



**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU
PENCELUPAN PADA PROSES *PHOSPHATING* TERHADAP
LAJU KOROSI *MILD STEEL ST 37***

SKRIPSI

Oleh
Mohammad Dahlaz Dzuhro
NIM 111910101030

**PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU PENCELUPAN PADA
PROSES *PHOSPHATING* TERHADAP LAJU KOROSI *MILD STEEL ST 37***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh
Mohammad Dahlaz Dzuhro
NIM 111910101030

**PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibuku tersayang Lilik Masyhudah atas segala do'a yang dipanjatkan serta semangat, dorongan, kasih sayang, dan atau dukungan baik berupa moral dan ataupun materil. yang tidak kenal lelah hingga saat ini. Dan juga seluruh keluarga besarku yang selalu memberi semangat.
2. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang tiada lelah membimbing dan mengarahkan, semoga menjadi ilmu yang bermanfaat dan barokah dikemudian hari. Bapak Ir. FX. Kristianta, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Utama, bapak Sumarji, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini. Bapak Dr. Nasrul Ilminnafik S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan bapak Ir. Dwi Djumhariyanto M.T. selaku Dosen Penguji anggota yang banyak sekali saran yang sangat membantu dan arahan menuju ke arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini;
3. Saudaraku TM 11 UJ yang senantiasa memberikan motivasi dan semangat selama perkuliahan hingga saat ini dan semoga akan selalu menjadi “DULUR SAK LAWASE”. Salam Solidarity Forever.
4. PT. Sinar Industri Panel yang memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian mengenai *coating*.
5. Serta civitas akademik baik dilingkungan UNEJ maupun seluruh instansi pendidikan, perusahaan dan lembaga terkait

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”
(Q.S. Al-Baqarah ayat 286)^{*)}

Ketika rasa takut menghantui anda dan menghalangi anda untuk meraih kesuksesan yang ingin anda capai, maka lakukanlah hal yang anda takuti tersebut dan rasa takut itu akan hilang dihati anda. (Deddy Corbuzier)

Belajar dari hari kemarin, hidup untuk hari ini, dan berharap untuk besok. (Albert Einstein)

^{*)} Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. Al-Qur'an dan Terjemahannya. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Mohammad Dahlaz Dzuhro

NIM : 111910101030

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU PENCELUPAN PADA PROSES *PHOSPHATING* TERHADAP LAJU KOROSI *MILD STEEL ST 37*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 2 Juli 2015

Yang menyatakan,

(Mohammad Dahlaz Dzuhro)

NIM 111910101030

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU PENCELUPAN PADA
PROSES *PHOSPHATING* TERHADAP LAJU KOROSI *MILD STEEL ST 37***

Oleh

Mohammad Dahlaz Dzuhro

NIM 111910101030

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Ir. FX. Kristianta, M.Eng.

Dosen Pembimbing Anggota : Sumarji, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Variasi Temperatur Dan Waktu Pencelupan Pada Proses *Phosphating* Terhadap Laju Korosi Mild Steel ST 37” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Kamis, 2 Juli 2015

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Ir. FX. Kristianta, M.Eng.

NIP 19650120 200112 1 001

Sumarji, S.T., M.T.

NIP 19680202 199702 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Nasrul Ilminnafik S.T., M.T.

NIP 19711114 199903 1 002

Ir. Dwi Djumhariyanto M.T.

NIP 19600812 199802 1 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi, M.T.

NIP. 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Pengaruh Variasi Temperatur Dan Waktu Pencelupan Pada Proses *Phosphating* Terhadap Laju Korosi *Mild Steel ST 37*; Mohammad Dahlaz Dzuhro, 111910101030; 2015; 111 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Korosi merupakan suatu bentuk kerusakan yang terjadi pada logam dan tidak dapat dicegah. Namun, korosi dapat diperlambat. Salah satu metode untuk memperlambat terjadinya korosi adalah dengan cara pelapisan, seperti *powder coating*. *Powder coating* merupakan pelapisan yang dilakukan pada permukaan material logam dengan menggunakan cat serbuk. Agar serbuk cat dapat menempel pada material logam, maka dibutuhkan proses *pre-treatment* sehingga tercipta daya rekat yang baik serta ketahanan korosi yang optimal. Pada proses *pre-treatment* terdapat proses *phosphating* yang berfungsi untuk meningkatkan gaya adhesi antara cat dengan material logam yang dilapisi. Pada proses ini diberikan perlakuan dengan penambahan temperatur dan waktu pencelupan yang dibutuhkan agar diperoleh hasil pelapisan yang maksimal.

Penelitian ini memvariasikan temperatur pada suhu ruangan, 50°C, 75°C dan waktu pencelupan selama 6 menit, 9 menit, 12 menit, dan 15 menit pada proses *phosphating*. Penelitian ini dilakukan di 3 tempat berbeda, yaitu Laboratorium Manufaktur Kemasan Fakultas Teknik Universitas Jember, PT. Sinar Industri Panel–Malang, dan Laboratorium Metalurgi–ITS. Laboratorium Manufaktur Kemasan Fakultas Teknik Universitas Jember digunakan untuk melakukan preparasi dan *pre-treatment*. PT. Sinar Industri Panel–Malang digunakan untuk melakukan proses *coating*. Laboratorium Metalurgi–ITS digunakan untuk melakukan pengujian ketebalan dan pengujian kabut garam (*salt spray test*).

Dari hasil penelitian ini didapat nilai laju korosi terendah pada variasi 50°C serta waktu pencelupan 15 menit sebesar 0,042044 mg/dm²day dengan ketebalan lapisan cat sebesar 108,17 µm.

SUMMARY

The Influences Of Temperature Variety And Dyeing Time In The Phosphating Process To Corrosion Rate Mild Steel ST 37 Application; Mohammad Dahlaz Dzuhro, 111910101030; 111 Pages; *Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Jember University.*

Corrosion is a form of damage to the metal and it cannot be prevented. However, it can be slowed down. One of the method to slow down the occurrence of corrosion is by coating, such as powder coating. Powder coating is a coating made on the surface of metal by using powder paint. The pre-treatment process is required in order that the powder paint can stick on the metal, so it will create a good adhesive power with optimum corrosion resistance. The phosphating process is found in the pre-treatment process which has function to increase the adhesion power between the paint and the coated metal. In this process, it is provided a treatment by the addition of temperature and dyeing time which are required in order to get maximum coating result.

In this research, it varies the temperature at room temperature of 50°C, 75°C and dyeing time for 6 minutes, 9 minutes, 12 minutes, and 15 minutes in the phosphating process. This research was conducted in the three different places; Laboratorium Manufaktur Kemasan Fakultas Teknik Universitas Jember (Package Manufacturing Laboratory of Faculty of Engineering of Jember University), PT. Sinar Industri Panel–Malang, and Laboratorium Metalurgi–ITS (Laboratory of Metallurgy–ITS). Laboratorium Manufaktur Kemasan Fakultas Teknik Universitas Jember (Package Manufacturing Laboratory of Faculty of Engineering of Jember University) is used to do the preparation and the pre-treatment. PT. Sinar Industri Panel–Malang is used to make the coating process. And, Laboratorium Metalurg – ITS (Laboratory of Metallurgy – ITS) is used to conduct the thickness testing and salt spray testing.

Based on the result of this research, it can be concluded that the lowest corrosion rate in the variation of 50°C with dyeing time for 15 minutes is 0,042044 mg/dm²day with the thickness of paint coating of 108,17 μm.



PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh Variasi Temperatur Dan Waktu Pencelupan Pada Proses *Phosphating* Terhadap Laju Korosi *Mild Steel* ST 37”. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai sumber inspirasi dan panutan umat manusia dalam menjalani kehidupan di dunia ini. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis sangat berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu karena tidak lain tidak lepas dari bantuan berbagai pihak selama penyusunan skripsi ini kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia yang tidak pernah henti dapat penulis rasakan setiap detik dalam hidup ini.
2. Ibu Lilik Masyudah yang senantiasa mendoakan dan tiada hentinya memberikan arahan, bimbingan, motivasi, perhatian, materi dan mengajarkan pelajaran hidup yang tidak kenal lelah, juga yang utama adalah doa yang selalu beliau haturkan setiap saat.
3. Kakak-kakakku Syauqi Rahman H, Lailatul M, A. Arisyi Rahman yang selalu memberikan motivasi, dorongan semangat demi tercapainya skripsi ini.
4. Bapak Ir. FX. Kristianta, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Sumarji, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, masukan, dan ide dalam penulisan skripsi ini;
5. Bapak Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama, Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto M.T. selaku Dosen Penguji anggota yang banyak sekali saran yang sangat membantu dan arahan menuju ke arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini;

6. Bapak Dosen Universitas Jember khususnya Jurusan Teknik Mesin yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
7. Kepada Vika Rizkiya yang tidak pernah lelah untuk mengingatkan untuk selalu semangat, juga keluarga dan semua orang;
8. Saudara-saudarakuku Teknik Mesin 11 universitas jember Ihsan, Doni, Ryan, Rudin, Anugrah, Sadam, Febri, Bearnad, Bangkit, Angga, Pemi, Riza, Aang, Anas, Irsyad, Agung, Mar'iy, Rizki, Amril, Aris, Ika, Farihen, Rofiq, Romi, Muslih, Hegar, Sofyan Gundul, Malik, Haqi, Agus, Kahlil, Sofyan Patek, Imron, dll yang selalu mengarjarkan arti pengorbanan, kesetiaan dan pelajaran hidup. semoga tetap menjadi “DULUR SAK LAWASE”. Semoga kalian semua mendapatkan yang terbaik. Salam SOLVER;
9. Saudaraku Syamsul As'adi, Imam Hiful F., Mansur S, terima kasih semangat dan bantuan dalam penyelesaian penelitian skripsi ini;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa manusia tidak luput dari salah dan lupa sehingga penulis sangat menerima adanya kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga hasil dari penelitian pada skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak.

Jember, 28 Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
PEMBIMBING	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Korosi	5
2.2 Laju Korosi	7
2.2.1 Metode yang Digunakan	9
2.2.2 Jenis-jenis Korosi.....	10
2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi	14

2.3.1	Sifat Material	14
2.3.2	Pengaruh Lingkungan	15
2.4	Baja Karbon	17
2.4.1	Baja Mild Steel ST 37.....	19
2.5	<i>Powder Coating</i>	20
2.5.1	Kelebihan <i>Powder Coating</i>	24
2.6	<i>Pretreatment</i>	24
2.7	<i>Phosphating</i>	26
2.8	Perlindungan Cat	30
2.8.1	Jenis-jenis Cat	30
2.8.2	Komposisi Cat.....	31
2.9	Percepatan Reaksi Kimia	35
2.9.1	Konsentrasi	36
2.9.2	Luas Permukaan Sentuhan	37
2.9.3	Suhu (Temperatur).....	38
2.9.4	Percepatan Kimia (<i>Accelerator</i>)	39
2.10	Hipotesis	40
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	41
3.1	Jenis Penelitian dan Rancangan Penelitian	41
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	41
3.3	Alat dan Bahan Penelitian	41
3.3.1	Alat.....	41
3.3.2	Bahan	42
3.4	Prosedur Penelitian	42
3.5	Pelaksanaan Penelitian	43
3.5.1	Persiapan alat	43
3.5.2	Persiapan dan pembuatan spesimen uji.....	43
3.5.3	<i>Pretreatment</i>	44

3.5.4	<i>Coating</i>	46
3.5.5	Pengujian ketebalan lapisan cat	47
3.5.6	Pengujian <i>salt spray</i>	47
3.6	Analisis Data	49
3.6.1	Analisis dengan Metode Gravimetri	49
3.6.2	Eksperimen 2 Faktorial	49
3.6.3	Pengambilan Data	54
3.7	Diagram Alir Proses	61
3.9	Rencana Jadwal Penelitian	64
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	65
4.1	Pembahasan	65
4.1.1	Ketebalan lapisan Pengecatan.....	65
4.1.2	Nilai Laju Korosi	70
4.1.3	Korosi Pada Lapisan Cat.....	77
4.2	Data Percobaan	81
4.2.1	Hasil Pengujian Ketebalan.....	82
4.2.2	Hasil Pengujian <i>Salt Spray</i>	82
4.3	Analisis Statistik	83
4.3.1	Pengujian Hipotesis Pada Ketebalan Lapisan.....	83
4.3.2	Pengujian Hipotesis pada Nilai Laju Korosi.....	85
BAB 5.	PENUTUP	88
5.1	Kesimpulan	88
5.2	Saran	89
DAFTAR PUSTAKA	90
LAMPIRAN 1. TABEL DATA	93
LAMPIRAN 2. GAMBAR DAN ALAT PENGUJIAN	105

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
2.1 Korosi karena logam tidak homogen.....	7
2.2 Korosi Galvanis	10
2.3 Korosi Celah pada baut.....	11
2.4 Korosi Sumuran	11
2.5 Korosi merata pada logam	12
2.6 Korosi Erosi.....	12
2.7 Korosi Antar Kristal	13
2.8 Korosi Kavitasi	13
2.9 Korosi retak pada pipa.....	14
2.10 Pengaruh pH terhadap laju korosi pada besi	16
2.11 <i>Electric Spray Gun</i> dan Arah Aliran Powder	21
2.12 Skema <i>Powder Coating</i>	22
2.13 Sistem <i>coating</i> dua lapis.....	23
2.14 Komponen-komponen penyusun cat	32
2.15 Tumbukan partikel	36
2.16 Grafik pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi.....	37
2.17 Tumbukan antar partikel pada	37
2.18 Tumbukan antar partikel pada suhu rendah(a), tumbukan antar partikel pada suhu tinggi (b).....	38
2.19 Grafik Distribusi Maxwell-Boltzmann dan energi aktivasi.	39
3.1 Penampang Spesimen Uji	43
3.2 Perendaman specimen dalam larutan HCl	44
3.3 Pembilasan specimen dalam air bersih.....	45
3.4 Perendaman specimen dalam larutan <i>surfacing</i>	45
3.5 Perendaman dan pemanasan specimen dalam larutan <i>phosphating</i>	45

3.6	Pembilasan specimen dalam air bersih.....	45
3.7	Poliester (<i>polyethylene Terephthalate</i>).....	46
3.8	<i>Coating Thickness Gauge</i>	47
3.9	Skema Alat Uji <i>Salt Spray</i>	48
3.10	Diagram Alir Penelitian.....	63
4.1	Grafik ketebalan lapisan cat pada waktu pencelupan 6 menit.....	65
4.2	Grafik ketebalan lapisan cat pada waktu pencelupan 9 menit.....	66
4.3	Grafik ketebalan lapisan cat pada waktu pencelupan 12 menit.....	66
4.4	Grafik ketebalan lapisan cat pada waktu pencelupan 15 menit.....	67
4.5	Grafik ketebalan lapisan cat	67
4.6	Grafik nilai laju korosi pada waktu pengujian 24 jam.....	71
4.7	Grafik nilai laju korosi pada waktu pengujian 48 jam.....	72
4.8	Grafik nilai laju korosi pada waktu pengujian 72 jam	73
4.9	Grafik nilai laju korosi pada waktu pengujian 96 jam.....	73
4.10	Grafik nilai laju korosi pada waktu pengujian 120 jam	74
4.11	Grafik nilai laju korosi pada waktu pengujian 144 jam	75
4.12	Grafik nilai laju korosi pada waktu pengujian 168 jam.	75
4.13	Grafik nilai laju korosi.....	76
4.14	Perbandingan spesimen setelah <i>pretreatment, coating</i> dan <i>salt spray test</i>	78
4.15	Korosi Pada Spesimen Ketebalan 63,25 μm	79
4.16	Korosi Pada Spesimen Ketebalan 63,25 μm Dengan Pembesaran	80

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
2.1 Baja Konstruksi menurut ONORM M 3111	19
2.2 Komposisi Kimia Baja Karbon Rendah ST 37.....	20
3.1 Tabel Anova	53
3.2 Pengukuran Data Tebal Lapisan <i>Powder Coating</i> (μm).....	55
3.3 Pengambilan Data Hasil Berat (Gram) Pengujian <i>Salt Spray</i>	57
3.4 Nilai Laju Korosi ($\text{mg} / \text{dm}^2\text{day}$)	58
4.1 Daftar ANOVA eksperimen faktorial ketebalan lapisan	84
4.2 Daftar ANOVA eksperimen faktorial nilai laju korosi	86

DAFTAR LAMPIRAN

	HALAMAN
LAMPIRAN 1. TABEL DATA	93
A1.1 Hasil pengujian data tebal lapisan <i>powder coating</i> (μm)	93
A1.2 Nilai Ketebalan (μm)	95
A1.3 Hasil Pengukuran Data Pengujian <i>Salt Spray</i>	96
A1.4 Nilai Laju Korosi Total dan Rata-rata ($\text{mg}/\text{dm}^2\text{day}$)	98
A1.5 Spesifikasi Baja ST 37	100
A1.6 Spesifikasi <i>Cat Powder</i>	101
A1.7 Spesifikasi standar <i>Pretreatment</i> PT Sinar Industri Panel 1	103
A1.8 Spesifikasi standar <i>Pretreatment</i> PT Sinar Industri Panel 2	103
LAMPIRAN 2. GAMBAR DAN ALAT PENGUJIAN	105

DAFTAR SIMBOL

a	= Luas spesimen (cm^2)
A	= Perlakuan faktor A
B	= Perlakuan faktor B
α_i	= Pengaruh faktor A taraf ke- i
β_j	= Pengaruh faktor B taraf ke- j
$(\alpha\beta)_{ij}$	= Pengaruh interaksi dari faktor A taraf ke- i dan faktor B taraf ke- j
D	= <i>Density</i> (g/cm^3)
DB	= Derajat bebas
DBA	= Derajat bebas faktor A
DBAB	= Derajat bebas faktor AB
DBB	= Derajat bebas faktor B
DBG	= Derajat bebas galat
DBP	= Derajat bebas perlakuan
DBT	= Derajat bebas total
ε_{ijk}	= Pengaruh acak pada faktor A taraf ke- i , faktor B taraf ke- j dan ulangan ke- k
FK	= Faktor koreksi
JK	= Jumlah kuadrat
JKA	= Jumlah kuadrat faktor A
JKAB	= Jumlah kuadrat faktor AB
JKB	= Jumlah kuadrat faktor B
JKG	= Jumlah kuadrat galat
JKP	= Jumlah kuadrat perlakuan
JKT	= Jumlah kuadrat total
KT	= Kuadrat tengah
KTA	= Kuadrat tengah faktor A
KTAB	= Kuadrat tengah faktor AB

- KTB = Kuadrat tengah faktor B
KTG = Kuadrat tengah galat
l = Lebar spesimen (cm)
p = Panjang spesimen (cm)
r = Jumlah ulangan
T = Waktu (jam)
t = Tebal spesimen
 μ = Rataan umum
W = Berat yang hilang (g)
 Y_{ijk} = Pengamatan pada faktor A taraf ke-i, faktor B taraf ke-j dan ulangan ke-k

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring berkembangnya teknologi, kebutuhan akan material pada bidang konstruksi dihadapkan pada berbagai macam pilihan material yang sesuai. Penggunaan logam berupa baja ringan salah satu pilihan material yang sangat marak pada konstruksi bangunan. Selain sifatnya yang kuat dan ringan baja jenis ini dapat digunakan pada berbagai macam aplikasi yang ada di industri. Umumnya penggunaan baja ringan ini sebagai konstruksi bangunan seperti atap, panel. Pemilihan tipe baja ini tentunya melalui segi ekonomis maupun keindahan dari konstruksi tersebut. Pada panel listrik umumnya baja ringan yang dipakai adalah *zincalume* dan *mild steel ST 37*, seperti yang digunakan oleh PT. Sinar Industri Panel yang diaplikasikan sebagai kerangka dalam pembuatan panel listrik.

Mild steel ST 37 merupakan baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0-0,3% dengan paduan utama besi (Fe) dan Karbon (C), serta unsur lain seperti Mn dan Si. Namun, penggunaan *mild steel ST 37* ini juga memiliki kekurangan salahsatunya adalah kurang lamanya bertahan akibatnya adanya degradasi permukaan material atau yang disebut korosi. Sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut, digunakan solusi yaitu pelapisan. Pelapisan yang digunakan dengan metode pelapisan semprot atau *powder coating* (Ambiyar, 2008:75).

