

TUGAS AKHIR - MO184804

**ANALISA PENGARUH MATERIAL ABRASIF BARU DAN
BEKAS (*RE-USE*) DENGAN KOMPOSISI CAMPURAN
PADA PROSES *SANDBLASTING* BAJA ASTM A36
TERHADAP DAYA LEKAT CAT DAN LAJU KOROSI**

MUHAMMAD ANUGRAH WALIARDI
NRP 0431184000042

Dosen Pembimbing
Herman Pratikno S.T., M.T., Ph.D.
NIP 19730415 200003 1 001
Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.
NIP 19690121 199303 1 002

Program Studi Teknik Kelautan
Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022

TUGAS AKHIR - MO184804

**ANALISA PENGARUH MATERIAL ABRASIF BARU DAN
BEKAS (*RE-USE*) DENGAN KOMPOSISI CAMPURAN
PADA PROSES *SANDBLASTING* BAJA ASTM A36
TERHADAP DAYA LEKAT CAT DAN LAJU KOROSI**

MUHAMMAD ANUGRAH WALIARDI
NRP 0431184000042

Dosen Pembimbing
Herman Pratikno S.T., M.T., Ph.D.
NIP 19730415 200003 1 001
Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.
NIP 19690121 199303 1 002

Program Studi Teknik Kelautan
Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022

FINAL PROJECT - M0184804

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF NEW AND USED
ABRASIVE MATERIALS WITH MIXED COMPOSITION ON
THE SANDBLASTING PROCESS OF ASTM A36 STEEL
ON ADHESION STRENGTH AND CORROSION RATE**

MUHAMMAD ANUGRAH WALIARDI
NRP 04311840000042

Advisor
Herman Pratikno S.T., M.T., Ph.D.
NIP 19730415 200003 1 001
Dr. Ir. Hasan Ikhwan, M.Sc.
NIP 19690121 199303 1 002

Study Program Ocean Engineering
Departement of Ocean Engineering
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA PENGARUH MATERIAL ABRASIF BARU DAN BEKAS (RE-USE)
DENGAN KOMPOSISI CAMPURAN PADA PROSES SANDBLASTING BAJA
ASTM A36 TERHADAP DAYA LEKAT CAT DAN LAJU KOROSI**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik di
Program Studi Teknik Kelautan
Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **MUHAMMAD ANUGRAH WALIARDI**
NRP. 0431184000042

Disetujui oleh Tim Penguji Proposal Tugas Akhir:

1. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing I)
2. Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc. (Pembimbing II)
3. Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D. (Penguji I)
4. Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D. (Penguji II)



SURABAYA

JULI, 2022

APPROVAL SHEET

ANALYSIS OF THE EFFECT OF NEW AND USED ABRASIVE MATERIALS WITH MIXED COMPOSITION ON THE SANDBLASTING PROCESS OF ASTM A36 STEEL ON ADHESION STRENGTH AND CORROSION RATE

FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements
for obtaining a degree in Ocean Engineering at
Undergraduate Study Program of Ocean Engineering
Department of Ocean Engineering
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By: **MUHAMMAD ANUGRAH WALIARDI**

NRP. 04311840000042

Approved by Final Project Examiner Team:

1. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. (Advisor I)
2. Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc. (Advisor II)
3. Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D. (Examiner I)
4. Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D. (Examiner II)



SURABAYA
JULY, 2022

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Muhammad Anugrah Waliardi / 04311840000042

Departemen : Teknik Kelautan

Dosen pembimbing / NIP : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. / 19730415 200003 1 001

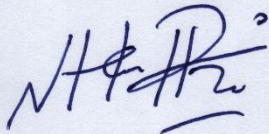
dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Analisa Pengaruh Material Abrasif Baru dan Bekas (*Re-Use*) dengan Komposisi Campuran pada Proses *Sandblasting* Baja ASTM A36 terhadap Daya Lekat Cat dan Laju Korosi” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, Juli 2022

Mengetahui

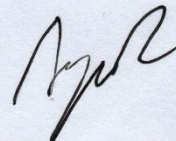
Dosen Pembimbing



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

NIP. 19730415 200003 1 001

Mahasiswa,



(Muhammad Anugrah Waliardi)

NRP. 04311840000042

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student / NRP : Muhammad Anugrah Waliardi / 0431184000042

Department : Ocean Engineering

Advisor / NIP : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. / 19730415 200003 1 001

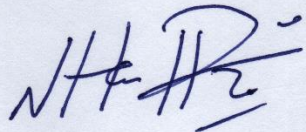
Hereby declare that the Final Project with the title of "Analysis of the Effect of New and Used Abrasive Materials with Mixed Composition on the Sandblasting Process of ASTM A36 Steel on Adhesion Strength and Corrosion Rate" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, July 2022

Acknowledged

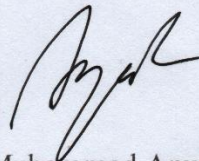
Advisor



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

NIP. 19730415 200003 1 001

Student,



(Muhammad Anugrah Waliardi)

NRP. 0431184000042

**ANALISA PENGARUH MATERIAL ABRASIF BARU DAN
BEKAS (*RE-USE*) DENGAN KOMPOSISI CAMPURAN PADA
PROSES *SANDBLASTING* BAJA ASTM A36 TERHADAP
DAYA LEKAT CAT DAN LAJU KOROSI**

Nama ./ NRP : Muhammad Anugrah Waliardi / 0431184000042
Departemen : Teknik Kelautan FTK - ITS
Dosen Pembimbing : Herman Pratikno S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.

ABSTRAK

Baja sebagai material utama bangunan lepas pantai rentan mengalami korosi di lingkungan air laut. Korosi diartikan sebagai kerusakan atau degradasi material yang disebabkan oleh reaksi antara material dengan lingkungannya. Metode pengendalian korosi dapat dilakukan dengan pemberian lapisan cat atau *coating* yang efektif untuk mengurangi penyebaran korosi dan menambah masa pakai bangunan lepas pantai. Keberhasilan *coating* kuat dipengaruhi oleh persiapan permukaan dimana proses *sandblasting* dilakukan. Proses ini bertujuan untuk membersihkan permukaan dan membentuk profil kekasaran permukaan baja menembakkan material abrasif agar cat dapat menempel dengan kuat. Material abrasif yang sering digunakan hanya sekali pakai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh material abrasif baru dan bekas (*re-use*) terhadap daya lekat cat dan laju korosi di lingkungan air laut dengan menggunakan baja karbon rendah ASTM A36. Material baja akan dilakukan proses *blasting* dan diaplikasikan *coating epoxy* primer. Material abrasif yang digunakan yaitu *steel grit* G40 dan *steel shot* S330 yang divariasikan komposisi campuran antara material abrasif baru dan material abrasif bekas dengan komposisi *Grit:Shot* (60:40), *Grit:Shot:Bekas* (55:35:10), *Grit:Shot:Bekas* (50:30:20), dan *Grit:Shot:Bekas* (45:25:30). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekasaran permukaan tertinggi didapat dari campuran material abrasif baru *steel grit* dan *steel shot* (60:40) dengan nilai 53,11 μm . Pada pengujian kekuatan daya lekat cat, nilai adhesi tertinggi didapat dari campuran material abrasif baru *steel grit* dan *steel shot* (60:40) dengan nilai 11,19 MPa. Sedangkan pada pengujian laju korosi, nilai terkecil didapat dari campuran material abrasif baru *steel grit* dan *steel shot* (60:40) yaitu 0,0010850 mm/y. Penggunaan material abrasif baru menghasilkan kualitas *coating* yang tinggi. Namun untuk mengurangi penggunaan material abrasif baru, dapat dilakukan penambahan material abrasif bekas sebesar 10% yang akan memberikan kualitas *coating* mendekati penggunaan material abrasif baru.

Kata kunci : *Sandblasting, Coating Epoxy, Material Abrasif, Adhesi, Korosi.*

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF NEW AND USED ABRASIVE
MATERIALS WITH MIXED COMPOSITION ON THE
SANDBLASTING PROCESS OF ASTM A36 STEEL ON
ADHESION STRENGTH AND CORROSION RATE**

Name./ NRP : **Muhammad Anugrah Waliardi / 0431184000042**
Department : **Ocean Engineering FTK - ITS**
Advisor : **Herman Pratikno S.T., M.T., Ph.D.**
Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.

ABSTRACT

Steel as the main material for offshore buildings is susceptible to corrosion in the marine environment. Corrosion is defined as the damage or degradation of a material caused by a reaction between the material and its environment. Corrosion control methods can be carried out by applying an effective layer of paint or coating to reduce the spread of corrosion and increase the life of offshore buildings. The success of a strong coating is influenced by the preparation of the surface where the sandblasting process is carried out. This process aims to clean the surface and form a roughness profile of the steel surface by firing an abrasive material so that the paint can adhere firmly. Abrasive materials that are often used are only disposable. This study aims to determine the effect of new and used abrasive materials on paint adhesion and corrosion rate in a seawater environment using ASTM A36 low carbon steel. The steel material will be blasted and an epoxy primer coating will be applied. The abrasive materials used are steel grit G40 and steel shot S330 with varying compositions of mixtures of new and used abrasive materials with the composition Grit:Shot (60:40), Grit:Shot: Used (55:35:10), Grit: Shot: Used (50:30:20), and Grit:Shot: Used (45:25:30). The results showed that the highest surface roughness was obtained from a mixture of new abrasive materials, steel grit and steel shot (60:40) with a value of 53.11 m. In testing the adhesive strength of the paint, the highest adhesion value was obtained from a mixture of new abrasive materials, steel grit and steel shot (60:40) with a value of 11.19 MPa. Meanwhile, in the corrosion rate test, the smallest value was obtained from a mixture of new abrasive materials, steel grit and steel shot (60:40), which was 0.0010850 mm/y. The use of new abrasive materials results in a high quality coating. However, to reduce the use of new abrasive materials, 10% of used abrasive materials can be added which will provide a coating quality close to the use of new abrasive materials.

Keyword : *Sandblasting, Epoxy Coating, Abrasive Material, Adhesion, Corrosion.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas berkah dan rahmat yang diberikan-Nya dalam bentuk karunia nikmat dan kesehatan tanpa henti-hentinya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan lancar dan tepat waktu. Shlawat dan salam juga penulis sampaikan kepada baginda Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya yang telah membuka jalan kebaikan dan menjadi inspirasi bagi kita semua ketika menghadapi kehidupan.

Laporan Tugas Akhir ini berjudul “Analisa Pengaruh Material Abrasif Baru dan Bekas (*Re-Use*) dengan Komposisi Campuran Pada Proses *Sandblasting* Baja ASTM A36 Terhadap Daya Lekat Cat dan Laju Korosi”. Tugas Akhir ini berfokus membahas mengenai material abrasif baru dan bekas dengan komposisi campuran untuk menghasilkan kualitas *coating* yang tinggi terhadap daya lekat cat (adhesi) dan laju korosi di lingkungan air laut tempat beroperasinya industri kelautan seperti kapal dan pipa bawah laut. Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan perkuliahan dan meraih gelar sarjana (S1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir, penulis menyadari banyak kekurangan dari segi penulisan maupun segi penyelesaian penelitian. Penulis sangat mengharapkan kritik, saran, dan masukan dari pembaca sebagai bentuk penyempurnaan Laporan Tugas Akhir. Penulis mengharapkan dengan adanya Laporan Tugas Akhir ini dapat menjadi bahan penelitian berikutnya dan menjadi rujukan untuk aplikasi di dunia industri kelautan.

Surabaya, Juli 2022

Muhammad Anugrah Waliardi

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
APPROVAL SHEET	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
STATEMENT OF ORIGINALITY	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori.....	6
2.2.1 Baja Karbon.....	6
2.2.2 Baja ASTM A36.....	6
2.2.3 Korosi	7
2.2.4 Jenis-Jenis Korosi	9
2.2.5 Laju Korosi	13
2.2.6 Pengendalian Korosi.....	14
2.2.7 Persiapan Permukaan (<i>Surface Preparations</i>).....	16
2.2.8 <i>Sandblasting</i>	21
2.2.9 Material Abrasif.....	21
2.2.10 <i>Coating</i>	22
2.2.11 <i>Epoxy</i>	24
2.2.12 Adhesi.....	24
2.2.13 Sel Tiga Elektroda	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Metode Penelitian	27

3.2	Prosedur Penelitian	29
3.2.1	Studi Literatur.....	29
3.2.2	Preparasi Material ASTM A36 dan Material Abrasif	29
3.2.3	Persiapan Alat dan Bahan.....	30
3.2.4	Persiapan Lingkungan	31
3.2.5	Proses <i>Blasting</i>	32
3.2.6	Inspeksi Visual Hasil <i>Blasting</i>	35
3.2.7	Pengukuran Kekasaran Permukaan	35
3.2.8	Penentuan <i>Dust Level</i>	36
3.2.9	Aplikasi <i>Coating Epoxy</i>	37
3.2.10	Pengukuran Ketebalan <i>Coating Basah (Wet Film Thickness)</i>	39
3.2.11	Pengukuran Ketebalan <i>Coating Kering (Dry Film Thickness)</i>	39
3.2.12	Pengujian Daya Lekat (Adhesi).....	40
3.2.13	Pengujian Laju Korosi (Sel 3 Elektroda).....	41
3.2.14	Analisa Hasil Pengujian.....	42
3.2.15	Kesimpulan dan Saran	43
3.3	Rancangan Penelitian.....	43
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		45
4.1	Prosedur <i>Blasting</i> dan <i>Coating</i>	45
4.2	Data Persiapan Lingkungan (<i>Environmental Test</i>).....	45
4.3	Hasil Proses <i>Blasting</i>	47
4.4	Inspeksi Visual dan <i>Dust Level</i> Hasil <i>Blasting</i>	48
4.5	Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan Spesimen.....	50
4.6	Proses <i>Coating</i>	52
4.7	Pengukuran <i>Wet Film Thickness (WFT)</i>	53
4.8	Hasil Proses <i>Coating</i>	54
4.9	Pengukuran <i>Dry Film Thickness (DFT)</i>	55
4.10	Hasil Pengujian Daya Lekat (Adhesi).....	56
4.11	Hasil Pengujian Laju Korosi.....	59
4.12	Pemilihan Komposisi Campuran Material Abrasif.....	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		65
5.1	Kesimpulan	65
5.2	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA.....		67
LAMPIRAN A		71
LAMPIRAN B.....		73

LAMPIRAN C.....	79
LAMPIRAN D	84
UCAPAN TERIMA KASIH	89
BIODATA PENULIS.....	90

DAFTAR GAMBAR

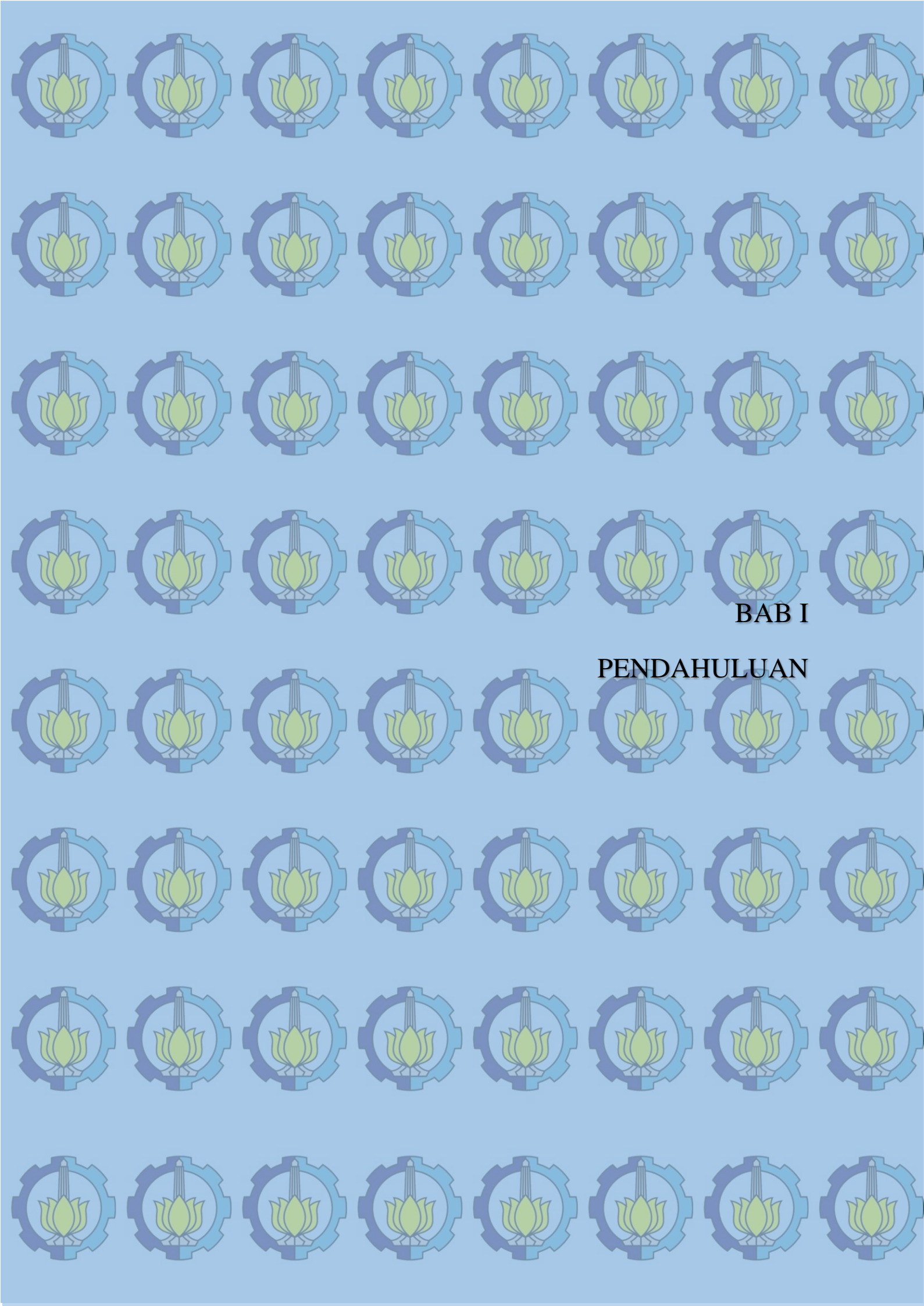
Gambar 2.1 Proses Reduksi-Oksidasi pada Logam (Bardal, 2004)	7
Gambar 2.2 Laju korosi pada logam sebagai fungsi elektroda potensial (Fontana, 1987).....	8
Gambar 2.3 Pengaruh suhu terhadap laju korosi (Materials Technology Institute, 2012).....	9
Gambar 2.4 Pengaruh pH terhadap korosi (Nešić & Lee, 2003).....	9
Gambar 2.5 Korosi seragam (<i>Uniform Corrosion</i>) (Bardal, 2004)	9
Gambar 2.6 Mekanisme Korosi Sumuran (Davis, 2000)	10
Gambar 2.7 <i>Pitting Corrosion</i> (Davis, 2000)	10
Gambar 2.8 Korosi Celah (Bardal, 2004).....	10
Gambar 2.9 Korosi Galvanik (Bardal, 2004)	11
Gambar 2.10 Korosi Erosi (Davis, 2000).....	11
Gambar 2.11 Korosi Batar Butir (Chandler, 1985)	12
Gambar 2.12 Korosi Kelelahan (Davis, 2000)	12
Gambar 2.13 Korosi Tegangan (Chandler, 1985)	12
Gambar 2.14 Pemilihan bentuk desain yang tepat (Bardal, 2004)	15
Gambar 2.15 <i>Sacrificial Anode Cathodic Protection</i> (Bardal, 2004).....	15
Gambar 2.16 <i>Impressed Current Cathodic Protection</i> (Bardal, 2004)	16
Gambar 2.17 <i>Rust Grade A</i> (ISO 8501, 2011)	17
Gambar 2.18 <i>Rust Grade B</i> (ISO 8501, 2011)	17
Gambar 2.19 <i>Rust Grade C</i> (ISO 8501, 2011)	18
Gambar 2.20 <i>Rust Grade D</i> (ISO 8501, 2011)	18
Gambar 2.21 SA 3 (ISO 8501, 2011)	19
Gambar 2.22 SA 2,5 (ISO 8501, 2011)	19
Gambar 2.23 SA 2 (ISO 8501, 2011)	20
Gambar 2.24 SA 1 (ISO 8501, 2011)	20
Gambar 2.25 Mekanisme proses <i>sandblasting</i> (Chandler, 1985).....	21
Gambar 2.26 Sel Tiga Elektroda (Trethewey & Chamberlain, 1988).....	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian (lanjutan)	28
Gambar 3.3 Spesimen Pengujian Adhesi	29
Gambar 3.4 Spesimen Pengujian Laju Korosi.....	30
Gambar 3.5 <i>Psychrometer</i>	31
Gambar 3.6 Tabel <i>Dew Point</i> dan RH.....	32
Gambar 3.7 (a) <i>Steel Shot S330</i> , (b) <i>Steel Grit G40</i>	33
Gambar 3.8 Pencampuran Material Abrasif (<i>Steel Grit 60 : Steel Shot 40</i>).....	33
Gambar 3.9 Pencampuran Material Abrasif (<i>Steel Grit 45 : Steel Shot 20 : Bekas 30</i>).....	34
Gambar 3.10 Material Abrasif Bekas	34
Gambar 3.11 (a) Alat <i>Dry Abrasif Blasting</i> , (b) Proses <i>Blasting</i>	35
Gambar 3.12 Inspeksi Visual <i>Blasting</i> dengan ISO 8501-1	35
Gambar 3.13 Pengukuran Kekasaran Permukaan dengan <i>Roughnessmeter</i>	36
Gambar 3.14 <i>Dust Level</i> (ISO 8502-3, 1992).....	37
Gambar 3.15 (a) Jotun Penguard Primer, (b) Jotun Thinner no.17	37
Gambar 3.16 <i>Air Spray Gun</i>	38
Gambar 3.17 Persiapan Campuran Cat <i>Epoxy</i>	38
Gambar 3.18 Proses Aplikasi <i>Coating</i>	38
Gambar 3.19 <i>Wet Film Comb</i>	39
Gambar 3.20 Pengukuran <i>Dry Film Thickness</i> (DFT)	39

Gambar 3.21 (a) Lem <i>Epoxy Araldite</i> , (b) <i>Dolly</i> 20mm, (c) <i>Portable Adhesion Tester</i>	40
Gambar 3.22 Proses Pembersihan Pinggiran Lem pada <i>Dolly</i> dengan <i>Dolly Cutter</i>	41
Gambar 3.23 Proses Penarikan <i>Dolly</i> dengan <i>Portable Adhesion Tester</i>	41
Gambar 3.24 Penempatan Elektroda	42
Gambar 3.25 Alat Uji <i>CorTest</i>	42
Gambar 4.1 Hasil Pembacaan <i>wet bulb</i> dan <i>dry bulb</i> temperatur dengan <i>Psychrometer</i>	46
Gambar 4.2 Pengukuran Temperatur Spesimen	46
Gambar 4.3 Spesimen Baja A36 sebelum <i>Blasting</i>	47
Gambar 4.4 Spesimen Baja A36 setelah <i>Blasting</i>	48
Gambar 4.5 (kiri) Panduan kebersihan Sa 2½ (ISO 8501-1) dan (kanan) spesimen yang telah dilakukan <i>blasting</i>	49
Gambar 4.6 Hasil inspeksi <i>dust contamination</i> yang menunjukkan <i>Class 1</i>	49
Gambar 4.7 Grafik Kekasaran Permukaan Spesimen Adhesi	51
Gambar 4.8 Grafik Kekasaran Permukaan Spesimen Korosi.....	51
Gambar 4.9 Bentuk hasil tumbukan <i>steel grit</i> dan <i>steel shot</i> (Toshal et al., 2005).....	52
Gambar 4.10 (kiri) Pengukuran WFT dan (kanan) hasil nilai WFT 225 µm	54
Gambar 4.11 Hasil Proses <i>Coating</i>	54
Gambar 4.12 Contoh Satu Sampel Kode AB1 Hasil <i>Coating</i>	54
Gambar 4.13 Spesimen yang telah dipasang <i>Dolly</i>	56
Gambar 4.14 Zona Kegagalan pada <i>Pull-Off Test</i>	56
Gambar 4.15 Grafik Kekuatan Daya Lekat Cat	58
Gambar 4.16 Hubungan Kekasaran Permukaan dan Kekuatan Adhesi	59
Gambar 4.17 Kurva <i>Tafel</i> spesimen CB1 dengan Campuran Material Abrasif Baru <i>Grit</i> dan <i>Shot</i> (60:40)	60
Gambar 4.18 Kurva <i>Tafel</i> spesimen CS1 dengan Campuran Material Abrasif Baru <i>Grit</i> , <i>Shot</i> , dan Bekas (55:35:10).....	60
Gambar 4.19 Kurva <i>Tafel</i> spesimen CD1 dengan Campuran Material Abrasif Baru <i>Grit</i> , <i>Shot</i> , dan Bekas (50:30:20).....	61
Gambar 4.20 Kurva <i>Tafel</i> spesimen CT1 dengan Campuran Material Abrasif Baru <i>Grit</i> , <i>Shot</i> , dan Bekas (45:25:30).....	61
Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Nilai Laju Korosi.....	63
Gambar B.1 <i>Technical Data Sheet Jotun Penguard Primer</i> Halaman 1	74
Gambar B.2 <i>Technical Data Sheet Jotun Penguard Primer</i> Halaman 2.....	75
Gambar B.3 <i>Technical Data Sheet Jotun Penguard Primer</i> Halaman 3.....	76
Gambar B.4 <i>Technical Data Sheet Jotun Penguard Primer</i> Halaman 4.....	77
Gambar B.5 <i>Technical Data Sheet Jotun Penguard Primer</i> Halaman 5.....	78
Gambar C.1 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AB1	80
Gambar C.2 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AB2.....	80
Gambar C.3 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AB3.....	80
Gambar C.4 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AS1	81
Gambar C.5 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AS2	81
Gambar C.6 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AS3	81
Gambar C.7 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AD1.....	82
Gambar C.8 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AD2.....	82
Gambar C.9 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AD3.....	82
Gambar C.10 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AT1	83
Gambar C.11 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AT2.....	83
Gambar C.12 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AT3.....	83
Gambar D.1 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CB1	85

Gambar D.2 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CB2.....	85
Gambar D.3 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CB3.....	85
Gambar D.4 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CS1	86
Gambar D.5 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CS2	86
Gambar D.6 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CS3	86
Gambar D.7 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CD1.....	87
Gambar D.8 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CD2.....	87
Gambar D.9 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CD3.....	87
Gambar D.10 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CT1	88
Gambar D.11 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CT2	88
Gambar D.12 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CT3	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi baja A36 (ASTM A36, 2012).....	7
Tabel 2.2 <i>Tensile Requirement</i> baja A36 (ASTM A36, 2012).....	7
Tabel 2.3 Tingkat Ketahanan Korosi berdasarkan laju korosi (Fontana, 1987).....	13
Tabel 2.4 Ketentuan aplikasi bahan <i>coating</i> berdasar standar ISO (Bardal, 2004).....	16
Tabel 2.5 Tingkat kebersihan (SSPC-SP, 2004 dan ISO 8501, 2011)	18
Tabel 2.6 Jenis material abrasif (Momber, 2008).....	22
Tabel 2.7 Ketebalan <i>coating</i> pada ketentuan STG Guideline No.2215 (Germanischer Lloyd AG, 2010)	23
Tabel 2.8 Minimum Persyaratan Kekuatan Adhesi (ISO 12944-9, 2018)	24
Tabel 3.1 Komposisi Campuran Material Abrasif.....	33
Tabel 3.2 Rancangan Penelitian	43
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Data Lingkungan.....	46
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Kekasaran Spesimen Adhesi.....	50
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Kekasaran Spesimen Laju Korosi	50
Tabel 4.4 Perhitungan WFT	53
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran DFT Spesimen Adhesi	55
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran DFT Spesimen Laju Korosi	55
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Adhesi	57
Tabel 4.8 Hubungan Kekasaran Permukaan dan Kekuatan Daya Lekat Cat	59
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Laju Korosi	62
Tabel 4.10 Data Hasil Pengujian	64
Tabel A.1 Jadwal Kegiatan Tugas Akhir.....	72



BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Luas wilayah perairan Indonesia dapat dimanfaatkan dengan baik dalam dunia industri kelautan. Pemanfaatannya antara lain penggunaan kapal sebagai transportasi barang dan penggunaan pipa bawah laut sebagai pengaliran minyak dan gas menuju daratan. Material utama yang digunakan dalam konstruksi industri kelautan yaitu baja terutama baja karbon rendah. Pemilihan baja karbon rendah dikarenakan memiliki keuletan (*ductility*) yang baik dan mudah untuk dilakukan pengelasan. Selain baja karbon rendah, terdapat juga baja karbon tinggi dan baja karbon sedang. Perbedaan ini terletak di penambahan unsur karbon sebagai paduan utamanya. Penggunaan baja karbon rendah mendominasi industri kelautan karena memiliki level kekerasan yang tinggi, kekuatan yang lebih besar, dan mampu mengurangi biaya konstruksi dengan efisiensi kerja yang optimal (Islam & Rashed, 2019). Satu diantara jenis baja karbon rendah ialah baja ASTM A36 yang dikeluarkan oleh standar ASTM (*American Society for Testing Materials*). Seperti material logam lainnya, baja dapat mengalami korosi. Korosi adalah reaksi elektrokimia antara baja dan lingkungannya, sehingga menyebabkan penurunan kualitas (*deterioration*) dari baja tersebut (Chandler, 1985). Penurunan kualitas material akan memberikan dampak besar karena baja cepat mengalami kerusakan dan sistem struktur akan mengalami kegagalan. Korosi layak untuk diselidiki dalam industri kelautan, karena permasalahan korosi memiliki penanganan biaya yang besar, terlebih lagi menyebabkan masalah besar seperti hilangnya nyawa, pencemaran lingkungan, dan kegagalan struktur (Finšgar & Jackson, 2014). Kerugian akibat korosi berada pada rentang 10% dan 30% biaya perawatan (Garcia-Arriaga et al., 2010).

Proses cepat atau lambatnya korosi terjadi berbeda tergantung jenis lingkungannya khususnya lingkungan laut yang dimana material sangat kuat interaksi dengan lingkungan korosif. Korosi lingkungan khususnya dengan kadar ion klorida lebih dari 3% sangat rentan pada material baja (Daerobi, 2012). Sehingga struktur kelautan seperti kapal, pipa, dan bangunan lepas pantai akan cepat mengalami kegagalan karena penyebaran korosi yang besar. Penyebaran korosi tidak dapat dihindarkan, namun hanya bisa dihambat laju korosinya sehingga masa pakai (*life time*) baja menjadi lebih lama (Petrova et al., 2021). Sebagai contoh, kapal yang dilindungi *coating* memiliki masa umur operasi 20 hingga 30 tahun, namun durasi yang dibutuhkan untuk perawatan kapal akibat korosi membutuhkan 3-5 tahun (Ashari et al., 2018). Terdapat beberapa metode dalam pengendalian korosi yaitu proteksi katodik, *coating*, dan pemakaian cairan kimia atau *inhibitors* (Bundjali, 2006). Selain pengendalian korosi, pemberian lapisan *coating* memiliki tujuan lain yaitu memberikan ketahanan terhadap kelembaman, abrasi, serta meningkatkan kekuatan dari material baja. Lapisan ini bertumpu pada kekuatan daya lekat pada material substrat (baja) untuk melindungi permukaan material. Jika daya lekat *coating* meningkat, maka masa umur dari *coating* pun akan meningkat (Khorasanizadeh, 2010). Daya lekat *coating* dipengaruhi beberapa faktor, satu diantaranya adalah *surface preparations*.

Sebesar 70% keberhasilan proses *coating* sangat bergantung pada proses persiapan permukaan (*surface preparation*) yang dilakukan sebelum aplikasi pelapisan cat sebagai penanganan korosi. Keberhasilan dari proses *coating* sangat bergantung pada proses *surface preparation*, dimana proses ini akan berpengaruh terhadap kekuatan adhesi dari material (Hudson, 1982). Satu diantara teknik *surface preparation* yang sering digunakan dalam dunia industri adalah *blasting*. *Blasting* merupakan proses pertama yang diterapkan sebelum aplikasi

coating pada *surface treatment* (Kim et al., 2021). Proses ini dilakukan dengan cara menembakkan material abrasif ke permukaan baja dengan tekanan dan kecepatan tinggi sehingga menghasilkan permukaan baja yang bersih dan kasar. Permukaan dibentuk bersih dan kasar bertujuan agar *coating* atau lapisan cat dapat menempel dengan kuat pada permukaan baja.

Material abrasif sebagai material dalam proses *blasting* memiliki pengaruh yang besar terhadap hasil kebersihan dan kekasaran permukaan baja. Material ini memiliki dua jenis bentuk utama yaitu bentuk *grit* dan bentuk *shot* yang memiliki variasi ukuran diameter. Kedua jenis material abrasif ini akan menghasilkan nilai kekasaran yang berbeda. Akibatnya, tiap manufaktur *coating industry* memiliki prosedur *blasting* yang berbeda terhadap material abrasif yang dipakai. Ding dkk (2018) menunjukkan bahwa proses *sandblasting* akan menyebabkan deformasi plastis yang meningkatkan nilai kekasaran permukaan baja. Harris dan Beevers (1999) menyatakan bahwa semakin besar ukuran partikel, semakin tinggi nilai kekasaran permukaan. Leidheiser dkk (1984) menyatakan juga dalam penelitiannya bahwa material abrasif dengan alumina grit akan menurunkan nilai laju korosi ketika *steel grit* digunakan. Mayer dkk (2021) menunjukkan bahwa meningkatkan nilai kekasaran baja dengan *sandblasting* akan meningkatkan mekanisme adhesi terhadap baja itu sendiri.

Untuk mengurangi penggunaan biaya yang besar, campuran antara kedua jenis material abrasif dipilih komposisinya untuk menghasilkan nilai kekasaran yang diisyaratkan tiap manufaktur *coating industry*. Penggunaan material abrasif hanya sekali pakai, yang artinya sisa pemakaian pertama akan dibuang. Material abrasif bekas ini memiliki beberapa pilihan untuk digunakan kembali diantaranya dapat digunakan kembali sebagai material abrasif proses *blasting*, material bangunan, material konstruksi jalanan, dan diolah menjadi limbah tidak berbahaya (Qi et al., 2021).

