



**TUGAS AKHIR – MO 184804**

**ANALISIS PENGARUH VARIASI MATERIAL  
ABRASIF DAN KETEBALAN POLYURETHANE  
COATING PADA BAJA ASTM A36 TERHADAP  
KEKUATAN ADHESI DAN LAJU KOROSI DI  
LINGKUNGAN AIR LAUT**

**FELITA WIDYA HAPSARI**

**NRP. 04311640000022**

**DOSEN PEMBIMBING :**

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

**Wimala Lalitya Dhanistha, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN**

**FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA**

**2020**



**FINAL PROJECT – MO 184804**

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF ABRASIVE  
MATERIAL AND POLYURETHANE COATING  
THICKNESS VARIATIONS ON ASTM A36 STEEL  
TOWARDS ADHESION STRENGTH AND  
CORROSION RATE IN SEA WATER ENVIRONMENT**

**FELITA WIDYA HAPSARI**

**NRP. 04311640000022**

**SUPERVISORS :**

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

**Wimala Lalitya Dhanistha, S.T., M.T.**

**DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING**

**FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA**

**2020**

**ANALISIS PENGARUH VARIASI MATERIAL ABRASIF DAN  
KETEBALAN POLYURETHANE COATING PADA BAJA ASTM A36  
TERHADAP KEKUATAN ADHESI DAN LAJU KOROSI DI LINGKUNGAN  
AIR LAUT**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Insitut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**FELITA WIDYA HAPSARI**

**NRP. 0431164000022**

Disetujui Oleh :

1. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing 1)

.....  


2. Wimala Lalitya Dhanista, S.T., M.T. (Pembimbing 2)

.....  


3. Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D. (Penguji 1)

.....  


4. Sholihin, S.T., M.T. (Penguji 2)

.....  


5. Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc. (Penguji 3)

.....  


Surabaya, Agustus 2020

**ANALISIS PENGARUH VARIASI MATERIAL ABRASIF DAN  
KETEBALAN POLYURETHANE COATING PADA BAJA ASTM A36  
TERHADAP KEKUATAN ADHESI DAN LAJU KOROSI DI  
LINGKUNGAN AIR LAUT**

**Nama Mahasiswa : Felita Widya Hapsari**  
**NRP : 0431164000022**  
**Departemen : Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS**  
**Supervisor : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.**  
**Wimala Lalitya Dhanistha, S.T., M.T.**

**ABSTRAK**

Fenomena yang tidak dapat dihindari dari penggunaan logam baja pada bangunan lepas pantai dan *floating vessel* ialah terjadinya korosi. Salah satu metode pencegahan korosi ialah dengan cara pelapisan atau *coating*. Saat ini jenis *coating* yang telah dikembangkan di industri maritim ialah *polyurethane*. Keberhasilan proses *coating* sangat bergantung pada proses *surface preparation*. Metode yang biasa digunakan ialah *blasting* menggunakan material abrasif. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh variasi material abrasif dan ketebalan *polyurethane coating* pada baja ASTM A36 terhadap kekuatan adhesi cat dan laju korosi di lingkungan air laut. Material baja akan di *blasting* dengan jenis material abrasif pasir silika dan *steel grit*, kemudian material di *coating* dengan *polyurethane* dengan ketebalan 60  $\mu\text{m}$ , 80  $\mu\text{m}$ , dan 100  $\mu\text{m}$  lalu diuji kekuatan adhesi dan laju korosinya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kekuatan adhesi terbesar ditunjukkan pada material yang di *blasting* menggunakan *steel grit* dengan ketebalan *coating* 60  $\mu\text{m}$  yaitu sebesar 20,6 MPa. sedangkan nilai laju korosi terkecil diperoleh material yang di *blasting* dengan material abrasif *steel grit* dengan ketebalan 100  $\mu\text{m}$  yaitu sebesar 0,00008 mm/a. Dari hasil tersebut material abrasif *steel grit* dan ketebalan 100  $\mu\text{m}$  disarankan pada penggunaan *polyurethane coating* untuk aplikasi pada industri minyak dan gas.

*Kata Kunci : ASTM A36, Material Abrasif, Polyurethane Coating, Adhesi, Korosi*

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF ABRASIVE MATERIAL AND  
POLYURETHANE COATING THICKNESS VARIATIONS ON ASTM A36  
STEEL TOWARDS ADHESION STRENGTH AND CORROSION RATE  
IN SEA WATER ENVIRONMENT**

**Student Name** : Felita Widya Hapsari  
**Reg** : 0431164000022  
**Department** : Ocean Engineerin, Faculty Of Marine Technology, ITS  
**Supervisors** : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.  
Wimala Lalitya Dhanistha, S.T., M.T.

**ABSTRACT**

An unavoidable phenomenon of the use of steel in offshore buildings and floating vessels is corrosion. One method of preventing corrosion is by coating. Currently the type of coating that has been developed in the maritime industry is polyurethane. The success of the coating process is very dependent on the surface preparation process. The usual method used is blasting using abrasive material. The purpose of this research was to analyze the effect of variations in abrasive material and thickness of polyurethane coating on ASTM A36 steel towards the strength of paint adhesion and corrosion rate in the sea water environment. The steel material will be blasted with silica sand and steel grit, then the material will be coated with polyurethane with a thickness of 60  $\mu\text{m}$ , 80  $\mu\text{m}$ , and 100  $\mu\text{m}$  then the adhesion strength and corrosion rate will be tested. The results of this study indicate that the greatest value of adhesion strength is shown in material blasting using steel grit with a coating thickness of 60  $\mu\text{m}$  that is equal to 20,6 MPa. while the smallest corrosion rate values obtained by material blasting with steel grit abrasive material with a thickness of 100  $\mu\text{m}$  that is equal to 0,00008 mm/a. From these results the abrasive steel grit material and a thickness of 100  $\mu\text{m}$  are recommended for the use of polyurethane coatings in oil and gas industry.

*Keyword : ASTM A36, Abrasive Material, Polyurethane Coating, Adhesion, Corrosion*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis sampaikan atas kehadiran Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik sesuai waktu yang direncanakan.

Tugas akhir yang berjudul “Analisis Pengaruh Variasi Material Abrasif dan Ketebalan Polyurethane Coating pada Baja ASTM A36 terhadap Kekuatan Adhesi dan Laju Korosi di Lingkungan Air Laut” ini penulis buat dengan tujuan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tugas akhir ini membahas mengenai pengaruh penggunaan variasi material abrasif pada proses *blasting* serta ketebalan *polyurethane coating* terhadap kekuatan lekat cat dan laju korosi serta paduan material abrasif dan ketebalan yang cocok untuk digunakan pada industri minyak dan gas yang dalam pembuatannya, penulis dibantu oleh berbagai pihak.

Dalam pembuatan laporan tugas akhir ini, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, masukan dan saran sangat diharapkan oleh penulis agar penelitian ini dapat bermanfaat baik bagi penelitian selanjutnya maupun pada aplikasi di dunia nyata.

Surabaya, Juli 2020

Felita Widya Hapsari

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terselesainya Tugas Akhir ini tidak luput dari peran pihak-pihak yang telah membantu penulis baik dalam bentuk materi maupun moril. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT karena atas rahmat dan ridho-Nya, Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
2. Muhyidin Suwondo dan Roro Diyah Riwayanti selaku kedua orang tua penulis yang tiada putus memberikan do'a dan dukungan kepada penulis hingga akhirnya bisa melewati tahap pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing 1 dan Ibu Wimala Lalitya Dhanistha S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 dalam tugas akhir ini. Terimakasih atas seluruh waktu, ilmu, masukan dan bimbingannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. Hasan Ikhwan, M.Sc., Bapak Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D., serta bapak Sholihin, S.T., M.T. selaku penguji sidang tugas akhir yang telah memberikan kritik dan saran terhadap tugas akhir penulis sehingga tugas akhir ini dapat jauh lebih baik.
5. Ibu Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen wali penulis selama kuliah di Departemen Teknik Kelautan. Terimakasih atas seluruh bimbingan dan dukungannya selama penulis menempuh bangku perkuliahan.
6. Bapak Larasanto dan seluruh karyawan CV. Cipta Agung atas ilmu, fasilitas dan bantuan selama penulis melakukan eksperimen Tugas Akhir.
7. Bapak Lukman dan Ibu Yeny Lab Korosi Departemen Teknik Material dan Metalurgi ITS atas kerjasamanya dalam melakukan eksperimen Tugas Akhir
8. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Kelautan yang telah memberikan banyak ilmu serta fasilitas selama penulis menjalani perkuliahan
9. Haryo Ontowiryo dan Dhifa Aulia selaku adik-adik dari penulis yang selalu memberikan semangat selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
10. Inaya Krista dan Andry Febrianto, partner sesama bidang *coating* yang selalu menyemangati penulis dan berbagi ilmu selama pengerjaan Tugas Akhir ini.

11. Damang Galuh, Nadya Inestafya, Silvy Mardhatila, Herin Muji, Andini Ari dan Dony Kusuma. Terimakasih atas semangat dan bantuannya.
12. Rekan-rekan Adhiwamastya P56-L34 yang selalu ada dan mendukung satu sama lain sejak awal perkuliahan.

Dan kepada seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan yang ikut turut berpartisipasi dalam pengerjaan tugas akhir ini, penulis mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya.



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
ABSTRAK .....	ii
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	4
1.6 Hipotesis Awal.....	4
1.7 Sistematika Penulisan .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Dasar Teori .....	8
2.2.1 Baja.....	8
2.2.2 Baja ASTM A36.....	10
2.2.3 Korosi .....	11
2.2.4 Jenis-Jenis Korosi.....	12
2.2.5 Metode Pencegahan Korosi.....	17
2.2.6 Pembersihan Permukaan (Surface Preparation).....	20
2.2.7 Dry Abrasive Blast Cleaning.....	23
2.2.8 Material Abrasif .....	24

2.2.9 Coating .....	26
2.2.10 Polyurethane Coating.....	28
2.2.11 Adhesion Test .....	29
2.2.12 Laju Korosi .....	30
2.2.13 Sel Tiga Elektroda .....	31
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>33</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	33
3.2 Prosedur Penelitian .....	35
3.2.1 Studi Literatur.....	35
3.2.2 Penentuan Spesifikasi Material dan Bahan .....	35
3.2.3 Persiapan Alat dan Bahan.....	36
3.2.4 Environmental Test .....	37
3.2.5 Proses Blasting .....	38
3.2.6 Pengecekan Visual Hasil Blasting.....	40
3.2.7 Pengujian Kekasaran Permukaan .....	41
3.2.8 Proses Pelapisan (Coating) Polyurethane.....	42
3.2.9 Pengukuran Wet Film Thickness.....	43
3.2.10 Pengukuran Dry Film Thickness .....	44
3.2.11 Pengujian Kekuatan Adhesi (Daya Lekat) Coating.....	44
3.2.12 Pengujian Laju Korosi (Sel 3 Elektroda).....	46
3.2.13 Analisa dan Pembahasan .....	47
3.2.14 Kesimpulan dan Saran .....	47
3.3 Rancangan Penelitian.....	48
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>50</b>
4.1 Prosedur Blasting dan Coating .....	51
4.1.1 Proses Blasting dengan Material Abrasif Pasir Silika.....	51
4.1.2 Proses Blasting dengan Material Abrasif Steel Grit.....	51
4.2 Hasil Environmental Test .....	52

4.3	Hasil Proses Blasting .....	52
4.4	Inspeksi Visual Hasil Blasting.....	53
4.5	Pengukuran Kekasaran Permukaan Spesimen.....	54
4.6	Proses Coating .....	57
4.7	Pengukuran Wet Film Thickness (WFT).....	58
4.8	Hasil Proses Coating.....	58
4.9	Pengukuran Dry Film Thickness (DFT) .....	59
4.10	Hasil Pengujian Daya Lekat (Adhesi) .....	60
4.11	Hasil Pengujian Korosi .....	63
4.12	Pemilihan Material Abrasif dan Ketebalan <i>Polyurethane Coating</i> ....	69
BAB V KESIMPULAN.....		71
5.1	Kesimpulan .....	71
5.2	Saran .....	72
DAFTAR PUSTAKA .....		73

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Korosi Homogen.....	12
<b>Gambar 2.2</b> Mekanisme Terjadinya Korosi Galvanik.....	13
<b>Gambar 2.3</b> Crevice Corrosion.....	14
<b>Gambar 2.4</b> Pitting Corrosion.....	14
<b>Gambar 2.5</b> Intergranular Corrosion .....	15
<b>Gambar 2.6</b> Fatigue Corrosion .....	16
<b>Gambar 2.7</b> Erosion Corrosion.....	16
<b>Gambar 2.8</b> Stress Corrosion.....	17
<b>Gambar 2.9</b> <i>Rust Grade</i> .....	20
<b>Gambar 2.10</b> Tingkat Kebersihan <i>Surface Preparation</i> .....	23
<b>Gambar 2.11</b> Mekanisme dari Proses <i>Dry Abrasive Blast Cleaning</i> .....	24
<b>Gambar 2.12</b> Sel Tiga Elektroda .....	32
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Akhir Pengerjaan Tugas Akhir .....	34
<b>Gambar 3.2</b> Spesimen Pengujian Adhesi .....	35
<b>Gambar 3.3</b> Spesimen Pengujian Laju Korosi .....	36
<b>Gambar 3.4</b> (a) <i>Sling Psychrometer</i> , (b) Tabel <i>Dew Point and Relative Humidity</i> .....	38
<b>Gambar 3.5</b> (a) Pasir Silika, (b) <i>Steel Grit</i> .....	39
<b>Gambar 3.6</b> Alat <i>Dry Abrasive Sand Blasting</i> .....	40
<b>Gambar 3.7</b> Tingkat Kebersihan SA 2,5 ISO 8501-1 .....	40
<b>Gambar 3.8</b> (a) Kalibrasi <i>Roughness Meter</i> , (b) Pengujian Spesimen .....	41
<b>Gambar 3.9</b> (a) Cat <i>Polyurethane</i> , (b) <i>Thinner</i> .....	42
<b>Gambar 3.10</b> <i>Air Spray Gun</i> .....	43
<b>Gambar 3.11</b> <i>Wet Film Comb</i> .....	43
<b>Gambar 3.12</b> Pengukuran <i>Dry Film Thickness</i> .....	44
<b>Gambar 3.13</b> (a) dolly, (b) lem, (c) <i>Portable Adhesion Tester</i> .....	46
<b>Gambar 3.14</b> Spesimen yang telah dipasang <i>dolly</i> .....	46

<b>Gambar 3.15</b> Proses Pengujian Korosi .....	47
<b>Gambar 4.1</b> Spesimen Sebelum di <i>Blasting</i> .....	53
<b>Gambar 4.2</b> Spesimen Sesudah di <i>Blasting</i> dengan (a) <i>Steel Grit</i> , (b) Silika .....	53
<b>Gambar 4.3</b> Hasil Visual <i>Blasting</i> dengan Material Abrasif Pasir Silika.....	54
<b>Gambar 4.4</b> Hasil Visual <i>Blasting</i> dengan Material Abrasif <i>Steel Grit</i> .....	54
<b>Gambar 4.5</b> Hasil Proses Coating Cat <i>Polyurethane</i> .....	59
<b>Gambar 4.6</b> Pengujian Daya Lekat Cat (a) <i>Steel Grit</i> (b) Pasir Silika .....	61
<b>Gambar 4.7</b> Grafik Nilai Kekuatan Adhesi Cat.....	63
<b>Gambar 4.8</b> Kurva Tafel <i>Blasting</i> Pasir Silika 60 ( $\mu\text{m}$ ) .....	64
<b>Gambar 4.9</b> Kurva Tafel <i>Blasting</i> Pasir Silika 80 ( $\mu\text{m}$ ) .....	65
<b>Gambar 4.10</b> Kurva Tafel <i>Blasting</i> Pasir Silika 100 ( $\mu\text{m}$ ) .....	65
<b>Gambar 4.11</b> Kurva Tafel <i>Blasting Steel Grit</i> 60 ( $\mu\text{m}$ ) .....	66
<b>Gambar 4.12</b> Kurva Tafel <i>Blasting Steel Grit</i> 80 ( $\mu\text{m}$ ) .....	66
<b>Gambar 4.13</b> Kurva Tafel SK 9, <i>Blasting Steel Grit</i> 100 ( $\mu\text{m}$ ) .....	67
<b>Gambar 4.14</b> Grafik Perbandingan Nilai Laju Korosi.....	69

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Komposisi Baja Karbon Rendah ASTM A36 ( <i>ASTM, 2004</i> ) .....	10
<b>Tabel 2.2</b> Kekuatan Baja Karbon Rendah ASTM A36 ( <i>ASTM,2004</i> ) .....	11
<b>Tabel 2.3</b> Jenis-Jenis Material Abrasif .....	26
<b>Tabel 2.4</b> Ketahanan Beberapa Jenis Cat pada Lingkungan yang Berbeda .....	29
<b>Tabel 2.5</b> Tingkat Ketahanan Korosi berdasarkan laju korosi .....	31
<b>Tabel 3.1</b> Rancangan Penelitian Tugas Akhir .....	48
<b>Tabel 3.1</b> Rancangan Penelitian Tugas Akhir (Lanjutan) .....	49
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Pengukuran Data Lingkungan .....	52
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan Blasting dengan Pasir Silika .....	55
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan Blasting dengan <i>Steel Grit</i> .	56
<b>Tabel 4.4</b> Perhitungan <i>Wet Film Thickness</i> .....	58
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Pengukuran <i>Dry Film Thickness</i> pada Blasting dengan Pasir Silika .....	59
<b>Tabel 4.6</b> Hasil Pengukuran <i>Dry Film Thickness</i> pada Blasting dengan <i>Steel Grit</i> .....	60
<b>Tabel 4.7</b> Hasil Pengujian Daya Lekat Cat .....	61
<b>Tabel 4.8</b> Hasil Pengujian Laju Korosi .....	67
<b>Tabel 4.9</b> Data Hasil Pengujian .....	69

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Logam baja merupakan material utama yang umum digunakan dalam industri minyak dan gas khususnya pada konstruksi bangunan lepas pantai dan *floating vessel*. Jenis logam baja yang banyak digunakan pada industri ini ialah baja karbon rendah karena baja karbon rendah memiliki keuletan yang tinggi dan mudah di *machining* (Debrita, 2017). Namun seiring dengan bertambahnya waktu operasi dari bangunan lepas pantai serta kontak dengan air laut secara langsung dan terus-menerus, baja juga dapat mengalami penurunan kualitas berupa terjadinya korosi.

Korosi ialah kerusakan atau degradasi logam akibat adanya reaksi elektrokimia antara logam yang berfungsi sebagai anoda dengan zat lain di lingkungannya yang berfungsi sebagai katoda sehingga tercipta reaksi reduksi oksidasi (redoks) dan menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak diinginkan. Korosi merupakan salah satu penyebab utama kegagalan dari suatu struktur, terutama pada struktur yang berkecimpung di dunia Industri Kelautan (Rialdo, 2019). Korosi dapat menurunkan kekuatan fisik dan mekanik material serta dapat mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk permukaan material yang akan berdampak pada menurunnya produktivitas dan berkurangnya umur struktur. Pada bangunan lepas pantai, jenis korosi yang akan dihadapi diantaranya *bio-corrosion*, korosi kelelahan (*fatigue corrosion*), , dan korosi seragam (*uniform corrosion*) (Manurung, 2017). Proses terjadinya korosi tidak dapat dihindari dan dihentikan, namun hanya dapat dikendalikan berupa diperlambat lajunya. Salah satu usaha untuk mengendalikan korosi adalah memisahkan logam dan lingkungan yang korosif dengan menggunakan lapis lindung atau *coating* (Candrasasi, 2017).

Menurut Nugroho (2016), pelapisan (*Coating*) adalah proses untuk melapisi suatu bahan dasar (*substrate*) yang bertujuan untuk melindungi material dari korosi dan memberikan perlindungan pada material. *Coating* yang baik harus memiliki sifat-sifat diantaranya memiliki kekuatan adhesi yang

tinggi pada permukaan logam, ketahanan terhadap aliran elektron yang besar, serta memiliki ketebalan yang cukup agar perlindungan material terhadap korosi lebih besar. Salah satu jenis cat yang tengah dikembangkan penggunaannya ialah *polyurethane*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Nasoetion (2012) dan Widhawardana (2017), *polyurethane coating* memiliki daya lekat dan ketahanan korosi yang baik untuk diaplikasikan pada lingkungan maritim. Namun masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai ketebalan *polyurethane coating* yang tepat untuk aplikasi di lingkungan maritim agar cat dapat memberikan perlindungan yang sempurna sehingga laju korosi yang terjadi pada struktur semakin rendah. Hal ini didukung dengan hasil penelitian dari Afandi (2015), bahwa semakin tebal lapisan suatu *coating* tidak menjamin *coating* tersebut dapat melindungi material dengan sempurna.

Hudson (1982) berpendapat bahwa keberhasilan dari proses *coating* sangat tergantung pada proses *surface preparation*, dimana proses ini akan mempengaruhi kekuatan adhesi dari material. Teknik dari *surface preparation* sangat beragam, namun yang sering digunakan dalam dunia industri migas ialah teknik *blasting*. *Blasting* merupakan proses penembakan partikel abrasif ke permukaan material sehingga menimbulkan gesekan atau tumbukan untuk menghilangkan material-material yang terkontaminasi oleh karat, cat, oli garam, dan lain-lain (Aji, 2018). Pemilihan dan penggunaan material abrasif yang tepat dapat meningkatkan daya lekat cat.

Menurut Pratama (2016) dan Nugroho (2016), nilai kekasaran permukaan dan ketebalan cat berpengaruh signifikan terhadap kekuatan adhesi dan nantinya kekuatan adhesi ini akan mempengaruhi ketahanan korosi suatu material. Oleh karena itu, dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan analisis pengaruh variasi material abrasif dan ketebalan *polyurethane coating* pada baja ASTM A36 terhadap kekuatan adhesi dan laju korosi di lingkungan air laut.



## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dapat dirumuskan berdasarkan uraian latar belakang diatas ialah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh material abrasif terhadap profil kekasaran permukaan baja ASTM A36?
2. Bagaimana pengaruh variasi material abrasif dan ketebalan *polyurethane coating* terhadap kekuatan adhesi (daya lekat) pada baja ASTM A36?
3. Bagaimana pengaruh variasi material abrasif dan ketebalan *polyurethane coating* terhadap laju korosi pada baja ASTM A36?
4. Material abrasif dan ketebalan cat yang manakah yang paling cocok untuk *polyurethane coating* pada baja ASTM A36 di lingkungan laut?

## 1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian dalam tugas akhir ini antara lain :

1. Mendapatkan nilai kekasaran permukaan material baja ASTM A36 yang telah di *blasting* dengan variasi material abrasif
2. Mendapatkan nilai kekuatan adhesi (daya lekat) dari baja ASTM A36 yang diberikan variasi material abrasif dan ketebalan *polyurethane coating*.
3. Mendapatkan nilai laju korosi dari baja ASTM A36 yang diberikan variasi material abrasif dan ketebalan *polyurethane coating*.
4. Mendapatkan jenis material abrasif dan nilai ketebalan cat yang paling cocok untuk *polyurethane coating* pada baja ASTM A36 di lingkungan air laut.

## 1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian pada tugas akhir ini ialah :

1. Memberikan referensi dalam menggunakan material abrasif pada proses *blasting* baja ASTM A36 agar dapat menghasilkan kekuatan adhesi cat khususnya jenis *polyurethane* yang maksimal.

