri kelautan. Oleh karena itu

diperlukan pencegahan dini sehingga konstruksi – konstruksi yang terkontak langsung dengan lingkungan yang korosif agar dapat diperlambat laju korosinya.

Salah satu metode pengendalian korosi adalah dengan metode coating. Prinsip umum dari coating sendiri adalah dengan cara membuat suatu bagian pelapis yang bertujuan sebagai batas antara material dan lingkungan agar tidak terkontak secara langsung. Coating merupakan salah satu metode pengendalian korosi yang cukup mudah yang dapat diaplikasikan pada segala bentuk material maupun konstruksi. Pada penelitian ini, akan membahas pengaruh dari ketebalan coating terhadap daya lekat, laju korosi, dan gambaran metalografi pada Baja ASTM A36.

I.2 RUMUSAN MASALAH

Dari keterangan dan data yang terdapat pada bagian pendahuluan, maka permasalahan yang menjadi bahan kajian dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi ketebalan cat dan komposisi Magnesium Karbonat serbuk terhadap kekuatan adhesi (daya lekat) dari material *coating epoxy* pada plat baja ASTM A36?
2. Bagaimana pengaruh variasi ketebalan cat dan komposisi Magnesium Karbonat serbuk terhadap laju korosi dari material *coating epoxy* pada plat baja ASTM A36?
3. Bagaimana metalografi material baja ASTM A36 sebelum dan sesudah ditambahkan *coating epoxy* dengan campuran Magnesium Karbonat serbuk?

I.3 TUJUAN

Berdasarkan perumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dari Tugas Akhir ini adalah;

1. Untuk mendapatkan hasil pengaruh variasi ketebalan cat dan komposisi Magnesium Karbonat serbuk terhadap kekuatan adhesi (daya lekat) dari material *coating epoxy* pada plat baja ASTM A36
2. Untuk mendapatkan hasil pengaruh variasi ketebalan cat dan komposisi Magnesium Karbonat serbuk terhadap prediksi laju korosi dari material *coating epoxy* pada plat baja ASTM A36
3. Untuk mendapatkan hasil metalografi material baja ASTM A36 sebelum dan sesudah diberikan *coating* campuran *epoxy* dan Magnesium Karbonat serbuk.

I.4 MANFAAT

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman mengenai pengertian dan metode pengendalian korosi.
2. Memberikan pemahaman mengenai pengaruh variasi ketebalan cat terhadap kekuatan adhesi, laju korosi, dan metalografi dari bahan spesimen tersebut, sebagai bentuk referensi pengaplikasian *coating* pada sub-kontraktor bidang pengecatan kapal.
3. Memberikan pemahaman mengenai pengaruh ketebalan cat dan komposisi Magnesium Karbonat serbuk terhadap kekuatan adhesi, laju korosi, dan metalografi dari bahan spesimen tersebut.
4. Sebagai referensi yang saling melengkapi dan komprehensif dengan hasil penelitian – penelitian sebelumnya mengenai metode pengendalian korosi.

I.5 BATASAN MASALAH

Untuk memudahkan pengerjaan sehingga didapat hasil yang diinginkan, perlu ditetapkan batasan – batasan sebagai berikut ;

1. Material yang diuji adalah pelat baja karbon rendah ASTM A36.
2. Material dipotong-potong terlebih dahulu sesuai pembagian variasi sebanyak 20 spesimen.
3. Jenis cat yang diaplikasikan pada penelitian ini yaitu cat primer *epoxy*.
4. Ukuran partikel magnesium karbonat pasta dianggap homogen.
5. Metode pengaplikasian *coating* menggunakan *spray*.
6. Metode *blasting* yang digunakan adalah *sand blasting*.
7. Menggunakan sudut penyemprotan 60°
8. Metode *surface preparation* menggunakan ISO-SA 2 ½.
9. Material abrasif yang digunakan jenis *steel grit* GL16.
10. Penambahan komposisi pelarut menggunakan variasi 10%, 20%, 30%
11. Ketebalan yang digunakan adalah 100µm, 150µm, 200µm
12. Media larutan uji korosi yang digunakan yaitu NaCl 3,5%.

I.6 HIPOTESA AWAL

Hipotesa awal dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut ;

1. Semakin tebal *coating epoxy* yang diaplikasikan, maka ketahanan material dari korosi akan semakin membaik.
2. Semakin banyak komposisi Magnesium Karbonat serbuk pada campuran *coating epoxy*, maka ketahanan material dari korosi akan semakin membaik.
3. Semakin tebal *coating epoxy* yang diaplikasikan, maka akan mengurangi nilai adhesi dari material tersebut.

I.7 SISTEMATIKA PENULISAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini akan diterangkan mengenai latar belakang penelitian yang dilakukan, permasalahan yang ingin dijawab, tujuan yang ingin dicapai, batasan – batasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

Pada sub-bab Tinjauan Pustaka berisi kepustakaan dari penelitian terdahulu yang menjadi acuan dan referensi pendukung pentingnya dilakukan penelitian tugas akhir ini. Sedangkan sub-bab Dasar Teori menjelaskan teori – teori, persamaan, *codes*, yang dibutuhkan penulis dalam melakukan penelitian ini.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi uraian yang digunakan dalam mengerjakan penelitian tugas akhir yang disajikan dalam bentuk diagram alir (*flow chart*), serta menjelaskan prosedur detail pengerjaan penelitian tugas akhir.

Bab IV Analisis Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini akan dijelaskan analisis dan pengolahan hasil penelitian tugas akhir serta pembahasan dari hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini mengandung kesimpulan dari penelitian tugas akhir hasil dari analisis dan pembahasan yang dilakukan pada Bab IV serta saran – saran untuk penelitian lebih lanjut.

Daftar Pustaka

Berisi refrensi – referensi yang digunakan selama penelitian tugas akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada era ini, industri kemaritiman dunia mengalami perkembangan yang sangat pesat. Di Indonesia, industri kemaritiman terus dikembangkan sejalan dengan upaya pemerintah saat ini untuk menjadikan Indonesia sebagai Poros Maritim dunia. Oleh karena itu peran infrastruktur kemaritiman seperti kapal, crane, dan dermaga dalam pelabuhan sangat dibutuhkan saat ini. Hampir semua infrastruktur yang ada di kemaritiman menggunakan material baja sebagai komponen utamanya. Baja merupakan jenis logam paduan dimana besi merupakan elemen dasar dengan dikombinasikan dengan elemen – elemen campuran termasuk adalah karbon. Kekuatan, kekerasan dan sifat mudah dibentuk dari baja di pengaruhi oleh kandungan karbon. Kandungan karbon yang besar dalam baja megakibatkan meningkatnya kekerasan tetapi baja tersebut akan rapuh dan tidak mudah dibentuk (Davis, 1982). Dalam dunia kemaritiman, banyak konstruksi yang pengoperasiannya terkontak langsung dengan air laut, seperti pada badan kapal. Lmabung kapal adalah bagian dari kapal yang selalu bersentuhan langsung dengan air laut yang mana dapat menyebabkan korosi pada badan kapal tersebut.

Korosi merupakan suatu fenomena yang tidak dapat dihindarkan, namun laju korosinya dapat dikendalikan. Korosi merupakan suatu proses degradasi dari suatu material berupa logam/non-logam yang dikarenakan terjadinya reaksi kimia antara logam tersebut dengan lingkungannya. Korosi merupakan momok bagi perusahaan yang berkecimpung didunia maritim, yang mana korosi merupakan salah satu penyebab utama kegagalan dari sustu struktur. Air laut sangat mempengaruhi laju korosi dari logam yang dilaluinya atau yang kontak langsung dengannya, hal ini dikarenakan air laut mempunyai konduktivitas yang tinggi dan memiliki ion klorida yang dapat menembus permukaan logam (Kirk dan Othmer, 1965). Oleh karena itu, dalam rangka pengendalian korosi kita perlu mengenal lingkungan

beserta sifat-sifatnya, macam-macam logam yang dipakai serta daya tahan terhadap lingkungannya dan peristiwa serta bentuk-bentuk korosi yang diperkirakan akan terjadi, tetapi faktor ekonomi dalam tiap pengendalian korosi merupakan faktor yang paling menentukan (Almira; 2015).

Salah satu metode dalam pengendalian korosi adalah dengan melakukan proses pelapisan (coating). Cara kerja coating ini sendiri adalah dengan mencegah material dari lingkungan luar agar tidak berkontak langsung dengan membuar lapisan pelindung (barrier), sehingga material akan lebih tahan terhadap pengaruh dari luar. Metode coating pada intinya adalah membuat barrier atau penghalang antara baja dengan lingkungan. Aplikasi dari pelapisan cenderung mudah dan tanpa batas ukuran permukaan yang dapat dilapisi oleh cat (Hudson, 1982). Coating merupakan salah satu metode pengendalian korosi yang sering dijumpai disekitar, dikarenakan pengaplikasiannya yang cukup mudah. *Coating* dapat menjadi perlindungan yang efektif terhadap korosi karena merupakan insulator elektrik yang efektif, dapat diaplikasikan tanpa rusak dan akan mudah dalam proses perbaikan, dan mendasari awal film yang baik yang akan melindungi sepanjang waktu tertentu (Peabody, 2001). Penggunaan coating ini sangatlah dibutuhkan didunia industri saat ini terutama di inndustri kemaritiman untuk me-maintan agar konstruksi yang ada di laut dapat tahan lebih lama dari serangan korosi, sehingga mengurangi angka kegagalan / kecelakaan di laut.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Baja

Baja merupakan sebuah logam paduan besi sebagai bahan utamanya dengan unsur karbon sebagai bahan paduan utamanya. Baja memiliki berbagai macam grade yang menentukan besaran komposisi karbon dalam paduan logam tersebut, yang bekisar antara 0,2% hingga 1,7%. Ada banyak unsur yang dapat dipadukan seperti unsur mangan (Mn), Krom (Cr), Vanadium (Vn), dan Nikel (Ni). Dengan perpaduan variasi kandungan karbon dan unsur lainnya, maka akan didapatkan logam

campuran yang memiliki sifat material baru. Campuran karbon pada besi berfungsi sebagai elemen penguat pada kisi kristal atom besi. Campuran unsur karbon dalam baja dapat merubah sifat dari baja tersebut, seperti dapat meningkatkan nilai kekerasan (hardness), dan kekuatan tarik (Tensile strength) dari baja tersebut, namun nilai dari keuletannya (ductility) berkurang dan baja juga akan menjadi lebih getas (brittle). Menurut ASM (1993) baja karbon dapat dibagi berdasarkan jumlah kandungan unsur karbon dalam logam baja tersebut, berikut adalah pembagiannya;

1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah (low carbon steel) adalah jenis baja karbon yang mengandung karbon antara 0,025% – 0,3% C. Jadi setiap satu ton baja karbon rendah mengandung 10 – 30 kg karbon. Baja karbon ini dalam perdagangan dibuat dalam plat baja, baja strip dan baja batangan atau profil.

2. Baja Karbon Menengah

Baja karbon menengah (medium carbon steel) adalah jenis baja karbon yang mengandung karbon antara 0,25% - 0,55% C dan setiap satu ton baja karbon mengandung karbon antara 30 – 60 kg. baja karbon menengah ini banyak digunakan untuk keperluan alat-alat perkakas bagian mesin.

3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi (high carbon steel) mengandung kadar karbon antara 0,56% -1,7% C dan setiap satu ton baja karbon tinggi mengandung karbon antara 70 – 130 kg. Baja ini mempunyai kekuatan paling tinggi dan banyak digunakan untuk material tools. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja.

Material baja ASTM A36 yang dipakai dalam penelitian ini termasuk ke dalam kategori baja karbon rendah karena memiliki komposisi karbon kurang dari 0,3%.

Tabel 2.1 Komposisi baja A36 (ASTM, 2001)

<i>Elements</i>	<i>Composition (%)</i>
<i>Carbon</i>	0.260 %
<i>Copper</i>	0.20 %
<i>Iron</i>	99.0 %
<i>Manganese</i>	0.75 %
<i>Phosphorous</i>	0.040 %
<i>Sulfur</i>	0.050 %

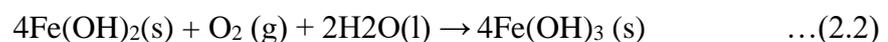
Tabel 2.2 Kekuatan baja A36 (ASTM, 2001)

<i>Properties</i>	<i>Amount</i>
<i>Tensile Stress (Mpa)</i>	400 - 500
<i>Yield Strength (Mpa)</i>	250
<i>Elongation at break(%)</i>	23%

2.2.2 Korosi

.Korosi merupakan suatu proses degradasi dari suatu material berupa logam/non-logam yang dikarenakan terjadinya reaksi redoks antara logam tersebut dengan lingkungannya. Korosi merupakan suatu peristiwa kerusakan atau penurunan kualitas suatu logam akibat beraksi dengan lingkungannya yang terjadi secara elektrokimia. Kondisi lingkungan yang sering menyebabkan terjadinya korosi pada logam adalah udara dan air (Fontana dan Greene, 1987).

Mekanisme reaksi korosi dapat dilihat sebagai berikut: (Vogel, 1979)



Dari reaksi diatas, dapat dilihat bahwa produk dari oksidasi besi adalah berupa karat. Pada senyawa diatas, unsur besi merupakan unsur yang paling mudah teroksidasi karena memiliki nilai Energi Potensial yang kecil yaitu -1,16 V. Cepat lambatnya korosi pada material juga dapat dipengaruhi oleh beberapa hal umum seperti kondisi kekorosifan lingkungan seperti, bahan material meliputi unsur – unsur campuran dalam logam / material tersebut, dan susunan konstruksi dari material tersebut. Adapun faktor – faktor yang dapat mempengaruhi cepat laju korosi adalah ;

a. Faktor Metalurgi

Faktor metalurgi merupakan suatu faktor yang berhubungan dengan komposisi dan konstruksi dari material itu sendiri, terbuat dari unsur apa material tersebut, paduan unsur apa yang dipakai, bentuk konstruksi apa yang diinstalasi dari material tersebut berpengaruh sejalan dengan mudah atau sukarnya material tersebut terkorosi, faktor metalurgi dapat dijabarkan sebagai berikut ;

1. Material konstruksi

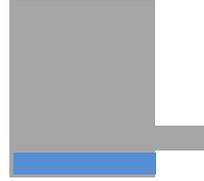
berhubungan dengan nilai E potensial dari material yang mana semakin kecil nilai potensial energi dari material maka material akan semakin mudah terkorosi. Sebagai perbandingan, besi mempunyai nilai potensial sebesar -1,16 V akan lebih mudah terkorosi jika dibandingkan dengan platina yang memiliki nilai potensial sebesar +1,18 V.

2. Konstruksi Material

- Susunan konstruksi

Dalam suatu konstruksi juga harus dipertimbangkan metode fabrikasi maupun konstruksi dari material dengan tujuan memimalisir daerah – daerah yang berpotensi menjadi titik dari terjadinya korosi.

Material akan lebih mudah terkorosi pada titik tertentu apabila susunan dari konstruksi dapat memicu endapan yang dapat berpotensi mempercepat terjadinya korosi.



Gambar 2.1 Contoh konstruksi yang berpotensi mempercepat terjadinya korosi, akibat adanya endapan (Daerah biru)



Gambar 2.2 Contoh konstruksi yang tidak menimbulkan endapan

- Kehalusan konstruksi
Permukaan logam yang tidak rata memudahkan terjadinya kutub-kutub muatan, yang akhirnya akan berperan sebagai anode dan katode. Permukaan logam yang licin dan bersih akan membuat logam menjadi sulit untuk terkorosi, sebab kutub-kutub yang akan bertindak sebagai anode dan katode sulit terbentuk.

b. Berdasarkan pengaruh lingkungan

1. Elektrolit

Elektrolit (asam atau garam) merupakan media yang baik untuk terjadinya transfer muatan. Hal ini mengakibatkan

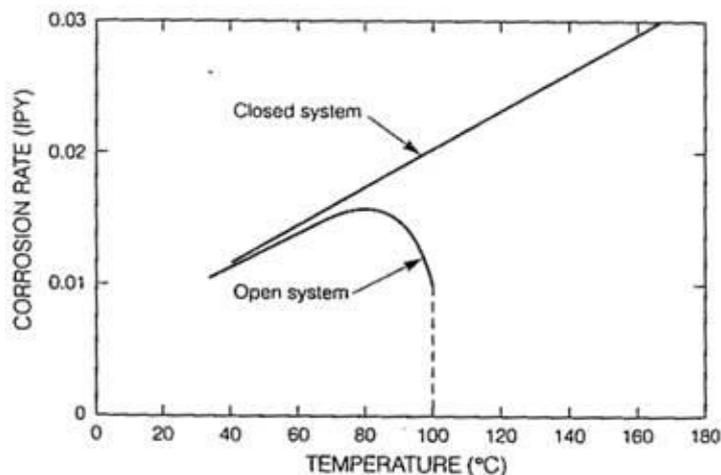
elektron lebih mudah untuk diikat oleh oksigen di udara. Air hujan banyak mengandung asam, sedangkan air laut banyak mengandung garam. Oleh karena itu air hujan dan air laut merupakan penyebab korosi yang utama.

2. Air dan kelembaban udara

Dilihat dari reaksi yang terjadi pada proses korosi, **air merupakan salah satu faktor penting untuk berlangsungnya korosi**. Udara lembab yang banyak mengandung uap air akan mempercepat berlangsungnya proses korosi.

3. Temperatur

Korosi akan lebih mudah terjadi pada temperatur tinggi dari pada temperatur yang rendah. Ini disebabkan oleh kecepatan partikel yang ikut meningkat sehingga memicu terjadinya banyak reaksi kimia.