Oleh karena itu penelitian tugas akhir ini dilakukan eksperimen atau percobaan terhadap daya lekat cat dan laju korosi dalam pengaruh material abrasif baru dan bekas (*re-use*) dengan komposisi campuran pada proses *sandblasting* baja ASTM A36. Hasil tugas akhir ini diharapkan dapat mengetahui perbandingan material abrasif baru dan material bekas yang memiliki komposisi campuran dengan material baru untuk kekuatan daya lekat cat dan laju korosi pada baja ASTM A36.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun Permasalahan yang akan dibahas dalam Penelitian Tugas Akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh material abrasif baru dan bekas (*re-use*) dengan komposisi campuran pada proses *sandblasting* terhadap kekasaran permukaan baja ASTM A36?
2. Bagaimana pengaruh material abrasif baru dan bekas (*re-use*) dengan komposisi campuran pada *sandblasting* di baja ASTM A36 terhadap daya lekat cat?
3. Bagaimana pengaruh material abrasif baru dan bekas (*re-use*) dengan komposisi campuran pada *sandblasting* di baja ASTM A36 terhadap laju korosi?

1.3 Tujuan

Dalam rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dari Penelitian Tugas Akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Mendapatkan pengaruh material abrasif baru dan bekas (*re-use*) dengan komposisi campuran pada proses *sandblasting* terhadap kekasaran permukaan baja ASTM A36.

2. Mendapatkan nilai daya lekat *coating* hasil uji material abrasif baru dan bekas (*re-use*) dengan komposisi campuran pada *sandblasting* terhadap baja ASTM A36.
3. Mendapatkan nilai laju korosi *coating* hasil uji material abrasif baru dan bekas (*re-use*) dengan komposisi campuran pada *sandblasting* terhadap baja ASTM A36.

1.4 Manfaat

Hasil yang didapat dari penelitian tugas akhir diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

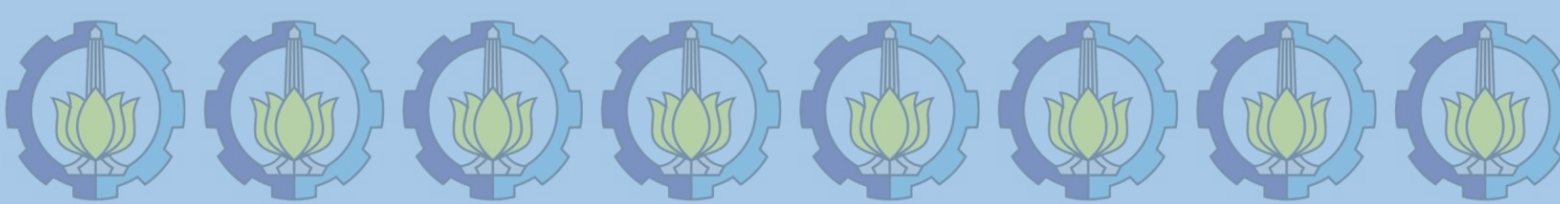
1. Memberikan pemahaman mengenai pengaruh material abrasif baru dan bekas (*re-use*) terhadap daya lekat cat dan laju korosi dari spesimen uji coba penelitian tersebut.
2. Memberikan pemahaman mengenai komposisi campuran material bekas dan baru sebagai acuan dalam penggunaan ulang material abrasif (*re-use*).
3. Sebagai referensi yang saling melengkapi dan komprehensif dengan hasil penelitian-penelitian sebelumnya mengenai material abrasif pada proses *sandblasting* terhadap daya lekat cat dan laju korosi di lingkungan laut.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memperjelas dan membatasi penelitian tugas akhir ini, maka diperlukan batasan-batasan masalah atau asumsi-asumsi yakni sebagai berikut:

1. Pelat baja yang digunakan adalah pelat baja karbon ASTM A36.
2. Material abrasif yang digunakan untuk proses *sandblasting* adalah *Steel Grit G40* dan *Steel Shot S330*.
3. Tekanan kompresor dianggap sama.
4. Sudut penembakan material abrasif dianggap sama.
5. Waktu penembakan material abrasif dianggap sama.
6. Metode *surface preparation* menggunakan standar ISO 8501-1 dengan kebersihan SA 2,5.
7. Jenis cat yang digunakan adalah cat primer *epoxy*.
8. Metode pengaplikasian *coating* menggunakan metode spray.
9. Ketebalan *coating* 100 μm .
10. Pengujian yang dilakukan adalah uji adhesi dengan metode *pull off*.
11. Media larutan uji korosi yang digunakan yaitu NaCl 3,5%
12. Analisa ekonomis tidak dilakukan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Baja ASTM A36 merupakan jenis baja karbon rendah yang umum dipakai pada industri kelautan seperti pelat baja kapal dan pipa bawah laut. Jenis baja ini mudah untuk terkorosi karena beroperasi di lingkungan air laut yang lebih korosif. Korosi sebagai efek reaksi elektrokimia antara baja dan lingkungannya menjadi tantangan besar yang dihadapi industri kelautan karena menurunkan kualitas dan memperpendek umur operasi sebuah konstruksi lepas pantai. Aplikasi *coating* sebagai satu diantara metode pengendalian korosi menjadi pilihan utama karena aplikasi yang mudah dan permukaan baja yang dilapisi cat tanpa batas karena bahan *coating* memiliki wujud cair yang mudah menyesuaikan bentuk permukaan yang akan dilapisi.

Sebesar 70% keberhasilan sebuah aplikasi *coating* bergantung pada persiapan permukaan (*surface preparations*). Satu diantara proses persiapan permukaan yaitu *sandblasting* dimana penembakan material abrasif dengan kecepatan tinggi untuk membersihkan permukaan baja dari kontaminasi karat dan kotoran lainnya. Selain itu, *sandblasting* juga membentuk profil kekasaran permukaan (*surface roughness*) baja yang akan memberikan kekuatan daya lekat cat untuk menempel (Hudson, 1982). Material abrasif yang dipilih menyesuaikan dengan kebutuhan karena akan memberikan nilai kekasaran yang berbeda. Menurut Nugroho (2016) dalam penelitiannya menyatakan bahwa material abrasif yang dipilih memiliki pengaruh besar terhadap proses *sandblasting*. Semakin tinggi nilai kekerasan partikel material abrasif, maka nilai kekasaran permukaan juga semakin tinggi dimana *steel grit* menjadi material abrasif paling terbaik untuk baja A36 *coating* jenis cat *zinc rich*. Nilai kekasaran akan mempengaruhi kekuatan daya lekat *coating* yang mana memberikan kekuatan anti korosi lebih tinggi.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Azis (2017) mengenai variasi material abrasif terhadap baja A36 dan baja A53. Hasil yang didapat bahwa kekasaran partikel berpengaruh terhadap kekasaran permukaan yang harus diimbangi dengan sifat getas baja. Baja A36 lebih lunak dibanding baja A53 sehingga dengan material abrasif *steel grit* menjadi pilihan paling bagus untuk baja A36. Semakin tinggi nilai kekasaran permukaan akan menghasilkan daya lekat cat yang tinggi pada pelat baja A36 dan A53.

Hapsari (2020) melakukan penelitian untuk melihat pengaruh variasi material abrasif untuk jenis cat *polyurethane* pada baja A36 menghasilkan nilai kekasaran permukaan sebanding lurus dengan nilai kekerasan partikel material abrasif. Perbedaan kekerasan material abrasif bergantung dari jenisnya yaitu *grit* dan *shot*. Nilai kekasaran permukaan akan mempengaruhi daya lekat cat (adhesi) dimana material abrasif *steel grit* memiliki nilai kekasaran tertinggi dan nilai adhesi tertinggi.

Penelitian variasi material abrasif terhadap adhesi yang dilakukan oleh Prasetyo (2018) menunjukkan bahwa *steel grit* menghasilkan nilai kekasaran permukaan tertinggi pada proses *sandblasting*. Material abrasif *steel grit* membentuk permukaan baja lebih tajam dan dalam, sedangkan *steel shot* membentuk permukaan baja lebih datar dan landai. Semakin tinggi nilai kekasaran permukaan yang diperoleh akan meningkatkan kekuatan adhesif antara substrat baja A36 dengan lapisan cat *primer* dan *topcoat*.

Muslimin & Muhammad (2018) dalam penelitiannya membahas mengenai penggunaan *steel grit* G25 baru dan bekas terhadap baja karbon rendah JIS-G3101-SS400. Penelitian ini

membuktikan bahwa material abrasif *steel grit* lebih baik dibanding penggunaan ulang. Hal ini terlihat pada nilai kekasaran permukaan dan ketebalan cat yang lebih tinggi. Material abrasif *steel grit* bekas akan membentuk permukaan material yang halus.

Melalui penelitian ini dilakukan eksperimen atau percobaan lebih lanjut terhadap penggunaan material abrasif baru dan bekas (*re-use*) dengan variasi komposisi campuran. Penelitian ini akan difokuskan pada proses *sandblasting* baja ASTM A36 dan dilakukan analisa uji daya lekat cat dan laju korosi.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Baja Karbon

Baja karbon adalah jenis logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan. Unsur karbon dapat membuat baja menjadi keras dan rapuh, oleh karenanya sifat keras lunak baja bergantung pada presentase karbon yang dimiliki (Bangun, 2017). Kandungan unsur karbon dalam baja beragam sesuai dengan *grade*-nya berkisar antara 0,2% - 2,1%. Unsur paduan lain yang umum ditambahkan pada baja adalah mangan (*manganese*), krom (*chromium*), vanadium, dan nikel. Jenis-jenis kualitas baja bisa didapatkan dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya. Penambahan unsur karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tarik (*tensile strength*), namun dapat membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*). Menurut ASM (1993) baja karbon dapat dibagi berdasarkan jumlah kandungan unsur paduan karbon, dengan pembagiannya sebagai berikut.

1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah biasa (*low carbon steel*) disebut *mild steel* yang mengandung karbon 0,1%-0,3%. Baja karbon rendah yang umum dan banyak digunakan adalah jenis *cold roll steel*. Baja karbon rendah bersifat mudah ditempa, mudah untuk dibentuk oleh mesin, dan mudah untuk dilakukan pengelasan. Walau relatif lunak, baja karbon rendah memiliki ketangguhan dan keuletan yang tinggi. Baja karbon rendah umum dipakai pada industri kelautan seperti bangunan lepas pantai dan perpipaan minyak dan gas.

2. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang (*medium carbon steel*) mempunyai kandungan unsur karbon antara 0,3%-0,6%. Baja karbon sedang memiliki kekuatan dan kekerasan yang lebih tinggi dibanding baja karbon rendah. Hal ini membuat baja karbon sedang memiliki kualitas perlakuan panas yang tinggi, sulit dibentuk oleh mesin, tidak mudah untuk dilakukan pengelasan, dan dapat dikeraskan dengan baik. Penggunaannya umum untuk bahan pada komponen mesin, mur, piston, pisau dan lain-lain.

3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) memiliki kandungan kadar karbon yang berkisar 0,7-1,3%. Baja karbon tinggi memiliki tahanan panas yang tinggi, kekerasan tinggi, namun keuletannya yang rendah dibanding jenis baja karbon rendah dan sedang. Baja ini banyak digunakan sebagai *material tools* sebagai contoh pembuatan kawat baja dan kabel baja.

2.2.2 Baja ASTM A36

Baja ASTM A36 merupakan jenis baja karbon rendah (*low carbon steel*) yang mengandung 0,1%-0,3% karbon dan banyak digunakan dalam industri kelautan seperti perpipaan minyak dan gas, bodi kapal, dan struktur bangunan lepas pantai karena memiliki

kekerasan yang sangat kuat, keuletan yang tinggi, serta mudah untuk perlakuan pengelasan. Baja ASTM A36 menjadi pilihan utama material konstruksi untuk proses pelapisan *galvanic* maupun *coating* sebagai bentuk pengendalian korosi. Komposisi dan kekuatan Baja ASTM A36 diatur dalam standar ASTM A36 (2012) yang dijabarkan pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Komposisi baja A36 (ASTM A36, 2012)

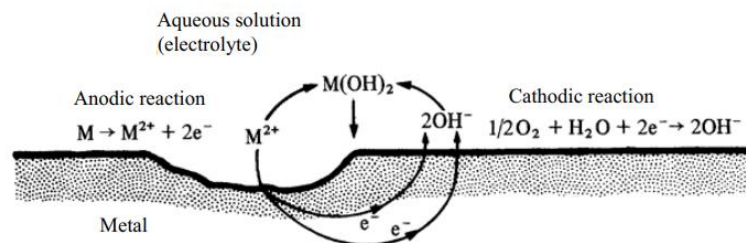
<i>Elements</i>	<i>Composition (%)</i>
<i>Carbon</i>	0.260 %
<i>Copper</i>	0.20 %
<i>Iron</i>	99.0 %
<i>Manganese</i>	0.75 %
<i>Phosphorous</i>	0.040 %
<i>Sulfur</i>	0.050 %

Tabel 2.2 *Tensile Requirment* baja A36 (ASTM A36, 2012)

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

2.2.3 Korosi

Korosi dapat didefinisikan dalam berbagai arti, namun pada umumnya disebut sebagai kerusakan atau degradasi material yang disebabkan oleh reaksi antara material dengan lingkungannya. Korosi terjadi karena logam sebagai material mengalami reaksi secara elektrokimia dengan larutan garam (elektrolit) yang dapat berjalan secara cepat ataupun lambat tergantung dari material bahan, lingkungan, temperatur dan lain-lain. Pada peristiwa korosi, terjadi proses redoks atau reduksi-oksidasi. Logam sebagai anoda mengalami oksidasi, sedangkan lingkungan sebagai katoda mengalami proses reduksi. Gambar 2.1 menunjukkan proses reduksi-oksidasi.



Gambar 2.1 Proses Reduksi-Oksidasi pada Logam (Bardal, 2004)

Korosi tidak dapat dicegah, namun hanya bisa diperlambat melalui berbagai metode pengendalian korosi. Kondisi lingkungan memiliki pengaruh besar terhadap tingkat korosif

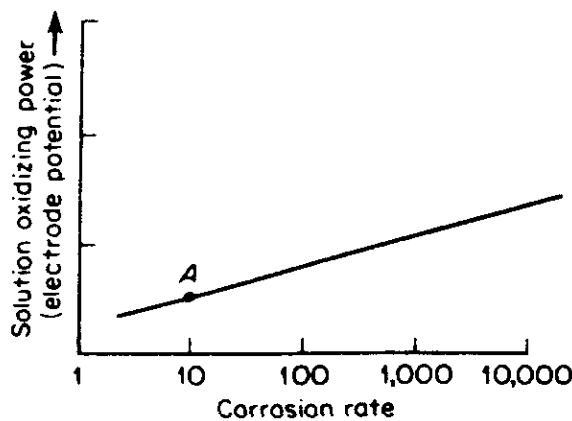
sebuah material. Keadaan lingkungan yang asam, panas, dan lembab, serta adanya mikroorganisme disekitar material akan mempercepat terjadinya proses korosi pada material. Faktor-faktor yang memengaruhi cepat terjadinya korosi antara lain sebagai berikut.

1. Polarisasi

Polarisasi adalah proses pengutuban ion hidrogen secara elektrokimia sehingga terbentuk gas hidrogen dengan bantuan pengikatan elektron yang dihasilkan dari proses degradasi logam. Polarisasi merupakan satu diantara bentuk reaksi korosi yang menjadi penyebab timbulnya korosi pada kerusakan logam. Polarisasi terdiri atas dua yaitu polarisasi konsentrasi dan polarisasi aktivasi.

2. Pasivitas

Pasivitas merupakan proses lepasnya suatu unsur akibat reaksi kimia yang dialami oleh beberapa logam dan paduan pada suatu kondisi lingkungan tertentu. Laju korosi pada logam akan mengalami peningkatan jika terjadi pasivitas, dimana laju korosi suatu logam dipengaruhi oleh oksidasi dengan menggunakan potensial elektron. Gambar 2.2 menunjukkan pengaruh pasivitas pada logam.



Gambar 2.2 Laju korosi pada logam sebagai fungsi elektroda potensial (Fontana, 1987)

3. Air dan Kelembaban udara

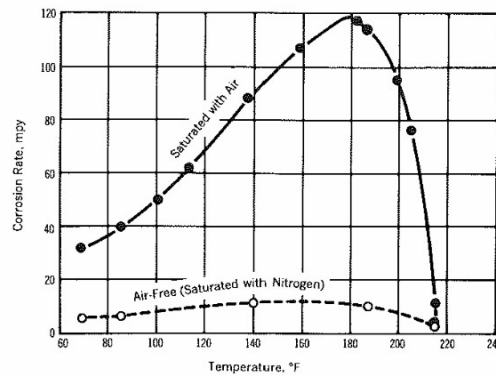
Air merupakan salah satu faktor penting untuk berlangsungnya korosi. Udara lembab dalam skala besar mengandung uap air yang banyak dan akan mempercepat berlangsungnya proses korosi.

4. Keberadaan gas terlarut

Kehadiran gas terlarut seperti CO_2 , O_2 dan H_2S sangat berpengaruh terhadap laju korosi material logam. Gas tersebut ikut mentransfer muatan di dalam larutan terlarut. Gas terlarut seperti oksigen dalam air laut menjadi faktor penting penyebab material baja menjadi cepat korosif.

5. Temperatur

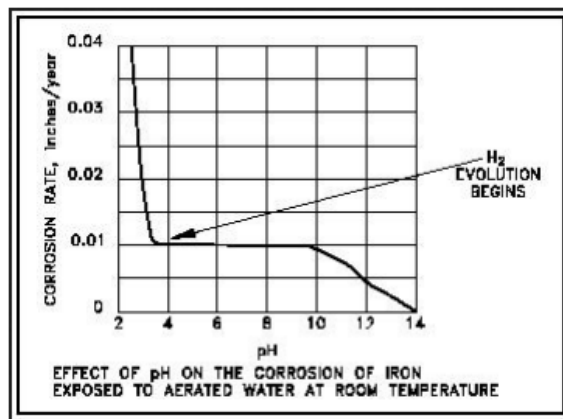
Korosi lebih cepat terjadi pada temperatur tinggi dari pada temperatur yang rendah. Penyebab hal ini adalah kecepatan partikel yang ikut meningkat sehingga memicu terjadinya reaksi kimia dan oksigen memainkan peran utama. Sebagai contoh, dalam sebuah sistem tertutup yang terbuat dari baja karbon, keberadaan oksigen mendorong terjadinya proses korosi. Gambar 2.3 menunjukkan pengaruh suhu terhadap laju korosi.



Gambar 2.3 Pengaruh suhu terhadap laju korosi (Materials Technology Institute, 2012)

6. pH Larutan

Faktor lain yang berpengaruh terhadap laju korosi di dalam media larutan adalah pH. Pengaruh pH pada laju korosi bergantung pada jenis logamnya. Pada besi, laju korosi relatif rendah antara pH 7 sampai 12. Sedangkan pada pH 12 laju korosinya mengalami peningkatan. Pengaruh pH terlihat pada Gambar 2.4.



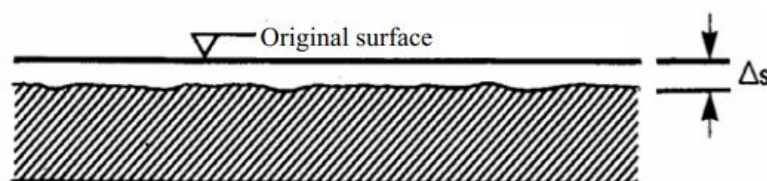
Gambar 2.4 Pengaruh pH terhadap korosi (Nešić & Lee, 2003)

2.2.4 Jenis-Jenis Korosi

Korosi memiliki beberapa jenis yang disebabkan karena bentuk dan tempat terjadinya. Jenis-jenis korosi tersebut terbagi antara lain:

1. Korosi Seragam (*Uniform Corrosion*)

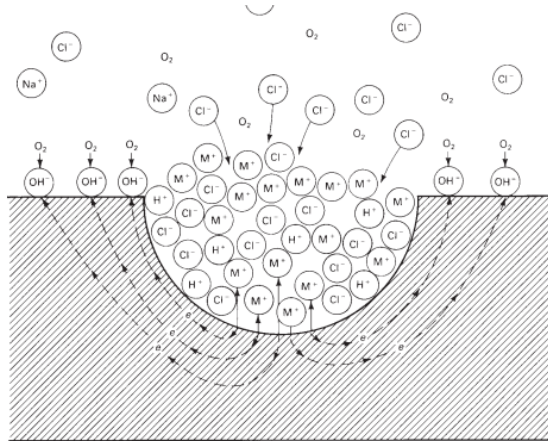
Korosi ini merupakan korosi yang sering terjadi. Korosi seragam menghasilkan penetrasi (atau penipisan) yang cukup seragam di seluruh permukaan logam. Korosi ini dihasilkan dari sebagai aksi dari sel korosi lokal yaitu beberapa anoda dan katoda beroperasi pada permukaan logam pada waktu tertentu. Daerah anoda dan katoda terus bergerak di permukaan, menghasilkan korosi yang seragam. Gambar 2.5 menunjukkan korosi seragam.



Gambar 2.5 Korosi seragam (*Uniform Corrosion*) (Bardal, 2004)

2. Korosi Lubang/ Sumuran (*Pitting Corrosion*)

Korosi sumuran adalah bentuk korosi yang sangat terlokalisasi sehingga menghasilkan lubang dengan bentuk tajam kedalam logam. Lubang ini bisa kecil atau besar dalam diameter, tetapi dalam kebanyakan kasus, ukuran lubang relatif kecil. Lubang ini berisolasi satu sama lain di permukaan atau sangat berdekatan sehingga menyerupai permukaan yang kasar. Jika dibiarkan terlalu lama, korosi ini mampu menyebabkan kegagalan fatal pada suatu struktur. Mekanisme terjadinya korosi sumuran terlihat pada Gambar 2.6 dan Gambar 2.7 di bawah.



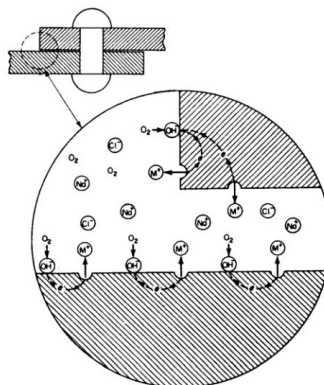
Gambar 2.6 Mekanisme Korosi Sumuran (Davis, 2000)



Gambar 2.7 *Pitting Corrosion* (Davis, 2000)

3. Korosi Celah (*Crevice Corrosion*)

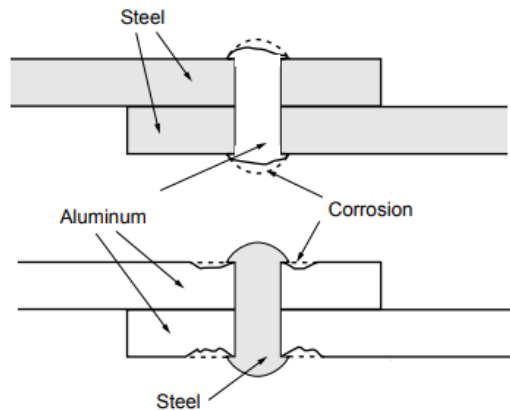
Korosi celah adalah bentuk serangan lokal yang terjadi pada area atau ruang sempit (celah) antara logam-ke-logam atau komponen non logam-ke-logam. Jenis korosi ini terbentuk dari sel konsentrasi antara elektrolit di dalam celah, yang kekurangan oksigen, dan elektrolit di luar celah, di mana oksigen lebih banyak. Material di dalam celah bertindak sebagai anoda, dan material di luar celah menjadi katoda. Gambar 2.8 menunjukkan korosi celah.



Gambar 2.8 Korosi Celah (Bardal, 2004)

4. Korosi Galvanik (*Galvanic Corrosion*)

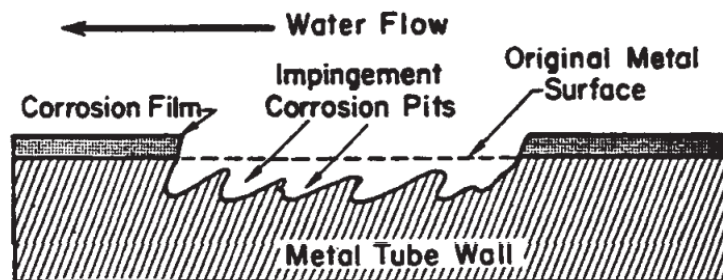
Korosi galvanik terjadi ketika dua logam yang berbeda mengalami kontak fisik dengan adanya elektrolit. Sel korosi elektrokimia diatur karena perbedaan potensial korosi dari material yang berbeda. Material dengan potensi korosi yang lebih mulia kemudian menjadi katoda, sedangkan bahan yang kurang mulia dikonsumsi oleh pelarutan anoda. Laju korosi terlihat sebagai pengurangan ketebalan dari waktu ke waktu, kemudian bisa menjadi sangat tinggi untuk anoda. Sebagai contoh, jika paku keling aluminium digunakan pada pelat baja, paku keling akan mengalami korosi sangat cepat. Hal ini yang disebut dengan korosi galvanik. Korosi galvanik dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Korosi Galvanik (Bardal, 2004)

5. Korosi Erosi (*Erosion Corrosion*)

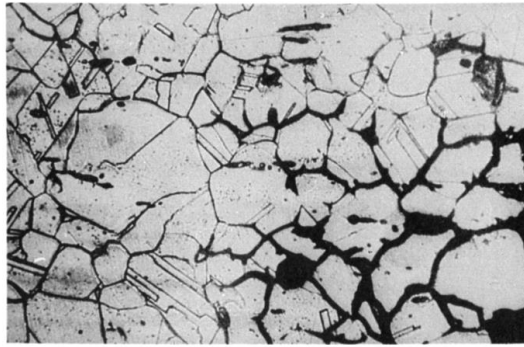
Korosi erosi adalah korosi yang disebabkan mengikisnya lapisan pelindung material oleh erosi. Erosi ini dapat disebabkan berupa fluida yang mengandung material abrasif seperti pasir. Korosi erosi sering terjadi pada perpipaan untuk industri minyak dan gas karena mengalirkan fluida dalam kecepatan tinggi. Korosi erosi dapat juga terjadi akibat efek-efek mekanik pada permukaan logam, misal pengausan, abrasi dan gesekan. Material yang mengalami korosi ini akan menimbulkan bagian-bagian kasar dan tajam. Proses terjadinya korosi erosi dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Korosi Erosi (Davis, 2000)

6. Korosi Batas Butir (*Intergranular Corrosion*)

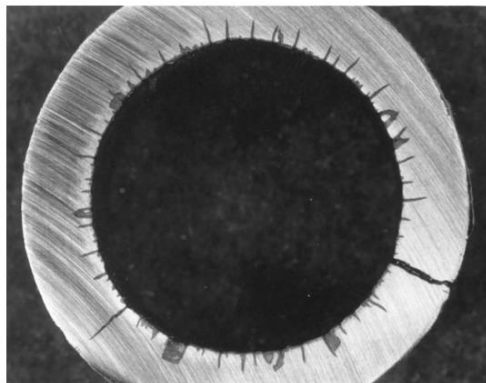
Korosi batas butir didefinisikan sebagai pelarutan butir secara selektif yang berbatasan, atau wilayah yang berdekatan. Korosi ini disebabkan oleh perbedaan potensial antara daerah batas butir atau kotoran yang terbentuk pada batas butir. Korosi ini mengakibatkan material kehilangan kekuatan dan keuletannya. Gambar 2.11 menunjukkan korosi batat butir.



Gambar 2.11 Korosi Batas Butir (Chandler, 1985)

7. Korosi Kelelahan (*Fatigue Corrosion*)

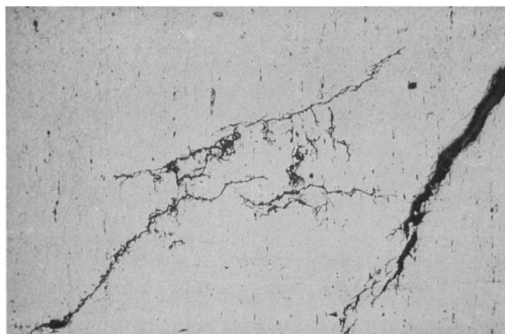
Korosi kelelahan digunakan untuk menggambarkan fenomena retak, termasuk inisiasi dan propagasi dalam material di bawah tindakan gabungan dari fluktuasi, atau stres siklik, dan lingkungan korosif. Korosi inisiatif bergantung pada interaksi antara variabel mekanis (pembebanan), metalurgi, dan lingkungan. Lingkungan yang agresif biasanya memiliki dampak yang merugikan pada umur kelelahan. Gambar 2.12 menunjukkan korosi kelelahan.



Gambar 2.12 Korosi Kelelahan (Davis, 2000)

8. Korosi Tegangan (*Stress Corrosion*)

Stress-Corrosion Cracking (SSC) adalah mekanisme korosi di mana kombinasi dari berbagai hal yaitu tegangan tarik yang berkelanjutan dan lingkungan tertentu menyebabkan retaknya logam. Korosi tegangan sulit dideteksi saat sedang berlangsung (bahkan ketika meresap) dan dapat menyebabkan kegagalan struktur yang cepat. Jika material yang sudah berkarat menerima tegangan berlebih, maka akan terjadi crack atau kegagalan di daerah tepat pada dimana korosi tersebut terjadi. Gambar 2.13 menunjukkan korosi tegangan.



Gambar 2.13 Korosi Tegangan (Chandler, 1985)

9. Korosi Biologi (*Biological Corrosion*)

Korosi biologi merupakan jenis korosi yang disebabkan oleh aktivitas mikrobiologi dan/atau metabolitnya (produk yang dihasilkan melalui metabolismenya) yang terjadi di dalam lautan. Mikrobiologi yang memengaruhi seperti jamur, alga, protozoa, dan bakteri. Kegagalan korosi yang cepat sebagai akibat dari tindakan mikrobiologi, dan menjadi semakin jelas bahwa sebagian besar paduan logam rentan terhadap bentuk serangan korosi mikrobiologi.

2.2.5 Laju Korosi

Laju korosi adalah proses cepat rambatnya korosi yang terjadi pada sebuah material. Perhitungan laju korosi dapat dilakukan dengan metode *weight loss* dan metode elektrokimia. Metode *weight loss* merupakan perhitungan laju korosi dengan mengukur berat yang hilang dan membutuhkan jangka waktu penelitian, sedangkan pada metode elektrolisis menggunakan bantuan tiga sel elektroda yang berfungsi memberikan potensial ke material sehingga material tersebut terjadi korosif dan dapat ditemukan nilai laju korosi. Perhitungan laju korosi dengan metode elektrokimia menggunakan hukum faraday yang memiliki rumus sebagai berikut:

$$CR (mpy) = K \frac{ai}{nD} \quad (2.1)$$

Keterangan:

CR = Laju korosi (mpy)

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

a = Berat atom logam yang terkorosi (gram)

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

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

n = Jumlah elektron valensi logam terkorosi

Menurut Fontana (1987), tingkatan ketahanan korosi berdasarkan nilai laju korosinya dapat dikategorikan pada Tabel 2.3 sebagai berikut:

Tabel 2.3 Tingkat Ketahanan Korosi berdasarkan laju korosi (Fontana, 1987)

<i>Relative Corrosion Resistance</i>	Approximate Metric Equivalent				
	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

2.2.6 Pengendalian Korosi

Korosi tidak dapat dihentikan ataupun dicegah, tetapi hanya dapat dikendalikan atau diperlambat laju korosinya (Ardianto, 2017). Korosi menimbulkan kerugian yang sangat besar dan diperlukan biaya yang tinggi untuk melakukan perbaikan pada material yang telah terkorosi. Akibatnya, muncul berbagai macam metode pengendalian korosi. Menurut Bardal (2004) dalam bukunya yang berjudul “*Corrosion and Protection*” metode-metode pengendalian korosi antara lain sebagai berikut.

1. Pemilihan Material

Memilih material pertimbangan yang berhubungan dengan desain, manufaktur dan pengaruhnya terhadap pembebanan total. Material yang dipilih harus terhindar dari elemen galvanik yang merugikan. Dalam banyak kasus mungkin untuk menghindari bentuk korosi lainnya dengan menggunakan yang menguntungkan kombinasi bahan, misalnya untuk memasukkan bahan yang mampu menjadi perlindungan katodik terhadap korosi seragam, selektif, sumuran, celah atau erosi pada daerah kritis, bahkan terhadap korosi retak atau korosi tegangan kelelahan. Pemilihan material akhir sering kali merupakan hasil dari pertimbangan antara berbagai properti dan ketergantungan mereka pada faktor eksternal seperti lingkungan. Pemilihan yang baik apabila mengikuti deret volta dengan tingkat korosifitas yang rendah. Namun, karena pembuatan struktur industri kelautan juga mempertimbangkan aspek ekonomis, baja karbon sebagai material yang murah harus dilakukan pengendalian korosi lebih lanjut.

2. Mengontrol Lingkungan

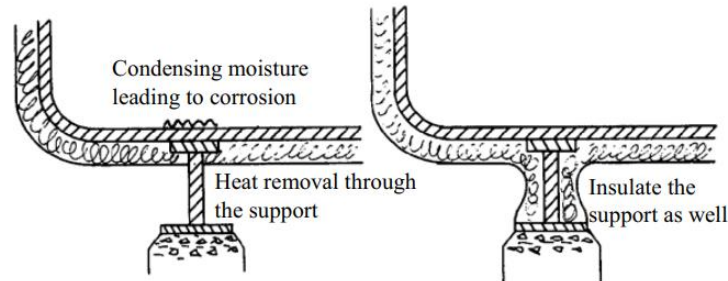
Lingkungan korosif harus dikendalikan agar material dan struktur mengalami laju korosi dalam jangka waktu yang lama. Pengendalian lingkungan dapat dilakukan dengan cara mengurangi (atau meningkatkan) suhu, mengurangi (atau meningkatkan) kecepatan aliran fluida, mengurangi (atau meningkatkan) kandungan oksigen atau unsur agresif lainnya, dan menambahkan cairan kimia (*inhibitors*). Metode ini umumnya digunakan pada sistem yang tertutup seperti perpipaan pada industri minyak dan gas.