2. Memberikan referensi ketebalan *polyurethane coating* yang tepat untuk diaplikasikan pada struktur bangunan laut dan dapat melindungi material dari korosi secara optimal
3. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi yang berkesinambungan dengan penelitian-penelitian sebelumnya mengenai pengaruh antara material abrasif dan ketebalan *polyurethane coating* terhadap kekuatan adhesi dan laju korosi di lingkungan air laut

### 1.5 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian ini, maka diperlukan batasan-batasan masalah diantaranya sebagai berikut :

1. Material yang digunakan ialah pelat baja ASTM A36.
2. Metode *surface preparation* menggunakan ISO 8501-1 Grade SA 2,5.
3. Variasi material abrasif yang digunakan untuk proses blasting antara lain pasir silika dan *steel grit*.
4. Menggunakan satu jenis *coating* yaitu *polyurethane*.
5. Variasi ketebalan *polyurethane coating* yang digunakan antara lain 60  $\mu\text{m}$ , 80  $\mu\text{m}$ , dan 100  $\mu\text{m}$
6. Metode pengaplikasian *coating* menggunakan metode *spray*.
7. Perhitungan laju korosi menggunakan metode elektrokimia (sel 3 elektroda) dengan media elektrolit NaCl 3,5%.

### 1.6 Hipotesis Awal

Berikut merupakan hipotesis awal yang digunakan sebagai acuan sebelum dilakukannya penelitian :

1. Pada saat proses *blasting*, material abrasif yang memiliki nilai kekasaran yang paling tinggi akan meningkatkan nilai kekuatan adhesi cat namun nilai laju korosi yang dihasilkan semakin rendah.
2. Semakin besar ketebalan *polyurethane coating* yang diberikan pada spesimen membuat nilai kekuatan adhesi cat akan semakin kecil dan nilai laju korosi yang dihasilkan juga semakin rendah.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan dalam penelitian tugas akhir yang dilakukan ialah sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang permasalahan yang diambil sebelum memulai penelitian, rumusan masalah dan tujuan untuk menjawab permasalahan, manfaat yang didapat dari penelitian yang dilakukan, batasan masalah untuk membatasi ruang lingkup penelitian yang dilakukan, hipotesis awal sebagai acuan penelitian dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

Bab ini berisi teori-teori yang digunakan sebagai referensi, acuan serta pedoman dalam mengerjakan dan menyelesaikan tugas akhir yang bersumber dari jurnal lokal maupun internasional, buku teks, *code*, dan referensi lain yang berkaitan dengan topik yang dibahas.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini membahas mengenai alur pengerjaan tugas akhir mulai dari awal hingga akhir yang dijelaskan dengan menggunakan diagram alir dan diberikan pula penjelasan secara detail mengenai masing-masing tahapan pengerjaan yang di lakukan.

### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menunjukkan data-data yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan serta analisa dari tiap pengujian yang dilakukan.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi uraian secara singkat mengenai hasil penelitian yang di lakukan sebagai jawaban atas rumusan masalah yang diberikan pada bab pendahuluan. Diberikan pula saran yang dapat bermanfaat untuk mengembangkan penelitian lebih lanjut lagi.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Baja merupakan material utama dalam pembuatan struktur bangunan lepas pantai dan *floating vessel* pada industri minyak dan gas. Baja tergolong logam paduan yang mana logam besi menjadi unsur dasar dengan campuran beberapa elemen lain yang termasuk didalam adalah karbon. Karbon menjadi tolak ukur atas pembagian Jenis baja dengan mengacu pada tingkat kandungan unsur karbon yang berkisar 0.2 % hingga 2.1% berat sesuai dengan *grade*-nya (Azis, 2017). Adapun jenis baja yang paling sering digunakan dan diaplikasikan pada suatu konstruksi kapal adalah baja karbon rendah. Penggunaan baja karbon rendah banyak digunakan karena baja karbon rendah memiliki keuletan yang tinggi dan mudah di *machining* (Debrita, 2017). Dalam aplikasi di dunia nyata, paparan terhadap lingkungan laut secara terus menerus adalah salah satu tantangan utama untuk bangunan-bangunan lepas pantai, terutama bangunan dengan material utama baja. Air laut sangat korosif dibandingkan dengan air biasa dan sifat korosif itu akan meningkat seiring dengan bertambahnya salinitas, konsentrasi oksigen, PH, dan temperatur (Kirchgeorg dkk, 2018).

Anggaretno, dkk (2012) menyebutkan korosi adalah penurunan mutu logam yang disebabkan oleh reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungan sekitarnya. Berdasarkan teori kimia, korosi terjadi akibat adanya reaksi oksidasi dan reduksi antara material dengan lingkungannya. Korosi pada dasarnya tidak akan dapat dihindari akan tetapi dapat dikendalikan lajunya sehingga dapat diketahui masa pakai dari sebuah logam (Anam, 2019). Korosi membawa sangat banyak kerugian pada struktur, dan salah satu metode untuk memperlambat terjadinya korosi ialah *coating* atau pelapisan.

*Coating* atau pelapisan merupakan metode pencegahan korosi yang umum digunakan pada industri minyak dan gas. Aplikasi dari pelapisan cenderung mudah dan tanpa batas ukuran permukaan yang dapat dilapisi oleh cat (Hudson, 1982). Selain itu *coating* juga memberikan gaya apung negatif (*negative buoyancy force*), memberikan fungsi anti-slip pada permukaan substrat dan

beberapa fungsi lainnya (Holmberg, K. dan Matthews, A. 2010). Beberapa jenis bahan untuk *coating* telah ditemukan dan digunakan dalam industri kemaritiman, salah satunya ialah *polyurethane*. Samimi (2012) menyebutkan bahwa *polyurethane coating* memiliki sifat adhesi tinggi, ketahanan korosi tinggi terutama *microbial corrosion*, dan memiliki ketahanan terhadap kimia dan suhu yang tinggi. Penelitian lain yang telah dilakukan Nasoetion (2012) dan Widhawardana (2017) menyebutkan *polyurethane coating* memiliki daya lekat dan ketahanan korosi yang baik untuk diaplikasikan pada lingkungan maritim. Oleh karena itu, ketebalan cat *polyurethane* yang tepat akan membuat perlindungan terhadap material semakin baik sehingga laju korosi pada bangunan semakin rendah.

80% keberhasilan suatu proses *coating* sangat bergantung pada proses *surface preparation* yang dilakukan. Salah satu metode yang umum dijumpai adalah dengan metode *blasting*. *Blasting* dapat diartikan sebagai suatu tindakan menembakkan partikel material abrasif pada kecepatan tinggi untuk membersihkan permukaan (Chaitanya, 2019). Beberapa material abrasif yang paling umum digunakan antara lain *bar shoot*, *coal slag*, *copper slag*, garnet, pasir silika, *aluminium oxide* dan *steel grit* (Kambham, 2007). Setiap material abrasif memiliki tingkat kekerasan yang berbeda, oleh karena itu penggunaan material abrasif yang berbeda akan menghasilkan kekasaran yang berbeda. Kekasaran pada material ini akan berkaitan dengan adhesi material terhadap cat (Harris, 1999).

Melalui penelitian ini, akan dilakukan analisa lebih lanjut mengenai pengaruh variasi material abrasif saat proses *blasting* dan ketebalan cat pada *coating polyurethane* terhadap kekuatan adhesi dan laju korosi pada baja ASTM A36.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Baja**

Baja merupakan logam paduan dengan besi (Fe) sebagai unsur dasar dan karbon (C) sebagai unsur paduannya. Unsur karbon dapat membuat baja menjadi keras dan rapuh, oleh karenanya sifat keras lunaknya baja

bergantung pada presentase karbon yang dimiliki (Bangun, 2017). Kandungan karbon pada baja berkisar antara 0,2% - 2,1% sesuai dengan gradenya. Semakin banyak kandungan karbon pada baja maka baja akan semakin keras dan kekuatan tariknya semakin besar, namun di satu sisi makin banyak kandungan karbon maka baja akan semakin getas dan keuletannya akan berkurang sehingga mudah patah. Bila satu atau lebih logam ditambahkan kedalam baja karbon dalam jumlah yang cukup maka akan diperoleh sifat-sifat baja yang baru, hasil ini dikenal dengan baja paduan. Logam paduan yang umum digunakan adalah nikel, mangan, khrom, dan vanadium. Baja dapat diklasifikasikan sebagai berikut

a. Baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah ialah baja yang memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3%. Baja ini bersifat mudah ditempa, mudah untuk dimesin, dan juga mudah untuk diberikan perlakuan pengelasan. Walaupun relatif lunak, namun baja karbon rendah memiliki ketangguhan dan keuletan yang tinggi. Pada industri minyak dan gas, baja jenis ini biasa dijadikan material utama dalam pembuatan bangunan lepas pantai dan *floating vessel*.

b. Baja karbon menengah (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon menengah memiliki kekuatan dan kekerasan yang lebih tinggi disbanding baja karbon rendah. Hal ini karena baja karbon menengah memiliki konsentrasi karbon berkisar antara 0,3% sampai dengan 0,6%. Karena memiliki tingkat kekuatan yang lebih tinggi membuat baja ini memiliki kualitas perlakuan panas yang tinggi, tidak mudah dibentuk oleh mesin, sulit dilakukan pengelasan, dan dapat dikeraskan dengan baik. Baja karbon menengah sering digunakan untuk bahan baut, mur, piston, dan roda gigi.

c. Baja karbon tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon yang lebih besar lagi yaitu berkisar antara 0,7% sampai dengan 1,3%. Hal ini membuat baja karbon tinggi sangat tahan terhadap panas, memiliki kekerasan yang tinggi akan tetapi memiliki keuletan yang lebih rendah disbanding baja

karbon rendah dan sedang. Baja ini memiliki kekuatan tarik yang tinggi sehingga banyak digunakan sebagai alat alat seperti pegas (per), perkakas, gergaji, dan lain-lain.

### 2.2.2 Baja ASTM A36

Baja ASTM A36 merupakan jenis material baja karbon rendah (*low carbon steel*) karena mengandung karbon antara 0,1% - 0,3%. Jenis baja ini biasa digunakan dalam industri minyak dan gas yaitu sebagai material utama struktur bangunan lepas pantai dan *floating vessel* karena baja ASTM A36 memiliki kekerasan yang sangat kuat serta mudah untuk perlakuan pengelasan. Baja ASTM A36 juga sangat bagus sebagai material dasar untuk proses pelapisan galvanis maupun *coating* sebagai bentuk pencegahan terhadap korosi. Dibawah ini ialah tabel komposisi dan kekuatan baja ASTM A36 sebagai berikut (ASTM,2004) :

**Tabel 2.1** Komposisi Baja Karbon Rendah ASTM A36 (*ASTM, 2004*)

Elements	Tebal Pelat (mm)				
	≤20	20 – 40	40-65	65-100	>100
Copper, Cu	0,2 %	0,2 %	0,2 %	0,2 %	0,2 %
Carbon, C	0,25%	0,25%	0,26%	0,27%	0,29%
Mnganese, Mn	-	-	0,18 - 1,2%	0,08 - 1,2%	0,08 – 1,2%
Phosporus, P	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%
Sulfur, S	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%
Silicon, Si	0,04%	0,04%	0,15 – 0,4%	0,15 – 0,4%	0,15 – 0,4%



**Tabel 2.2** Kekuatan Baja Karbon Rendah ASTM A36 (*ASTM,2004*)

<b>Properties</b>	<b>Amount</b>
Tensile Strength, Ultimate	400-550 Mpa
Tensile Strength, Yield	250 Mpa
Elongation at Break	23,0%
Modulus of Elasticity	200 Gpa
Poisson Ratio	0,260
Shear Modulus	79,3 Gpa

### **2.2.3 Korosi**

Korosi merupakan proses pengrusakan logam atau penurunan mutu suatu logam akibat pengaruh lingkungannya. Secara detail korosi ialah kerusakan atau degradasi logam akibat adanya reaksi elektrokimia antara logam yang berfungsi sebagai anoda dengan zat lain di lingkungannya yang berfungsi sebagai katoda sehingga tercipta reaksi reduksi oksidasi (redoks) dan menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak diinginkan. Korosi tidak dapat dihentikan namun hanya dapat diperlambat lajunya. Kondisi lingkungan sangat berpengaruh terhadap tingkat korosifitas suatu material. Keadaan lingkungan yang terlalu asam, panas, lembab, serta adanya mikroorganisme disekitar material akan semakin mempercepat terjadinya korosi. Faktor-faktor yang mempengaruhi cepat laju korosi ialah :

#### **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.

### 4. Tingkat keasaman lingkungan (pH)

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

## 2.2.4 Jenis-Jenis Korosi

Berdasarkan bentuk dan mekanisme terjadinya, secara umum terdapat beberapa jenis korosi diantaranya yaitu :

### 1. Korosi Homogen (*Uniform Corrosion*)

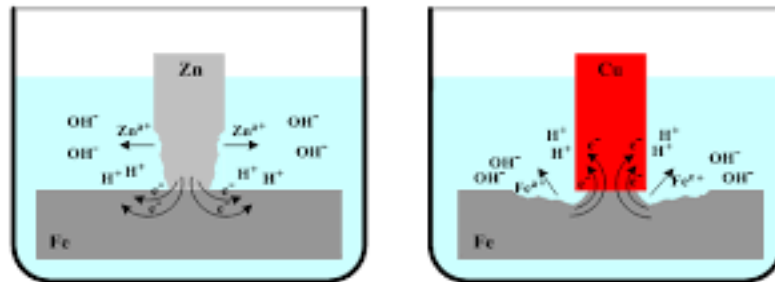
Korosi merata atau biasa disebut *uniform corrosion* merupakan korosi yang biasa terjadi di banyak material. Korosi jenis ini terjadi karena reaksi reduksi dan oksidasi tersebar secara merata pada seluruh permukaan material dan memiliki laju korosi yang relatif sama. *Uniform corrosion* dapat dicegah melalui proses pelapisan atau dengan memberikan proteksi katodik.



**Gambar 2.1** Korosi Homogen  
(Sumber : [cdcorrosion.com](http://cdcorrosion.com))

## 2. Korosi Galvanik (*Galvanic Corrosion*)

Korosi galvanik merupakan korosi yang terjadi akibat kontak secara langsung antara dua jenis logam yang memiliki potensial elektron yang berbeda. Bertemunya dua logam ini akan menghasilkan aliran elektron dari logam yang kurang mulia (anodik) menuju ke logam yang lebih mulia (katodik). Posisi logam pada deret volta akan menunjukkan logam mana yang bersifat anodik dan katodik. Logam yang bekerja sebagai anodik akan melepaskan elektron dan menjadi ion positif sedangkan logam yang bekerja sebagai katoda akan menerima elektron. Hal inilah yang menyebabkan logam yang lebih anodik terkorosi sementara logam katodik akan terlindungi.



**Gambar 2.2** Mekanisme Terjadinya Korosi Galvanik  
(Sumber : *substech.com*)

## 3. Korosi Celah (*Crevice Corrosion*)

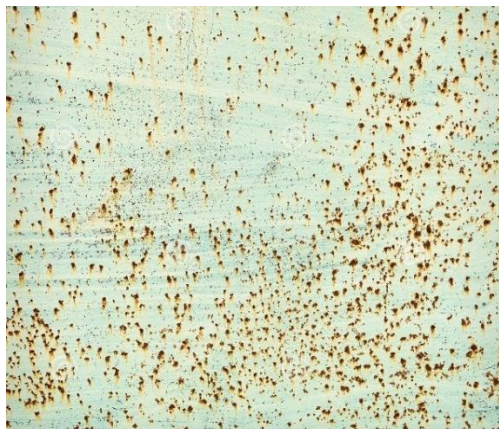
Korosi celah ialah korosi yang kerap kali terjadi pada celah maupun permukaan tertutup dari suatu logam yang terletak pada *corrosive media*. Korosi jenis ini biasanya terjadi pada skala kecil dari larutan yang terperangkap melalui lubang, gasket, *lap joint*, maupun baut. Adanya korosi ini bisa ditandai dengan munculnya warna coklat di sekitar celah.



**Gambar 2.3** Crevice Corrosion  
(Sumber : *dirigomaritime.com*)

4. Korosi Sumuran (*Pitting Corrosion*)

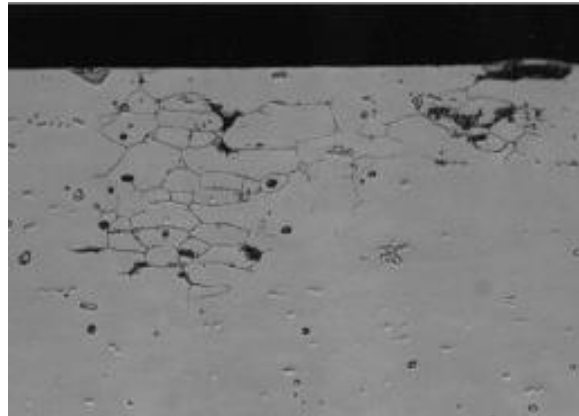
Korosi sumuran atau *pitting corrosion* merupakan bentuk serangan korosi di suatu area kecil pada logam. Jenis korosi ini berbentuk seperti lubang sumur, oleh karena itu disebut korosi sumuran. Korosi ini merupakan jenis korosi yang merusak dan berbahaya sebab bentuk korosinya yang tidak lebar melainkan membentuk suatu lubang yang dalam. Korosi sumuran juga cukup sulit diamati bila tidak menggunakan alat tertentu.



**Gambar 2.4** Pitting Corrosion  
(Sumber : *dreamstime.com*)

5. Korosi Batas Butir (*Intergranular Corrosion*)

*Intergranular corrosion* merupakan jenis korosi yang terjadi pada batas butir logam. Logam merupakan susunan butiran-butiran kristal yang saling terikat dan membentuk mikrostruktur. Butiran-butiran yang terletak dipermukaan dinamakan batas butir. Korosi batas butir mengakibatkan logam kehilangan kekuatan dan keuletannya. Metode pencegahan korosi batas butir diantaranya dengan menambahkan paduan logam, menurunkan kadar karbon, dan menghindari perlakuan pengelasan pada material.



**Gambar 2.5** Intergranular Corrosion  
(Sumber : *sciencedirect.com*)

6. Korosi Kelelahan (*Fatigue Corrosion*)

Yaitu peristiwa larutnya salah satu komponen dari suatu paduan yang mengakibatkan paduan yang tersisa akan menjadi berpori. Paduan yang berpori ini menyebabkan ketahanan korosi dari paduan tersebut berkurang.



**Gambar 2.6** Fatigue Corrosion  
(Sumber : *Askitians.com*)

7. Korosi Erosi (*Erosion Corrosion*)

Korosi erosi ialah korosi yang disebabkan oleh pergerakan fluida yang korosif pada permukaan logam. Korosi jenis ini banyak dijumpai pada pipa bawah laut maupun pipa-pipa pada anjungan lepas pantai yang berfungsi mengangkut minyak dari perut bumi untuk kemudian diolah diatas anjungan.



**Gambar 2.7** Erosion Corrosion  
(Sumber : *pipingbloging.wordpress.com*)

8. Korosi Tegangan (*Stress Corrosion*)

*Stress Corrosion* atau biasa disingkat SCC (*Stress Corrosion Cracking*) adalah jenis korosi yang disebabkan oleh 2 hal yaitu lingkungan yang korosif dan tegangan tarik yang terjadi akibat

*material stress*. Apabila material yang berkarat mendapatkan tegangan berlebih, maka material tersebut akan *crack*. Cara pengendalian *Stress Corrosion* ialah dengan cara menurunkan tegangan yang ditanggung material, memperbesar area potongan, menurunkan tegangan sisa termal, dan mengurangi beban luar.



**Gambar 2.8** Stress Corrosion  
(Sumber : *metallurgyfordummies.com*)

#### 9. *Biological Corrosion*

*Biological corrosion* adalah korosi yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme disekitar material seperti bakteri, jamur, alga, dan protozoa. Mekanisme terjadinya korosi ini ialah mikroorganisme yang berada didekat material akan membentuk lapisan film tipis yang lambat laun akan menipiskan material.

#### 2.2.5 Metode Pencegahan Korosi

Proses terjadinya korosi tidak dapat dihentikan namun hanya bisa dikendalikan atau diperlambat lajunya (Ardianto, 2017). Seperti yang telah disebutkan diatas bahwa korosi merupakan hasil reaksi antara paduan dan lingkungannya, maka metode pencegahan korosi dapat berfokus pada kontrol lingkungan atau menentukan paduan material yang sesuai. Menurut Chandler (1985), Metode pencegahan korosi dapat dikelompokkan sebagai berikut :

##### 1. Pelapisan (*Coating*)

*Coating* ialah metode yang paling umum dalam hal mencegah atau mengendalikan korosi. Dalam metode ini tidak ada unsur-unsur

elektrokimia yang digunakan melainkan hanya untuk melindungi material dari lingkungan yang korosif. Ada 2 jenis pelapisan, yaitu :

- a. *Liquid coating*, adalah melakukan pengecatan pada permukaan baja, agar baja tersebut bisa terlindungi oleh korosi.
- b. *Concrete coating*, adalah pelapisan baja dengan cara melapisi baja dengan beton, biasanya hal ini dilakukan pada konstruksi - konstruksi bangunan gedung di perkotaan.

Terdapat 3 komponen dasar di dalam *liquid coating*, yaitu *pigment*, *binder*, dan *solvent*. Berikut adalah penjelasan mengenai komponen – komponen yang terdapat di dalam cat:

a. *Pigment*

Fungsi *pigment* yang terdapat pada cat dasar (*primer coat*) adalah sebagai penghambat serangan korosi pada logam yang cara kerjanya bersifat pasif, yaitu *pigment* yang tidak bereaksi dengan lingkungan akan membentuk suatu senyawa kompleks dengan oksida logam sehingga terjadi suatu lapisan yang pasif.

b. *Binder*

*Binder* adalah suatu senyawa polimer yang berfungsi untuk menentukan karakter dari lapisan cat. Oleh karena itu *binder* merupakan bahan yang penting bagi formulasi cat, karena sebagian besar komposisi cat mengandung bahan jenis ini.

c. *Solvent*

*Solvent* pada cat berfungsi untuk melarutkan material binder dan mengurangi kekentalan *coating* untuk memudahkan aplikasi. *Solvent* juga mengendalikan pengeringan film, adhesi, dan umur film.

## 2. Pemilihan Material yang Baik

Penggunaan material tahan korosi dapat dianggap sebagai peningkatan dalam kontrol anodik. Namun, untuk komponen besar dan anggota struktural pada suatu struktur bangunan laut, biaya material adalah elemen penting dalam ekonomi secara keseluruhan



dan umumnya material yang lebih tahan korosi hanya akan digunakan dalam keadaan khusus. Baja karbon adalah material termurah dari semua paduan konstruksi. Akan tetapi, untuk sejumlah komponen kecil yang terbatas atau untuk suku cadang presisi tertentu, biaya bahan mungkin dapat menjadi pertimbangan kecil dan paduan selain baja dapat digunakan.