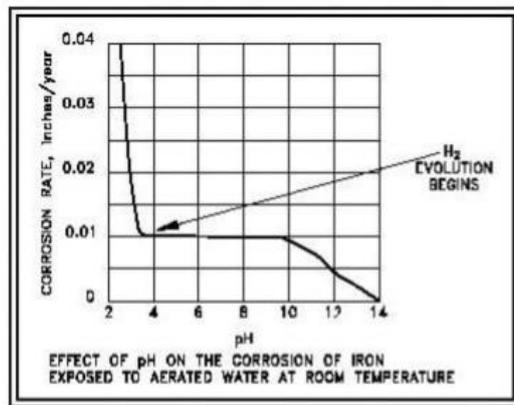


Gambar 2.3 Pengaruh temperatur terhadap laju korosi

sumber : *agungfirdausy.my.id*

Pada grafik diatas menunjukkan semakin tinggi suhu maka laju korosi akan semakin cepat, namun pada saat suhu kurang lebih diatas 80C, laju korosi akan mengalami penurunan akibat keluarnya gas oksigen dalam sistem. Sedangkan pada sistem tertutup, laju korosi akan terus konstan naik sejalan dengan kenaikan temperatur akibat adanya oksigen yang terlarut.

4. Tingkat keasaman lingkungan (pH)



Gambar 2.4. Grafik Pengaruh pH terhadap laju korosi (Nesic, 1996).

Pada kondisi asam, semakin kecil pH, maka laju korosi akan semakin cepat. Hal ini dibuktikan dengan grafik tentang pengaruh tingkat keasaman terhadap laju korosi.

2.2.3 Jenis – jenis korosi

Berdasarkan penyebab dan bentuk kerusakan yang dihasilkan, korosi dapat dibedakan menjadi ;

a. Uniform Corrosion (Korosi seragam)

Korosi seragam merupakan jenis korosi yang umumnya terjadi di sekitar. Korosi seragam adalah jenis korosi dimana pada korosi tipe ini laju korosi yang terjadi pada seluruh permukaan logam atau paduan yang terpapar atau terbuka ke lingkungan berlangsung dengan laju yang hampir sama. Hampir seluruh permukaan logam menampakkan terjadinya proses korosi.

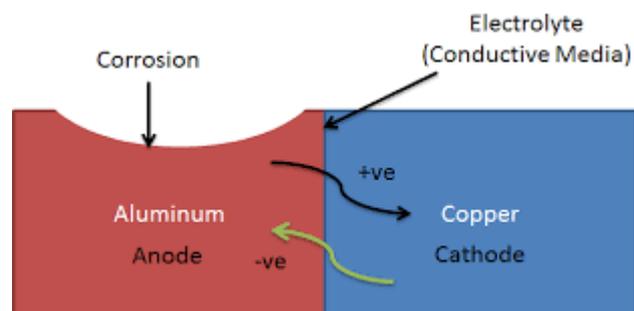


Gambar 2.5. Uniform Corrosion

sumber : *researchgate.net*

b. Galvanic Corrosion

Korosi galvanik adalah korosi yang terjadi pada dua logam yang berbeda jenis jika di hubungkan pada lingkungan yang korosif. Korosi ini juga terjadi karena pasangan elektrikal pada dua logam atau paduan logam yang memiliki perbedaan komposisi. Logam yang lebih anodik akan terkorosi sementara logam lainnya yang lebih katodik akan terlindungi. Posisi logam pada deret volta akan menentukan apakah suatu logam lebih anodik atau katodik.



Gambar 2.6 Galvanic Corrosion

Sumber : *smlease.com*

c. Crevice Corrosion

Crevice Corrosion atau korosi celah adalah jenis korosi yang terjadi akibat adanya perbedaan konsentrasi zat asam pada material yang saling berdempetan namun masih terdapat sebuah celah diantara material tersebut yang dapat menahan air dan kotoran sehingga konsentrasi O_2 pada bagian mulut material lebih besar dibanding pada bagian dalam sehingga bagian tepit / mulut dari kedua material tersebut akan menjadi katoda, dan bagian dalam material akan menjadi anoda.

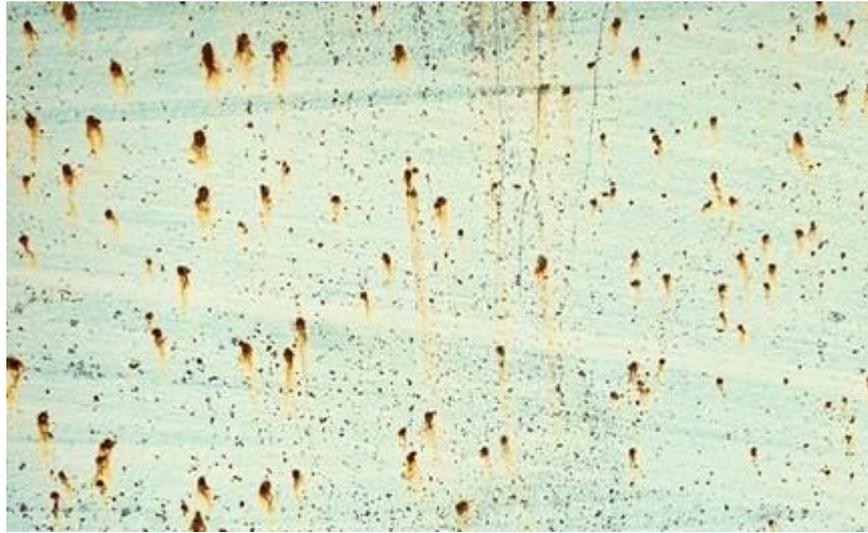


Gambar 2.7 Crevice Corrosion

Sumber : steelfabservice.com.au

d. Pitting Corrosion

Korosi sumuran adalah korosi lokal dari permukaan logam yang dibatasi pada satu titik atau area kecil, dan membentuk rongga. Korosi sumuran adalah salah satu bentuk yang paling merusak dari korosi, karena jenis korosinya yang tidak melebar melainkan membentuk suatu lubang kecil namun dalam, korosi sumuran cukup sulit terlihat kerusakannya jika tanpa alat bantu.



Gambar 2.8 Pitting Corrosion

Sumber : *corrosionpedia.com*

e. Selective Corrosion

Korosi Selektif adalah suatu bentuk korosi yang terjadi karena pelarutan komponen tertentu dari paduan logam (*alloy*-nya). Pelarutan ini terjadi pada salah satu unsur paduan atau komponen dari paduan logam yang lebih aktif yang menyebabkan sebagian besar dari paduan tersebut hilang dari paduannya.



Gambar 2.9. Pitting Corrosion

Sumber : *sailnet.com*

f. Erosion Corrosion

Korosi erosi adalah korosi yang di sebabkan oleh erosi yang mengikis lapisan pelindung material , zat erosi itu dapat berupa fluida yang mengandung material *abrasive*. Korosi tipe ini sering di temui pada pipa-pipa minyak. Atau pengertian lainnya.Korosi erosi adalah korosi yang terjadi pada permukaan logam yang disebabkan aliran fluida yang sangat cepat sehingga merusak permukaan logam dan lapisan film pelindung



Gambar 2.10. Erosion Corrosion

Sumber : *cdcorrosion.com*

g. Stress Corrosion

Stress Corrosion atau biasa disebut SCC (Stress Corrosion Cracking) adalah jenis korosi yang dimana terdapat dua variabel yang mempengaruhi dari material sehingga material mengalami korosi, yaitu adanya lingkungan korosif yang membuat material menjadi berkarat, dan *material stress* yang berkelanjutan dengan tegangan tarik. Apabila material yang terlanjut berkarat menerima tegangan berlebih, maka akan terjadi crack / kegagalan di daerah tepat pada dimana korosi tersebut terjadi.



Gambar 2.11. Stress Corrosion

Sumber : *cdcorrosion.com*

h. Fatigue Corrosion

Korosi ini terjadi karena logam mendapatkan beban siklus yang terus berulang sehingga semakin lama logam akan mengalami patah karena terjadi kelelahan logam. Korosi ini biasanya terjadi pada turbin uap, pengeboran minyak dan propeller kapal.



Gambar 2.12. Fatigue Corrosion

Sumber : *thermalspray.com*

i. Biological Corrosion

Korosi biologis adalah jenis korosi yang terjadi akibat adanya mikroba Mikroorganisme yang mempengaruhi korosi antara lain bakteri, jamur, alga, dan protozoa. Awalnya terbentuknya korosi ini sendiri adalah dengan terbentuknya lapisan film tipis dari mikroorganisme yang nantinya dapat menipiskan material yang terdampak dari lapisan film mikroorganisme tersebut.



Gambar 2.13. Biological Corrosion

Sumber : *sciencedaily.com*

2.2.4 Laju Korosi

Laju korosi merupakan cepat rambat dari penetrasi korosi atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Perhitungan nilai laju korosi dalam praktiknya sangat diperlukan dalam menentukan nilai ekonomis dan ketahanan fisik material. Mencari nilai laju korosi umumnya dipakai beberapa metode, seperti weight loss dan elektrolisis. Prinsip metode weight loss adalah dengan cara mengukur kekurangan berat dari material setelah mengalami peristiwa korosi / setelah produk korosi (karat) dihilangkan. Sedangkan pada metode elektrolisis, tidak membutuhkan fungsi waktu untuk mendapat sebuah produk korosi, dikarenakan metode elektrolisis menggunakan bantuan elektrokimia tiga sel elektroda yang

bertugas memberikan potensial kepada material sehingga material akan menjadi terkorosi, dan nilai laju korosi dapat secara bersamaan ditemukan. Nilai laju korosi dapat dihitung menggunakan hukum Faraday yang diimplikasikan pada rumus berikut ;

$$CR (mpy) = K \frac{ai}{nD}$$

Dengan,

CR = Laju korosi (mpy)

K = Konstanta faktor (mpy = 0.129 ; $\mu\text{m}/\text{yr} = 3.27$; $\text{mm}/\text{yr} = 0.00327$)

a = Berat atom logam yang terkorosi (gram)

i = Kerapatan arus ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)

D = Densitas logam terkorosi (gram/cm^3)

n = Jumlah elektron valensi logam terkorosi

Semakin kecil nilai laju korosi dari suatu material, maka semakin susah untuk terkorosi. Menurut Fontana (1986), ketahanan korosi material dapat diklasifikasikan berdasarkan nilai laju korosinya sebagai berikut:

Tabel 2.3 Kriteria ketahanan material berdasarkan laju korosi

Relative Corrosion Resistance	Approximate Metric Equivalent				
	mpy	mm/year	$\mu\text{m}/\text{year}$	nm/year	pm/sec
Outstanding	<1	<0,02	<25	<2	<1
Excellent	1 – 5	0,02 – 0,1	25 – 100	2 – 10	1 – 5
Good	5 – 20	0,1 – 0,5	100 – 500	10 – 50	5 – 20
Fair	20 – 50	0,5 – 1	500 – 1000	50 – 100	20 – 50
Poor	50 – 200	1 – 5	1000 - 5000	150 - 500	50 - 200
Unacceptable	>200	>5	>5000	>500	>200

Sumber : Fontana, 1986

2.2.5 Pencegahan Korosi

Korosi merupakan suatu fenomena yang tidak dapat dihindari, namun dapat dikendalikan laju korosinya. Di era sekarang ini telah berkembang pesat metode – metode yang dapat digunakan untuk mengendalikan laju korosi, sehingga, nilai materialis dan ekonomis dari suatu benda dapat tetap dijaga (maintan). Berikut beberapa metode untuk mengendalikan laju korosi;

a. Chemical inhibitor (Pengendalian berbahan kimia)

Bahan kimia merupakan suatu material yang sangat fleksibel digunakan untuk berbagai macam hal, salah satunya untuk memperlambat laju korosi. Fungsi dari bahan kimia ini sendiri adalah sebagai Corrosion Inhibitor atau elemen pemerlambat perkembangan korosi. Bentuk fisik dari inhibitor ini adalah berbentuk fluida. Berdasarkan komposisi dari inhibitor ini terbagi menjadi ;

1. Organic inhibitor

Inhibitor organik adalah jenis inhibitor yang berbahan dasar dari zat yang diekstrak dari kimiawi hewani dan nabati yang pada dasarnya mengandung banyak unsur karbon didalamnya. berikut senyawa – senyawa yang biasa digunakan sebagai inhibitor organik;

Monoamine, Diamine, Amida, Asetat, Oleat, dan lain – lain.

2. Anorganic Inhibitor

Inhibitor anorganik merupakan jenis inhibitor yang kompisisinya terbuat dari zat – zat anorganik, yang tidak mengandung karbon, dan cenderung menggunakan bahan – bahan kimia sintesis. Berikut senyawa – senyawa yang biasa digunakan sebagai inhibitor anorganik;

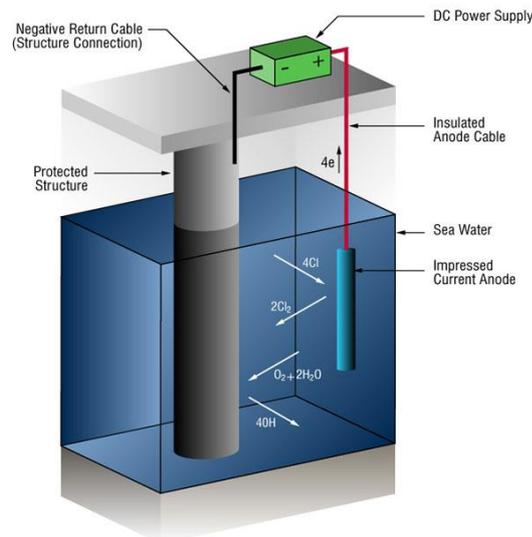
Chromate, Nitrite, Silicate, Phosphate, dll

b. Cathodic Protection

Proteksi katodik merupakan salah satu metode perlindungan material terhadap korosi dengan cara menjadikan material utama menjadi kutub katoda. Dalam metode katodik terdapat dua metode yang biasa digunakan untuk memperlambat laju korosi, Pada proteksi katodik, struktur yang akan diproteksi dikondisikan menjadi katoda sehingga konstruksi tidak terkorosi. (ASCOATINDO, 2014). yaitu;

1. ICCP

ICCP (*Impressed Current Cathodic Protection*) adalah metode proteksi dengan menggunakan sumber arus yang berasal dari arus AC yang dilengkapi dengan penyearah arus (*Rectifier*) sehingga menjadi arus DC, dimana kutub negatif dihubungkan ke struktur yang dilindungi, kutub positif dihubungkan ke anoda

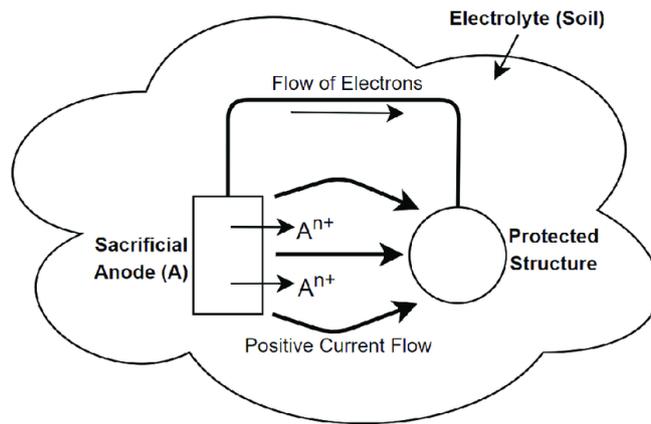


Gambar 2.14. Mekanisme Proteksi Korosi *Impressed Current Cathodic Protection (ICCP)*.

sumber : *insinyoer.com*

2. SACP

SACP (*Sacrificial Anode Cathodic Protection*) adalah *Sacrificial Anode* adalah metode yang pertama system *Cathodic Protection* dimana dilakukan dengan cara mengorbankan material lain yang memiliki perbedaan potensial elektrokimia dengan cara menempelkan atau mengelaskannya (sebagai anoda) pada peralatan yang akan dilindungi.



Gambar 2.15. Mekanisme Proteksi Korosi *Sacrificial Anode Cathodic Protection* (SACP).

sumber : reseacrhgate.net

c. Coating (Pelapisan)

Coating adalah salah satu metode pengendalian korosi yang cara kerjanya sendiri adalah dengan mencegah material dari lingkungan luar agar tidak berkontak langsung dengan membuat lapisan pelindung (barrier), sehingga material akan lebih tahan terhadap pengaruh dari luar. Selain berfungsi sebagai pelindung dari korosi, coating/pelapisan ini juga sebagai elemen dekorasi yang berguna untuk menambah nilai estetika dari bahan yang dilapisi karna coating ini sendiri memiliki cukup banyak warna yang dapat diaplikasikan. Berdasarkan jenis komposisinya coating dapat dibedakan menjadi Liquid coating dan concrete coating. Liquid coating atau cat pelapis merupakan suatu metode coating yang wujudnya berupa cat cair. sedangkan concrete

coating merupakan jenis coating yang pelapisnya berupa beton. Pada umumnya coating mengandung empat bahan dasar yaitu ; Pengikat (Binder), Zat Pewarna (pigmen), Pelarut (solvent), additif (zat tambahan)

1. Pengikat (Binder)

Binder merupakan komposisi utama dalam coating yang berfungsi sebagai elemen pengikat semua komponen – komponen dalam coating tersebut (NACE, 2012).

Binder sendiri mempunyai komposisi berupa resin, yang mana resin tersebut berwujud cairan. Agar binder dapat menjadi elemen proteksi bagi material maka binder harus mampu menempel berubah wujud dari cair menjadi padat dan solid apabila telah dilapiskan pada material. Keketanlan (viskositas) dari binder sangat menentukan viskositas dari coating. Viskositas coating harus cukup rendah agar dapat digunakan pada alat pengecatan umum seperti (spray, brush, ataupun roller), namun juga harus cukup kental agar cairan coating tidak menetes. Contoh dari binder yang umumnya dipakai ; *epoxy, polyurethane*, alkid, akrilik, *polyester*, dan lain lain. Pemilihan resin binder yang dipakai sangat dipengaruhi oleh banyak pertimbangan seperti ;

- Pemakaian alat

Jika akan digunakan dengan kuas maka sebaiknya dipakai resin yang secara alami encer dan agak lambat keringnya. Resin yang cocok adalah alkyd. Begitu juga resin yang encer dan lambat kering sangat tidak cocok untuk pemakaian dengan spray pada permukaan vertical.