3. Desain

Desain struktur dan material memiliki hubungan yang erat dalam rangka mengendalikan laju korosi. Dalam hal ini memproses kedua komponen individu, interaksi antara keduanya dan hubungan dengan struktur lain dan lingkungan harus dipertimbangkan. Kebanyakan bentuk korosi sedikit banyak dipengaruhi oleh bentuk antara lain korosi galvanik dan termogalvanik, korosi celah, erosi dan kavitasi korosi, korosi resah, retak korosi tegangan dan kelelahan korosi. Gambar 2.14 menunjukkan pemilihan desain sebagai pengendalian korosi. Langkah-langkah penting dalam desain untuk pencegahan bentuk korosi yakni

- a. Membuat desain dengan kelonggaran korosi yang cukup,
- b. Pemilihan desain sedemikian rupa sehingga komponen yang paling rentan terhadap korosi mudah untuk diganti,
- c. Menghalangi transportasi udara ke rongga pada bagian desain yang sering terpapar atmosfer udara, dan
- d. Desain harus sedemikian rupa sehingga memudahkan drainase, inspeksi, pembersihan, perawatan, serta

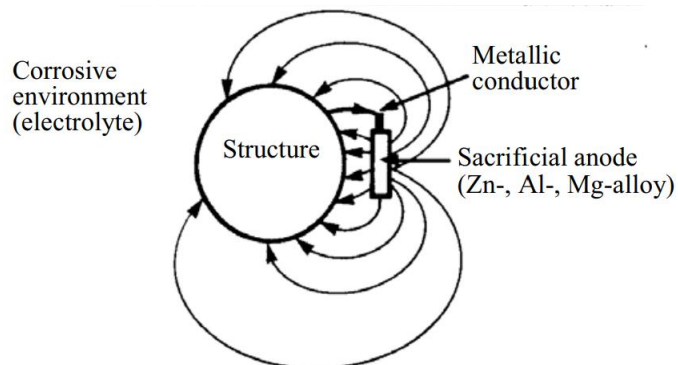
- e. Desain harus dihindarkan dari tempat yang panas dan juga dingin. Sebagai contoh pada perpipaan, desain pipa harus diperhitungkan dengan serius agar korosi erosi tidak menimbulkan kerugian yang besar.



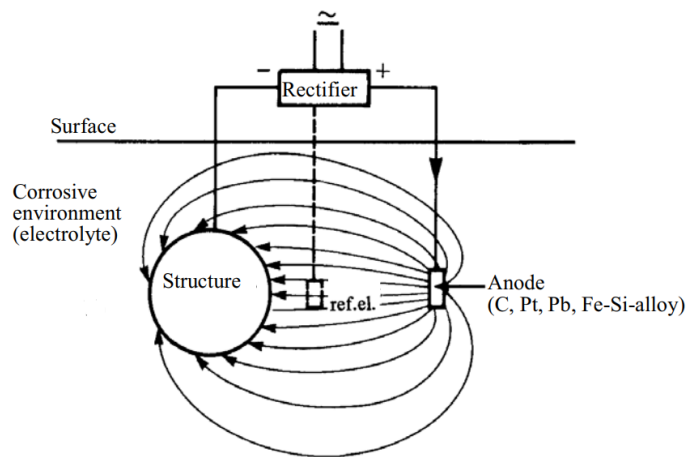
Gambar 2.14 Pemilihan bentuk desain yang tepat (Bardal, 2004)

4. Proteksi Katodik

Proteksi katodik (*Cathodic Protection*) telah dikenal selama sekitar 170 tahun. Terutama sudah diterapkan untuk perlindungan baja di tanah dan air laut, lebih jarang digunakan untuk baja yang terkena air tawar. Material lain bisa juga dilindungi oleh proteksi katodik, misalnya untuk mencegah korosi lokal pada baja tahan karat dan aluminium. Proteksi katodik dalam banyak kasus telah diterapkan dalam kombinasi dengan *coating*, dengan maksud untuk melindungi baja pada bagian “*holidays*” dan area yang rusak dari *coating*. Dalam beberapa dekade terakhir penerapan teknologi ini telah meningkat seiring dengan perluasan eksplorasi dan produksi migas lepas pantai. Metode ini adalah metode perlindungan yang mendominasi untuk bagian besar struktur yang terendam instalasi minyak, paling sering satu-satunya untuk bagian yang sering terkena air laut. Prinsip utama proteksi katodik adalah untuk mengalurkan arus eksternal pada material, yang memaksa potensial elektroda turun ke daerah imun, atau untuk perlindungan terhadap korosi lokal, di bawah potensial proteksi. Dengan kata lain, bahan tersebut dijadikan katoda dalam sel elektrokimia, sehingga mengobarkan material lain yang menjadi katoda. Terdapat dua jenis proteksi katodik yaitu ICCP (*Impressed Current Cathodic Protection*) dengan mengalirkan arus yang berasal dari arus AC yang dilengkapi dengan penyearah arus sehingga menjadi arus DC, dimana kutub negatif dihubungkan ke struktur yang dilindungi, kutub positif dihubungkan ke anoda. ICCP dapat dilihat pada Gambar 2.16. Kemudian jenis SACP (*Sacrificial Anode Cathodic Protection*) atau anoda tumbal yaitu dengan mengorbankan material lain yang memiliki perbedaan potensial elektrokimia sesuai deret volta. Biasa metode ini diterapkan antara baja dan unsur zinc. SACP dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 *Sacrificial Anode Cathodic Protection* (Bardal, 2004)



Gambar 2.16 *Impressed Current Cathodic Protection* (Bardal, 2004)

5. Pelapisan (*Coating*)

Coating adalah metode umum yang dipakai karena kemudahan dalam mengaplikasikannya dan mampu melapisi seluruh bagian yang akan dilindungi. Berdasarkan penguannya, terdapat 3 mekanisme atau kombinasi untuk mengendalikan laju korosi yaitu Efek penghalang (*barrier*), di mana setiap kontak antara media korosif dan logam material dicegah, Proteksi katodik, dimana bahan *coating* bertindak sebagai anoda korban, dan Inhibisi/pasif, termasuk kasus perlindungan anodik. *Coating* memiliki tiga komponen dasar di dalamnya, yaitu *pigment* atau zat pewarna berfungsi sebagai elemen pemberi warna terhadap *coating* itu sendiri, *binder* atau pengikat berfungsi untuk menentukan karakter dari lapisan cat, dan *solvent* atau pelarut berfungsi untuk melarutkan material binder dan mengurangi kekentalan *coating* untuk memudahkan aplikasi. Ketentuan aplikasi *coating* bergantung pada panduan atau standar masing-masing pabrik. Namun, dalam standar ISO telah ditentukan panduan aplikasi *coating* yang ditunjukkan pada Tabel 2.4 di bawah.

Tabel 2.4 Ketentuan aplikasi bahan *coating* berdasar standar ISO (Bardal, 2004)

Type of paint	Pre-treatment ¹	Application temperature	Can be over-painted after, min/max	Corrosivity category ²
Alkyd	St 2–3, Sa 2½		8 h/∞	C1–C4
Vinyl	Sa 2½		2 h/∞	C4–C5
Chlorinated rubber	Sa 2–Sa 2½	min 10–15°C	4 h/∞	C4–C5
Epoxy	Sa 2½–Sa 3	min 10°C	18 h/3 d	C4–C5
Coal tar epoxy	St 2, Sa 2½		16 h/3 d	C4–C5
Epoxy mastic	Sa 2½–Sa 3			C4–C5
Polyurethane	Sa 2½–Sa 3			C4–C5
Polyester	Sa 2½			C5
Zinc silicate	Sa 2½–Sa 3		24 h	C4

2.2.7 Persiapan Permukaan (*Surface Preparations*)

Pada beberapa lingkungan laut yang ganas (*severe marine environment*), memiliki laju korosi yang tinggi. Agar mendapatkan proteksi material yang bagus, dibutuhkan standar tinggi dari persiapan permukaan (*surface preparations*) dan aplikasi *coating* untuk memberikan perlindungan kualitas tinggi dengan jenis dry protection (misal cat/*painting*). *Surface preparations* menjadi tahapan awal sebelum aplikasi *coating*. Proses ini memainkan

peranan penting, karena 70% keberhasilan proses *coating* bergantung pada proses persiapan permukaan (*surface preparation*). Persiapan permukaan harus diterapkan dengan benar sesuai standar yang berlaku. Adanya sejumlah kecil kontaminasi pada permukaan material seperti debu, minyak, oksida, kerak, dan karat dapat merusak dan mengurangi kekuatan daya lekat cat *coating* pada material substrat secara fisik (Hudson, 1982). Terdapat beberapa metode persiapan permukaan antara lain *dry abrasive blasting*, *wet abrasive blasting*, *hydro blasting*, *chemical stripping*, dan *vacuum blasting*. Tiap metode ini memiliki tujuan dan fungsi yang berbeda. Umumnya *dry abrasive blasting* menjadi pilihan mayoritas pada pabrik yang bergerak di bidang aplikasi *coating*.

Sebelum tindakan persiapan permukaan, material harus terlebih dahulu diidentifikasi kondisi awal karat (*rust grade*) berdasarkan standar yang diberikan ISO-8501-1. Kondisi awal karat harus diperhatikan agar mendapatkan hasil yang diinginkan. Kondisi ini terbagi menjadi 4 *rust grade* yakni:

- a. *Rust Grade A*, berupa permukaan material sebagian besar ditutupi *millscale*, namun hanya sedikit karat yang dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 *Rust Grade A* (ISO 8501, 2011)

- b. *Rust Grade B*, berupa permukaan material telah memulai berkarat dan sebagian besar *millscale* mulai mengelupas yang dapat dilihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 *Rust Grade B* (ISO 8501, 2011)

- c. *Rust Grade C*, berupa *millscale* pada permukaan material yang sudah berkarat dan terdapat beberapa lubang atau sumuran (*pitting*) pada permukaan yang secara kecil dapat dilihat kasat mata yang dapat dilihat pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19 *Rust Grade C* (ISO 8501, 2011)

- d. *Rust Grade D*, berupa permukaan material dimana *millscale* yang telah berkarat dan beberapa sumuran atau lubang karat yang dapat dilihat secara jelas oleh mata normal yang dapat dilihat pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20 *Rust Grade D* (ISO 8501, 2011)

Selain itu, hasil kebersihan dari persiapan permukaan telah diatur dalam standar ISO 8501-1 dan standar Amerika SSPC-SP 10 yang membagi menjadi beberapa bagian. Berikut perbandingan hasil kebersihan permukaan dari kedua standar pada Tabel 2.5 di bawah.

Tabel 2.5 Tingkat kebersihan (SSPC-SP, 2004 dan ISO 8501, 2011)

Deskripsi	American SSPC-SP	International ISO-8501-1
<i>White Metal</i>	SSPC – SP 5	Sa 3
<i>Near White Metal</i>	SSPC – SP 10	Sa 2,5
<i>Commercial Blast</i>	SSPC – SP 6	Sa 2
<i>Power Tool Cleaning</i>	SSPC – SP 3	St 3
<i>Hand Tool Cleaning</i>	SSPC – SP 2	St 2

Tiap tiap tingkat kebersihan memiliki gambar visual yang berbeda. Hasil persiapan permukaan pada material cukup dibandingkan secara visual dengan acuan standar yang ada. Berikut merupakan penjabaran tingkat kebersihan yang terdapat pada ISO-8501-1.

1. SA 3 (*Blast-Cleaning to visually clean steel*)

Tingkat kebersihan SA 3 (*Blast-Cleaning to visually clean steel*) adalah tingkat kebersihan yang paling tinggi. Hal ini dikarenakan material benar-benar bersih dari minyak, *grease*, debu, *millscale*, karat, dan bekas cat lama sehingga memunculkan warna asli dari material tersebut (*White Metal*). Gambar 2.21 menunjukkan kebersihan SA 3.



Gambar 2.21 SA 3 (ISO 8501, 2011)

2. SA 2,5 (*Very through blast-cleaning*)

Tingkat kebersihan SA 2,5 (*Very through blast-cleaning*) adalah tingkat kedua setelah SA 3. Pada kondisi ini jejak-jejak kontaminasi yang tersisa hanya akan terlihat seperti noda kecil dalam bentuk bintang-bintang atau garis-garis. Jika dilihat tanpa perbesaran, permukaannya material sudah bebas dari minyak, *grease* dan kotoran yang berasal dari kerak pabrik, karat, lapisan cat dan benda asing. Gambar 2.22 menunjukkan kebersihan SA 2,5.



Gambar 2.22 SA 2,5 (ISO 8501, 2011)

3. SA 2 (*Through blast-cleaning*)

Tingkat kebersihan SA 2 menghasilkan permukaan material yang lumayan bersih dari minyak, *grease*, debu, dan sebagian besar *millscale*, karat, dan bekas cat lama. Namun kontaminasi kotoran yang masih melekat sangat kuat di atas permukaan material. Gambar 2.23 menunjukkan kebersihan SA 2.



Gambar 2.23 SA 2 (ISO 8501, 2011)

4. SA 1 (*Light blast -cleaning*)

Tingkat kebersihan SA 1 (*Light blast -cleaning*) memiliki permukaan material yang masih melekat kerak, karat, pelapis cat sebelumnya, dan benda asing lainnya. Kontaminasi ini dapat terlihat secara kasat mata. Gambar 2.24 menunjukkan kebersihan SA 1.



Gambar 2.24 SA 1 (ISO 8501, 2011)

Faktor-faktor penting yang mempengaruhi keberhasilan *surface preparations* pada permukaan material antara lain:

1. Kebersihan

Material yang telah dilakukan proses *blasting* harus diperhatikan kebersihan (*cleanliness*). Material tidak boleh terkontaminasi oleh kerak, *millscale*, minyak, oksida, dan karat karena akan mempengaruhi kekuatan material dalam mengikat lapisan cat. Standard yang digunakan untuk kebersihan material adalah Standard Internasional ISO 8501-1 “*Visual Assesment of Surface Cleanliness*”

2. Kekasaran permukaan

Kekasaran permukaan menjadi pertimbangan utama karena akan memengaruhi daya lekat cat terhadap material. Nilai kekasaran permukaan dapat diukur dengan *roughness meter*. Nilai kekasaran permukaan material dinyatakan dalam *microinch* atau mikron.

3. Kadar garam (*Salt Contamination*)

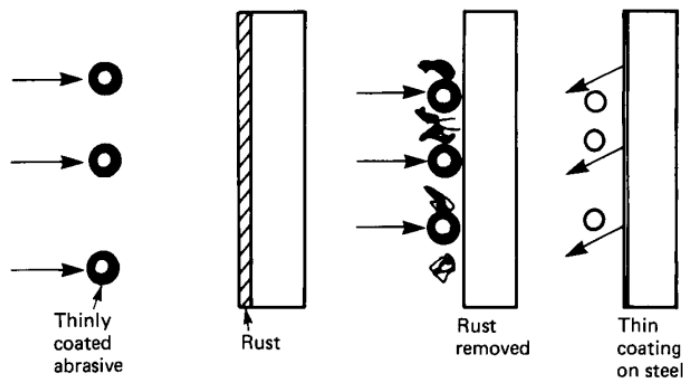
Kadar garam yang terdapat pada material harus kecil karena kadar garam yang terkandung memengaruhi kecepatan proses karat. Kandungan kadar garam yang diperbolehkan untuk proses aplikasi *epoxy* maksimal 2 mg/cm^2 . Tingkat kandungan kadar garam dapat dicek dengan *salt contamination test*.

4. Kelembaban (*Relative Humidity*)

Relative humidity (RH) adalah tingkat kadar uap air pada ruangan dimana akan proses *blasting* dilakukan. RH diukur dalam satuan persen, dan batasan maksimumnya adalah 85%, jika RH lebih dari 85% maka proses *blasting* tidak boleh dilaksanakan karena kadar uap air terlalu tinggi yang akan mengakibatkan uap air menempel pada permukaan material dan memicu proses karat. Pengukuran RH dilakukan dengan alat *positector*.

2.2.8 *Sandblasting*

Dry abrasive blast cleaning adalah satu diantara metode *surface preparation* atau persiapan permukaan yang umum diterapkan pada industri migas untuk menghilangkan karat, cat lama dan kotoran lainnya (Kambham et al., 2007). *Dry abrasive blast cleaning* atau *sandblasting* ialah proses pembersihan karat, cat lama atau kotoran lain pada permukaan material dengan cara menembakkan material abrasif dalam kecepatan tinggi pada permukaan material (Parashar & Parashar, 2015). Material yang umum digunakan pada proses ini yaitu *steel grit*, *steel shot*, *gourmet*, dan *aluminium oxide*. Tumbukan material abrasif ke permukaan material dengan kecepatan tinggi mengakibatkan terjadinya deformasi plastis pada permukaan material yang mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk permukaan material atau perubahan kekasaran permukaan. Nilai kekasaran permukaan bergantung pada beberapa faktor yakni kecepatan/tekanan semprotan, jarak penembakkan ukuran partikel, dan waktu penembakkan. *Sandblasting* dalam metode ini membuat permukaan material menjadi kasar yang akan memberikan daya rekat cat kuat untuk menempel. Gambar 2.25 menunjukkan proses *sandblasting* pada logam.



Gambar 2.25 Mekanisme proses *sandblasting* (Chandler, 1985)

2.2.9 Material Abrasif

Material abrasif adalah material utama yang digunakan dalam proses *blasting*. Material abrasif digunakan untuk mengabrasi atau mengikis permukaan material, sehingga tercapai tingkat kekasaran yang diinginkan. Momber (2008) memberikan beberapa parameter-parameter penting yang perlu diperhatikan dalam pemilihan material abrasif untuk proses *blasting*.

1. Ukuran partikel material abrasif. Ukuran partikel memiliki pengaruh besar yakni material abrasif dengan ukuran partikel yang besar menciptakan nilai kekasaran

permukaan yang tinggi, sedangkan material abrasif dengan ukuran yang kecil akan membentuk nilai kekasaran yang rendah.

2. Kekerasan partikel material abrasif. Material abrasif yang keras menghasilkan kekuatan tumbukan yang besar daripada yang menggunakan bahan lunak. Bahan material abrasif harusnya lebih keras dari material logam yang akan di *blasting*. Berdasarkan jenisnya, material abrasif dibagi menjadi logam (*cooper slag, cast steel, steel shot, steel grit*) dan non logam (*aluminium oxide* dan *silicon* seperti *quartz* dan *silica*).
3. Bentuk partikel material abrasif. Bentuk ini terdiri atas *shot, grit, dan cylindrical*. Jenis *shot* berbentuk bulat atau lonjong sehingga menghasilkan kekasaran yang tumpul yang efisien hanya untuk menghilangkan kerak besi dan karat yang tebal. Sedangkan jenis *grit* berbentuk tajam sehingga menghasilkan kekasaran permukaan yang tajam juga.
4. Struktur partikel material abrasive. Pengaruh ini terletak pada komposisi kimia dari partikel, *lattice parameter*, dan kristalografi dari partikel.

Beberapa jenis material abrasif yang sering digunakan pada *surface preaparations* dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6 Jenis material abrasif (Momber, 2008)

Material Abraif	Ukuran Mesh (μm)	Hardness (MOHS)	Density (g/ml)
<i>Silica Sand</i>	6-270	5-6	2,65
<i>Garned</i>	8-300	7-8	3,5-4,3
<i>Coal Slag</i>	12-80	6-7,5	2,7
<i>Alumunium Oxide</i>	16-220	7-8	2
<i>Steel Shot</i>	7-200	8	7
<i>Volcanic Sand</i>	12-120	5,5-6,5	1,6
<i>Steel Grit</i>	10-235	8-9	7

2.2.10 Coating

Coating adalah bentuk aplikasi anti-korosi yang umum dipakai. *Coating* sendiri berarti suatu penghalang (*barrier*) antara material dengan lingkungan sehingga memutus interaksi langsung di antara keduanya. *Coating* memiliki dua jenis pelapisan, yaitu pelapisan *liquid* yaitu pelapisan dengan pengecatan dan pelapisan *concrete* yaitu pelapisan dengan beton untuk menambah berat dari struktur tersebut. *Coating* dapat diaplikasikan di luar dan di dalam material. Sebagai contoh *coating external* pada pipa dapat berupa *3-Layer Polyethylene (3LPE)*, *3-Layer Polypropylene (3LPP)*, *Fusion Bonded Epoxy Coating (FBE)*, *Asphalt Enamel Coating (AEC)*, *Concrete Weight Coating (CWC)*, dan *External Liquid Epoxy Coating*. Sedangkan pada *coating internal* pipa dapat berupa *Internal Epoxy Coating* dan *Cement Mortar Lining (CML)*.

Coating memiliki tiga lapisan yaitu Lapisan Primer (*Primary Layer*), Lapisan Tengah (*Intermediate Layer*), dan Lapisan atas (*Top Layer*). Tiap-tiap lapisan memiliki fungsi masing-masing. Lapisan primer berfungsi sebagai lapisan utama pelindung korosi dan memiliki komposisi dari *epoxy*, atau bahan lainnya. Lapisan tengah berfungsi sebagai perekat antar lapisan primer dan lapisan atas, biasa berbentuk lapisan bening. Lapisan atas berfungsi sebagai ketahanan terhadap serangan fisik (*mechanical damage*) sehingga material dan lapisan

primer terlindungi. Germanischer Lloyd AG (2010) dalam regulasi STG Guideline No. 2215 memberikan minimum ketebalan lapisan *coating* yang tertera pada Tabel 2.7 di bawah.

Tabel 2.7 Ketebalan *coating* pada ketentuan STG Guideline No.2215 (Germanischer Lloyd AG, 2010)

Areas	Type of binder	Standard preparation grade (before coating)	Minimum film thickness [µm]			Remarks
			Undercoat	Topcoat	Total dry film thickness	
Underwater shell plating / see water ballast tanks	Epoxy (resin) (EP)	Sa2½	1 × 500		500	solvent-free, ice-going ships
		PSa2½	1 × 125	1 × 125	250	
	Epoxy (resin) tar combination (TE)	PSa2½	1 – 2 × 125	1 × 125	250 – 375	
			1 × 300		300	solvent-free
	Polyurethane (PUR)		2 × 100	1 × 100	300	
	Polyurethan tar combination (PUR-T)		1 × 125	1 × 125	250	
	Polyvinylchloride (PVC)		3 × 100		300	
	Polyvinylchloride tar combination (PVC-T)		2 × 100	1 × 100	300	
Chlorinated rubber (RUC)	2 × 90		1 × 90	270		
Tar (T)	PSa2½ / St3		1 × 125	1 × 125	250	
Shell plating above water	Alkyd (resin) (AK)	PSa2	3 × 40	1 × 40	160	First undercoat with anticorrosive pigment
		PSa2½	1 × 60 (Zinksilikat) + 1 × 30 (Sperrgrund) + 1 × 40	1 × 40	170	Increased corrosion protection
	Acryl (resin) (AY)	PSa2	2 × 60	1 × 40	160	
	EP	St3 / PSa2½	2 × 40	2 × 40	160	
			1 × 100	1 × 40	140	
	Epoxy (resin) ester (EPE)	St2	1 × 90	2 × 40	170	
	PUR	PSa2½	1 × 100	2 × 40	180	
	PVC		1 × 100	2 × 40	180	
RUC	1 × 80		2 × 40	160		
Cargo holds dry (bulk cargo)	EP	St3	1 × 150		150	
	PUR		1 × 100	1 × 100	200	
The complete list is given in STG Guideline No.2215.						

2.2.11 Epoxy

Epoxy adalah bahan kimia yang yang diperoleh dari proses polimerisasi epoksida dan digunakan untuk aplikasi *coating* sebagai anti korosi. *Epoxy* dari resin akan bereaksi dengan beberapa bahan kimia lain seperti amina polifungsi, asam serta fenol dan alkohol yang umumnya dikenal sebagai bahan pengeras. *Epoxy* resin memiliki daya lekat yang kuat dan kekuatan yang tinggi, sehingga umum digunakan untuk menjadi lapisan pelindung logam dan material lainnya yang sering digunakan pada konstruksi bangunan dan perpipaan. *Epoxy* memiliki ketahan terhadap bahan-bahan kimia, bahan elektrik, dan ketahanan terhadap kelelahan. Kunci dari kekuatan dan ketahanan *epoxy* terletak pada profil kekasaran permukaan sebagai hasil dari *sandblasting*. Akibatnya sebelum pemberian aplikasi *coating epoxy*, harus memperhatikan kondisi permukaan material.

2.2.12 Adhesi

Adhesi adalah gaya tarik-menarik antar molekul yang berbeda sejenis, dalam hal ini gaya tarik-menarik molekul cat dengan molekul material. Pengecatan yang baik harus memiliki nilai adhesi yang besar. Faktor yang harus diperhatikan yaitu ukuran material abrasif, jenis material abrasif, *surface preparation*. Uji adhesi atau uji daya lekat dapat dilakukan dengan metode *pull-off test* sesuai standar ASTM D4541-2 (1995) “*Standard Test Methods for Pull-off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers*”. *Pull-Off Adhesion Tester* adalah perangkat yang digunakan untuk penelitian kuantitatif dari sebuah kekuatan daya lekat *coating*. *Pull-off Adhesion Tester* bekerja dengan cara mengukur besar gaya yang dibutuhkan untuk menarik *coating* dari material substrat. Gaya ini yang menunjukkan nilai kekuatan adhesi dari sebuah *coating*. Berdasarkan standar ISO 12944-9 (2018) “*Paints and Varnishes—Corrosion Protection of Steel Structures by Protective Paint Systems—Part 9: Protective Paint Systems and Laboratory Performance Test Methods for Offshore and Related Structures*” menetapkan minimum kekuatan adhesi (*pull-off test value*) yaitu 5 MPa sesuai yang tertera pada Tabel 2.8 di bawah.

Tabel 2.8 Minimum Persyaratan Kekuatan Adhesi (ISO 12944-9, 2018)

Type of environment according to 4.1	Blast-cleaned carbon steel: Sa 2½; Surface profile: medium (G)					Hot-dip-galvanized steel or steel with thermal-sprayed zinc coating ^a		
	CX (offshore)		Splash and tidal zones CX (offshore) and Im4			Im4		CX (offshore)
Type of primer	Zn (R) ^b	Other primers	Zn (R) ^{b, c}	Other primers		Other primers		
NDFT (µm)	≥40	≥60	≥40	≥60	≥200	—	≥150	
Minimum number of coats ^d	3	3	3	3	2	1	2	2
NDFT of paint system (µm)	≥280	≥350	≥450	≥450	≥600	≥800	≥350	≥200
Minimum pull-off test value (before ageing) determined in accordance with ISO 4624, Method A or B ^e (MPa) ^f	5	5	5	5	5	8	5	5

Menurut metode *Self-Aligning Adhesion Tester Type V* pada standar ASTM D4541-2, uji kekuatan adhesi dilakukan dengan menempelkan sebuah alat *dolly* dengan diameter 20 mm pada permukaan spesimen yang diuji. Alat *dolly* ditahan oleh sebuah kompresor yang terhubung dengan pompa hidrolik. Kekuatan uji terdapat 2 *range*, *dolly* diameter 20 mm memiliki *range* kerja dengan 0 – 7 MPa dan *dolly* di atas 20 mm memiliki *range* kerja dengan 0 – 21 MPa.

2.2.13 Sel Tiga Elektroda

Pengujian laju korosi dapat dilakukan dengan dengan metode sel tiga elektroda. Pengujian pada metode ini dibantu oleh satu perangkat alat Corrtest yang terhubung software CS Studio 5. Pengujian korosi dengan metode sel tiga elektroda diatur dalam standar ASTM G102 (1994) “*Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements*”. Komponen-komponen yang terpadat di sel tiga elektroda terdiri dari :

- Elektroda kerja (*working electrode*) yang berfungsi sebagai benda uji coba (anoda) yang dicelupkan kedalam fluida.
- Elektroda bantu (*auxiliary electrode*) yang berfungsi memberikan potensial pada elektroda kerja dan mengangkut arus listrik yang timbul akibat reaksi korosi.
- Elektroda acuan yang berfungsi sebagai elektroda pembanding untuk acuan pengukuran potensial yang diberikan kepada elektroda kerja. Arus yang mengalir pada elektroda ini harus sangat kecil sehingga dapat diabaikan.
- Larutan elektrolit yang berfungsi sebagai penghantar arus ionik dalam reaksi korosi. Jumlah larutan yang dibutuhkan dalam uji ini bergantung pada besarnya elektroda yang digunakan dan harus dipastikan bahwa elektroda ini tercelup ke dalam larutan elektrolit.

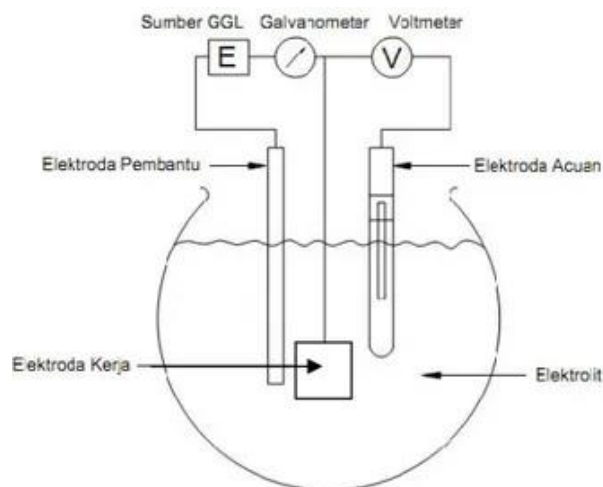
Proses uji korosi dimulai dengan pemberian potensial pada elektroda kerja dan dilakukan proses *scan* dengan kecepatan tertentu yang kemudian diplot pada diagram kurva potensial lawan logaritma intensitas arus (Ispandriatno & Krisnaputra, 2015). Mekanisme sel tiga elektroda dapat dilihat pada Gambar 2.26. Proses-proses yang terjadi di elektroda kerja yakni sebagai berikut:

1. Elektroda kerja diberi potensial negatif (polarisasi katodik)

Elektroda kerja ini mengalami reaksi reduksi. Reaksi ini dapat terjadi saat elektroda kerja diberi potensial, kemudian diperbesar sampai arus reduksi mencapai nol pada potensial korosi (E_{corr}) tertentu. Proses reduksi ini berakhir ketika arus potensial mencapai nilai nol.

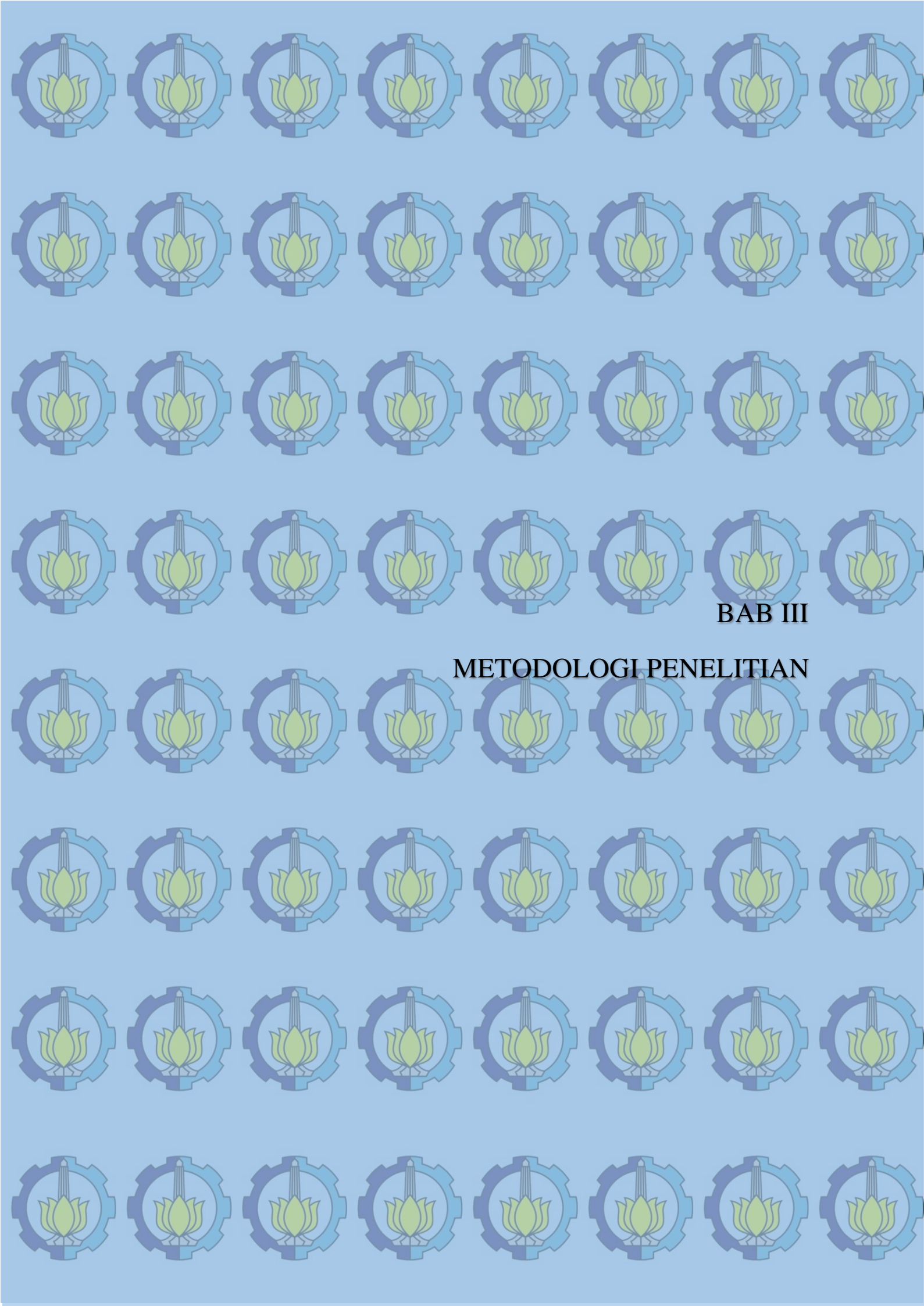
2. Elektroda kerja diberi potensial positif (polarisasi anodic)

Elektroda kerja mengalami reaksi oksidasi setelah reaksi reduksi berakhir. Reaksi I ni terjadi saat elektroda kerja diberi potensial dan arus yang semakin membesar.