Powder coating merupakan suatu metode pelapisan logam dengan menggunakan *spray gun* sebagai penyemprot cat yang akan melapisi logam tersebut. Bedanya dengan pelapisan lain, metode ini menggunakan bahan cat berupa serbuk (*powder*) yang disemprotkan ke material dengan diberikan muatan elektrostatis. Pelapisan ini bertujuan untuk mengurangi laju korosi, karena dengan pelapisan ini ion-ion seperti klorida, sulfat, dan karbonat tidak dapat menembus. Namun, dalam pelapisan ini juga terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi kualitas pelapisan

selain dari bahan cat itu sendiri. Faktor tersebut berupa perlakuan awal proses pelapisan, proses pelapisannya, dan pengerjaan akhir atau pengeringan cat itu sendiri (Akbar, 2014). Tipe cat *powder coating* yang digunakan pada PT SIP adalah *corro-coat* MX 8003. Digunakannya cat ini karena cat ini memiliki beberapa keunggulan yang mendukung akan pembuatan panel sendiri. Cat ini merupakan jenis *polyester* yang memiliki sifat tahan korosi, stabilitas warna, dan aliran seragam yang baik.

Metode coating sangatlah ekonomis jika dibandingkan dengan metode proteksi korosi yang lain, namun metode ini memiliki keterbatasan akan mudah terkelupasnya cat akibat interaksi dengan lingkungan yang fluktuatif sehingga akan menimbulkan resiko. Penyebabnya adalah pemilihan material *coating* yang kurang baik, persiapan permukaan atau aplikasi *coating* yang kurang baik. Yang paling sering terjadi adalah faktor *surface preparation* yang kurang baik. Sehingga *pretreatment* sangat dibutuhkan sebelum komponen dicat (Fitrullah, 2014).

Pelapisan cat pada logam dapat memperlambat laju korosi, namun lambat cepatnya laju korosi tersebut tergantung dari kualitas lapisan cat tersebut. Kualitas cat tersebut salah satunya cara perlakuan awal sebelum proses pengecatan. Selain faktor diatas komposisi logam, struktur metalurgi, dan proses pembuatan logam juga berpengaruh mempercepat timbulnya korosi. Proses *pretreatment* tersebut berpengaruh terhadap hasil pelapisan. Dari hasil pelapisan yang baik akan berpengaruh terhadap ketahanan korosi itu sendiri. Sehingga untuk mendapatkan hasil pelapisan yang baik dibutuhkan proses *pretreatment* yang baik yaitu pada proses *phosphating*. *Phosphating* adalah salah satu proses *pretreatment* yang bertujuan untuk meningkatkan gaya adhesi pada permukaan material terhadap serbuk cat yang akan melapisinya. Inti dari proses *phosphating* sendiri adalah untuk mendapatkan permukaan baru yang mempunyai sifat non metalik dan non konduktif. Sehingga material akan siap untuk dilakukan proses *coating*.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, dapat diambil inti dari pembahasan tersebut yaitu proses *phosphating* berpengaruh terhadap hasil pelapisan material logam dan hasil pelapisan tersebut berpengaruh terhadap ketahanan korosi. Sehingga dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh temperatur dan waktu pencelupan *phosphating* pada material *mild steel* ST 37 terhadap ketebalan hasil pelapisan *powder coating*
2. Bagaimanakah pengaruh ketebalan lapisan *powder coating* material *mild steel* ST 37 terhadap laju korosi menggunakan *salt spray test*

1.3 Tujuan

Berdasarkan latar belakang yang tertulis di atas, tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh temperatur dan waktu pencelupan *phosphating* pada material *mild steel* ST 37 terhadap ketebalan pelapisan *powder coating*
2. Untuk mengetahui pengaruh ketebalan lapisan *powder coating* pada material *mild steel* ST 37 terhadap laju korosi menggunakan *salt spray test*

1.4 Manfaat

Dari ulasan tujuan di atas dapat kita ambil manfaat dari penelitian yang dilakukan tersebut sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui ketebalan hasil pelapisan *powder coating* yang diberikan terhadap pengaruh temperatur dan waktu pencelupan *phosphating* pada material *mild steel* ST 37
2. Dapat mengetahui ketahanan laju korosi menggunakan pengujian *salt spray test* pada material *mild steel* ST 37 dari ketebalan lapisan *powder coating* yang dihasilkan
3. Dapat memberikan informasi, wawasan kepada pihak terkait, ataupun sebagai acuan bagi peneliti selanjutnya dengan pengembangan variasi yang

dilakukan pada proses *powder coating* pada material *mild steel* ST 37 terhadap laju korosi.

1.5 Batasan Masalah

Pada batasan masalah ini dijelaskan beberapa pembahasan tentang batasan-batasan pembahasan yang ada didalam penelitian ini agar tidak terjadi pembahasan yang tidak searah, meluas (diluar topik penelitian) sehingga dapat fokus. Maka pembahasan dari penelitian skripsi ini ditetapkan dengan batasan dan asumsi sebagai berikut:

1. Penelitian ini tidak menganalisa sifat mekanik material
2. Keasaman (Ph) dan kelembaban dianggap konstan.
3. Tidak melakukan pengamatan struktur mikro.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Korosi

Korosi berasal dari bahasa latin “*Corrodere*” yang artinya perusakan logam atau berkarat. Korosi (*corrosion*) adalah suatu kerusakan/penurunan kualitas material akibat adanya interaksi antara material dengan udara seperti kelembaban, temperatur, keasaman, dan kondisi daerah tertentu. Korosi terjadi karena adanya proses reaksi elektrokimia secara alamiah yang berlangsung secara spontan. Kerusakan yang terjadi karena korosi tidak dapat dicegah namun dapat di hambat dengan memberikan proteksi berupa pelapisan cat pada logam tersebut (Akbar, 2014).

Dari penjelasan di atas bahwa korosi terjadi karena adanya reaksi elektrokimia pada bahan bersangkutan yang menyebabkan terjadinya perpindahan elektron. Suatu atom logam yang terkena korosi akan melalui perubahan atom menjadi sebuah ion dan terjadi reaksi dengan unsur yang ada dilingkungan. Misalkan atom logam disimbolkan dengan M, maka korosi dapat digambarkan sebagai:



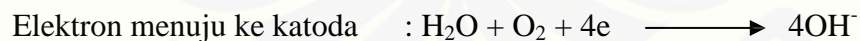
Persamaan di atas memperlihatkan bahwa atom-atom logam dapat melepaskan sejumlah Z elektron yang merupakan bilangan valensi yang dimiliki oleh atom logam M (Trethewey, 1991:24). Beberapa pakar bersikeras definisi hanya berlaku pada logam saja, tetapi para insinyur korosi juga ada yang mendefinisikan istilah korosi berlaku juga untuk material non logam, seperti keramik, plastik, karet. Sebagai contoh rusaknya cat karet karena sinar matahari atau terkena bahan kimia, mencairnya lapisan tungku pembuatan baja, serangan logam yang *solid* oleh logam yang cair (*liquid metal corrosion*).

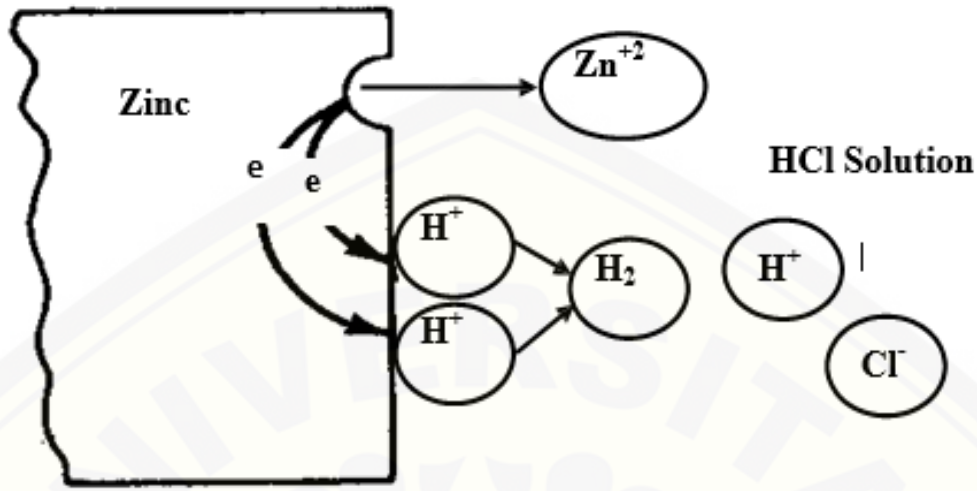
Menurut Supardi (1997), korosi adalah kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungannya yang

menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki. Dalam bahasa sehari-hari, korosi disebut dengan perkaratan. Terdapat beberapa definisi dari pakar, yaitu sebagai berikut:

1. Perusakan material tanpa perusakan mekanis
2. Kebalikan dari metalurgi ekstraktif
3. Proses elektrokimia dalam mencapai kesetimbangan termodinamika suatu sistem. Jadi korosi adalah system termodinamika logam dengan lingkungan (air, udara, tanah), yang berusaha mencapai kesetimbangan. Sistem ini dikategorikan setimbang bila logam telah membentuk oksida atau senyawa kimia lain yang lebih stabil.

Korosi disebut juga suatu penyakit dalam dunia teknik, walaupun secara langsung tidak termasuk produk teknik. Menurut proses elektrokimia, bahwa proses korosi pada logam disebabkan karena logam itu mempunyai komposisi kimia yang tidak homogen. Dalam kenyataan memang logam sangat sulit untuk dibuat betul-betul homogen. Akibatnya akan ada perbedaan potensial yang dapat menimbulkan korosi galvanis bila ada elektrolit (uap air dan udara). Bagian yang berpotensi lebih rendah akan menjadi anoda sedangkan yang berpotensi lebih tinggi akan menjadi katoda. Sebagai contoh korosi pada besi (Sumber: Studi Efektifitas Literatur Universitas Indonesia (Online))





Gambar 2.1 Korosi Karena Logam Tidak Homogen (Sumber : Studi Efektifitas Literatur Universitas Indonesia (Online)).

Dapat disimpulkan bahwa logam kontak dengan elektrolit akan terjadi:

- Anoda di mana terjadi korosi.
- Katoda yang tidak terkorosi.
- Bajanya sebagai pembawa arus.
- Lingkungan yang korosif (air laut) sebagai elektrolit.

2.2 Laju Korosi

Cepat lambatnya laju korosi dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satu faktor yang mempengaruhi adalah lingkungan. Faktor lingkungan sangat berperan pada kecepatan laju korosi (Novianto, 2010). Di lingkungan terdapat 4 elemen yang mempengaruhi laju korosi tersebut antara lain:

- Anoda
- Katoda
- Media transfer elektron/arus
- Konduktor

Dari keempat elemen tersebut dapat menyebabkan korosi, sehingga untuk mencegah adanya korosi yaitu dengan cara menghilangkan salah satu elemen tersebut. dari keempat elemen tersebut memiliki fungsi tersendiri. Seperti pada anoda,

maksudnya adalah sebagai penyebab terjadinya reaksi anodik. Anoda bertindak sebagai mendonorkan elektron ke katoda karena sifat logamnya yang lebih reaktif, transfer elektron tersebut dapat terjadi karena adanya perbedaan potensial antara anoda dan katoda.

Anoda biasanya terkorosi dengan melepaskan elektron–elektron dari atom–atom logam netral untuk membentuk ion–ion yang bersangkutan. Ion–ion ini mungkin tetap tinggal dalam larutan atau bereaksi membentuk hasil korosi yang tidak larut. Reaksi ini bisa menghalangi pelarutan logam lebih lanjut yang disebut pemasifan dimana reaksi korosi berhenti.

Katoda tempat terjadinya reaksi reduksi dimana ion positif berkumpul. Pada katoda biasanya tidak mengalami korosi. Walaupun demikian akan menderita kerusakan dalam kondisi–kondisi tertentu. Dua reaksi penting yang umum terjadi pada katoda.

Adanya media transfer elektron dapat menyebabkan terjadinya korosi, karena adanya perpindahan elektron–elektron dengan adanya kontak listrik. Kontak listrik tersebut dapat terjadi pada lingkungan yang bersifat elektrolit. Elektrolit dapat menghantarkan listrik dengan sifat asam, basah, larutan larutan garam. Karena adanya elektrolit tersebut mengakibatkan adanya kontak listrik antara anoda dan katoda. Media elektrolit, sebagai penghantar elektron antara katoda dan anoda. Bersifat menghantarkan listrik. Sehingga apabila tidak ada salah satu saja dari syarat elemen diatas maka laju korosi akan lambat atau bahkan tidak terjadi korosi. Namun, pada permukaan bahan logam dapat muncul anoda dan katoda jika ada pasangan galvanik. Suatu pasangan bahan logam yang memunculkan anoda dan katoda akibat adanya kontak langsung antara 2 logam berbeda disebut pasangan sel galvanik.

Beberapa faktor penyebab korosi adalah lingkungannya. Lingkungan sendiri salah satu kondisinya yang sering menyebabkan terjadinya korosi adalah air laut, atau udara yang mengandung percikan–percikan (kabut) dari air laut. Laju korosi yang

terjadi pada baja karbon yang paling cepat terjadi di lingkungan laut, yaitu pada hempasan gelombang. Karena terdapat oksigen juga saat terjadi hempasan tersebut. Selain itu juga pada kondisi kelembaban tinggi yang terjadi pada material logam. Lapisan tersebut dapat berasal dari air laut yang terbawa angin dan udara yang membasahi permukaan material termasuk yang tersembunyi. Lapisan tipis air laut dari kabut tersebut tidak akan mengalir bebas dan tetap sampai menguap karena hembusan angin atau naiknya temperatur. Serangan korosi tersebut kebanyakan terjadi pada besi, baja, nikel, tembaga, dan seng dengan kelembaban relatif 60%. Dan jika kelembaban tersebut terjadi hingga 80% maka besi dan baja menjadi higroskopik (menyerap air) sehingga laju serangan korosi meningkat lagi (Suriadi, 2007).

2.2.1 Metode yang Digunakan

Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi yang terjadi (Uhlig, H.H. dkk, 2000). Untuk mendapatkan jumlah kehilangan berat akibat korosi digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Laju korosi} = \frac{240000 \times w}{a \times T \times D} \text{ (mdd)} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

Mdd = laju korosi, ($mg / dm^2 \text{ day}$)

W = berat yang hilang, (g)

a = luas, (cm^2)

T = waktu, (jam)

D = *density*, (g/cm^3)

Metode ini adalah mengukur kembali berat awal dari benda uji (objek yang ingin diketahui laju korosi yang terjadi padanya), kekurangan berat dari pada berat

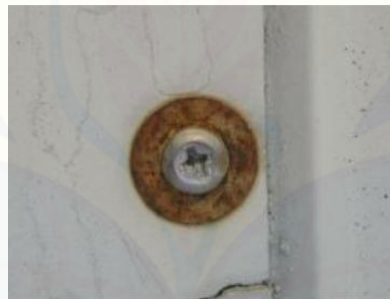
awal merupakan nilai kehilangan berat. Kekurangan berat dikembalikan kedalam rumus untuk mendapatkan laju kehilangan beratnya.

2.2.2 Jenis-jenis korosi

Korosi merupakan suatu peristiwa penurunan kualitas dari logam, yang mengakibatkan terjadinya kerusakan atau kerugian. Jika dilihat dari kerusakan pada material logam tersebut, terdapat beberapa bentuk dan proses korosi yang menyebabkan penurunan kualitas tersebut. dari bentuk dan proses tersebut dapat dilihat jenis korosi yang dialami, adapun jenis-jenis korosi tersebut sebagai berikut:

1. Korosi dwi logam/logam tak sejenis (*Galvanic Corrosion*)

Korosi ini terjadi akibat adanya kontak langsung antara 2 logam dengan jenis yang berbeda. Karena adanya 2 jenis logam yang berbeda tersebut, terjadilah beda potensial antara keduanya. Korosi terjadi pada logam yang memiliki beda potensial rendah (anodik).



Gambar 2.2 Korosi Galvanis (Sumber: Wisdatika, 2012)

2. Korosi celah (*Crevice Corrosion*)

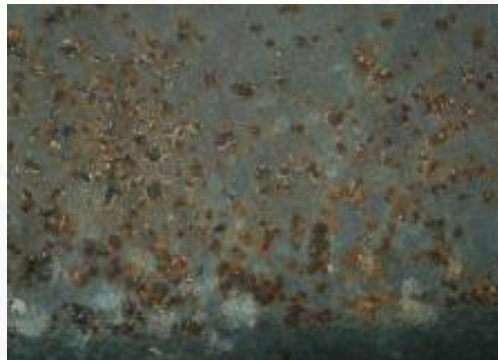
Korosi celah terjadi pada permukaan logam akibat adanya celah logam yang menghubungkan antara keduanya. Celah tersebut dapat berupa antara logam dengan logam atau logam dengan bahan non logam.



Gambar 2.3 Korosi Celah Pada Baut (Sumber: Studi Efektifitas Literatur Universitas Indonesia. (Online)).

3. Korosi sumuran (*Pitting Corrosion*)

Korosi jenis ini merupakan korosi yang terjadi akibat adanya goresan pada permukaan yang melindungi logam. Korosi ini diawali dengan rusaknya lapisan proteksi logam (oksida) yang kemudian menyerang pada lokasi anodik. Misalnya pada baja yang terkena tetesan air hujan, dan korosi *pitting* dimulai dari lokasi anodik (pusat tetesan air tersebut).



Gambar 2.4 Korosi Sumuran (Sumber: Wisdatika, 2012)

4. Korosi seragam (*Uniform Corrosion*)

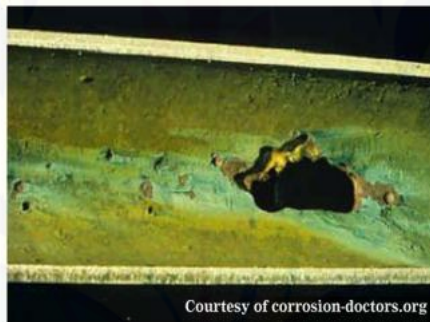
Korosi seragam adalah korosi yang menyerang seluruh permukaan bahan secara merata. Korosi ini terjadi ketika pada bagian luar bahan yang berkontak langsung dengan lingkungan. Akibatnya ketebalan bahan yang terkorosi berkurang secara merata karena adanya zat yang terkonversi tersebut.



Gambar 2.5 Korosi Merata Pada Logam (Sumber: Wisdatika, 2012)

5. Korosi erosi

Korosi erosi melibatkan dengan fluida yang bergerak pada permukaan bahan. Sehingga terjadi adanya degradasi permukaan logam dengan menghilangkan lapisan pelindung dan korosi terjadi. Korosi ini terjadi ada bahan yang bergerak pada fluida korosif atau fluida korosif yang bergerak.



Gambar 2.6 Korosi Erosi (Sumber: Studi Efektifitas Literatur Universitas Indonesia. (Online)).

6. Korosi batas butir (*Intergranular Corrosion*)

Korosi batas butir yaitu korosi yang menyerang pada batas butir suatu logam. jika diamati suatu logam mengandung logam antara atau senyawa pada batas butirnya yang rentan terhadap korosi. Korosi batas butir ini akan menyerang jika terdapat endapan zat asing pada batas butir. Zat asing tersebut berupa senyawa yang terbentuk dari logam atau unsur bukan logam seperti hidrogen, karbon, silikon, nitrogen dan oksigen (Trethewey, 1991:125).



Gambar 2.7 Korosi Antar Kristal (Sumber: Studi Efektifitas Literatur Universitas Indonesia. (Online)).

7. Korosi kavitasi (*Cavitation Corrosion*)

Korosi kavitasi merupakan korosi yang menyerang permukaan logam yang berongga karena adanya gelembung-gelembung uap air akibat adanya tekanan air secara naik dan turun.



Gambar 2.8 Korosi Kavitasi (Sumber: Studi Efektifitas Literatur Universitas Diponegoro (Online))

8. Korosi retak tegang (*Stress Corrosion Cracking*)

Korosi jenis ini melibatkan antara proses korosi dan adanya tegangan pada bagian yang terkena korosi tersebut. karena melemahnya kekuatan yang terjadi pada bahan akibat berada pada lingkungan korosif menyebabkan korosi pada bagian yang memiliki tegangan. Sehingga tegangan akan terjadi pada bagian tersebut karena kekuatan bahan yang berkurang akibat terkorosi.