- Kekuatan

Jika dibutuhkan cat dengan daya tahan tinggi terhadap sinar matahari, maka resin yang tepat adalah Acrylic atau Polyurethane, namun jika dibutuhkan cat

dengan kekuatan tinggi terhadap kimia, gesekan, benturan, dan lain lain namun untuk pemakaian di dalam, maka dapat memakai resin jenis Epoxy.

- Dan pertimbangan-pertimbangan yang lain seperti ongkos/harga, substrat (permukaan bahan yang akan di cat), lingkungan (berair, kering, atau korosif.)

2. Zat Pewarna

Zat pewarna (pigmen) dalam komposisi coating berfungsi sebagai elemen pemberi warna terhadap coating itu sendiri. Fungsi lain dari pigmen adalah sebagai faktor pemberi nilai keindahan yang berujung pada nilai estetis dari suatu benda. Pigmen dalam coating dapat dibedakan menjadi dua yaitu pigmen organik dan pigmen anorganik.

- Pigmen Organik

Adalah zat warna pada coating yang dihasilkan dari buatan manusia itu sendiri, atau juga dapat disebut sebagai warna sintetis.

- Pigmen anorganik

Adalah zat warna pada coating yang dihasilkan dari proses alam yaitu ketika coating telah diaplikasikan pada material dan berubah warna seiring berjalannya waktu akibat dari oksidasi dan reaksi kimia lainnya. Contoh dari Pigmen Anorganik adalah titanium dioksida dan besi oksida. Titanium Dioksida (TiO_2) merupakan pigmen putih yang paling banyak digunakan, biasanya untuk coating eksterior. Besi Oksida (FeO_2) merupakan pigmen merah yang digunakan untuk pelapisan awal (coating primer) ataupun topcoat.

3. Pelarut (solvent)

Pelarut (solvent) merupakan suatu komponen dalam coating yang digunakan sebagai pelarut dari binder. Hal penting yang harus diperhatikan dalam penentuan Solvent adalah kemampuannya dalam melarutkan binder dan komponen coating (pelapisan) yang lain, karena pada keadaan tertentu, binder dapat berupa cairan yang cukup solid, sehingga perlu dilarutkan agar binder bisa kembali dalam wujud cair dan dapat bercampur dengan komponen coating lainnya. Berdasarkan kecepatan menguapnya pelarut dibagi menjadi dua, yaitu ;

- Hot solvent

Merupakan jenis pelarut yang memiliki tekanan uap yang tinggi sehingga proses penguapan dari pelarut jenis ini sangat cepat.

- Slow solvent

Merupakan jenis pelarut yang lambat dalam proses penguapan

Pemilihan jenis dari pelarut sangat berpengaruh dengan karakteristik dari cairan coating, karena apabila tidak tepat memilih jenis pelarut maka, komponen – komponen dari coating tidak akan terlarut seluruhnya yang dapat mempengaruhi kualitas dari coating.

4. Additif (Bahan Tambahan)

Komposisi bahan tambahan pada cairan coating adalah kurang lebih sebesar 1%-2% tiap zat, dan tidak lebih dari 5% total dari zat tambahan dalam cairan coating tersebut. Bahan tambahan ini digunakan sebagai bahan pelengkap dan meningkatkan kemampuan coating dalam hal tertentu sesuai

dengan kebutuhan pelaksanaan. Beberapa zat tambahan (additif) antara lain ;

- katalis
- surfaktan
- *defoamers*
- *plasticizers*
- alat dispersi
- pengering (*driers*)
- bahan pengawet (*preservatives*)
- alat anti endapan (*anti-settling agent*)
- alat pencampur (*coalescing agents*)
- alat tahan pengulitan (*anti-skinning agents*)
- penyerap cahaya ultraviolet (*ultraviolet light absorbers*)

2.2.6 Lapisan pada Coating (Layers of Coating)

Coating merupakan salah satu metode proteksi terhadap korosi yang dalam pengaplikasiannya umumnya memiliki tiga lapis proteksi. Lapisan pertama atau yang melekat langsung dengan material disebut Lapisan Sekunder. Lapisan berikutnya yaitu Lapisan Menengah, dan Lapisan terluar dari coating yang berkontak langsung dengan lingkungan yaitu Lapisan Atas. Setiap lapisan memiliki fungsi masing – masing. Berikut penjelasan dan fungsi dari tiap – tiap lapisan pada metode coating ;

1. Lapisan Primer (Primary Layer)

Bisa juga disebut dengan lapisan terdalam, dimana lapisan ini berada pada lapisan paling awal yang diaplikasikan dalam proses coating. Fungsi dari lapisan primer ini adalah sebagai layer pelindung korosi paling utama, yang komposisinya terdiri pigmen anti korosi epoxy primer. Epoxy primer merupakan suatu komposisi dari coating yang fungsinya melindungi logam dari proses oksidasi dan bersifat tahan air. Fungsi lain dari lapisan primer ini adalah sebagai berikut ;

- a. Melindungi bahan yang terbuat dari logam dari karat.

- b. Melekatkan logam dengan lapisan dari coating lainnya
- c. Melindungi logam dari terpaan cuaca yang cukup ekstrim
- d. Melindungi logam dari paparan bahan kimia yang korosif

2. Lapisan Menengah (Intermediate Layer)

Merupakan lapisan yang diaplikasi setelah proses pelapisan primer selesai. Pada proses coating, lapisan menengah adalah lapisan yang paling tebal diantara lapisan yang lain, ini bertujuan untuk menambah daya resistensi dari coating untuk melindungi logam dari korosi. Lapisan menengah juga berfungsi sebagai perekat antara lapisan primer (primary layer) dengan lapisan atas (top layer).

3. Lapisan atas (Top Layer)

Merupakan lapisan dari coating yang terluar yang bisa dilihat secara visual. Lapisan ini merupakan lapisan yang berkontak langsung dengan lingkungan. Fungsi lain dari lapisan ini selain memproteksi logam dari korosi, juga sebagai unsur estetika, dimana pada umumnya berwarna lebih cerah dari lapisan – lapisan lainnya, dan cenderung mengkilat (glossy).

2.2.7 Epoxy

Epoxy adalah suatu kopolimer, terbentuk dari dua bahan kimia yang berbeda. Ini disebut sebagai "resin" dan "pengeras". Resin ini terdiri dari monomer atau polimer rantai pendek dengan kelompok epoxyda di kedua ujung yang dibentuk melalui proses polimerisasi kondensasi, bahan plastic yang tidak dapat dilunakkan kembali atau dibentuk kembali kekeadaan sebelum pengeringan. meskipun yang terakhir mungkin akan digantikan dengan bahan kimia yang serupa. Resin Epoxy biasa digunakan sebagai bahan adhesif dan lapisan pelindung yang sangat baik karena memiliki kekuatan yang tinggi, dan daya rekat yang kuat. Selain itu epoxy juga baik dalam ketahanan terhadap bahan kimia, sifat dielektrik dan sifat isolasi, penyusutan rendah, stabilitas dimensi dan ketahanan lelehnya.

Epoxy ini sendiri memiliki beberapa sifat dasar, berikut adalah sifat dasar dari Epoxy :

a. Sifat Fisik

Sebagaimana jenis plastik lain, kebanyakan plastik adalah isolator listrik dan konduktor panas yang buruk. Kecuali bila ditambahkan campuran, misalnya serbuk logam / karbonlain.

b. Sifat Kimia

Sebagaimana umumnya plastik, secara kimia plastik termasuk inert. Dalam jangka lama, sinar ultraviolet mempengaruhi struktur kimia plastik.

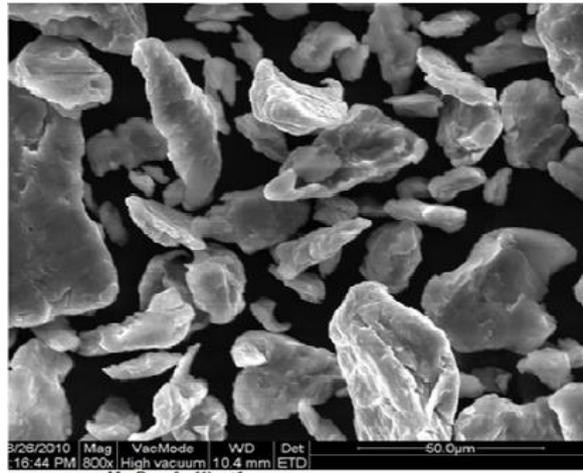
c. Sifat Mekanik

Dalam bentuk asli epoxy resin keras dan getas. Tetapi dalam penggunaan, plastik hampir selalu mengandung bahan campuran lain untuk menyesuaikan sifat mekaniknya. Sifat mekanik sangat banyak dimodifikasi sifatnya. Baik dari sisi kekuatan, kekenyalan, keuletan, sampai kearah sobekan.

2.2.8 Magnesium Karbonat

Magnesium merupakan salah satu jenis logam ringan dengan karakteristik sama dengan aluminium tetapi magnesium memiliki titik cair yang lebih rendah dari pada aluminium. Seperti pada aluminium, magnesium juga sangat mudah bersenyawa dengan udara (Oksigen). Perbedaannya dengan aluminium ialah dimana magnesium memiliki permukaan yang keropos yang disebabkan oleh serangan kelembaban udara karena oksid film yang terbentuk pada permukaan magnesium ini hanya mampu melindunginya dari udara yang kering. Unsur air dan garam pada kelembaban udara sangat mempengaruhi ketahanan lapisan oksid pada magnesium dalam melindunginya dari gangguan korosi. Potensial tunggal magnesium adalah 1,6 V dalam skala Calomel, oleh karenanya Magnesium dapat memberikan rapat arus yang lebih besar apabila dibandingkan dengan zat anoda tumbal lainnya seperti Zinc dan Aluminium. Magnesium sering

digunakan dalam industri cat sebagai pigmen dalam bentuk *powder* ataupun pasta. Magnesium memiliki pigmen yang berbentuk *needle-like crystal pigment*. Bentuk pigmen tersebut sangat memengaruhi kualitas cat dengan cara meningkatkan *barrier properties*, dan ketahanan korosi, sehingga melindungi cat untuk terjadinya *chalking* dan *cracking*.



Gambar 2.16. SEM *Microstructure* dari Magnesium dalam bentuk *Powder*.

sumber : ISSN 2075-4701

www.mdpi.com/journal/metals/



Gambar 2.17. SEM *Microstructure* dari Magnesium dalam bentuk *Magnesium Carbonate*..

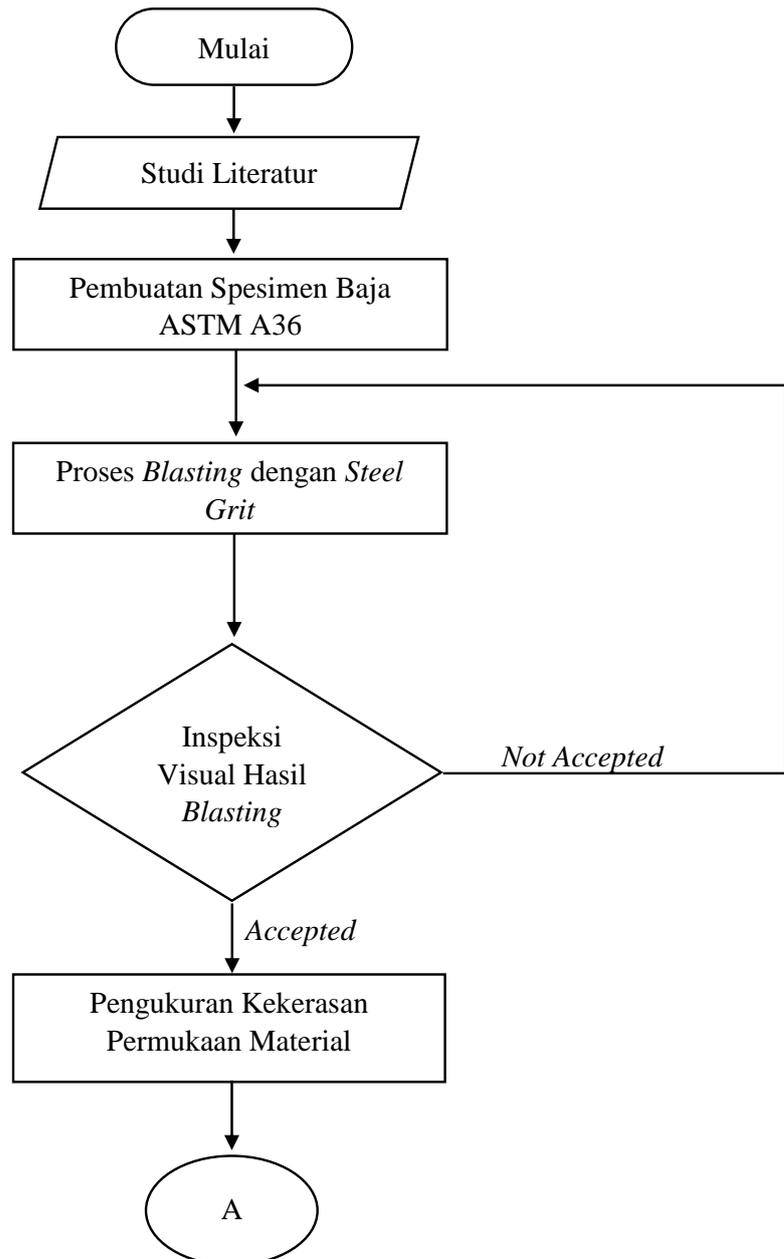
sumber : ISSN 2075-4701

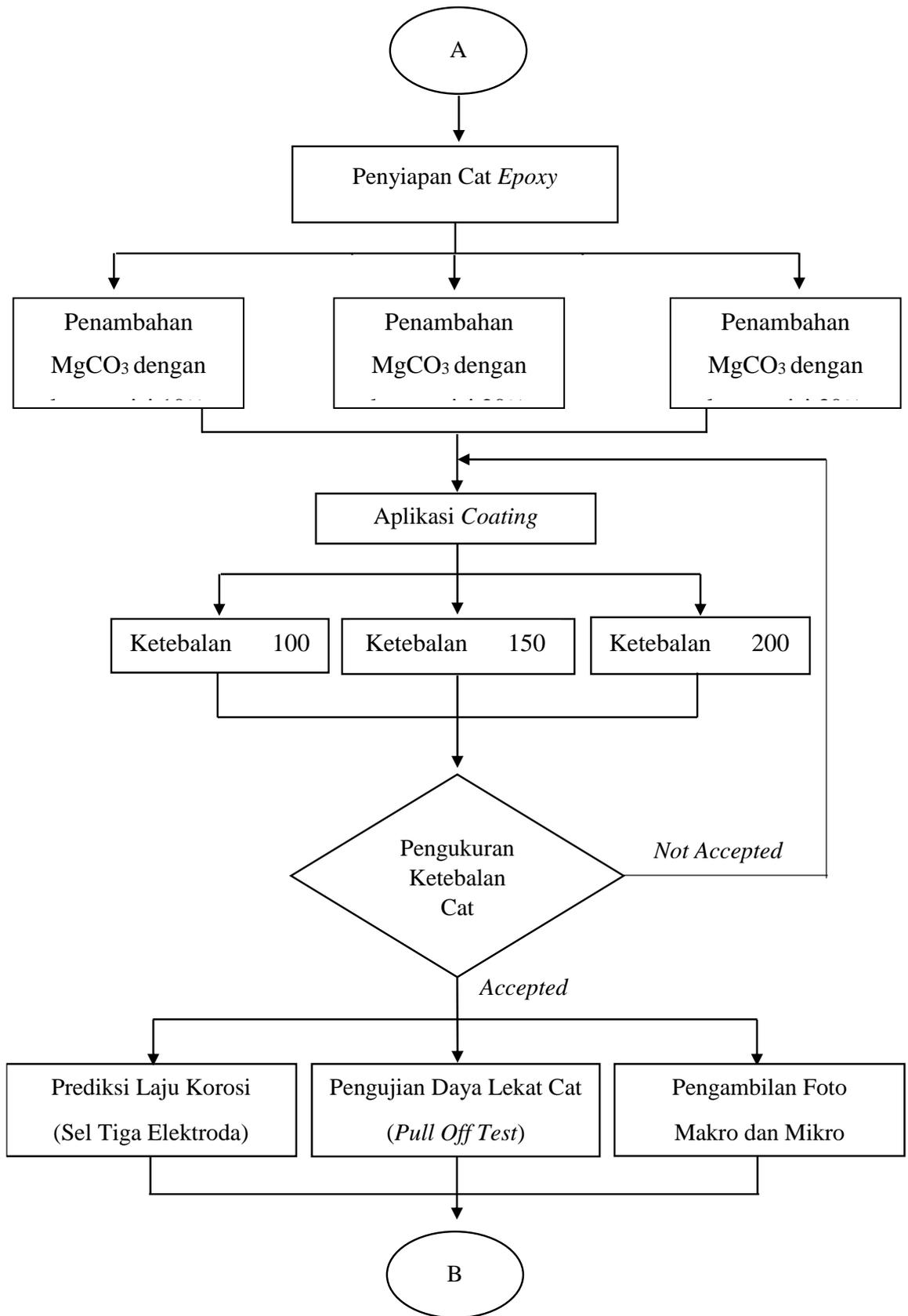
www.mdpi.com/journal/metals/

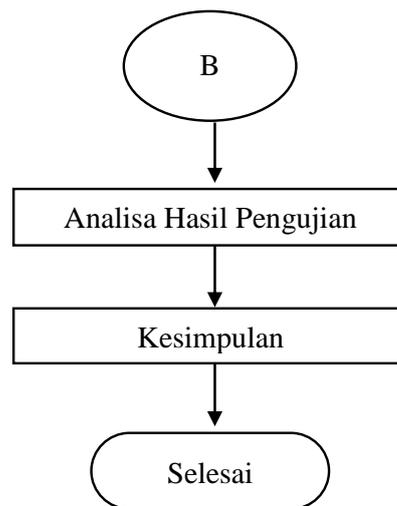
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Diagram Alir Penelitian







Gambar 3.1 Diagram alir Penelitian

3. 2. Penjelasan Diagram Alir Penelitian

Tahapan – tahapan penelitian yang tertuang dalam diagram alir diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Penelitian ini dilakukan berdasarkan pada literatur – literatur yang mengacu pada jurnal dan buku dari situs – situs yang membahas mengenai aplikasi pengendalian korosi dengan metode *Coating* menggunakan campuran cat *Epoxy* dengan serbuk magnesium yang diaplikasikan menggunakan metode berupa *Airless Spray Coating*.