Gambar 2.26 Sel Tiga Elektroda (Trethewey & Chamberlain, 1988)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



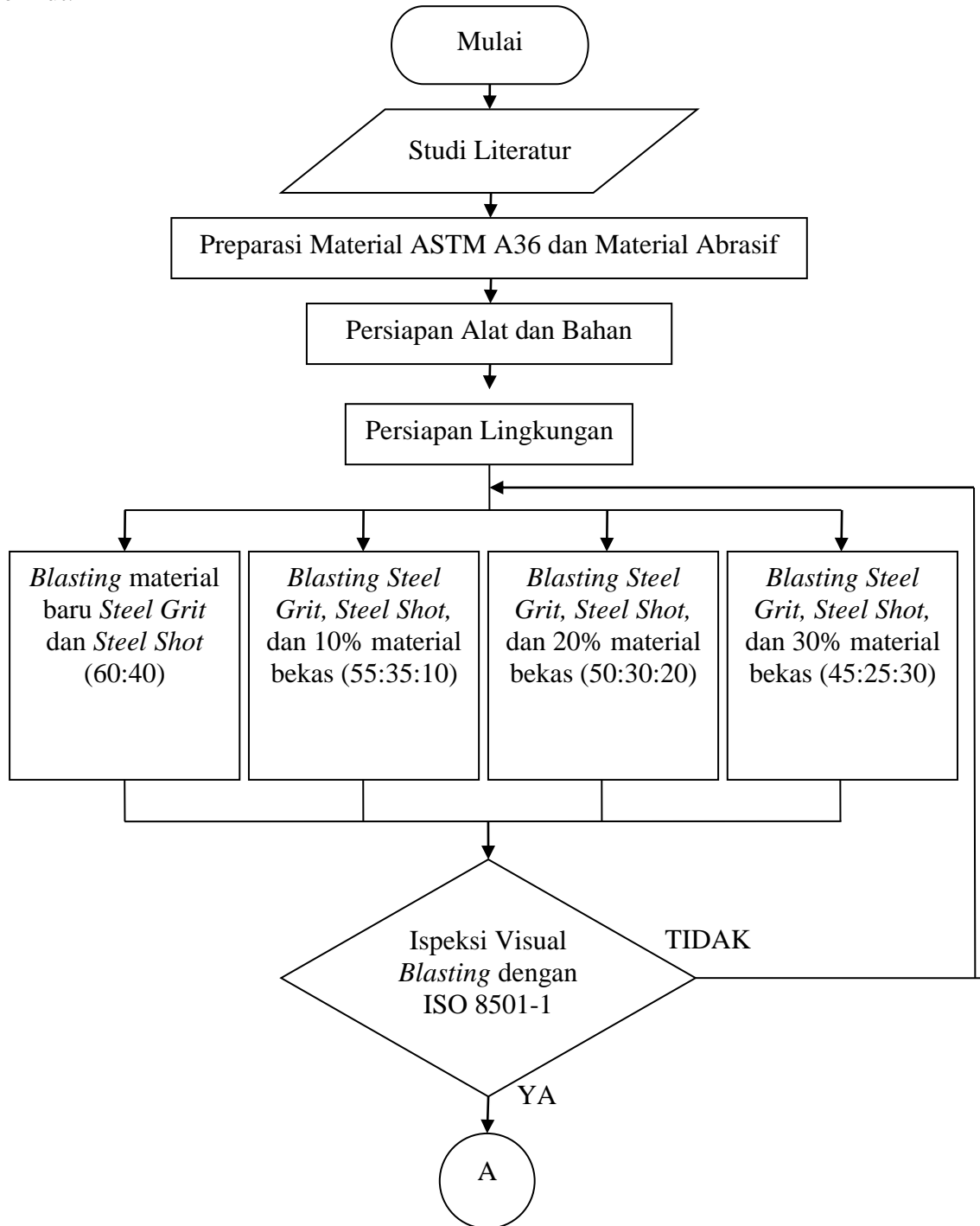
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

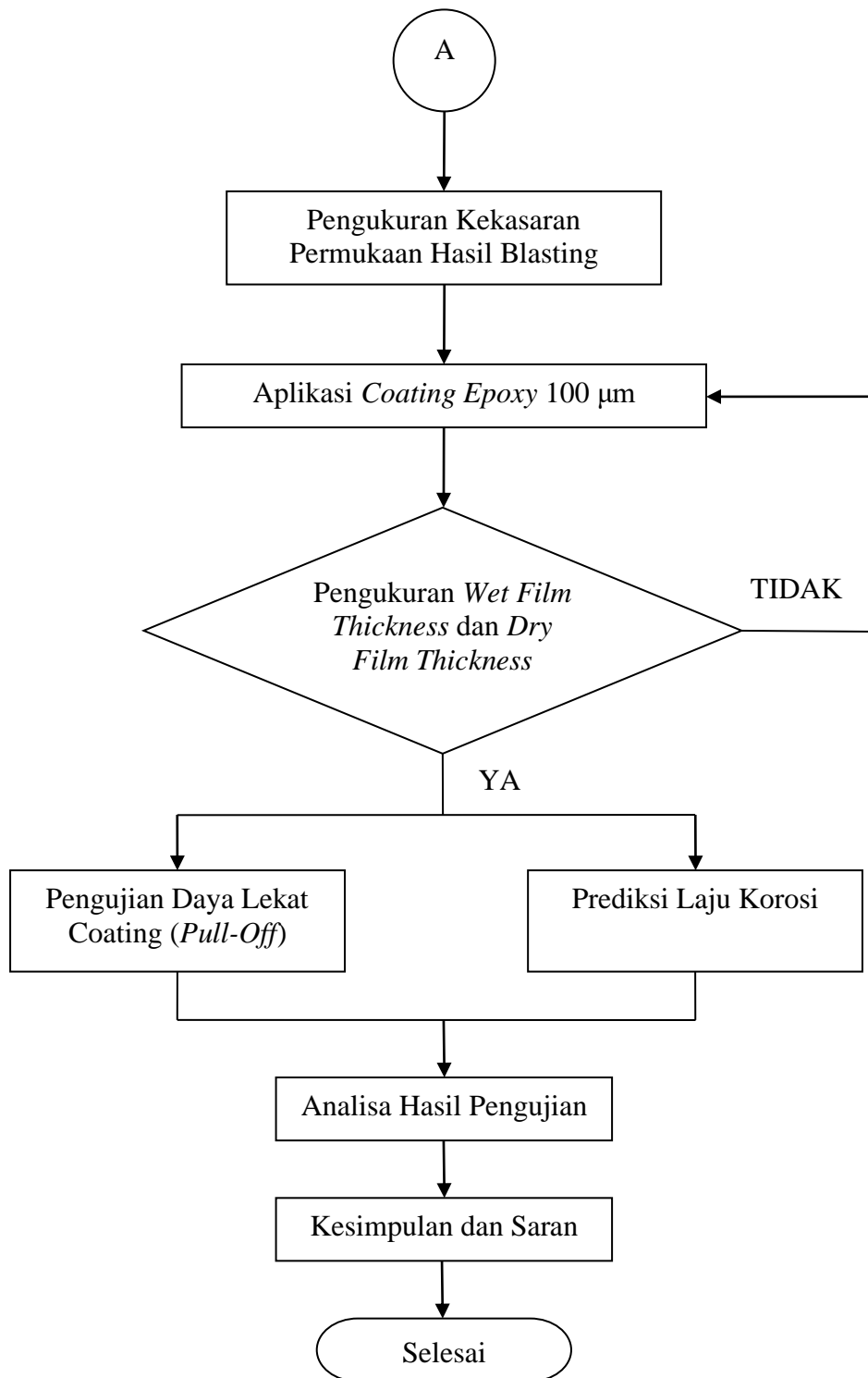
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Adapun alur pengerjaan dari penelitian tugas akhir ini dijelaskan pada digram alir berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian (lanjutan)

3.2 Prosedur Penelitian

Adapun tahapan penelitian tugas akhir yang terdapat pada diagram alir Gambar 3.1 di atas dijelaskan sebagai berikut:

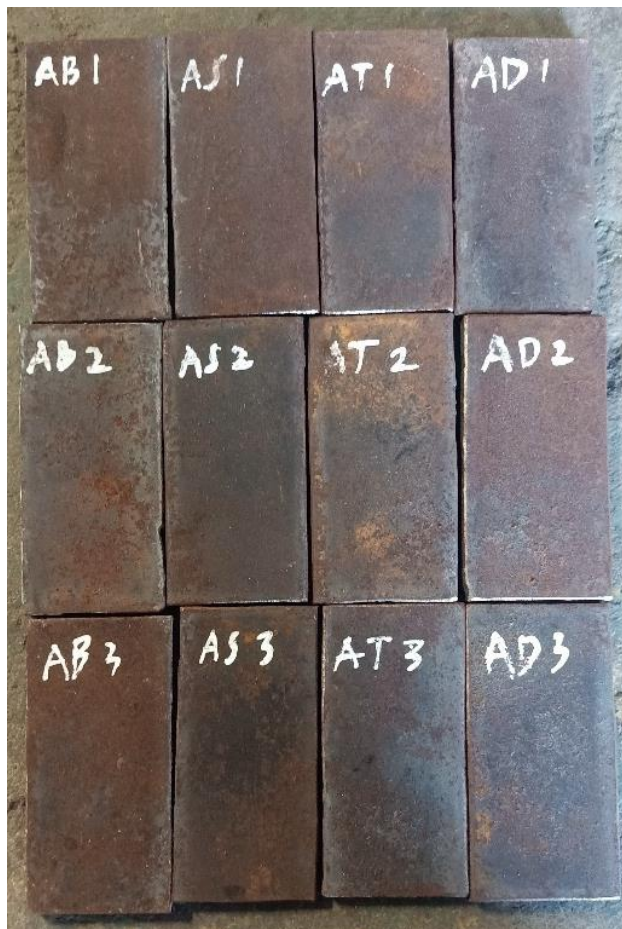
3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan guna mendalami materi mengenai *surface preparation* dengan metode *sandblasting*, berbagai material abrasif yang digunakan, *coating epoxy*, uji adhesi dan uji laju korosi. Studi literatur dipelajari melalui buku-buku, jurnal, dan laporan tugas akhir alumni. Ilmu-ilmu yang diperoleh dari pendalaman materi ini akan dijadikan referensi dalam melaksanakan penelitian tugas akhir ini.

3.2.2 Preparasi Material ASTM A36 dan Material Abrasif

Material baja yang menjadi bahan utama objek penelitian yaitu baja ASTM A36. Material abrasif yang digunakan yaitu *Steel Grit G40* dan *Steel Shot S330*. Sedangkan untuk *coating* menggunakan jenis cat *epoxy primer*. Variasi penelitian ini terletak pada material abrasif dengan perbandingan antara material abrasif baru, material abrasif penambahan komposisi campuran bekas 10%, material abrasif penambahan komposisi campuran bekas 20%, dan material abrasif penambahan komposisi campuran bekas 30%. Material yang digunakan berjumlah 24 spesimen dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Spesimen baja ASTM A36 dengan ukuran 100 x 50 x 8 mm untuk digunakan sebagai uji adhesi sebanyak 12 buah. Gambar 3.3 menunjukkan spesimen pengujian adhesi.



Gambar 3.3 Spesimen Pengujian Adhesi

2. Spesimen baja ASTM A36 dengan ukuran 40 x 25 x 8 mm untuk digunakan sebagai uji laju korosi sebanyak 12 buah. Gambar 3.4 menunjukkan spesimen pengujian korosi.



Gambar 3.4 Spesimen Pengujian Laju Korosi

3.2.3 Persiapan Alat dan Bahan

Alat-alat penelitian:

1. Alat *Psychrometer* (termometer *wet* dan *dry*)
2. Alat *Dry Abrasive Blast Cleaning*
3. Wadah material abrasif bekas
4. Timbangan digital
5. *Roughness meter*
6. Alat Aplikasi *coating* (*Air Spray Gun*)
7. Alat ukur *Wet Film Thickness* (*wet film comb*)
8. Alat ukur *Dry Film Thickness* (*coating thickness gauge*)
9. Alat uji Adhesi (*portable adhesive tester*)
10. Alat uji laju korosi (Sel Tiga Elektroda)

Bahan Penelitian:

1. Pelat baja ASTM A36
2. Material abrasif *Steel Grit G40* dan *Steel Shot S330*
3. Cat *Epoxy* (*Jotun Penguard Primer*)

4. *Thinner* (Jotun Thinner No.17)
5. Lem *Epoxy* Araldite
6. NaCL

Lokasi Penelitian:

1. CV. Cipta Agung
2. Departemen Teknik Kelautan – FTK – ITS
3. Departemen Teknik Material dan Metalurgi – FTIRS – ITS

3.2.4 **Persiapan Lingkungan**

1. Sebelum *blasting*, temperatur udara basah dan udara kering dihitung dengan alat *psychrometer* selama 2 menit.
2. Selisih dari temperatur udara basah dan kering dimasukkan ke tabel *Dew point* (DP) dan *Relatif Humidity* (RH) untuk mendapatkan nilai *Dew point* (DP) dan *Relatif Humidity* (RH).
3. Kondisi lingkungan dipastikan agar kelembaban relatif di bawah 85% dan temperature substrat lebih besar 3°C dari titik embun (*Dew Point*).

Gambar 3.5 menunjukkan alat *psychrometer* dan Gambar 3.6 menunjukkan tabel angka *dew point-relative humidity*.



Gambar 3.5 *Psychrometer*

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	75	70	66	63	60	56
	24	23	22	22	21	20	19	19	18	17	16	15
25	96	92	88	84	81	77	74	70	67	63	60	57
	24	24	23	22	21	21	20	19	18	17	17	16
25,5	96	92	88	85	81	77	74	70	67	64	60	57
	25	24	23	23	22	21	20	20	19	18	17	16
26	96	92	88	85	81	78	74	71	67	64	61	58
	25	25	24	23	22	22	21	20	19	19	18	17
26,5	96	92	89	85	81	78	74	71	68	64	61	58
	26	25	24	24	23	22	22	21	20	19	18	18
27	96	92	89	85	82	78	75	71	68	65	62	59
	26	26	25	24	24	23	22	21	21	20	19	18
27,5	96	92	89	85	82	78	75	72	68	65	62	59
	27	26	25	25	24	23	23	22	21	20	20	19
28	96	93	89	85	82	79	75	72	69	65	62	59
	27	27	26	25	25	24	23	22	22	21	20	19
28,5	96	93	89	86	82	79	75	72	69	66	63	60
	28	27	26	26	25	24	24	23	22	21	21	20
29	96	93	89	86	82	79	76	72	69	66	63	60
	28	28	27	26	26	25	24	23	23	22	21	20
29,5	96	93	89	86	82	79	76	73	70	66	63	61
	29	28	27	27	26	25	25	24	23	23	22	21
30	96	93	89	86	83	79	76	73	70	67	64	61
	29	29	28	27	27	26	25	25	24	23	22	22
30,5	96	93	89	86	83	79	76	73	70	67	64	61
	30	29	29	28	27	26	26	25	24	24	23	22
31	96	93	90	86	83	80	77	73	70	67	64	62
	30	30	29	28	28	27	26	26	25	24	23	23
31,5	96	93	90	86	83	80	77	74	71	68	65	62
	31	30	30	29	28	28	27	26	25	25	24	23
32	97	93	90	86	83	80	77	74	71	68	65	62
	31	31	30	29	29	28	27	26	25	25	24	23
33	97	93	90	87	83	80	77	74	71	69	66	63
	32	32	31	30	30	29	28	28	27	26	26	25
34	97	93	90	87	84	81	78	75	72	69	66	64
	33	33	32	31	31	30	29	29	28	27	27	26
35	97	93	90	87	84	81	78	75	72	70	67	64
	34	34	33	32	32	31	31	30	29	29	28	27
36	97	93	90	87	84	81	78	76	73	70	67	65
	35	35	34	33	33	32	32	31	30	30	29	28
37	97	94	91	87	85	82	79	76	73	70	68	65
	36	36	35	35	34	33	33	32	31	31	30	29
38	97	94	91	88	85	82	79	76	74	71	68	66
	37	36	36	35	34	34	33	33	32	32	31	30
39	97	94	91	88	85	82	79	77	74	71	69	66
	38	38	37	37	36	35	35	34	33	33	32	31
40	97	94	91	88	85	82	80	77	74	72	69	67
	39	39	38	38	37	36	36	35	34	34	33	33

Gambar 3.6 Tabel Dew Point dan RH

3.2.5 Proses Blasting

Sebelum diaplikasikan *coating*, spesimen akan dibersihkan permukaannya dari kontaminasi kotoran sebelumnya dengan metode *Dry Abrasive Blast Cleaning*. Komposisi campuran metrial absrif bekas terlihat pada Tabel 3.1 Langkah-langkah proses *blasting* yaitu:

1. Memberi tanda pada tiap-tiap spesimen yang akan di *blasting*.
2. Pinggiran pelat baja dirapikan dengan gerinda.
3. Memposisikan spesimen pelat baja agar tidak berpindah-pindah ketika proses *blasting*.
4. Mempersiapkan alat dan bahan seperti kompresor, bak pasir, selang, *nozzle*, tempat kerja, dan spesimen yang akan di-*blasting* permukaannya.
5. Bak pasir diisi dengan material baru abrasif *steel grit* dan *steel shot* dengan komposisi 60:40. Material abrasif yang masuk kesini harus maksimal kapasitas 80% dari volume bak pasir agar material abrasif tidak tumpah saat proses berlangsung.
6. *Blasting* dilakukan selama 5-10 menit hingga tercapai kebersihan permukaan SA 2,5 sesuai standar ISO 8501-1
7. Material bekas hasil *blasting* yang pertama dikumpulkan dalam wadah.
8. Material bekas tersebut ditimbang dengan komposisi 10%, 20%, dan 30% terhadap material baru *steel grit* dan *steel shot*.
9. Melakukan kembali proses *blasting* terhadap spesimen lain dengan komposisi campuran material abrasif bekas 10%, dilanjut dengan komposisi campuran material abrasif bekas 20%, dan penambahan terakhir komposisi campuran material abrasif bekas 30%.
10. Dilakukan selama 5 menit hingga tercapai kebersihan permukaan SA 2,5.

Gambar 3.7 menunjukkan material abrasif *steel shot* S300 dan *steel grit* G40. Kemudian Gambar 3.8 dan Gambar 3.9 menunjukkan proses pencampuran material abrasif baru dan bekas. Gambar 3.10 menunjukkan contoh material abrasif bekas hasil proses *sandblasting*. Alat dan proses *sandblasting* dapat dilihat pada Gambar 3.11 di bawah.

Tabel 3.1 Komposisi Campuran Material Abrasif

Material Abrasif	Steel Grit (g)	Steel Shot (g)	Bekas (g)	Total (g)
Grit : Shot (60:40)	2880	1920	-	4800
Grit : Shot : Bekas (55:35:10)	2640	1680	480	4800
Grit : Shot : Bekas (50:30:20)	2400	1440	960	4800
Grit : Shot : Bekas (45:25:30)	2160	1200	1440	4800



(a) (b)

Gambar 3.7 (a) *Steel Shot* S330, (b) *Steel Grit* G40



Gambar 3.8 Pencampuran Material Abrasif (*Steel Grit* 60 : *Steel Shot* 40)



Gambar 3.9 Pencampuran Material Abrasif (*Steel Grit 45 : Steel Shot 20 : Bekas 30*)



Gambar 3.10 Material Abrasif Bekas



Gambar 3.11 (a) Alat *Dry Abrasif Blasting*, (b) Proses *Blasting*

3.2.6 Inspeksi Visual Hasil *Blasting*

Setelah proses *blasting* dilanjutkan dengan melakukan inspeksi hasil *blasting* secara visual dengan cara membandingkannya terhadap standar ISO: 8501-1 1988 “*Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Products – Visual Assessment of Surface Cleanliness*”. Tingkat kebersihan yang diinginkan yaitu SA 2,5 (*Very through blast-cleaning*). Gambar 3.12 menunjukkan inspeksi visual hasil *blasting*.



Gambar 3.12 Inspeksi Visual *Blasting* dengan ISO 8501-1

3.2.7 Pengukuran Kekasaran Permukaan

Pengukuran kekasaran permukaan spesimen hasil *blasting* dilakukan dengan alat *roughness meter*. Kekasaran permukaan ini akan berpengaruh terhadap hasil *coating*, sehingga perlu diperhatikan dengan teliti. Kekasaran permukaan memiliki bentuk seperti lembah dan bukit kecil dalam jumlah yang banyak karena terbentuk sebagai hasil dari

tembakkan material abrasif dalam kecepatan yang tinggi dan kekuatan yang besar. Pengukuran ini mengacu pada standar ASTM D4417 (2002) – “*Standard Test Methods for Field Measurement of Blast Cleaned Steel*” Gambar 3.13 menunjukkan alat *roughnessmeter*. Langkah-langkah pengukuran kekasaran permukaan sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat ukur yaitu *roughness meter* dan kaca datar untuk kalibrasi.
2. Spesimen uji yang telah di *blasting* diletakkan pada meja datar.
3. *Roughness meter* dikalibrasikan dengan cara diletakkan di atas kaca hingga jarum menunjukkan angka nol.
4. Setelah kalibrasi, *roughness meter* diletakkan di atas spesimen yang diuji sehingga akan terbaca nilai kekasaran permukaan tersebut.
5. Melakukan langkah nomor 4 sebanyak tiga kali pada titik-titik yang berbeda dan kemudian dicatat nilai rata-rata nya.



Gambar 3.13 Pengukuran Kekasaran Permukaan dengan *Roughnessmeter*

3.2.8 Penentuan *Dust Level*

Setelah proses *blasting* dan pengukuran kekasaran permukaan, dilakukan proses penentuan *dust level* atau tingkat debu yang menempel di permukaan spesimen. Penentuan *dust level* ini mengacu pada standar ISO 8502-3: “*Assessment of dust on steel surfaces prepared for painting (pressure-sensitive tape method)*”. Gambar 3.14 menunjukkan acuan *dust level*. Langkah-langkah dalam penentuan *dust level* yakni sebagai berikut.

1. Menyiapkan buku acuan tingkat kebersihan debu ISO 8502-3.
2. Menempelkan *adhesive tape* pada permukaan spesimen.
3. Mencocokkan hasil *adhesive tape* dengan standar ISO 8502-3.

	1
	2
	3
	4
	5

Gambar 3.14 *Dust Level* (ISO 8502-3, 1992)

3.2.9 Aplikasi *Coating Epoxy*

Setelah melewati tahap *blasting*, spesimen harus segera diaplikasi *coating* agar tidak terkontaminasi kembali dengan durasi maksimal 4 jam. Sebelum mengaplikasikan *coating* pada spesimen uji, perlu diketahui terlebih dahulu *product data sheet* dari cat *epoxy*. Pengecatan dilakukan menggunakan metode *spray* dengan ketebalan 100 μm . Gambar 3.15, Gambar 3.16, Gambar 3.17, dan Gambar 3.18 menunjukkan cat *epoxy*, *spray gun*, pencampuran cat, dan proses aplikasi. Tahapan-tahapan pada aplikasi *coating epoxy* yaitu:

1. Mempersiapkan alat, bahan, *technical data sheet* dan *safety data sheet* yang diperlukan.
2. Menyiapkan cairan cat *epoxy* dan campuran cat yang akan digunakan sesuai dengan *Technical Data Sheet*.
3. Mempersiapkan tabung *air spray gun*
4. Menuangkan campuran cat kedalam tabung *air spray gun*
5. Menyemprot (*spray*) beberapa kali pada kertas ataupun media lain agar didapat konsistensi bentuk *spray*.
6. Menempatkan spesimen pada panel *holder*, kemudian cat diaplikasikan pada semua spesimen dengan jarak 25–30 cm dari permukaan spesimen sampai memenuhi ketebalan yang diinginkan.



(a)

(b)

Gambar 3.15 (a) Jotun Penguard Primer, (b) Jotun Thinner no.17



Gambar 3.16 Air Spray Gun



Gambar 3.17 Persiapan Campuran Cat Epoxy



Gambar 3.18 Proses Aplikasi Coating

3.2.10 Pengukuran Ketebalan Coating Basah (Wet Film Thickness)

Pengukuran ketebalan *coating* basah saat proses *coating* berlangsung sesuai standar ASTM D-4414 (1996) “*Standard Practice for Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages*” menggunakan alat *wet film comb*. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui ketebalan *coating* pada saat kondisi *coating* masih basah sehingga dapat diketahui ketebalan *coating* saat kering. Gambar 3.19 menunjukkan alat *wet film comb*.



Gambar 3.19 Wet Film Comb

3.2.11 Pengukuran Ketebalan Coating Kering (Dry Film Thickness)

Pengukuran ketebalan cat setelah kering mengacu pada standar ASTM E376-06 (2006) – “*Standard Practice for Measuring Coating Thickness by Magnetic-Field or Eddy - Current (Electromagnetic) Examination Methods*”. Pengukuran ketebalan cat kering menggunakan *coating gauge thickness*. Gambar 3.20 menunjukkan pengukuran *dry film thickness*. Tahapan pengukuran ketebalan cat kering yakni:

1. Menyiapkan spesimen yang telah kering sesuai kriteria yang ada pada *technical data sheet* cat yaitu 7 hari *curing time*.
2. Meletakkan *coating thickness gauge* di tiga titik berbeda pada permukaan spesimen dan dicatat angka ketebalannya, kemudian mengambil nilai rata-rata ketebalan *coating* dari tiga titik tersebut.



Gambar 3.20 Pengukuran Dry Film Thickness (DFT)

3.2.12 Pengujian Daya Lekat (Adhesi)

Uji kekuatan adhesi dilakukan untuk mencari kekuatan daya lekat cat terhadap material yang dilindungi. Metode ini memiliki acuan berdasarkan ASTM D4541 (1995) – “*Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coating Using Portable Adhesion Tester*”. Gambar 3.21, Gambar 3.22, dan Gambar 3.23 menunjukkan proses pengujian daya lekat cat (adhesi). Langkah-langkah pengujiannya antara lain sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan yaitu spesimen uji, *portable adhesive tester*, lem *epoxy*, dan *dolly* dengan ukuran 20 mm.
2. *Dolly* yang sudah diberi lem diletakkan ke permukaan tiap spesimen.
3. Menunggu selama 1 x 24 jam agar lem dapat melekat dan mengering.
4. Sisa lem yang ada pada pinggiran *dolly* dibersihkan dengan menggunakan *dolly cutter*.
5. Mengkalibrasi alat *portable adhesive tester* hingga menunjukkan angka nol dan selanjutnya dilakukan penentuan satuan, dimana satuan daya lekat yang digunakan yaitu satuan Mpa.
6. Ujung alat *portable adhesive tester* disambungkan ke *dolly* yang melekat pada spesimen.
7. Tuas *portable adhesive tester* ditekan hingga *dolly* terlepas dari spesimen uji.
8. Nilai kekuatan daya lekat cat yang didapat setelah pengujian dicatat.



Gambar 3.21 (a) Lem Epoxy Araldite, (b) *Dolly* 20mm, (c) *Portable Adhesion Tester*



Gambar 3.22 Proses Pembersihan Pinggiran Lem pada *Dolly* dengan *Dolly Cutter*



Gambar 3.23 Proses Penarikan *Dolly* dengan *Portable Adhesion Tester*

3.2.13 Pengujian Laju Korosi (Sel 3 Elektroda)

Pengujian laju korosi pada hasil *coating* dilakukan dengan metode elektrolisis. Uji ini menggunakan alat sel tiga elektroda dengan bantuan alat uji *Corrtest* yang terhubung dengan software CS Studio 5 untuk mendapatkan angka laju korosi. Gambar 3.24 menunjukkan penempatan spesimen dan Gambar 3.25 menunjukkan alat uji *CorTest*. Langkah-langkah uji laju korosi sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan yaitu spesimen uji, larutan elektrolit NaCl 3,5%, elektroda acuan (Ag/AgCl), elektroda pembantu (Platina), alat uji *Corrtest*, dan Software CS Studio 5.
2. Membuat larutan elektrolit yang digunakan sebagai media korosi yaitu NaCl 3,5% .
3. Larutan elektrolit 3,5 gr NaCl dicampurkan ke dalam aquades sebanyak 100 ml.

4. Memasang spesimen uji, elektroda acuan (Ag/AgCl), dan elektroda bantu (Platina) pada tabung uji menggunakan tang penjepit yang terhubung dengan alat Corrttest yang berfungsi sebagai sumber potensial.
5. Perlu diperhatikan agar masing-masing elektroda agar tidak saling bersentuhan.
6. Alat uji yang terhubung dengan software CS Studio 5 akan secara otomatis membaca laju korosinya dengan tambahan parameter-parameter lain seperti massa jenis spesimen, berat atom logam, dan luas permukaan spesimen kerja.



Gambar 3.24 Penempatan Elektroda



Gambar 3.25 Alat Uji *CorTest*

3.2.14 Analisa Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan akan didapatkan data-data penelitian. Data ini dilakukan analisa dan pembahasan sesuai dengan standar dan *codes* yang ditetapkan sebagai acuan sehingga hasil dari analisa dapat menjawab rumusan masalah.

3.2.15 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan analisa dan pembahasan hasil pengujian, maka dapat ditarik kesimpulan mengenai penelitian yang telah dilakukan. Kemudian akan didapatkan saran–saran yang dapat digunakan untuk pengembangan dan penyempurnaan penelitian selanjutnya di masa depan.

3.3 Rancangan Penelitian

Untuk memudahkan prosedur penelitian, dapat dibuat rancangan penelitian yang tertera pada Tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3.2 Rancangan Penelitian

Material Abrasif	Kode Spesimen	Pengecekan Visual Blasting	Pengukuran Kekasaran	Pengukuran Ketebelan (WFT & DFT)	Pengujian Adhesi	Pengujian Laju Korosi
<i>Grit : Shot (60:40)</i>	AB1	√	√	√	√	
	AB2	√	√	√	√	
	AB3	√	√	√	√	
	CB1	√	√	√		√
	CB2	√	√	√		√
	CB3	√	√	√		√
<i>Grit : Shot : Bekas (55:35:10)</i>	AS1	√	√	√	√	
	AS2	√	√	√	√	
	AS3	√	√	√	√	
	CS1	√	√	√		√
	CS2	√	√	√		√
	CS3	√	√	√		√
<i>Grit : Shot : Bekas (50:30:20)</i>	AD1	√	√	√	√	
	AD2	√	√	√	√	
	AD3	√	√	√	√	
	CD1	√	√	√		√
	CD2	√	√	√		√
	CD3	√	√	√		√
<i>Grit : Shot : Bekas (45:25:30)</i>	AT1	√	√	√	√	
	AT2	√	√	√	√	
	AT3	√	√	√	√	
	CT1	√	√	√		√
	CT2	√	√	√		√
	CT3	√	√	√		√

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN



BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

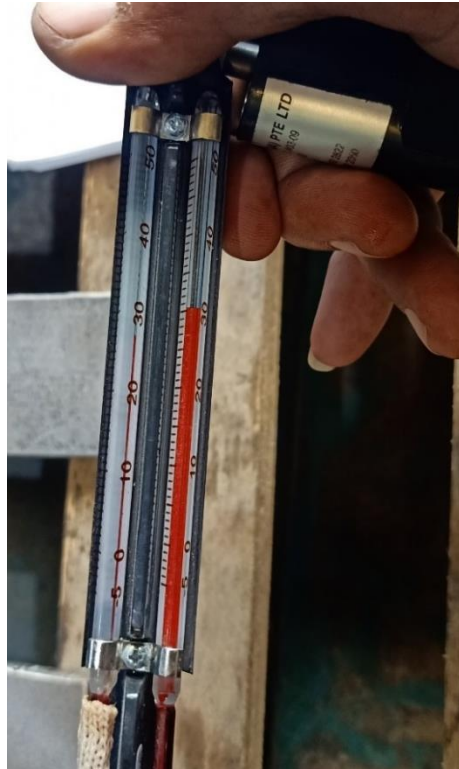
4.1 Prosedur *Blasting* dan *Coating*

Penelitian ini menggunakan jenis material abrasif *steel grit* dan *steel shot* saat proses *blasting*. Kemudian proses *coating* menggunakan *airless spray coating* dan jenis cat yang digunakan Jotun Penguard Primer. Berikut prosedur ketika dilakukan proses *blasting* dan *coating*.

<i>Blasting & Coating Operator</i>	: Arman (CV. Cipta Agung)
Proses <i>Blasting</i>	: <i>Dry Abrasive Blast Cleaning</i>
Material	: ASTM A36
Dimensi Material	: 100 mm x 50 mm x 8 mm 40 mm x 25 mm x 8 mm
Material Abrasif	: <i>Steel Grit</i> dan <i>Steel Shot</i>
Size Material Abrasif	: <i>Grit G40</i> dan <i>Shot S330</i>
Tekanan Kompresor <i>Blasting</i>	: 5 bar
Proses <i>Coating</i>	: <i>Airless Spray Coating</i>
Jenis <i>Coating</i>	: Jotun Penguard Primer

4.2 Data Persiapan Lingkungan (*Environmental Test*)

Environmental Test atau persiapan lingkungan dilakukan untuk mencari nilai *Dew Point* dan *RH (Relative Humidity)*. *Dew Point* bertujuan untuk mencari nilai titik embun air pada permukaan spesimen. Sedangkan *Relative Humidity (RH)* bertujuan untuk mencari tingkat kandungan uap air di udara. *Dew Point* dan *RH* memiliki pengaruh besar terhadap hasil *coating*. Parameter-parameter kondisi lingkungan antara lain *dry bulb*, *wet bulb*, *dew point* dan *relative humidity (RH)*. Berdasarkan aturan dari ISO 8502-4, nilai *RH* memiliki batasan maksimum $\leq 85\%$. Jika nilai *RH* kurang atau lebih sama dengan 85%, maka proses *coating* dapat dilakukan. Begitu juga sebaliknya jika nilai *RH* lebih besar dari 85%, maka proses *coating* tidak dapat dilakukan di tempat dan kondisi lingkungan tersebut. Hal ini dikarenakan lingkungan yang memiliki kondisi uap air tinggi akan terkontaminasi ke permukaan spesimen yang menyebabkan cat tidak sempurna proses penempalannya dan dapat terjadinya korosi. Kemudian temperatur spesimen harus di atas $>3^{\circ}\text{C}$ dari *dew point*. Pengukuran temperatur lingkungan dilakukan dengan *Psychrometer* dan pengukuran temperatur spesimen dengan termometer. Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 menunjukkan pembacaan temperatur *psychrometer* dan pengukuran temperatur spesimen.



Gambar 4.1 Hasil Pembacaan *wet bulb* dan *dry bulb* temperatur dengan *Psychrometer*



Gambar 4.2 Pengukuran Temperatur Spesimen

Berikut merupakan hasil persiapan lingkungan yang dilakukan di CV. Cipta Agung (5 April 2022) yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 di bawah.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Data Lingkungan

<i>Dry Bulb</i>	31°C
<i>Wet Bulb</i>	27°C
RH	73%
<i>Dew Point</i>	26
<i>Steel Temperature</i>	38,2°C

Berdasarkan hasil pengukuran pada tabel Tabel 4.1 di atas didapat bahwa nilai *Relative Humidity* (RH) yaitu 73% (di bawah 85%) dan temperature spesimen di atas nilai *Dew Point* yaitu 4,2°C (syarat 3 °C) sehingga dapat dilakukan proses *blasting* dan *coating* di CV. Cipta Agung.

4.3 Hasil Proses *Blasting*

Blasting merupakan proses persiapan permukaan yang bertujuan untuk membersihkan spesimen dari kontaminasi sebelumnya seperti karat, debu, dan minyak. *Blasting* juga bertujuan untuk membentuk kekasaran permukaan. Proses ini menggunakan metode *Dry Abrasive Blasting* yang memberikan hasil permukaan lebih bersih. *Blasting* memiliki peran penting sebesar 80% dalam keberhasilan *coating* karena memberikan kekuatan daya lekat cat terhadap spesimen.