### 3. Proteksi Katodik

Ketika terdapat dua logam paduan yang berbeda digabungkan bersama dalam elektrolit, salah satu dari mereka umumnya berkarat pada tingkat yang lebih tinggi sementara yang lainnya terlindung. Baja umumnya terkorosi pada tingkat yang lebih tinggi tetapi ketika bergabung dengan logam tertentu, terutama aluminium, magnesium dan seng, maka baja akan terlindungi dan logam yang digabungkan akan terkorosi terlebih dahulu. Ini merupakan konsep dari metode pencegahan korosi dengan cara proteksi katodik

### 4. Mengontrol Lingkungan

Jika lingkungan dapat diubah menjadi kurang korosif, maka tentu hal ini akan mengurangi korosi dari paduan material yang ada. Metode ini secara umum hanya dapat digunakan pada ruang tertutup atau sistem air tertutup. Metode ini banyak digunakan untuk mengontrol korosi pada suatu komponen yang sedang dalam perjalanan

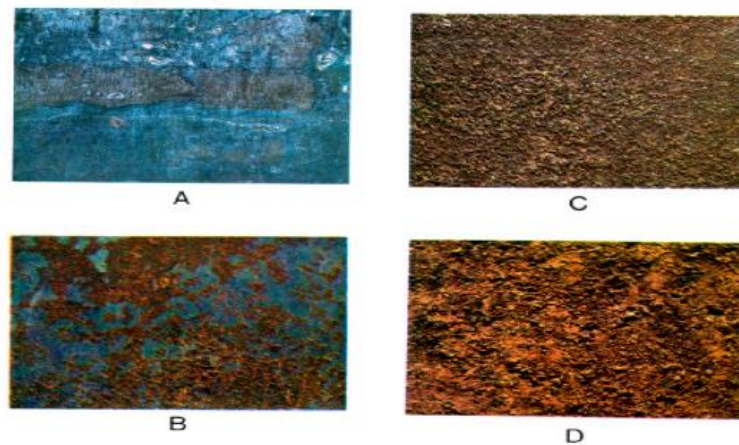
### 5. Desain

Dari sudut pandang mengenai permasalahan korosi, desain dapat dipertimbangkan sebagai salah satu metode pencegahan korosi dalam kaitannya dengan perencanaan dan pelaksanaan proyek yang tepat. Hal ini mencakup proses pembuatan gambar konstruksi, pemilihan bahan dan tindakan kontrol. Sebagai contoh pembuatan *drawing board* harus disertai pula keterangan yang menunjukkan tempat kubangan air, celah, penempatan lubang drainase, dan akses untuk pemeliharaan sehingga korosi dapat diperlambat dan umur struktur akan lebih lama

### 2.2.6 Pembersihan Permukaan (Surface Preparation)

*Surface preparation* merupakan tahapan paling awal yang dilakukan pada material sebelum dilakukan proses *coating*. *Surface Preparation* ialah proses menghilangkan cat lama, karat dan kontaminan lain dari permukaan dan membentuk profil kekasaran untuk adhesi terhadap cat baru (Kambham, 2007). Tahapan ini sangat berpengaruh terhadap kemampuan material dalam mengikat lapisan *coating*. Kehadiran sejumlah kecil kontaminan pada permukaan seperti: minyak, oksida dll dapat merusak dan mengurangi kekuatan adhesi lapisan pada substrat secara fisik (Hudson, 1982). Beragam metode *surface preparation* yang digunakan antara lain kan antara lain *dry abrasive blasting*, *wet abrasive blasting*, *hydro blasting*, *chemical stripping*, dan *vacuum blasting* dan setiap metode memiliki tujuan yang berbeda-beda dalam membersihkan permukaan (Zakaria, 2019).

Sebelum di lakukan *surface preparation*, *rust grade* material diidentifikasi dulu untuk mengetahui perlakuan *surface preparation* seperti apa yang diberikan pada material tersebut. *Rust grade* terdiri dari 4 kategori



**Gambar 2.9** *Rust Grade*  
(Sumber : ISO 8501)

- a. Rust Grade A : Permukaan besi tertutupi Mill Scale dan sedikit karat
- b. Rust Grade B : Permukaan besi sudah mulai berkarat dan beberapa bagian Mill Scale sudah mulai mengelupas
- c. Rust Grade C : Mill Scale sudah berkarat dan terdapat beberapa bagian sedikit titik-titik karat pada permukaan besi

- d. Rust Grade D : Mill Scale sudah berkarat dan terdapat karat diatas permukaan dasar besi yang dapat dilihat mata normal

Pada proses *surface preparation* terdapat pula tingkat kebersihan yang nantinya mempengaruhi kekuatan adhesi cat pula. Tingkat kebersihan pada metode *surface preparation* terdiri dari :

1. SA 3 (*White Metal Cleaning*)

Tingkat Tingkat kebersihan SA 3 merupakan tingkat kebersihan yang paling tinggi karena di tingkatan ini material benar-benar bersih dari minyak, *grease*, debu, *mill scale*, karat, dan bekas cat lama. Dalam tingkatan ini material akan memunculkan warna aslinya.

2. SA 2.5 (*Near White Cleaning*)

Tingkat kebersihan SA 2.5 menghasilkan material bersih dari minyak, *grease*, debu, *mill scale*, karat, dan bekas cat lama. Sisa kotoran yang tertinggal hanyalah karat tipis yang berupa titik-titik atau garis-garis.

3. SA 2 (*Commercial Blast Cleaning*)

Tingkat kebersihan SA 2 menghasilkan material yang permukaannya bersih dari minyak, *grease*, debu, dan sebagian besar *mill scale*, karat, dan bekas cat lama. Namun kotoran yang melekat sangat kuat diatas permukaan besi tidak dapat dihilangkan.

Terdapat beberapa faktor yang penting untuk diperhatikan saat melakukan proses *surface preparation*, diantaranya :

a. Kebersihan (*Cleanliness*)

Kebersihan dari material merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam melakukan *surface preparation*. Material yang akan di *coating* tidak boleh terkontaminasi oleh minyak, oksida, dan karat karena akan mempengaruhi kemampuan material dalam mengikat lapisan *coating*. Untuk standard acuan yang digunakan untuk

kebersihan material adalah Standard Internasional ISO 8501-1 “*Visual Assesment of Surface Cleanliness*”.

b. Kekasaran permukaan

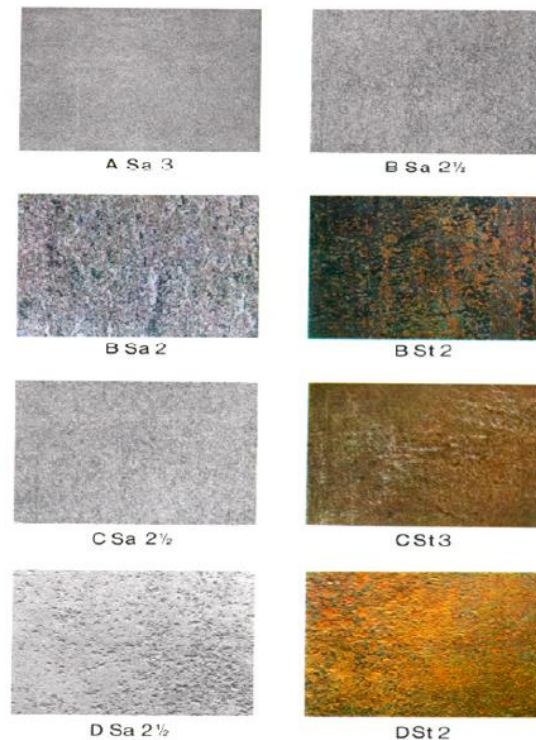
Kekasaran permukaan merupakan tingkat kekasaran permukaan material setelah dilakukan proses *blasting*. Nilai kekasaran permukaan umumnya dinyatakan dalam microinch atau mikron berdasarkan unit standart nasional Amerika

c. Kadar garam (*Soluble Salt*)

Kadar garam yang terdapat pada material sangat berpengaruh pada ketahanan material pada karat karena semakin besar kadar garam yang terkandung maka proses karat akan semakin cepat. Jadi kadar garam yang terdapat pada material harus seminimal mungkin, biasanya kandungan kadar garam yang diperbolehkan untuk proses aplikasi *epoxy* ini maksimal 2 mg/cm<sup>2</sup>.

d. Kelembaban (*Relative Humidity*)

*Relative humidity* adalah tingkat kadar uap air yang ada pada ruangan dimana akan dilakukan proses *blasting*. Biasanya *relative humidity* diukur dalam satuan persen, dan batasan maksimumnya adalah 85. Jadi jika *relative humidity* kurang dari atau sama dengan 85% maka proses *blasting* dapat dilakukan, tetapi jika *relative humidity* lebih besar dari 85% maka proses *blasting* tidak boleh dilakukan karena tingkat kandungan uap air di udara terlalu besar yang akan mengakibatkan uap air menempel pada permukaan material. Jika uap air menempel pada permukaan material maka akan memicu proses karat pada material.



**Gambar 2.10** Tingkat Kebersihan *Surface Preparation*  
(Sumber : ISO 8501)

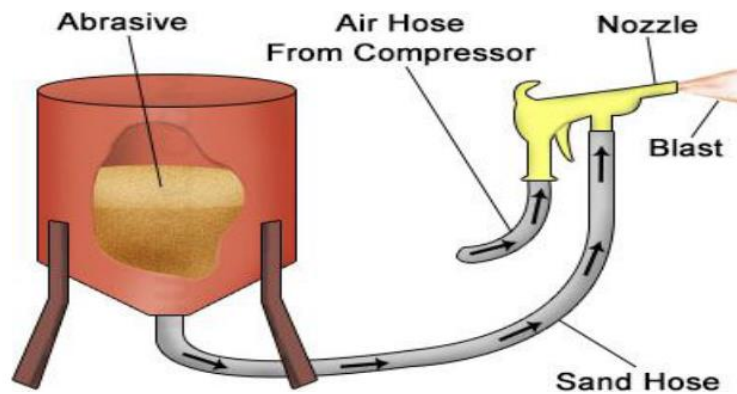
### 2.2.7 Dry Abrasive Blast Cleaning

*Dry abrasive blast cleaning* adalah metode *surface preparation* yang biasa diaplikasikan pada industri minyak dan gas untuk menghilangkan karat, cat lama dan kotoran lainnya (Kambham, 2007). *Dry abrasive blast cleaning* juga disebut dengan *sandblasting* ialah proses pembersihan karat, cat lama maupun kotoran lain pada permukaan material dengan cara menyemprotkan material abrasif dengan kecepatan tinggi pada permukaan (Parashar, 2015).

Tumbukan pasir/partikel kecil ke permukaan material dengan kecepatan relatif tinggi mengakibatkan terjadinya deformasi plastis pada permukaan material sehingga mengakibatkan terjadinya perubahan topography permukaan material atau perubahan kekasaran permukaan. Besarnya perubahan kekasaran permukaan bergantung ada kecepatan/tekanan semprotan, ukuran partikel, sifat mekanis partikel dan durasi proses tumbukan (Bangun, 2017). Proses ini merupakan salah satu cara termudah dan tercepat dalam membersihkan kotoran dari permukaan

sebelum dilakukan proses pengecatan. Proses *blasting* ini harus dilakukan dengan benar sebelum memberikan cat primer pada permukaan material (Donghun, 2010).

Adapun jenis-jenis material abrasif yang biasa digunakan adalah pasir silika, *steel grit*, *steel shot*, *garnet*, dan *aluminium oxide*. *Dry abrasive blast cleaning* dipilih karena proses ini yang paling cepat dan efisien untuk membersihkan permukaan material yang terkontaminasi oleh berbagai kotoran terutama karat. Efek dari metode ini membuat permukaannya menjadi kasar dan permukaan yang kasar ini membuat cat dapat melekat dengan kuat.



**Gambar 2.11** Mekanisme dari Proses *Dry Abrasive Blast Cleaning*  
(Sumber : Parashar, 2015)

### 2.2.8 Material Abrasif

Material abrasif merupakan salah satu komponen penting dalam proses *blasting*. Beberapa parameter penting yang diperhatikan dalam pemilihan material abrasif untuk proses blasting antara lain (Momber, 2008):

1. Ukuran partikel material abrasif

Material abrasif dengan ukuran partikel yang besar akan masuk lebih dalam sehingga tercipta nilai kekasaran permukaan yang besar. Apabila digunakan material abrasif dengan ukuran yang kecil, material abrasif akan sulit untuk mendapatkan tingkat kekasaran yang dikehendaki.

2. Kekerasan partikel material abrasif

Material abrasif yang keras akan masuk lebih dalam dan lebih cepat daripada yang menggunakan bahan lunak. Bahan material abrasif harusnya lebih keras daripada bahan yang akan di *blasting*.

Menurut jenisnya, partikel abrasive terbagi menjadi :

a. Metal

Contoh : *cooper slag, cast steel, steel shot, steel grit*

b. Non Metal

Terbagi lagi menjadi dua macam yaitu yang tergolong bahan *syntetic* misalnya *aluminium oxide* dan *silicon* seperti *quartz* dan *silica*.

3. Bentuk partikel material abrasif

Terdiri dari tiga jenis, yaitu berbentuk *shot*, *grit*, dan *cylindrical*. Material abrasif jenis *shot* berbentuk bulat atau lonjong, dan akan menghasilkan kekasaran yang tumpul. Jenis ini efisien hanya untuk menghilangkan kerak besi dan karat yang tebal. Jenis *grit* berbentuk tajam dan akan menghasilkan kekasaran permukaan yang tajam

4. Struktur partikel material abrasive

Komposisi kimia dari partikel , *lattice parameter*, dan kristalografi dari partikel juga dapat menjadi hal yang dapat mempengaruhi hasil dari *blasting*

Ada beberapa macam jenis material abrasive yang dapat digunakan dalam proses *surface preparation*, antara lain seperti yang tertera pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Jenis-Jenis Material Abrasif

Abrasive Material	Mesh Sizes ( $\mu\text{m}$ )	Hardness (MOHS)	Density (g/ml)
Silica Sand	6-270	5-6	2.65
Garnet	8-300	7-8	3.5-4.3
Coal Slag	12-80	6-7.5	2.7
Aluminum Oxide	16-220	7-8	2
Steel Shot	7-200	8	7
Volcanic Sand	12-120	5.5-6.5	1.6
Steel Grit	10-235	8-9	7

(Momber, 2008)

### 2.2.9 Coating

*Coating* dapat diartikan sebagai suatu proses pelapisan yang dilakukan pada suatu benda. Pada dunia industri khususnya industri minyak dan gas, *coating* diterapkan sebagai salah satu metode untuk menghambat laju korosi dengan cara memberikan penghalang antara material baja dengan lingkungannya yang sangat korosif sehingga tidak ada interaksi langsung antar keduanya. Metode ini umum dilakukan karena sangat efektif dan ekonomis.

Ada beberapa metode dalam pengaplikasian *coating*. Pemilihan metode aplikasi coating yang benar akan berpengaruh pada hasil pengecatan dan perlindungan yang diberikan. Metode-metode tersebut antara lain :

#### 1. Semprot (*Spray*)

Metode ini sangat cocok untuk diaplikasikan pada area dan kapasitas produksi yang besar karna jangkauan pengecatan menggunakan metode *spray* lebih luas disbanding metode yang lain. Kelebihan dari metode ini ialah biayanya yang murah, dapat menghasilkan kualitas cat yang bagus serta tidak memerlukan alat yang rumit. Namun kekurangan dari metode ini ialah tekanan penyemprotan perlu diperhatikan, apabila tekanan terlalu tinggi dan



jarak penyemprotan terlalu jauh maka cat akan banyak terbuang dan hasil visualnya juga menjadi kurang bagus. Kekurangan lain dari metode pengecatan ini ialah tidak dapat diaplikasikan pada posisi sudut.

## 2. Kuas (*Brush*)

Metode pengecatan dengan cara *brush* sangat mudah dilakukan dan ekonomis pula. Namun dibutuhkan waktu lebih banyak untuk menyelesaikan pekerjaan pengecatan apabila menggunakan metode ini. Kelebihan penggunaan metode ini ialah dapat menjangkau sudut sudut sempit yang tidak dapat dijangkau jika dilakukan dengan metode *spray* dan *roll*.

## 3. *Roll*

Metode pengecatan dengan *roll* juga sangat baik dilakukan untuk area yang luas dan proses pengerjaannya pun lebih cepat daripada metode *brush*. Namun pengecatan dengan metode ini juga memiliki kekurangan dimana cat yang dihabiskan akan lebih banyak dan lebih susah untuk menjangkau area-area sempit.

Dalam penggunaannya di industri maritim dimana ada media tambahan berupa air laut yang mengalami kontak secara terus menerus dengan struktur, penggunaan sistem pelapisannya adalah sebagai berikut :

### 1. Lapisan Primer (*Primary Layer*)

Lapisan primer merupakan lapisan dasar yang menjadi kunci kekuatan adhesi dari cat. Lapisan ini mengandung pigmen yang berfungsi untuk melindungi permukaan logam agar tidak berkarat serta dikombinasikan dengan resin atau perekat sehingga lapisan ini dapat memberikan perlindungan terhadap logam dari media luar seperti air dan udara.

### 2. Lapisan Menengah (*Intermediate Layer*)

Merupakan lapisan yang diaplikasikan setelah lapisan primer. Diantara lapisan yang lain, lapisan menengah adalah lapisan yang paling tebal. Hal ini dimaksudkan agar lapisan

menengah ini dapat menjadi penahan terhadap serangan yang datang dari luar. Lapisan ini juga difungsikan sebagai pengikat antara lapisan primer dengan lapisan atas sehingga memiliki ketahanan yang kuat terhadap senyawa kimia.

### 3. Lapisan Atas (*Top Layer*)

Merupakan lapisan terluar dari *coating* yang diaplikasikan setelah lapisan primer dan lapisan menengah kering. Diberikannya lapisan ini selain untuk estetika karena lapisan ini yang dapat dilihat secara visual, namun juga bertujuan sebagai pelindung terhadap lingkungan seperti cuaca, air dan senyawa-senyawa lain di sekitar material. Pada umumnya, lapisan atas ini akan berwarna lebih cerah dan cenderung mengkilat (*glossy*).

#### 2.2.10 Polyurethane Coating

Menurut Amrollahi (2016), Saat ini, *coating* yang terbuat dari bahan polimer banyak digunakan karena sifatnya yang dapat melindungi substrat dari korosi, keausan, dan invasi kimia. Selain itu, *coating* berbahan polimer diperlukan untuk agar pelekatan cat lebih baik. *Polyurethane* (PU) merupakan jenis polimer yang telah umum digunakan dalam berbagai aplikasi karena fleksibilitasnya yang tinggi dan ketahanan UV yang baik (Haghdadeh, 2018). Berbagai macam produk *polyurethane* telah digunakan diantaranya sebagai *castable elastomer*, *foams*, dan *coating* (Somarathna, 2018)

*Polyurethane* merupakan polimer yang dihasilkan dari reaksi kimia antara *isocyanate* dengan alkohol derajat tinggi. *Isocyanate* adalah molekul yang mengandung gugus radikal *isocyanate* (NCO) sedangkan alkohol derajat tinggi biasa disebut dengan *polyol*. *Polyurethane coating* telah diaplikasikan ke berbagai hal karena memiliki ketahanan korosi yang baik, ketahanan bahan kimia dan abrasi yang tinggi, memiliki fleksibilitas yang tinggi pula serta mudah untuk diaplikasikan. Sifat-sifat *polyurethane coating* yang sangat baik ini dihasilkan dari efek yang sinergis antara *polyester* atau *polyether* dan kelompok ikatan hydrogen uretan (Tongzhai,

2019). Tabel 2.4 dibawah ini menunjukkan indeks ketahanan beberapa jenis cat terhadap lingkungan yang berbeda

**Tabel 2.4** Ketahanan Beberapa Jenis Cat pada Lingkungan yang Berbeda

Jenis cat	NILAI KETAHANAN TERHADAP							
	Asam	Basa	Garam	Pelarut	Air	Cuaca	Oksidasi	Abrasi
Dasar minyak	1	1	6	2	7	10	1	4
Alkyd	6	6	8	4	8	10	3	6
Chlorinated rubber	10	10	10	4	10	8	6	6
Coaltar epoxy	8	8	10	7	10	4	5	4
Catalyzed epoxy	9	10	10	9	10	8	6	6
Silicone alkyd	4	3	6	2	8	9	4	4
Vinyl	10	10	10	5	10	10	10	7
Uretan	9	10	10	9	10	8	9	10
Zn (inorganic)	1	1	5	10	5	10	10	10

Keterangan : 1 : Paling jelek  
10 : Paling baik

(Fontana, 1987)

Seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.4, *polyurethane* memiliki performa yang baik dalam seluruh kondisi lingkungan yang berbeda-beda. Oleh karena itu penggunaan *polyurethane coating* pada industri minyak dan gas dapat dikatakan tepat karena *polyurethane coating* memiliki kekuatan adhesi yang baik dan menjadi penghalang yang baik antara substrat dengan lingkungan yang korosif (Liu, 2019). Kekurangan dari jenis cat ini ialah harganya yang relative mahal. Namun apabila cat ini sudah kering, lapisan cat ini sangat tahan terhadap air, keras, tahan terhadap abrasi dan tetap mengkilap meskipun sudah lama.

### 2.2.11 Adhesion Test

Adhesi atau daya lekat merupakan gaya tarik menarik antar molekul yang berbeda jenis. Gaya tarik ini lah yang menyebabkan molekul satu dengan yang lainnya dapat menempel dengan kuat.

Pengujian kekuatan adhesi dapat dilakukan dengan metode *pull off test* sesuai dengan standar pada ASTM D4541-2 “*Standard Test Methods for Pull-off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers*”. *Pull Off Adhesion Tester* merupakan perangkat yang digunakan untuk penelitian kuantitatif terhadap daya lekat dari sebuah *coating*. *Pull Off Adhesion Tester* bekerja dengan cara mengukur besarnya gaya yang dibutuhkan untuk

menarik *coating* dari material yang dilindunginya. Gaya inilah yang akan menunjukkan kekuatan adhesi dari *coating* tersebut.

*Pull Off Adhesion Tester* memiliki tiga komponen utama yaitu *actuator*, sumber tekanan, dan pengukur tekanan. Ketika beroperasi, sebuah alat dengan permukaan datar atau *dolly* ditempelkan pada spesimen yang akan diuji. Setelah itu, *actuator* disambungkan ke *dolly*. Dengan mengaktifkan sumber tekanan, maka tekanan lambat laun akan diberikan pada sistem *actuator*. Ketika gaya tekanan yang diberikan semakin besar, lama kelamaan *coating* akan kehilangan daya lekatnya dan terkelupas dari spesimen. Besarnya gaya maksimum yang tercatat pada pengukur tekanan menunjukkan tekanan ketika proses pengelupasan terjadi.

### 2.2.12 Laju Korosi

Laju korosi merupakan peristiwa merambatnya proses korosi yang terjadi pada suatu material. Cara-cara untuk menghitung laju korosi antara lain dengan menggunakan metode *weight loss* dan metode elektrokimia. Metode *weight loss* adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi. Sedangkan pada metode elektrolisis, digunakan bantuan elektrokimia tiga sel elektroda yang bertugas memberikan potensial kepada material sehingga material akan terkorosi, di sisi lain nilai laju korosi dapat ditemukan juga. Perhitungan laju korosi untuk paduan ialah sebagai berikut :

$$CR = 0,00327 \frac{i(EW)}{D} \quad (2.1)$$

Dimana :

CR = Laju korosi (mmpy)

EW = Massa logam paduan (gram)

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

D = Densitas logam terkorosi ( $\text{gram}/\text{cm}^3$ )

Menurut Fontana (1987), tingkat ketahanan korosi berdasarkan nilai laju korosinya dapat diklasifikasikan sebagai berikut

**Tabel 2.5** Tingkat Ketahanan Korosi berdasarkan laju korosi

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

(Sumber : Fontana, 1987)

### 2.2.13 Sel Tiga Elektroda

Salah satu metode pengujian laju korosi ialah metode sel tiga elektroda. Pengujian dengan metode ini dibantu oleh seperangkat peralatan Corrtest dengan software CS Studio 5. Pengujian korosi dengan metode ini dilakukan berdasarkan standar ASTM G102 “*Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements*”. Beberapa komponen-komponen sel tiga elektroda terdiri dari :

- a. Elektroda kerja (*working electrode*). Elektroda ini berfungsi sebagai benda uji coba (anoda) yang dicelupkan pada fluida kerja.
- b. Elektroda bantu (*auxiliary electrode*). Yaitu elektroda yang berfungsi memberikan potensial pada elektroda kerja, serta mengangkut arus listrik yang timbul akibat reaksi korosi.
- c. Elektroda acuan. Elektroda ini berfungsi sebagai elektroda pembanding untuk acuan pengukuran potensial yang diberikan kepada elektroda kerja. Arus yang mengalir melalui elektroda ini harus sekecil-kecilnya sehingga dapat diabaikan.