2. Pembuatan Spesimen Baja ASTM A36 dan Persiapan Material.

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah material yang telah memiliki standard yaitu berupa baja yang berstandar ASTM A36. Sedangkan untuk cairan coating, digunakan cairan resin berjenis *Epoxy*.

Alat dan Bahan

Dalam tahap ini persiapan alat yang dibutuhkan selama penelitian ini berlangsung. Alat yang diperlukan, yaitu:

1. Alat *Surface Preparation (Sand Blasting)*
2. Alat Pengukur Kekasaran (*Roughness meter*)
3. Alat Aplikasi Cat (*Spray*)
4. Alat Ukur WFT (*Wet Film Comb*)
5. Alat Ukur DFT (*Coating Thickness Gauge*)
6. Alat Uji Kekuatan Adhesi (*portable adhesive tester*)
7. Alat Uji Prediksi Laju Korosi (sel tiga elektroda)
8. Termometer
9. Gelas ukur
10. Timbangan Digital
11. Mikroskop Metalurgi

Dalam tahap ini persiapan bahan yang dibutuhkan selama penelitian ini berlangsung. Bahan yang diperlukan, yaitu:

1. Plat baja ASTM A36
2. Material abrasif jenis steel grit 16
3. Cat primer JOTUN PRNGUARD PRIMER
4. Magnesium Karbonat serbuk.
5. Thinner
6. Lem *Epoxy*
7. NaCl

Lokasi Penelitian:

1. Jurusan Teknik Kimia – FTI – ITS.
2. Jurusan Teknik Perkapalan – FTK - ITS.
3. Jurusan Teknik Material dan Metalurgi _FTI - ITS
4. CV. Cipta Agung.

3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1 Pemotongan Sampel

1. Memotong Baja menjadi $120 \times 60 \times 10$ mm yang digunakan sebagai spesimen pengujian adhesi sebanyak 9 buah.



Gambar 3.2 Dimensi spesimen $12 \times 6 \times 1$ cm

2. Memotong Baja menjadi $40 \times 20 \times 10$ mm yang digunakan sebagai spesimen pengujian laju korosi sebanyak 9 buah.



Gambar 3.3 Dimensi spesimen $4 \times 2 \times 1$ cm.

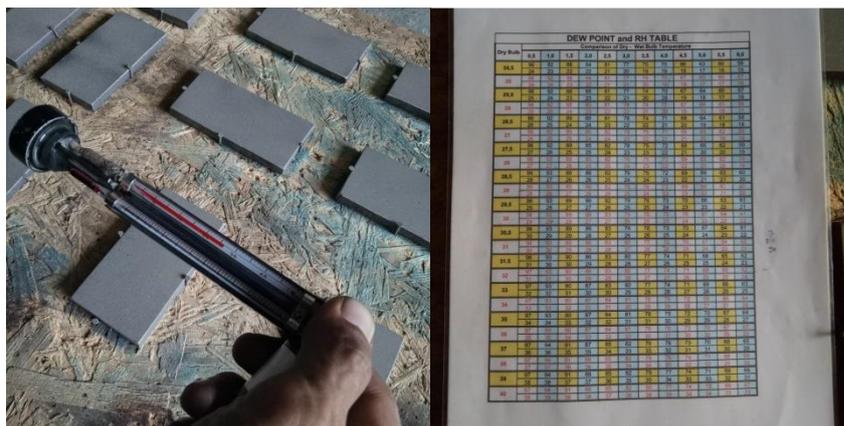
3. Memotong Baja menjadi $10 \times 10 \times 10$ mm yang digunakan sebagai spesimen pengujian morfologi sebanyak 2 buah.



Gambar 3.4 Dimensi spesimen 1 × 1 × 1 cm

3.3.2 Persiapan Lingkungan

1. Menghitung temperatur udara basah dan kering dengan menggunakan alat *Spychrometer* selama 2 menit.
2. Memasukkan selisih dari temperatur udara basah dan kering kedalam tabel *Dew point* (DP) dan *Relatif Humidity* (RH) untuk mendapatkan nilai *Dew point* (DP) dan *Relatif Humidity* (RH).
3. Memastikan kondisi lingkungan memiliki kelembaban relatif dibawah 85% dan temperature substrat lebih besar 3⁰C dari titik embun.



Gambar 3.5 *Spychrometer* dan Tabel *Dew point and Relative Humidity*

3.3.3 Persiapan Pengasaran Permukaan (*Blasting*)

1. Sebelum memulai proses *blasting* dilakukan proses marking spesimen supaya mudah untuk pengelompokan pada saat proses

coating.

2. Membersihkan pinggiran plat dengan gerinda supaya spesimen menjadi lebih rapi.
3. Meletakkan spesimen diatas papan kayu dan memberi paku disetiap sisi spesimen agar ketika proses *blasting* spesimen tidak berpindah posisi.
4. Menyiapkan alat dan bahan seperti kompresor, selang, *nozzle*, bak pasir, tempat kerja, spesimen yang akan *diblasting*, dan steel grid.
5. Menyiapkan alat keselamatan seperti sepatu *safety*, sarung tangan, kacamata *safety*, helm pelindung dan masker.
6. Mengisi bak pasir dengan steel grid dengan kapasitas 80% dari volume bak pasir untuk mengurangi resiko pasir terbang akibat tumpah.
7. *Blasting* spesimen dalam waktu 15 menit sampai terlihat hasil visual dengan standar ISO SA 2 ½ (*very through blast-cleaning*).



Gambar 3.6 Persiapan *nozzle blasting*



Gambar 3.7 Persiapan *blasting Pot*

3.3.4 Pengecekan *Visual Hasil Sand Blasting*

Setelah dilakukan proses *blasting* maka selanjutnya adalah melakukan inspeksi hasil *blasting* secara visual. Tujuan dari inspeksi adalah untuk mengecek kesesuaian hasil *blasting* dengan standar yang berlaku. Standar yang digunakan yaitu ISO 8501-1 *Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Products – Visual Assessment of Surface Cleanliness*, dengan tingkat kebersihan yang ingin dicapai (*very through blast- cleaning*).



Gambar 3.8 Tingkat kebersihan permukaan SA 2 ½ ISO 8501-1

3.3.5 Pengaplikasian *Coating* Pada Material

1. Menyiapkan cat *epoxy* yang terdiri dari *base*, *curing* dan *thinner*, dan membaca data sheet dari produk cat *epoxy* tersebut untuk mengetahui komposisi dari material dan aturan penggunaan cat.
2. Mencampur base dan curing dengan perbandingan 4:1 (data sheet).
3. Mencampur Magnesium serbuk dengan *thinner* sebanyak 10%.
4. Mencampur dan mengaduk cat *epoxy* dengan aluminium (berdasarkan *weight to volume percentage* dengan ketentuan variabel 10% dan 20%) dari total volume keseluruhan 300 ml.
5. Setelah tercampur merata maka siap dicat dengan *roll* dan *spray*.
6. Tempatkan spesimen di bidang datar.



Gambar 3.9 Proses pengaplikasian *Coating*

3.3.6 Pengukuran Ketebalan Basah (*Wet Film Thickness*)

Proses pengukuran ini dilakukan pada saat proses *coating*, sesuai standar ASTM D-4414 “*Standard Practice for Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages*”. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui ketebalan *coating* pada saat kondisi *coating* masih basah pada spesimen sehingga dapat diketahui ketebalan *coating* saat kering. Alat yang digunakan yaitu *wet film comb*.



Gambar 3.10 Pengukuran ketebalan cat basah menggunakan *wet film comb*.

3.3.7 Pengukuran Ketebalan Cat Kering (*Dry Film Thickness*)

Setelah proses pengaplikasian coating selesai, selanjutnya dilakukan proses pengukuran ketebalan cat yang dilakukan setelah cat kering. Pengukuran ini mengacu pada standar ASTM D4138 - *Standard Method of Measurement of Dry Film Thickness of Protective Coating Systems by Destructive Means*. Berikut merupakan tahapan pengukuran cat kering:

1. Menyiapkan spesimen dan alat ukur *coating thickness gauge*.
2. Spesimen uji harus benar-benar kering sesuai dengan standar di data sheet produk cat yaitu 14 hari dari pengecatan pada suhu 100C/500F.
3. Melakukan pengujian dengan menaruh ujung alat ukur *coating thickness gauge* pada tiga titik yang berbeda setiap permukaan spesimen.
4. Mencatat hasil dan menghitung rata-rata ketebalan cat kering pada setiap titik di spesimen.



Gambar 3.11 Pengukuran DFT menggunakan *coating thickness gauge*.

3.3.8 Pengujian Daya Lekat (Adhesi)

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan lekat dari lapisan cat terhadap substrat. Pengujian ini dilakukan sesuai standar ASTM D4541 “*Standard Test Method for Pull-off Strength of Coatings Using Portable Adhesion testers*” metode *pull-off test* dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan seperti spesimen uji, lem *epoxy*, *portable adhesive tester*, dan *dolly* dengan ukuran 20mm.
2. Mencampur kedua komponen lem *epoxy* dengan perbandingan 1:1.
3. Meletakkan *dolly* yang sudah diberi lem ke permukaan spesimen.
4. Tunggu hingga 1x24jam supaya lem benar-benar mengering.
5. Membersihkan sisa lem yang berada di pinggiran *dolly* menggunakan *dolly cutter*.
6. Mengkalibrasi alat *portable adhesive tester* hingga menunjukkan angka nol. Kemudian menentukan satuan yang akan digunakan. Dalam pengujian ini, satuan yang digunakan adalah Mpa.

7. Menyambungkan ujung alat *portable adhesive tester* ke *dolly* yang melekat pada spesimen.
8. Menekan tuas *portable adhesive tester* hingga *dolly* terlepas dari spesimen.
9. Mencatat nilai yang didapatkan setelah pengujian dan melakukan pengulangan tahapan 1- 8 untuk spesimen lain.



Gambar 3.12 Penempelan *Dolly* pada spesimen

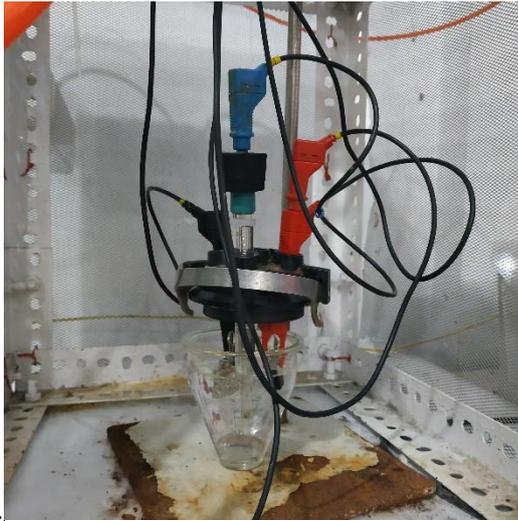


Gambar 3.13 *Portable adhesive tester*

3.3.9 Pengujian Laju Korosi (*Corrosion Rate Prediction*)

Pengujian korosi dilakukan dengan metode elektrolisis menggunakan alat sel tiga elektroda. Pengujian korosi ini mengacu pada standar ASTM G102 “*Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements*”. Pada pengujian korosi dengan metode sel tiga elektroda, adapun langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:

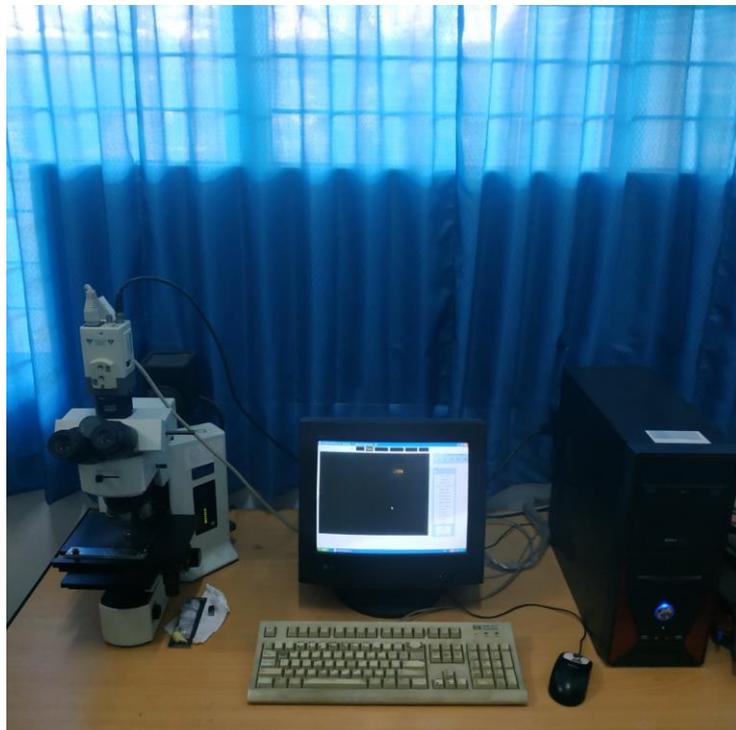
1. Mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan seperti: spesimen uji, elektroda acuan (Ag/AgCl), elektroda pembantu (Platina), larutan elektrolit NaCl 3,5%, dan alat uji Potensiotat Autolab PGSTAT128N dan software NOVA.
2. Spesimen uji, elektroda acuan, dan elektroda pembantu dipasang pada tabung uji menggunakan tang penjepit yang terhubung dengan Potensiotat Autolab PGSTAT128N, masing-masing elektroda diatur agar tidak saling bersentuhan.
3. Potensiotat Autolab PGSTAT128N yang berfungsi sebagai sumber potensial diatur pada rentang pada -500 mv sampai dengan +500.
4. Secara otomatis, software NOVA yang terintegrasi dengan alat uji akan menampilkan grafik nilai potensial yang terbentuk secara bertahap ketika nilai potensial dari spesimen uji ditemukan.
5. Setelah grafik nilai potensial terbentuk, maka data-data mengenai spesimen uji seperti massa jenis (g/cm^3), berat atom logam (g/mol), serta luas permukaan spesimen uji (cm^2) diinputkan pada software NOVA untuk dapat menghitung laju korosinya.
6. Parameter-parameter yang dibutuhkan untuk mengetahui besarnya nilai laju korosi pada spesimen dengan melakukan pengeplotan pada grafik tafel dengan nilai kuat arus korosi dan beda potensial korosi yang didapatkan



Gambar 3.15 Mikroskop yang terintegrasi dengan kamera dan komputer.

3.3.10 Pengujian Morfologi (Metalografi)

Pengujian ini digunakan untuk mendapatkan foto mikro pada struktur batas (*interface*) antara substrat dengan lapisan *coating* untuk mengetahui kondisi mikroskopiknya setelah penambahan pigmen.



Gambar 3.15 Mikroskop yang terintegrasi dengan kamera dan komputer.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Prosedur Blasting dan Coating

<i>Blasting Operator</i>	: Arman (CV. Cipta Agung)
Material	: ASTM - A36
Dimensi Material	: 12 x 6 x 1 cm 4 x 2 x 1 cm 1 x 1 x 1 cm
Jenis <i>Blasting</i>	: <i>Dry Abrasive Blasting</i>
Material Abrasif	: <i>Steel Grit</i>
Grit Material Abrasif	: Grit 16
Metode <i>Coating</i>	: <i>Airless Spray Coating</i>
Jenis <i>Coating</i>	: JOTUN Penguard Primer

4.2 Data Lingkungan

Sebelum melakukan proses coating, perlu dilakukan pengecekan kondisi lingkungan apakah telah memenuhi criteria untuk melakukan coating, karena kondisi lingkungan dapat berpengaruh cukup signifikan terhadap hasil coating. Beberapa kondisi lingkungan yang perlu diperhatikan adalah temperature spesimen, *dry bulb*, *wet bulb*, dew point/temperature titik embun dan RH(*Relative Humidity*)/kelembapan. Terdapat batasan kondisi lingkungan yang harus memenuhi agar proses coating dapat dilakukan seperti RH/kelembapan udara <85% (Norsok, 1994). Selain itu temperatur permukaan spesimen harus >3⁰C dari dew point. Apabila kondisi lingkungan diatas belum memenuhi maka proses coating belum dapat dilakukan karena kandungan uap air terlalu tinggi dan yang akan menyebabkan pengembunan pada material yang berdampak pada tidak melekatnya coating secara sempurna yang akan mempengaruhi daya lekat cat dan karena kandungan H₂O dalam embun maka laju korosinya juga akan terpengaruh.

Alat yang digunakan untuk mengukur temperature kering dan basah adalah *psychrometer* dan untuk mengukur temperature permukaan material

digunakan termometer. Berikut adalah hasil pengecekan kondisi lingkungan di Cipta Agung-Rungkut (22 April 2019):

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Data Lingkungan

• <i>Wet bulb temperature</i>	: 25 ⁰ C
• <i>Dry bulb temperature</i>	: 31 ⁰ C
• Temperatur permukaan material	: 35,5 ⁰ C

Agar mendapat nilai RH dan Dew Point, digunakan tabel RH dan Dew Point dengan memasukkan nilai *dry bulb temperature* dan selisih antara *dry bulb temperature* dengan *wetbulb temperature*. Berikut adalah hasil nilai dari RH dan *Dew Point*:

- RH : 62%
- Dew Point : 23⁰C

Berdasarkan data lingkungan yang diperoleh diatas, maka proses *coating* dapat dilakukan.