Material abrasif yang digunakan yaitu *Steel Grit* G40 dengan diameter partikel 0,7mm dan *Steel Shot* S330 dengan diameter partikel 1,0mm. Material abrasif tersebut menggunakan komposisi campuran karena kedua material ini memiliki fungsi berbeda dimana *Steel Grit* berfokus membentuk kekasaran permukaan dan *Steel Shot* berfokus untuk menghilangkan karat dan debu yang menempel. Spesimen yang digunakan yaitu Baja ASTM A36. Tingkat kebersihan yang ingin dicapai yaitu SA 2½ sesuai standar ISO 8501-1. Berikut merupakan gambar sebelum dan sesudah proses *sandblasting* pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 di bawah.



Gambar 4.3 Spesimen Baja A36 sebelum *Blasting*



Gambar 4.4 Spesimen Baja A36 setelah *Blasting*

Berdasarkan Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 di atas terlihat permukaan spesimen yang terkontaminasi karat berwarna oranye kehitaman berubah warna menjadi abu-abu dimana permukaan spesimen tersebut menjadi bersih dari kontaminasi sebelumnya. Selain bersih, permukaan tersebut juga menjadi kasar. Terlihat secara visual dari kiri ke kanan pada gambar 4.4 bahwa permukaan spesimen menjadi semakin kurang bersih akibat campuran material abrasif bekas sebagai penggunaan ulang. Penggunaan ulang material abrasif dengan komposisi campuran memiliki bentuk partikel yang telah berubah. Perubahan bentuk ini tidak akan memberikan hasil tembakan ke permukaan spesimen yang sempurna. Hal ini menunjukkan bahwa material abrasif baru dan bekas berpengaruh besar terhadap hasil kebersihan permukaan spesimen.

4.4 Inspeksi Visual dan *Dust Level* Hasil *Blasting*

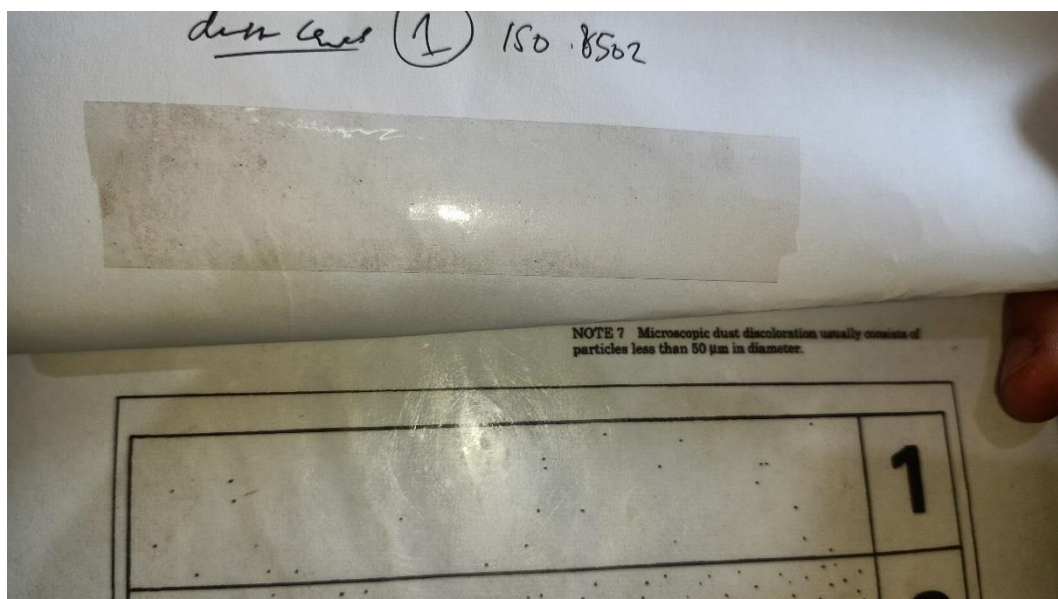
Setelah proses *Blasting* dilakukan pengecekan visual dengan menggunakan acuan standar ISO 8501-1: “*Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Products – Visual Assessment of Surface Cleanliness*”. Tingkat kebersihan yang ingin dicapai yaitu SA 2½. Inspeksi dilakukan dengan cara membandingkan hasil blasting terhadap acuan gambar pada standar ISO 8501-1 secara visual. Permukaan spesimen harus sudah bebas dari minyak, *grease* dan kotoran yang berasal dari kerak, karat, dan lapisan cat. Berikut merupakan gambar inspeksi visual hasil *blasting* yang dapat dilihat pada Gambar 4.5 di bawah.



Gambar 4.5 (kiri) Panduan kebersihan Sa 2½ (ISO 8501-1) dan (kanan) spesimen yang telah dilakukan *blasting*

Pada Gambar 4.5 di atas terlihat bahwa spesimen hasil *blasting* telah mencapai tingkat kebersihan SA 2½ berdasarkan gambar acuan ISO 8501-1. Permukaan spesimen telah bersih dari kerak, karat, minyak, dan debu. Sehingga spesimen telah layak dan dapat dilanjutkan proses pengukuran kekasaran dan aplikasi *coating*.

Kemudian dilanjutkan juga inspeksi kontaminasi debu (*Dust Contamination Test*). Inspeksi *Dust Contamination* dilakukan secara visual dengan membandingkan hasil debu menggunakan *tape* pada spesimen terhadap acuan standar ISO 8502-3: “*Assessment of dust on steel surfaces prepared for painting (pressure-sensitive tape method)*”. Tingkat kontaminasi debu yang diterima apabila tidak melebihi *Class 2* dari ISO 8502-3. Berikut merupakan Gambar 4.6 yang menunjukkan hasil inspeksi kontaminasi debu (*dust contamination*) pada penelitian ini.



Gambar 4.6 Hasil inspeksi *dust contamination* yang menunjukkan *Class 1*

4.5 Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan Spesimen

Pengukuran kekasaran permukaan (*roughness*) dilakukan setelah inspeksi visual. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui kedalaman profil permukaan dengan alat *roughnessmeter*. Nilai kekasaran akan mempengaruhi kekuatan daya lekat cat. Pengukuran dilakukan pada 3 titik tiap spesimen. Berikut merupakan hasil pengukuran kekasaran permukaan pada spesimen yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 di bawah.

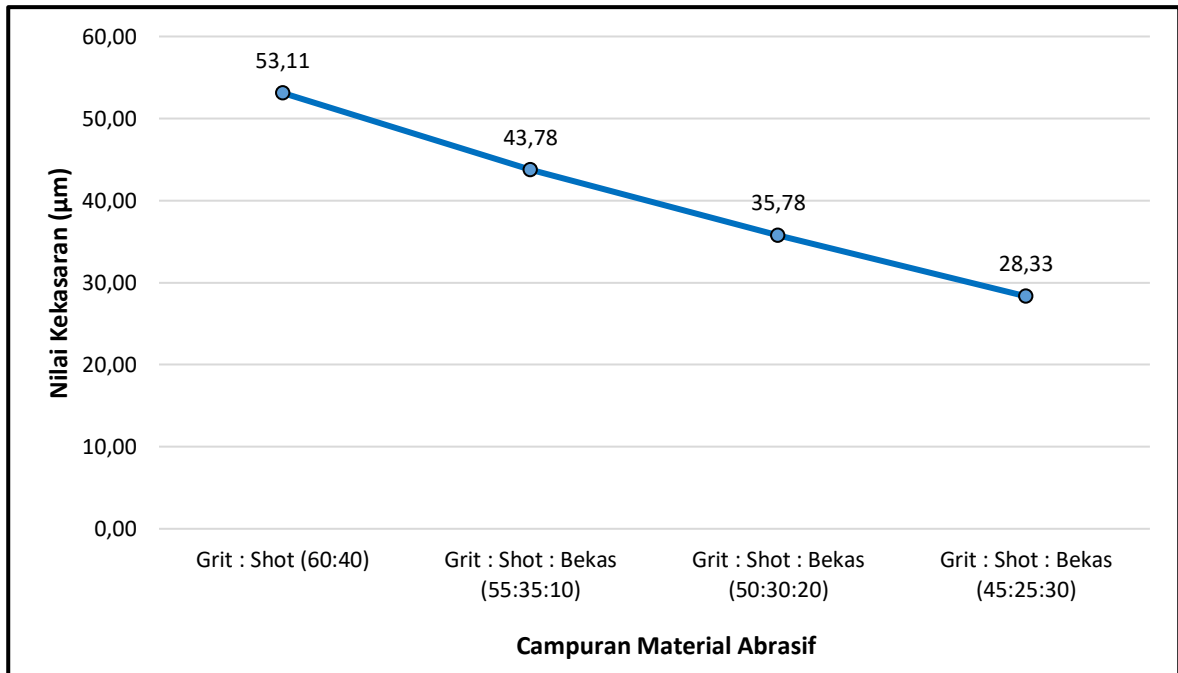
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Kekasaran Spesimen Adhesi

Material Abrasif	Kode Spesimen	Nilai Kekasaran (μm)			Rata-rata	Rata-rata akhir
		Titik 1	Titik 2	Titik 3		
<i>Grit : Shot (60:40)</i>	AB1	55	54	56	55,00	53,11
	AB2	50	54	52	52,00	
	AB3	53	52	52	52,33	
<i>Grit : Shot : Bekas (55:35:10)</i>	AS1	42	43	46	43,67	43,78
	AS2	46	42	41	43,00	
	AS3	43	47	44	44,67	
<i>Grit : Shot : Bekas (50:30:20)</i>	AD1	37	35	36	36,00	35,78
	AD2	34	34	35	34,33	
	AD3	37	36	38	37,00	
<i>Grit : Shot : Bekas (45:25:30)</i>	AT1	29	26	28	27,67	28,33
	AT2	28	30	26	28,00	
	AT3	31	29	28	29,33	

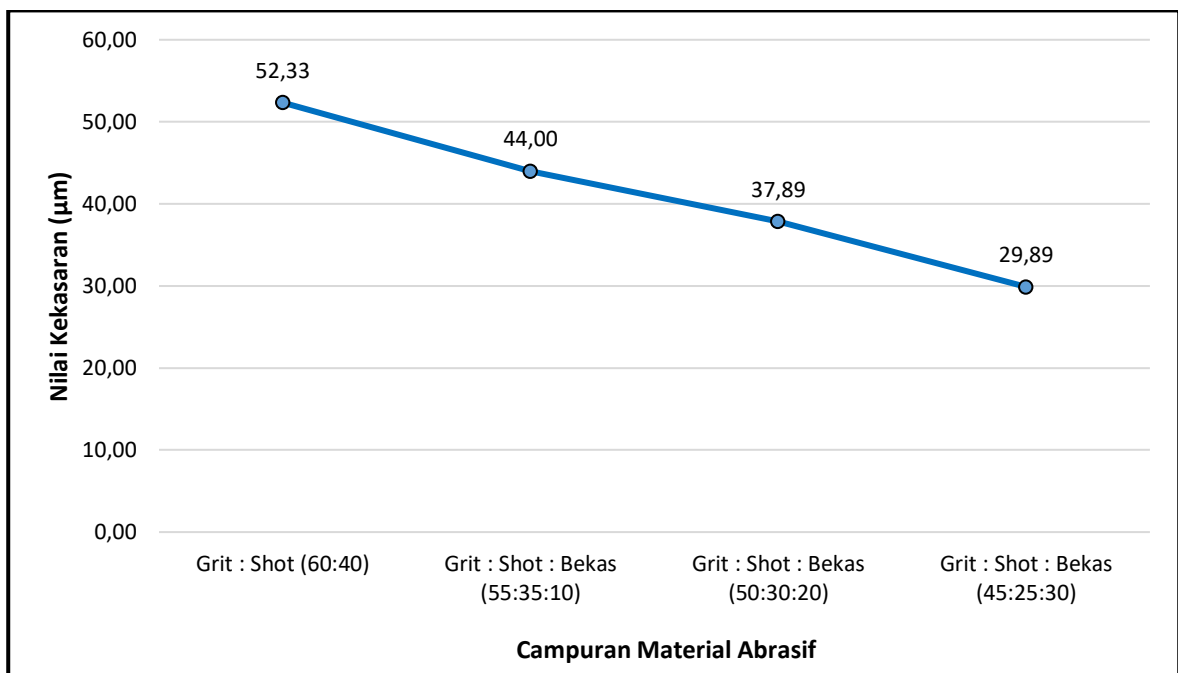
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Kekasaran Spesimen Laju Korosi

Material Abrasif	Kode Spesimen	Nilai Kekasaran (μm)			Rata-rata	Rata-rata Akhir
		Titik 1	Titik 2	Titik 3		
<i>Grit : Shot (60:40)</i>	CB1	50	52	50	50,67	52,33
	CB2	54	57	51	54,00	
	CB3	54	53	50	52,33	
<i>Grit : Shot : Bekas (55:35:10)</i>	CS1	43	44	43	43,33	44,00
	CS2	43	46	45	44,67	
	CS3	43	43	46	44,00	
<i>Grit : Shot : Bekas (50:30:20)</i>	CD1	37	38	40	38,33	37,89
	CD2	39	36	39	38,00	
	CD3	39	37	36	37,33	
<i>Grit : Shot : Bekas (45:25:30)</i>	CT1	28	30	29	29,00	29,89
	CT2	33	28	29	30,00	
	CT3	30	30	32	30,67	

Berdasarkan data hasil kekasaran permukaan pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 di atas, nilai kekasaran tertinggi terdapat pada campuran material abrasif baru *steel grit* dan *steel shot* (60:40) dengan nilai rata-rata 53,11 μm pada spesimen adhesi dan 52,33 μm pada spesimen laju korosi. Sedangkan nilai terendah terdapat pada komposisi campuran material abrasif *steel grit*, *steel shot*, bekas (45:25:30) dengan nilai rata-rata 28,33 μm pada spesimen adhesi dan 29,89 μm pada spesimen laju korosi. Terlihat bahwa nilai kekasaran permukaan semakin menurun seiring penambahan persentase material abrasif bekas. Penurunan nilai ini dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 di bawah.

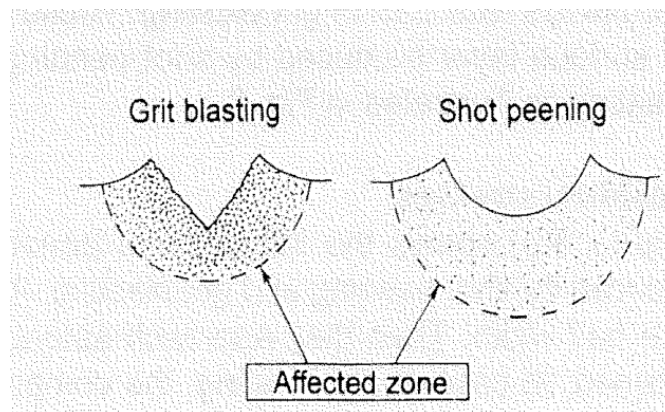


Gambar 4.7 Grafik Kekasaran Permukaan Spesimen Adhesi



Gambar 4.8 Grafik Kekasaran Permukaan Spesimen Korosi

Kekasaran permukaan yang didapat tergolong rendah dibanding hasil-hasil penelitian sebelumnya. Penelitian yang dilakukan Azis (2017) mendapat hasil nilai kekasaran permukaan dengan menggunakan material abrasif *steel grit* sebesar 86,8 μm pada baja ASTM A36. Juga penelitian oleh Felita (2020) mendapat hasil nilai kekasaran permukaan dengan material abrasif *steel grit* sebesar 79,19 μm . Penyebab nilai kekasaran pada penelitian ini menjadi rendah akibat adanya penambahan material abrasif *steel shot*. Kedua material abrasif (*steel grit* dan *steel shot*) memiliki bentuk yang berbeda. *Steel grit* memiliki bentuk kerikil lancip yang akan menghasilkan permukaan spesimen berbentuk lembah lancip, sedangkan *steel shot* memiliki bentuk bola yang menghasilkan permukaan spesimen berbentuk lembah simetris seperti bola. Perbedaan bentuk ini akan mempengaruhi hasil kekasaran permukaan (*surface roughness*). Bentuk hasil *blasting* dengan material abrasif *steel grit* dan *steel shot* dapat dilihat dari Gambar 4.9 di bawah.



Gambar 4.9 Bentuk hasil tumbukan *steel grit* dan *steel shot* (Toshali et al., 2005)

Kemudian ukuran partikel material abrasif juga berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Pada penelitian ini menggunakan *steel grit* G40 dengan ukuran partikel 0,7 mm dan *steel shot* S330 dengan ukuran partikel 1,0 mm. Ukuran yang berbeda antara ukuran partikel *steel grit* yang lebih kecil dibanding ukuran partikel *steel shot* yang lebih besar akan menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang rendah. Hal ini didukung oleh Harris dan Beevers (1999) bahwa semakin besar ukuran partikel akan menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang tinggi. Begitu juga sebaliknya, apabila ukuran partikel *steel grit* lebih besar dibanding *steel shot* akan menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang lebih tinggi. Selain bentuk partikel dan ukuran material abrasif, nilai kekasaran permukaan pada penelitian ini dapat dipengaruhi oleh ukuran komposisi campurannya. Penambahan material abrasif efektif mengurangi jumlah pemakaian material abrasif baru. Namun nilai kekasaran yang didapat tidak akan setinggi material abrasif baru. Material abrasif bekas yang telah dipakai memiliki tumbukan yang lebih rendah karena bentuknya tidak setajam seperti material abrasif baru. Sehingga, material abrasif baru akan memiliki nilai kekasaran tinggi karena tumbukan dari bentuk material tersebut masih tajam.

4.6 Proses Coating

Setelah spesimen selesai *blasting*, harus dilakukan proses *coating* secepatnya. Maksimal waktu sebelum aplikasi *coating* yaitu 4 jam agar spesimen tidak terkontaminasi lagi oleh karat, debu, kerak, dan uap air. Apabila melebihi waktu tersebut, spesimen harus dilakukan proses *blasting* ulang. Proses aplikasi *coating* menggunakan metode *air spray gun* yang lebih mudah penggunaan dan lebih ekonomis. Panduan yang digunakan saat *coating* sesuai dengan *Technical Data Sheet* pada LAMPIRAN B yang dipakai. Beberapa hal penting yang perlu diperhatikan saat aplikasi *coating epoxy* dengan jenis Jotun Penguard Primer antara lain:

1. *Mixing Ratio*

Mixing Ratio adalah perbandingan cat (*base*) dengan pengerasnya (*hardener*). Jotun Penguard Primer memiliki *mixing ratio base* dan *hardener* sebesar 4 : 1 (*by volume*) dan ditambahkan juga *thinner* sebagai pengencer cat sebesar 10%. Jenis *thinner* yang digunakan yaitu Jotun Thinner No.17

2. *Volume Solid*

Volume solid adalah persentase tebal cat kering terhadap tebal cat basah. Jotun Penguard Primer memiliki volume solid 51±2%. Volume solid digunakan untuk menghitung tebal cat kering saat aplikasi tebal cat basah.

3. *Curing Time*

Curing Time ialah waktu yang dibutuhkan cat untuk mengering setelah diaplikasikan. Pada Jotun Penguard Primer terdapat beberapa jenis *curing time* yaitu:

a. *Surface (Touch) Dry*

Wawaktu yang dibutuhkan cat agar permukaan spesimen dapat disentuh tanpa meninggalkan bekas cat di tangan. Jotun Penguard Primer membutuhkan waktu selama 1 jam pada temperatur substrat 23°C.

b. *Walk-on-Dry*

Waktu minimum sebelum cat dapat diinjak dengan kaki tanpa meninggalkan bekas di atas permukaan spesimen. Waktu yang dibutuhkan Jotun Penguard Primer yaitu 6,5 jam pada temperatur substrat 23°C.

c. *Dry/Cured for Service*

Waktu minimum dimana cat mengering sempurna. Jotun Penguard Primer memiliki waktu minimum selama 7 hari pada temperatur substrat 23°C.

Berdasarkan *Technical Data Sheet* cat *epoxy* Jotun Penguard Primer menggunakan waktu untuk mengering sempurna selama 7 hari pada temperatur substrat 23°C.

4.7 Pengukuran *Wet Film Thickness* (WFT)

Pengukuran WFT dilakukan saat aplikasi *coating* berlangsung untuk mengetahui nilai ketebalan cat basah. Pengukuran WFT menggunakan alat *Wet Film Comb* dengan cara menekan pada permukaan cat dan kemudian ditempelkan pada sebuah kertas sehingga akan terbaca sesuai nilai yang ada pada *wet film comb*. Pengukuran tebal cat saat basah (*Wet Film Thickness*) digunakan untuk mengetahui tebal cat saat kering (*Dry Film Thickness*) dengan rumus:

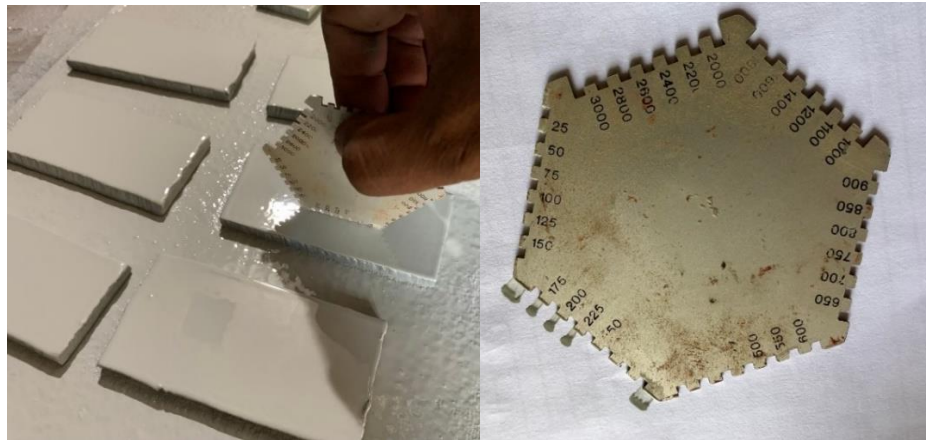
$$WFT = \frac{DFT \times (100\% + \text{persentase thinner})}{\% \text{volume solid}} \quad (4.1)$$

Tebal cat saat kering (*dry film thickness*) yang ingin dicapai yaitu 100 µm dengan volume solid sebesar 51 ± 2%. Juga dilakukan penambahan *thinner* sebanyak 10% terhadap jumlah *mixing ratio*. Maka berdasarkan rumus di atas dapat dilakukan perhitungan untuk mencari nilai tebal cat basah (WFT) yang dijelaskan pada Tabel 4.4 di bawah.

Tabel 4.4 Perhitungan WFT

DFT (µm)	Volume Solid (%)	WFT (µm)
100	51±2	±220

Gambar 4.10 menunjukkan proses pengukuran WFT dan hasil pengukuran WFT dengan alat *wet film comb*.



Gambar 4.10 (kiri) Pengukuran WFT dan (kanan) hasil nilai WFT 225 μm

4.8 Hasil Proses *Coating*

Spesimen yang telah lulus pengukuran WFT (*Wet Film Thickness*) dengan nilai sebesar $\pm 220 \mu\text{m}$, maka diletakkan di ruangan tetap dan menunggu hingga *curing time*. Waktu yang dibutuhkan sesuai *Technical Data Sheet* selama 7 hari pada temperatur substrat 23°C hingga cat dalam keadaan *Dry/Cured for Service*. Berikut merupakan Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 dimana spesimen yang telah mengering catnya secara sempurna.



Gambar 4.11 Hasil Proses *Coating*



Gambar 4.12 Contoh Satu Sampel Kode AB1 Hasil *Coating*

4.9 Pengukuran *Dry Film Thickness* (DFT)

Pengukuran DFT dapat dilakukan setelah cat telah mengering sempurna sesuai *Technical Data Sheet*. Pengukuran dilakukan pada tiga titik tiap spesimen dan dihitung nilai rata-ratanya. Ketebalan DFT yang diinginkan yaitu 100 μm . Namun, sangat sulit untuk mendapatkan nilai ketebalan akurat sehingga terjadi perbedaan nilai di semua titik. Berikut merupakan hasil pengukuran DFT yang dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 di bawah.

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran DFT Spesimen Adhesi

Kode Spesimen	DFT (μm)			Rata-rata
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	
AB1	92	98	98	96,00
AB2	104	96	102	100,67
AB3	104	94	88	95,33
AS1	98	94	98	96,67
AS2	104	96	109	103,00
AS3	104	102	94	100,00
AD1	98	96	98	97,33
AD2	114	104	102	106,67
AD3	98	94	102	98,00
AT1	88	104	96	96,00
AT2	92	102	102	98,67
AT3	96	98	90	94,67

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran DFT Spesimen Laju Korosi

Kode Spesimen	DFT (μm)			Rata-rata
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	
CB1	98	102	90	96,67
CB2	114	102	106	107,33
CB3	88	102	98	96,00
CS1	108	108	94	103,33
CS2	104	104	102	103,33
CS3	102	96	94	97,33
CD1	102	106	102	103,33
CD2	104	96	98	99,33
CD3	96	102	92	96,67
CT1	98	110	90	99,33
CT2	98	98	112	102,67
CT3	102	94	98	98,00

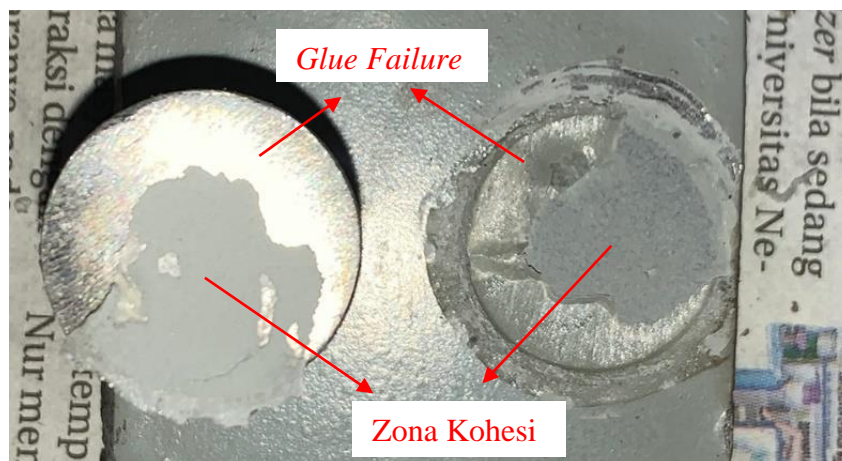
4.10 Hasil Pengujian Daya Lekat (Adhesi)

Pengujian adhesi dilakukan untuk mengetahui pengaruh komposisi campuran material abrasif terhadap kekuatan daya lekat cat *coating* dan pengerjaannya setelah proses pengukuran DFT (*Dry Film Thickness*). Pengujian adhesi dilakukan dengan metode *pull-off test* yang mengacu standar ASTM D4541 "*Standard Test Method for Pull-off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers*". Spesimen yang diuji berjumlah 12 buah dan setiap spesimen ditempelkan 3 dolly dengan menggunakan lem *epoxy* araldite, kemudian ditunggu hingga kering selama 1x24 jam. Tujuannya agar lem dapat kering secara sempurna. Kemudian dolly tersebut ditarik menggunakan *portable adhesion tester*. Gambar 4.13 menunjukkan spesimen yang telah dipasang *Dolly* dan mengering secara sempurna. Berikut merupakan hasil pengujian daya lekat cat (adhesi) dapat dilihat pada Tabel 4.7 di bawah.



Gambar 4.13 Spesimen yang telah dipasang *Dolly*

Alat *portable adhesion tester* akan membaca nilai daya lekat cat yang ditarik dari *dolly*. Satuan yang akan ditampilkan dalam bentuk Megapascal (MPa). Hasil penarikan pada *dolly* juga akan dilakukan perhitungan mengenai luasan zona kegagalan *glue*, zona adhesif, dan zona kohesi. Zona adhesif adalah ikatan cat terkelupas hingga sampai terlihat permukaan substrat. Zona kohesi merupakan keadaan dimana ikatan cat tidak terlepas dari substratnya. Sedangkan zona *glue failure* ialah keadaan dimana kegagalan lem yang tidak mengering sempurna pada substrat. Kegagalan pada *pull-off* yang hanya menghasilkan zona adhesif tidak akan terjadi pada sistem lapisan substrat (Momber, 2008). Pada pengujian daya lekat cat ini, tidak ditemukan kegagalan pada zona adhesif sehingga dapat dikatakan bahwa ikatan cat dengan substrat sangat kuat. Kegagalan *pull-off* dapat dilihat pada Gambar 4.14 di bawah.



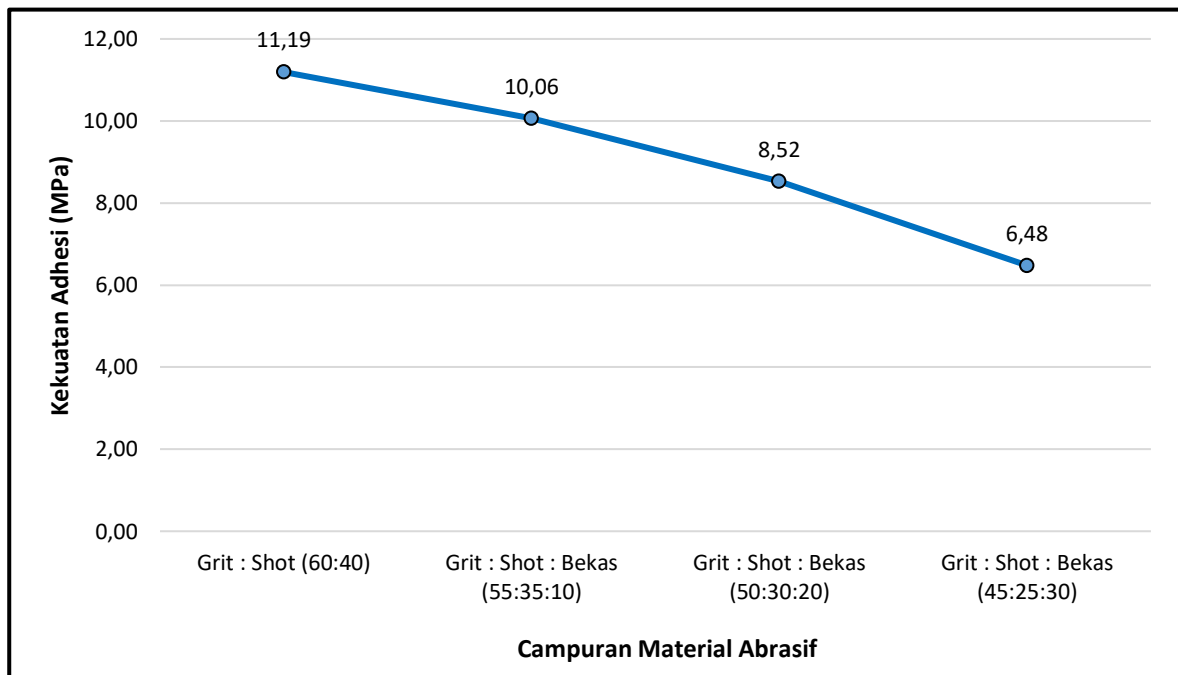
Gambar 4.14 Zona Kegagalan pada *Pull-Off Test*

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Adhesi

Material Abrasif	Kode Spesimen		Adhesi (%)	Kohesi (%)	Glue Failure (%)	Uji Adhesi (MPa)	Rata-rata (MPa)	Rata-rata akhir (MPa)
<i>Grit : Shot (60:40)</i>	AB1	Titik 1	0	70	30	11,24	11,31	11,19
		Titik 2	0	15	85	11,24		
		Titik 3	0	85	15	11,45		
	AB2	Titik 1	0	40	60	11,54	11,18	
		Titik 2	0	60	40	11,2		
		Titik 3	0	45	55	10,81		
	AB3	Titik 1	0	90	10	11,12	11,08	
		Titik 2	0	90	10	11,35		
		Titik 3	0	90	10	10,78		
<i>Grit : Shot : Bekas (55:35:10)</i>	AS1	Titik 1	0	90	10	10,36	10,05	10,06
		Titik 2	0	85	15	10,42		
		Titik 3	0	95	5	9,38		
	AS2	Titik 1	0	95	5	10,44	10,28	
		Titik 2	0	95	5	9,69		
		Titik 3	0	85	15	10,7		
	AS3	Titik 1	0	10	90	9,48	9,86	
		Titik 2	0	70	30	9,76		
		Titik 3	0	55	45	10,35		
<i>Grit : Shot : Bekas (50:30:20)</i>	AD1	Titik 1	0	85	15	8,92	8,56	8,52
		Titik 2	0	80	20	8,35		
		Titik 3	0	95	5	8,41		
	AD2	Titik 1	0	70	30	8,38	8,53	
		Titik 2	0	75	25	8,17		
		Titik 3	0	95	5	9,05		
	AD3	Titik 1	0	90	10	8,37	8,48	
		Titik 2	0	80	20	8,86		
		Titik 3	0	70	30	8,21		
<i>Grit : Shot : Bekas (45:25:30)</i>	AT1	Titik 1	0	90	10	5,7	6,20	6,48
		Titik 2	0	60	40	4,72		
		Titik 3	0	90	10	8,17		
	AT2	Titik 1	0	90	10	6,74	6,41	
		Titik 2	0	50	50	5,81		
		Titik 3	0	95	5	6,67		
	AT3	Titik 1	0	90	10	8,04	6,84	
		Titik 2	0	95	5	6,32		
		Titik 3	0	80	20	6,15		

Pada LAMPIRAN C menunjukkan semua spesimen yang telah dilakukan uji daya lekat cat (adhesi).

Berdasarkan Tabel 4.7 di atas dapat dilihat perbedaan nilai adhesi tiap tiap variasi komposisi campuran. Nilai adhesi tertinggi terletak pada material abrasif komposisi campuran baru *steel grit* dan *steel shot* (60:40) dengan nilai rata-rata kekuatan daya lekat 11,19 MPa. Kemudian disusul dengan material abrasif komposisi campuran *steel grit*, *steel shot*, dan material abrasif bekas 10% (55:35:10) dengan nilai rata-rata kekuatan daya lekat cat 10,06 MPa dan material abrasif komposisi campuran *steel grit*, *steel shot*, dan material abrasif bekas 20% (50:30:20) dengan nilai rata-rata kekuatan daya lekat cat 8,52 MPa. Sedangkan nilai adhesi terkecil terletak pada material abrasif komposisi campuran *steel grit*, *steel shot*, dan material abrasif bekas 30% (45:25:30) dengan nilai rata-rata kekuatan daya lekat cat 6,48 MPa. Terlihat bahwa nilai adhesi mengalami penurunan secara signifikan sesuai dengan penambahan material abrasif bekas. Meskipun terjadi penurunan nilai, semua variasi campuran material abrasif baru dan bekas memenuhi kekuatan adhesi (*pull-off test value*) minimum yang ditetapkan oleh standar ISO 12944-9 (2018) “*Paints and Varnishes—Corrosion Protection of Steel Structures by Protective Paint Systems—Part 9: Protective Paint Systems and Laboratory Performance Test Methods for Offshore and Related Structures*” yaitu di atas 5 MPa. Grafik penurunan nilai adhesi dapat dilihat pada Gambar 4.15 di bawah.