Gambar 2.9 Korosi Retak Pada Pipa (Sumber: Efektifitas Penggunaan Literatur Universitas Indonesia (Online)).

2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi

Pada korosi terdapat berbagai hal yang mempengaruhi cepat tidaknya laju korosi. Material yang terkena serangan korosi dapat bertahan tergantung dari faktor laju korosi yang menyerang material tersebut. Menurut Supardi (1997), terdapat beberapa faktor yang mengakibatkan terjadinya korosi yang terbagi atas tiga bagian, yaitu sifat material, faktor lingkungan dan adanya reaksi adapun faktor-faktor yang mempengaruhi cepat lambatnya laju korosi yang menyerang suatu material sebagai berikut:

2.3.1 Sifat Material

1. Pengaruh susunan kimia material

Susunan kimia suatu material sangat mempengaruhi ketahanan material itu terhadap serangan korosi. Pada jenis logam yang sama dengan susunan kimia yang berbeda akan mengakibatkan ketahanan terhadap serangan korosi yang berbeda pula. Bahkan semua jenis logam cenderung akan mengalami korosi oleh media yang bersifat korosif seperti air laut.

2. Pengaruh struktur material

Kurangnya homogenitas struktur dapat menimbulkan efek-efek *galvanis* mikro pada material yang mengakibatkan terjadinya pengkaratan. Adanya titik-titik yang tidak sama dengan titik-titik di sekitarnya dapat mengakibatkan salah

satu bertindak sebagai anoda dan salah satu lainnya sebagai katoda. Dalam kondisi demikian, material akan lebih reaktif dalam lingkungan yang elektrolit.

3. Pengaruh perbedaan potensial

Perbedaan potensial antara dua logam atau lebih yang digabungkan akan mengakibatkan terjadinya proses pengkaratan.

4. Pengaruh bentuk permukaan material

Permukaan logam yang mempunyai morfologi tertentu akan mengakibatkan korosi. Adanya kotoran pada permukaan material akan menyebabkan korosi karena terdapat oksigen yang terperangkap didalamnya.

2.3.2 Pengaruh Lingkungan

1. Temperatur

Temperatur merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi laju korosi. Kenaikan temperatur pada lingkungan mengakibatkan laju korosi pada suatu material semakin cepat. Karena pada saat temperatur naik 10°C pada suhu kamar terjadi reaksi oksidasi pada logam naik hingga 2-50 kali. Namun pada temperatur yang tinggi, kelarutan oksigen tersebut akan menurun sehingga laju reaksi katodik menjadi lebih rendah dan membatasi korosi. Oksigen berpengaruh pada laju korosi bereaksi dengan ion logam yang membentuk oksida, yang penting terhadap reaksi katodik (Trethewey, 1991).

2. Oksigen

Konsentrasi oksigen yang ada pada lingkungan yang bereaksi langsung dengan material juga berpengaruh pada laju korosi. Oksigen yang ada dilingkungan akan mempengaruhi laju korosi karena oksigen akan berkombinasi dengan ion logam membentuk oksida, hidroksida, dan garam logam. Selain itu, volume air yang ada pada lingkungan seperti tanah berpengaruh pada jumlah konsentrasi oksigen yang ada. Seperti ada tanah yang kering, sehingga kondisi menjadi aerob dan kecepatan difusi oksigen menjadi lebih cepat. Adanya oksigen yang terdapat di dalam udara dapat bersentuhan dengan permukaan logam yang lembab. Sehingga kemungkinan

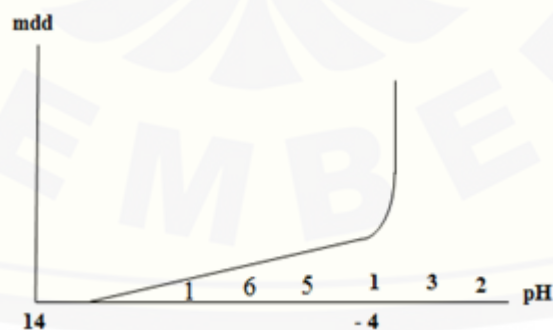
menjadi korosi lebih besar. Di dalam air (lingkungan terbuka), adanya oksigen menyebabkan korosi (Haryono, 2010).

3. Air

Air ataupun uap air dalam jumlah banyak ataupun sedikit akan sangat berpengaruh terhadap laju korosi pada logam. Reaksinya bukan hanya antara logam dengan oksigen saja, melainkan juga dengan uap air yang menjadi reaksi elektrokimia karena air berfungsi sebagai:

- a. Pereaksi, misalnya pada logam besi akan berwarna coklat karena terjadinya besi hidroksida.
- b. Katalisator. Besi akan cepat bereaksi dengan O_2 dari udara sekitar apabila terdapat uap air.
- c. Pelarut. Produk-produk korosi akan larut dalam air seperti besi sulfat dan besi klorida.
- d. Elektrolit lemah, yaitu sebagai penghantar arus yang kecil atau lemah.

Korosi pada lingkungan air bergantung pada pH, kadar oksigen dan temperatur. Menurut penelitian Whitman dan Russel ternyata pH dari suatu elektrolit sangat mempengaruhi pada proses terjadinya korosi pada besi. Pengaturan pH dilakukan dengan pembubuhan KOH pada air yang mempunyai pH 6-14 dan pembubuhan asam pada air yang mempunyai pH 7-0. Pengaruh pH terhadap laju korosi pada besi dapat dilihat pada Gambar 2.10 (Supardi, 1997).



Gambar 2.10 Pengaruh pH terhadap laju korosi pada besi

Demikian juga dengan penambahan kadar O_2 dalam air maka akan mempercepat laju korosi pada suatu logam. Kadar O_2 dalam larutan harus dikurangi oleh garam yang terlarut dalam larutan dan kelarutannya bergantung pada logam yang tercelup dan luasan permukaan logam tercelup serta temperaturnya.

4. Lingkungan industri

Faktor lingkungan industri juga mempengaruhi logam yang terkorosi, logam yang terkorosi terjadi karena adanya kontak antara logam dengan zat-zat kimia. Korosi di lingkungan industri yang menggunakan bahan kimia seperti pada pembuatan H_2SO_4 , HNO_3 , HCl , dan sebagainya maka akan sangat bersifat korosif.

Pengendalian korosi di lingkungan industri adalah sebagai berikut:

- a. Dipilih/dicarikan bahan logam untuk konstruksi yang paling ekonomis tetapi teknisnya masih dapat dipertanggung jawabkan.
- b. Dapat pula memilih bahan non logam seperti plastik, keramik, beton dan sebagainya dengan tidak boleh mengesampingkan kondisi kerjanya.
- c. Memberi logam lindung yang tepat atau lapis lindung lainnya.

5. Lingkungan laut

Udara lingkungan laut jauh lebih korosif dibandingkan dengan daerah pedalaman, karena disamping komposisi kimia seperti udara biasa juga akan mengandung garam-garam dan zat lain yang ada pada air laut. Hal ini disebabkan karena ombak yang membentur dan membuat percikan air laut. Percikan air laut yang berupa titik air yang halus akan terbawa oleh angin dan sangat berpengaruh pada korosifitas udara terhadap logam.

2.4 Baja Karbon

Baja merupakan suatu besi yang mengandung kadar karbon pada komposisi penyusunnya dengan kadungan karbon sekitar 1,7%. Baja memiliki kandungan utama berupa besi (Fe) dan unsur lain seperti belerang, fosfor, silikon, mangan dan lain-lain. Selain itu, besi juga terdapat komposisi paduan lain yang bertujuan untuk

mendapatkan sifat-sifat tertentu yang sering disebut dengan baja paduan. Unsur besi (Fe) rentan terhadap kelembaban dan keasaman. Baja karbon adalah paduan dari unsur Fe dan C, biasanya tercampur juga dengan unsur-unsur lain seperti silikon 0,20-0,70%, Mn 0,50-1,00%, P <0,60% dan S <0,06% (Kuswanto, 2010). Baja karbon menurut komposisi kimianya dibedakan menjadi:

1. Baja karbon rendah

Baja karbon rendah merupakan paduan antara besi dan karbon yang memiliki presentase rendah, dengan kandungan karbon sekitar 0,05-0,3%. Berbentuk pelat tipis yang sifatnya mudah ditempa dan mudah dimesin. Aplikasi baja karbon rendah ini adalah sebagai bodi mobil, bus dan lain-lain.

2. Baja karbon menengah

Baja karbon ini memiliki presentase karbon yang sedikit lebih besar dari baja karbon rendah. Baja karbon ini memiliki komposisi karbon sebesar 0,3-0,5% C dengan sifat yang lebih tinggi daripada baja karbon rendah, sulit dibengkokkan, dilas dan dipotong. Aplikasi baja ini biasanya digunakan pada konstruksi bangunan, komponen mesin dan lain-lain.

3. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi memiliki presentase karbon yang paling tinggi yaitu sekitar 0,60-1,50% C. Baja karbon ini sangat kuat dan sulit dibengkokkan, dan dipotong. Aplikasinya biasa digunakan pada material kawat, kikir, pahat dan gergaji.

Sifat baja-karbon seperti kekerasan, kekuatan dan mampu regang ditentukan oleh kadar karbon (C). Struktur mikro baja dapat dibedakan dalam tiga bentuk fasa sebagai berikut:

a. Ferrit

Kristal besi murni (Fe) saling terikat erat satu sama lain, tidak teratur baik bentuk maupun ukurannya. Ferrit merupakan bagian baja yang paling lunak. Dalam kondisi murni ferrit tidak bisa digunakan sebagai material

dasar (*raw materials*) untuk komponen mesin yang menerima beban. Hal ini dikarenakan kekuatan yang dimilikinya kecil.

b. Sementit (Fe_3C)

Senyawa antara besi (Fe) dengan karbon (C) sebagai unsur struktur tersendiri dinamakan sementit. Rumusan Fe_3C menyatakan bahwa senantiasa ada tiga atom besi yang membentuk ikatan dengan satu atom karbon (C). Ikatan ini menjadi sebuah molekul yang dikenal sebagai besi karbon. Peningkatan kandungan karbon akan berakibat membesar pula kadar sementit. Sementit didalam baja mempunyai sifat yang paling keras .

c. Perlit

Campuran antara ferrit dan sementit dengan kandungan karbon (C) seluruhnya sebesar 0,8 % disebut perlit. Di dalam Struktur perlit, semua kristal ferrit disusupi serpihan sementit halus. Serpihan sementit ini menempati lapisan tipis yang saling berdampingan, sehingga nampak kilapan mirip induk mutiara (Alois, S. dkk, 1985).

2.4.1 Baja *Mild Steel* ST 37

DIN 17-100 mengatur jenis baja karbon untuk keperluan pembuatan komponen mesin yang distandarkan menurut kekuatan tarik. Salah satunya adalah jenis baja *Mild Steel* ST 37, dimana baja ini mempunyai kekuatan tarik minimal 37 Kg/mm^2 dan maksimal 45 Kg/mm^2 . Sedangkan kandungan karbon yang dimilikinya sebesar 0,16 % berat. Data ini diambilkan dari tabel baja-baja konstruksi menurut ONORM M3111 sebagai berikut Tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Baja Konstruksi menurut ONORM M 3111 (Alois, S. dkk,1985).

Sebutan ONORM	DIN 17-100	σH Kg/mm^2	σs Kg/mm^2	C %
St 00 M	-	Sampai 50	-	0,12
St 34 M	St 34-2	34 – 42	19	0,12
St 37 M	St 37-2	37 – 45	21	0,16
St 42 M	St 42-2	42 – 50	23	0,25

Jenis material baja juga ditentukan oleh jumlah kandungan karbon yang terdapat didalamnya. Oleh sebab itu sebutan lainnya dikenal juga sebagai baja karbon. Baja ST 37 dengan kandungan karbon 0,16 % termasuk kedalam kelompok baja karbon rendah (*Low-Carbon Steel*). Adapun komposisi kimia yang ada pada baja karbon rendah ST 37 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Baja Karbon Rendah ST 37 (Imbarko, 2010)

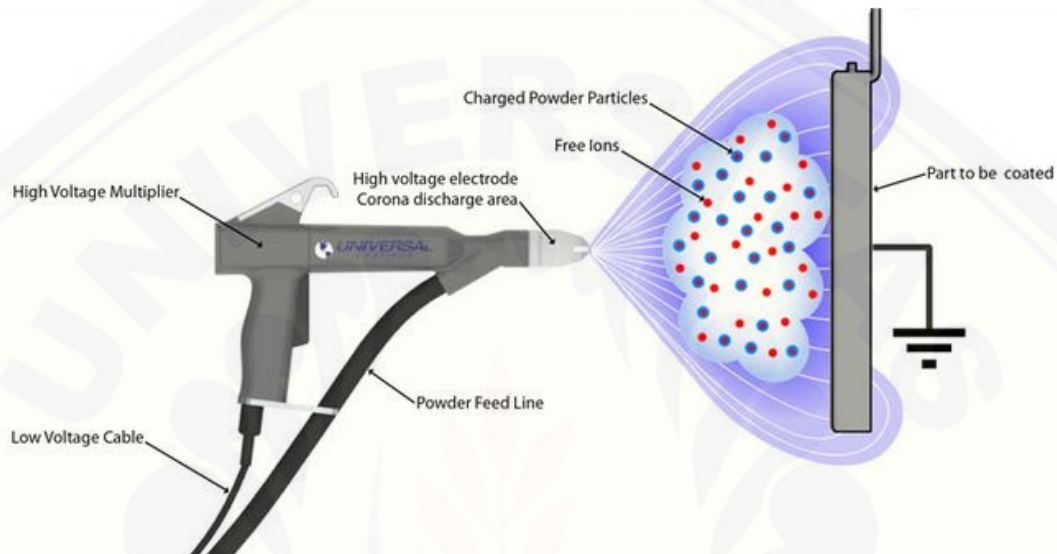
Kandungan	Presentase
Karbon (C)	0,16%
Silikon (Si)	0,10%
Mangan (Mn)	0,50%
Sulfur (S)	0,05%
Alumunium (Al)	0,02%
Tembaga (Cu)	0,10%

Kelompok baja ini masih mungkin untuk ditambah kandungan karbonnya, agar meningkat kemampuannya untuk bisa dikeraskan. Mengingat penggunaannya yang cukup luas untuk banyak komponen konstruksi mesin, termasuk kemungkinan sebagai material dasar komponen yang membutuhkan sifat keras dipermukaannya. Pengukuran kekerasan permukaan baja pada umumnya menggunakan metode *Brinell*, *Vickers* dan *Rockwell*.

2.5 Powder Coating

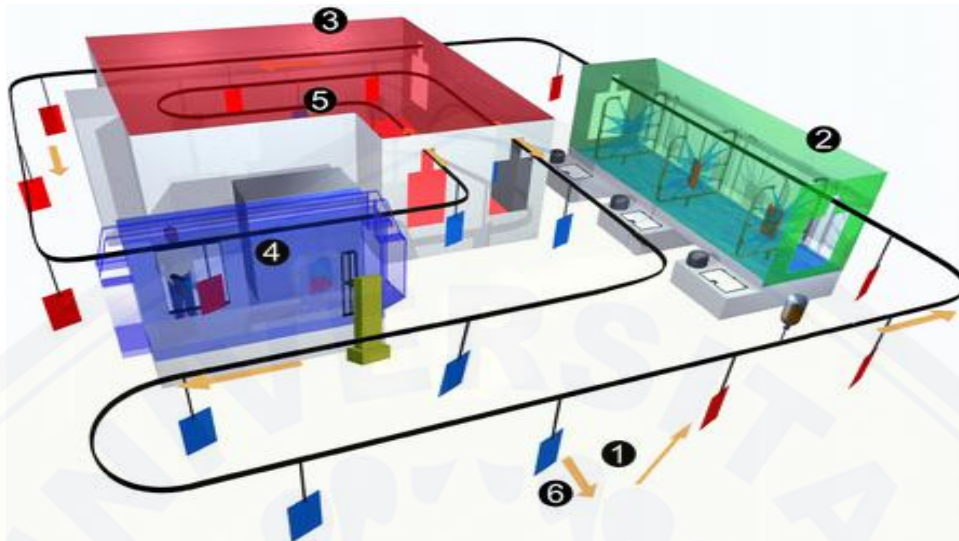
Powder coating merupakan pekerjaan *finishing* yang dilakukan baik untuk memperindah atau melindungi logam dari serangan korosi. *Powder coating* adalah metode pelapisan logam yang menggunakan bahan dari resin yang kering. Bedanya dengan konvensional adalah tidak menggunakan pengikat (*binder*) dan pengencer. Namun, sebelum dilakukan pelapisan substrat terlebih dahulu diberikan perlakuan seperti pembersihan kotoran yang menempel pada permukaan substrat dengan tujuan untuk mengurangi kegagalan dalam proses *coating*. Prinsip penempelan cat pada

powder coating sendiri adalah dengan cara menyemprotkan partikel *powder* pada permukaan substrat. Partikel serbuk cat dikenai muatan positif sedangkan substrat dikenai muatan negative. Penyemprotan partikel serbuk tersebut dilakukan dengan menggunakan alat *electric spray gun* seperti yang terlihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 *Electric Spray Gun* dan Arah Aliran Powder (Sumber: *Universal Coating*, 2015)

Dari Gambar 2.11 tersebut terlihat arah aliran semburan powder secara mengelilingi atau *round effect*, Sehingga penyemrotan dapat menjangkau pada bagian yang terlindungi. Setelah substrat telah dilapisi kemudian substrat dimasukan kedalam oven, tujuannya untuk melelehkan dan menyatukan partikel bubuk sehingga membentuk lapisan-lapisan yang halus yang melapisi objek atau benda kerja. Selain dimaksudkan untuk memproteksi benda kerja atau logam, *coating* juga berfungsi untuk memperindah penampakan permukaan benda kerja. Adapun skema *powder coating* seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.12 Skema *Powder Coating* (Sumber: *World Technology Machine Jiangsu, 2010*)

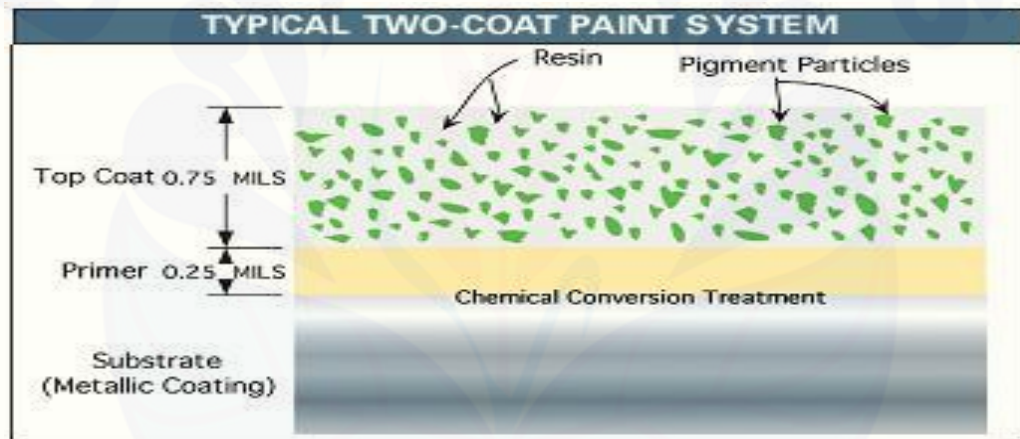
Keterangan gambar:

1. *Loading area*
2. *Pretreatment*
3. *Drying off oven* (pengeringan I)
4. Proses pelapisan *powder*
5. *Curing* (pengeringan II)
6. *Unloading area*

Secara garis besar proses *powder coating* ini meliputi *pre-treatment*, pelapisan, dan pemanasan. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.12, benda mengalami berbagai tahapan yang disebutkan tadi. Pada tahap satu adalah *loading area* yakni melakukan pemasangan spesimen pada jalur pelapisan. Kemudian masuk pada proses *pretreatment* seperti yang terlihat pada nomer 2. Pada tahap *pretreatment* mengalami berbagai proses perlakuan seperti penghilangan kotoran, pelapisan awal (untuk meningkatkan daya adhesi benda dengan cat), dan pembilasan (*water rinse*). Setelah benda mengalami *pretreatment* kemudian masuk pada pengeringan (*drying*) seperti yang terlihat pada nomer 3 tersebut. Kemudian proses utama dilakukan yaitu pelapisan *powder*, yang dilakukan didalam suatu ruangan (*spray booth*). Setelah

pelapisan selesai dilakukan masuk pada tahap pemanasan menggunakan oven (*curing*) yang bertujuan untuk menyatukan partikel serbuk dan menambah daya ikat dengan benda yang dilapisi. *Pre-treatment* memegang peranan yang sangat penting dalam menentukan kualitas pelapisan yang dihasilkan.