- d. Larutan elektrolit. Larutan ini berfungsi sebagai penghantar arus ionik dalam reaksi korosi. Banyaknya larutan yang dibutuhkan dalam pengujian ini bergantung pada besarnya elektroda yang digunakan dan harus dipastikan bahwa semua elektroda tercelup ke dalam larutan elektrolit.

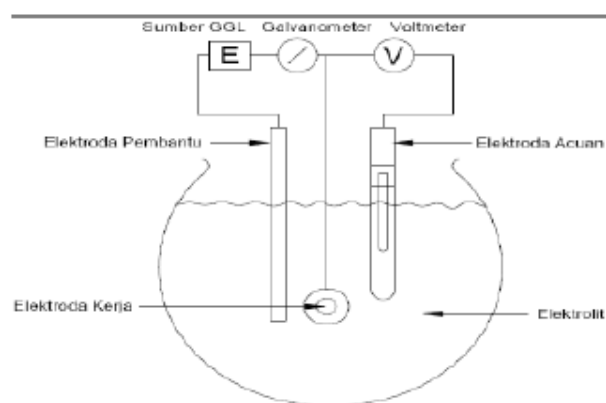
Proses korosi dimulai dengan pemberian potensial pada elektroda kerja dan di-*scanning* dengan kecepatan tertentu kemudian diplot pada diagram kurva potensial lawan logaritma intensitas arus (Ispandriatno, 2015). Proses yang terjadi pada elektroda kerja adalah sebagai berikut :

1. Elektroda kerja diberi potensial negatif (polarisasi katodik).

Elektroda kerja mengalami reaksi reduksi yang ditunjukkan dengan gradien negatif pada grafik sebelah kiri. Reaksi ini terjadi saat elektroda kerja diberi potensial dan diperbesar sampai dengan arus reduksi mencapai nol pada potensial korosi ( $E_{corr}$ ) tertentu. Proses reduksi berakhir ketika arus mencapai nilai nol

2. Elektroda kerja diberi potensial positif (polarisasi anodic)

Elektroda kerja mengalami reaksi oksidasi setelah reaksi reduksi berakhir, ditunjukkan dengan gradien positif pada grafik sebelah kanan. Reaksi ini terjadi saat diberi potensial dan arus yang semakin besar.

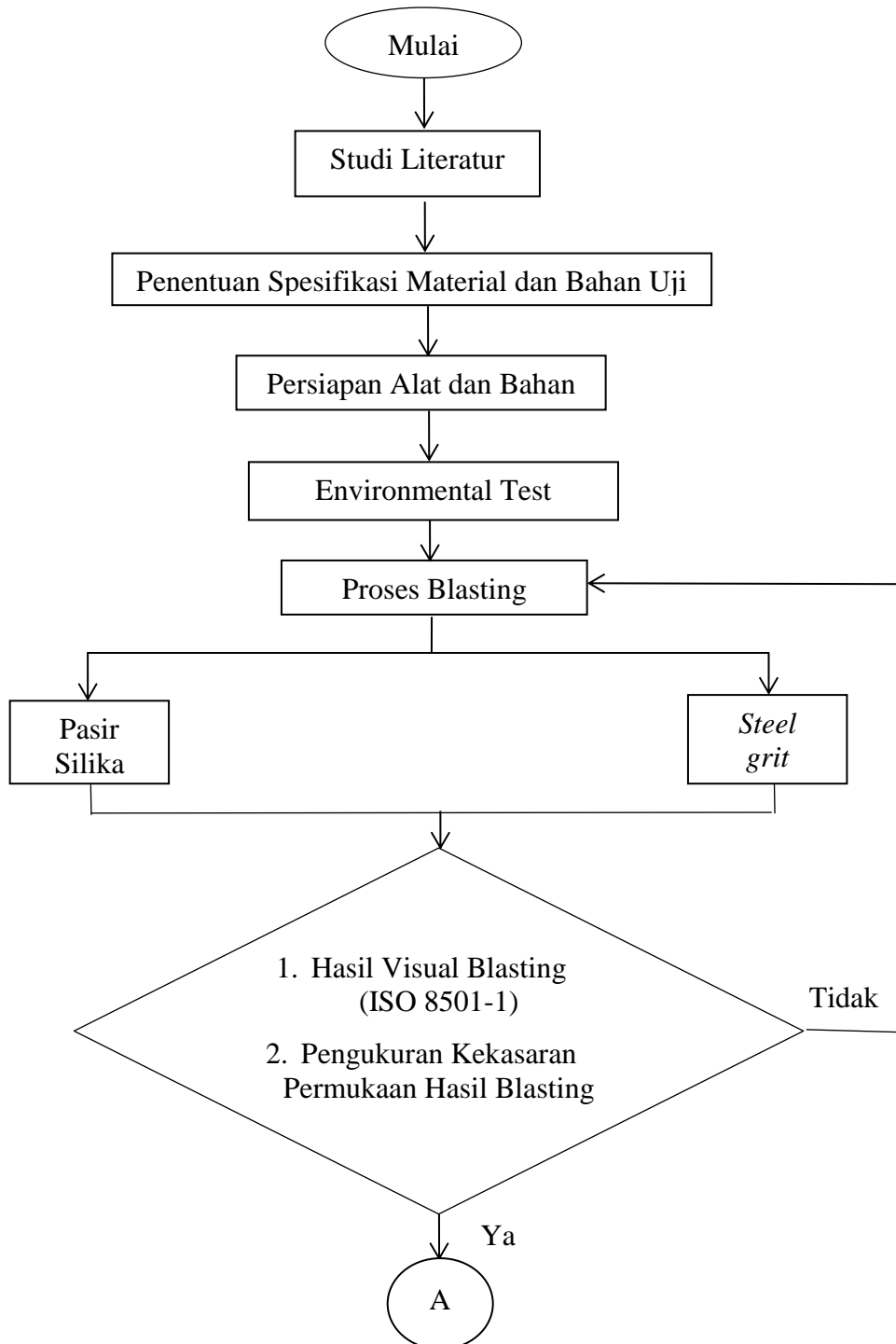


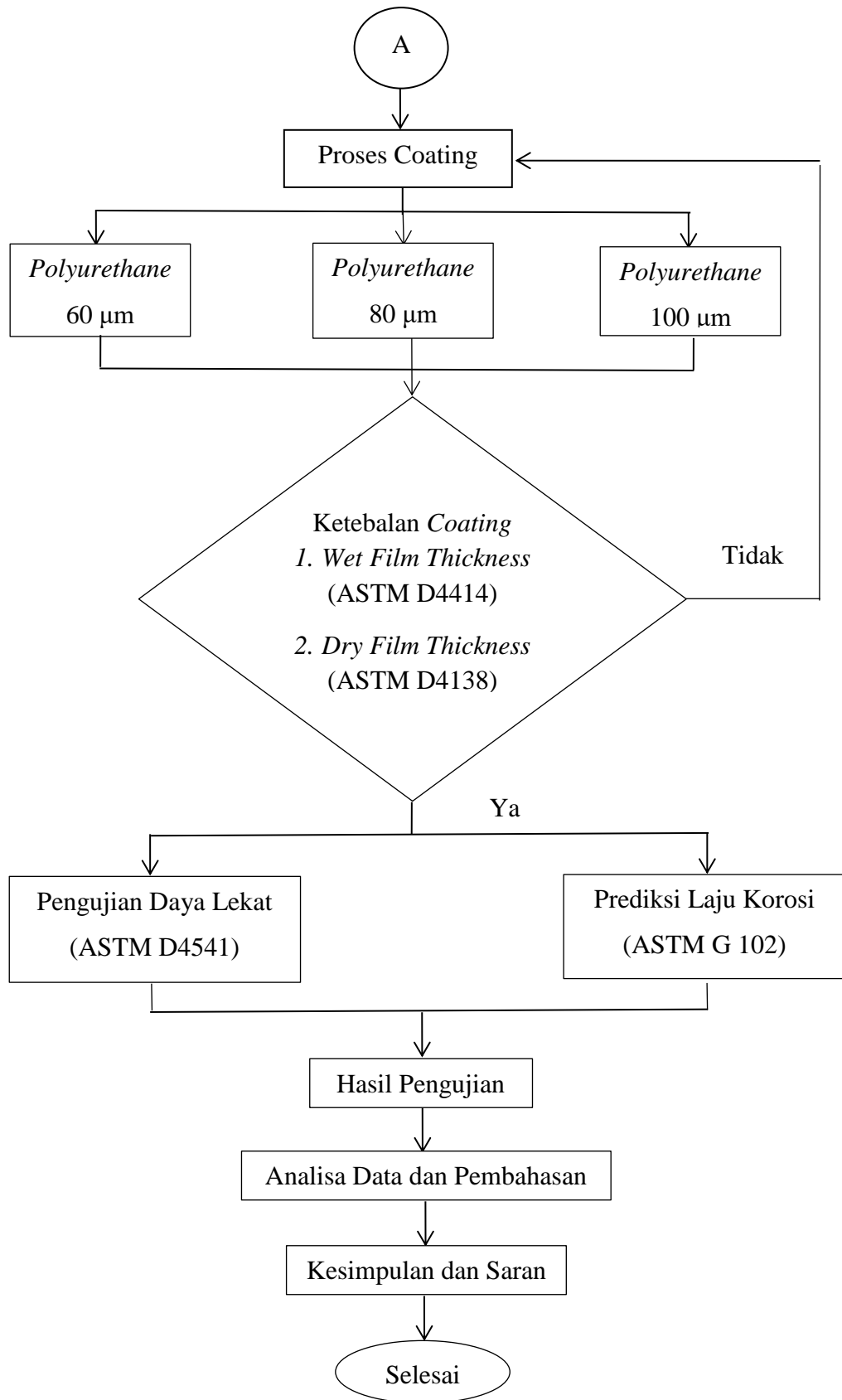
**Gambar 2.12** Sel Tiga Elektroda  
(Trethewey, 1991)

### BAB III METODE PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Alur atau tahapan pengerjaan tugas akhir dari awal hingga akhir secara garis besar dijelaskan pada diagram alir sebagai berikut :





**Gambar 3.1** Diagram Akhir Pengerjaan Tugas Akhir



### 3.2 Prosedur Penelitian

Alur penelitian tugas akhir sebagaimana disebutkan dalam diagram alir Gambar 3.1 diatas akan dijelaskan lebih detail sebagai berikut :

#### 3.2.1 Studi Literatur

Dilakukan studi literatur sebagai pendalaman materi mengenai *surface preparation* dengan Teknik *blasting*, macam-macam material abrasif yang digunakan, *coating* khususnya *polyurethane coating*, metode adhesion test dan metode pengujian laju korosi. Pendalaman materi dapat dipelajari melalui laporan penelitian terdahulu dengan topik yang serupa. Selanjutnya ilmu-ilmu yang didapat dari pendalaman materi ini akan dijadikan referensi untuk melakukan penelitian ini.

#### 3.2.2 Penentuan Spesifikasi Material dan Bahan

Penelitian ini menggunakan material berupa baja ASTM A36 sebagai material uji. Pada proses *blasting*, material abrasif yang digunakan ialah pasir silika dan *steel grit*. Selanjutnya pada proses *coating*, jenis *coating* yang digunakan yaitu *polyurethane* dengan variasi ketebalan 60  $\mu\text{m}$ , 80  $\mu\text{m}$ , dan 100  $\mu\text{m}$ . Material baja yang digunakan sebagai spesimen uji dipotong menjadi dua ukuran dengan total 36 buah spesimen yang terdiri dari :

- a. Ukuran 100 mm x 50 mm x 10 mm sebanyak 18 buah sebagai spesimen pengujian adhesi



**Gambar 3.2** Spesimen Pengujian Adhesi

- b. Ukuran 40 mm x 20 mm x 10 mm sebanyak 18 buah sebagai spesimen pengujian laju korosi



**Gambar 3.3** Spesimen Pengujian Laju Korosi

### 3.2.3 Persiapan Alat dan Bahan

Alat-alat Penelitian :

- a. *Sling Psychrometer*
- b. Alat *Dry Abrasive Blast Cleaning*
- c. *Roughness meter*
- d. Mesin pengaduk cat
- e. Alat cat (*air spray gun*)
- f. Alat ukur WFT (*wet film comb*)
- g. Alat ukur DFT (*coating thickness gauge*)
- h. Peralatan pengujian kekuatan adhesi (*pull-off test*)
- i. Elektroda acuan Ag/AgCl
- j. Elektroda pembantu platina
- k. Larutan NaCl 3,5%
- l. Potensiostat Autolab PGSTAT128N
- m. *Software NOVA*

Bahan Penelitian :

- a. Pelat baja A36
- b. Material abrasif jenis pasir silika dan *steel grit*

c. Cat jenis *polyurethane* (Jotun Futura Classic)

Tempat Penelitian :

a. CV. Cipta Agung

b. Laboratorium Korosi Teknik Material dan Metalurgi ITS

### 3.2.4 Environmental Test

Sebelum proses *blasting* pada material dilakukan, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan salah satunya ialah kondisi lingkungan seperti *steel temperature*, temperatur basah, temperatur kering, *Dew Point* (DP), dan *Relative Humidity* (RH). Tujuan dilakukannya *environmental test* ini ialah untuk mengukur tingkat kelembapan dari lingkungan tempat suatu pengujian dilakukan. Aturan dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) menyebutkan bahwa *Relative Humidity* (RH) harus dibawah 85% dan temperatur spesimen minimal 3°C dari *Dew Point* (DP). Alat yang digunakan untuk mengukur RH dinamakan *sling psychrometer*. Berikut tahapan yang dilakukan dalam *environmental test* :

1. Mempersiapkan *sling psychrometer* sebagai alat yang digunakan untuk menghitung temperatur basah dan kering.
2. Menghitung temperatur udara basah dan kering selama 2 menit.
3. Setelah didapatkan temperatur basah dan kering, kemudian selisih kedua temperature tersebut dimasukkan kedalam tabel *Dew Point* (DP) dan *Relative Humidity* (RH).
4. Memastikan lingkungan tempat dilakukannya eksperimen memiliki *Relative Humidity* (RH) dibawah 85% dan temperature spesimen lebih besar 3°C dari *dew point* (DP)



(a)

DEW POINT and RH TABLE												
Comparison of Dry - Wet Bulb Temperature												
Dry Bulb	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
24.5	96	92	88	84	81	77	73	70	66	63	60	56
25	94	90	86	82	79	75	71	68	64	61	57	53
25.5	92	88	84	81	77	74	70	67	64	60	57	53
26	90	86	82	79	75	72	68	65	62	58	55	51
26.5	88	84	80	77	73	70	66	63	60	56	53	49
27	86	82	78	75	71	68	64	61	57	54	50	46
27.5	84	80	76	73	69	66	62	59	55	52	48	44
28	82	78	74	71	67	64	60	57	53	50	46	42
28.5	80	76	72	69	65	62	58	55	51	48	44	40
29	78	74	70	67	63	60	56	53	49	46	42	38
29.5	76	72	68	65	61	58	54	51	47	44	40	36
30	74	70	66	63	59	56	52	48	45	41	37	33
30.5	72	68	64	61	57	54	50	46	43	39	35	31
31	70	66	62	59	55	52	48	44	41	37	33	29
31.5	68	64	60	57	53	50	46	42	38	35	31	27
32	66	62	58	55	51	48	44	40	36	33	29	25
33	64	60	56	53	49	46	42	38	34	31	27	23
34	62	58	54	51	47	44	40	36	32	28	24	20
35	60	56	52	49	45	42	38	34	30	26	22	18
36	58	54	50	47	43	40	36	32	28	24	20	16
37	56	52	48	45	41	38	34	30	26	22	18	14
38	54	50	46	43	39	36	32	28	24	20	16	12
40	50	46	42	39	35	32	28	24	20	16	12	8

(b)

Gambar 3.4 (a) *Sling Psychrometer*, (b) *Tabel Dew Point and Relative Humidity*

### 3.2.5 Proses Blasting

Sebelum dilakukan pelapisan atau *coating*, material terlebih dahulu diberikan *surface preparation* melalui salah satu metodenya yaitu *Dry Abrasive Blast Cleaning*. Proses *blasting* dilakukan dengan cara menyemprotkan material abrasif ke permukaan material baja. Dalam penelitian ini digunakan 2 variasi material abrasif antara lain pasir silika dan *steel grit*. Berdasarkan *rules* dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) untuk proses pengecatan menggunakan jenis cat *polyurethane*, tingkat kekasaran material yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu SA 2,5 (*very thorough blast-cleaning*).



(a)



(b)

**Gambar 3.5** (a) Pasir Silika, (b) *Steel Grit*

Dibawah ini ialah langkah-langkah yang dilakukan pada proses *blasting* :

1. Sebelum dilakukan proses *blasting*, masing-masing spesimen ditandai terlebih dahulu untuk memudahkan pengelompokan material uji.
2. Membersihkan pinggiran pelat baja dengan menggunakan gerinda supaya lebih rapi.
3. Menyusun spesimen diatas papan kayu yang sudah diberi paku disetiap sisi agar spesimen tidak berpindah posisi saat proses *blasting* dilakukan.
4. Menyiapkan alat dan bahan seperti kompresor, selang, *nozzle*, bak pasir, area kerja, spesimen yang akan di *blasting*, serta material abrasif yang digunakan. Pada proses *blasting* ini, material abrasif yang digunakan ialah pasir silika dan *steel grit*.
5. Menyiapkan alat keselamatan seperti helm pelindung, masker, sepatu *safety*, sarung tangan dan kacamata *safety*.
6. Mengisi bak pasir dengan Pasir silika. Pasir harus dalam keadaan kering. Kapasitas pasir yang dimasukkan ialah 80% dari volume bak pasir untuk mencegah pasir tumpah. Pasir kemudian diisi kembali ketika kapasitas sudah mencapai 40% dari volume bak pasir.
7. *Blasting* spesimen dalam waktu 15 menit sampai terlihat hasil visual *blasting* memenuhi standar ISO SA 2,5 (*very through blast-cleaning*).

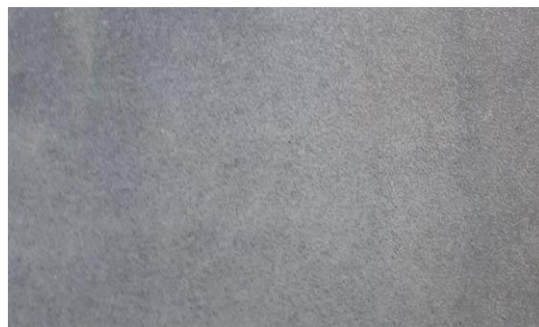
8. Langkah yang sama dilakukan untuk material abrasif berupa *steel grit*.



**Gambar 3.6** Alat *Dry Abrasive Sand Blasting*

### 3.2.6 Pengecekan Visual Hasil Blasting

Setelah dilakukan proses *blasting*, spesimen perlu di cek secara visual untuk memastikan apakah hasil dari *blasting* sudah sesuai standar atau belum. Standar yang digunakan dalam pengecekan hasil blasting ini yaitu ISO 8501-1 - *Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Products - Visual Assessment of Surface Cleanliness*. Tingkat kebersihan yang ingin dicapai ialah SA 2,5 (*very thorough blast-cleaning*).



**Gambar 3.7** Tingkat Kebersihan SA 2,5 ISO 8501-1  
(Sumber : ISO 8501-1)

### 3.2.7 Pengujian Kekasaran Permukaan

Setelah dilakukan inspeksi visual, spesimen yang telah di *blasting* diuji kekasaran permukaannya dengan alat *roughness meter*. Kekasaran permukaan material terbentuk akibat tembakan partikel-partikel kecil yang keras dan tajam dengan kecepatan tinggi ke permukaan material. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan standart ASTM D4417 - *Standard Test Methods for Field Measurement of Blast Cleaned Steel*.

Prosedur pengujian kekasaran permukaan material ialah sebagai berikut :

1. Menyiapkan peralatan pengukuran diantaranya *roughness meter* dan kaca datar yang digunakan untuk kalibrasi.
2. Meletakkan specimen uji yang telah di *blasting* pada sebuah meja datar.
3. Mengkalibrasi *roughness meter* dengan cara meletakkannya di atas kaca hingga jarum menunjukkan angka nol.
4. Setelah dilakukan proses kalibrasi, *roughness meter* kemudian diletakkan diatas spesimen yang akan diuji
5. Langkah diatas dilakukan pada tiga titik tiap spesimen, kemudian dihitung rata-ratanya untuk mendapatkan nilai kekasaran dari spesimen tersebut



**Gambar 3.8** (a) Kalibrasi *Roughness Meter*, (b) Pengujian Spesimen

### 3.2.8 Proses Pelapisan (Coating) Polyurethane

Proses *coating* harus segera dilakukan setelah *blasting* diaplikasikan pada spesimen untuk menghindari karat. Sebelum *coating* diaplikasikan pada spesimen uji, perlu diketahui terlebih dahulu *product data sheet* dari cat yang akan digunakan. Pada penelitian ini digunakan cat jenis *polyurethane* dan metode aplikasi yang digunakan ialah metode *spray* dengan variasi ketebalan cat antara lain 60  $\mu\text{m}$ , 80  $\mu\text{m}$ , dan 100  $\mu\text{m}$ . Langkah-langkah dalam proses pengaplikasian *coating* ialah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan alat, bahan, *technical data sheet* dan *safety data sheet* yang diperlukan.
2. Mempersiapkan cat *polyurethane* yang terdiri dari *base* dan *curing agent*.
3. Mencampurkan *base* dan *curing agent* dengan perbandingan 7 : 1 sesuai petunjuk 1 sesuai petunjuk yang tertera pada *technical data sheet*. Kemudian campuran diaduk
4. Menuangkan campuran cat kedalam tabung *air spray gun*.
5. Melakukan tes penyemprotan beberapa kali pada kertas atau media lain untuk mendapatkan konsistensi bentuk *spray*
6. Menempatkan spesimen pada panel *holder*, kemudian cat diaplikasikan pada 36 spesimen dengan jarak 25 – 30 cm dari permukaan spesimen sampai memenuhi ketebalan yang diinginkan.



(a)

(b)

Gambar 3.9 (a) Cat Polyurethane, (b) Thinner





**Gambar 3.10** Air Spray Gun

### 3.2.9 Pengukuran Wet Film Thickness

Pengujian ini dilakukan pada saat cat masih basah. Tujuan dari pengujian ini ialah untuk mendapatkan tebal cat kering yang diinginkan. Pengukuran *Wet Film Thickness* dilakukan sesuai standar ASTM D4414 - *Standard Practice for Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages*. Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah *wet film comb*.