4.3 Hasil Proses Blasting

Sebelum melakukan proses coating dilakukan pembersihan permukaan material dari kotoran – kotoran yang masih melekat yang dapat mempengaruhi hasil coating. Proses ini juga akan memberikan profil kekasaran pada material yang berguna agar cat dapat melekat dengan baik. Metode Pembersihan yang dipakai adalah *dry abrasive blasting*. Material abrasif yang digunakan adalah *steel grit 16*. Tingkat kebersihan yang ingin dicapai pada proses *blasting* adalah SA 2 ½ (ISO 8501-1). Berikut ini merupakan kondisi specimen sebelum dan sesudah dilakukan proses *blasting* menggunakan material abrasif *steel grit*.



Gambar 4.1.Spesimen A36 Sebelum Dilakukan *Blasting*

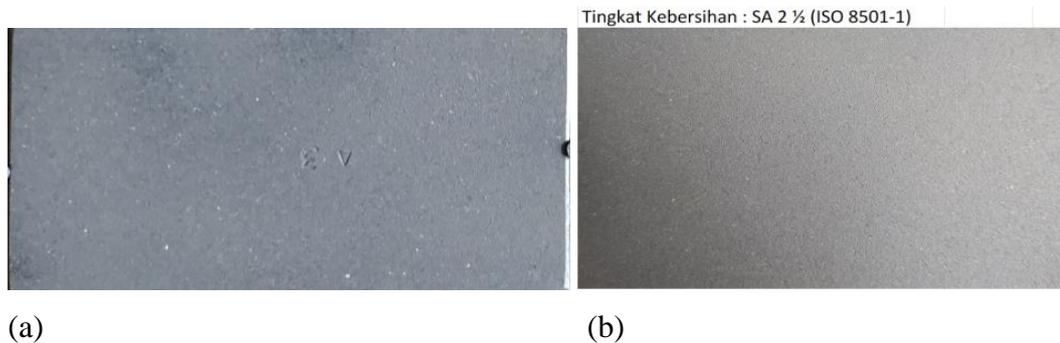


Gambar 4.2.Spesimen A36 Setelah Dilakukan *Blasting*

4.4 Inspeksi Visual Hasil Blasting

Spesimen yang telah dilakukan proses *blasting* dilakukan inspeksi visual untuk memastikan agar standar kebersihan telah sesuai. Pada penelitian ini digunakan standar SA 2 ½ (ISO 8501-1, 2011). Inspeksi dilakukan dengan cara membandingkan permukaan spesimen yang telah dilakukan *blasting* dengan standar visual pada ISO 8501-1 “*Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Products – Visual Assessment of Surface Cleanliness*”. Dalam hal ini material harus bersih dari minyak, *grease*, debu, *mill scale*, karat dan cat lama apabila sudah pernah dilakukan *coating* sebelumnya. Sisa kotoran yang boleh tertinggal hanya berupa karat tipis. Jika belum memenuhi syarat tersebut, maka dilakukan proses *blasting* ulang hingga mencapai tingkat kebersihan yang diinginkan. Dan pada proses *blasting* yang dilakukan pada

penelitian tugas akhir ini telah memenuhi standar kebersihan SA 2 ½ menurut ISO 8501-1.



Gambar 4.3.(a) Hasil *Blasting* dengan Material Abrasif *Steel Grit*, (b) Standar Kebersihan SA 2 ½

4.5 Pengukuran Kekasaran Permukaan Spesimen

Setelah permukaan material memiliki tingkat kebersihan sesuai dengan standar, maka selanjutnya dilakukan pengukuran kekasaran. Pengukuran ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kekasaran pada permukaan spesimen yang telah dilakukan *blasting*. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *roughness meter*. Pengukuran kekasaran material diukur dalam 3 titik untuk mendapatkan hasil yang akurat. Berikut ini adalah hasil pengukuran kekasaran permukaan spesimen yang dilakukan *blasting* menggunakan material abrasif jenis *steel grit*.

Tabel 4.2.Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan Spesimen Adhesi

Sampel	Kekasaran Permukaan Material (μm)			Rata - rata
	1	2	3	
Adhesi A/3	88	100	98	95.33
A/4	93	90	85	89.33
A/5	100	91	98	96.33
B/3	90	98	101	96.33
B/4	100	97	92	96.33

B/5	98	90	88	92.00
C/3	92	98	95	95.00
C/4	95	100	93	96.00
C/5	100	91	98	96.33
Rata-Rata Total				94.58

Tabel 4.3. Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan Spesimen Korosi

Sampel korosi	Kekasaran Permukaan Material (μm)			Rata - rata
	1	2	3	
A3	82	95	85	89.4
A4	92	89	102	92.6
A5	98	90	84	89
B3	98	90	92	91.4
B4	92	83	89	88.6
B5	88	98	100	92.4
C3	90	87	100	96.8
C4	85	96	93	93.8
C5	90	98	93	95.8
Rata-Rata Total				91.48

4.6 Proses Coating

Setelah proses blasting selesai dan tingkat kebersihannya telah sesuai dengan standar yang ditentukan, maka dilakukan proses coating. Jeda waktu maksimal setelah proses blating sebelum proses coating adalah 3 - 4 jam sebelum material mulai terkontaminasi debu dan uap air. Pada saat melakukan *coating* harus memperhatikan panduan yang terdapat pada *Technical Data Sheet* dari cat agar proses *coating* mendapatkan hasil yang maksimal. Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah:

a. *Mixing Ratio*

Terdapat dua komponen dalam cat epoxy yaitu. komponen dasar (*base Componen*)t dan pengering (*curing agent*). Untuk cat epoxy JOTUN Penguard Primer menggunakan rasio perbandingan antara *base* dengan *curing agent* yaitu 4:1 (*by volume*).

b. *Volume Solid*

Volume solid adalah prosentase tebal cat kering terhadap tebal cat basah. Volume solid perlu diperhatikan agar mendapatkan ketebalan cat yang diharapkan. Dalam penelitian ini JOTUN Penguard Primer volume solid $51\pm 2\%$.

c. *Pot Life*

Pot life adalah rentan waktu maksimal setelah kedua komponen cat dicampurkan sebelum cat mulai mongering. *Pot life* dari produk yang digunakan adalah 1 jam.

d. *Curing Time*

Curing time merupakan waktu yang dibutuhkan cat untuk kering setelah diaplikasikan. Berikut ini adalah *curing time* untuk produk cat epoxy JOTUN Penguard Primer :

1. *Dry to touch*

Waktu yang dibutuhkan oleh lapisan cat untuk dapat disentuh permukaannya. Sesuai dengan *technical data sheet Dry to touch* dari produk ini adalah 1 jam pada temperatur 23°C .

3. *Fully Cured*

Waktu yang dibutuhkan lapisan cat untuk mencapai kering sepenuhnya. Sesuai dengan *technical data sheet fully cured* dari produk ini adalah 7 hari pada temperatur 23°C .

Variasi penambahan MgCO_3 pada penelitian ini adalah sebanyak 10%, 20%, 30% dari volume total cat yang digunakan. Volume total yang digunakan adalah 100 ml. Berikut ini adalah table perbandingan komposisi cat dengan MgCO_3 yang digunakan.

Tabel 4.4. Komposisi Kandungan MgCO₃

Prosentase MgCO ₃	Komposisi	
	MgCO ₃ (ml)	Cat (ml)
10%	10	90
20%	20	80
30%	30	70

Metode yang digunakan untuk mengaplikasikan cat pada penelitian ini adalah metode *air spray*. Pertimbangan untuk memilih metode ini adalah karena pengaplikasiannya yang relatif mudah, cepat dan fleksibel, hasil pengecatan *air spray* lebih merata dan melekat lebih baik apabila dibandingkan dengan metode lain seperti kuas dan *Roll*. Peralatan yang digunakan pada metode *air spray* adalah *spray gun* dan *flow cup*.

4.7 Pengukuran Wet Film Thickness

Pengukuran *wet film thickness* adalah proses pengukuran ketebalan cat yang telah diaplikasikan dalam kondisi basah. Pada proses pengukuran ini digunakan alat yang disebut *wet film comb*. Penentuan ketebalan cat basah tergantung terhadap ketebalan cat kering yang diinginkan. Untuk menentukan ketebalan cat basah maka digunakan rumus:

$$Wet\ Film\ Thickness = \frac{Dry\ Film\ Thickness(100+persentase\ thinner)}{\% Volume\ Solid} \quad (4.1)$$

Pada penelitian ini ketebalan cat pada saat kering yang diinginkan adalah 100µm, 150µm dan 200µm. Sedangkan volume solid yang tertera pada *Technical Data Sheet* adalah 51±2%. Sehingga untuk ketebalan cat saat basah dijelaskan melalui tabel berikut.

Tabel 4.5 Perhitungan *Wet Film Thickness*

<i>Dry Film Thickness</i> (μm)	Volume Solid (%)	<i>Wet Film Thickness</i> (μm)
100	$51\pm 2\%$	± 200
150	$51\pm 2\%$	± 300
200	$51\pm 2\%$	± 400

Pengukuran *wet film thickness* terus dilakukan saat proses coating hingga ketebalan yang diinginkan terpenuhi

4.8 Hasil Proses Coating

Setelah selesai melakukan proses *coating* dan telah memenuhi ketebalan *wet film thickness* diatas, selanjutnya dilakukan pengukuran ketebalan cat kondisi kering (*dry film thickness*). Berikut ini adalah hasil dari proses *coating*.



Gambar 4.4. Hasil Proses *Coating* Spesimen Adhesi



Gambar 4.5. Hasil Proses *Coating* Spesimen Korosi

4.9 Pengukuran Dry Film Thickness

Pengukuran *dry film thickness* dilakukan setelah *coating* kering terlebih dahulu. Waktu pengeringan mengacu pada aturan yang tercantum pada *Technical Data Sheet*, yaitu selama 7 hari pada temperature 23⁰C. Alat yang digunakan adalah *coating thickness gauge*. Pengukuran dilakukan pada 3 titik pada setiap spesimen dan selanjutnya dilakukan rata-rata.

Tabel 4.6. Hasil Pengukuran *Dry Film Thickness* Spesimen Adhesi

Spesimen Adhesi	<i>Dry Film Thickness (μm)</i>			Rata - rata
	1	2	3	
A/3	95	93	105	97.7
A/4	138	159	157	151.3
A/5	203	189	190	194.0
B/3	98	96	110	101.3
B/4	157	149	153	153.0
B/5	198	197	209	201.3
C/3	97	105	101	101.0
C/4	148	151	156	151.7
C/5	206	201	203	203.3

Tabel 4.7.Hasil Pengukuran *Dry Film Thickness* Spesimen Korosi

Spesimen Korosi	<i>Dry Film Thickness</i> (μm)			Rata - rata
	1	2	3	
A3	99	97	104	100.0
A4	146	151	155	150.7
A5	203	194	210	202.3
B3	102	110	98	103.3
B4	149	159	152	153.3
B5	196	198	209	201.0
C3	96	102	112	103.3
C4	149	156	146	150.3
C5	210	209	195	204.7

4.10 Hasil Pengujian Daya Lekat (Adhesi)

Pengujian kekuatan Adhesi dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan MgCO_3 dan ketebalan pada *coating* terhadap daya lekatnya dengan material. Metode yang digunakan untuk menguji daya lekat cat adalah *Pull Off Test* dengan standar ASTM D4541 “*Standard Test Method for Pull-off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers*”. Setiap spesimen diuji dalam tiga titik untuk mendapatkan hasil yang detil, lalu ketiga hasil tersebut dilakukan rata - rata. *Dolly* kemudian direkatkan pada material menggunakan Lem khusus epoxy Araldite. Setelah penempelan *Dolly* permukaan material, lalu *Dolly* tersebut dibiarkan hingga mongering dalam suhu ruangan selama 24 jam.. Tahapan selanjutnya adalah hmencabut *dolly* menggunakan *portable adhesive tester*. Berikutini adalah hasil dari pengujian adhesi.



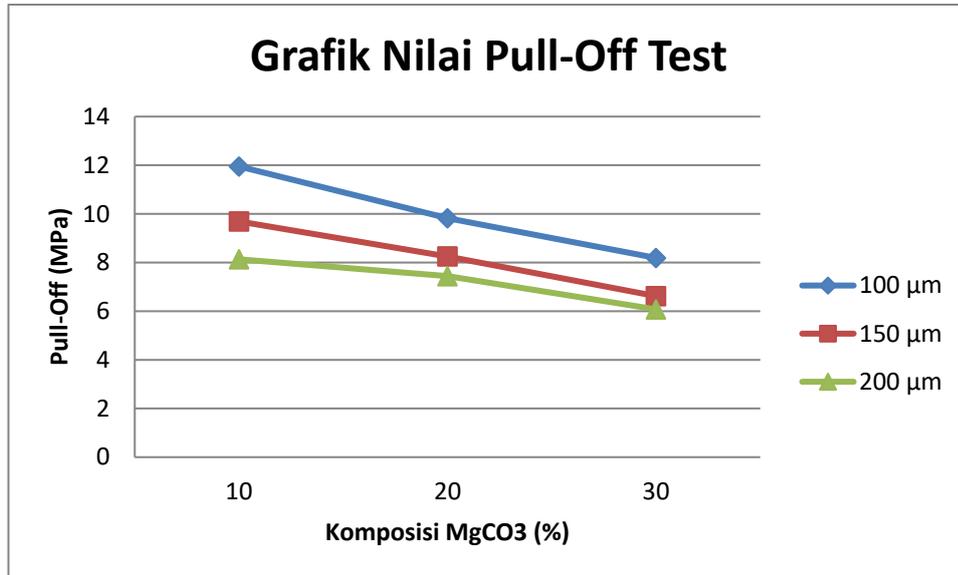
Gambar 4.6. Hasil *Pull Off* Material

Tabel 4.8. Hasil Pengujian *Pull Off*

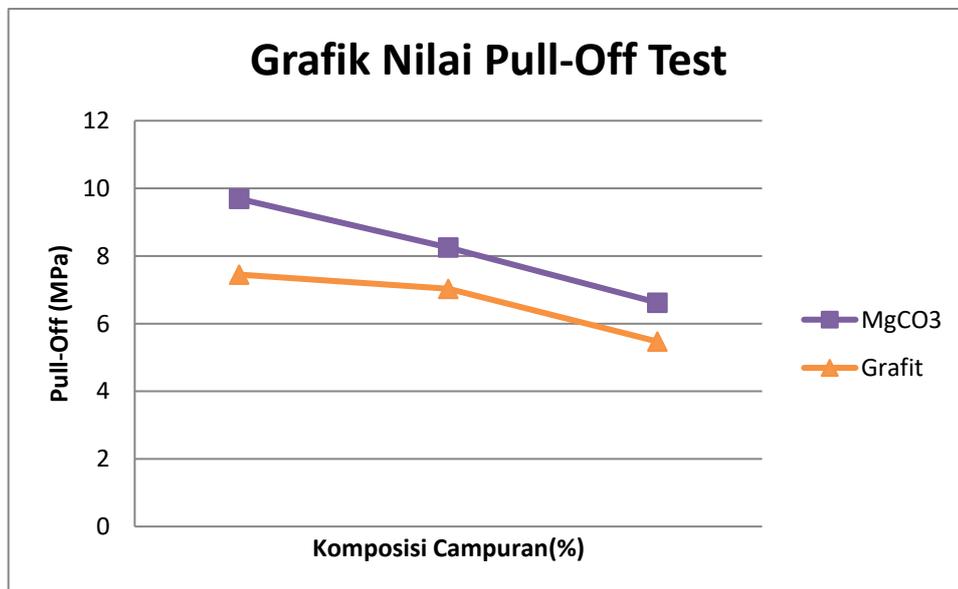
Spesimen	Komposisi MgCO ₃	Nilai Adhesi (MPa)			
		1	2	3	Rata-rata
A/3	10%	12,38	11,41	12,05	11,95
B/3	20%	10,12	9,48	9,87	9,82
C/3	30%	8,89	8,71	6,97	8,19
A/4	10%	8,92	9,43	10,72	9,69
B/4	20%	7,46	8,88	8,42	8,25
C/4	30%	6,52	7,33	6,01	6,62
A/5	10%	7,98	8,31	8,11	8,13
B/5	20%	7,46	7,98	6,88	7,44
C/5	30%	6,33	6,12	5,78	6,08

Dari Tabel 4.8 selanjutnya dilakukan analisa mengenai nilai adhesi. Berdasarkan tabel tersebut nilai adhesi tertinggi diperoleh spesimen dengan variasi ketebalan 100 μm dan komposisi MgCO₃ 10% yaitu sebesar 11.95 MPa. Sedangkan nilai adhesi terendah didapatkan pada spesimen dengan variasi ketebalan 350 μm dan komposisi MgCO₃ 30% yaitu sebesar 6.08 MPa. Campuran

coating epoxy dengan $MgCO_3$ memiliki nilai lebih tinggi dari pada dengan campuran grafit, yang dimana nilai adhesi tertinggi dengan ketebalan yang sama memiliki nilai 7,45 MPa dan nilai terendahnya adalah 5,47 MPa (Ibrahim, 2019).



Gambar 4.7. Grafik Nilai *Pull Off* Material



Gambar 4.8. Perbandingan Nilai adhesi $MgCO_3$ dan Grafit

Merujuk pada grafik diatas, dapat dilihat bahwa terdapat tren penurunan nilai adhesi akibat dari penambahan ketebalan dan komposisi $MgCO_3$ serbuk pada *epoxy*. Berdasarkan hasil pengujian *pull off* menunjukkan bahwa terjadi *adhesive failure* (kegagalan katanantara cat dengan substrat/baja) pada spesimen dan juga terjadi *cohesive failure* (kegagalan ikatan antara cat dengan cat). *Cohesive failure* terjadi karena pigmen $MgCO_3$ yang ditambahkan pada *epoxy* menghalangi ikatan yang terjadi antara komponen penyusun *epoxy* atau yang disebut dengan *coating disbondment*. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Olad (2012) yang menyatakan bahwa dengan semakin banyaknya komposisi pigmen pada *epoxy* organik dapat menurunkan sifat adhesi dari *coating*. Selain itu dalam penelitian yang dilakukan Hasselbach (2018) dijelaskan bahwa dengan adanya penambahan pigmen yang terlalu banyak dapat menyebabkan menurunnya nilai kekuatan adhesi.