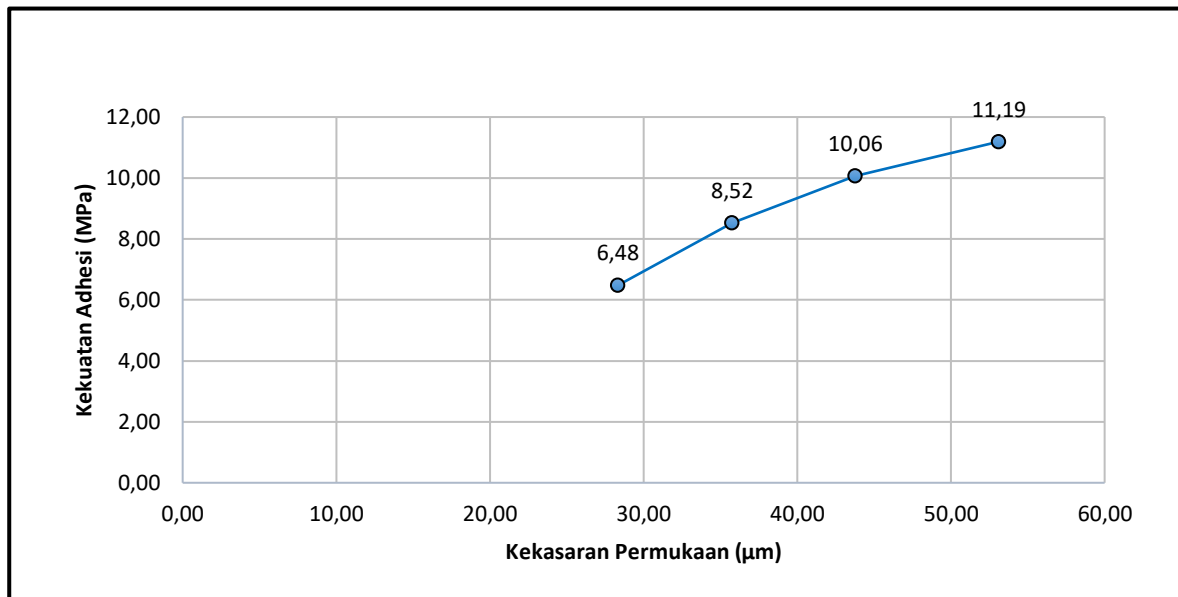


Gambar 4.15 Grafik Kekuatan Daya Lekat Cat

Terdapat hubungan antara nilai kekasaran permukaan dengan kekuatan daya lekat cat. Semakin tinggi nilai kekasaran permukaan akan menghasilkan kekuatan daya lekat cat yang tinggi. Permukaan spesimen yang halus akan kehilangan kekuatan mekanik untuk mengikat dengan cat yang melapisinya, sehingga mengurangi kekuatan daya lekat cat. Hal ini juga didukung oleh penelitian Prasetyo (2018) yang menyatakan berkurangnya tingkat kekasaran permukaan suatu spesimen maka nilai kekuatan adhesi yang dihasilkan juga cenderung menurun. Korelasi nilai kekasaran dengan nilai adhesi dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.16 di bawah.

Tabel 4.8 Hubungan Kekasaran Permukaan dan Kekuatan Daya Lekat Cat

Material Abrasif	Nilai Kekasaran (μm)	Nilai Adhesi (MPa)
<i>Grit : Shot (60:40)</i>	53,11	11,19
<i>Grit : Shot : Bekas (55:35:10)</i>	43,78	10,06
<i>Grit : Shot : Bekas (50:30:20)</i>	35,78	8,52
<i>Grit : Shot : Bekas (45:25:30)</i>	28,33	6,48



Gambar 4.16 Hubungan Kekasaran Permukaan dan Kekuatan Adhesi

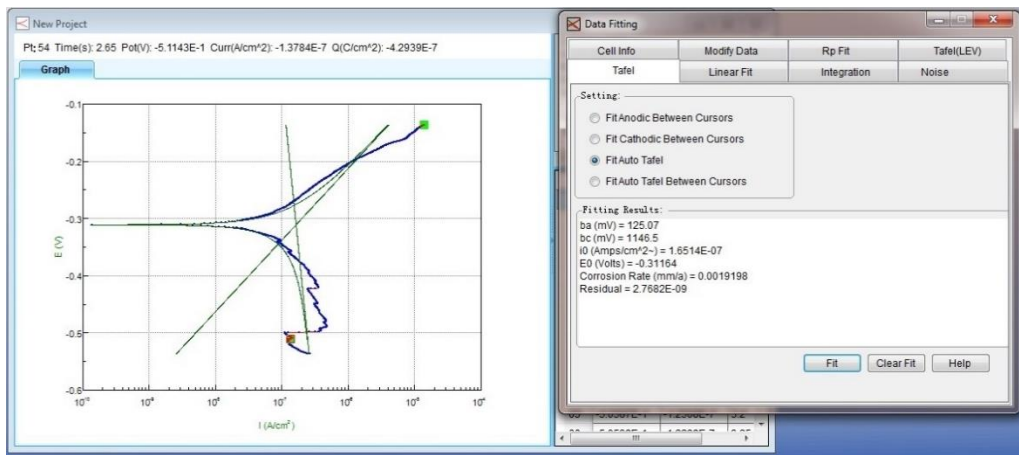
Dari Gambar 4.16 terdapat pola hubungan antara kekasaran permukaan dengan kekuatan adhesi. Pada nilai rata-rata akhir kekasaran permukaan 53,11 μm memiliki kekuatan adhesi 11,19 MPa untuk jenis variasi komposisi campuran material abrasif baru *steel grit* dan *steel shot* dengan perbandingan 60:40. Kemudian pola tersebut menurun tiap penambahan material abrasif bekas mulai dari 10%, 20%, 30%. Hal ini terlihat pada rata-rata akhir kekasaran permukaan 43,78 μm memiliki kekuatan adhesi 10,06 MPa, dilanjutkan rata-rata akhir kekasaran permukaan 35,78 μm memiliki kekuatan adhesi 8,52 MPa, dan rata-rata akhir kekasaran permukaan 28,33 μm memiliki kekuatan adhesi 6,48 MPa dengan penambahan material abrasif bekas 30% terhadap material abrasif baru. Pola penurunan ini membuktikan bahwa kekasaran permukaan memiliki peranan penting untuk mengikat komponen cat yang melekat di atas spesimen baja A36. Semakin tinggi nilai kekasaran sebuah permukaan spesimen akan membentuk kekuatan daya lekat cat yang tinggi. Begitu juga sebaliknya, semakin rendah nilai kekasaran sebuah permukaan spesimen akan memberikan kekuatan daya lekat cat yang lemah.

4.11 Hasil Pengujian Laju Korosi

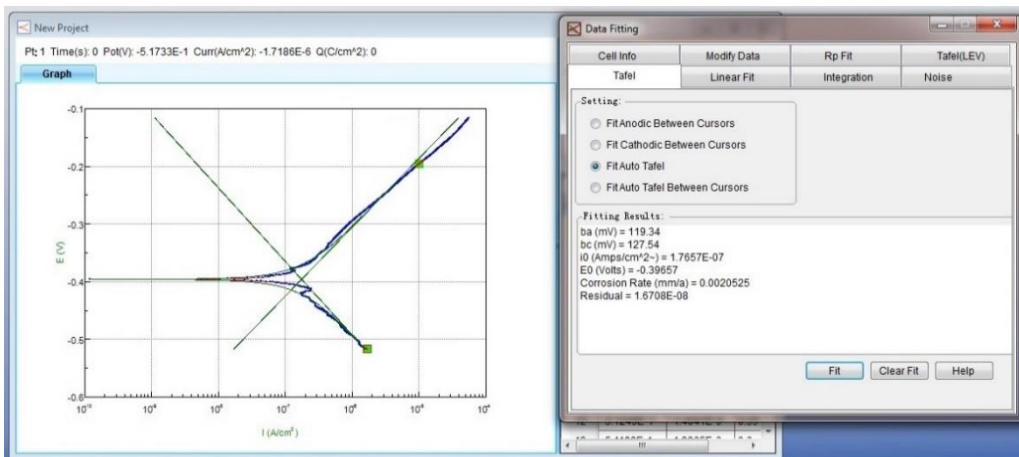
Pengujian laju korosi pada tiap-tiap spesimen menggunakan metode Sel Tiga Elektroda untuk mencari nilai laju korosi pada semua variasi *coating* hasil *blasting* beberapa campuran material abrasif dengan mengukur beda potensial material yang diuji. Beda potensial yang diukur terjadi antara material yang bertindak sebagai anoda dan material yang bertindak sebagai katoda. Elektroda yang digunakan terdiri dari 3 yaitu elektroda kerja (spesimen uji),

elektroda pembantu (platina), dan elektroda acuan (Ag/AgCl). Elektroda tersebut dicelupkan pada larutan elektrolit NaCl dengan kadar salinitas 3,5% yang dianggap sama dengan salinitas air laut pada kondisi lapangan. Alat pengujian laju korosi dilakukan dengan perangkat alat CorTest yang dihubungkan dengan *software* CS Studio 5. Metode pengujian laju korosi Sel Tiga Elektroda menggunakan acuan standar ASTM G-102 “*Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements*”.

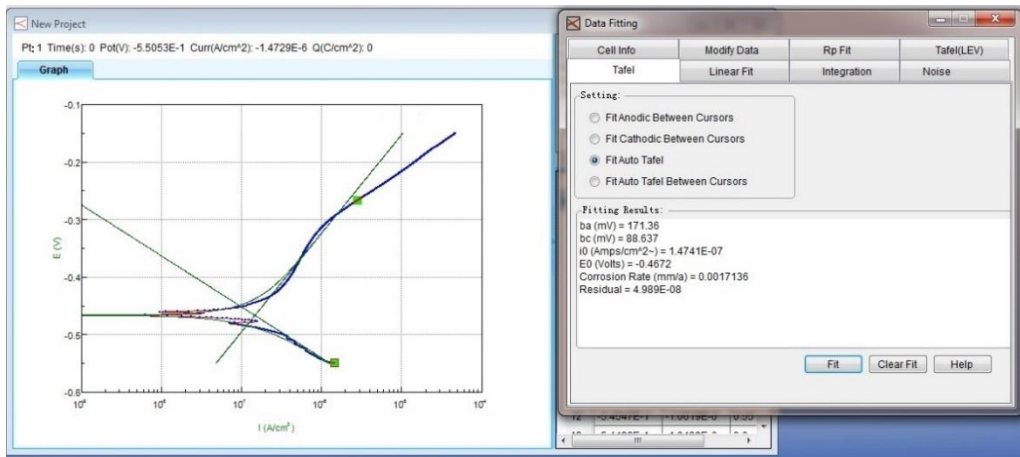
Parameter-parameter yang diterapkan pada perangkat lunak CS Studio 5 dalam pengujian laju korosi antara lain yaitu massa jenis baja ASTM A36 = 7,85 g/cm³, berat molekul = 27,9235 g, dan luas area spesimen yang tercelup dalam larutan = 8,75 cm². Keluaran hasil pengujian laju korosi akan berbentuk grafik *tafel* yang terdiri dari sumbu x berupa nilai kerapatan arus dan sumbu y berupa nilai potensial, dimana grafik linier antara ekstrapolarisasi anoda dan katoda akan membentuk pertemuan yang menunjukkan nilai I_{corr}. Berikut merupakan Gambar 4.17, Gambar 4.18, Gambar 4.19, Gambar 4.20 yang menunjukkan grafik *tafel* pengujian tiap variasi campuran material abrasif baru dan bekas yang bersumber dari perangkat lunak CS Studio 5.



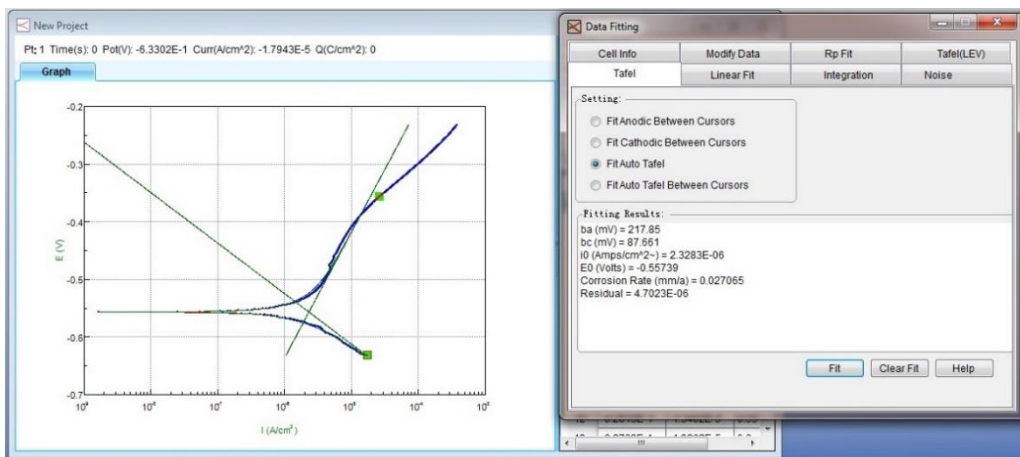
Gambar 4.17 Kurva *Tafel* spesimen CB1 dengan Campuran Material Abrasif Baru *Grit* dan *Shot* (60:40)



Gambar 4.18 Kurva *Tafel* spesimen CS1 dengan Campuran Material Abrasif Baru *Grit*, *Shot*, dan Bekas (55:35:10)



Gambar 4.19 Kurva *Tafel* spesimen CD1 dengan Campuran Material Abrasif Baru *Grit*, *Shot*, dan Bekas (50:30:20)



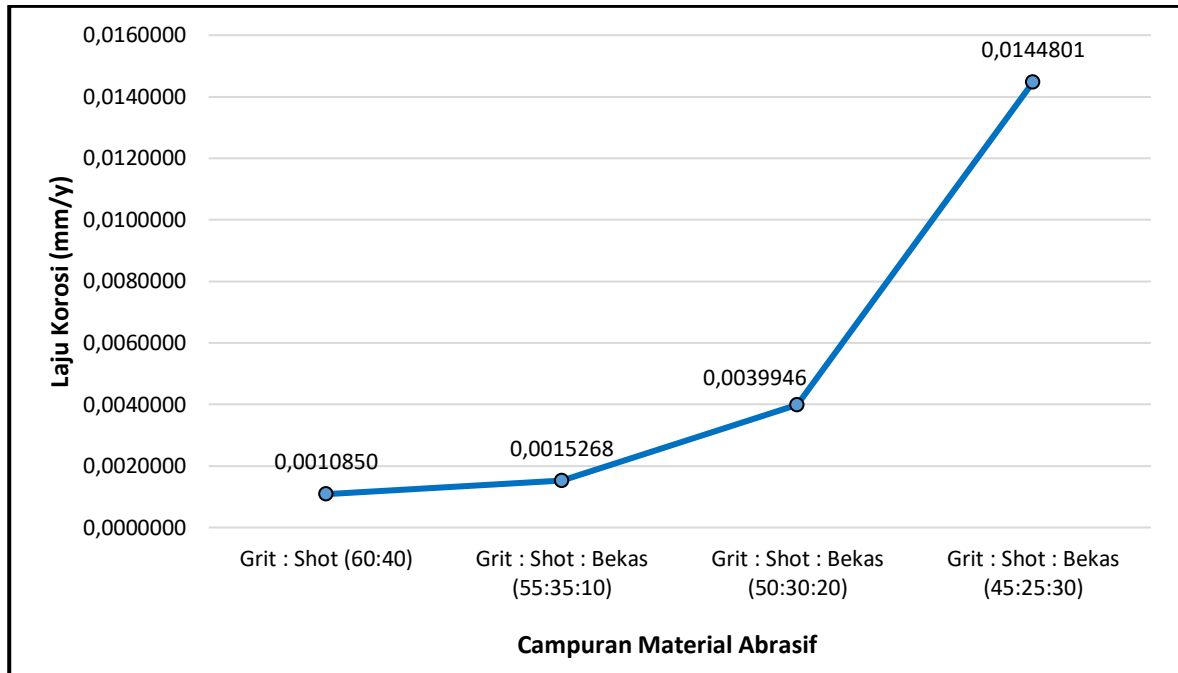
Gambar 4.20 Kurva *Tafel* spesimen CT1 dengan Campuran Material Abrasif Baru *Grit*, *Shot*, dan Bekas (45:25:30)

Berdasarkan empat sampel spesimen dengan masing masing variasi campuran material abrasif baru dan bekas terlihat bahwa spesimen akan tetap mengalami korosi walaupun telah diaplikasikan *coating*. Hal ini membuktikan bahwa material logam akan tetap terkorosi dan langkah yang dapat diterapkan hanyalah mengurangi laju penyebaran korosi tersebut. Laju penyebaran korosi bergantung terhadap kualitas dan metode pengaplikasian dari *coating*. LAMPIRAN D menunjukkan hasil proses uji laju korosi semua spesimen yang digambarkan dalam grafik *tafel*. Berikut merupakan hasil grafik *tafel* keseluruhan spesimen yang tertera pada Tabel 4.9 di bawah.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Laju Korosi

Material Abrasif	Kode Spesimen	Potensial (V)	Rata-rata Potensial (V)	Laju Korosi (mm/y)	Rata-rata Laju Korosi (mm/y)	Relative Corrosion Resistance (Fontana, 1987)
<i>Grit : Shot</i> (60:40)	CB1	-0,3116	-0,3551	0,0019198	0,0010850	<i>Outstanding</i>
	CB2	-0,3767		0,0007552		
	CB3	-0,3769		0,0005799		
<i>Grit : Shot : Bekas</i> (55:35:10)	CS1	-0,3966	-0,4109	0,0020525	0,0015268	<i>Outstanding</i>
	CS2	-0,4062		0,0011867		
	CS3	-0,4298		0,0013412		
<i>Grit : Shot : Bekas</i> (50:30:20)	CD1	-0,4672	-0,4536	0,0017132	0,0039946	<i>Outstanding</i>
	CD2	-0,4750		0,0040271		
	CD3	-0,4185		0,0062436		
<i>Grit : Shot : Bekas</i> (45:25:30)	CT1	-0,5574	-0,5011	0,0270650	0,0144801	<i>Outstanding</i>
	CT2	-0,5379		0,0083348		
	CT3	-0,4080		0,0080405		

Dapat dilihat pada Tabel 4.9 terdapat perbedaan nilai laju korosi tiap tiap variasi komposisi campuran material abrasif. Nilai laju korosi terendah (terbaik) terletak pada material abrasif komposisi campuran baru *steel grit* dan *steel shot* (60:40) dengan nilai rata-rata laju korosi sebesar 0,0010850 mm/y atau $1,08 \times 10^{-3}$ mm/y. Nilai laju korosi kemudian meningkat dimulai dari material abrasif dengan komposisi campuran *steel grit*, *steel shot*, dan material abrasif bekas 10% (55:35:10) dengan nilai rata-rata laju korosi sebesar 0,0015268 mm/y atau $1,53 \times 10^{-3}$ mm/y dan material abrasif komposisi campuran *steel grit*, *steel shot*, dan material abrasif bekas 20% (50:30:20) dengan nilai rata-rata laju korosi sebesar 0,0039946 mm/y atau $3,99 \times 10^{-3}$ mm/y. Sedangkan nilai laju korosi terbesar terletak pada material abrasif komposisi campuran *steel grit*, *steel shot*, dan material abrasif bekas 30% (45:25:30) dengan nilai rata-rata laju korosi sebesar 0,0144801 mm/y atau $1,45 \times 10^{-2}$ mm/y. Berdasarkan buku Fontana (1987), tiap-tiap variasi memiliki kategori tingkat ketahanan korosi “*Outstanding*” yang berada direntang $<0,02$ mm/y. Berikut merupakan grafik rata-rata nilai laju korosi tiap variasi komposisi campuran material abrasif baru dan bekas yang dapat dilihat pada Gambar 4.21 di bawah.



Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Nilai Laju Korosi

Ketebalan *coating* pada penelitian ini dilakukan penyamarataan untuk semua spesimen yaitu 100 μm , sehingga dapat diambil penjelasan bahwa nilai laju korosi hanya dipengaruhi oleh kekasaran permukaan. Terlihat bahwa pada Gambar 4.21 nilai laju korosi mengalami peningkatan secara signifikan sesuai dengan penambahan material abrasif bekas. Material abrasif baru dan bekas sangat memengaruhi hasil nilai kekasaran permukaan yang kemudian juga memengaruhi hasil laju korosi. Hal ini mendukung penelitian yang dilakukan Nugroho (2016) dan Hapsari (2020) yang menyatakan bahwa semakin tinggi nilai kekasaran material spesimen akan menghasilkan nilai laju korosi yang rendah. Material abrasif komposisi campuran baru *steel grit* dan *steel shot* (60:40) memiliki nilai laju korosi terendah yang menunjukkan bahwa komposisi campuran tersebut memiliki ketahanan korosi paling tinggi di lingkungan air laut. Kemudian kehadiran material abrasif *steel shot* juga memberikan efek ketahanan korosi pada baja ASTM A36. Basdeski dan Apostolopoulos (2022) dalam penelitiannya menyatakan *steel shot blasting* menghasilkan pembatasan jalur korosi pada baja. Selain itu, kekuatan adhesi juga memainkan peranan pada laju korosi. Adhesi atau kekuatan daya lekat cat yang rendah akan memberikan ketahanan cat yang rendah sehingga cat rentan terkelupas dan mudah untuk mengalami korosi. Hal ini didukung oleh Croll (2020) dalam penelitiannya menyebutkan permukaan material yang kasar akan memperlambat penyebaran korosi. *Coating* yang digunakan pada penelitian ini merupakan *Epoxy resin* yang memberikan ketahanan tinggi terhadap korosi. Verma dkk (2020) dalam penelitiannya menjabarkan bahwa *coating* dengan bahan utama resin akan memberikan ketahanan korosi jangka panjang (*long-term*) dibandingkan organik *coating*. Ketahanan korosi pada *epoxy resin* diakibatkan oleh cat yang dapat mudah menyerap dengan baja karbon rendah dan mampu memberikan cakupan permukaan yang lebih baik dan efek anti korosi daripada *coating* organik sederhana.

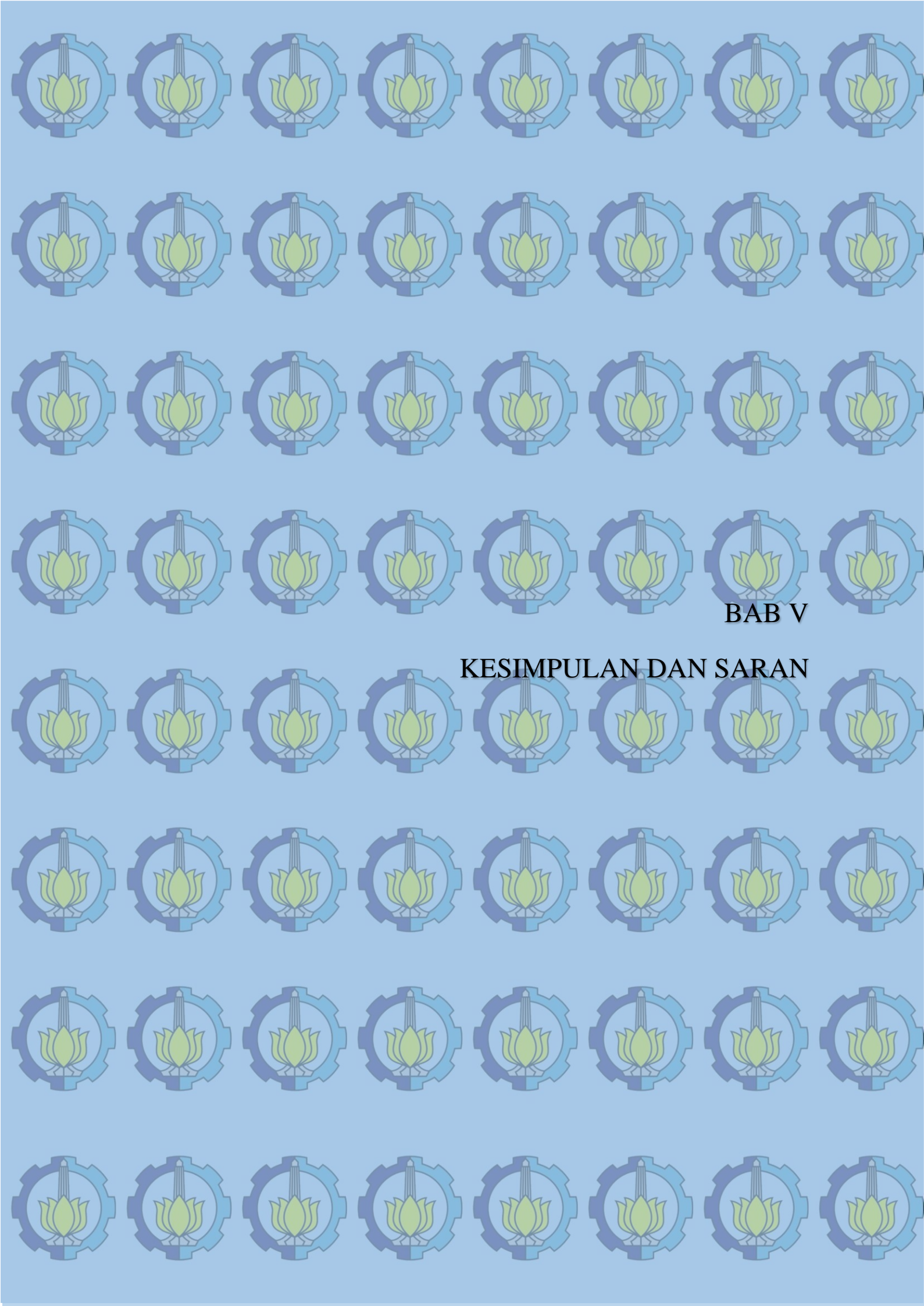
4.12 Pemilihan Komposisi Campuran Material Abrasif

Berdasarkan pengujian kekuatan daya lekat cat (adhesi) dan pengujian laju korosi, maka didapatkan data hasil akhir komposisi campuran material abrasif baru dan bekas seperti yang tertera pada Tabel 4.10 di bawah.

Tabel 4.10 Data Hasil Pengujian

Material Abrasif	Nilai Adhesi (MPa)	Nilai Laju Korosi (mm/y)
<i>Grit : Shot (60:40)</i>	11,19	0,0010850
<i>Grit : Shot : Bekas (55:35:10)</i>	10,06	0,0015268
<i>Grit : Shot : Bekas (50:30:20)</i>	8,52	0,0039946
<i>Grit : Shot : Bekas (45:25:30)</i>	6,48	0,0144801

Hasil pengujian kekuatan daya lekat cat (adhesi) dan laju korosi seperti pada Tabel 4.10 di atas menunjukkan bahwa campuran material abrasif baru *Grit : Shot (60:40)* memiliki nilai adhesi tertinggi dan nilai laju korosi terendah, sehingga menjadi pilihan optimal sebagai campuran material abrasif pada proses *sandblasting*. Namun, penambahan material abrasif bekas sebanyak 10% terhadap berat total *steel grit* dan *steel shot* menjadi pilihan alternatif untuk mengurangi penggunaan material abrasif sekali pakai. Terlihat bahwa nilai adhesi dan nilai laju korosi material abrasif bekas dengan komposisi 10% memiliki hasil yang tidak jauh berbeda dengan komposisi penuh material abrasif baru. Kualitas *coating* yang dihasilkan akan mendekati kualitas *coating* material abrasif baru dan tahan untuk beroperasi di lingkungan air laut.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan mengenai pengaruh material abrasif baru dan bekas (*re-use*) dengan komposisi campuran pada proses *sandblasting* baja ASTM A36 terhadap daya lekat cat dan laju korosi, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

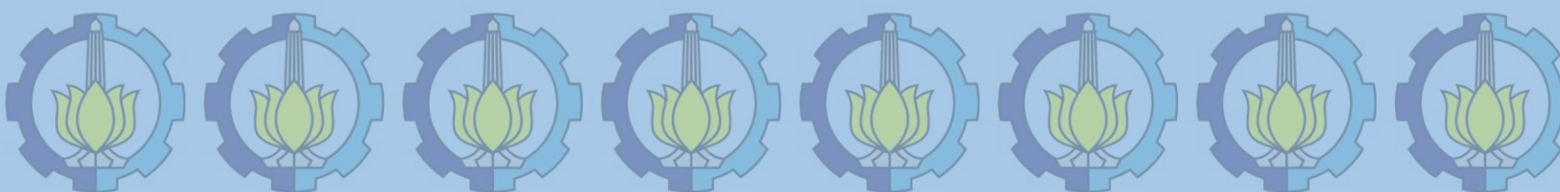
1. Hasil pengukuran kekasaran permukaan spesimen baja ASTM A36 hasil *sandblasting* menunjukkan bahwa campuran material abrasif baru *steel grit* dan *steel shot* (60:40) memiliki tingkat kekasaran tertinggi yaitu 53,11 μm , sedangkan tingkat kekasaran terendah ditemukan pada campuran material abrasif baru *steel grit*, *steel shot*, dan material abrasif bekas (45:25:30) yaitu 28,33 μm . Tingkat kekasaran permukaan mengalami penurunan seiring penambahan material abrasif bekas yang menunjukkan bahwa campuran material abrasif baru menjadi pilihan optimal. Tingkat kekasaran permukaan juga dipengaruhi oleh diameter partikel material abrasif *steel grit* G40 dengan ukuran 0,7 mm dan *steel shot* S330 dengan ukuran 1,0 mm yang menghasilkan tingkat kekasaran rendah akibat penebaran ukuran diameter kedua material abrasif.
2. Hasil pengujian daya lekat cat (adhesi) dengan metode *Pull-Off Strength* pada spesimen baja ASTM A36 hasil *sandblasting* menunjukkan bahwa campuran material abrasif baru *steel grit* dan *steel shot* (60:40) memiliki nilai kekuatan daya lekat cat (adhesi) tertinggi yaitu 11,19 MPa, sedangkan nilai kekuatan daya lekat cat (adhesi) terendah ditemukan pada campuran material abrasif baru *steel grit*, *steel shot*, dan material abrasif bekas (45:25:30) yaitu 6,48 MPa. Kekuatan daya lekat cat mengalami penurunan seiring bertambahnya material abrasif bekas yang akan mengakibatkan permukaan spesimen menjadi lebih halus sehingga kehilangan kekuatan untuk mengikat antara permukaan substrat dan cat yang melapisinya. Keseluruhan hasil daya lekat cat untuk semua variasi melebihi standar ISO 12944-9 yaitu di atas minimum 5 MPa.
3. Hasil pengujian laju korosi dengan metode Sel Tiga Elektroda pada spesimen baja ASTM A36 hasil *sandblasting* menunjukkan bahwa campuran material abrasif baru *steel grit* dan *steel shot* (60:40) memiliki nilai laju korosi terendah (terbaik) yaitu 0,0010850 mm/y, sedangkan nilai laju korosi tertinggi terdapat pada campuran material abrasif baru *steel grit*, *steel shot*, dan material abrasif bekas (45:25:30) yaitu 0,0144801 mm/y. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan campuran material abrasif bekas akan mengakibatkan nilai laju korosi menjadi tinggi.