**Gambar 3.11** Wet Film Comb

### 3.2.10 Pengukuran Dry Film Thickness

Setelah cat kering dengan waktu yang sudah ditentukan dalam *product data sheet*, kemudian ketebalan cat diukur kembali. Untuk ketebalan kering, pengukuran dilakukan berdasarkan standar ASTM D4138 - *Standard Method Measurement of Dry Film Thickness of Protective Coating Systems by Destructive Means*. Pengujian dilakukan dengan alat bernama *Coating Thickness Gauge*. Berikut merupakan langkah-langkah pengukuran *Dry Film Thickness* (DFT) :

1. Memastikan spesimen uji benar-benar kering sesuai standar yang tertera pada *technical data sheet*.
2. Menyiapkan spesimen yang akan diuji dan alat ukur *coating thickness gauge*.
3. Melakukan pengujian dengan meletakkan ujung alat ukur ke permukaan spesimen. Pada tiap spesimen, pengujian dilakukan pada 3 titik yang berbeda.
4. Hasil yang ada kemudian diambil rata-rata untuk mendapatkan nilai ketebalan cat kering tiap spesimen.



**Gambar 3.12** Pengukuran *Dry Film Thickness*

### 3.2.11 Pengujian Kekuatan Adhesi (Daya Lekat) Coating

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan lapisan cat terhadap substrat dengan metode *pull-off test* sesuai dengan standar yang tertera pada ASTM D4541 - *Standard Test Method for Pull*

*Off Stregth of Coating Using Portable Adhesion Tester.* Alat yang digunakan dalam pengujian ini yaitu *Portable Adhesive Tester*, lem, dan *dolly*. Langkah-langkah dalam pengujian ini antara lain :

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang terdiri dari spesimen uji, *portable adhesive tester*, lem dan *dolly* dengan ukuran 20 mm.
2. Melekatkan *dolly* yang sudah diberi lem ke permukaan tiap spesimen kemudian tunggu 1 x 24 jam agar lem dapat mengering dengan sempurna.
3. Membersihkan sisa lem yang terdapat pada pinggiran *dolly* menggunakan *dolly cutter*.
4. Melakukan kalibrasi alat *portable adhesive tester* hingga menunjukkan angka nol. Setelah itu dilakukan penentuan satuan, dimana satuan daya lekat pada umumnya menggunakan satuan Mpa
5. Menyambungkan ujung alat *portable adhesive tester* ke *dolly* yang melekat pada spesimen.
6. Menekan tuas *portable adhesive tester* hingga *dolly* terlepas dari spesimen uji.
7. Mencatat nilai kekuatan lekat yang didapat setelah pengujian. Langkah ini dilakukan pada 18 spesimen uji Adhesi.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 3.13** (a) dolly, (b) lem, (c) *Portable Adhesion Tester*

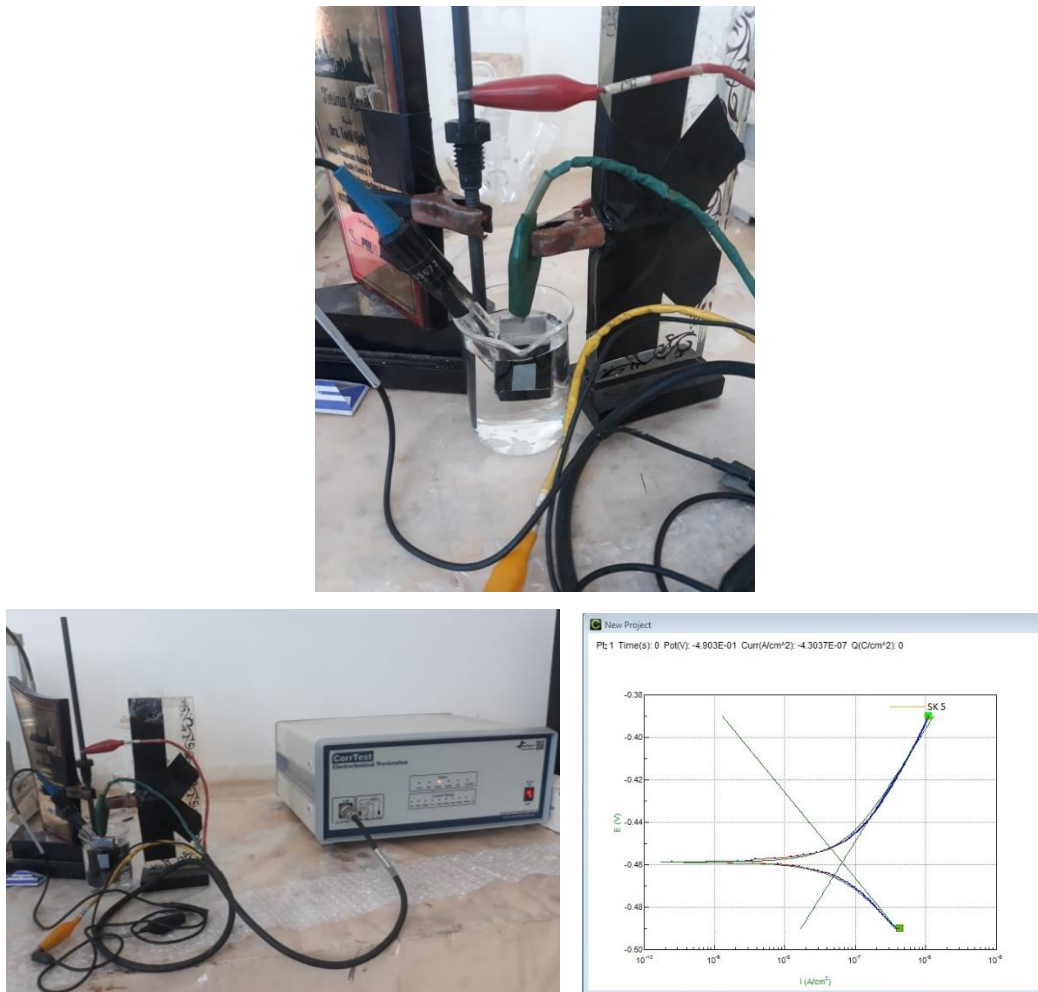


**Gambar 3.14** Spesimen yang telah dipasang *dolly*

### 3.2.12 Pengujian Laju Korosi (Sel 3 Elektroda)

Pengujian ini dilakukan dengan metode elektrolisis menggunakan alat sel tiga elektroda dengan bantuan alat uji Corrtest dengan software CS Studio 5 untuk mendapatkan angka laju korosinya. Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah membuat larutan elektrolit yang akan digunakan sebagai media korosi. Pada penelitian ini, jenis larutan elektrolit yang digunakan yaitu NaCl 3,5 % . Larutan dibuat dengan cara memasukkan 3,5 gr NaCl ke dalam aquades sebanyak 100 ml. Pada pengujian sel 3 elektroda ini, digunakan elektroda bantu berupa Platina serta elektroda acuan berupa Ag/AgCl. Cara kerjanya ialah specimen uji, elektroda acuan, dan elektroda bantu dipasang pada tabung uji menggunakan tang penjepit yang terhubung dengan Corrtest yang berfungsi sebagai sumber potensial. Perlu dipastikan juga pada masing-masing elektroda agar tidak saling bersentuhan. Alat uji yang telah terintegrasi dengan software CS Studio 5 akan secara otomatis terbaca laju korosinya dengan menambahkan

parameter-parameter seperti massa jenis specimen, berat atom logam, dan luas permukaan specimen uji.



**Gambar 3.15** Proses Pengujian Korosi

### 3.2.13 Analisa dan Pembahasan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan akan didapatkan data-data untuk dilakukan analisa dan pembahasan sesuai dengan standar yang ditetapkan sehingga hasil dari analisa dapat menjawab permasalahan yang telah dirumuskan

### 3.2.14 Kesimpulan dan Saran

Dari hasil analisa dan pembahasan dari setiap pengujian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan mengenai penelitian ini serta

selanjutnya diberikan saran-saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya guna mengembangkan penelitian yang telah dilakukan.

### 3.3 Rancangan Penelitian

Berdasarkan diagram alir diatas, dapat dibuat rancangan penelitian Tugas Akhir sebagai berikut :

**Tabel 3.1** Rancangan Penelitian Tugas Akhir

Material Abrasif	Ketebalan Cat ( $\mu\text{m}$ )	Kode Spesimen	Pengujian						
			1	2	3	4	5	6	7
Pasir Silika	100	PA1	v	v	v	v	v	v	
		PA2	v	v	v	v	v	v	
		PA3	v	v	v	v	v	v	
		PK1	v	v	v	v	v		v
		PK2	v	v	v	v	v		v
		PK3	v	v	v	v	v		v
	200	PA4	v	v	v	v	v	v	
		PA5	v	v	v	v	v	v	
		PA6	v	v	v	v	v	v	
		PK4	v	v	v	v	v		v
		PK5	v	v	v	v	v		v
		PK6	v	v	v	v	v		v
	300	PA7	v	v	v	v	v	v	
		PA8	v	v	v	v	v	v	
		PA9	v	v	v	v	v	v	
		PK7	v	v	v	v	v		v
		PK8	v	v	v	v	v		v
		PK9	v	v	v	v	v		v

**Tabel 3.1** Rancangan Penelitian Tugas Akhir (Lanjutan)

Material Abrasif	Ketebalan Cat ( $\mu\text{m}$ )	Kode Spesimen	Pengujian						
			1	2	3	4	5	6	7
Steel Grit	100	SA1	v	v	v	v	v	v	
		SA2	v	v	v	v	v	v	
		SA3	v	v	v	v	v	v	
		SK1	v	v	v	v	v		v
		SK2	v	v	v	v	v		v
		SK3	v	v	v	v	v		v
	200	SA4	v	v	v	v	v	v	
		SA5	v	v	v	v	v	v	
		SA6	v	v	v	v	v	v	
		SK4	v	v	v	v	v		v
		SK5	v	v	v	v	v		v
		SK6	v	v	v	v	v		v
	300	SA7	v	v	v	v	v	v	
		SA8	v	v	v	v	v	v	
		SA9	v	v	v	v	v	v	
		SK7	v	v	v	v	v		v
		SK8	v	v	v	v	v		v
		SK9	v	v	v	v	v		v

Keterangan :

- 1 = *Environmental Test*
- 2 = *Uji Visual Blasting*
- 3 = *Uji Kekasaran Hasil Blasting*
- 4 = *Uji Wet Film Thickness (WFT)*
- 5 = *Uji Dry Film Thickness (DFT)*
- 6 = *Pull-Off Test*
- 7 = *Uji Korosi*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Prosedur Blasting dan Coating**

Pada penelitian ini terdapat dua jenis material abrasif yang digunakan pada saat proses *blasting*, yaitu pasir silika dan *steel grit*. Kemudian pada proses coating, jenis cat yang digunakan ialah *polyurethane*. Berikut ialah prosedur *blasting* dan *coating* pada penelitian ini.

##### **4.1.1 Proses Blasting dengan Material Abrasif Pasir Silika**

<i>Blasting &amp; Coating Operator</i>	: Arman CV. Cipta Agung
Proses <i>Blasting</i>	: <i>Dry Abrasive Blast Cleaning</i>
Proses <i>Coating</i>	: <i>Airless Spray Coating</i>
Material	: ASTM A36
Dimensi Material	: 100 mm x 50 mm x 10 mm 40 mm x 20 mm x 10 mm
Material Abrasif	: Silika
Grit Material Abrasif	: Grit 20
Tekanan Kompresor <i>Blasting</i>	: 5 bar
Jenis <i>Coating</i>	: Jotun Futura Classic

##### **4.1.2 Proses Blasting dengan Material Abrasif Steel Grit**

<i>Blasting &amp; Coating Operator</i>	: Arman CV. Cipta Agung
Proses <i>Blasting</i>	: <i>Dry Abrasive Blast Cleaning</i>
Proses <i>Coating</i>	: <i>Airless Spray Coating</i>
Material	: ASTM A36
Dimensi Material	: 100 mm x 50 mm x 10 mm 40 mm x 20 mm x 10 mm
Material Abrasif	: <i>Steel Grit</i>
Grit Material Abrasif	: Grit 25
Tekanan Kompresor <i>Blasting</i>	: 5 bar
Jenis <i>Coating</i>	: Jotun Futura Classic

## 4.2 Hasil Environmental Test

Kondisi lingkungan merupakan salah satu hal yang harus diperhatikan sebelum proses *blasting* dan *coating* dilaksanakan karena kondisi lingkungan memiliki pengaruh yang besar terhadap hasil *coating*. Beberapa parameter kondisi lingkungan yang harus diukur antara lain Temperatur spesimen, temperatur udara basah, temperatur udara kering, *relative humidity* (RH), dan *dew point* (DP). Batasan kondisi lingkungan yang harus dipenuhi agar proses coating dapat dilakukan menurut *rules* dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) ialah *Relative Humidity* (RH) harus dibawah 85% dan temperatur spesimen minimal 3°C dari *Dew Point* (DP). Apabila kondisi lingkungan pada tempat pelaksanaan eksperimen belum memenuhi kriteria diatas maka proses *coating* belum dapat dilakukan. Tingkat *Relative Humidity* yang tinggi dapat menyebabkan berkurangnya daya lekat coating dan akan mempercepat korosi karena kandungan uap air pada lingkungan terlalu tinggi.

Dengan menggunakan alat *Sling Psychrometer*, berikut ialah hasil *environmental test* di CV. Cipta Agung :

**Tabel 4.1** Hasil Pengukuran Data Lingkungan

<i>Steel Temperature</i>	32 °C
Temperatur Basah	24 °C
Temperatur Kering	32 °C
<i>Dew Point</i> (DP)	20 °C
<i>Relative Humidity</i> (RH)	50%

Hasil pengukuran *environmental test* menunjukkan bahwa kondisi lingkungan di CV. Cipta Agung memenuhi standar yaitu RH dibawah 85% dan temperatur spesimen diatas 3°C dari DP. Berdasarkan hasil tersebut maka proses eksperimen di CV. Dipta Agung dapat dilaksanakan.

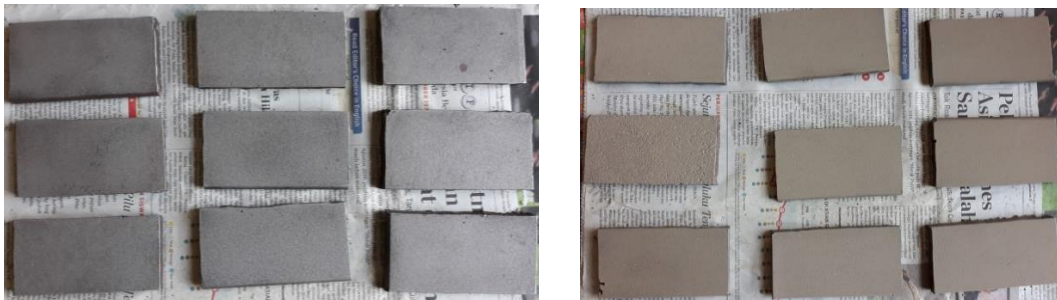
## 4.3 Hasil Proses Blasting

Proses *Dry Abrasive Blast Cleaning* atau biasa disebut *blasting* merupakan salah satu metode *surface preparation* yang bertujuan untuk membersihkan

permukaan material dari kotoran sekaligus memberikan kekasaran pada permukaan agar *coating* yang diaplikasikan dapat menempel dengan baik. Proses *surface preparation* memiliki pengaruh sebesar 80% pada keberhasilan suatu *coating*. Proses *blasting* dilakukan dengan berbagai jenis material abrasif. Pada penelitian ini material abrasif yang digunakan adalah pasir silika grit 20 dan *steel grit* grit 25 pada baja ASTM A36 dengan tingkat kebersihan material yang ingin dicapai yaitu SA 2,5 sesuai standar ISO 8501-1. Gambar dibawah menunjukkan spesimen baja sebelum dan setelah di *blasting*.



**Gambar 4.1** Spesimen Sebelum di *Blasting*



(a)

(b)

**Gambar 4.2** Spesimen Sesudah di *Blasting* dengan (a) *Steel Grit*, (b) Silika

#### 4.4 Inspeksi Visual Hasil *Blasting*

Spesimen yang telah di *blasting* perlu dilakukan pengecekan visual untuk memastikan hasil proses *blasting* telah sesuai dengan standar kebersihan yang ditentukan. Pada penelitian ini standar kebersihan yang diinginkan ialah SA 2,5 (ISO 8501-1). Inspeksi dilakukan dengan cara membandingkan permukaan

spesimen yang telah di *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. Berikut hasil inspeksi visual *blasting* pada spesimen.



**Gambar 4.3** Hasil Visual *Blasting* dengan Material Abrasif Pasir Silika



**Gambar 4.4** Hasil Visual *Blasting* dengan Material Abrasif *Steel Grit*

#### **4.5 Pengukuran Kekasaran Permukaan Spesimen**

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui kedalaman profil material yang telah di *blasting*. Semakin besar nilai kekasaran permukaan membuat cat yang di aplikasikan menempel dengan baik. Sebanyak 36 spesimen yang telah

di blasting kemudian di ukur kekasaran permukaannya menggunakan alat bernama *roughness meter*. Pengukuran dilakukan di 3 titik pada tiap-tiap spesimen untuk mendapatkan hasil yang akurat. Berikut hasil pengukuran kekasaran permukaan spesimen setelah proses *blasting*.

**Tabel 4.2** Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan Blasting dengan Pasir Silika

Material Abrasif	Kode Spesimen	Uji Kekasaran ( $\mu\text{m}$ )			Rata-Rata
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	
Pasir Silika	PA1	65	68	62	65.0
	PA2	63	64	67	64.7
	PA3	62	66	64	64.0
	PK1	68	69	62	66.3
	PK2	61	63	68	64.0
	PK3	65	67	62	64.7
	PA4	62	62	65	63.0
	PA5	66	65	66	65.7
	PA6	61	69	64	64.7
	PK4	62	64	67	64.3
	PK5	65	62	65	64.0
	PK6	64	67	68	66.3
	PA7	68	65	66	66.3
	PA8	64	62	65	63.7
	PA9	66	68	68	67.3
	PK7	70	65	68	67.7
	PK8	65	63	69	65.7
	PK9	66	65	65	65.3
	<b>Rata-Rata Total</b>				

**Tabel 4.3** Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan Blasting dengan *Steel Grit*

Material Abrasif	Kode Spesimen	Uji Kekasaran ( $\mu\text{m}$ )			Rata-Rata
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	
Steel Grit	SA1	78	75	82	78.3
	SA2	77	80	80	79.0
	SA3	76	80	82	79.3
	SK1	80	83	80	81.0
	SK2	79	80	76	78.3
	SK3	76	75	82	77.7
	SA4	78	78	82	79.3
	SA5	80	82	82	81.3
	SA6	77	80	78	78.3
	SK4	78	80	80	79.3
	SK5	80	76	82	79.3
	SK6	79	77	80	78.7
	SA7	81	83	79	81.0
	SA8	79	79	76	78.0
	SA9	75	80	78	77.7
	SK7	76	82	82	80.0
	SK8	81	78	80	79.7
	SK9	80	77	80	79.0
	<b>Rata-Rata Total</b>				

Dari hasil pengukuran nilai kekasaran permukaan ini dapat dilihat bahwa perbedaan material abrasif yang digunakan menghasilkan nilai kekasaran yang berbeda pula. Dengan melakukan pendekatan nilai kekasaran melalui hitungan rata-rata dari pengujian tiap spesimen, dari ketiga penelitian diatas didapatkan nilai kekasaran permukaan tertinggi untuk proses *blasting* pelat baja ASTM A36 dihasilkan oleh material abrasif jenis *steel grit*. Hal ini disebabkan material abrasif memiliki tingkat kekerasan material yang lebih besar dari pasir silika.

## 4.6 Proses Coating

Setelah proses *blasting* telah dilakukan, maka selanjutnya ialah proses pelapisan atau *coating*. Jeda waktu maksimal setelah proses blating sebelum proses coating adalah 3 - 4 jam sebelum material mulai terkontaminasi debu dan uap air. Dalam setiap produk cat, terdapat *Technical Data Sheet* yang berfungsi sebagai panduan penggunaan cat. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dari ialah :

### a. *Mixing Ratio*

Pada cat *polyurethane* terdapat 2 komponen yaitu *base* dan *curing agent*. Untuk cat *polyurethane* Jotun Futura Classic, rasio perbandingan antara *base* dengan *curing agent* ialah 9 : 1.

### b. Volume Solid

Volume Solid adalah prosentase tebal cat kering terhadap tebal cat basah. Volume solid perlu diperhatikan agar mendapatkan ketebalan cat yang diharapkan. Volume solid yang tertera pada *Technical Data Sheet* cat *polyurethane* Jotun Futura Classic ialah  $61 \pm 2\%$ .

### c. *Pot Life*

*Pot Life* rentan waktu maksimal setelah kedua komponen cat dicampurkan sebelum cat mulai mengering. *Pot life* dari cat *polyurethane* Jotun Futura Classic adalah 1,5 jam.

### d. *Curing Time*

*Curing time* merupakan waktu yang dibutuhkan cat untuk kering setelah diaplikasikan. Berikut ini adalah *curing time* untuk produk cat *polyurethane* Jotun Futura Classic :

#### 1. *Dry to touch*

Merupakan waktu yang dibutuhkan oleh lapisan cat untuk dapat disentuh permukaannya. Berdasarkan *Technical Data Sheet*, *dry to touch* dari produk ini ialah 1 jam pada temperatur 23°C.

#### 2. *Fully Cured*

Merupakan waktu yang dibutuhkan lapisan cat untuk mencapai kering sepenuhnya. Berdasarkan *Technical Data Sheet*, *fully cured* produk ini ialah 7 hari pada temperature 23°C.

Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk mengaplikasikan cat pada penelitian ini ialah metode *airless spray coating*. Metode ini dipilih karena cara pengaplikasiannya yang cepat, relatif mudah dan fleksibel. Peralatan yang digunakan pada metode pengecatan ini ialah *air spray gun*.