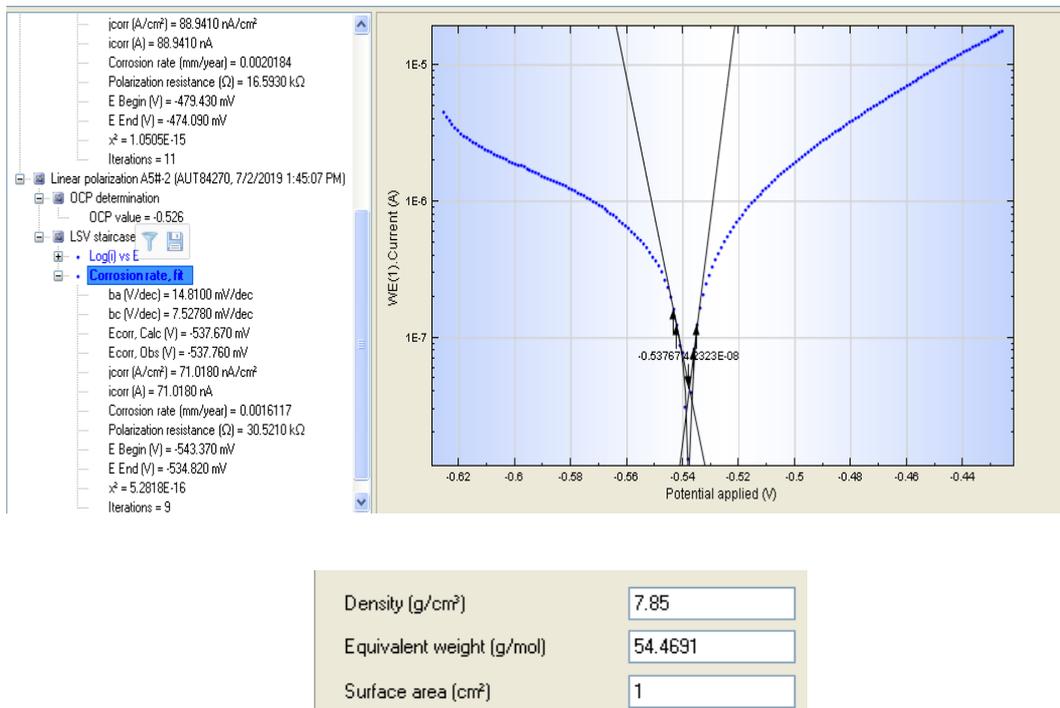
Dengan terjadinya *adhesive failure* dan *Cohesive failure* pada spesimen maka hal ini menunjukkan bahwa sangat kecilnya terjadi *mechanical interlocking* antara *coating* dengan substrat (baja). *Mechanical interlocking* dapat tidak terjadi disebabkan oleh adanya penambahan *powder* $MgCO_3$ yang ditambahkan dalam campuran *coating epoxy* dimana *particle distribution* $MgCO_3$ pada coating tersebut menjadi penghalang dari *substance bonding* atau ikatan antar partikel epoxy yang berpotensi menyebabkan *Mechanical interlocking failure* sehingga ikatan antar partikel coating maupun ikatan antara coating dengan substrat tidak terbentuk dengan baik.

Dari **Gambar 4.8** dapat dilihat bahwa dengan ketebalan yang sama nilai adhesi dari coating dengan campuran Grafit memiliki nilai adhesi yang lebih kecil ini disebabkan karna densitas dari substansi Grafit itu sendiri lebih kecil daripada Magnesium Karbonat yang mempengaruhi jumlah zat yang terlarut (volume) pada campuran coating tersebut. Dengan kata lain, dengan massa yang sama, campuran grafit memiliki volume yang lebih besar dibandingkan dengan Magnesium Karbonat yang menyebabkan semakin banyak zat terlarut sehingga partikel grafit juga akan bertambah banyak, yang menyebabkan semakin mengecilnya kekuatan adhesi.

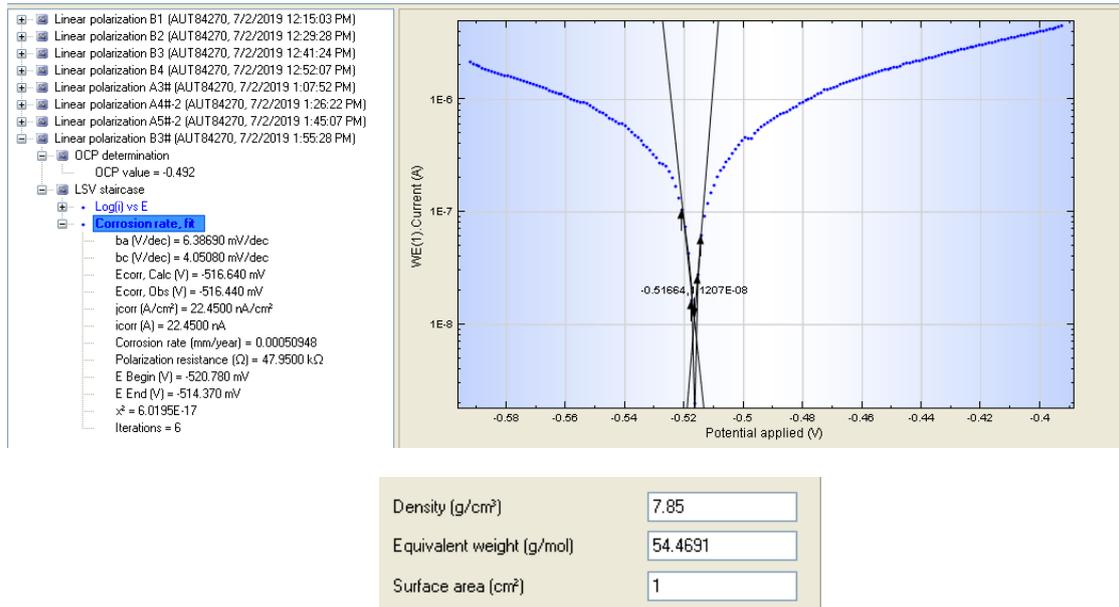
4.11 Hasil Pengujian Prediksi Laju Korosi

Pada penelitian ini dilakukan pengujian prediksi laju korosi sebagai salah satu indikator pengaruh dari penambahan komposisi serbuk $MgCO_3$ dan penambahan ketebalan dari coating epoxy dengan menggunakan metode sel tiga elektroda yang menggunakan standar ASTM G102 “*Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements*”. Dalam pengujian ini digunakan Larutan NaCl dengan salinitas 3,5% yang telah disamakan rata – rata salinitasnya dengan air laut yang berfungsi sebagai implementasi riil keadaan di lapangan.

Pengujian prediksi laju korosi ini menggunakan Software NOVA, dimana hasil dari pengujian ini akan didapatkan grafik Tafel yang membentuk gradien yang menunjukkan nilai prediksi laju korosi dari spesimen. Grafik Tafel ini terdiri dari sumbu X yang merupakan potensial (E) yang terjadi pada spesimen uji yang nilainya tidak berubah pada range tertentu yang telah ditentukan sebelum melakukan pengujian. Dan sumbu Y yang merupakan rapat arus (I_{corr}) yang nilainya dapat berubah mengikuti rentang potensial yang digunakan selama pengujian. Berikut adalah contoh hasil pengujian pada beberapa spesimen.



Gambar 4.9. Hasil Pengujian Prediksi Laju Korosi pada Spesimen B3

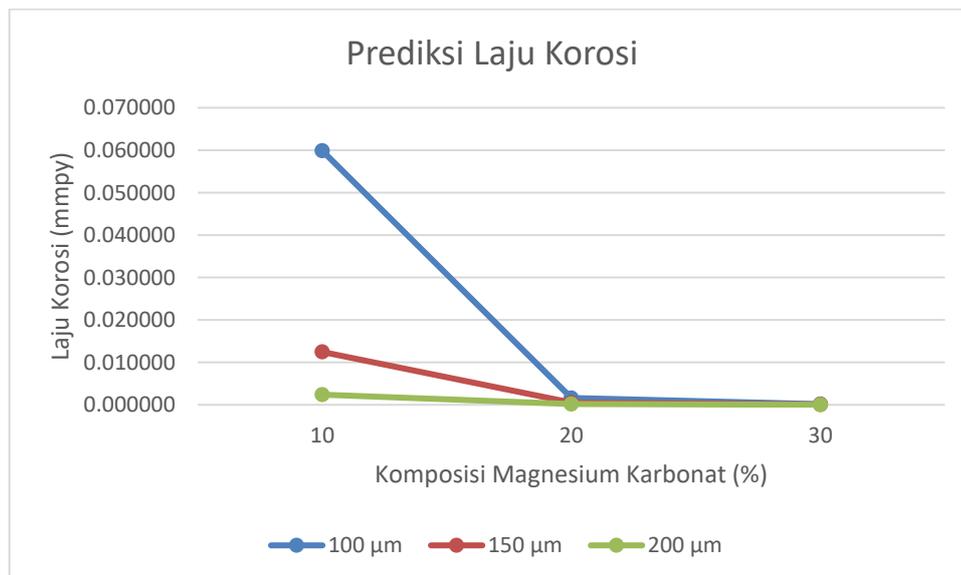


Gambar 4.10. Hasil Pengujian Prediksi Laju Korosi pada Spesimen B4

Tabel 4.9. Hasil Pengujian Prediksi Laju Korosi

Spesimen	MgCO ₃	Potensial	Laju Korosi
	%	V	mmpy
A3	10	-0,51041	0,059872
B3	20	-0,47211	0,001612
C3	30	-0,45944	0,000154
A4	10	-0,47211	0,012460
B4	20	-0,51437	0,000509
C4	30	-0,44678	0,000085
A5	10	-0,42282	0,002392
B5	20	-0,46051	0,000171
C5	30	-0,41367	0,000003

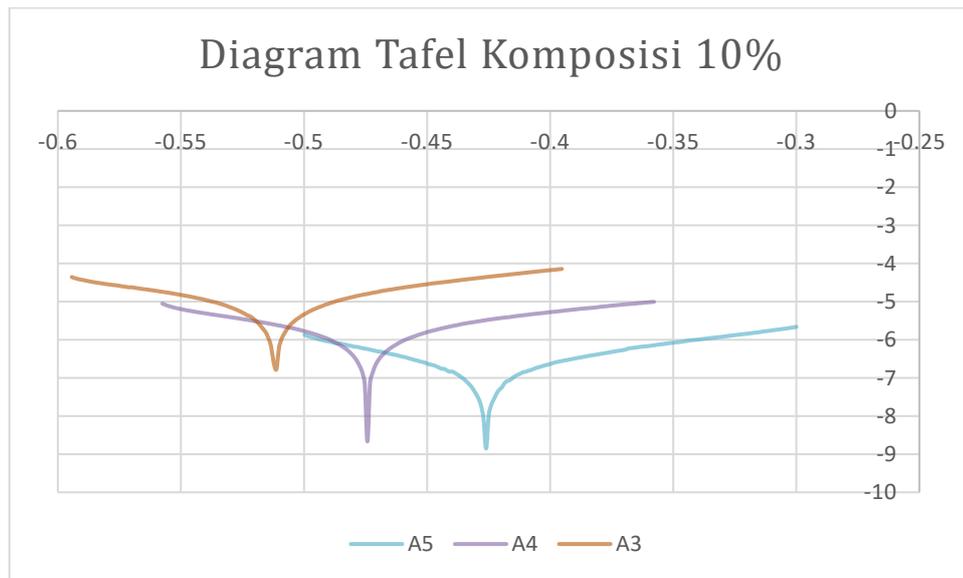
Dari table diatas selanjutnya dilakukan analisa hasil pengujian prediksi laju korosi pada setiap specimen. Semakin rendah nilai Laju korosi (Corrosion Rate) maka akan specimen akan semakin tahan terhadap korosi. Dari table diatas didapatkan spesimen C5 ($MgCO_3$ 30%, ketebalan 200 μm) memiliki nilai prediksi laju korosi yang paling rendah (Terbaik), dengan nilai 0,000003 mmpy. Sedangkan nilai prediksi laju korosi tertinggi didapatkan pada spesimen A3 ($MgCO_3$ 10%, ketebalan 100 μm) dengan nilai 0,059872 mmpy. Meski spesimen A3 memiliki nilai prediksi laju korosi yang paling buruk dibandingkan dari semua spesimen, namun apabila mengacu pada **Tabel 2.3** Tingkat Ketahanan Material Berdasarkan Laju Korosi, nilai prediksi laju korosi spesimen A3 masih tergolong dalam kategori *Excellent*. Berikut grafik dari prediksi laju korosi untuk semua spesimen.



Gambar 4.11. Grafik Prediksi Laju Korosi

Pada grafik diatas, menunjukkan bahwa penambahan substrat berupa Magnesium Karbonat serbuk dan penambahan ketebalan lapisan coating sangat mempengaruhi dari ketahanan korosi material terhadap lingkungannya, dalam hal ini NaCl 3, 5%. Dilihat pada grafik diatas, grafik menunjukkan semakin banyak penambahan Magnesium Karbonat serbuk dan ketebalan lapisan coating menunjukkan tren penurunan nilai prediksi laju korosi. Semakin kecil nilai laju korosi dari suatu material maka ketahanan material terhadap korosi akan semakin baik (Fontana, 1987). Penurunan nilai prediksi laju korosi ini disebabkan karena peran

Magneisum Karbonat yang dicampurkan pada coating epoxy berfungsi sebagai anoda tumbal tambahan yang akan terkorosi terlebih dahulu daripada Baja A36 itu sendiri. Sedangkan penambahan ketebalan pada coating epoxy akan menambah Lapisan Barrier (Barrier Protection) sehingga dapat mencegah penetrasi larutan elektrolit (NaCl 3,5%) ke permukaan substrat.



Gambar 4.12. Grafik Tafel Potensial Korosi Spesimen Komposisi 10%.

Pada grafik Tafel diatas menunjukkan korelasi antara potensial korosi dengan laju korosi. Semakin positif nilai dari potensial korosi (E_{corr}), maka laju korosi akan semakin kecil (membaik). Dapat dilihat bahwa pada campuran coating epoxy dengan Magnesium Karbonat 10% pada ketebalan 100 μm , 150 μm , dan 200 μm . Pada ketebalan 100 μm didapatkan nilai potensial korosi sebesar 0,51041 V. Pada ketebalan 150 μm didapatkan nilai potensial korosi sebesar -0,47211 V. Pada ketebalan 200 μm didapatkan nilai potensial korosi sebesar 0,42282 V. Dari data grafik diatas, menunjukkan bahwa grafik bergeser semakin ke arah kanan (positif), ini menandakan bahwa semakin banyak Magnesium Karbonat (MgCO_3) yang dicampurkan pada coating epoxy, maka akan membuat nilai potensial (E) dari material semakin besar (positif) yang menyebabkan material menjadi bersifat oksidator sehingga material lebih resistant terhadap korosi dan laju korosinya

akan semakin turun (membaik). Sebaliknya semakin negatif nilai potensial dari suatu material maka material akan semakin reaktif dan mudah teroksidasi sehingga laju korosinya akan semakin besar (memburuk).

4.12 Pengaruh variasi komposisi $MgCO_3$ dan ketebalan coating terhadap daya lekat cat dan prediksi laju korosi.

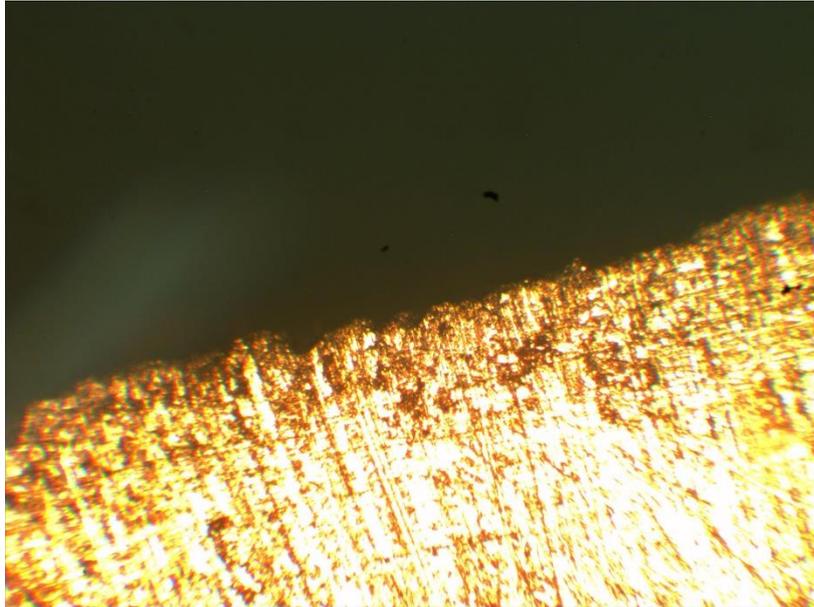
Pada penelitian ini digunakan variasi komposisi Magnesium Karbonat Serbuk sebesar 10%, 20% dan 30% dan variasi ketebalan coating epoxy masing 100 μm , 150 μm , 200 μm . Dilihat dari hasil pengujian Daya Lekat menggunakan metode Pull-off Test pada Tabel 4.8 bahwa semakin banyak komposisi Magnesium Karbonat Serbuk pada coating epoxy maka akan semakin kecil nilai daya lekat dari coating tersebut. Begitu juga pada pengujian Prediksi Laju korosi menggunakan metode Sel Tiga Elektroda, yang dapat dilihat pada **Tabel 4.7**, semakin banyak komposisi $MgCO_3$ pada campuran coating epoxy, maka akan nilai dari prediksi laju korosinya juga akan menurun (membaik).