Dapat dikatakan bahwa teknik pelapisan yang biasa saja dengan tahapan *pre-treatment* yang baik adalah lebih baik daripada teknik pelapisan yang canggih tetapi tahapan *pre-treatment* buruk karena mutu pelapisan yang dihasilkan akan buruk. Oleh karena itu diperlukan kehati-hatian dalam memilih dan mengontrol tahapan *pre-treatment*. Standar spesifikasi tahap *pre-treatment* yang diterapkan di Amerika menggunakan standar SSPC (*Steel Structures Painting Council*).



Gambar 2.13 Sistem *Coating* Dua Lapis (sumber: Haddock, 2002)

Karena cat tidak menempel baik pada logam, proses pembersihan dan *pretreatment* sangat penting. Seng fosfat dianggap oleh kebanyakan lebih efektif sebagai inhibitor korosi pada goresan dan tekukan parah, terutama di lingkungan agresif.

Langkah pertama yaitu aplikasi pembersihan, *pretreatment* dan aplikasi primer yang paling penting untuk memastikan peningkatan *adhesi* dan perlindungan korosi pada permukaan logam. *Pretreatment* membuat lapisan primer dan meningkatkan perlindungan korosi, dan lapisan primer membuat lapisan atas

menempel. Setelah pendinginan primer, lapisan teratas biasanya diterapkan pada ketebalan target 0,75 mil. Total ketebalan *dry-film* kedua lapisan adalah 0.9-1.0 mil. Proses dua lapisan ini adalah standar industri komersial dan sistem yang paling umum digunakan di Amerika Utara. Pada prinsipnya cat dapat menempel pada permukaan logam akibat perbedaan kutub dan *finishing* dilakukan pemanasan yang berfungsi untuk menjadikan cat bubuk (*powder coating*) leleh dan membentuk lapisan cat (Fitruallah, 2014).

2.5.1 Kelebihan *Powder Coating*

Powder coating memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan pelapisan yang lain, misalnya pelapisan konvensional. Selain memperindah permukaan hasil pelapisan, *powder coating* juga memiliki kelebihan antara lain:

- A. Hasil pelapisan cat yang bagus jika dibandingkan dengan pelapisan konvensional.
- B. Pelapisan *powder coating* menghasilkan limbah yang kurang berbahaya dibandingkan pelapisan menggunakan cat cair konvensional.
- C. Serbuk Pelapisan *overspray* dapat didaur ulang dan oleh karena itu mungkin untuk mencapai hampir 100% dari penggunaan lapisan
- D. Modal peralatan dan biaya operasional untuk *powder coating* umumnya lebih rendah dibandingkan menggunakan cat cair konvensional.
- E. Benda kerja yang dilapisi dengan serbuk cat *powder coating* umumnya memiliki penampilan sedikit berbeda antara permukaan horizontal dan vertikal dibandingkan benda kerja dilapisi cat cairan.
- F. Berbagai efek khusus yang dapat mudah ditambahkan dengan menggunakan pelapisan *powder coating*, yang sulit didapat dengan proses pelapisan lainnya.

2.6 Pretreatment

Pretreatment merupakan proses yang dilakukan bertujuan untuk menghilangkan zat-zat unsur pengotor yang ada dipermukaan substrat. Jika dilihat

dari susunan kata, maka *pretreatment* dapat diartikan sebagai, *pre*: sebelum, dan *treatment*: proses atau perlakuan. Sehingga *pretreatment* adalah proses pendahuluan terhadap bahan sebelum dilakukan pengecatan. Tujuan *pretreatment painting* ialah:

- a. Menambah daya rekat (adhesi) antara cat dengan bahan dasar
- b. Menambah ketahanan terhadap karat pada hasil pengecatan

Proses *pretreatment* yang dilakukan sebelum pengecatan, sangat berpengaruh terhadap kualitas pengecatan. Cat tidak akan menempel dengan sempurna pada permukaan substrat sebelum melalui proses *pretreatment*. Hal ini disebabkan oleh proses pembuatan substrat selalu dilapisi dengan minyak untuk menghindari terjadinya karat selama menunggu proses lanjutan, dan daya kohesi antara partikel cat lebih kuat daripada daya adhesi logam dengan cat. Hal ini menyebabkan cat tidak mudah menempel pada logam tanpa media khusus. Media ini yang disebut *phosphate* yang diperoleh dari proses *pretreatment*.

Berdasarkan cara pengerjaannya, *pretreatment* dibedakan menjadi dua yaitu dengan cara pencelupan (*dipping*) dan dengan cara penyemprotan (*spraying*). Sedangkan berdasarkan jenis larutan *Phosphate* yang digunakan, maka ada beberapa jenis proses *Phosphating* yakni Besi (*Iron*), *Zinc* dan *Aluminium Phosphate*. Semua logam atau *steel* sebelum dicat harus dipersiapkan permukaannya, sehingga kondisi logam tersebut bersih dari hal-hal yang dapat mengurangi ketahanan daya rekat cat (Rakhmadi, 2008). Persiapan tersebut dapat dibedakan menjadi dua cara, yaitu:

1. Secara mekanis, misalnya : *sanding, buffing, spraying*.
2. Secara kimiawi (*Chemical Cleaning*), misalnya *pickling, water rinse, phosphating, surface condition* dan *water rinse*.

Sedangkan untuk part plastik, proses *pretreatment* yang dilakukan berbeda dengan *part steel*. Secara umum proses *pretreatment part* plastik merupakan *cleaning* terhadap *part* dari kotoran/debu, sisa-sisa *mould release (silicon)*, dan lain-lain. *Pretreatment* terhadap *part* plastik diantaranya :

- a. Secara mekanis, misalnya : *sanding, air blow*

- b. Secara kimiawi (*Chemical Cleaning*), misalnya *washing air*, *washing benzene* atau IPA (*Iso Propyl Alkohol*)
- c. Secara elektrik (*Electric Cleaning*), misalnya anti *electrostatic unit*.

Pada *pretreatment* secara kimiawi meliputi 2 proses penting yang dilakukan, yaitu:

- a. *Acidic Cleaning*: proses ini dianggap penting karena proses ini adalah proses yang dilakukan pada perlakuan awal spesimen sebelum dilakukannya *coating*. Proses dilakukan dengan cara mencelupkan spesimen kedalam larutan asam kuat untuk membersihkan pengotor berupa residu organik maupun karat. Jenis asam yang dapat digunakan meliputi : *hydrochloric*, *Sulfuric*, *Nitric*, *Phosphoric*. Karena proses ini juga dapat menambah umur material (*powder coaters manual book-cleaning process*).
- b. *Phosphating/conversion coating*: proses penambahan/pelapisan awal yang dilakukan sebagai peningkatan daya adhesifitas saat dilakukan pelapisan dengan menggunakan besi atau seng. Secara umum spesimen yang telah dilakukan perendaman pada larutan *phosphating* akan terbentuk lapisan tipis, namun kristal penyusunnya mulai terbentuk pada lokasi yang *anodic* dan berkembang hingga struktur kristal berbenturan. Struktur kristal yang terbentuk secara kimiawi akan membentuk daya adhesifitas yang tinggi terhadap substrat. Pertumbuhan struktur kristal yang besar tidak diharapkan karena akan besar pula daya kapiler dari lapisan. Sehingga penetrasi dari uap air akan mudah terjadi dan berisiko korosi (Rachmadi, 2008).

2.7 Phosphating

Proses ini merupakan proses utama dalam *pre-treatment* dimana terjadi reaksi kimia antara metal dan larutan *phosphat* yang menghasilkan *coating* anti karat. Proses ini berjalan dengan sistem *dipping* (perendaman), permukaan logam berwarna keabu-abuan. Oleh karena proses berjalan kimiawi maka dalam prakteknya terdapat penambahan bahan kimia pembantu yaitu *accelerator* yang berfungsi sebagai katalis reaksi yang memberi keoptimalan *coating* pada permukaan logam.

Pembentukan lapisan *phosphate* berasal dari seng, besi maupun aluminium fosfat (berbentuk kristal) yang menempel dan melapisi permukaan part. Jumlah kristal fosfat yang menempel pada permukaan plat (*coating weight*) dinyatakan dengan satuan miligram per-meter persegi.

Phosphating merupakan suatu perubahan dari permukaan logam menjadi permukaan baru yang mempunyai sifat-sifat non-metalik dan non-konduktif. Setelah terbentuk lapisan fosfat, maka diperlukan pemanasan pada suhu tertentu yakni berkisar antara 50-80 °C, sehingga *phosphating* menghasilkan kristal fosfat yang kecil dan rata. Pada suhu tersebut, air yang berada di lapisan fosfat akan menguap. Bila panas yang diberikan berlebihan (melebihi 100°C) kristal yang terbentuk akan pecah, sehingga terjadi celah-celah yang akan menurunkan daya lekat cat dan menyebabkan timbulnya korosi. Secara umum kriteria yang perlu diperhatikan dari proses *phosphating* adalah ketahanan korosinya. Secara umum kriteria yang perlu diperhatikan dari proses *phosphating* sebagai berikut :

- a. Hasil dari pelapisan/*coating* harus bersifat :
 - Tahan terhadap korosi
 - Siap untuk proses pengecatan
 - Tahan lama setelah proses pengecatan
- b. Proses harus mudah dikontrol
- c. Proses harus bersifat fleksibel, artinya dapat melapisi berbagai macam metal
- d. Proses harus tahan lama
- e. Larutan *phosphating* harus bersifat mudah dibilas

Proses pelapisan *phosphating* dapat dibedakan menjadi beberapa bagian berdasarkan jenis pelapisannya (*phosphate coat*), antara lain :

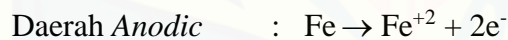
- a. *Pure zinc phosphate coating*, digunakan pertama kali tahun 1908 terbatas terhadap metal-metal yang diproses

- b. *Dwi cationic*, modifikasi pelapisan *nickel* dan *zinc phosphate*. Penambahan *nickel* pada larutan *phosphate*, menghasilkan pelapisan *nickel* dalam *zinc phosphate*. Tujuannya untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan pelapisan pada pengecatan
- c. *Tri cationic*, merupakan modifikasi pelapisan *nickel+zinc phosphate*. Hal ini dilakukan dengan penambahan ion Mangan pada proses *nickel+zinc phosphate*. Tujuannya untuk meningkatkan ikatan cat (*adhesion paint*) dan mempunyai sifat fleksibel pada proses pengecatan, menambah ketahanan terhadap korosi.

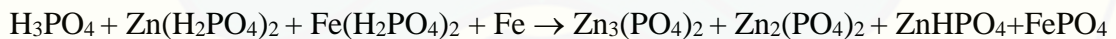
Mekanisme pelapisan dapat diilustrasikan sebagai berikut :

- a. Asam bebas (*free acid*) mengetsa lapisan bawah Anoda pada substrat
- b. Elektron di s bergerak ke katode dan membentuk H^+ , terjadilah hidrolisa air
- c. Membentuk gas hidrogen dan OH^- , sehingga terjadi pembentukan lokasi area dengan tingkat keasaman (pH) tinggi
- d. Terjadi pengendapan pelapisan

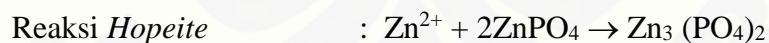
Secara umum konversi reaksi pelapisan *phosphate* sebagai berikut :



Hasil penyederhanan persamaan pelapisan :



Persamaan reaksi *phosphating*:



Parameter Operasional *zinc phosphate* sebagai berikut :

1. Keasaman total, yaitu jumlah komponen asam *phosphate* dalam larutan yang dapat dikonversikan menjadi pelapisan *zinc phosphate*. Poin kontrol berkisar pada 28 - 32.

2. Keasaman bebas, yaitu tingkat keaktifan dari komponen asam *phosphate*. Poin kontrol berkisar pada 0,5 - 0,8.
3. Temperatur, digunakan untuk mengontrol keaktifan dari komponen asam *phosphate*.
4. Pernercepat/*accelerator* (*nitrite*), bertujuan untuk menjaga keseimbangan
5. antara Fe^{2+} dan Fe^{3+} dalam larutan dan untuk membantu terjadinya pembentukan lapisan *zinc phosphate* pada metal.
6. Tekanan *spray* dan sudut *nozzle* (untuk proses *spray*), harus dapat menutupi semua permukaan metal yang diproses
7. Waktu pencelupan (untuk proses *dipping*)

Metode yang selalu digunakan pada pelapisan fosfat yaitu dengan pencelupan, menggunakan urutan yang meliputi *degreasing* dan tahap *phosphating*, dan masing-masing tahap diatas dilakukan pencucian. Rentang waktu perlakuan yang diberikan yaitu dari 3 sampai 5 menit untuk lapisan seng fosfat yang tipis dan diatas 10 sampai dengan 15 menit untuk lapisan seng, besi atau mangan fosfat yang tebal. Proses seng fosfat dipercepat dengan menggunakan *power spray* dan waktu proses dapat berkurang 1 atau kurang dari 1 menit. Penggunaan *power spray* sangat menguntungkan untuk produksi massal seperti mobil dan lemari besi, sebagai konveyor yang dapat dijalankan langsung melalui *spray tunnel*, yang menggabungkan tahapan-tahapan *degreasing*, *rinsing*, *phosphating*, *rinsing* dan *drying* (Shreir, L.L: 1994).

Phosphating merupakan bagian penting yang dilakukan pada proses *pretreatment* sebelum dilakukannya pelapisan. Proses ini dilakukan sebagai lapisan awal sebelum dilakukannya pelapisan cat. Pada industri-industri proses ini, sangatlah penting dilakukan karena dengan proses *phosphating* dapat menghasilkan pelapisan cat yang baik. Adapun tujuan dari proses ini adalah sebagai berikut:

- a. Peningkatan *adhesive* lapisan coating;
- b. Peningkatan perlindungan korosi;

- c. Tidak ada gangguan di proses *coating* karena kegagalan pada permukaan;
- d. Struktur lapisan homogen.

2.8 Perlindungan Cat

Pelindung berupa cat yang digunakan pada *powder coating* adalah merupakan bahan utama yang digunakan untuk melapisi logam yang akan dilapisi. Cat adalah suatu produk yang dapat berbentuk cair ataupun serbuk, terkandung di dalamnya suatu pigment, yang mana ketika diaplikasikan pada suatu substrat akan membentuk suatu lapisan film yang berfungsi untuk melindungi, dekorasi ataupun untuk meningkatkan sifat teknik tertentu (Forgesen, Amy, 2006).

Cat sendiri, memiliki kualitas tersendiri sesuai dengan tipe dan spesifikasi cat. Pemilihan cat juga tergantung dari aplikasi atau kegunaan material logam yang diaplikasikan. Adapun kualitas perlindungan cat sebagai berikut:

- a. Jenis bahan dasar cat
- b. Porositas yang dimiliki
- c. Ketebalan lapisan
- d. Sifat adhesifitas (daya ikat) cat dengan substrat
- e. Sifat kohesifitas (ketahanan) dari cat itu sendiri
- f. *Pretreatment*

2.8.1 Jenis-jenis Cat

Pada dasarnya jenis-jenis cat yang digunakan adalah tergantung kebutuhan yang diaplikasikan. Terdapat 2 jenis *powder coating* yang tersedia untuk melapisi permukaan suatu benda kerja:

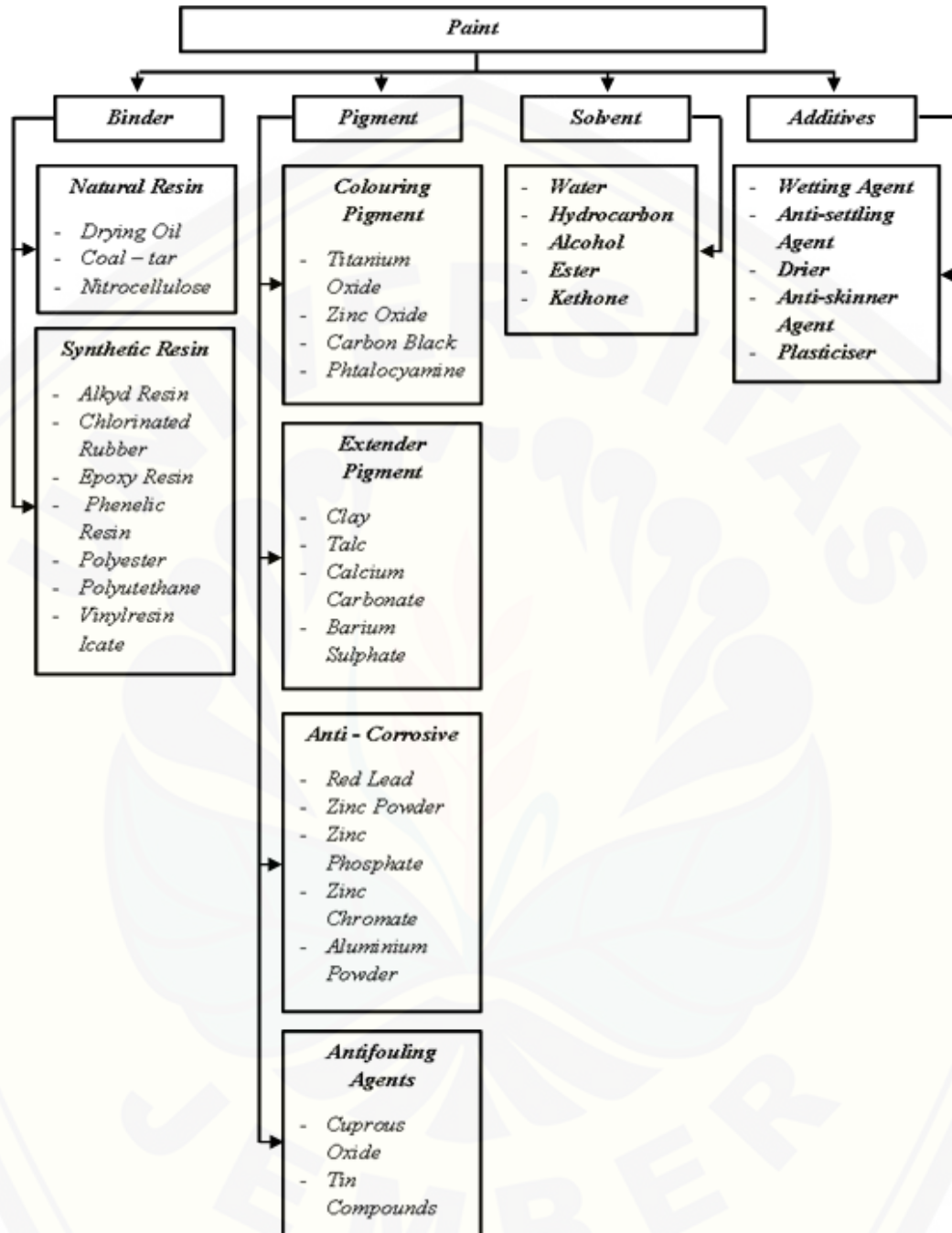
1. *Thermo plastic*; Material bubuk ini akan mengalami pencairan jika benda kerja mendapat perlakuan panas.
 - *Polyethylene*
 - *Polypropelene*

- *Nylon*
 - *Poly vinyl chloride (PVC)*
 - *Thermoplastic polyester*
2. *Thermosetting*; Merupakan bahan yang kuat dan tidak akan mencair kembali walaupun benda kerja mendapat perlakuan panas.
- *Epoxyes*
 - *Epoxy polyester hybrid*
 - *Urethane polyester*
 - *Acrylic – urethane*
 - *Trigycidyl isocyanurate*

2.8.2 Komposisi Cat

Cat umumnya tersusun dari bahan-bahan berikut ini (McKruit, 2001):

1. *Binder*/ Pengikat / Resin polimer
2. *Pigment*/pewarna
3. *Solvent* / Pelarut
4. Aditif



Gambar 2.14 Komponen-Komponen Penyusun Cat (Sumber: Jotun, *Jotun Paint School Modul Chapter 2 – What is Paint*, Jotun, Norwegian, 1998)

Bahan-bahan tersebut memiliki pengaruh penting terhadap sifat cat yang dihasilkan. Untuk mendapatkan suatu cat yang memuaskan bila dilihat dari aspek

teknik, kesehatan, keselamatan, lingkungan serta ekonomi sangatlah sulit. Perubahan kecil dalam komposisi cat dapat sangat mempengaruhi produk cat yang dihasilkan. Jika ada penambahan zat atau bahan lain yang tidak direkomendasikan oleh pembuat cat maka menyebabkan keseimbangan yang ada dalam cat akan terganggu sehingga dapat mengakibatkan perubahan sifat yang juga dapat berujung pada kegagalan aplikasi cat (ASTM Organization, 2003).