#### 4.7 Pengukuran Wet Film Thickness (WFT)

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:

$$WFT = \frac{\text{Dry Film Thickness} \times (100\% + \text{Persentase Thinner})}{\% \text{ Volume Solid}} \quad (4.1)$$

Pada penelitian ini, dilakukan penambahan *thinner* sebanyak 20% sehingga berdasarkan nilai volume solid yang tertera pada *technical data sheet* cat, maka dari rumus diatas didapatkan nilai ketebalan seperti berikut ini :

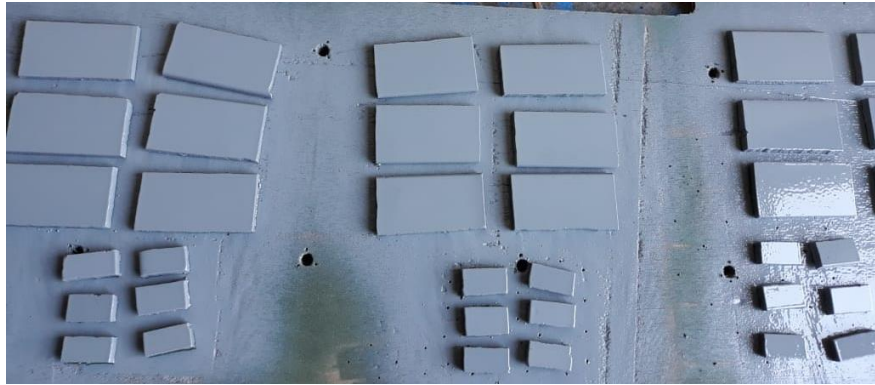
**Tabel 4.4** Perhitungan *Wet Film Thickness*

Jenis Cat	<i>Dry Film Thickness</i> (µm)	Volume Solid (%)	<i>Wet Film Thickness</i> (µm)
Polyurethane Jotun Futura Classic	60	61±2	±120
	80	61±2	±150
	100	61±2	±10

#### 4.8 Hasil Proses Coating

Setelah selesai melakukan proses *coating* dan ketebalan basah telah memenuhi kriteria sebagaimana tertera pada Tabel 4.4, langkah selanjutnya ialah dilakukan pengukuran ketebalan cat dalam kondisi kering atau biasa disebut *Dry Film Thickness* (DFT). Berikut ini merupakan hasil proses coating pada penelitian ini :





**Gambar 4.5** Hasil Proses Coating Cat *Polyurethane*

#### 4.9 Pengukuran Dry Film Thickness (DFT)

Pengukuran *dry film thickness* dilakukan setelah *coating* kering sempurna atau disebut *fully cured* yang waktunya tercantum pada *Technical Data Sheet* masing-masing cat. Pengukuran dilakukan di 3 titik tiap spesimen kemudian dirata-rata untuk mendapatkan pendekatan nilai DFT. Berikut hasil pengukuran *Dry Film Thickness* pada penelitian ini :

**Tabel 4.5** Hasil Pengukuran *Dry Film Thickness* pada Blasting dengan Pasir Silika

Ketebalan Cat yang diinginkan ( $\mu\text{m}$ )	Kode Spesimen	DFT ( $\mu\text{m}$ )			Rata-Rata
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	
60	PA1	64	58	66	62.7
	PA2	62	59	64	61.7
	PA3	63	61	65	63.0
	PK1	63	64	66	64.3
	PK2	59	61	63	61.0
	PK3	63	61	65	63.0
80	PA4	83	82	79	81.3
	PA5	84	81	85	83.3
	PA6	86	82	80	82.7
	PK4	85	81	83	83.0
	PK5	86	84	86	85.3
	PK6	83	86	85	84.7

**Tabel 4.5** Hasil Pengukuran *Dry Film Thickness* pada Blasting dengan Pasir Silika (Lanjutan)

Ketebalan Cat yang diinginkan ( $\mu\text{m}$ )	Kode Spesimen	DFT ( $\mu\text{m}$ )			Rata-Rata
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	
100	PA7	110	108	103	107.0
	PA8	109	118	105	110.7
	PA9	111	110	108	109.7
	PK7	98	103	105	102.0
	PK8	101	105	104	103.3
	PK9	110	107	106	107.7

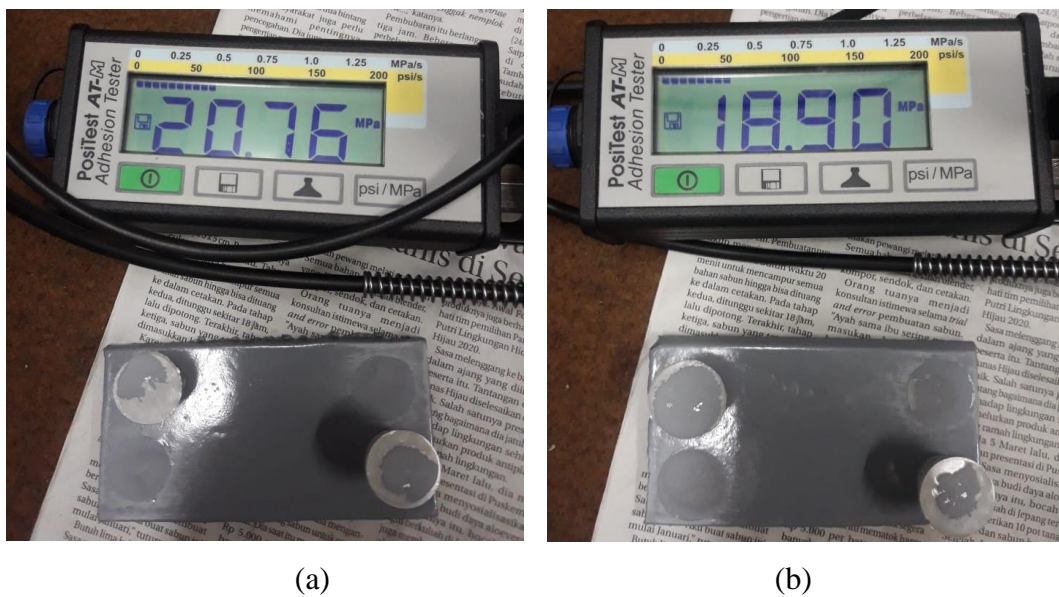
**Tabel 4.6** Hasil Pengukuran *Dry Film Thickness* pada Blasting dengan *Steel Grit*

Ketebalan Cat yang diinginkan ( $\mu\text{m}$ )	Kode Spesimen	DFT ( $\mu\text{m}$ )			Rata-Rata
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	
60	SA1	67	64	66	65.7
	SA2	63	59	62	61.3
	SA3	65	66	64	65.0
	SK1	65	61	64	63.3
	SK2	58	63	62	61.0
	SK3	64	65	62	63.7
80	SA4	87	84	85	85.3
	SA5	81	79	83	81.0
	SA6	85	86	82	84.3
	SK4	84	81	83	82.7
	SK5	86	84	87	85.7
	SK6	79	82	84	81.7
100	SA7	104	107	105	105.3
	SA8	108	111	110	109.7
	SA9	108	105	106	106.3
	SK7	99	103	104	102.0
	SK8	105	108	104	105.7
	SK9	102	98	104	101.3

#### 4.10 Hasil Pengujian Daya Lekat (Adhesi)

Pengujian kekuatan adhesi dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi material abrasif dan ketebalan *polyurethane coating* terhadap daya lekat cat 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 mengering dalam suhu ruangan selama 24 jam.. Tahapan selanjutnya adalah mencabut *dolly* menggunakan *portable adhesive tester*. Berikut ini adalah hasil dari pengujian adhesi dari penelitian ini :



**Gambar 4.6** Pengujian Daya Lekat Cat (a) *Steel Grit* (b) Pasir Silika

**Tabel 4.7** Hasil Pengujian Daya Lekat Cat

Material Abrasif	Ketebalan Cat (µm)	Kode Spesimen	Uji Adhesi (MPa)		Rata-Rata (MPa)	
			Titik 1	Titik 2		
Pasir Silika	60	PA1	18.9	18.51	18.7	18.5
		PA2	18.57	18.31	18.4	
		PA3	18.31	18.68	18.5	
	80	PA4	17.58	17.6	17.6	17.4
		PA5	16.89	17.33	17.1	
		PA6	17.61	17.24	17.4	
	100	PA7	16.44	15.98	16.2	16.4
		PA8	16.72	16.43	16.6	
		PA9	16.25	16.66	16.5	
Steel Grit	60	SA1	20.04	20.25	20.1	20.6
		SA2	20.77	20.91	20.8	
		SA3	20.83	20.76	20.8	

**Tabel 4.7** Hasil Pengujian Daya Lekat Cat (Lanjutan)

Material Abrasif	Ketebalan Cat ( $\mu\text{m}$ )	Kode Spesimen	Uji Adhesi (MPa)		Rata-Rata (MPa)	
			Titik 1	Titik 2		
Steel Grit	80	SA4	19.86	19.78	19.8	19.4
		SA5	19.2	19.38	19.3	
		SA6	19.19	19.03	19.1	
	100	SA7	18.54	18.68	18.6	18.4
		SA8	18.23	18	18.1	
		SA9	18.67	18.44	18.6	

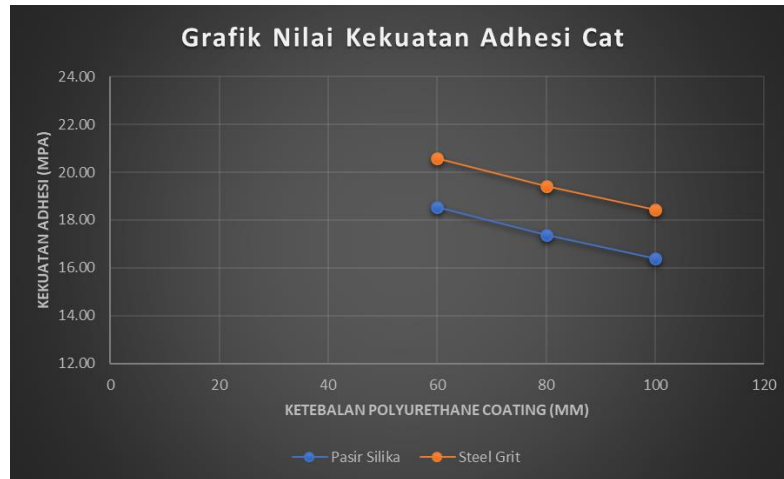
Dari Tabel 4.7 diatas didapatkan nilai adhesi tertinggi diperoleh spesimen yang di *blasting* menggunakan *steel grit* dengan ketebalan *coating* 60  $\mu\text{m}$  yaitu 20,6 MPa. Sedangkan nilai adhesi terkecil didapatkan pada spesimen yang di *blasting* menggunakan pasir silika dengan ketebalan *coating* 100  $\mu\text{m}$  yaitu 16,4 MPa.

Berdasarkan hasil pengujian adhesi cat menunjukkan bahwa cat memiliki kekuatan adhesi yang tinggi yaitu diatas 14 MPa dimana menurut Widhawardana (2017) kekuatan daya lekat cat ini sangat cocok untuk diaplikasikan pada dunia industri maritim.

Hasil pengujian adhesi cat menunjukkan bahwa spesimen yang di *blasting* dengan *steel grit* memiliki nilai kekuatan lekat yang jauh lebih besar daripada spesimen yang di *blasting* menggunakan pasir silika. Hal ini menandakan bahwa nilai kekasaran permukaan berbanding lurus dengan kekuatan adhesi cat sehingga semakin besar nilai kekasaran permukaan maka akan semakin besar pula kekuatan adhesi cat yang dimiliki. Hasil pengujian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Nugroho (2016) bahwa semakin kasar suatu permukaan material akan menambah area kontak antara cat dengan substrat sehingga akan menambah kekuatan lekat cat, sedangkan ketika permukaan lebih halus maka cat akan kehilangan *mechanical interlocking* dengan substrat yang akan mengurangi kekuatannya

Hasil pengujian diatas juga menunjukkan bahwa semakin tebal cat maka kekuatan adhesi semakin kecil. Hal ini disebabkan lapisan cat sudah tidak membentuk ikatan adhesi lagi dengan permukaan substrat sehingga lebih mudah untuk terkelupas atau terkikis seiring waktu. Hasil pengujian daya lekat

ini sesuai dengan penelitian dari Anam (2019) yang menyebutkan semakin tebal *coating* yang diaplikasikan maka akan menyebabkan turunnya kekuatan adhesi.



**Gambar 4.7** Grafik Nilai Kekuatan Adhesi Cat

Selain itu Gambar 4.7 menunjukkan bahwa pada ketebalan yang sama nilai adhesi dari spesimen yang di *blasting* dengan *steel grit* lebih besar daripada nilai adhesi dari spesimen yang di *blasting* dengan pasir silika. Hasil tersebut menunjukkan bahwa material abrasif yang memiliki tingkat kekerasan partikel lebih besar akan menciptakan profil kekasaran lebih dalam sehingga nilai kekuatan adhesi antara cat dengan substrat pun semakin besar.

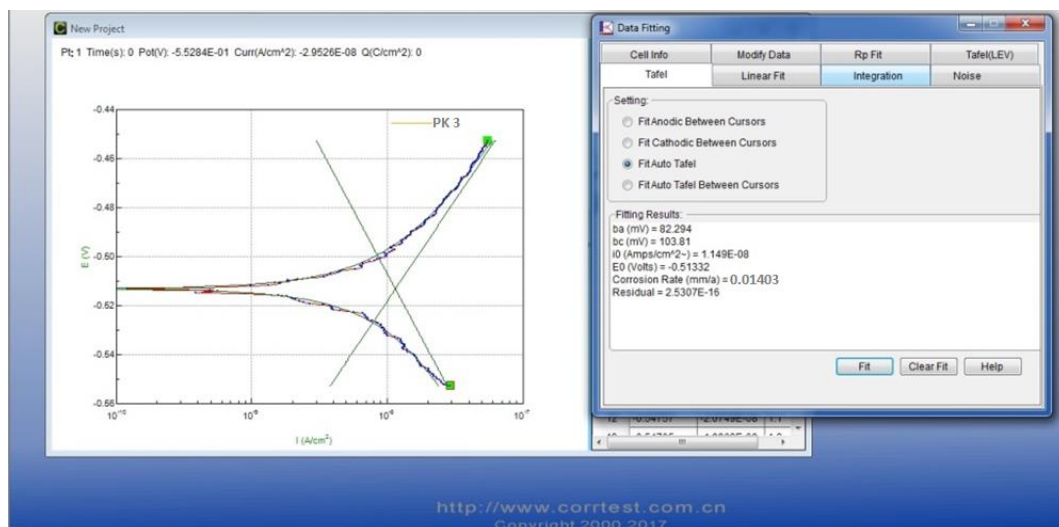
#### 4.11 Hasil Pengujian Korosi

Pengujian korosi dilakukan untuk mengetahui laju korosi yang dihasilkan oleh masing-masing spesimen uji. Metode pengujian korosi yang digunakan ialah metode sel 3 elektroda sesuai standar ASTM G102 “*Standard Practice for Calculation for Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurement*”. Proses pengujian dengan metode sel 3 elektroda memprediksi nilai laju korosi dengan mengukur beda potensial material. Alat uji yang digunakan terdiri dari CorrTest yang dihubungkan dengan software CS Studio 5 untuk mendapatkan hasil laju korosinya.

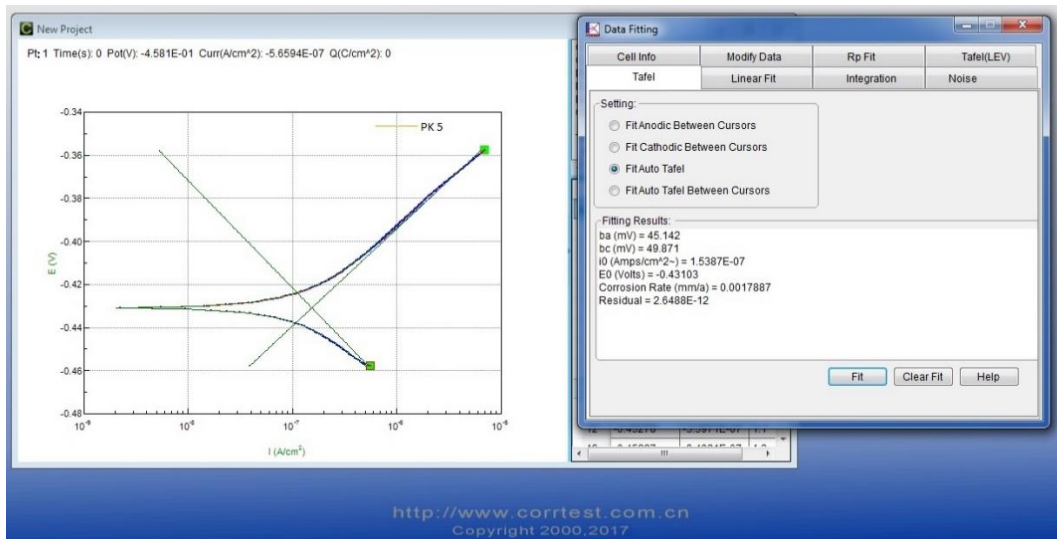
Elektroda yang digunakan pada pengujian ini terdiri dari tiga jenis elektroda yaitu :

- a. Elektroda Kerja (Working Electrode) yaitu elektroda atau specimen Baja ASTM A36 yang telah melalui proses *sand blasting* dan *coating* dengan variasi yang telah ditetapkan.
- b. Elektroda pembantu (auxiliary electrode) yaitu elektroda kedua berupa grafit batang yang berfungsi mengalirkan arus menjadi rangkaian yang terbentuk dalam penelitian.
- c. Elektroda pembanding (reference electrode) yaitu elektroda yang mengacukan pengukuran potensial elektroda kerja.

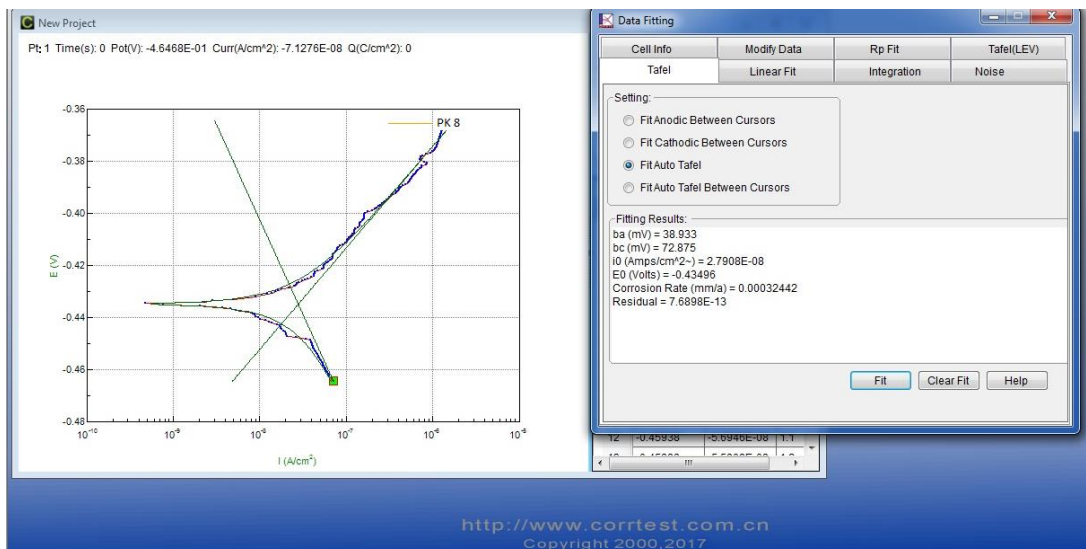
Alat CorrTest yang telah dipasang specimen uji kemudian dihubungkan dengan software CS Studio 5 agar kurva laju korosi terbentuk. Kurva ini dinamakan kurva tabel. Berikut ialah kurva tafel dari pengujian yang dilakukan :



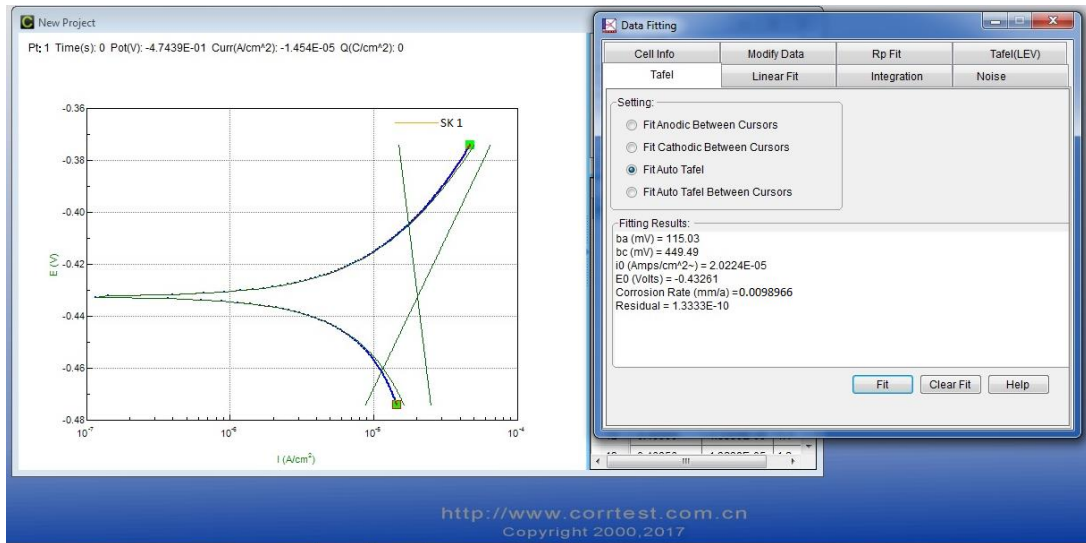
**Gambar 4.8** Kurva Tafel *Blasting* Pasir Silika 60 ( $\mu m$ )



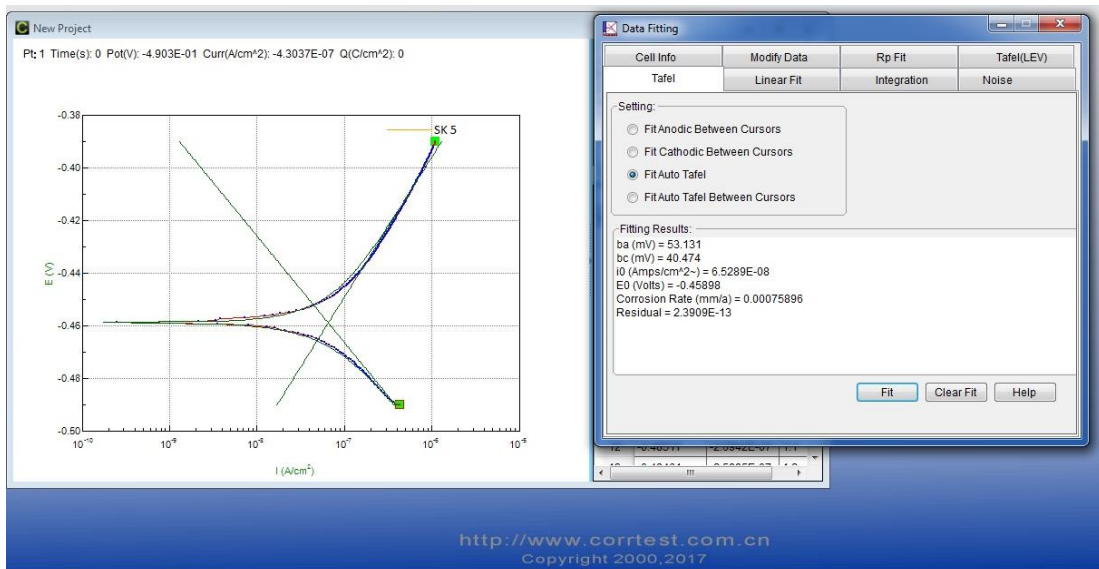
**Gambar 4.9** Kurva Tafel *Blasting* Pasir Silika 80 ( $\mu\text{m}$ )



**Gambar 4.10** Kurva Tafel *Blasting* Pasir Silika 100 ( $\mu\text{m}$ )

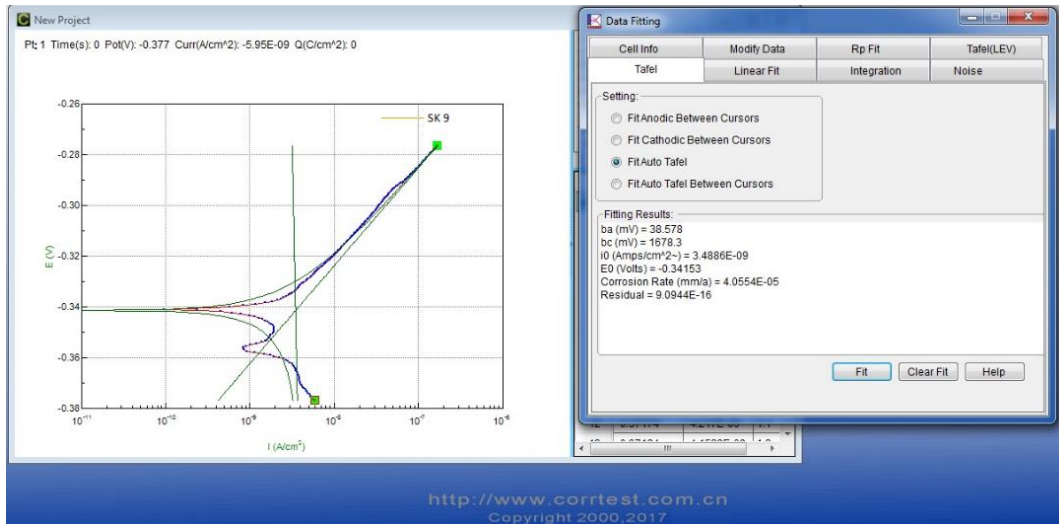


**Gambar 4.11** Kurva Tafel *Blasting Steel Grit 60 (µm)*



**Gambar 4.12** Kurva Tafel *Blasting Steel Grit 80 (µm)*





**Gambar 4.13** Kurva Tafel SK 9, *Blasting Steel Grit 100 (μm)*

Dari gambar kurva tafel diatas dapat dilihat bahwa spesimen yang telah di *coating* juga tetap mengalami korosi sebagaimana dapat dilihat bahwa pada tiap spesimen terdapat kerapatan arus atau  $I_{corr}$  yang terdeteksi.