Berkaitan dengan variasi penambahan ketebalan coating, pada pengujian daya lekat. Dari data hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tebal lapisan coating, maka nilai pull-off test juga akan semakin kecil, yang menandakan bahwa daya lekat cat terhadap spesimen semakin melemah. Pada pengujian prediksi laju korosi, semakin tebal lapisan coating pada spesimen berdampak pada semakin tahannya material terhadap korosi, sehingga didapatkan nilai Prediksi laju korosi yang semakin menurun (membaik).

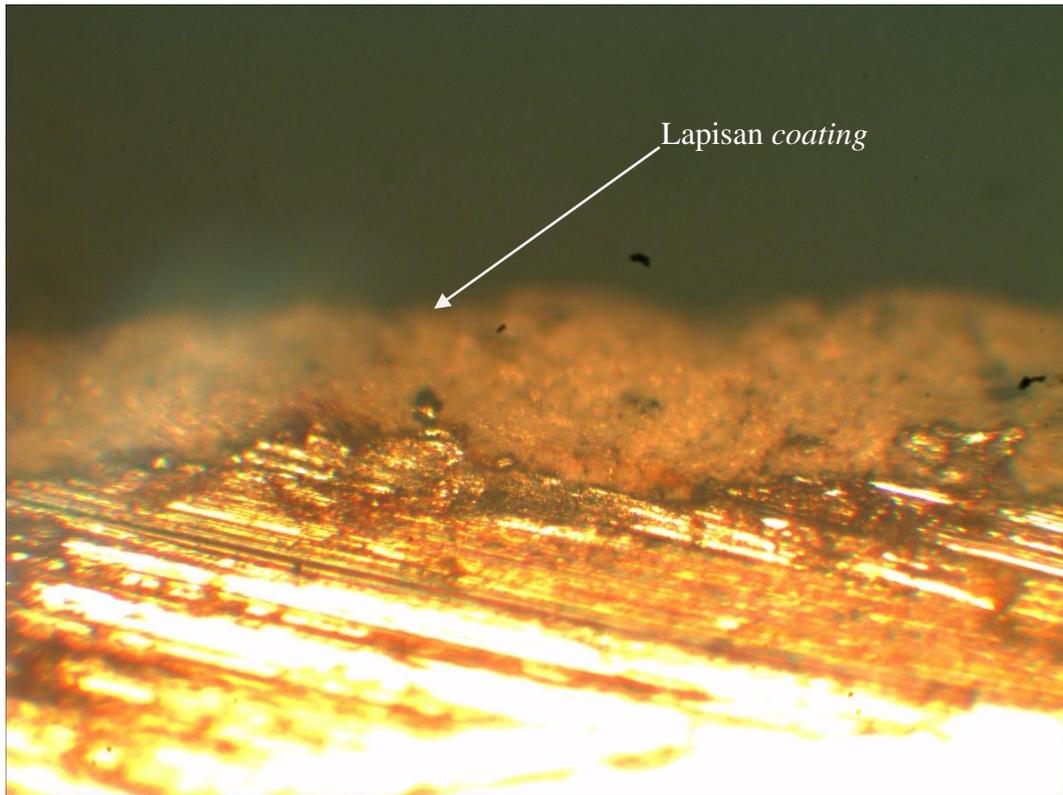
Dengan demikian dapat diketahui bahwa penambahan komposisi Magnesium Karbonat serbuk dan penambahan ketebalan lapisan coating dengan secara signifikan menurunkan nilai daya lekat coating tersebut terhadap spesimen. Namun, di sisi lain, penambahan komposisi Magnesium Karbonat serbuk dan penambahan ketebalan lapisan coating juga membuat nilai prediksi laju korosi dari spesimen menjadi lebih baik.

4.13 Hasil Foto Mikro

Pengamatan foto mikro ini bertujuan untuk melihat persebaran Magnesium Karbonat pada campuran coating epoxy dibandingkan dengan tanpa dilakukan coating menggunakan mikroskop yang terintegrasi dengan computer dengan perbesaran 50x. berikut hasil dari foto mikro kedua spesimen.



Gambar 4.13. Foto Mikro Spesimen Tanpa *Coating*



Gambar 4.14. Foto Mikro Spesimen dengan Campuran $MgCO_3$

Dari foto Mikro diatas dapat dilihat bahwa terdapat persebaran $MgCO_3$ berwujud titik – titik putih pada coating epoxy tersebut, yang pada pengujian pull-off test menyebabkan coating disbondment yang menurunkan nilai daya lekat dari coating, namun di sisi lain $MgCO_3$ dalam coating epoxy pada pengujian prediksi laju korosi menyebabkan mambainya nilai dari laju korosi spesimen dikarenakan serbuk $MgCO_3$ dapat menghambat penetrasi larutan dari elektrolit berupa larutan NaCl dengan salinitas 3,5%.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa yang telah dilakukan pada bab sebelumnya mengenai pengaruh variasi komposisi Magnesium Karbonat serbuk dan ketebalan coating epoxy pada baja ASTM A36, didapatkan kesimpulan sebagai jawaban dari rumusan masalah pada penelitian ini. Berikut kesimpulannya:

- a. Dari pengujian daya lekat menggunakan metode Pull-off Test didapatkan nilai adhesi terbesar pada spesimen dengan kode A/3 yaitu dengan variasi komposisi $MgCO_3$ 10% dengan ketebalan coating sebesar 100 μm dengan nilai adhesi sebesar 11.95 Mpa. Sedangkan nilai adhesi terkecil didapatkan oleh spesimen dengan kode C/5 yaitu dengan variasi komposisi $MgCO_3$ 10% dengan ketebalan coating sebesar 200 μm dengan nilai adhesi sebesar 6.08 Mpa.
- b. Dari pengujian Prediksi laju korosi menggunakan metode Sel Tiga Elektroda didapatkan nilai Prediksi laju korosi terendah pada spesimen C5 yaitu dengan variasi komposisi $MgCO_3$ 30% dengan ketebalan coating sebesar 200 μm dengan nilai prediksi laju korosi sebesar 0,000003 mmpy. Sedangkan nilai Prediksi laju korosi tertinggi pada spesimen A3 yaitu dengan variasi komposisi $MgCO_3$ 10% dengan ketebalan coating sebesar 100 μm dengan nilai prediksi laju korosi sebesar 0,059872 mmpy.
- c. Spesimen B/3 dibandingkan dengan Spesimen A/3 mengalami nilai penurunan nilai Adhesi sebesar 17.8% atau sebesar 2.13 Mpa. Disisi lain, Pada pengujian Prediksi Laju Korosi Spesimen B3 dibandingkan dengan Sepsimen A3 mengalami penurunan nilai laju korosi yang sangat signifikan yaitu sebesar 97.3%. Kategori spesimen B/3 sudah termasuk dalam kategori *Outstanding* apabila dibandingkan dengan A/3 yang masih berkategori *Excellent*. Jadi spesimen B/3 ($MgCO_3$ 20%, 100 μm) memiliki *Reliability* terbaik, karna memiliki nilai penurunan nilai adhesi yang *relative* kecil, namun memiliki perbaikan nilai laju

korosi yang sangat signifikan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dengan demikian, dapat diketahui bahwa penambahan komposisi Magnesium Karbonat serbuk dan penambahan ketebalan lapisan coating dengan secara signifikan menurunkan nilai daya lekat coating tersebut terhadap spesimen. Namun, di sisi lain, penambahan komposisi Magnesium Karbonat serbuk dan penambahan ketebalan lapisan coating juga membuat nilai prediksi laju korosi dari spesimen menjadi lebih baik

5.2. Saran

Setelah menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini penulis memberikan beberapa saran untuk penelitian – penelitian Tugas Akhir selanjutnya yang berkaitan dengan topik yang penulis bahas sebagai bentuk penyempurnaan penelitian yang telah penulis selesaikan. Berikut adalah saran dari penulis:

- a. Menggunakan mikroskop jenis SEM (*Scanning Electron Microscope*) dalam pengamatan citra mikro dari spesimen karena mikroskop jenis SEM dapat melakukan perbesaran hingga 1000x agar didapatkan citra spesimen yang detil, sehingga dapat digunakan sebagai bahan analisis yang lebih mendalam berkaitan dengan persebaran partikel/ pigmen coating itu sendiri.
- b. Memperhitungkan analisis faktor biaya pada penelitian sejenis agar didapatkan hasil yang lebih detil sehingga *reliability* dari penelitian akan semakin membaik.

DAFTAR PUSTAKA

- ASCOATINDO. 2014. *“Coating Inspector Muda”*. Bandung: Corrosion Care Indonesia.
- ASM. 1993. *“Metal Reference Book”*. ASM International.
- ASTM A36. 2001. *“Standard Specification for Carbon Structural Steel”*. Washington: ASTM Publishing.
- ASTM D4138. 2001. *“Standard Test Methods for Measurement of Dry Film Thickness of Protective Coating System by Destructive Means”*. Washington: ASTM Publishing.
- ASTM D4414. 1996 *“Standard Practice for Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages”*. Washington: ASTM Publishing.
- ASTM D4417. 1999. *“Standard Test Methods for Field Measurement of Surface Profile of Blast Cleaned Steel”*. Washington: ASTM Publishing.
- ASTM D4541. 2002 *“Pull-off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers”*. Washington: ASTM Publishing.
- ASTM G102. 1994. *“Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements”*. Washington: ASTM Publishing.
- Bayliss, D. A. and Deacon. 2002. *“Steelwork Corrosion Control”*. London: Spon Press.
- Davis, R. 2000.** Corrosion: Understanding the Basics. **ASM International.**
- Dorrow, D. 2011. “Fishing for the Best Abrasive”. *The Journal of Protective Coatings & Linings* Vol. 4; 27-28
- Debrita, C. 2017. *“Analisis Pengaruh Variasi Coating pada Pelat Baja ASTM A36 Terhadap Prediksi Laju Korosi, Kekuatan Adhesi, dan Ketahanan Impact”*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Fontana and Greene. 1987.** Corrosion Engineering International Edition. **The Ohio. State University. USA.**
- Forsgren, Amy. 2006. *“Corrosion Control through Organic Coating”*. United States: Taylor & Francis Group.

- Forum Rektor Indonesia. 2015. Naskah Akademik 2015. <http://fri2016.uny.ac.id/sites/fri2016.uny.ac.id/files/2.%20NASKAH%20AKADEMIS.pdf> . Diakses pada 20 Januari 2019.
- Francis, R. 2009. “Dry Film Thickness Measurements”. *The Journal of Protective Coatings & Linings* Vol. 3; 1-11
- Guo, K.W. 2011. “A review of magnesium/magnesium alloys corrosion”. *Recent Pat. Corros. Sci.* Vol: 1, 72–90.
- Hao, Z.; Du, F. 2009. “Synthesis of basic magnesium carbonate microrods with a “house of cards” surface structure using rod-like particle template”. *J. Phys. Chem. Solids*, Vol: 70, 401–404.
- Hesselbach, J. 2018. “Process and Formulation Strategies to Improve Adhesion of Nanoparticle Coating on Stainless Steel”. *MDPI International Journal*. Volume 8: 156
- Hudson, R. 1982.** Surface Preparation for Coating. **The National Physical Labotary.**
- Hosking, N.C.; Ström, M.A.; Shipway, P.H.; Rudd, C.D. 2007. “Corrosion resistance of zinc–magnesium coated steel.” *Corros. Sci.* Vol 49: 3669–3695.
- Keijiman, J.M. 1999. “Achieving Quality in Coating Work: The 21st Century Challenge”. *Proceeding Inorganic and Organic Coating – The Difference*. England: The Brighton Centre.
- Kirk dan Othmer, 1965. *Encyclopedia of Chemical Technology*, Second Edition. Vol. 6. P. 320
- Lindström, R.; Johansson, L.G.; Thompson, G.E.; Skeldon, P.; Svensson, J.E. 2004. “Corrosion of magnesium in humid air”. *Corros. Sci.* Vol 46: 1141–1158.

- Lu, X.; Zuo, Y.; Zhao, X.; Tang, Y. 2010. "The improved performance of a Mg-rich epoxy coating on AZ91D magnesium alloy by silane pretreatment". *Corros. Sci.* Vol: 60, 165–172.
- NACE Standart RP0178. 2012.** Corrosion Control of Steel Fixed Offshore Structures Associated with Petroleum Production.
- Nesic, S. K. 1996. "A Mechanistic Model for Carbon Dioxide Corrosion of Mild Steel in The Persence of Protective Iron Carbonate – Part 3 Film Growth Model". Colombus: NACE International.
- Nikraves, B., Ramezanzaeh, B., Sarabi, A.A., dan Kasiriha, S.H .2011. "Evaluation of the corrosion resistance of an epoxy-polyamide coating containing different ratios of micaceous iron oxide/Al pigments". *Corrosion Science*, 53: 1592-1603.
- Norsok Standard M-501. 1994. Surface Preparation and Protective Coating. Norsok Standard.
- Olad, Ali. 2012. "Preparation of PANI/Epoxy/Zn Nanocomposite using Zn Nanoparticel and Epoxy Resin as Additives and Investigation of Its Corrosion Protection Behavior on Iron". *Polymer Composite Research Labolatory*: University of Tabriz.
- Peabody, A.W. 2001. Control of Pipeline Corrosion, second ed., NACE International, Houston, TX
- Ridwan dan Ewo, 2007. "Pengaruh Ketebalan Lapisan Terhadap Daya Lekat Cat. Penelitian Mandiri. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Turel, T.; Pathak, S.S.; Blanton, M.D.; Mendon, S.K.; Rawlins, J.W. 2011. "Optimizing the Transformation of Magnesium Powder to Enhance its Corrosion Protection". In *Proceedings of the 38th Annual International Waterborne, High-Solids, and Powder Coatings Symposium, New Orleans, LA, USA*; pp. 430–437
- W.J Batty. 2006. "Corrosion Under Insulation." *Applied Energy*". Vol 16: 239-247
- Xinli Jing and Wang, Yangyong. 2007. "Preparation Of Polystyrene/Polyaniline core/Shell structured particles and their epoxy-based conductive composite". *Jurnal Polymer International* Vol.56 issue 1 pages 126-131.

LAMPIRAN I
JADWAL KEGIATAN

LAMPIRAN II
HASIL PENGUJIAN ADHESI



Hasil Pengujian Adhesi Spesimen A/3



Hasil Pengujian Adhesi Spesimen A/4



Hasil Pengujian Adhesi Spesimen A/5



Hasil Pengujian Adhesi Spesimen B/3



Hasil Pengujian Adhesi Spesimen B/4



Hasil Pengujian Adhesi Spesimen B/5



Hasil Pengujian Adhesi Spesimen C/3

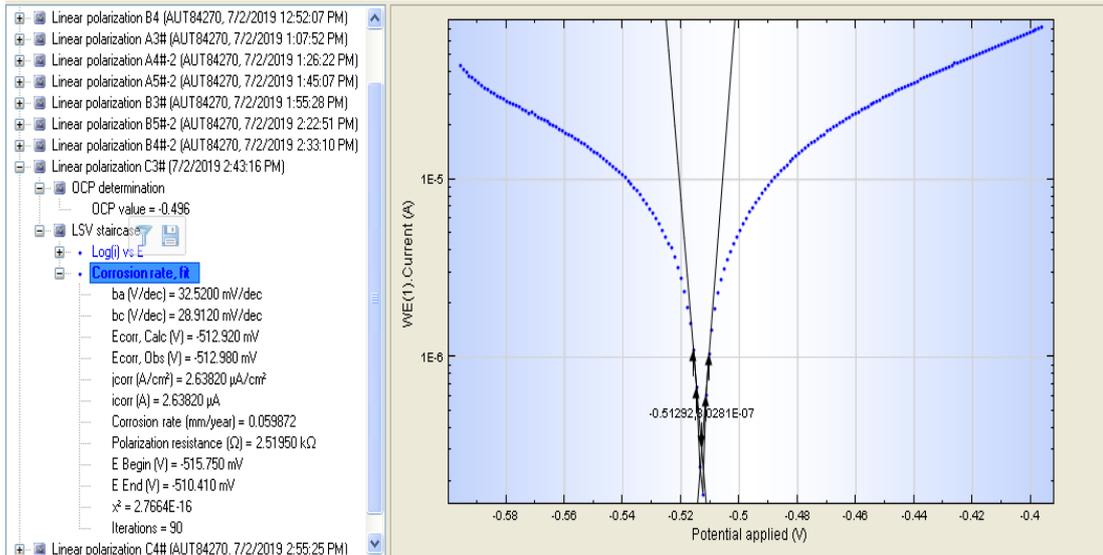


Hasil Pengujian Adhesi Spesimen C/4

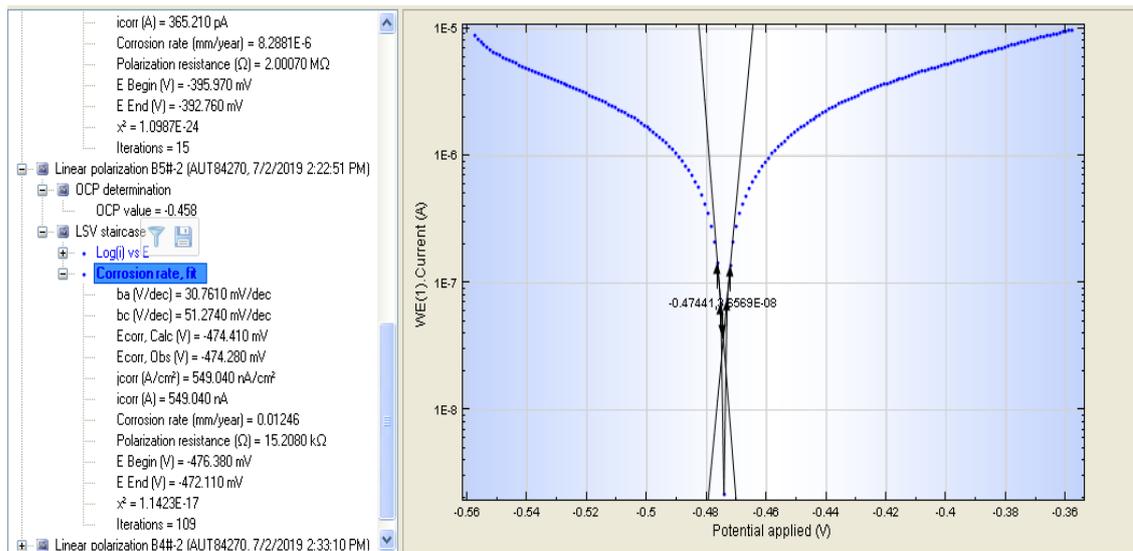


Hasil Pengujian Adhesi Spesimen C/5

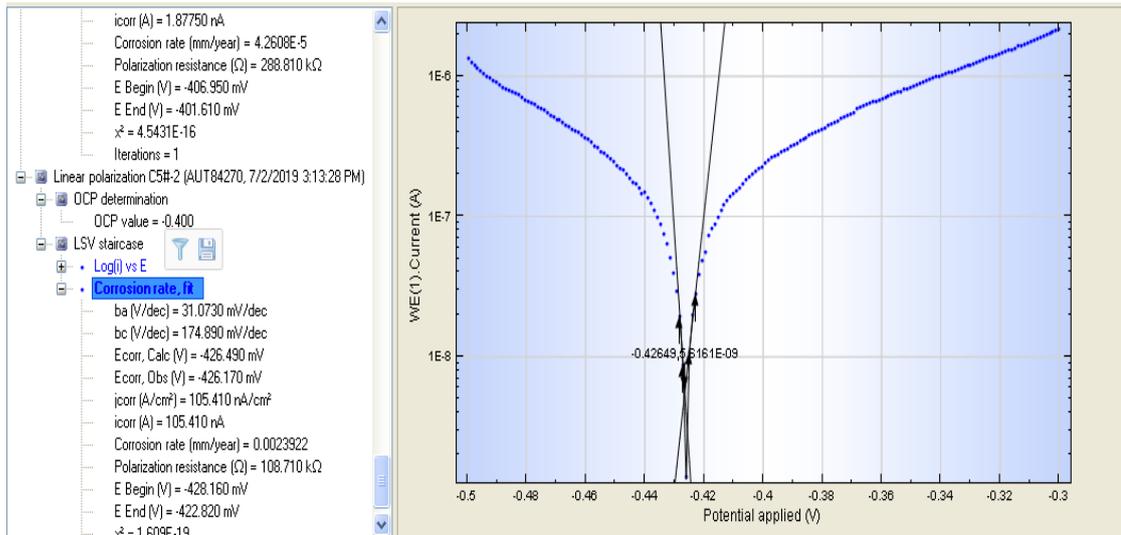
LAMPIRAN III
HASIL PENGUJIAN LAJU KOROSI