1. Pengikat (*Binder*)

Binder atau media pengikat merupakan komponen penting yang menentukan sifat-sifat fisik dan kimia cat. Komponen ini setelah mengalami pengeringan akan merupakan suatu lapisan yang saling berikatan dengan pigment-pigment yang tersebar didalamnya serta terikat pada substrat. *Binder* dan *pigment* ini akan menentukan sifat-sifat daya adhesi, elastisitas, tahan cuaca, tahan senyawa kimia, tahan cahaya/UV dan lain-lain.

2. *Pigment*

Pigment dapat dibedakan dalam beberapa jenis, yaitu *pigment* pewarna, *extender* atau biasa disebut *pigment* pengisi, *pigment* inhibisi dan juga *pigment* metalik. *Pigment* pewarna tentunya berfungsi untuk memberikan warna tertentu pada lapisan cat sehingga menambah nilai estetikanya. *Pigment* pewarna yang digunakan pada cat harus memiliki sifat (Pittsburgh, 1998):

- a. *High hiding power*
- b. *Colour fastness*
- c. *Non bleeding* (tidak larut dengan pelarut)
- d. Ketahanan kimia yang baik
- e. Dapat menyerap sinar ultraviolet

Extender pigmentts atau biasa disebut bahan pengisi atau *reinforcing pigmentts* memiliki fungsi tersendiri dalam sistem cat. Suatu *extender* umumnya berbentuk serbuk dan memiliki ukuran tertentu. *Extender* dapat dideskripsikan

sebagai suatu *pigment special* yang tidak atau sedikit memiliki sifat *hiding powder*. *Extender* biasa digunakan untuk mengganti sebagian *pigment* pewarna dan pelindung yang harganya mahal. Selain untuk memodifikasi harga, penggunaan *extender* ini juga dapat ditujukan untuk meningkatkan kualitas cat yaitu tidak mengalami *sagging* ketika diaplikasikan untuk lapisan yang tebal. Selain itu dengan menambahkan *extender* dengan komposisi tertentu maka akan didapat tingkat *glossy* yang baik dan konsistensi cat jika diaplikasikan dengan *spray*, *roll* dan *brush*. Selain itu *extender* juga dapat mencegah sedimentasi dari *pigment*, meningkatkan sifat mekanik, meningkatkan ketahanan cat terhadap air dan unsur kimia, membentuk lapisan pelindung radiasi sinar ultraviolet. “*Pigmentts are added to polymeric coatings for enhancing the protective characteristics of the barrier films that are deposited on metal surfaces to prevent corrosion*” (González, 2001). *Pigment* anti korosif terbagi menjadi 3 yaitu (Jotun, 1998):

a. *Inhibiting pigmentts.*

Inhibitive pigmentts biasa digunakan pada lapisan primer. *Pigment* ini memberikan pengaruh inhibitor dimana akan bereaksi dengan *moisture* yang terserap pada pori-pori lapisan cat dan mempasifkan lapisan agar lebih tahan korosi. Namun *pigment* ini tidak direkomendasikan bila digunakan pada aplikasi daerah yang basah karena dapat mempromosikan *osmosis blistering*.

b. *Metallic pigmentts.*

Metallic pigmentt ini melindungi korosi dengan cara proteksi katodik ditujukan agar cat memiliki permeabilitas terhadap air dan uap air yang rendah. *Flakes metallic pigmentt* ini sangat tidak tembus air (*impermeable*) sehingga *moisture* akan sulit untuk kontak langsung dengan substrat ditambah pengaruh proteksi katodik yang dimiliki oleh *pigment* ini. Jenisnya ada seng dan aluminium.

c. *Flake formed pigmentts*

Pigmentt yang berbentuk serpihan seperti *micaceous iron oxide (MIO)*,

memiliki perlindungan terhadap *moisture* yang lebih bagus dibanding *pigment* yang berbentuk bulat. Karena *pigment* jenis ini akan membuat jalur masuk *moisture* ke substrat lebih sulit. Dan memiliki ketahanan terhadap penyusutan yang lebih baik. Jenis lainnya adalah *pigment* yang bersifat racun. *Pigment* ini adalah untuk cat anti *fouling* dimana *pigment* ini berfungsi untuk mencegah *fouling* (tumbuhan atau hewan yang hidup menempel pada struktur yang dilindungi). Contoh *pigment* ini adalah Cu_2O , HgO dan lain-lain.

3. Pelarut (*solvent*)

Pelarut adalah suatu cairan yang digunakan untuk melarutkan bahan pengikat di dalam cat serta untuk mengatur viskositas cat. Selain itu, pelarut ini juga menentukan sifat seperti kecepatan pengeringan cat, alur *spray*, karakteristik penguasaan dan gloss. Bahan pengikat atau resin tertentu ada yang sudah memiliki viskositas rendah jadi tidak perlu menggunakan pelarut. Namun kebanyakan dari bahan pengikat adalah suatu material padat ataupun material yang memiliki viskositas tinggi dan harus dilarutkan dalam pelarut organik. Beberapa jenis bahan pengikat seperti epoksi yang berbasis air ada juga yang dapat larut dalam air. Kebanyakan orang yang melakukan pengecatan tidak peduli terhadap pengaruh penambahan pelarut ketika pengaplikasian cat. Terlalu banyak pelarut atau penambahan *thinner* akan mengakibatkan terjadinya *sagging* dan pembentukan *pinhole* ketika terjadi penguapan pelarut pada lapisan cat (Pittsburgh, 1998).

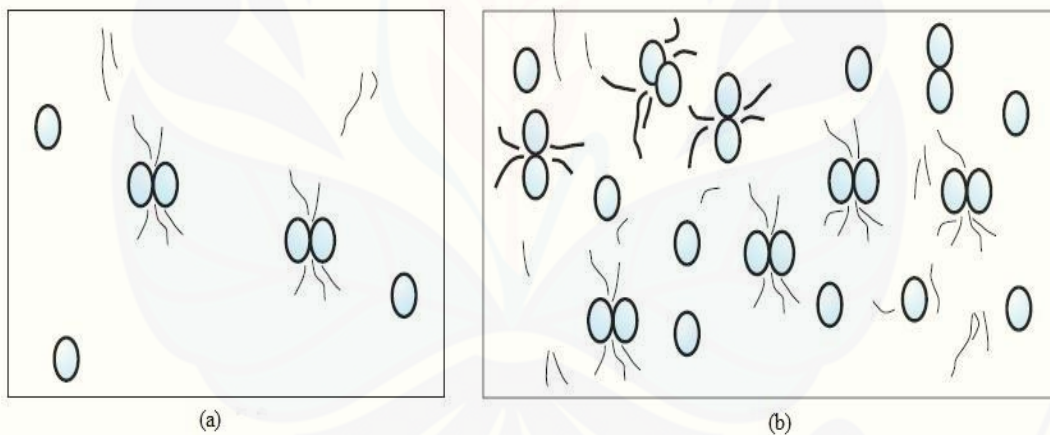
2.9 Percepatan Reaksi Kimia

Percepatan proses *phosphating* dalam praktek, reaksi *phosphating* cenderung lambat karena polarisasi disebabkan oleh hidrogen yang berevolusi dalam reaksi katodik. Untuk mencapai lapisan pembentukan dalam waktu yang praktis, beberapa mode akselerasi harus digunakan. Berbagai cara percepatan pembentukan lapisan

phosphate dapat secara luas diklasifikasikan menjadi beberapa metode (Johari, 2011), diantaranya adalah:

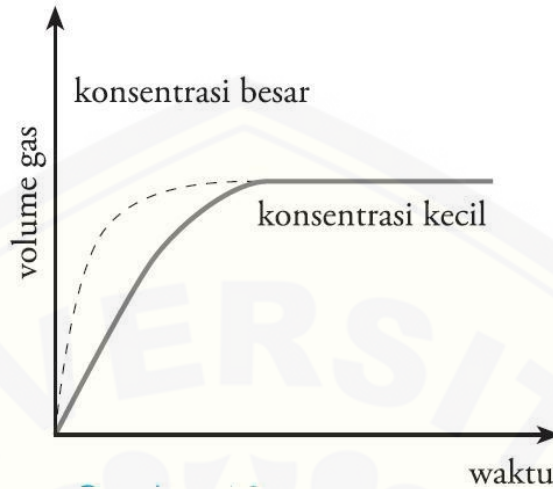
2.9.1 Konsentrasi

Semakin besar konsentrasi, semakin besar pula kemungkinan partikel saling bertumbukan, sehingga reaksi bertambah cepat. Banyaknya zat terlarut di dalam sejumlah pelarut disebut konsentrasi. Semakin banyak pereaksi (zat terlarut), maka akan semakin besar pula konsentrasi larutan. Suatu larutan dengan konsentrasi tinggi mengandung partikel yang lebih banyak, jika dibandingkan dengan larutan dengan konsentrasi yang lebih rendah. Pada konsentrasi tinggi, memungkinkan tumbukan yang terjadi akan lebih banyak, sehingga membuka peluang semakin banyak tumbukan efektif yang menyebabkan laju reaksi menjadi lebih cepat. Akibatnya, hasil reaksi akan lebih cepat terbentuk. Beberapa contoh diantaranya adalah sebagai berikut:



Gambar 2.15 Tumbukan partikel (a) tumbukan yang terjadi pada konsentrasi kecil, (b) tumbukan yang terjadi pada konsentrasi besar (iqrom, 2013(online)).

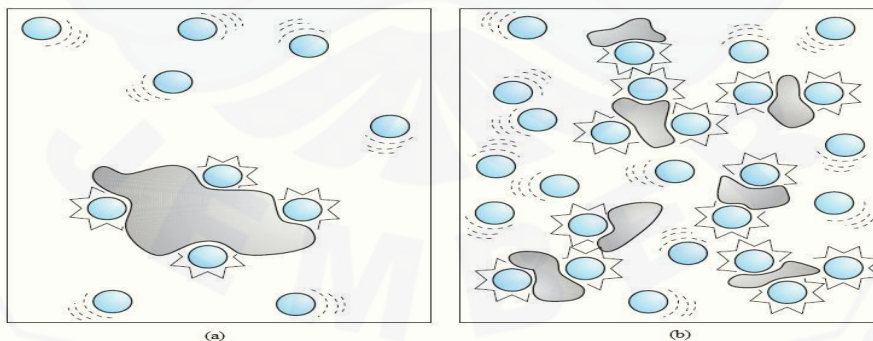
Apabila dibuat sebuah grafik yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi dengan laju reaksi, maka dihasilkan grafik seperti pada Gambar 2.16 Grafik menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi, semakin cepat pula laju reaksinya.



Gambar 2.16 Grafik pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi (iqrom, 2013(online)).

2.9.2 Luas Permukaan Sentuhan

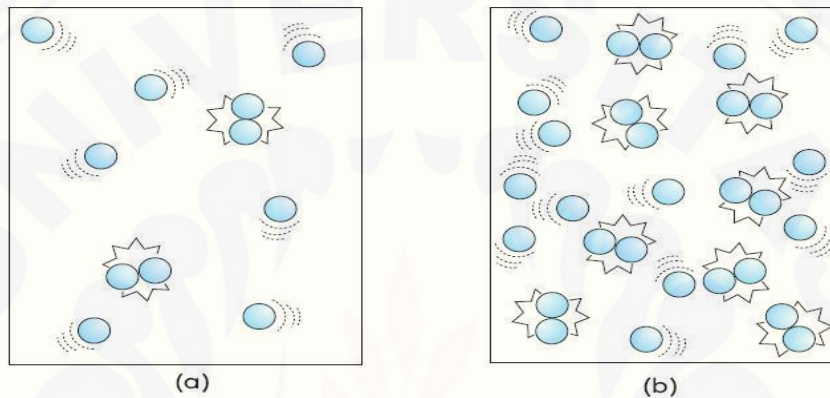
Semakin kecil ukuran suatu zat padat maka luas permukaan bidang sentuh zat padat tersebut semakin besar sehingga semakin cepat reaksi berlangsung. Bubuk zat padat biasanya menghasilkan reaksi yang lebih cepat dibandingkan sebuah bongkahan zat padat dengan massa yang sama, karena bubuk padat memiliki luas permukaan bidang sentuh yang lebih besar daripada sebuah bongkahan zat padat. Suatu zat akan bereaksi hanya jika zat tersebut bercampur atau bersentuhan dan terjadi tumbukan. Tumbukan tersebut terjadi antar luas permukaan bidang sentuh dari masing-masing molekul (McCash, 2011).



Gambar 2.17 Tumbukan antar partikel pada (a) permukaan kecil dan (b) permukaan besar (iqrom, 2013(online)).

2.9.3 Suhu (Temperatur)

Partikel-partikel dalam zat selalu bergerak. Jika suhu zat dinaikkan, maka energi kinetik partikel-partikel akan bertambah sehingga tumbukan antar partikel akan mempunyai energi yang cukup untuk melampaui energi pengaktifan. Hal ini akan menyebabkan lebih banyak terjadi tumbukan yang efektif dan menghasilkan reaksi.

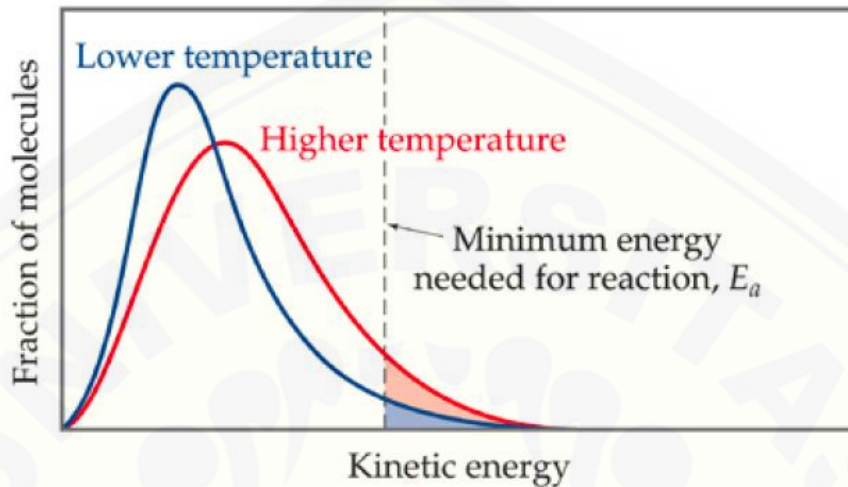


Gambar 2.18 (a) tumbukan antar partikel pada suhu rendah, (b) tumbukan antar partikel pada suhu tinggi (iqrom, 2013(online)).

Pada umumnya, setiap kenaikan suhu sebesar 10°C , reaksi akan berlangsung dua kali lebih cepat (Arrhenius, 1889). Dengan demikian, apabila laju reaksi awalnya diketahui, kita dapat memperkirakan besarnya laju reaksi berdasarkan kenaikan suhunya. Kenaikan laju reaksi ini dapat dijelaskan dari gerak molekulnya. Molekul-molekul dalam suatu zat kimia selalu bergerak-gerak. Kemungkinan terjadi tabrakan antar molekul yang ada dapat terjadi. Tetapi tabrakan itu belum berdampak apa-apa bila energi yang dimiliki oleh molekul-molekul itu tidak cukup untuk menghasilkan tabrakan yang efektif. Energi yang diperlukan untuk menghasilkan tabrakan yang efektif atau untuk menghasilkan suatu reaksi disebut energi pengaktifan energi kinetik molekul-molekul tidak sama (Charles, 1992).

Oleh karena itu, pada suhu tertentu ada molekul-molekul yang bertabrakan secara efektif dan ada yang bertabrakan secara tidak efektif. Dengan kata lain, ada tabrakan yang menghasilkan reaksi kimia ada yang tidak menghasilkan reaksi kimia.

Energi minimum yang diperlukan disebut dengan reaksi aktivasi energi. Keadaan dari energi aktivasi dapat digambarkan pada distribusi Maxwell-Boltzmann seperti ini:



Gambar 2.19 Grafik Distribusi Maxwell-Boltzmann dan energi aktivasi (Maxwell-Boltzmann, 2009 (online)).

Hanya partikel-partikel yang berada pada area di sebelah kanan dari aktivasi energi yang akan bereaksi ketika mereka bertumbukan. Sebagian besar dari partikel tidak memiliki energi yang cukup dan tidak menghasilkan reaksi. Untuk mempercepat reaksi, diperlukan peningkatan jumlah partikel-partikel energik, partikel-partikel yang memiliki energi sama atau lebih besar dari aktivasi energi. Peningkatan suhu merupakan pengaruh yang tepat. Meningkatkan suhu reaksi berarti menambahkan energi. Energi diserap oleh partikel-partikel sehingga energi kinetik molekul menjadi lebih besar. Akibatnya, partikel-partikel bergerak lebih cepat dan tabrakan dengan dampak benturan yang lebih besar makin sering terjadi. Dengan demikian, benturan antar partikel yang mempunyai energi kinetik yang cukup tinggi itu menyebabkan reaksi kimia juga makin banyak terjadi.