Berdasarkan grafik diatas pula didapatkan nilai laju korosi sebagai berikut :

**Tabel 4.8** Hasil Pengujian Laju Korosi

Material Abrasif	Ketebalan Cat (μm)	Kode Spesimen	Potensial (V)	Rata-Rata Potensial (V)	Laju Korosi (mm/a)	Rata-Rata Laju Korosi (mm/a)	
Pasir Silika	60	PK1	-0.51332	-0.4919	0.033514	0.022029	
		PK2	-0.44899		0.018543		
		PK3	-0.51332		0.01403		
	80	PK4	-0.44009	-0.4423	0.0029401	0.00220	
		PK5	-0.43103		0.0017887		
		PK6	-0.45564		0.0018816		
	100	100	PK7	-0.43196	-0.4315	0.00013357	0.00023
			PK8	-0.43496		0.00032442	
			PK9	-0.42758		0.00024408	

**Tabel 4.8** Hasil Pengujian Laju Korosi (Lanjutan)

Material Abrasif	Ketebalan Cat ( $\mu\text{m}$ )	Kode Spesimen	Potensial (V)	Rata-Rata Potensial (V)	Laju Korosi (mm/a)	Rata-Rata Laju Korosi (mm/a)
Steel Grit	60	SK1	-0.43261	-0.3792	0.0098966	0.00964
		SK2	-0.34108		0.0068692	
		SK3	-0.36398		0.012173	
	80	SK4	-0.35482	-0.3482	0.00085976	0.00085
		SK5	-0.29160		0.00075896	
		SK6	-0.39832		0.00095749	
	100	SK7	-0.36287	-0.3270	0.00011645	0.00008
		SK8	-0.27667		0.000086807	
		SK9	-0.34153		0.000040554	

Dapat dilihat pada tabel 4.8, spesimen yang memiliki nilai laju korosi terendah ialah spesimen yang di blasting dengan steel grit dengan ketebalan polyurethane coating sebesar 100 ( $\mu\text{m}$ ) yaitu 0,00008 mm/a sedangkan spesimen yang memiliki nilai laju korosi terendah ialah spesimen yang di blasting dengan pasir silika dengan ketebalan polyurethane coating sebesar 60 ( $\mu\text{m}$ ) yaitu 0,02202 mm/a. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nugroho (2017) bahwa semakin tinggi nilai kekasaran material saat blasting maka akan menghasilkan laju korosi yang semakin rendah pula.

Pada pengujian laju korosi yang telah dilakukan ini pula dapat dilihat bahwa semakin tebal *polyurethane coating* yang diaplikasikan, maka semakin rendah pula laju korosi yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian dari Anam (2019) yaitu semakin tebal *coating* maka prediksi laju korosinya akan semakin rendah.



**Gambar 4.14** Grafik Perbandingan Nilai Laju Korosi

Gambar 4.14 menunjukkan bahwa dengan ketebalan *polyurethane coating* yang sama, material yang di *blasting* dengan *steel grit* menghasilkan laju korosi yang lebih kecil daripada material yang di *blasting* dengan pasir silika. Hal ini menunjukkan bahwa semakin keras partikel abrasif yang digunakan maka laju korosi juga akan semakin rendah.

#### 4.12 Pemilihan Material Abrasif dan Ketebalan *Polyurethane Coating*

Berdasarkan pengujian kekuatan adhesi dan laju korosi yang telah dilakukan, didapatkan hasil pengujian seperti pada Tabel 4.9 dibawah ini

**Tabel 4.9** Data Hasil Pengujian

No	Material Abrasif	Ketebalan Cat ( $\mu\text{m}$ )	Hasil Rata-Rata Pengujian	
			Adhesi (MPa)	Korosi (mm/a)
1	Pasir Silika	60	18.55	0.02203
		80	17.38	0.00220
		100	16.41	0.00023
2	Steel Grit	60	20.59	0.00965
		80	19.41	0.00086
		100	18.43	0.00008

Hasil pengujian adhesi dan laju korosi yang tertera pada Tabel 4.9 menunjukkan material abrasif berupa *steel grit* menghasilkan hasil yang lebih

baik daripada pasir silika. Sehingga dengan meninjau kekuatan cat yang dihasilkan dari proses *blasting* dipilihlah material abrasif *steel grit* untuk diaplikasikan pada lingkungan air laut.

Ditinjau dari kondisi air laut yang sangat korosif, maka *coating* yang diaplikasikan harus mampu menahan laju korosi menjadi serendah mungkin. Oleh karena itu berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan seperti tertera pada Tabel 4.9, maka ketebalan *polyurethane coating* yang dipilih untuk diaplikasikan pada struktur bangunan laut ialah 100  $\mu\text{m}$ .

## BAB V KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengukuran kekasaran permukaan material setelah *blasting* menunjukkan bahwa material yang di *blasting* dengan material abrasif *steel grit* memiliki nilai kekasaran permukaan yang jauh lebih besar yaitu 79,19  $\mu\text{m}$ , sedangkan nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan dari *blasting* dengan material abrasif pasir silika ialah 65,15  $\mu\text{m}$ . Perbedaan profil kekasaran permukaan yang dihasilkan kedua material abrasif ini disebabkan oleh perbedaan kekerasan material, semakin keras partikel material abrasif yang digunakan maka nilai profil kekasaran permukaan yang dihasilkan dari proses *blasting* akan semakin besar pula.
2. Hasil pengujian kekuatan daya lekat (adhesi) terbaik ialah spesimen baja ASTM A36 yang di *blasting* menggunakan *steel grit* dengan ketebalan *coating* 60  $\mu\text{m}$  yaitu 20,6 MPa. Sedangkan nilai adhesi terkecil didapatkan pada spesimen baja ASTM A36 yang di *blasting* menggunakan pasir silika dengan ketebalan *coating* 100  $\mu\text{m}$  yaitu 16,4 MPa. Hal ini terjadi dikarenakan *blasting* dengan material abrasif *steel grit* memiliki tingkat kekasaran permukaan yang lebih tinggi dan juga ketebalan *polyurethane coating* yang kecil membuat ikatan antara substrat dengan cat terbentuk dengan baik
3. Penggunaan material abrasif dan ketebalan *polyurethane coating* yang berbeda juga mempengaruhi laju korosi material. Hal ini ditunjukkan oleh hasil penelitian dimana spesimen baja ASTM A36 yang di *blasting* dengan *steel grit* dengan ketebalan *polyurethane coating* sebesar 100  $\mu\text{m}$  yaitu 0,00008 mm/a sedangkan spesimen baja ASTM A36 yang memiliki nilai laju korosi terendah ialah spesimen yang di *blasting* dengan pasir silika dengan ketebalan *polyurethane coating* sebesar 60  $\mu\text{m}$  yaitu 0,02202 mm/a. Semakin tinggi nilai kekasaran permukaan saat *blasting*

membuat laju korosi semakin rendah, namun ketebalan *polyurethane coating* yang tinggi membuat material lebih tahan di lingkungan korosif sehingga laju korosi juga semakin rendah

4. Dari hasil pengujian adhesi dan korosi yang telah dilakukan, didapatkan rekomendasi penggunaan material abrasif dan ketebalan *polyurethane coating* yang sesuai untuk diaplikasikan di industri minyak dan gas yaitu *steel grit* dengan ketebalan *coating* 100  $\mu\text{m}$

## 5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang diberikan oleh penulis sebagai masukan untuk melengkapi penelitian yang telah dilakukan diantaranya :

1. Membandingkan kualitas *coating polyurethane* dengan jenis *coating* lain sebagai *coating* primer untuk pengaplikasian di lingkungan air laut.
2. Menggunakan pengujian korosi dengan media korosi lain seperti  $\text{FeCl}_3$  dan  $\text{H}_2\text{S}$  untuk pengaplikasian *coating* pada pipa bawah laut.
3. Menganalisa kekuatan adhesi dan laju korosi untuk *polyurethane coating multilayer*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Y. K., Arief, I. S., & Amiadji. (2015). Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating. *Jurnal Teknik ITS*, Vol 4 No. 1 : 1-5.
- Aji, S. B. (2018). *Analisis Daya Lekat Coating terhadap Variasi Tekanan dan Sudut Blasting serta Prediksi Laju Korosi pada Pelat Baja ASTM A36*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Amrollahi, M., & Sadeghi, G. M. (2016). Assessment of Adhesion and Surface Properties of Polyurethane Coatings Based on Non-Polar and Hydrophobic Soft Segment. *Progress in Organic Coating* , 93 : 23-33.
- Anam, M. W. (2019). *Analisis Kekuatan Adhesi dan Ketahanan Korosi dengan Variasi Komposisi Zinc Oxide dan ketebalan Coating pada Baja ASTM A36*. Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Anggaretno, G., Rochani, I., & Supomo, H. (2012). Analisa Pengaruh Jenis Elektroda terhadap Laju Korosi pada Pengelasan Pipa API 5L Grade X65 dengan Media Korosi FeCl<sub>3</sub>. *Jurnal Teknik ITS*, Vol 1 No 1 : 124-128.
- Ardianto, P. (2017). *Pengaruh Cacat Coating dan Perbedaan Salinitas terhadap Laju Korosi pada Daerah Splash Zone menggunakan Material Baja A36*. Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- ASTM A36. (2004). *Standard Specification for Carbon Structural Steel*. Washington: ASTM Publishing.
- ASTM D4318. (2001). *Standard Test Method for Measurement of Dry Film Thickness of Protective Coating System by Destructive Means*. Washington: ASTM Publishing.
- ASTM D4414. (1996). *Standard Practice Method for Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gauge*. Washington: ASTM Publishing.
- ASTM D4417-3. (2003). *Standard Test Methods for Field Measurement of Surface Profile of Blast Cleaned Steel*. Washington: ASTM Publishing.
- ASTM D4541-2. (2002). *Standard Test Methods for Pull-Off Strength of Coating Using Portable Adhesive Testers*. Washington: ASTM Publishing.
- ASTM G102. (1994). *Standard Practice for Calculation for Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements*. Washington: ASTM Publishing.
- Aziz, M. F. (2017). *Analisa Pengaruh Material Abrasif pada Proses Blasting terhadap Kualitas Coating Epoxy*. Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Bangun, W. P., Widiyarta, I. M., & Parwata, I. M. (2017). Pengaruh Waktu dan Ukuran Partikel Dry Sand Blasting terhadap Kekasaran Permukaan pada Baja Karbon Sedang. *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*, Vol 6 No 1 : 138-141.
- Borman, R. I., & Helmi, F. (2018). Penerapan Metode Perbandingan Eksponensial (MPE) dalam Sistem Pendukung Keputusan Penerima Beasiswa Siswa Berprestasi pada SMK XYZ. *CESS (Journal of Computer Engineering System and Science)*, Vol 3 No 1 : 17-22.
- Candrasasi, A. G. (2018). *Analisis Pengaruh Material Abrasif dan Variasi Tekanan Sand Blasting pada Baja ASTM A36 terhadap Daya Lekat Coating*. Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Chaitanya, A., Kishore Babu, D., & Girish Kumar, K. (2020). Experimental Study on Surface Roughness by Using Abrasive Jet Machine. *Materials Today Proceedings* (pp. Vol 23 Part 3 : 453-457). India: S.Bland.
- Chandler, K. A. (1985). *Marine and Offshore Corrosion*. London: Butterworth & Co Ltd Publisher.
- Debrita, C. (2017). *Analisis Pengaruh Variasi Coating pada Pelat Baja ASTM A36 terhadap Prediksi Laju Korosi, Kekuatan Adhesi dan Ketahanan Impact*. Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Fontana, M. G. (1987). *Corrosion Engineering International Edition*. United States of America: The Ohio State University.
- Gao, T., He, Z., Hihara, L. H., Mehr, H. S., & Soucek, M. D. (2019). Outdoor Exposure and Accelerated Weathering of Polyurethane/Polysiloxane Hybrid Coatings. *Progress in Organic Coatings*, 130 : 44-57.
- Haghdadeh, P., Ghaffari, M., Ramezanzadeh, B., Bahlakeh, G., & Saeb, M. R. (2018). the Role of Functionalized Graphene Oxide on The Mechanical and Anti-Corrosion Properties of Polyurethane Coating. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 1-14.
- Harris, A., & Beevers, A. (1999). The Effect of Grit-Blasting on Surface Properties for Adhesion. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 19 : 445-452.
- Holmberg, K., & Matthews, A. (2010). *Coating Tribology Properties, Mechanisms, Techniques, and Applications in Surface Engineering Second Edition*. United Kingdom: The University of Sheffield.
- Hudson, R. (1982). *Surface Preparation for Coating*. New York: The National Physical Laboratory.
- ISO 12944-5. (20017). *Corrosion Protection of Steel Structures by Protective Paint System*. England: International Organization for Standardization.



- ISO 8501. (2011). *Corrosion Protection of Steel Structure by Painting*. England: International Organization for Standardization.
- Ispandriatno, A. S., & Krisnaputra, R. (2015). Ketahanan Korosi Baja Ringan di Lingkungan Air Laut. *Jurnal Material Teknologi Proses*, Vol 1 No 1 : 1-7.
- Kambham, K., Sangameswaran, S., Datar, S., & Kura, B. (2007). Copper Slag : Optimization of Productivity and Consumption for Cleaner Production in Dry Abrasive Blasting. *Journal of Cleaner Production*, 15 : 456-473.
- Kirchgeorg, T., Weiberg, I., Homig, M., Baier, R., Schmid, M., & Brockmeyer, B. (2018). Emissions from Corrosion Protection Systems of Offshore Wind Farms : Evaluation of the Potential Impact on the Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*, 257-268.
- Lee, D., Ku, N., Kim, T., Lee, K., Kim, J., & Kim, S. (2010). Self-Traveling Robotic System for Autonomus Abrasive Blast Cleaning in Double-Hulled Structures of Ship. *Automation in Construction*, 19 : 1076-1086.
- Liu, J., Li, Z., Zhang, L., Hou, J., Lu, Z., Zhang, P., . . . Jin, N. (2019). Degradation Behaviour and Mechanism of Polyurethane Coating for Aerospace Application under Atmospheric Conditions in South China Sea. *Progress in Organic Coatings*, 136 : 1-10.
- Manurung, S. F. (2017). *Analisis Pengaruh Proses Blasting terhadap Kekuatan Adhesive pada Coating Sambungan Pipa*. Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Momber, A. (2008). *Blast Cleaning Technology*. Berlin: Springer.
- Nasoetion, R. (2012). Penggunaan Sistem Lapis Lindung Jenis Polyuretan untuk Aplikasi di Daerah Maritim. *Majalah Metalurgi*, Vol 27 No 3 : 213-224.
- Nugroho, C. T. (2016). *Analisa Pengaruh Material Abrasif pada Blasting terhadap Daya Lekat Cat dan Ketahanan Korosi di Lingkungan Air Laut*. Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- OSHA. (2014). *Protecting* . United States of America: Occupational Safety and Health Administration.
- Parashar, S., & Parashar, A. K. (2015). Presurface Treatment of All Materials by Sandblasting. *International Jurnal of Advance Engineering and Research Development*, Vol 2 : 38-43.
- Pratama, R. A., & Kromodiharjo, S. (2016). Studi Eksperimen Pengaruh Tebal Cat dan Kekasaran pada Pelat Baja Karbon Rendah terhadap Kerekatan Cat dan Biaya Pross di PT. Swadaya Graha. *Jurnal Teknik ITS*, Vol 5 No 2 : 311-315.
- Rialdo, T. Y. (2019). *Analisa 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. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.*

Samimi, A. (2012). Use of Polyurethane Coating to Prevent Corrosion in Oil and Gas Pipelines Transfer. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol 1 No.2 : 186-193.

Somarathna, H., Raman, S., Mohotti, D., Mutalib, A., & Badri, K. (2018). The Use of Polyurethane for Structural and Infrastructural Engineering Applications : A State-of-The-Art Review. *Construction and Building Materialas*, 190 : 995-1014.

Trethewey, K., & Chamberlain, J. (1991). *KOROSI (Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan)*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

Widhawardhana, D. K. (2017). *Analisis Polyurethane Coating pada Pelapisan Material Baja ASTM A36 dengan Beberapa Media Korosi. Tugas Akhir.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Zakaria, H., Katman, M. K., Hidayat bin Mat, M. N., Sies, M. F., Mustaffa, N., & Asmuin, N. (2019). Dust Exposure Monitoring : Abrasive Blasting Dust from Cleaning Process in Marine Industry. *International Journal of Integrated Engineer*, Vol 11 No 5 : 97-101.

**LAMPIRAN I**  
**JADWAL KEGIATAN TUGAS AKHIR**

### JADWAL KEGIATAN TUGAS AKHIR

No	Kegiatan	Bulan ke-1				Bulan ke-2				Bulan ke-3				Bulan ke-4				Bulan ke-5				Bulan ke-6			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	Penyusunan Laporan	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	Sidang Proposal (P1)						■																		
4	Persiapan Alat dan Bahan						■	■																	
5	Proses Blasting										■														
6	Proses Coating										■	■													
7	Proses Pengukuran WFT dan DFT										■	■													
8	Uji Kekuatan Adhesi										■	■	■												
9	Sidang Progres Penelitian (P2)														■										
10	Uji Laju Korosi														■	■	■								
11	Analisa Data dan Pembahasan													■	■	■	■	■	■	■	■				
12	Sidang Akhir (P3)																						■		
13	Pengumpulan Laporan																						■	■	■

**LAMPIRAN II**  
**TECHNICAL DATA SHEET CAT**

## Futura Classic

### Product description

This is a two component chemically curing aliphatic acrylic polyurethane coating. It has a glossy finish with good gloss retention. It is a high solids product. The product has good application properties with low dry spray. To be used as topcoat in atmospheric environments.

#### Typical use

Marine:  
Recommended for topside, deck and superstructure.

Protective:  
Suitable for a wide range of industrial structures.

#### Colours

according to colour card and Multicolor Industry tinting system (MCI)

### Product data

Property	Test/Standard	Description
Solids by volume	ISO 3233	61 ± 2 %
Gloss level (GU 60 °)	ISO 2813	gloss (70-85)
Flash point	ISO 3679 Method 1	28 °C
Density	calculated	1.4 kg/l
VOC-US/Hong Kong	US EPA method 24 (tested) (CARB(SCM)2007, SCAQMD rule 1113, Hong Kong)	334 g/l
VOC-EU	IED (2010/75/EU) (theoretical)	336 g/l
VOC-China	GB/T 23985-2009 (tested)	294 g/l
VOC-Korea	Korea Clean Air Conservation Act (tested)	375 g/l

The provided data is typical for factory produced products, subject to slight variation depending on colour.  
All data is valid for mixed paint.  
Gloss description: According to Jotun Performance Coatings' definition.

### Film thickness per coat

#### Typical recommended specification range

Dry film thickness	50 - 80 μm
Wet film thickness	85 - 140 μm
Theoretical spreading rate	12.2 - 7.6 m <sup>2</sup> /l

## Surface preparation

To secure lasting adhesion to the subsequent product all surfaces shall be clean, dry and free from any contamination.

### Surface preparation summary table

Substrate	Surface preparation	
	Minimum	Recommended
Coated surfaces	Clean, dry and undamaged compatible coating	Clean, dry and undamaged compatible coating

## Application

### Application methods

The product can be applied by

- Spray: Use air spray or airless spray.
- Brush: Recommended for stripe coating and small areas, care must be taken to achieve the specified dry film thickness.
- Roller: May be used. Care must be taken to achieve the specified dry film thickness.

### Product mixing ratio (by volume)

Futura Classic Comp A	9 part(s)
Futura Classic Comp B	1 part(s)

### Thinner/Cleaning solvent

Thinner: Jotun Thinner No. 10 / Jotun Thinner No. 26

### Guiding data for airless spray

Nozzle tip (inch/1000):	13-19
Pressure at nozzle (minimum):	150 bar / 2100 psi

## Drying and Curing time

Substrate temperature	5 °C	10 °C	23 °C	40 °C
Surface (touch) dry	3 h	2 h	1 h	30 min
Walk-on-dry	24 h	14 h	7 h	4 h
Dry to over coat, minimum	24 h	14 h	7 h	4 h
Dried/cured for service	21 d	14 d	7 d	3 d

For maximum overcoating intervals, refer to the Application Guide (AG) for this product.

Drying and curing times are determined under controlled temperatures and relative humidity below 85 %, and at average of the DFT range for the product.

Surface (touch) dry: The state of drying when slight pressure with a finger does not leave an imprint or reveal tackiness.

Walk-on-dry: Minimum time before the coating can tolerate normal foot traffic without permanent marks, imprints or other physical damage.

Dry to over coat, minimum: The recommended shortest time before the next coat can be applied.

Dried/cured for service: Minimum time before the coating can be permanently exposed to the intended environment/medium.

## Induction time and Pot life

Paint temperature	23 °C
Pot life	1.5 h

## Heat resistance

	Temperature	
	Continuous	Peak
Dry, atmospheric	120 °C	140 °C

Peak temperature duration max. 1 hour.

The temperatures listed relate to retention of protective properties. Aesthetic properties may suffer at these temperatures.

## Product compatibility

Depending on the actual exposure of the coating system, various primers and topcoats can be used in combination with this product. Some examples are shown below. Contact Jotun for specific system recommendation.