5.2 Saran

Dalam penelitian berikutnya, penulis menyarankan beberapa topik untuk melengkapi hasil penelitian yang telah penulis selesaikan yaitu diantaranya:

1. Melakukan penelitian mengenai komposisi campuran material abrasif baru *steel grit* dan *steel shot* untuk mengetahui komposisi campuran material abrasif baru yang memiliki tingkat kekasaran tinggi, kekuatan adhesi tinggi, dan ketahanan laju korosi yang rendah.
2. Melakukan penelitian mengenai pengaruh ukuran diameter material abrasif terhadap komposisi campuran *steel grit* dan *steel shot*.
3. Menambahkan perbandingan antara kualitas *coating epoxy penguard primer* dengan variasi *epoxy primer* yang lain dalam penelitian penggunaan material abrasif bekas.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA



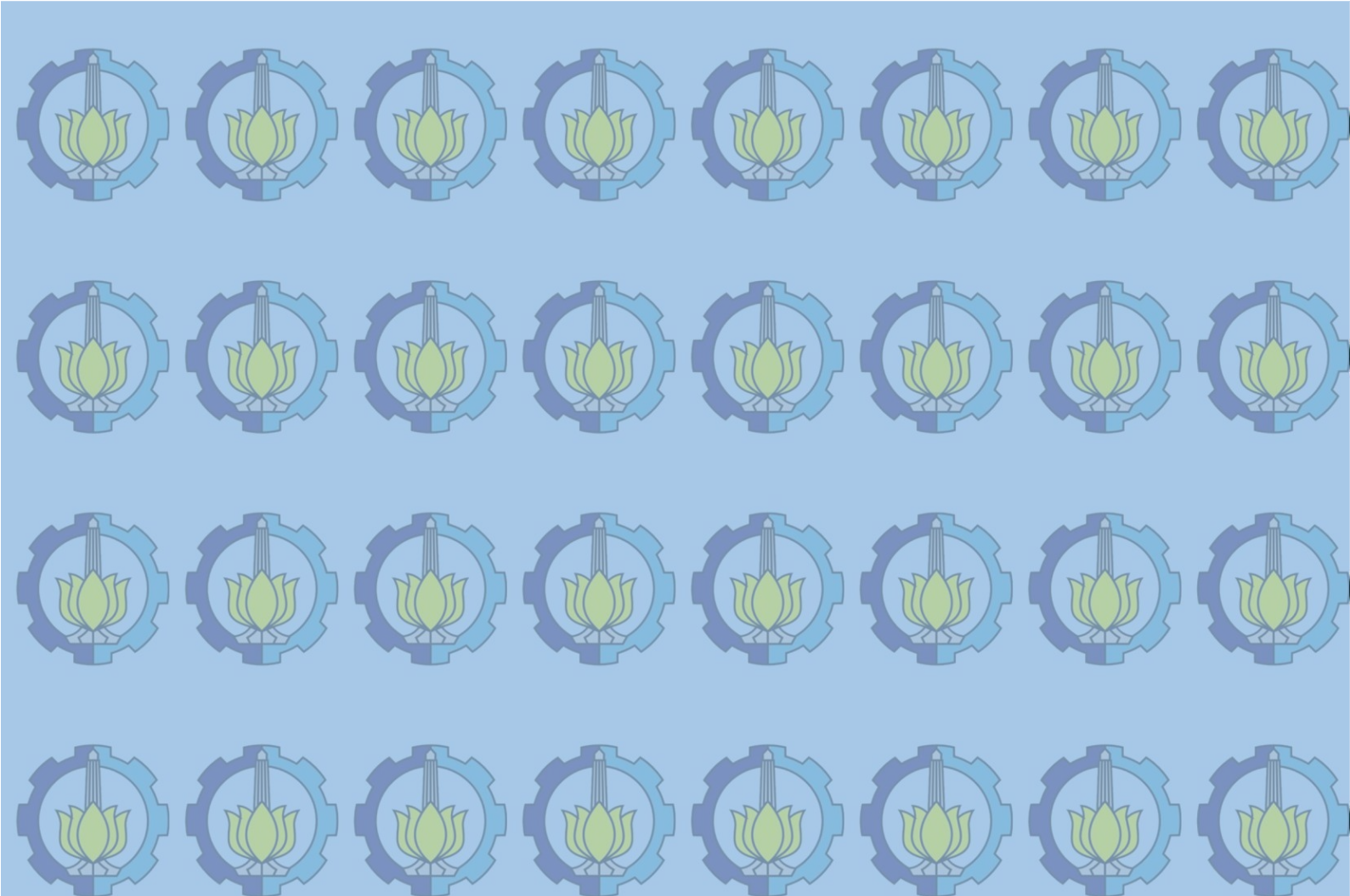
DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Ashari, R., Budianto, E., Herdiansyah, H., Karuniasa, M., & Saragi, P. A. (2018). Minimize the impact of waste pollution in ship repair processes to Improving Shipyard Industrial Infrastructure Sustainability. *E3S Web of Conferences*, 73, 4–7. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20187308006>
- ASM. (1993). *Metals Reference Book*. ASM International.
- ASTM A36. (2012). *Standard Specification for Carbon Structural Steel*. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/A0036>
- ASTM D4414-95. (1996). *Standard Practice for Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages 1*. ASTM International.
- ASTM D4417-11. (2002). *Standard Test Methods for Field Measurement of Surface Profile of Blast Cleaned Steel*. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/D4417-11.3>
- ASTM D4541-02. (1995). *Standard Test Methods for Pull-Off Strength of Coating Using Portable Adhesion Testers*. ASTM International.
- ASTM E376-06. (2006). *Standard Practice for Measuring Coating Thickness by Magnetic-Field or Eddy- Current (Electromagnetic) Examination Methods*. ASTM International.
- ASTM G102. (1994). *Standard Practice for Calculation of Information from Electrochemical Corrosion Rates and Related Measurements*. ASTM International.
- Azis, M. F. (2017). *Analisa Pengaruh Material Abrasif Pada Proses Blasting Terhadap Kualitas Coating Epoxy*. Tugas Akhir. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Bangun, W. P. (2017). Pengaruh Waktu Dan Ukuran Partikel Dry Sandblasting Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Baja Karbon Sedang. *Jurnal Ilmiah TEKNIK DESAIN MEKANIKA*, 6(1), 138–141.
- Bardal, E. (2004). *Corrosion and Protection*. Springer-Verlag London Ltd.
- Basdeki, M., & Apostolopoulos, C. (2022). The Effect of Shot Blasting Process on Mechanical Properties and Anti-Corrosive Behavior of Steel Reinforcement. *Metals*, 12(275), 1–16. <https://doi.org/10.3390/met12020275>
- Bundjali, B. (2006). Pelarutan Besi Selektif pada Korosi Baja Karbon dalam Larutan Buffer Asetat, Natrium Bikarbonat - CO₂ Jenuh. *ITB Journal of Sciences*, 38(2), 149–161. <https://doi.org/10.5614/itbj.sci.2006.38.2.5>
- Chandler, K. A. (1985). *Marine and Offshore Corrosion*. Butterworth & Co Ltd Publisher. <https://doi.org/10.1179/000705985798272777>
- Croll, S. G. (2020). Surface roughness profile and its effect on coating adhesion and corrosion protection: A review. *Progress in Organic Coatings*, 148(April). <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.105847>

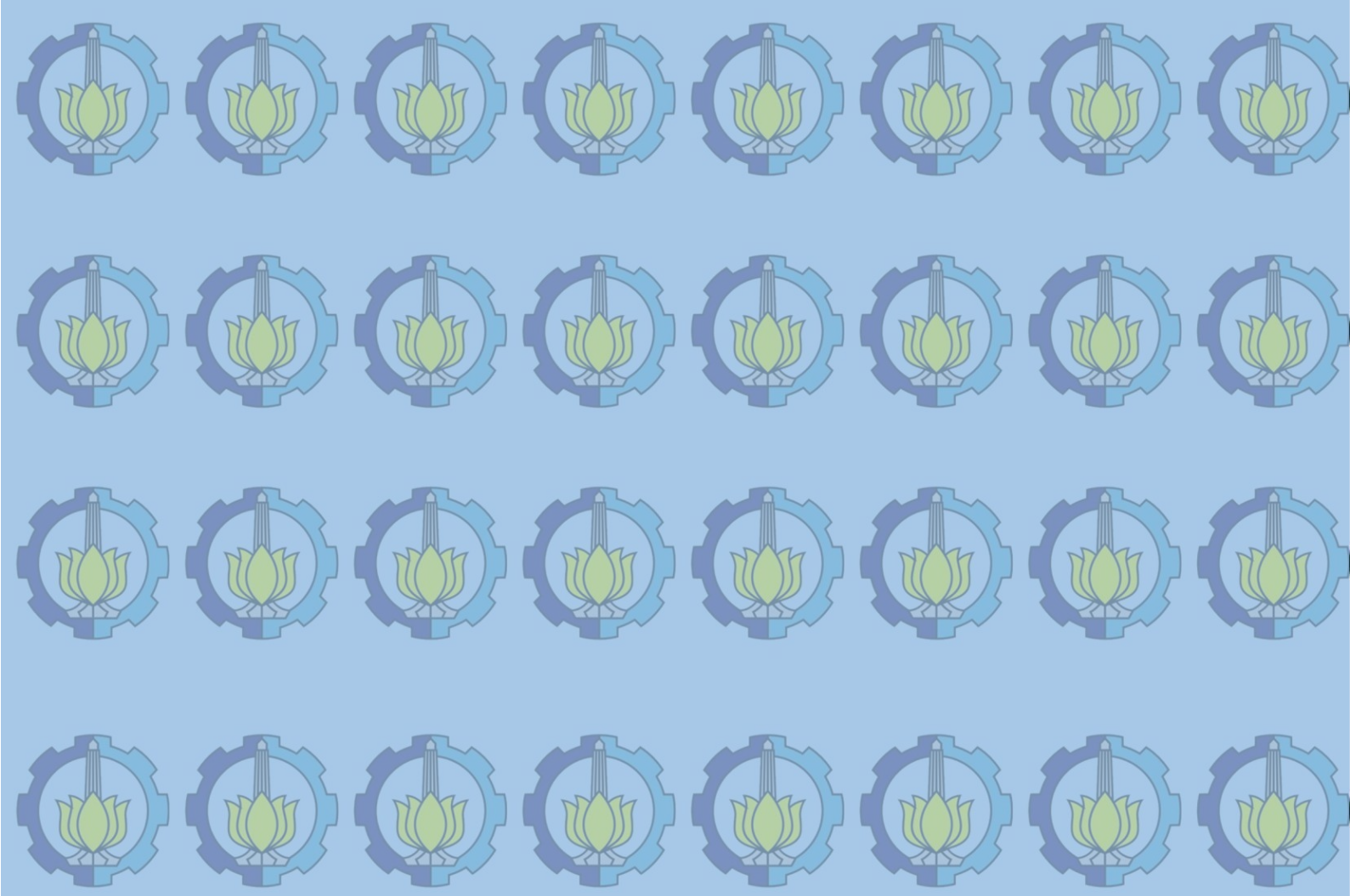
- Daerobi, A. (2012). *Pengaruh Korosi Atmosfer Lingkungan Air Laut Terhadap Disain Ketebalan Pipa Penyalur Dengan Metoda Pipeline Risk Management*. Universitas Indonesia.
- Davis, J. R. (2000). *Corrosion: Understanding the Basics*. ASM International. <https://doi.org/10.5860/choice.37-6294>
- Ding, L., Torbati-Sarraf, H., & Poursaee, A. (2018). The influence of the sandblasting as a surface mechanical attrition treatment on the electrochemical behavior of carbon steel in different pH solutions. *Surface and Coatings Technology*, 352, 112–119. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.08.013>
- Finšgar, M., & Jackson, J. (2014). Application of corrosion inhibitors for steels in acidic media for the oil and gas industry: A review. *Corrosion Science*, 86, 17–41. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2014.04.044>
- Fontana, M. G. (1987). *Corrosion Engineering International Edition*. McGraw-Hill Book Company.
- Garcia-Arriaga, V., Alvarez-Ramirez, J., Amaya, M., & Sosa, E. (2010). H₂S and O₂ influence on the corrosion of carbon steel immersed in a solution containing 3M diethanolamine. *Corrosion Science*, 52(7), 2268–2279. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2010.03.016>
- Germanischer Lloyd AG. (2010). *Rules for Classification and Construction*. Germanischer Lloyd AG.
- Hapsari, F. W. (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. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Harris, A. F., & Beevers, A. (1999). The effects of grit-blasting on surface properties for adhesion. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 19, 445–452.
- Hudson, R. (1982). *Surface Preparation for Coating*. National Physical Laboratory.
- Islam, T., & Rashed, H. M. M. A. (2019). Classification and Application of Plain Carbon Steels. In *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering* (Issue January 2019). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.10268-1>
- ISO 12944-9. (2018). *Paints and Varnishes—Corrosion Protection of Steel Structures by Protective Paint Systems—Part 9: Protective Paint Systems and Laboratory Performance Test Methods for Offshore and Related Structures*. International Organization for Standardization.
- ISO 8501. (2011). *Corrosion Protection of Steel Structures by Painting*. International Organization for Standardization.
- ISO 8502-3. (1992). *Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Tests for the assessment of surface cleanliness - Part 3: Assessment of dust on steel surfaces prepared painting (pressure-sensitive tape method)*. International Organization for Standardization.
- Ispandriatno, A. S., & Krisnaputra, R. (2015). Ketahanan Korosi Baja Ringan di Lingkungan

- Air Laut. *Jurnal Material Dan Teknologi Proses*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.22146/jmtp.v1i1.12253>
- JOTUN Penguard Primer. (2021). *Technical Data Sheet - Jotun Penguard Primer Epoxy*.
- Kambham, K., Sangameswaran, S., Datar, S. R., & Kura, B. (2007). Copper slag: optimization of productivity and consumption for cleaner production in dry abrasive blasting. *Journal of Cleaner Production*, 15(5), 465–473. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.11.024>
- Khorasanizadeh, S. (2010). *The Effects of Shot and Grit Blasting Process Parameters on Steel Pipes Coating Adhesion*. 4(6), 513–521.
- Kim, A., Kainuma, S., & Yang, M. (2021). Surface characteristics and corrosion behavior of carbon steel treated by abrasive blasting. *Metals*, 11(12), 1–21. <https://doi.org/10.3390/met11122065>
- Leidheiser, H., Musić, S., & McIntyre, J. F. (1984). The improved corrosion resistance of steel in water after abrasive blasting with alumina. *Corrosion Science*, 24(3), 197–201. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0010-938X\(84\)90050-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0010-938X(84)90050-7)
- Materials Technology Institute. (2012). Temperature and Corrosion Rate - More Complex Than You Think. *Technical Awareness Bulletin*.
- Mayer, P., Dmitruk, A., & Kaczmar, J. W. (2021). Adhesion of functional layers based on epoxy and polyurethane resins for aluminum substrate. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 109, 102899. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2021.102899>
- Momber, A. (2008). *Blast cleaning technology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-73645-5>
- Muslimin, M., & Muhamad, A. M. (2018). Penggunaan Steel Grit G25 Pada Sandblasting Baja Karbon Rendah JIS-G3101-SS400. *Jurnal POLITEKNOLOGI*, 17(3), 251–258. <https://doi.org/10.32722/pt.v17i3.1266>
- Nešić, S., & Lee, K. L. J. (2003). A Mechanistic Model for Carbon Dioxide Corrosion of Mild Steel in the Presence of Protective Iron Carbonate Films - Part 3: Film Growth Model. *Corrosion Science Section*, 59(7), 616–628. <https://doi.org/10.5006/1.3277592>
- 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.
- Parashar, S., & Parashar, A. kumar. (2015). Presurface Treatment of All Materials by Sandblasting. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, 2(1), 38–43.
- Petrova, L., Demin, P., Kolenko, N., & Luzhnov, Y. (2021). Increasing the reliability of low-carbon cold-resistant steel elements by diffusion zinc coating methods. *Transportation Research Procedia*, 57, 421–429. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.069>
- Prasetyo, G. (2018). *Analisis Kekuatan Adhesif dan Ketahanan Cathodic Disbonding Pada Baja ASTM A36 dengan Variasi Jenis Material Abrasif*. Tugas Akhir. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Qi, C., Weinell, C. E., Dam-Johansen, K., & Wu, H. (2021). A review of blasting waste generation and management in the ship repair industry. *Journal of Environmental Management*, 300(August), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113714>
- SSPC-SP. (2004). *SURFACE PREPARATION SPECIFICATIONS: Surface Preparation Commentary for Steel and Concrete Substrates*. SSPC.
- Toshal, K., Lu, J., Guelorget, B., & Nagashima, E. (2005). Shot Peening and Grit Blasting - Effects on Surface Integrity-. *Icsp9: Shot Peening*, 400–405.
- Trethewey, K. R., & Chamberlain, J. (1988). *Corrosion for Students of Science and Engineering*. Longman Group UK Limited.
- Verma, C., Olasunkanmi, L. O., Akpan, E. D., Quraishi, M. A., Dagdag, O., El Gouri, M., Sherif, E. S. M., & Ebenso, E. E. (2020). Epoxy resins as anticorrosive polymeric materials: A review. *Reactive and Functional Polymers*, 156(104741), 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2020.104741>



LAMPIRAN



LAMPIRAN A

JADWAL KEGIATAN TUGAS AKHIR

Tabel A.1 Jadwal Kegiatan Tugas Akhir

No.	Nama kegiatan	Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli			
		Minggu ke				Minggu ke				Minggu ke				Minggu ke				Minggu ke				Minggu ke			
		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	Perumusan Masalah dan Persiapan Proposal																								
3	Sidang Proposal (P1)																								
4	Pengumpulan Material dan Bahan																								
5	Proses Penyiapan Material																								
6	Proses <i>Blasting</i>																								
7	Proses <i>Coating</i>																								
8	Proses Pengujian Adhesi																								
9	Sidang Kemajuan Progress (P2)																								
10	Pengujian Laju Korosi																								
11	Analisa Hasil dan Pembahasan																								
12	Sidang Akhir (P3)																								
13	Penyusunan Laporan																								
14	Pengumpulan Laporan																								

LAMPIRAN B

TECHNICAL DATA SHEET (TDS) CAT EPOXY

Penguard Primer

Product description

This is a two component, polyamide cured, high molecular weight epoxy coating. Designed as a primer for new construction. Can be used as primer as a part of a complete system in atmospheric and immersed environments. Suitable for properly prepared carbon steel, stainless steel, aluminium, concrete, galvanised steel, shop primed steel and thermally sprayed zinc substrates.

Typical use

Suitable for structural steel and piping to be exposed to corrosive environments up to very high and immersed. Recommended for offshore environments, refineries, power plants, bridges, buildings and mining equipment.

Approvals and certificates

When used as part of an approved scheme, this material has the following certification:

- Low Flame Spread in accordance with EU Directive for Marine Equipment. Approved in accordance with parts 5 and 2 of Annex 1 of IMO 2010 FTP Code, or Parts 5 and 2 of Annex 1 of IMO FTPC when in compliance with IMO 2010 FTP Code Ch. 8

- Grain, Newcastle Occupational Health

Consult your Jotun representative for details.

Additional certificates and approvals may be available on request.

Colours

grey, red

Product data

Property	Test/Standard	Description
Solids by volume	ISO 3233	51 ± 2 %
Gloss level (GU 60 °)	ISO 2813	matt (0-35)
Flash point	ISO 3679 Method 1	25 °C
Density	calculated	1.3 kg/l
VOC-US/Hong Kong	US EPA method 24 (tested) (CARB(SCM)2007, SCAQMD rule 1113, Hong Kong)	440 g/l
VOC-EU	IED (2010/75/EU) (theoretical)	456 g/l
VOC-China	GB/T 23985-2009 (tested)	415 g/l
VOC-Korea	Korea Clean Air Conservation Act (tested) (Max. thinning ratio included)	424 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.

This Technical Data Sheet supersedes those previously issued.

The Technical Data Sheet (TDS) is recommended to be read in conjunction with the Safety Data Sheet (SDS) and the Application Guide (AG) for this product. For your nearest local Jotun office, please visit our website at www.jotun.com

Gambar B.1 Technical Data Sheet Jotun Penguard Primer Halaman 1

Film thickness per coat

Typical recommended specification range

Dry film thickness	40 - 60 µm
Wet film thickness	80 - 120 µm
Theoretical spreading rate	12.8 - 8.5 m ² /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
Carbon steel	St 2 (ISO 8501-1)	Sa 2½ (ISO 8501-1)
Stainless steel	The surface shall be hand or machine abraded with non-metallic abrasives or bonded fibre machine or hand abrasive pads to impart a scratch pattern to the surface.	Abrasive blast cleaning to achieve a surface profile using non-metallic abrasive media which is suitable to achieve a sharp and angular surface profile.
Aluminium	The surface shall be hand or machine abraded with non-metallic abrasives or bonded fibre machine or hand abrasive pads to impart a scratch pattern to the surface.	Abrasive blast cleaning to achieve a surface profile using non-metallic abrasive media which is suitable to achieve a sharp and angular surface profile.
Galvanised steel	The surface shall be clean, dry and appear with a rough and dull profile.	Sweep blast-cleaning using non-metallic abrasive leaving a clean, rough and even pattern.
Shop primed steel	Dry, clean and intact shop primer.	Sweep blasted or alternatively blasted to Sa 2 (ISO 8501-1) of at least 70 % of the surface.
Coated surfaces	Clean, dry and undamaged compatible coating	Clean, dry and undamaged compatible coating
Concrete	Moisture content maximum 5 %. Mechanically prepare the existing concrete surface by scabbling, needle gun, mechanical disc grinding.	Minimum 4 weeks curing. Moisture content maximum 5 %. Prepare the surface by means of enclosed blast shot or diamond grinding and other appropriate means to abrade the surrounding concrete and to remove laitance.

Optimum performance, including adhesion, corrosion protection, heat resistance and chemical resistance is achieved with recommended surface preparation.

Application

Date of issue: 6 April 2021

Page: 2/5

This Technical Data Sheet supersedes those previously issued.

The Technical Data Sheet (TDS) is recommended to be read in conjunction with the Safety Data Sheet (SDS) and the Application Guide (AG) for this product. For your nearest local Jotun office, please visit our website at www.jotun.com

Gambar B.2 Technical Data Sheet Jotun Penguard Primer Halaman 2

Technical Data Sheet Penguard Primer



Application methods

The product can be applied by

- Spray: Use airless spray.
- Brush: Recommended for stripe coating and small areas. Care must be taken to achieve the specified dry film thickness.

Product mixing ratio (by volume)

Penguard Primer Comp A	4 part(s)
Penguard Comp B	1 part(s)

Thinner/Cleaning solvent

Thinner: Jotun Thinner No. 17

Guiding data for airless spray

Nozzle tip (inch/1000):	15-19
Pressure at nozzle (minimum):	150 bar/2100 psi

Drying and Curing time

Substrate temperature	10 °C	23 °C	40 °C
Surface (touch) dry	2 h	1 h	30 min
Walk-on-dry	14 h	6.5 h	3 h
Dry to over coat, minimum	8 h	4 h	3 h
Dried/cured for service	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.

Date of issue: 6 April 2021

Page: 3/5

This Technical Data Sheet supersedes those previously issued.

The Technical Data Sheet (TDS) is recommended to be read in conjunction with the Safety Data Sheet (SDS) and the Application Guide (AG) for this product. For your nearest local Jotun office, please visit our website at www.jotun.com

Gambar B.3 Technical Data Sheet Jotun Penguard Primer Halaman 3

Induction time and Pot life

Paint temperature	23 °C
Induction time	30 min
Pot life	8 h

Heat resistance

	Temperature	
	Continuous	Peak
Dry, atmospheric	120 °C	140 °C
Immersed, sea water	50 °C	60 °C

Peak temperature duration max. 1 hour.

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

Note that the coating will be resistant to various immersion temperatures depending on the specific chemical and whether immersion is constant or intermittent. Heat resistance is influenced by the total coating system. If used as part of a system, ensure all coatings in the system have similar heat resistance.

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, epoxy mastic, zinc epoxy, zinc silicate
Subsequent coat: acrylic, epoxy, polyurethane, polysiloxane

Packaging (typical)

	Volume (litres)	Size of containers (litres)
Penguard Primer Comp A	4/16	5/20
Penguard Comp B	1/4	1/5

The volume stated is for factory made colours. Note that local variants in pack size and filled volumes can vary due to local regulations.

Storage

The product must be stored in accordance with national regulations. Keep the containers in a dry, cool, well ventilated space and away from sources of heat and ignition. Containers must be kept tightly closed. Handle with care.

Technical Data Sheet

Penguard Primer



Shelf life at 23 °C

Penguard Primer Comp A	24 month(s)
Penguard Comp B	48 month(s)

In some markets commercial shelf life can be dictated shorter by local legislation. The above is minimum shelf life, thereafter the paint quality is subject to re-inspection.

Caution

This product is for professional use only. The applicators and operators shall be trained, experienced and have the capability and equipment to mix/stir and apply the coatings correctly and according to Jotun's technical documentation. Applicators and operators shall use appropriate personal protection equipment when using this product. This guideline is given based on the current knowledge of the product. Any suggested deviation to suit the site conditions shall be forwarded to the responsible Jotun representative for approval before commencing the work.

Health and safety

Please observe the precautionary notices displayed on the container. Use under well ventilated conditions. Do not inhale spray mist. Avoid skin contact. Spillage on the skin should immediately be removed with suitable cleanser, soap and water. Eyes should be well flushed with water and medical attention sought immediately.

Colour variation

When applicable, products primarily meant for use as primers or antifoulings may have slight colour variations from batch to batch. Such products and epoxy based products used as a finish coat may chalk when exposed to sunlight and weathering.

Colour and gloss retention on topcoats/finish coats may vary depending on type of colour, exposure environment such as temperature, UV intensity etc., application quality and generic type of paint. Contact your local Jotun office for further information.

Disclaimer

The information in this document is given to the best of Jotun's knowledge, based on laboratory testing and practical experience. Jotun's products are considered as semi-finished goods and as such, products are often used under conditions beyond Jotun's control. Jotun cannot guarantee anything but the quality of the product itself. Minor product variations may be implemented in order to comply with local requirements. Jotun reserves the right to change the given data without further notice.

Users should always consult Jotun for specific guidance on the general suitability of this product for their needs and specific application practices.

If there is any inconsistency between different language issues of this document, the English (United Kingdom) version will prevail.

Date of issue: 6 April 2021

Page: 5/5

This Technical Data Sheet supersedes those previously issued.

The Technical Data Sheet (TDS) is recommended to be read in conjunction with the Safety Data Sheet (SDS) and the Application Guide (AG) for this product. For your nearest local Jotun office, please visit our website at www.jotun.com

Gambar B.5 Technical Data Sheet Jotun Penguard Primer Halaman 5

LAMPIRAN C

HASIL PENGUJIAN DAYA LEKAT CAT (ADHESI)



Gambar C.1 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AB1



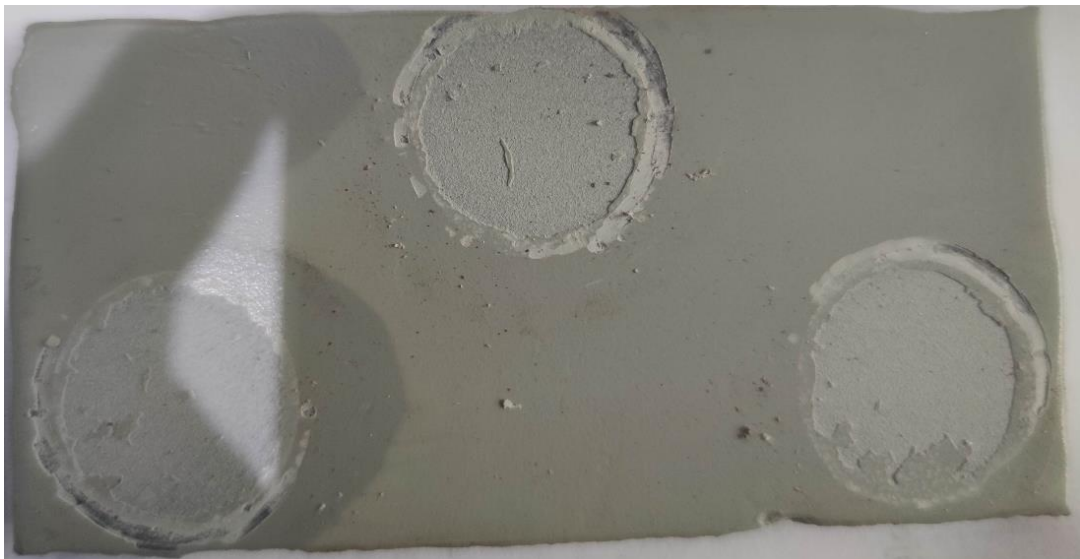
Gambar C.2 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AB2



Gambar C.3 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AB3



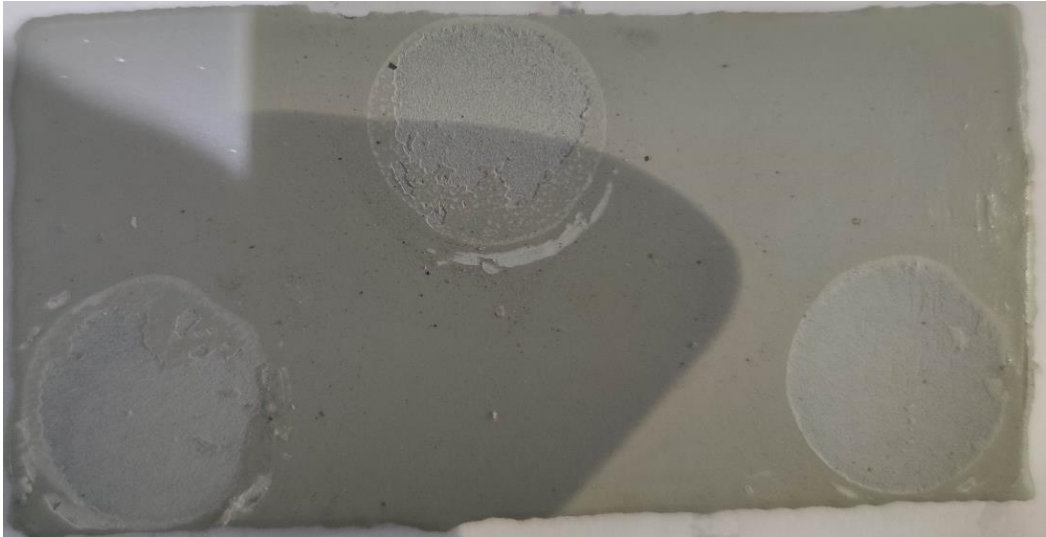
Gambar C.4 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AS1



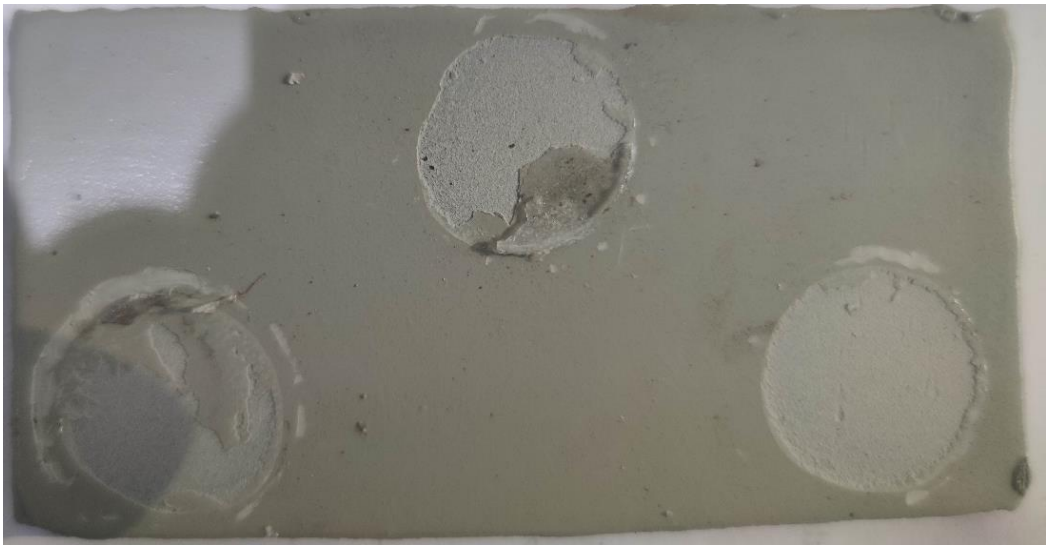
Gambar C.5 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AS2



Gambar C.6 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AS3



Gambar C.7 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AD1



Gambar C.8 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AD2



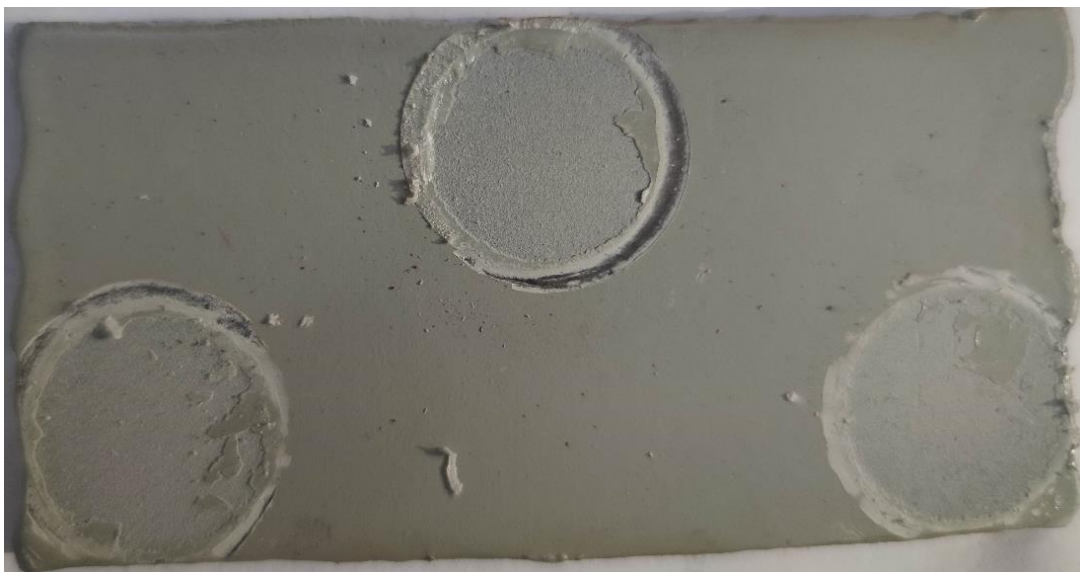
Gambar C.9 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AD3



Gambar C.10 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AT1



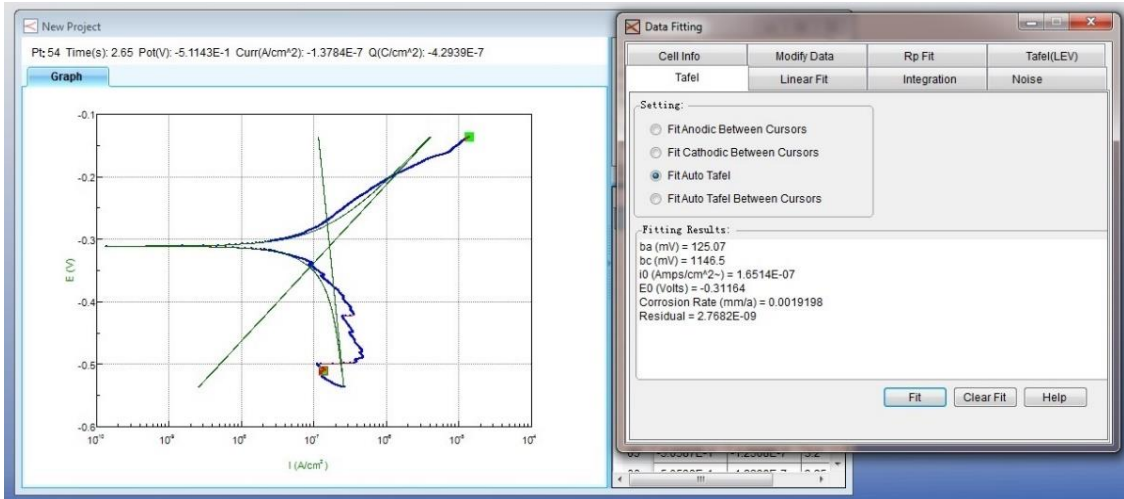
Gambar C.11 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AT2



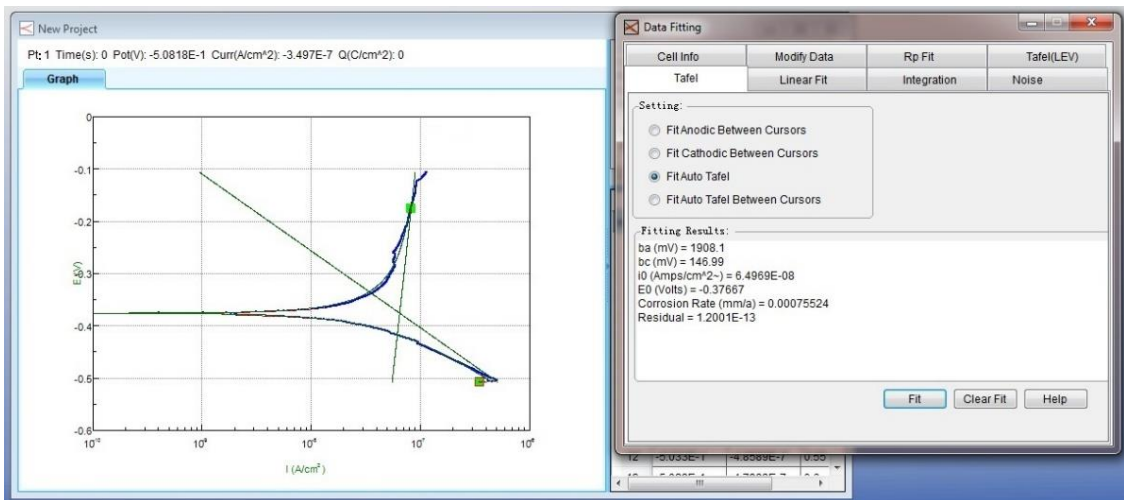
Gambar C.12 Hasil Pengujian Adhesi Spesimen AT3