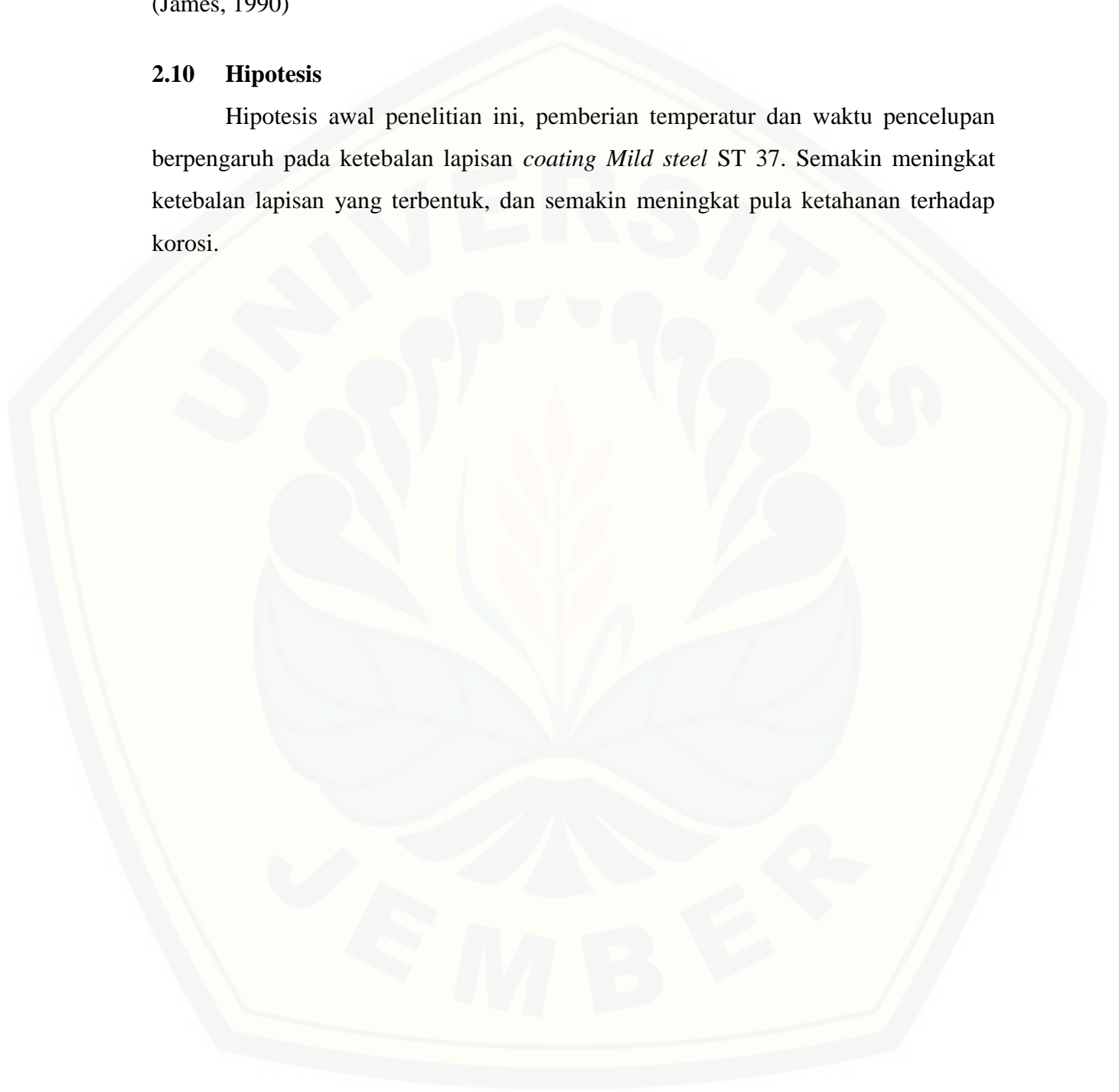
2.9.4 Percepatan kimia (*Accelerator*)

Reaksi yang berlangsung lambat dapat dipercepat dengan memberi zat lain tanpa menambah konsentrasi atau suhu reaksi. Zat tersebut disebut *accelerator*. *Accelerator* dapat mempercepat laju reaksi, tetapi tidak mengalami perubahan kimia

secara permanen sehingga pada akhir reaksi zat tersebut dapat diperoleh kembali (James, 1990)

2.10 Hipotesis

Hipotesis awal penelitian ini, pemberian temperatur dan waktu pencelupan berpengaruh pada ketebalan lapisan *coating Mild steel ST 37*. Semakin meningkat ketebalan lapisan yang terbentuk, dan semakin meningkat pula ketahanan terhadap korosi.



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian dan Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penggabungan percobaan yang ada di lapangan dengan pegkajian literatur yang telah didapatkan baik dari jurnal, buku. Dalam penelitian ini mencakup bagaimana pengaruh variasi temperatur dan waktu pencelupan pada proses *phosphating* di aplikasi *powder coating mild steel ST 37*. Rancangan penelitian dengan menggunakan penelitian faktorial dimana penelitian ini berdasarkan faktor temperatur dan lama waktu pencelupan yang dilakukan dalam larutan *phosphating*.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan spesimen terlebih dahulu dan melakukan pengujian terhadap spesimen yang telah dibuat tersebut. Untuk pembuatan spesimen uji dilakukan di PT. Sinar Industri Panel – Malang. Untuk proses *pre-treatment* dilakukan di Laboratorium Manufaktur Kemasan Fakultas Teknik Universitas Jember, dan pengujian menggunakan *salt spray test* dilakukan di Laboratorium metalurgi - ITS. Penelitian ini dilakukan selama 4 bulan yaitu bulan januari sampai dengan april 2015.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan sebagai berikut:

1. Neraca digital (*camry* tipe EHA 401)
2. Alat uji ketebalan/*thickness gauge* (*mini test* tipe 600)
3. Alat uji *salt spray* (tipe *chamber*)
4. Bak penampung larutan 4 buah (1000 ml)
5. Kompor gas

6. Termometer kaca (air raksa)
7. Gelas kaca (20 ml)
8. Oven
9. *Spray gun* (Wagner tipe *PEM-X1 Corona manual gun*)
10. Sikat halus
11. Kamera 13 MP, 4128x3096 pixels (Xiaomi tipe *Redmi Note*)
12. Gergaji besi (12 inch)

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Spesimen *Mild Steel* ST 37 (dimensi: 600 mm x 400 mm x 3 mm)
2. Larutan *pickling* (HCl)
3. Larutan *Water Rinse* (air)
4. Larutan *surfacing* (Prepalene PLX-HG)
5. Larutan *phosphating* (H₃PO₄) *accelerator* (HNO₂)
6. Cat *powder* (*corro-coat* MX 8003)

3.4 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan penelitian.
2. Memotong bahan spesimen uji *Mild Steel* ST 37 hingga sesuai dengan dimensi yang diinginkan sejumlah 48 buah spesimen.
3. Memberi lubang pada spesimen uji, dan memberikan nomor pada tiap spesimen.
4. Menimbang berat awal spesimen.
5. Melakukan proses *pre-treatment* spesimen uji.
6. Mengeringkan spesimen uji pada mesin oven dengan suhu 70 °C selama 10 menit.

7. Melakukan pengecatan menggunakan cat *powder corro-coat* MX 8003 pada *spraying booth*.
8. Melakukan pemanasan pada oven dengan temperatur 190 °C dalam waktu 15 menit.
9. Melakukan pengujian ketebalan lapisan cat menggunakan alat uji *thickness gauge*.
10. Menimbang berat spesimen sebelum dilakukan pengujian *salt spray*.
11. Melakukan pengujian *salt spray* sesuai standart ASTM B117.
12. Menimbang berat spesimen dan melakukan perhitungan laju korosi pada tiap spesimen.
13. Analisis data dan kesimpulan.

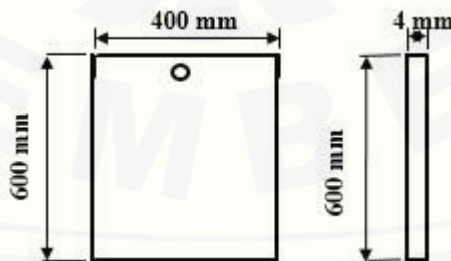
3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Persiapan Alat

Persiapan alat dilakukan sebelum melakukan proses pelapisan *powder coating*. Persiapan tersebut dapat berupa pengecekan fungsi-fungsi peralatan yang dibutuhkan agar tidak menimbulkan masalah saat proses penelitian berjalan.

3.5.2 Persiapan dan Pembuatan Spesimen Uji

Persiapan spesimen dilakukan dengan melakukan pemotongan material yang digunakan sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah *mild steel* ST 37. Adapun dimensi material yang digunakan sebagai berikut:



Gambar 3.1 Penampang Spesimen Uji

Keterangan:

Panjang = 600 mm

Lebar = 400 mm

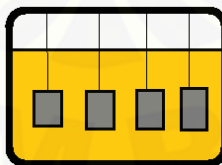
Tinggi = 4 mm

Adapun persiapan yang dilakukan dengan cara memotong spesimen uji menggunakan gergaji potong, dan melakukan pengikiran untuk mendapatkan kerataan pada bagian-bagian ujung spesimen sesuai dengan dimensi yang diinginkan. Kemudian dilakukan pengeboran dengan diameter 5 mm sebagai tempat pengait material saat dilakukannya pelapisan serbuk. Setelah persiapan tersebut dilakukan, selanjutnya adalah pengambilan data awal dengan cara menimbang berat spesimen sebelum dilakukannya proses *pre-treatment*.

3.5.3 *Pre-treatment*

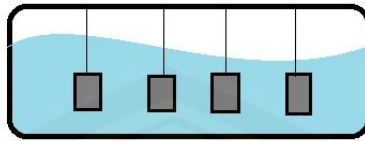
Proses *pretreatment* ini dilakukan sebagai proses awal sebelum dilakukannya pelapisan. Proses ini dilakukan agar proses pelapisan dapat berjalan dengan baik yaitu menempelnya serbuk cat pada permukaan substrat. Proses ini dilakukan dengan cara merendam logam kedalam 5 larutan yang bertujuan untuk memberikan perlakuan awal agar spesimen uji memiliki ketahanan korosi yang baik dan memiliki sifat adhesif yang baik.

- a. *Pickling*, proses yang dilakukan dengan cara merendam spesimen kedalam larutan asam klorida (HCl) selama 15 menit pada suhu ruangan.



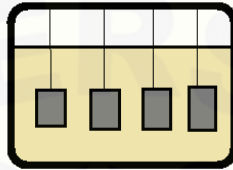
Gambar 3.2 Perendaman Spesimen Dalam Larutan HCL

- b. *Water rinse*, proses pembilasan spesimen yang telah direndam dalam larutan *pickling* selama 1 menit pada suhu ruangan.



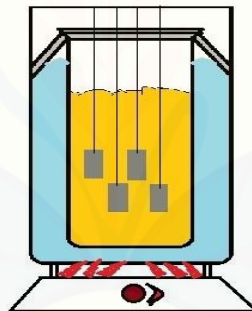
Gambar 3.3 Pembilasan Spesimen Dalam Air Bersih

- c. Perendaman pada larutan *surfacing* selama 2 menit pada suhu ruangan.



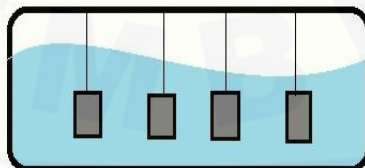
Gambar 3.4 Perendaman Spesimen Dalam Larutan *Surfacing*

- d. Perendaman pada larutan *phosphating* dengan temperatur (27 °C, 50 °C dan 75 °C) dan lama waktu pencelupan adalah 6 menit, 9 menit, 12 menit, 15 menit (yang telah divariasikan).



Gambar 3.5 Perendaman Dan Pemanasan Spesimen Dalam Larutan *Phosphating*

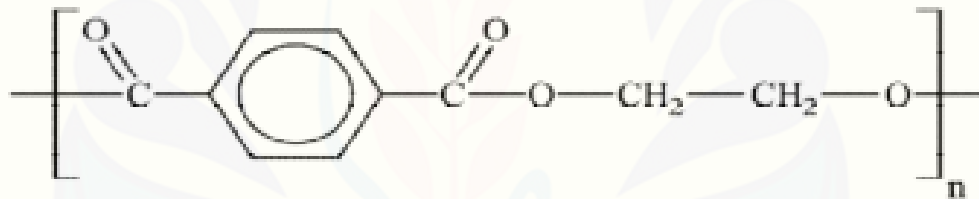
- e. *Water rinse*, proses pembilasan spesimen selama 1 menit pada suhu kamar.



Gambar 3.6 Pembilasan Spesimen Dalam Air Bersih

3.5.4 Coating

Proses *coating* dilakukan setelah melalui proses *pre-treatment*. Proses ini dilakukan dengan cara menyemprotkan serbuk cat pada permukaan spesimen. Proses penyemprotan tersebut dengan cara menyemprotkan cat secara *pneumatic* dari *reservoir* dengan arus listrik. Tipe cat serbuk yang digunakan pada penelitian ini adalah *corro-coat* MX 8003, Cat ini merupakan jenis *polyester* yang memiliki sifat tahan korosi, stabilitas warna, dan aliran seragam yang baik. *Polyester* merupakan polimer yang mengandung *ester* dan termasuk zat kimia yang alami. Nama lazim dari poliester adalah (*polietilen tereftalat*) (Arifin, 2008). Resin sintetis poliester sangat banyak, dapat termosett maupun termoplastik, pemakaiannya sangat luas. Resin Poliester dengan mereaksikan *dihidrik alcohol* dengan asam *dikarboksilat*, dapat dimodifikasi dengan minyak tanah dan asam lemak menghasilkan resin *alkid*.



Gambar 3. 7 Poliester (*polyethylene Terephthalate*) (Sumber: Kurniawan:2013)

Polyester merupakan bahan *thermosetting* yang banyak beredar dipasaran karena harganya yang relatif murah dan dapat diaplikasikan untuk berbagai macam penggunaan (Lumintang, 2011). Material yang dicat dihubungkan dengan arus listrik negative dengan cara dihubungkan dengan tanah (*grounding*). Namun, sebelum di *coating* spesimen terlebih dahulu dikeringkan, proses pengeringan ini dilakukan dengan cara memasukkan spesimen kedalam oven selama 10 menit dengan temperatur 70 °C. hal ini bertujuan untuk mengeringkan spesimen uji agar kandungan air dan larutan dalam spesimen mengurang dibagian luar ataupun dibagian dalam spesimen. Setelah dilakukan proses *coating* kemudian dilanjutkan dengan proses oven dalam waktu 15 menit dengan temperatur 190 °C yang bertujuan untuk memanaskan serbuk cat agar serbuk cat dapat menempel pada spesimen uji.

3.5.5 Pengujian ketebalan lapisan cat

Pengujian ketebalan lapisan cat ini dilakukan setelah spesimen mengalami proses pelapisan serbuk cat dan telah dikeringkan. Uji *thickness* ini dilakukan untuk mengetahui ketebalan lapisan cat yang telah dilakukan proses *coating*. Ketebalan tersebut apakah akibat pengaruh hasil perlakuan variasi yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu variasi temperatur dan lama waktu penelupan kedalam larutan *phosphating*. Pengukuran ini menggunakan alat *thickness gauge* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 *Coating Thickness Gauge*

Pengukuran ketebalan tersebut dilakukan dengan cara mengukur pada 3 titik yang berbeda pada permukaan spesimen yang telah dilapisi cat. Tujuannya adalah untuk mengetahui kerataan hasil pelapisan serbuk pada permukaan spesimen. Sehingga untuk mengetahui ketebalan lapisan cat serbuk diperoleh dengan cara merata-rata nilai yang diperoleh dari ke 3 titik yang telah diukur.

3.5.6 Pengujian *Salt Spray*

Metoda pengujian dengan sembur kabut garam (*salt spray test*) dilakukan secara berkesinambungan selama 168 jam, sesuai dengan standar ASTM B117. Pengujian dilakukan di laboratorium metalurgi ITS. Pengujian *salt spray* dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan korosi suatu logam dengan cara memberikan efek kabut garam terhadap material logam tersebut. Dengan kondisi pengujian *salt spray test* :

5. Lubang pengendali tekanan
6. Larutan NaCl
7. Udara tekan

3.6 Analisis Data

3.6.1 Analisis dengan Metode Gravimetri

Metode yang digunakan setelah dilakukannya pengujian *salt spray test* adalah dengan cara metode gravimetri. Metode ini dilakukan dengan cara menghitung laju korosi berdasarkan berat yang hilang terhadap waktu (Uhlig, H.H. dkk, 2000). Tentunya sebelum menghitung menggunakan rumus metode ini dilakukan penimbangan berat spesimen yang telah dilakukan uji *slat spray test*. Untuk menghitung laju korosinya menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Laju korosi} = \frac{240000 \times w}{a \times T \times D} \text{ (mdd)} \dots \dots \dots (3.1)$$

Dimana :

Mdd = laju korosi, ($mg / dm^2 \text{ day}$)

W = berat yang hilang, (g)

a = luas, (cm^2)

T = waktu, (jam)

D = *density*, (g/cm^3)

Data yang dihasilkan adalah menghitung masa benda uji sebelum dan setelah perendaman untuk dibandingkan. Konversi satunya adalah massa perluasan terhadap waktu perendaman (mdd) pada *mild steel* ST 37.

3.6.2 Eksperimen 2 Faktorial

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Uji statistik yang dilakukan dalam penelitian ini adalah eksperimen faktorial. Penggunaan eksperimen faktorial ini, karena terdapat lebih dari satu faktor yang mempengaruhi sesuatu yang diamati.

Seperti yang ada dalam penelitian ini yaitu pengaruh temperatur dan waktu pencelupan *phosphating* pada pelapisan *powder coating* terhadap ketebalan lapisan laju korosi. Dengan menggunakan analisis tersebut, sehingga dapat melihat apakah terdapat pengaruh dari variasi yang dilakukan terhadap laju korosi tersebut (Sastrosupadi, 2000). Bentuk Eksperimen Faktorial model Rancangan Acak Lengkap dari data hasil percobaan Y_{ijk} dapat dinyatakan dengan model matematis:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \dots \dots \dots (3.2)$$

Dengan, $i = 1, 2$ dan 3

$j = 1, 2, 3$ dan 4

$k = 1, 2, 3$ dan 4

Dimana :

Y_{ijk} : Pengamatan pada faktor A taraf ke- i , faktor B taraf ke- j dan ulangan ke- k

μ : Rataan umum

α_i : Pengaruh faktor A taraf ke- i

β_j : Pengaruh faktor B taraf ke- j

$(\alpha\beta)_{ij}$: Pengaruh interaksi dari faktor A taraf ke- i dan faktor B taraf ke j

ε_{ijk} : Pengaruh acak pada faktor A taraf ke- i , faktor B taraf ke- j dan ulangan ke- k

Model matematik tersebut memperlihatkan bahwa data Y_{ijk} merupakan nilai-nilai rataan (μ) yang bervariasi sebagai akibat adanya pengaruh perlakuan (α_i), perlakuan (β_j), dan galat (ε_{ijk}) akibat adanya ulangan. Asumsi model acak ialah:

$$\alpha_i \sim N(0, \sigma^2_{\alpha}), \beta_j \sim N(0, \sigma^2_{\beta}), (\alpha\beta)_{ij} \sim N(0, \sigma^2_{\alpha\beta}) \dots \dots \dots (3.3)$$

Model Acak merupakan model dimana perlakuan-perlakuan yang dicobakan merupakan sampel acak dari populasi perlakuan dan kesimpulan yang diperoleh berlaku secara umum untuk seluruh populasi perlakuan.

A. Uji Hipotesis

Hipotesis adalah suatu pernyataan yang masih lemah kebenarannya dan perlu dibuktikan atau dugaan yang sifatnya masih sementara. Pengujian hipotesis akan menghasilkan keputusan menerima atau menolak hipotesis. Penolakan suatu hipotesis bukan berarti disimpulkan bahwa hipotesis salah, dimana bukti yang tidak konsisten dengan hipotesis. Penerimaan hipotesis sebagai akibat tidak cukupnya bukti untuk menolak dan tidak berimplikasi bahwa hipotesis itu pasti benar. Pada penelitian ini ditetapkan nilai taraf signifikansi α sebesar 5% atau 0,05 dengan artian ada kemungkinan satu diantara seratus keputusan penolakan hipotesis nol adalah keputusan yang keliru (Sastrosupadi, 2000). Model acak untuk membuktikan hipotesis bahwa uji F dilakukan untuk membandingkan besaran pengaruh perlakuan (KTP) atau pengaruh kontrol lokal (pengelompokan) dengan efek kondisi (galat) (KTG). Model acak untuk membuktikan Hipotesis bahwa:

1. Hipotesis pengaruh utama faktor A

H_0 : Faktor A tidak berpengaruh terhadap respon yang diamati

H_a : Faktor A berpengaruh positif terhadap respons yang diamati

- Jika nilai sig (A) $> \alpha$, maka H_0 diterima, H_a ditolak
- Jika nilai sig (A) $< \alpha$, maka H_0 ditolak, H_a diterima

2. Hipotesis pengaruh utama faktor B

H_0 : Faktor B tidak berpengaruh terhadap respons yang diamati

H_a : Faktor B berpengaruh positif terhadap respons yang diamati

- Jika nilai sig (B) $> \alpha$, maka H_0 diterima, H_a ditolak
- Jika nilai sig (B) $< \alpha$, maka H_0 ditolak, H_a diterima

3. Hipotesis pengaruh interaksi

H_0 : Faktor A dan faktor B tidak berpengaruh terhadap respons yang diamati

H_a : Faktor A dan faktor B berpengaruh positif terhadap respons yang diamati

- Jika nilai sig (A*B) $> \alpha$, maka H_0 diterima, H_a ditolak
- Jika nilai sig (A*B) $< \alpha$, maka H_0 ditolak, H_a diterima

Kriteria Pengambilan Keputusan :

1. Jika taraf signifikan $> \alpha$, maka hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu pencelupan dan temperatur tidak berpengaruh terhadap ketebalan lapisan atau dengan kata lain Terima H_0 dan Tolak H_a
2. Jika taraf signifikan $< \alpha$, maka hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu pencelupan dan temperatur berpengaruh terhadap ketebalan lapisan atau dengan kata lain Tolak H_0 dan Terima H_a

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan:

- a. waktu pencelupan (faktor A) terhadap ketebalan lapisan cat. Faktor waktu pencelupan tersebut dilakukan dengan beberapa waktu yaitu 6 menit, 9 menit, 12 menit, dan 15 menit dengan variasi temperatur (faktor B) yaitu suhu ruangan ($^{\circ}\text{C}$), 50°C , dan 75°C . Rancangan yang digunakan adalah Percobaan Faktorial dengan 4 kali ulangan (r).
- b. Ketebalan lapisan (faktor A) terhadap nilai laju korosi. Faktor A tersebut dilakukan dengan beberapa variasi yang dihasilkan dari perlakuan pertama dengan variasi waktu (faktor B) yaitu pengujian *salt spray test* selama 7 hari dengan pengambilan data setiap 24 jam.