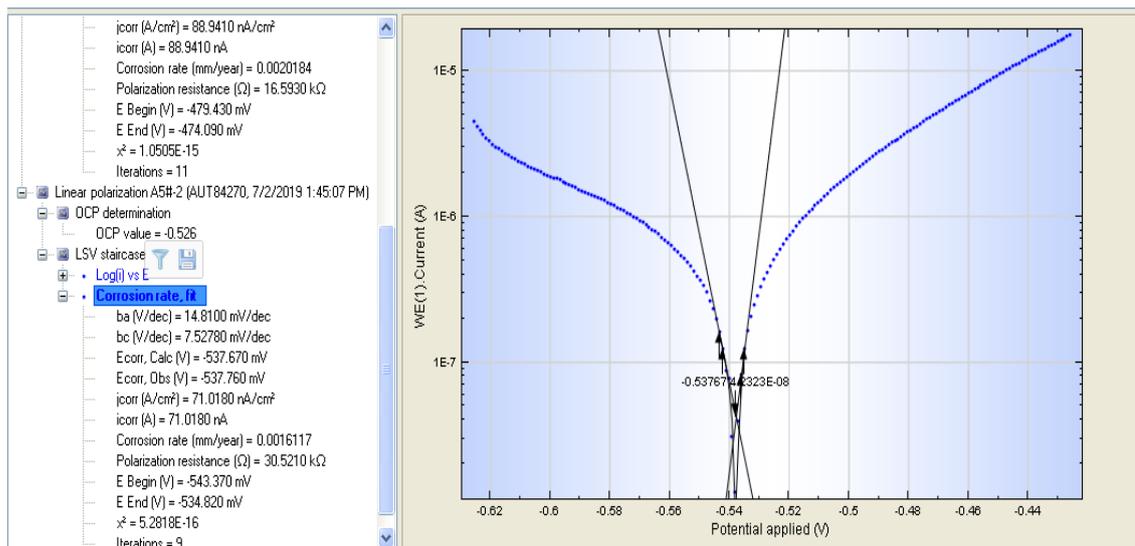
Hasil Pengujian Prediksi Laju Korosi pada Spesimen A/3



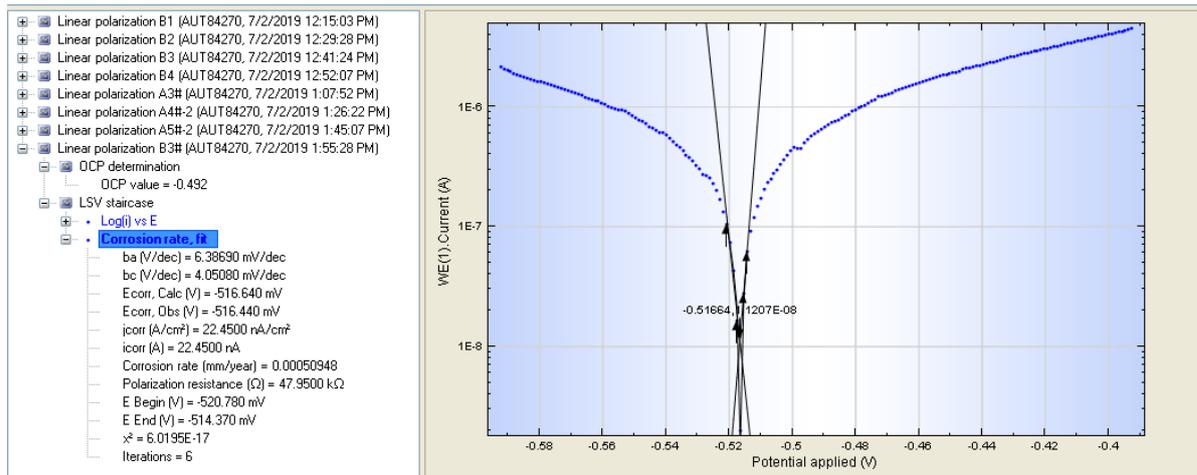
Hasil Pengujian Prediksi Laju Korosi pada Spesimen A/4



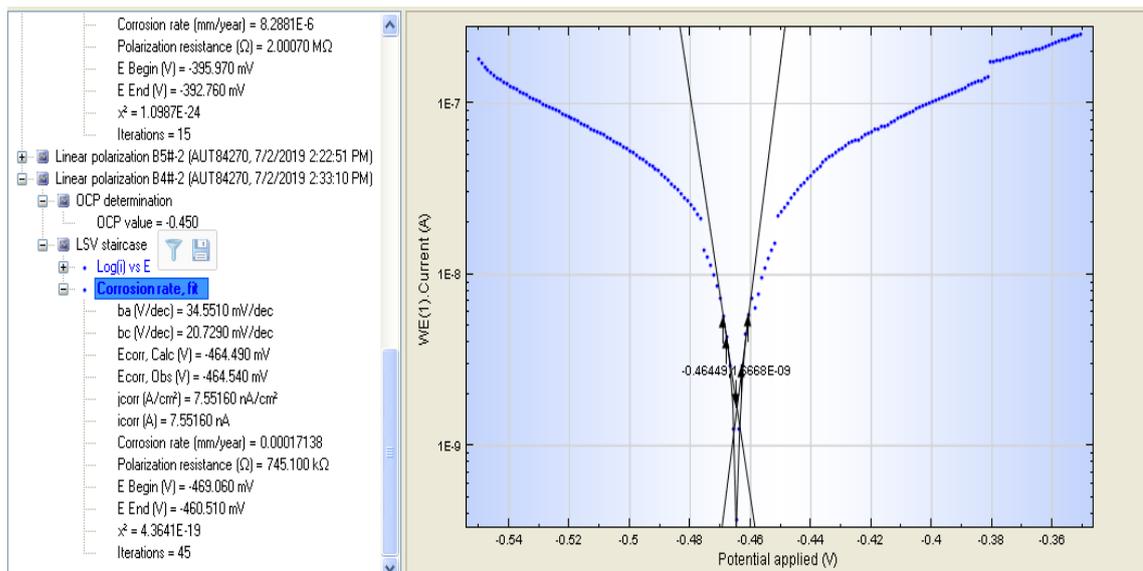
Hasil Pengujian Prediksi Laju Korosi pada Spesimen A/5



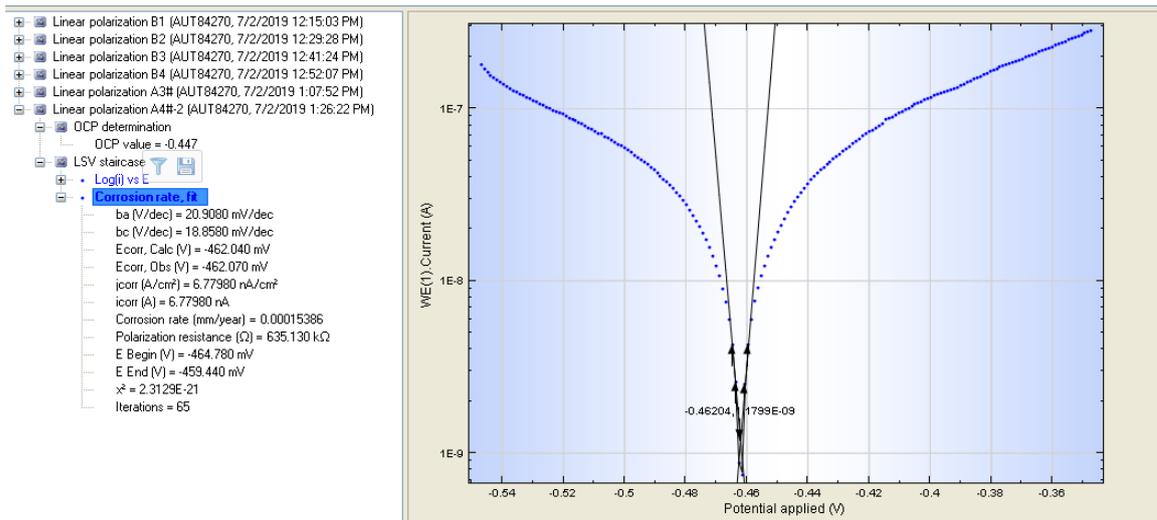
Hasil Pengujian Prediksi Laju Korosi pada Spesimen B/3



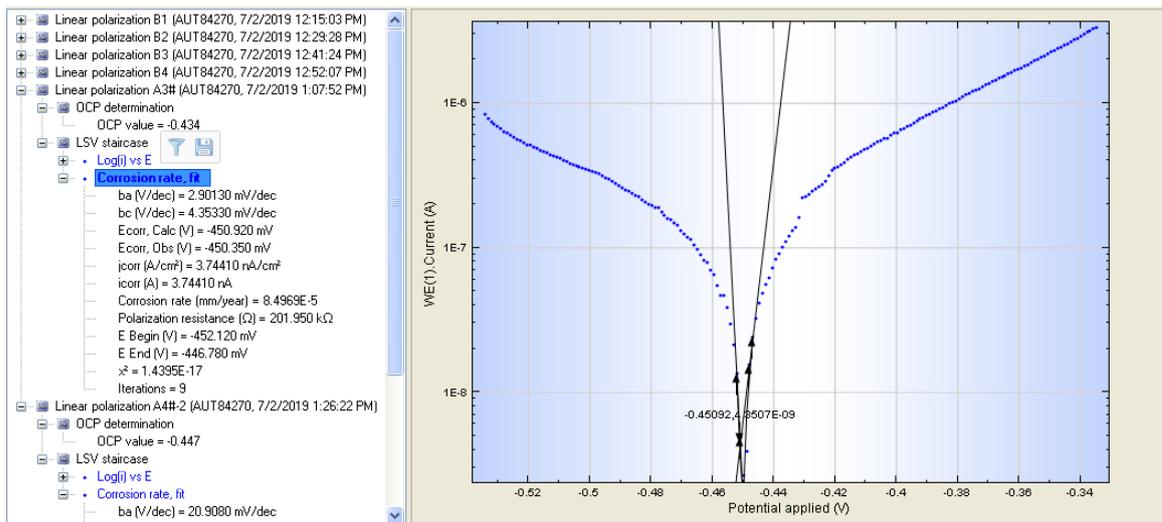
Hasil Pengujian Prediksi Laju Korosi pada Spesimen B/4



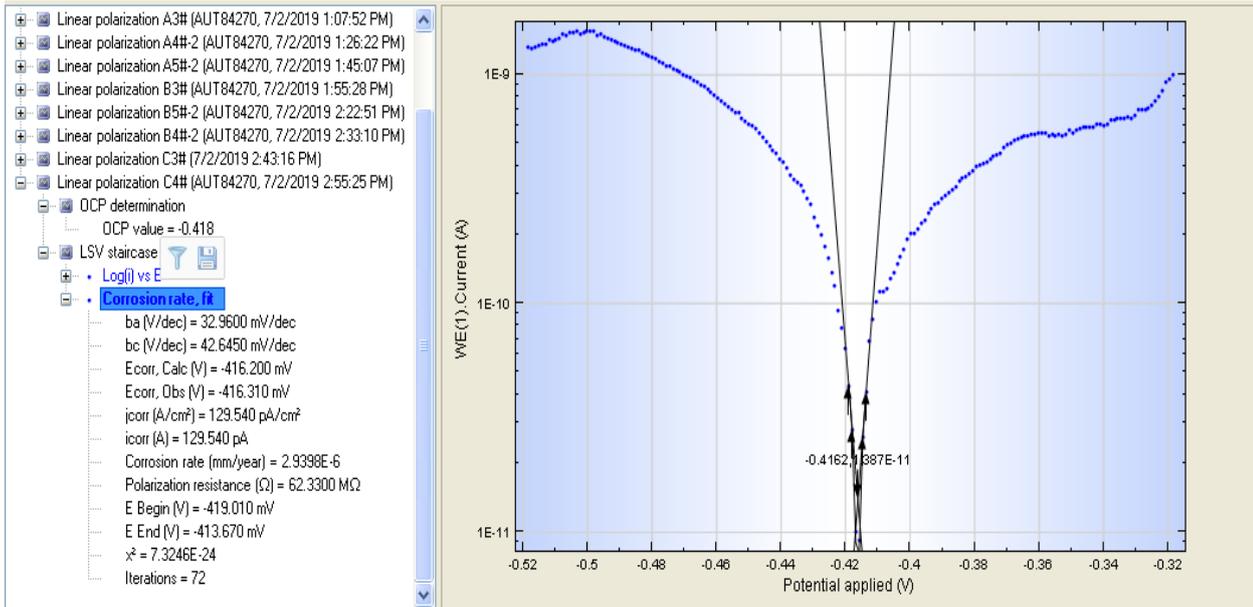
Hasil Pengujian Prediksi Laju Korosi pada Spesimen B/5



Hasil Pengujian Prediksi Laju Korosi pada Spesimen C/3



Hasil Pengujian Prediksi Laju Korosi pada Spesimen C/4



Hasil Pengujian Prediksi Laju Korosi pada Spesimen C/5

BIODATA PENULIS

BIODATA PENULIS



Bernama Tiaro Yousant Rialdo, penulis lahir di Surabaya pada tanggal 25 Maret 1997. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Ir. Soenoe Moegiarto dan Ibu Siti Maryati. Penulis saat ini tinggal di Kecamatan Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Penulis mulai mengikuti pendidikan formal pada 2003 di SDN Siring I Porong. Namun pada tahun 2007 SDN Siring I berganti nama menjadi SDN Siring dikarenakan bencana Lumpur Lapindo yang berdampak pada pengrelokasian sekolah penulis.

Dengan proses masa transisi pengrelokasian yang cukup panjang, penulis masih dapat menyelesaikan jenjang pendidikan sekolah dasar pada tahun 2009. Kemudian penulis menyelesaikan pendidikan di SMPN 1 Sidoarjo pada tahun 2012 dan SMAN 1 Sidoarjo pada tahun 2015. Setelah menyelesaikan pendidikan formal 9 tahun, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perkuliahan di Departemen Teknik Kelautan ITS pada tahun 2015.

Selama menempuh bangku perkuliahan, penulis aktif dalam kegiatan himpunan. Pada tahun 2016 penulis diterima sebagai staff Departemen Kewirausahaan Himatekla. Pada tahun 2017 penulis diberi amanah untuk menjadi Kepala Divisi *Fund Rising* Departemen Kewirausahaan Himatekla. Selain menjadi bagian dari pengurus himpunan bidang kewirausahaan, penulis juga aktif dalam mensukseskan perhelatan event terbesar Departemen Teknik Kelautan yaitu OCEANO. Pada tahun 2017 penulis diamanahkan sebagai Kepala Koordinator *Security and License* pada event tersebut.

Penulis memiliki pengalaman Kerja Praktek di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang, tepatnya di Divisi Teknik Pelindo III Tanjung Emas Semarang. Penulis juga memiliki sertifikasi keprofesian di bidang Manajemen Resiko oleh PT. Surveyor Indonesia. Selama berkuliah, penulis mendalami bidang Perencanaan dan Perancangan Bangunan Lepas Pantai, sehingga pada Tugas Akhir ini penulis mengambil topik “ANALISIS PENGARUH VARIASI KETEBALAN CAT DAN KOMPOSISI MAGNESIUM KARBONAT SERBUK PADA CAMPURAN COATING EPOXY TERHADAP KEKUATAN ADHESI, METALOGRAFI, DAN PREDIKSI LAJU KOROSI PADA BAJA ASTM A36”.

Contact Person

Email : tiaroyousantrialdo@gmail.com

LinkedIn : Tiaro Yousant Rialdo