Previous coat: epoxy, zinc epoxy, epoxy mastic, polyurethane



**LAMPIRAN III**  
**HASIL PENGUJIAN ADHESI**



Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi Spesimen SA 1



Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi Spesimen SA 2



Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi Spesimen SA 3



Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi Spesimen SA 4



Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi Spesimen SA 5



Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi Spesimen SA 6



Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi Spesimen SA 7



Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi Spesimen SA 8



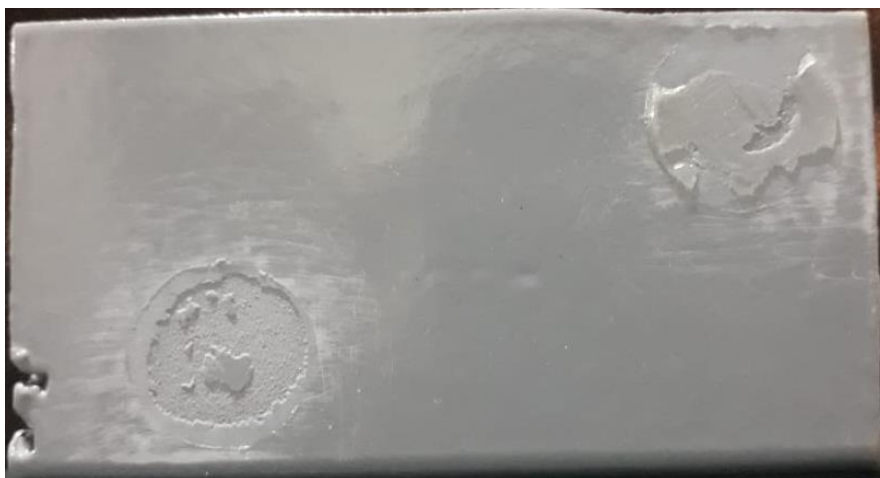
Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi Spesimen SA9



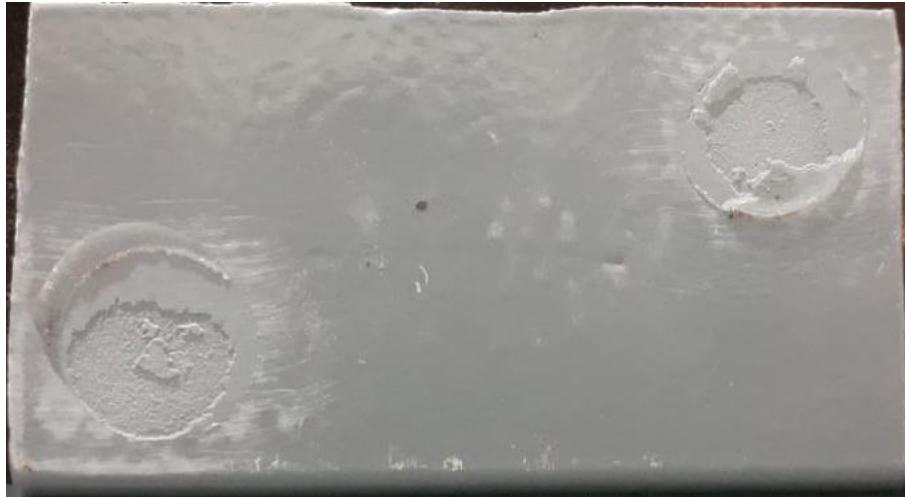
Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi Spesimen PA 1



Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi Spesimen PA 2



Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi Spesimen PA 3



Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi Spesimen PA 4



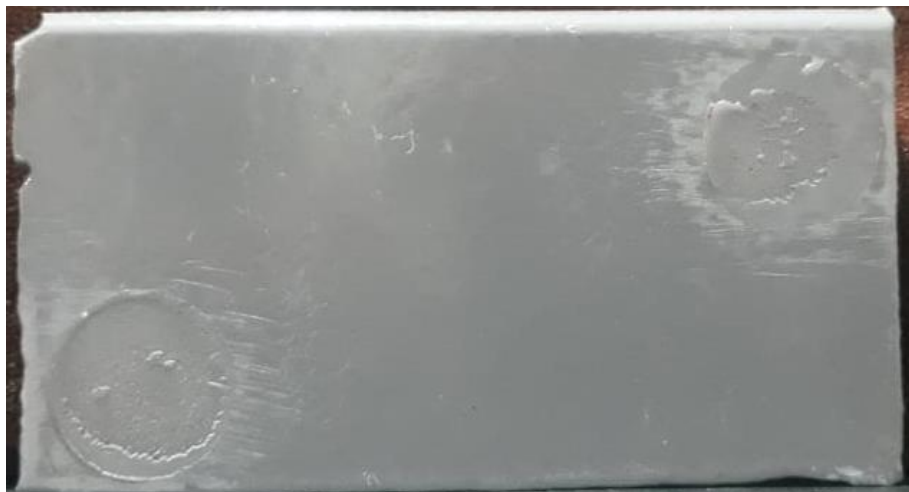
Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi Spesimen PA 5



Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi Spesimen PA 6



Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi Spesimen PA 7



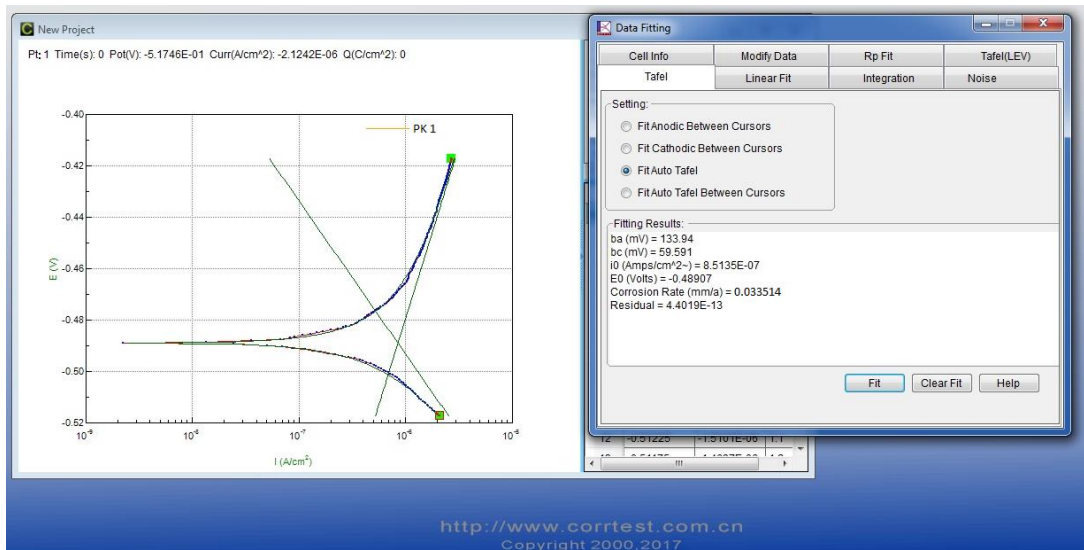
Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi Spesimen PA 8



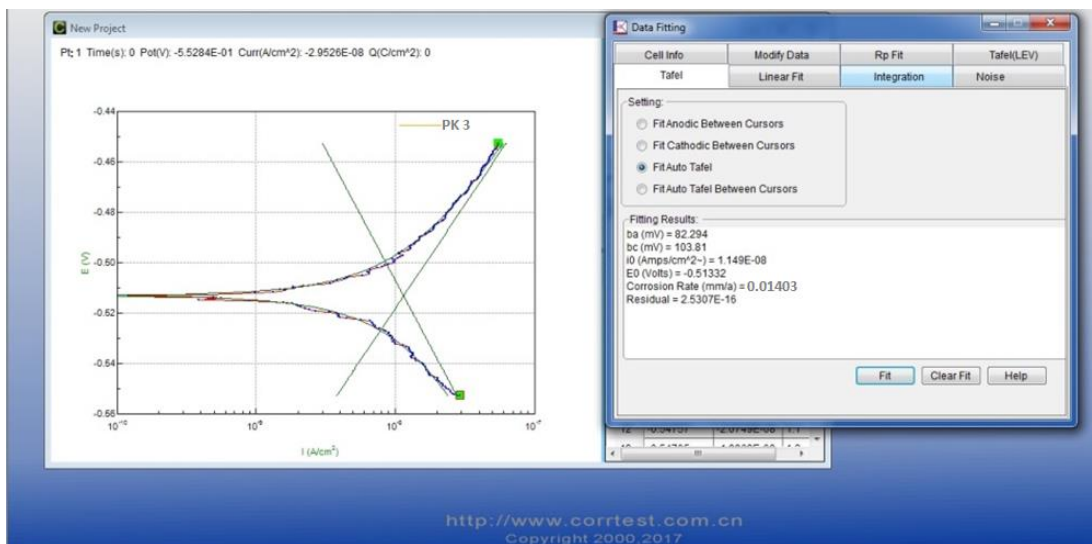
Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi Spesimen PA 9

**LAMPIRAN IV**  
**HASIL PENGUJIAN KOROSI**

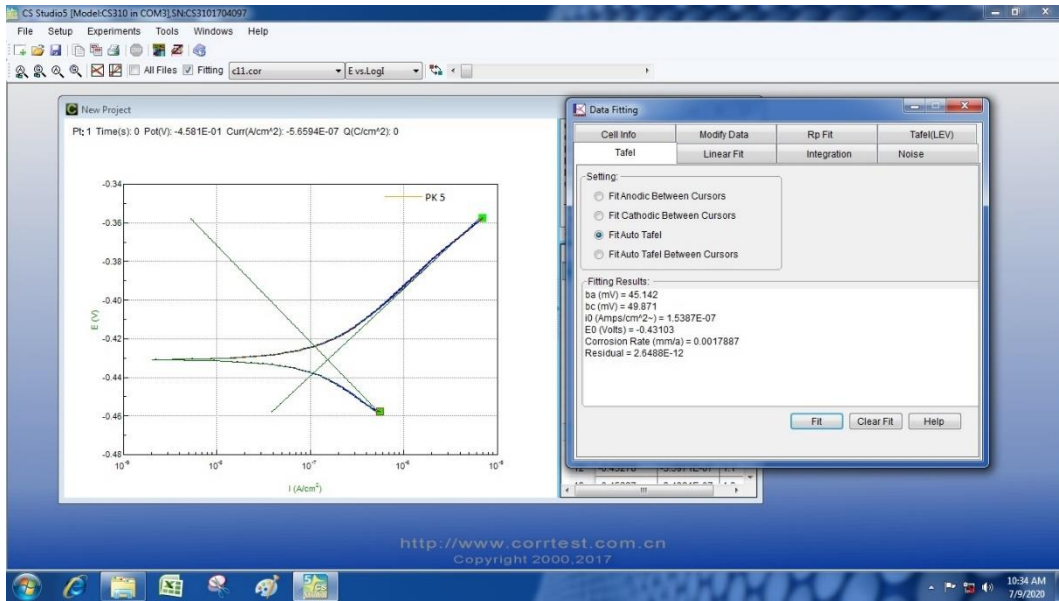




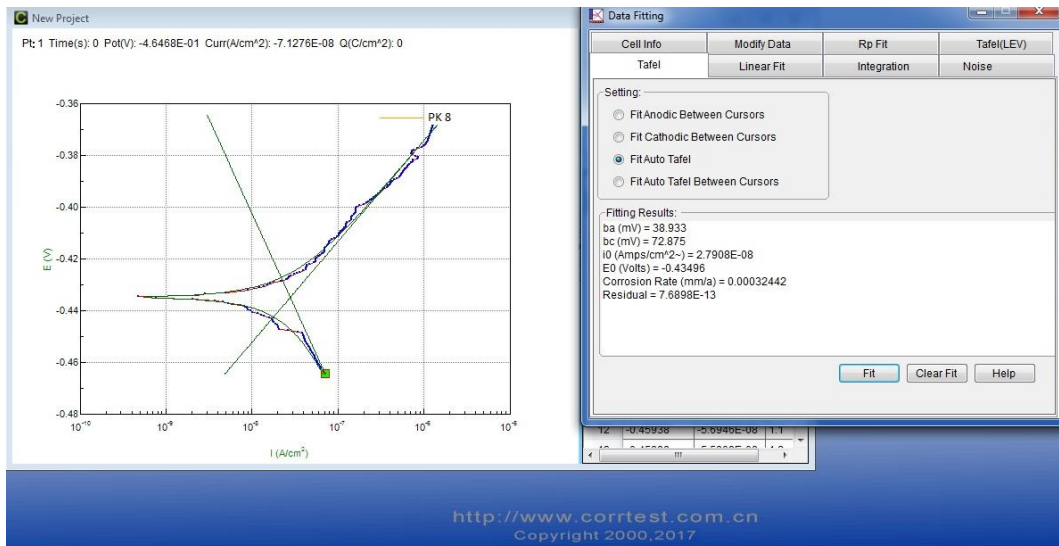
Hasil Pengujian Korosi spesimen PK 1



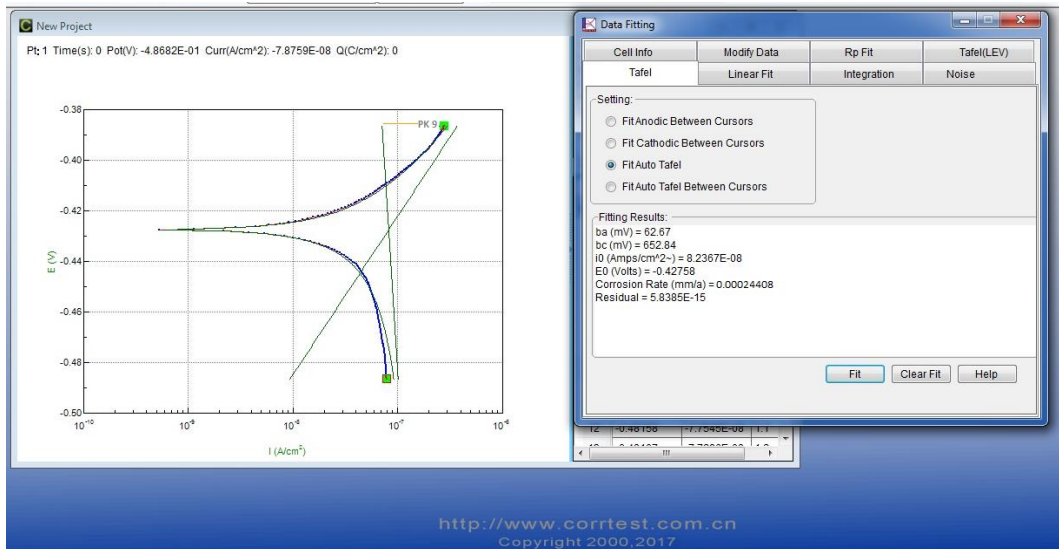
Hasil Pengujian Korosi PK 3



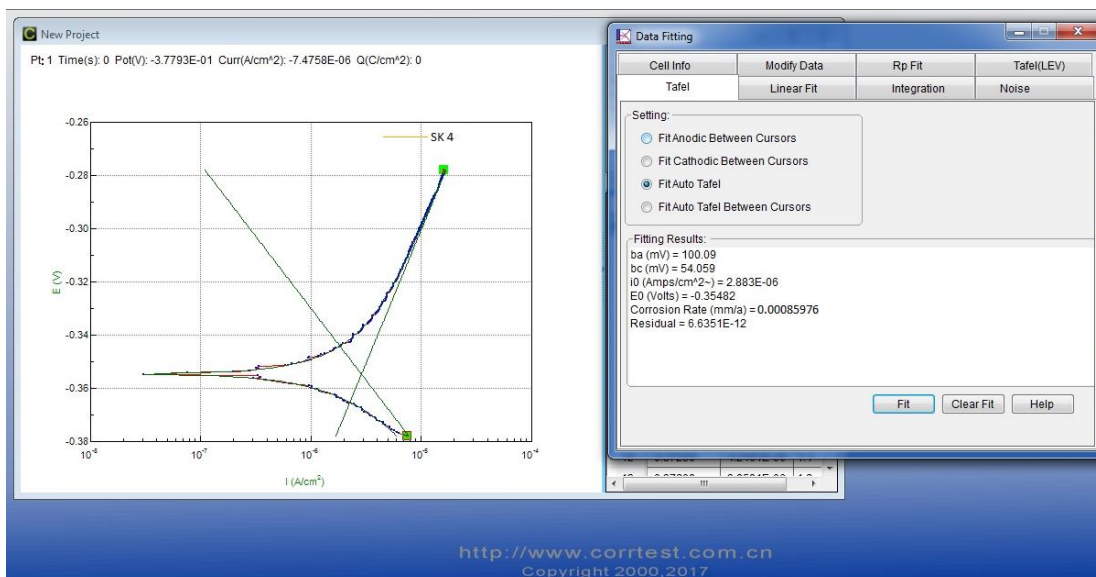
Hasil Pengujian Korosi Spesimen PK 5



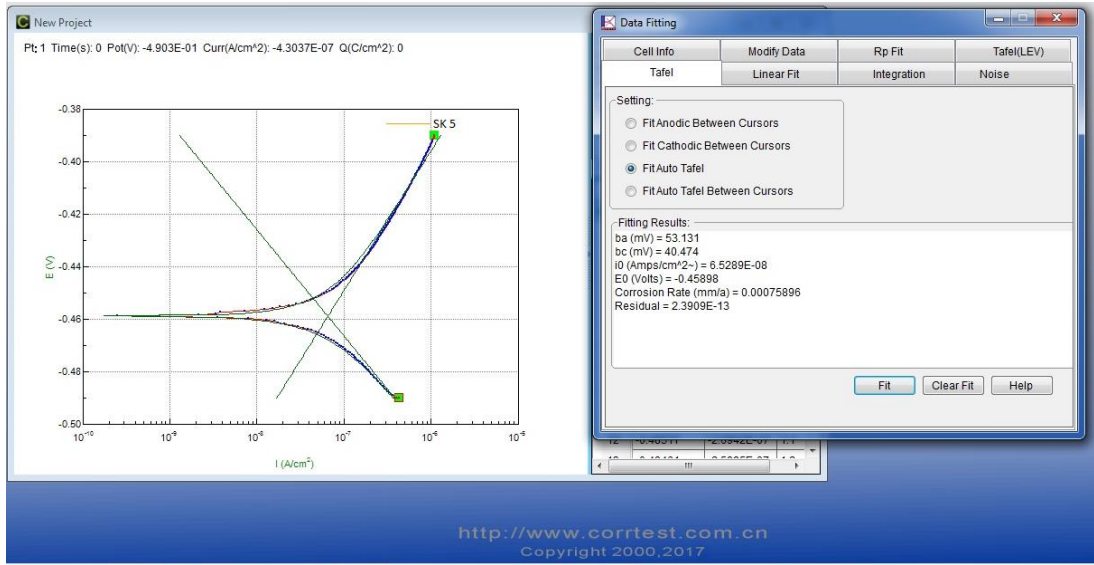
Hasil Pengujian Korosi Spesimen PK 8



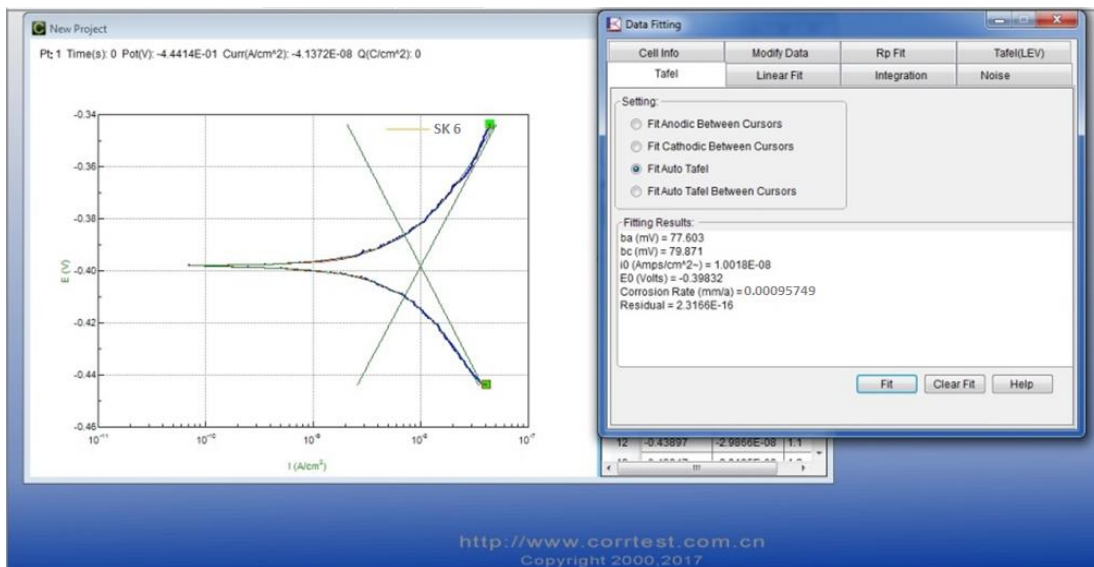
Hasil Pengujian Korosi Spesimen PK 9



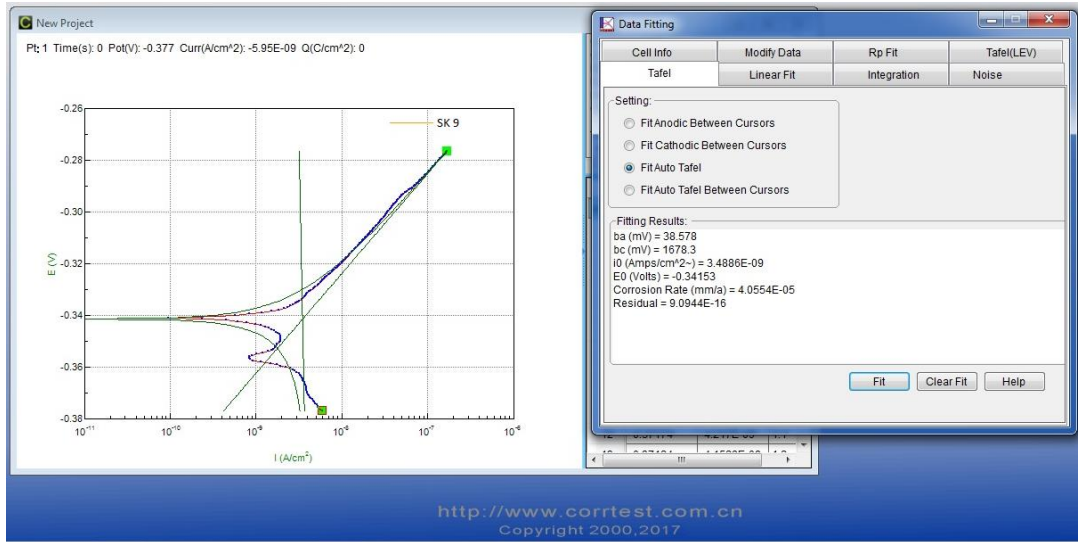
Hasil Pengujian Korosi Spesimen SK 4



Hasil Pengujian Korosi Spesimen SK 5



Hasil Pengujian Korosi Spesimen SK 6



Hasil Pengujian Korosi Spesimen SK 9

## BIODATA PENULIS



Felita Widya Hapsari, lahir di Surabaya pada tanggal 26 Juli 1998. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, dari pasangan Muhyidin Suwondo dan Rr. Dyah Riwayanti. Saat ini penulis tinggal di Kota Surabaya, Jawa Timur. Pendidikan formal penulis dimulai dari Pendidikan Dasar di SDN Pakis III/370 Surabaya pada tahun 2004, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 4 Surabaya pada tahun 2010, lalu menempuh jenjang selanjutnya di SMA Negeri 2 Surabaya pada tahun 2013, hingga akhirnya penulis diterima sebagai mahasiswa Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di tahun 2016 melalui jalur Seleksi Nasional Mahasiswa Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menempuh perkuliahan, penulis aktif di organisasi kemahasiswaan diantaranya menjadi pengurus Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan (HIMATEKLA) di Departemen Kesejahteraan Mahasiswa tahun 2017 dan 2018, serta menjadi Sekretaris dan Bendahara *Offshore Oil Rig Club* HIMATEKLA tahun 2018. Penulis juga berpartisipasi dalam kepanitian *Big Event* Departemen Teknik Kelautan yaitu OCEANO 2018 dan OCEANO 2019. Dalam bidang perlombaan, penulis berhasil menjadi finalis pada *Oil Rig Design Competition* OGIP 2019 di UPN Veteran Jogja dan PETROLIDA 2019 di ITS. Penulis berkesempatan untuk melakukan kerja praktik di PT. ORELA SHIPYARD selama 2 bulan dan kemudian mendalami bidang *coating* sehingga dalam tugas akhir ini penulis mengambil judul yaitu “Analisis Pengaruh Variasi Material Abrasif dan Ketebalan *Polyurethane Coating* terhadap Kekuatan Adhesi dan Laju Korosi di Lingkungan Air Laut”

Kontak Penulis :

Email : [felitawidya97@gmail.com](mailto:felitawidya97@gmail.com)

Telepon : 081803121858