B. Metode Rancangan Acak Lengkap

Pada Rancangan acak lengkap ada dua sumber keragaman yaitu sumber keragaman perlakuan dan sumber keragaman galat. Besar nilai kedua komponen sumber keragaman inilah yang menentukan perbedaan antar perlakuan. Dalam penelitian ini menggunakan Metode Rancangan acak lengkap sama yaitu bila jumlah perlakuan sama (p) dan setiap perlakuan diulang (n) kali level maka, dapat dibuat tabel hasil pengamatan dengan pola Acak yang disajikan dalam tabel 2.3 yaitu tabel Anova sebagai berikut:

Tabel 3.1 Tabel Anova

Sumber keragaman (SK)	Derajat bebas (DB)	Jumlah kwadrat (JK)	Kwadrat tengah (KT)	F hitung	Sig.
Perlakuan	AB-1	$\frac{\sum (\sum y_j)^2}{r} - FK$	JKP/DBP	KTP/KTG	
A	A-1	$\frac{\sum (\sum y_j)^2}{rB} - FK$	JKA/DBA	KTA/KTG	
B	B-1	$\frac{\sum (\sum y_j)^2}{rA} - FK$	JKB/DBB	KTB/KTG	
AB	(A-1)(B-1)	JKP-JKA-JKB	JKAB/DBAB	KTAB/KTG	
Galat	AB(r-1)	JKT-JKP	JKG/DBG		
Total	(ABr-1)	$\sum (\sum_{ijk})^2 - FK$			

Keterangan:

- Perlakuan faktor A = A
- Perlakuan faktor B = B
- Jumlah ulangan = r
- Derajat bebas perlakuan (DBP) = AB - 1
- Derajat bebas faktor A (DBA) = A - 1
- Derajat bebas faktor B (DBB) = B - 1
- Derajat bebas faktor AB (DBAB) = (A - 1) (B - 1)
- Derajat bebas galat (DBG) = AB (r - 1)
- Derajat bebas total (DBT) = (ABr - 1)
- Faktor koreksi (FK) = $\frac{(\sum y_j)^2}{A \times B \times r}$
- Jumlah kwadrat total (JKT) = $\sum (\sum_{ijk})^2 - FK$
- Jumlah kwadrat perlakuan (JKP) = $\frac{\sum (\sum y_j)^2}{r} - FK$

- m. Jumlah kwadrat faktor A (JKA) $= \frac{\sum (\sum y_j)^2}{r_B} - FK$
- n. Jumlah kwadrat faktor B (JK faktor B) $= \frac{\sum (\sum y_j)^2}{r_A} - FK$
- o. Jumlah kwadrat faktor AB (JK faktor AB) $= JKP - JKA - JKB$
- p. Jumlah kwadrat galat (JKG) $= JKT - JKP$
- q. Kwadrat tengah perlakuan (KTP) $= JKP / DBP$
- r. Kwadrat tengah faktor A (KTA) $= JKP / DBA$
- s. Kwadrat tengah faktor B (KTB) $= JKP / DBB$
- t. Kwadrat tengah faktor AB (KTAB) $= JKP / DBAB$
- u. Kwadrat tengah galat (KTG) $= JKG / DBG$

3.6.3 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dari sebelum proses pelapisan, setelah pelapisan, dan setelah dilakukannya pengujian *salt spray test*. Fungsinya adalah untuk mempermudah penelitian yang sedang dilakukan dan mendapatkan hasil penelitian tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan temperatur dan waktu pencelupan. Pengambilan data dilakukan setiap 24 jam dalam total waktu 168 jam. Setiap variasi dilakukan pengulangan sebanyak 4 kali guna memperoleh hasil yang valid.

Tabel 3.2 Pengukuran Data Tebal Lapisan *Powder Coating* (Mm)

No.	Temperatur (°C)	Waktu Pencelupan (menit)	Harga Ketebalan Lapisan Cat (µm)			Rata-Rata Ketebalan
			Atas	Tengah	Bawah	
1	27	6				
2						
3						
4						
5		9				
6						
7						
8						
9		12				
10						
11						
12						
13		15				
14						
15						
16						
17	50	6				
18						
19						
20						
21		9				
22						
23						
24						
25		12				
26						
27						
28						
29		15				
30						
31						
32						

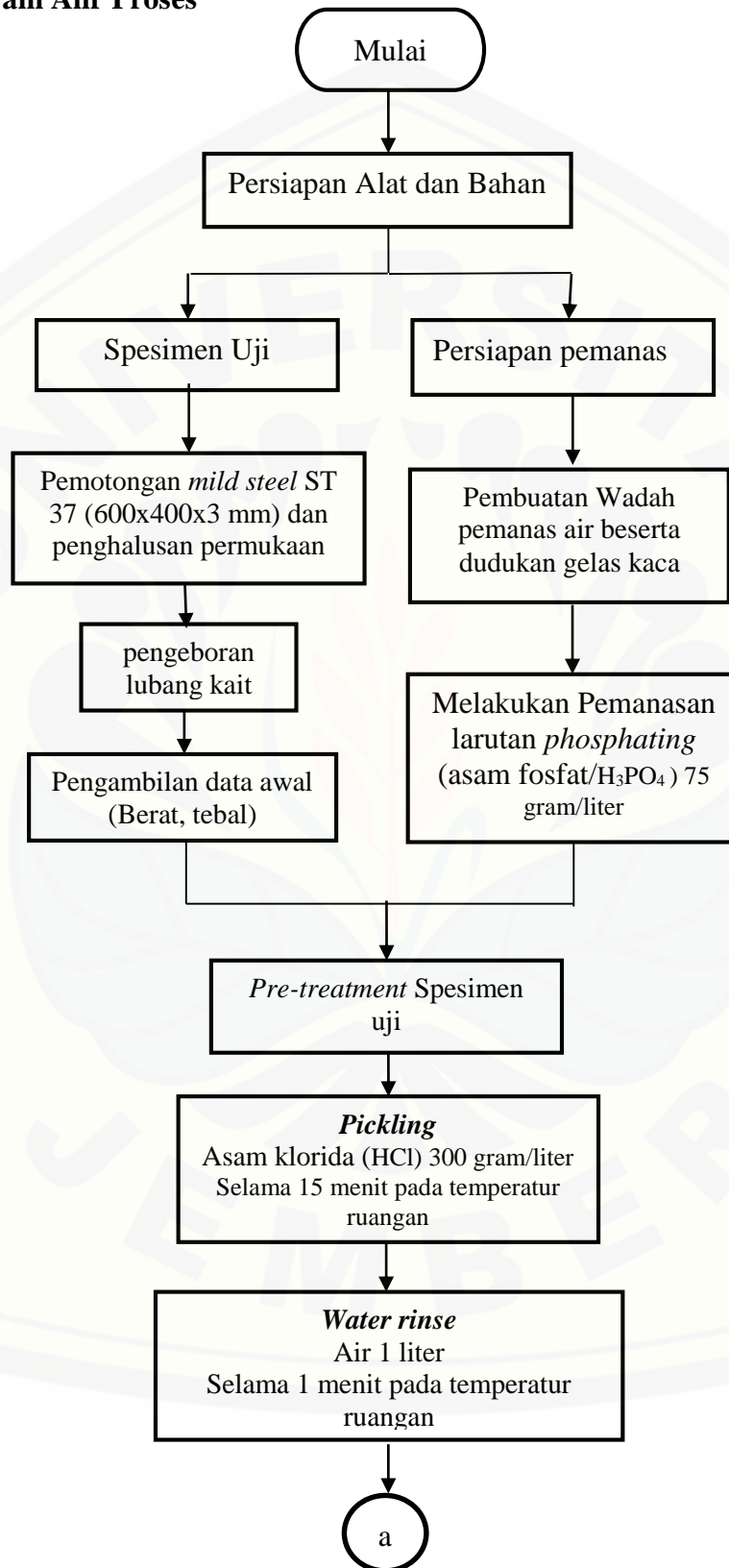
(lanjutan tabel 3.2)

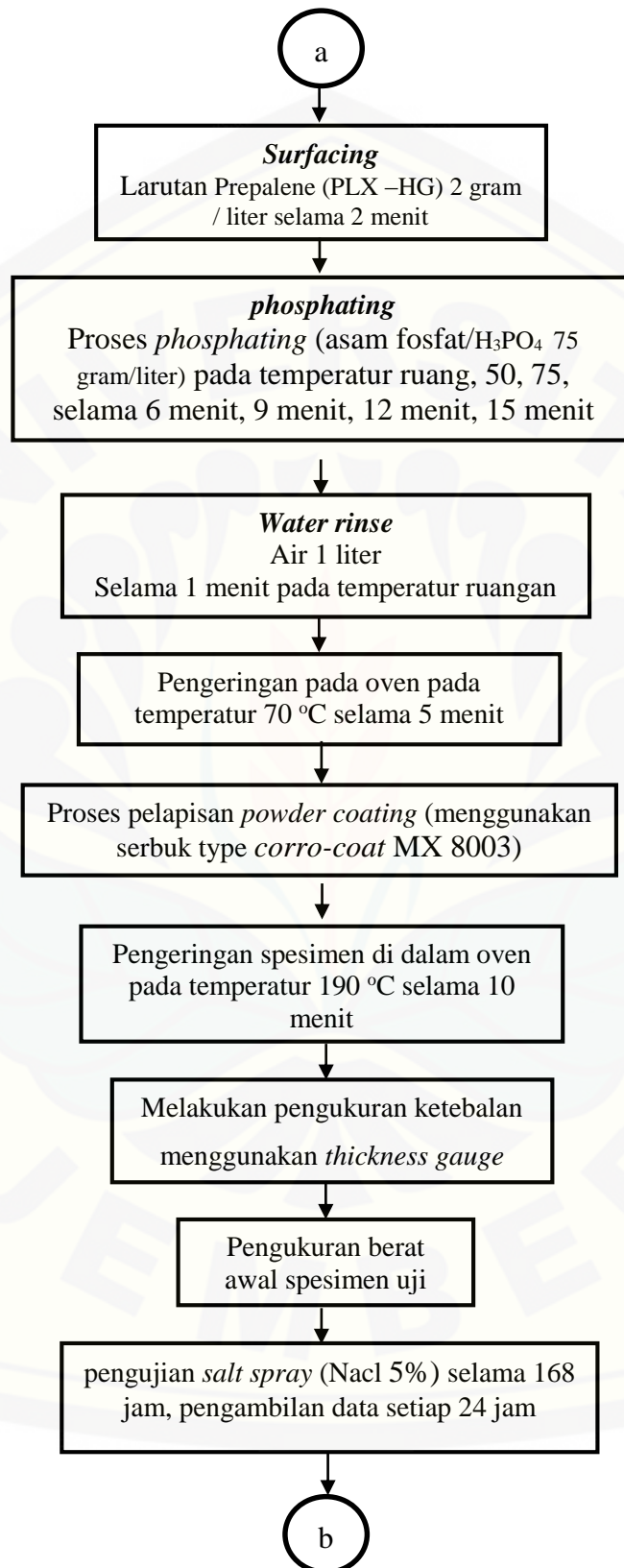
No.	Temperatur (°C)	Waktu Pencelupan (menit)	Harga Ketebalan Lapisan Cat (μm)			Rata-Rata Ketebalan
			Atas	Tengah	Bawah	
33	75	6				
34						
35						
36		9				
37						
38						
39		12				
40						
41						
42						
43		15				
44						
45						
46						
47						
48						

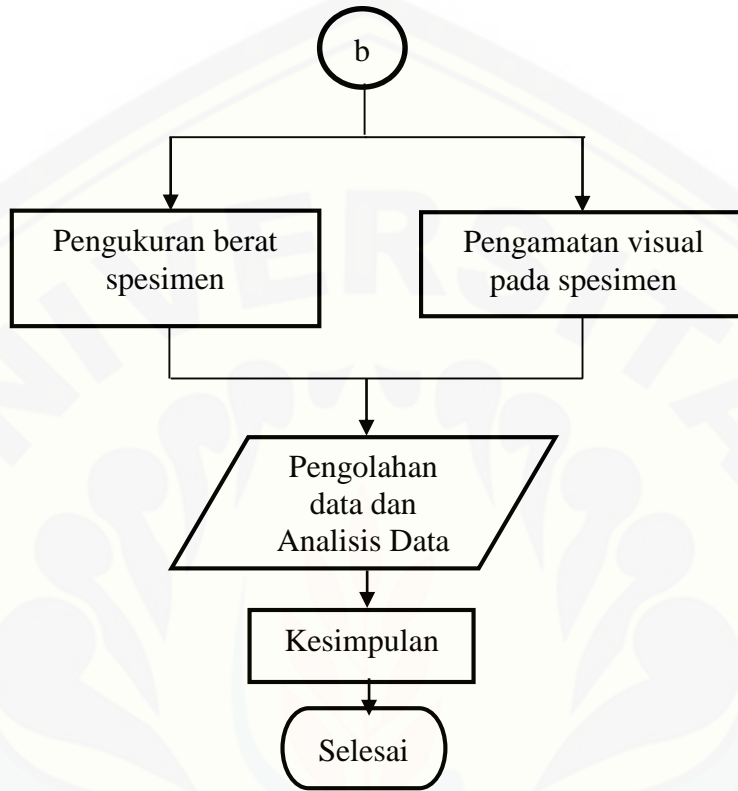
Tabel 3.3 Pengambilan Data Hasil Berat (Gram) Pengujian *Salt Spray*

Faktor Ketebalan	Berat awal (gram)	Waktu Pengujian (jam)						
		24	48	72	96	120	144	168
A								
B								
C								
D								
E								
F								
G								
H								
I								

3.7 Diagram Alir Proses







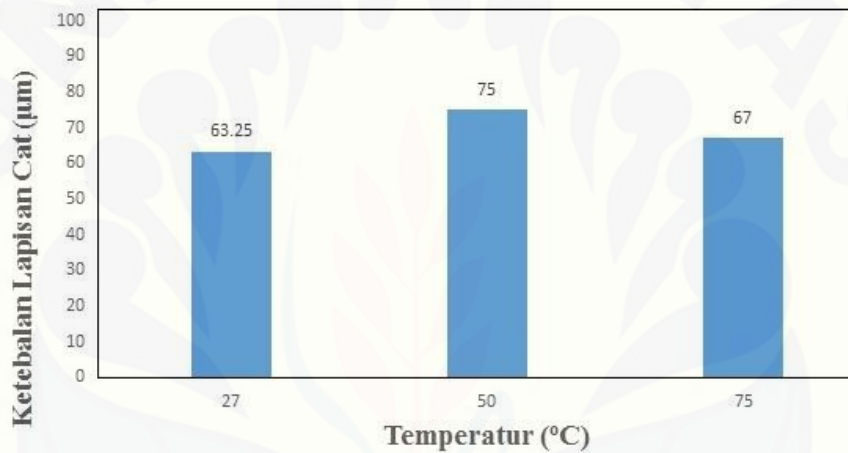
Gambar 3.10 Diagram Alir Penelitian

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembahasan

4.1.1 Ketebalan Lapisan Pengecatan

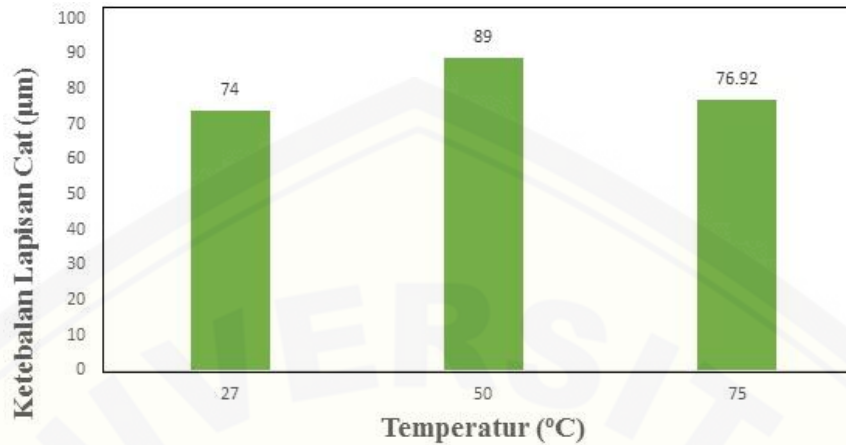
Dari hasil pengujian ketebalan lapisan pengecatan dengan penambahan waktu pencelupan diperoleh data yang berbeda beda untuk beberapa variasi temperatur. Seperti pada Gambar 4.1 bahwa pada waktu pencelupan 6 menit dengan varisasi temperatur 27 °C, 50 °C, dan 75 °C didapatkan nilai sebagai berikut.



Gambar 4.1 Grafik Ketebalan Lapisan Cat Pada Waktu Pencelupan 6 Menit

Dari Gambar 4.1 terjadi peningkatan ketebalan lapisan cat pada waktu pencelupan 6 menit dari temperatur 27 °C ke 50 °C sebesar 11,75 µm. Pada temperatur 50 °C ke 75 °C terjadi penurunan ketebalan lapisan cat sebesar 8 µm.

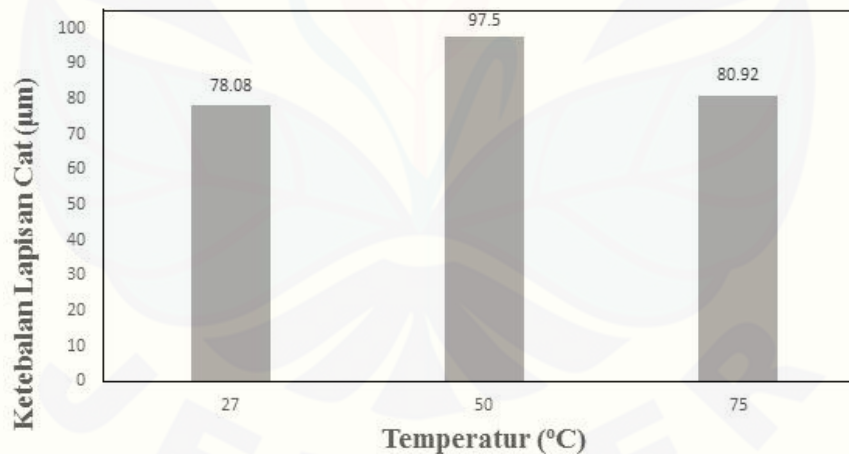
Pada waktu pencelupan 9 menit diperoleh data ketebalan yang ditampilkan dalam grafik Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Ketebalan Lapisan Cat Pada Waktu Pencelupan 9 Menit

Dari Gambar 4.2 dapat diketahui terjadi peningkatan ketebalan lapisan cat pada waktu celup 9 menit dari temperatur 27 °C ke 50 °C sebesar 15 µm. Pada temperatur 50 °C ke 75 °C terjadi penurunan ketebalan lapisan cat sebesar 12,08 µm.