LAMPIRAN D

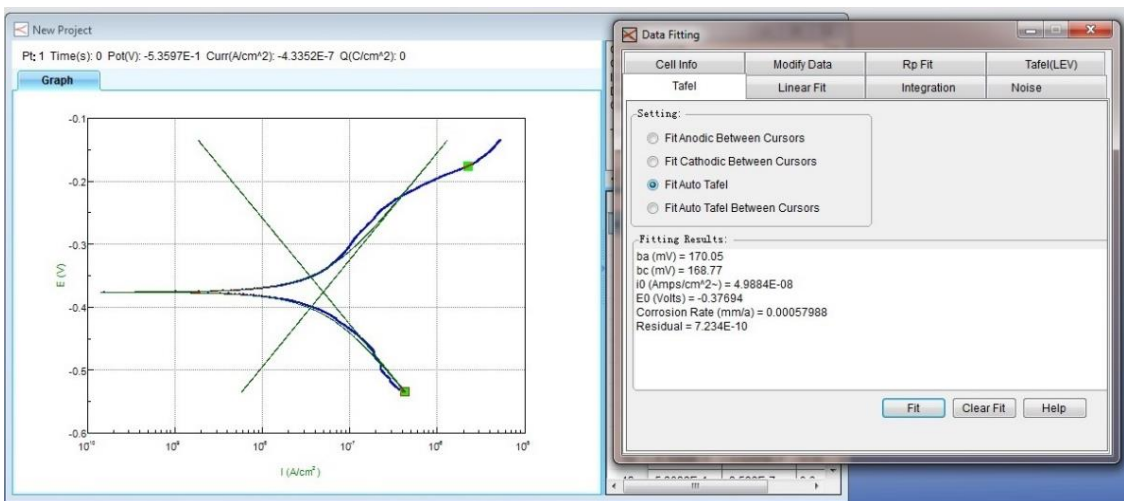
HASIL PENGUJIAN LAJU KOROSI



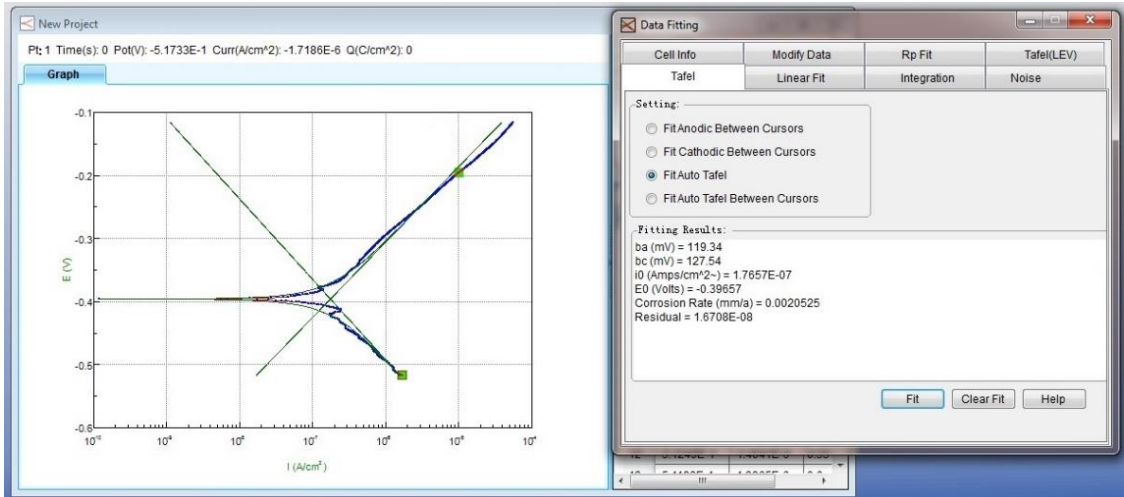
Gambar D.1 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CB1



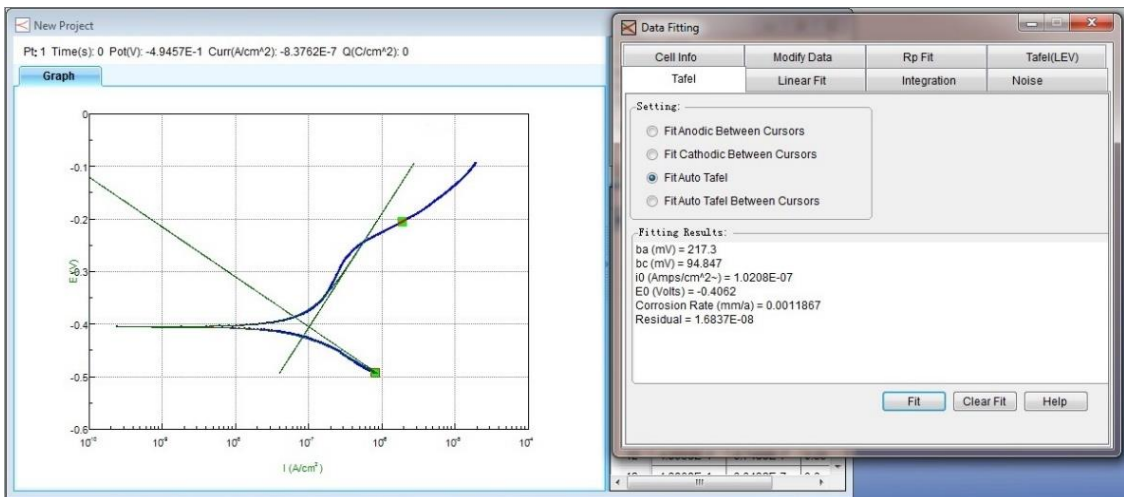
Gambar D.2 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CB2



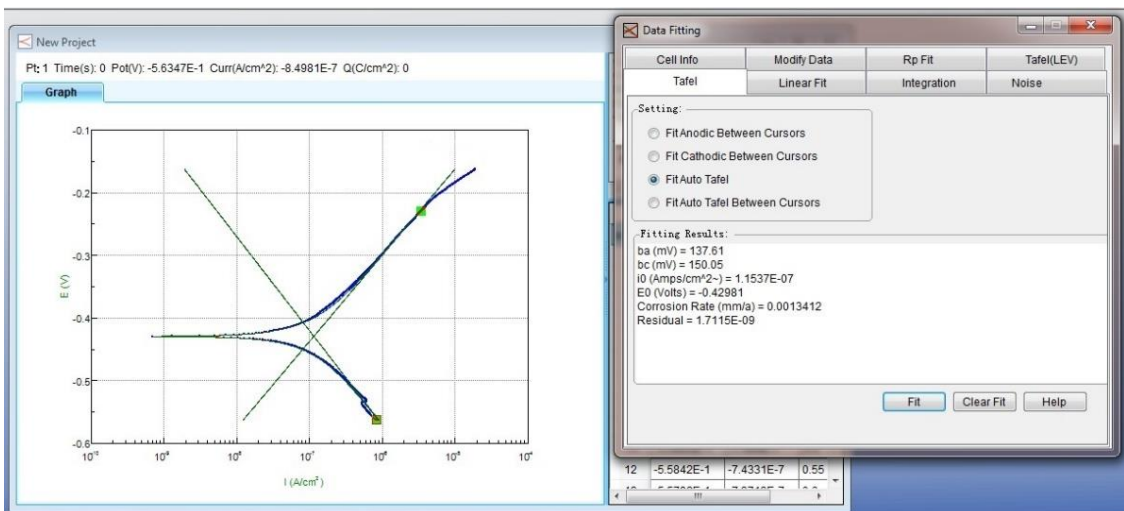
Gambar D.3 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CB3



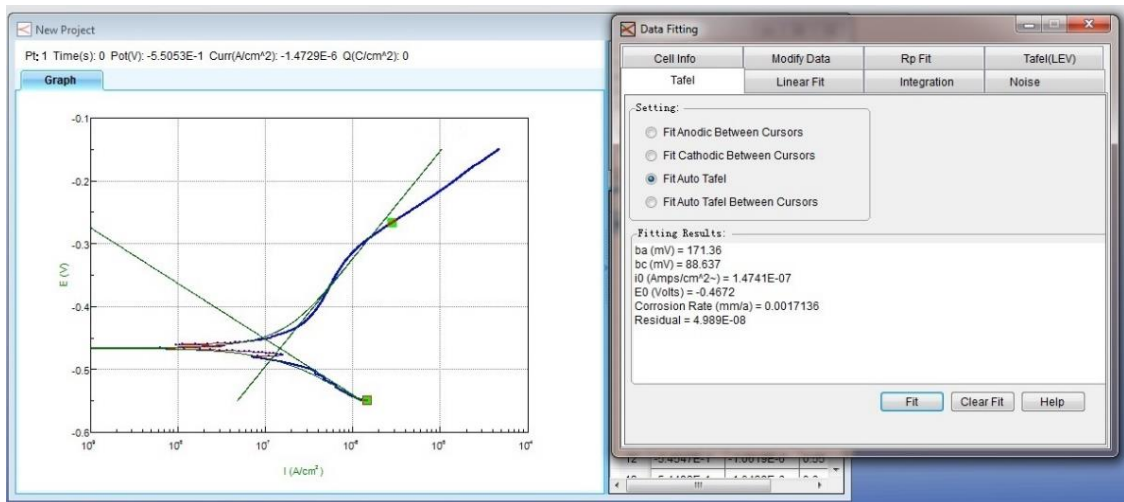
Gambar D.4 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CS1



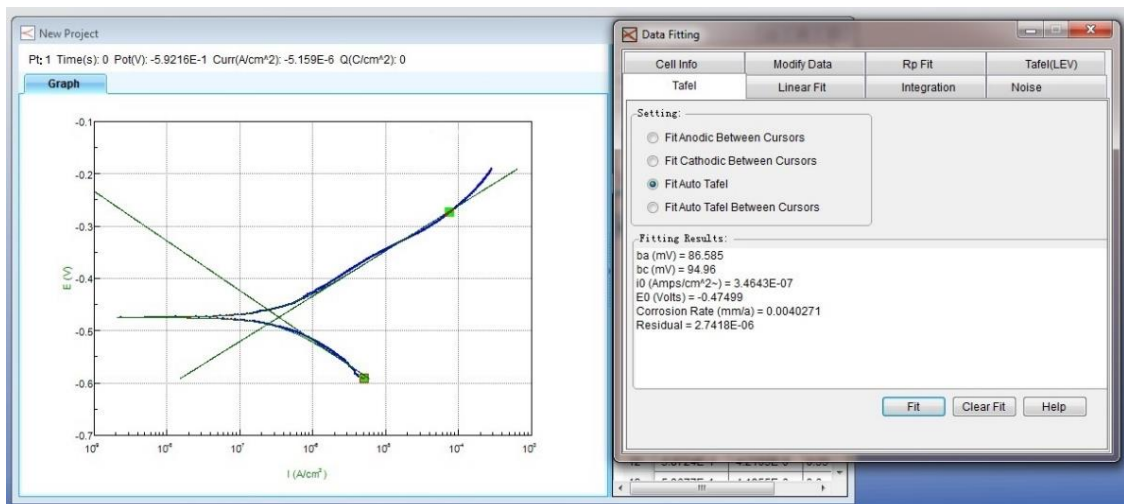
Gambar D.5 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CS2



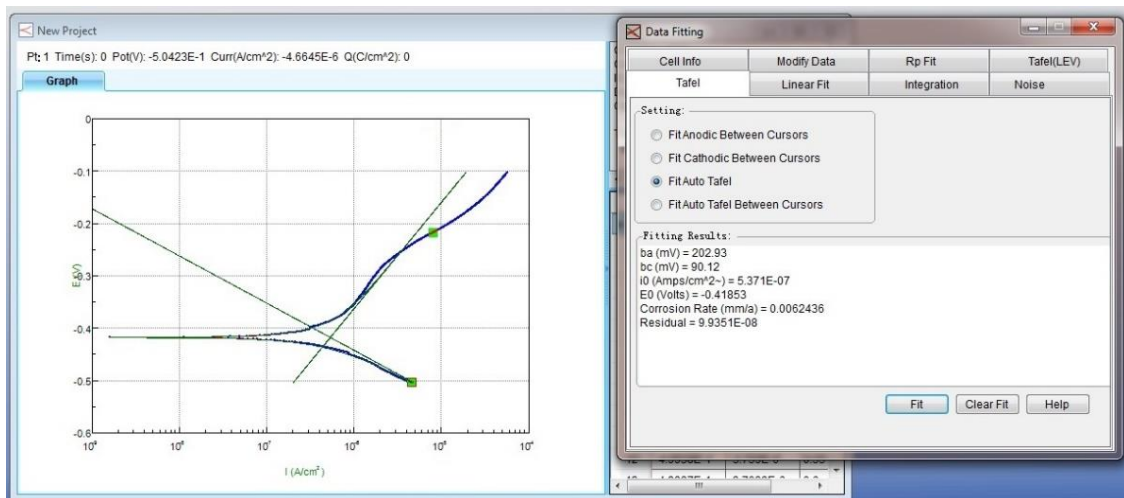
Gambar D.6 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CS3



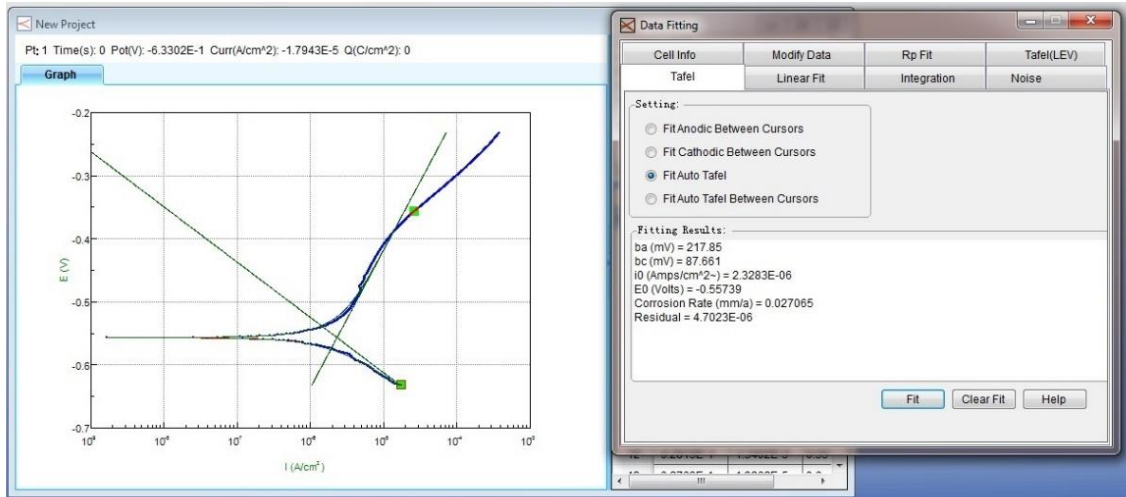
Gambar D.7 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CD1



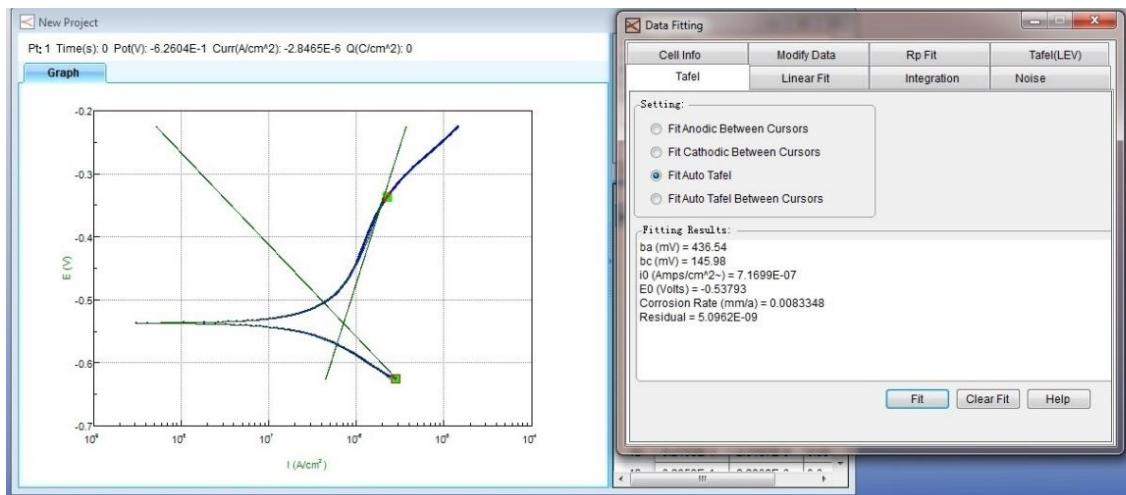
Gambar D.8 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CD2



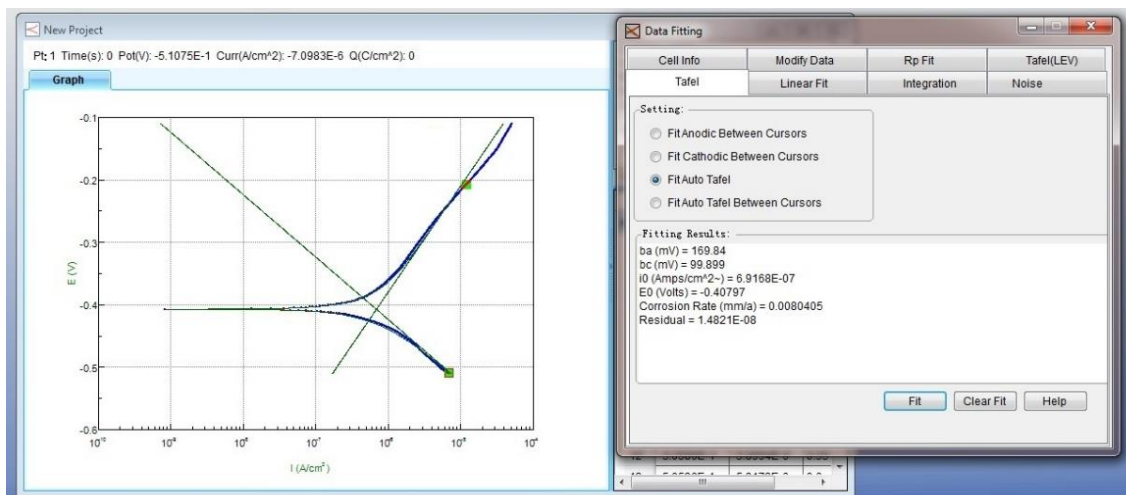
Gambar D.9 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CD3



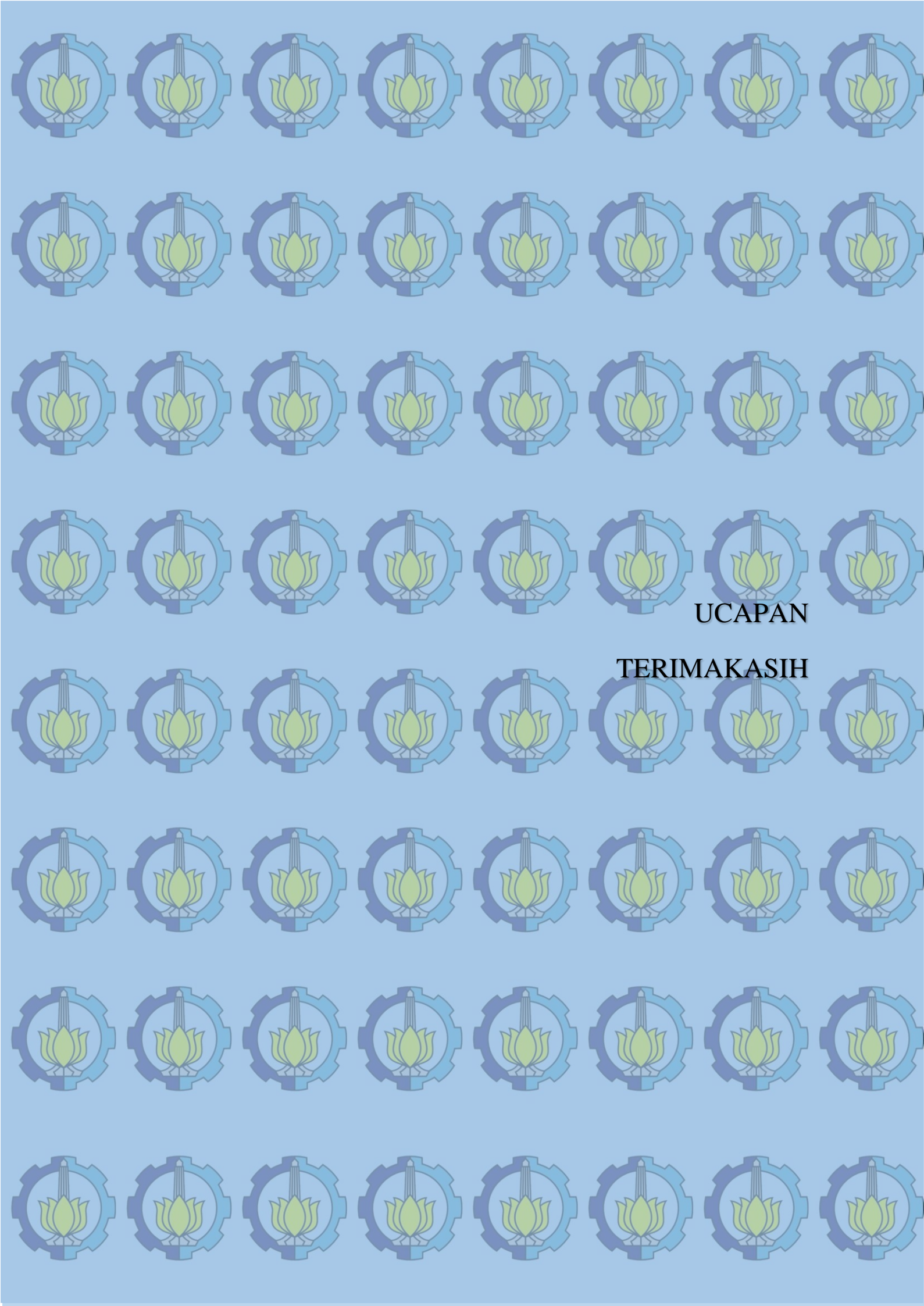
Gambar D.10 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CT1



Gambar D.11 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CT2



Gambar D.12 Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen CT3



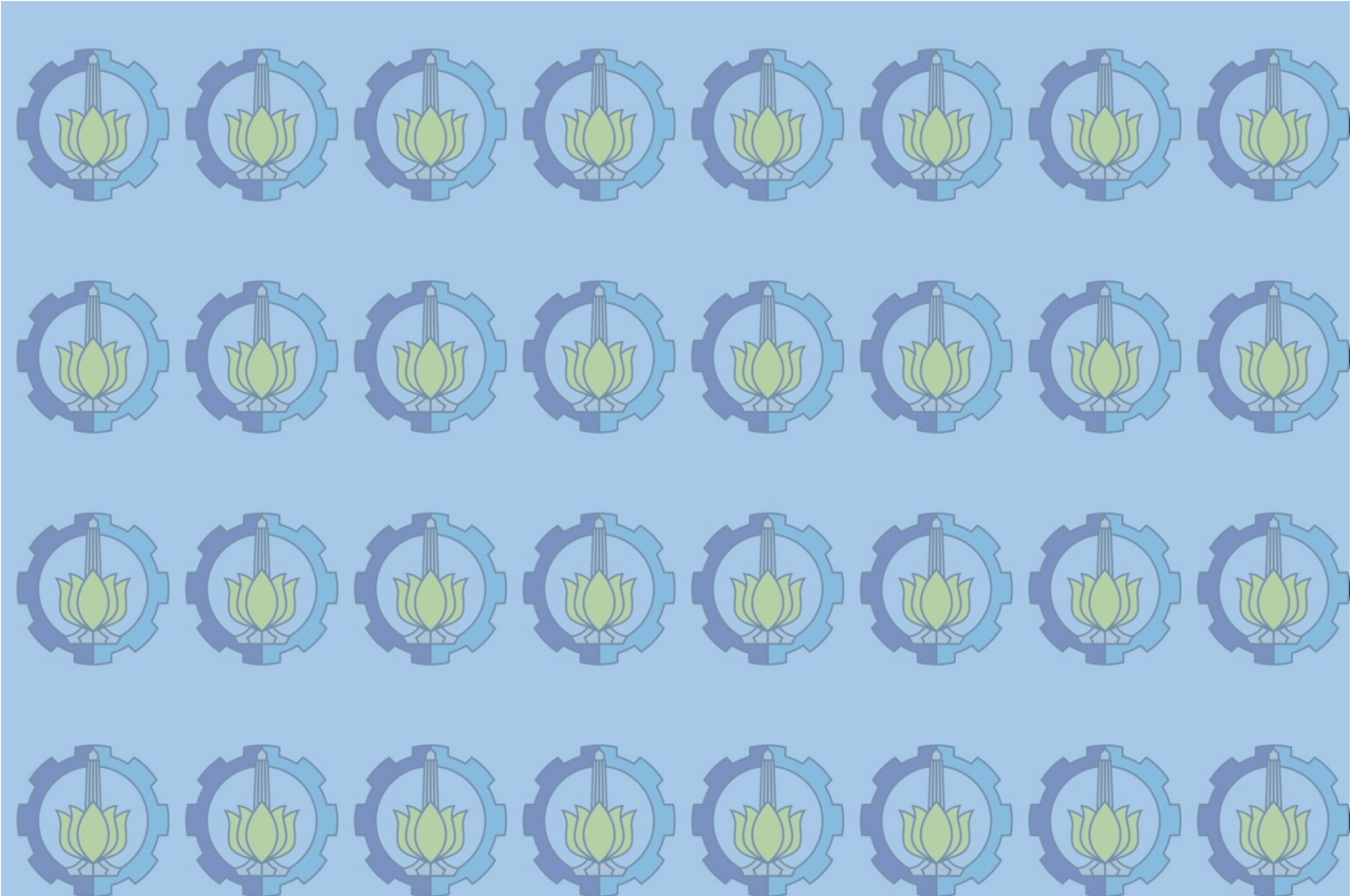
UCAPAN

TERIMAKASIH

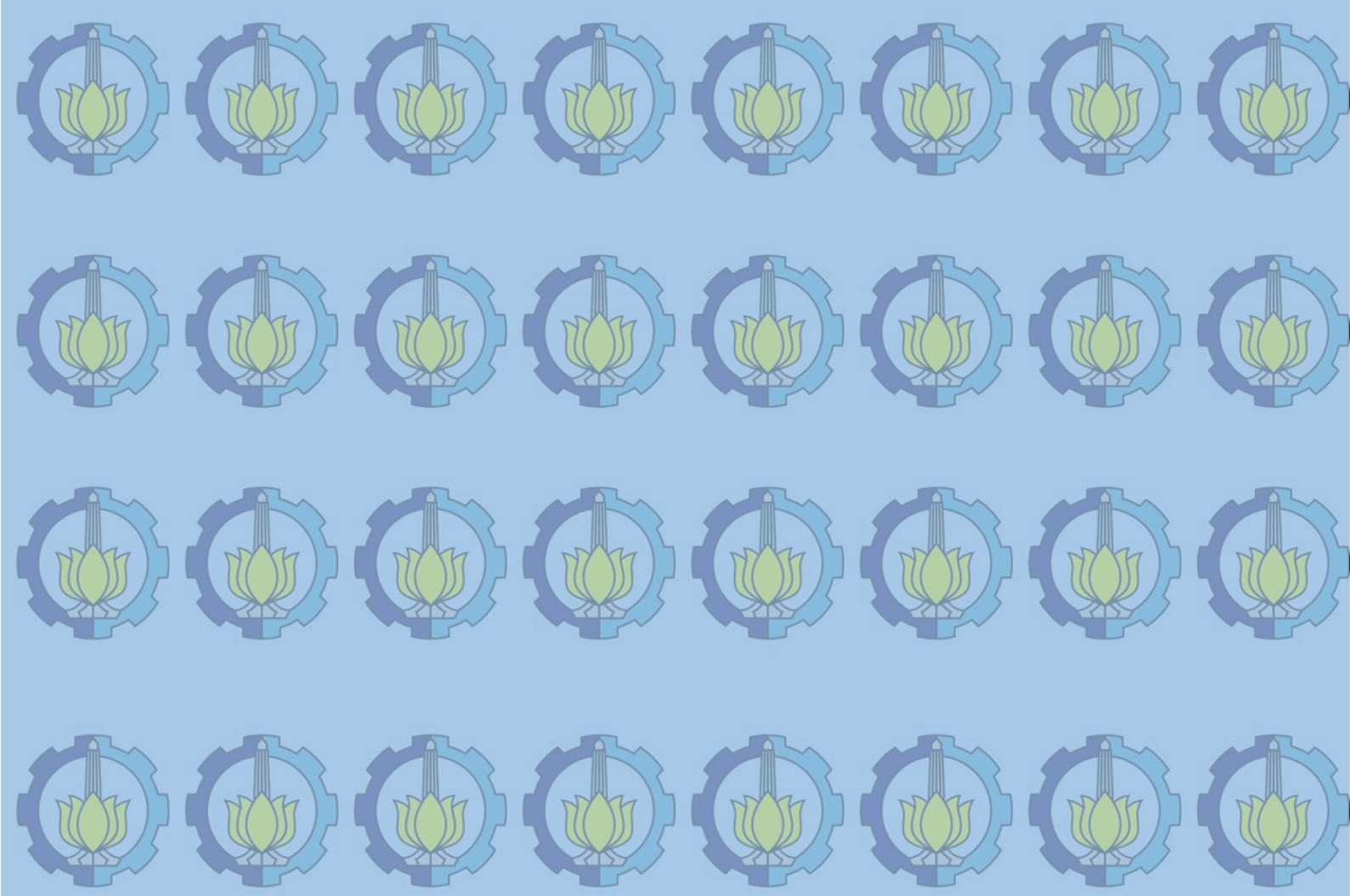
UCAPAN TERIMA KASIH

Atas keberhasilan penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dari segi kekuatan, kepercayaan, keinginan, finansial, pengetahuan, dan lain-lain. Oleh sebab itu, ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Allah SWT atas rahmat, hidayah, dan berkah, serta segala nikmat lain yang penulis sadari ataupun tidak disadari sehingga penulis tetap teguh dan kuat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Baginda Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi inspirasi penulis dan semua orang untuk tetap selalu berada di jalan kebaikan.
3. Kedua orangtua yaitu Ibu Nursiah dan Bapak Hazuardy serta adik perempuan penulis yaitu Banny Nurhafitri yang selalu membantu semua kebutuhan penulis dari kecil hingga mampu untuk menyelesaikan perguruan tinggi.
4. Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang telah bersedia dan sabar dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Bapak Dr. Ir. Hasan Ikhwan, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II dan Dosen Wali penulis yang telah membimbing Tugas Akhir dalam segi penulisan dan mengarahkan penulis selama perkuliahan.
6. Bapak Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D., Bapak Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D., dan Bapak Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D. selaku dosen penguji sidang tugas akhir yang memberikan kritik dan saran dalam penyempurnaan Laporan Tugas Akhir.
7. Bapak Larasanto, S.T., Bapak Dedik, Bapak Arman, dan Bapak Aris yang memberikan penulis bantuan fasilitas, ilmu, dan wawasan di CV. Cipta Agung untuk menyelesaikan eksperimen Tugas Akhir.
8. Bapak Dwi Fitriyanto selaku pembimbing Kerja Praktik penulis di PT. Krakatau Pipe Industries yang memberikan penulis ilmu dan wawasan yang luas mengenai dunia *coating industry*.
9. Raymond Habinsaran Aruan dan Kevin Fadila Zahra yang saling bahu-membahu dan berjuang bersama di dunia *coating* mulai dari Kerja Praktik dan Tugas Akhir. Tidak lupa juga untuk Muhammad Salman Alfaridzi dan Umar Sahel Assidiq yang sering membantu penulis selama perkuliahan.
10. Mina Sharon Myoi dan Son Chaeyoung member Twice yang menjadi idola penulis dan memberikan semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
11. Teman-teman penghuni Kontainer Putih yang menjadi penyemangat dari segi mental selama menyelesaikan Tugas Akhir.
12. Teman-teman “Revastra P58-L36” Teknik Kelautan 2018 yang menjadi keluarga baru penulis selama merantau untuk menyelesaikan perkuliahan di DTK-FTK-ITS.



BIODATA PENULIS



BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Muhammad Anugrah Waliardi dilahirkan di Pontianak pada tanggal 18 Maret 2000, anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Hazuardy dan Nursiah. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SD Negeri 68 Pontianak pada tahun 2006-2012, kemudian penulis melanjutkan pendidikannya di SMP Negeri 16 Pontianak pada tahun 2012-2015, lalu penulis menempuh jenjang berikutnya di SMA Negeri 1 Pontianak. Penulis melanjutkan pendidikan tingkat tinggi pada tahun 2018 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada program studi S-1 Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan.

Selama berkuliah di Departemen Teknik Kelautan, penulis sempat aktif di berbagai organisasi, seminar, kepelatihan dan kepanitiaan. Penulis pernah menjadi bagian pengurus dari Kementrian Aksi dan Propaganda - Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) ITS Rectoverso 2020 dan pernah menjadi pengurus Departemen Kesejahteraan Mahasiswa – Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan (HIMATEKLA) Kabinet tahun 2020 dan tahun 2021. Penulis memiliki pengalaman Kerja Praktik di PT. Krakatau Pipe Industries di divisi *Coating Plant* selama dua bulan pada tahun 2021 dan pernah melaksanakan magang di PT. Pelabuhan Indonesia (Persero) Regional 2 Pontianak di divisi Fasilitas. Ketika melaksanakan Kerja Praktik, penulis berfokus pada bidang *coating* dan kemudian mengambil topik Tugas Akhir mengenai *coating* dengan judul “Analisa Pengaruh Material Abrasif Baru dan Bekas (*Re-Use*) dengan Komposisi Campuran pada Proses *Sandblasting* Baja ASTM A36 Terhadap Daya Lekat Cat dan Laju Korosi”.

e-mail : anugrah.wali33@gmail.com

Ditetapkan di Surabaya

REKTOR INSTITUT TEKNOLOGI

SEPULUH NOPEMBER,

MOCHAMAD ASHARI

NIP 196510121990031003