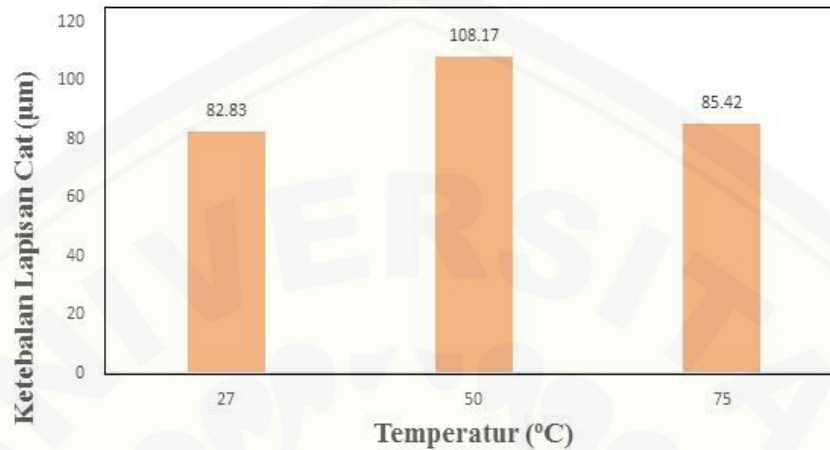
Pada waktu pencelupan 12 menit dengan variasi temperatur 27 °C, 50 °C, dan 75 °C diperoleh nilai rata-rata ketebalan lapisan cat seperti pada grafik Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Ketebalan Lapisan Cat Pada Waktu Pencelupan 12 Menit

Dari Gambar 4.3 dapat diketahui terjadi peningkatan ketebalan lapisan cat pada waktu pencelupan dari temperatur 27 °C ke 50 °C sebesar 19,42 µm. Namun, pada temperatur 50 °C ke 75 °C terjadi penurunan ketebalan lapisan cat sebesar 16,58 µm.

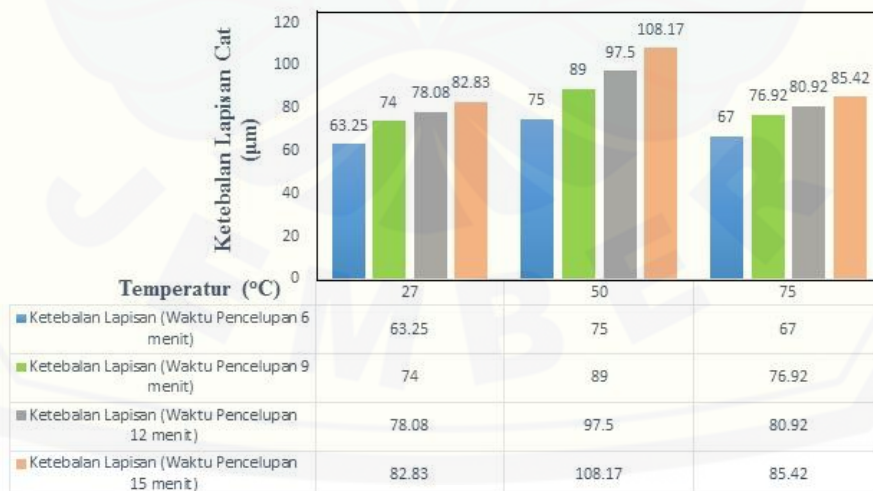
Pada waktu pencelupan 15 menit dengan variasi temperatur 27 °C, 50 °C, dan 75 °C diperoleh nilai rata-rata ketebalan lapisan cat seperti pada grafik Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Ketebalan Lapisan Cat Pada Waktu Pencelupan 15 Menit

Dari Gambar 4.4 dapat diketahui terjadi peningkatan ketebalan lapisan cat pada waktu pencelupan dari temperatur 27 °C ke 50 °C sebesar 25,34 μm. Namun, pada temperatur 50 °C ke 75 °C terjadi penurunan ketebalan lapisan cat sebesar 22,75 μm.

Dari keempat grafik ketebalan lapisan cat diatas, maka akan diperoleh grafik perbandingan ketebalan lapisan cat seperti dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Ketebalan Lapisan Cat

Dari Gambar 4.5 didapat nilai rata-rata ketebalan lapisan tertinggi yaitu pada waktu pencelupan 15 menit pada temperatur 50 °C dengan nilai 108,17 µm. Hal ini menunjukkan bahwa waktu pencelupan memberikan pengaruh terhadap ketebalan lapisan cat yang dihasilkan. Menurut Fitrullah (2014), rentang waktu yang diberikan pada saat proses *phosphating* akan mempengaruhi tebal lapisan *phosphate* yang terbentuk. Seperti yang terlihat pada grafik diatas bahwa semakin lama waktu pencelupan dilakukan semakin tebal pula lapisan cat yang terbentuk. Namun pada proses *phosphating* juga terdapat penambahan bahan kimia pembantu yaitu *accelerator* yang berfungsi sebagai katalis reaksi dengan jalan memperkecil energi pengaktifan suatu reaksi dan dibentuknya tahap-tahap reaksi yang baru. Dengan menurunnya energi pengaktifan maka pada suhu tertentu reaksi dapat berlangsung lebih cepat dan memberi ketebalan *coating* pada permukaan logam.

Phosphating merupakan proses *finishing* yang digunakan sebelum material dilakukan pengecatan. Pada *phosphating* menyediakan ikatan organik antara material logam dengan cat yang akan melapisinya. Sehingga *phosphating* memiliki peranan penting dalam persiapan sebelum dilakukannya pengecatan. Sesuai dengan fungsinya *phosphating* digunakan untuk memperlambat terjadinya korosi, meningkatkan ikatan antara cat dengan material. Namun agar larutan *phosphat* dapat menyusup kedalam permukaan logam dengan baik dibutuhkan waktu yang tepat. Cepat tidaknya *phosphate* dapat menyusup dapat digunakan *accelerator*. Selain *accelerator* juga dapat menaikkan temperatur untuk mempercepat reaksi tersebut. Sehingga semakin cepat terjadinya laju reaksi juga semakin cepat waktu yang dibutuhkan *phosphate* untuk menyusup kepermukaan material. Selain itu, waktu perendaman yang dilakukan pada proses *phosphating* dibedakan menjadi 2 yaitu untuk memproteksi korosi, dan untuk pengikat cat. Untuk mengikat cat dengan permukaan material dibutuhkan kurun waktu antara 10-15 menit sesuai dengan cepatnya laju reaksi yang terjadi. Sedangkan untuk memproteksi dari korosi tanpa adanya pelapisan cat dibutuhkan proses *phosphat* antara 15-30 menit (Seamon, 1991).

Dari penjelasan tersebut dapat diartikan bahwa akan dicari waktu yang optimal yang dibutuhkan agar terjadinya ketebalan cat yang diinginkan, yaitu sesuai dengan ketahanan korosi yang baik. Sehingga jika dilihat dari Gambar 4.1, 4.2, 4.3, dan 4.4 dapat diartikan bahwa semakin lama waktu *phosphating* semakin tebal pula lapisan cat yang dihasilkan namun tidak pada temperatur yang sangat tinggi (75 °C). Pada temperatur tersebut adalah waktu yang tidak optimal jika dilihat dari sifat kimia *phosphating*. Menurut Seamon (1991), waktu yang optimal untuk proses *phosphating* adalah tidak melebihi 70 °C. Sehingga jika melebihi temperatur tersebut proses *phosphate* tidak optimal. Seperti pada hasil dari penelitian ini yang ditampilkan pada grafik diatas.

Bila ditinjau dari Gambar 4.1, Gambar 4.2, Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 tampak adanya penurunan nilai ketebalan lapisan cat pada temperatur 50 °C ke 75 °C sebesar 8 µm pada waktu pencelupan 6 menit, 12,08 µm pada waktu pencelupan 9 menit, 16,59 µm pada waktu pencelupan 12 menit, dan 22,75 µm pada waktu pencelupan 15 menit. Dari Gambar 4.5 diperoleh penurunan ketebalan lapisan cat pada temperatur 75 °C pada seluruh penambahan waktu pencelupan yang diberikan. Dari data tersebut dapat diartikan bahwa penambahan temperatur dapat meningkatkan ketebalasan lapisan cat yang dihasilkan namun tidak pada suhu tertentu, yang artinya ketebalan tersebut meningkat sesuai dengan temperatur optimal yang diberikan. Ketebalan lapisan cat optimal terjadi pada suhu 50 °C dengan pemberian waktu pencelupan 6 menit, 9 menit, 12 menit dan 15 menit. Sedangkan nilai ketebalan lapisan cat terendah yaitu 63,25 µm diperoleh dari waktu pencelupan 6 menit pada temperatur 27 °C. Karena pada waktu pencelupan yang terlalu singkat serta temperatur yang rendah tidak dapat meningkatkan ketebalan lapisan.

Secara kimiawi temperatur dapat mempercepat berlangsungnya laju reaksi. Laju reaksi meningkat seiring dengan bertambahnya temperatur yang diberikan. Karena peningkatan temperatur akan meningkatkan energi kinetik partikel-partikel zat kimia yang tercampur. Karena adanya peningkatan energi kinetik partikel

menyebabkan tumbukan antar partikel yang mengakibatkan partikel memiliki energi aktivasi yang cukup. Laju reaksi dapat tercapai ketika energi aktivasi lebih rendah yang dapat diperoleh dari penambahan *accelerator* maupun peningkatan temperatur larutan. Namun, pada proses tumbukan tersebut dapat terjadi tumbukan yang efektif dan tidak efektif yaitu pada suhu tertentu. Yang artinya dengan meningkatnya temperatur akan terjadi pengaktifan energi aktivasi yang optimal namun ada yang tidak terjadi reaksi kimia. Namun penambahan *accelerator* juga diperlukan komposisi yang tepat untuk menghasilkan ketebalan lapisan lebih dari 60 μm sesuai spesifikasi *powder tipe corro-coat MX 8003*.

4.1.2 Nilai Laju Korosi

Nilai laju korosi diperoleh dari hasil pengujian *salt spray* dengan berat yang berbeda-beda setiap waktu pengujian yang telah ditentukan. Pengujian *salt spray test* dilakukan selama 7 hari (7x24 jam) diperoleh berat seperti pada Tabel A1.3. Dan dilakukan perhitungan data berat yang diperoleh dimasukkan kedalam rumus nilai laju korosi yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel A1.4. Menurut Supardi (1997) terdapat beberapa faktor yang mengakibatkan terjadinya korosi yang terbagi atas tiga bagian, yaitu:

a. Sifat spesimen

- Pengaruh struktur spesimen,
- Pengaruh perbedaan potensial dan
- Pengaruh bentuk permukaan spesimen

Dari hasil *coating* yang dilakukan akan diperoleh permukaan spesimen uji yang berbeda-beda pada setiap perlakuan baik dari segi ketebalan lapisan, bentuk permukaan lapisan yang disebabkan saat proses *coating*.

b. Faktor lingkungan

- Lingkungan Air,

- Lingkungan industri dan
- Lingkungan laut

Pada penelitian ini, spesimen dikondisikan sesuai dengan lingkungan sekitar laut (pantai) sesuai dengan aplikasi spesimen yang digunakan yaitu pada lingkungan pantai. Lingkungan pantai memiliki nilai abrasif lebih tinggi dibandingkan daerah pegunungan atau perkotaan.

c. Adanya reaksi kimia.

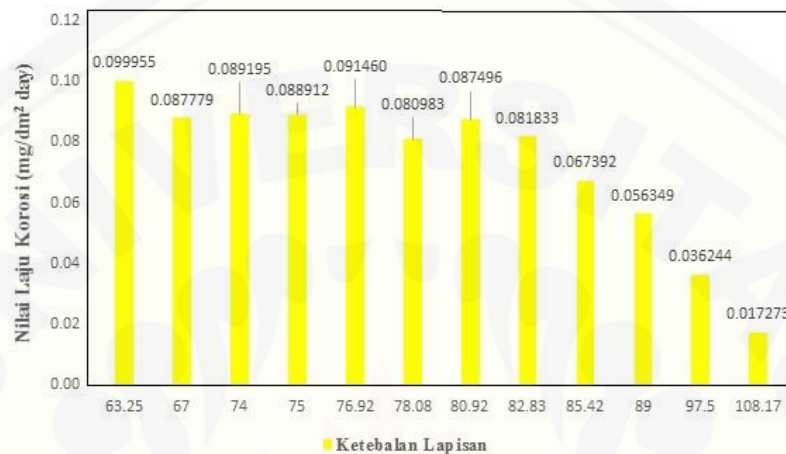
Dimana dengan semakin meningkat ketebalan lapisan semakin rendah pula nilai laju korosi yang diperoleh. Pada waktu pengujian hari pertama (24 jam) diperoleh nilai laju korosi terendah sebesar 0,014724 mg/dm²day pada ketebalan lapisan 108,17 µm. Dan nilai tertinggi 0,088345 mg/dm²day pada ketebalan lapisan cat 63,25 µm. Seperti yang ditampilkan dalam grafik Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik Nilai Laju Korosi Pada Waktu Pengujian 24 Jam

Dari Gambar 4.6 terjadi naik turun nilai laju korosi pada ketebalan 74 µm nilai laju korosi lebih tinggi 0,004531 mg/dm²day dibandingkan dengan ketebalan 67 µm. Pada ketebalan 78.08 µm nilai laju korosi lebih tinggi 0,005097 mg/dm²day dibandingkan dengan ketebalan 76,92 µm. Pada ketebalan 82,83 µm nilai laju korosi lebih tinggi 0,007928 mg/dm²day dibandingkan dengan ketebalan 80.92 µm.

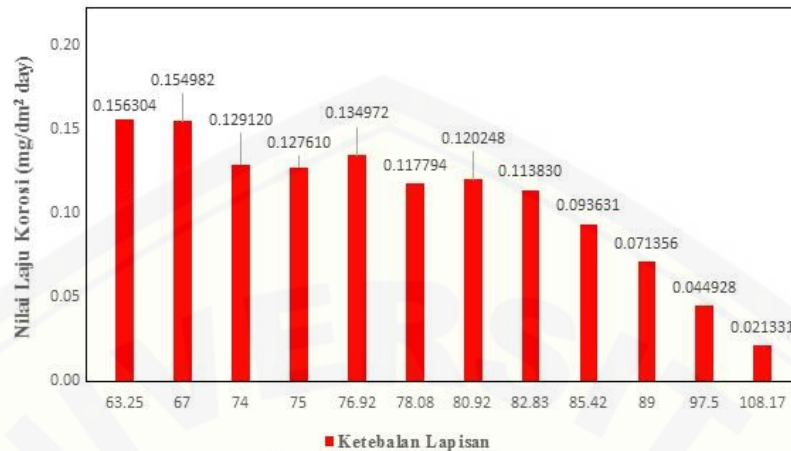
Pengujian hari kedua (48 jam) didapat nilai laju korosi terendah sebesar 0,017273 mg/dm²day pada ketebalan lapisan 108,17 μ m. Dan nilai tertinggi 0,099955 mg/dm²day pada ketebalan lapisan cat 63,25 μ m. Seperti dalam grafik pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7 Grafik Nilai Laju Korosi Pada Waktu Pengujian 48 Jam

Dari Gambar 4.7 terlihat grafik tidak stabil artinya mengalami naik turun. Yang seharusnya nilai laju korosi semakin menurun seiring dengan naiknya tingkat ketebalan lapisan cat. Seperti pada ketebalan 74 μ m lebih tinggi 0,001416 mg/dm²day dibanding ketebalan 67 μ m. Hal yang sama juga terjadi pada ketebalan 76,92 μ m lebih tinggi 0,002548 mg/dm²day dibanding 75 μ m. Begitu pula pada ketebalan 80,92 μ m memiliki nilai laju korosi lebih tinggi 0,006513 mg/dm²day dibanding 78,08 μ m.

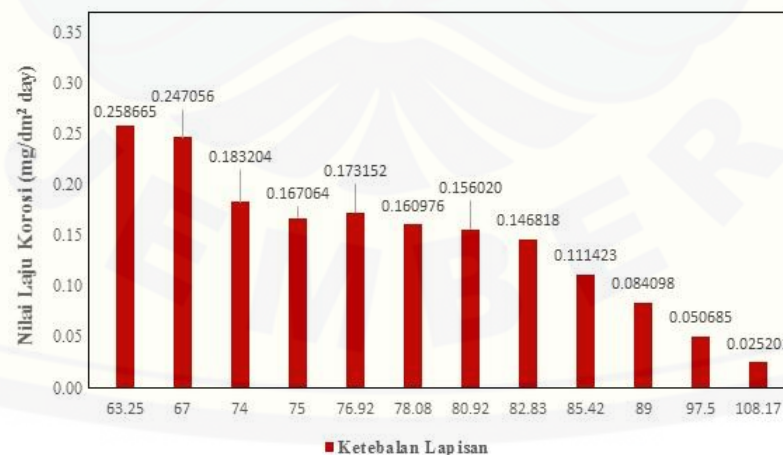
Pada waktu pengujian hari ketiga (72 jam) Data ditampilkan dalam grafik sebagaimana yang tersaji dalam Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Grafik Nilai Laju Korosi Pada Waktu Pengujian 72 Jam

Dari Gambar 4.8 diperoleh nilai laju korosi terendah sebesar 0,021331 mg/dm²day pada ketebalan lapisan 108,17 μm. Serta nilai tertinggi 0,156304 mg/dm²day pada ketebalan lapisan cat 63,25 μm. Masih terjadi fluktuasi pada nilai laju korosi. Dimana yang seharusnya semakin menurun nilai laju korosi semakin naik nilai ketebalan lapisan. Seperti pada ketebalan 76,92 μm, nilai laju korosi naik jika dibandingkan dengan ketebalan 75 μm. Namun, tetap laju korosi yang paling rendah terdapat pada ketebalan 108,17 μm.

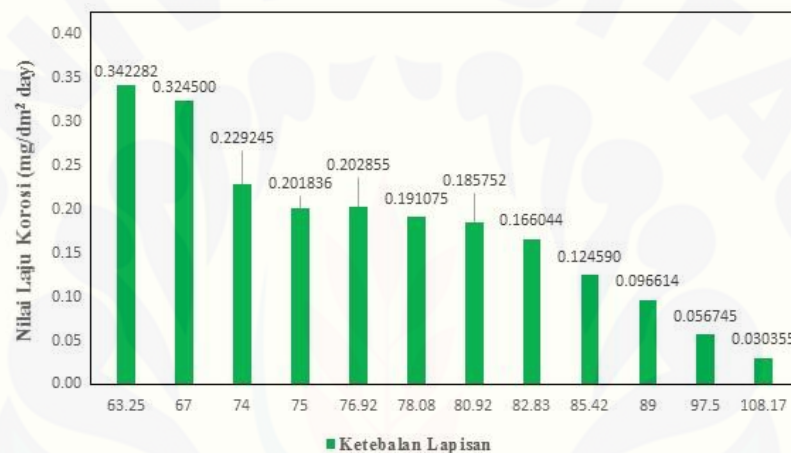
Pada waktu pengujian hari keempat (96 jam) didapat data dalam grafik pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik Nilai Laju Korosi Pada Waktu Pengujian 96 Jam

Dari Gambar 4. 9 masih terjadi perubahan yang fluktuasi pada beberapa ketebalan lapisan. Nilai laju korosi tertinggi masih terletak pada nilai ketebalan 63,25 μm . Pada ketebalan 76,92 μm nilai laju korosi lebih tinggi 0,006088 $\text{mg}/\text{dm}^2\text{day}$ dibandingkan dengan ketebalan 75 μm . Namun tetap laju korosi terendah terletak pada nilai ketebalan 108,17 μm .

Pada waktu pengujian hari kelima (120 jam) diperoleh data nilai laju korosi dalam grafik seperti Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik Nilai Laju Korosi Pada Waktu Pengujian 120 Jam

Dari Gambar 4.10 masih terjadi perubahan yang fluktuasi pada beberapa ketebalan lapisan. Nilai laju korosi tertinggi masih terletak pada nilai ketebalan 63,25 μm . Pada ketebalan 76,92 μm nilai laju korosi lebih tinggi 0,00101 $\text{mg}/\text{dm}^2\text{day}$ dibandingkan dengan ketebalan 75 μm . Namun tetap laju korosi terendah terletak pada nilai ketebalan 108,17 μm sebesar 0,030355 $\text{mg}/\text{dm}^2\text{day}$.

Pada waktu pengujian hari keenam (144 jam) didapat data nilai laju korosi dalam grafik Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Grafik Nilai Laju Korosi Pada Waktu Pengujian 144 Jam

Dari Gambar 4.11 nilai laju korosi mulai stabil, dimana nilai laju korosi semakin menurun ketika ketebalan lapisan cat semakin naik/tebal. Nilai laju korosi terbesar tetap pada nilai ketebalan 63,25 µm sebesar 0,414827 mg/dm²day. Dan nilai laju korosi terendah tetap pada ketebalan 108,17 µm sebesar 0,034734 mg/dm²day.

Pada waktu pengujian hari terakhir (168 jam) didapat data dalam grafik Gambar 4.12.

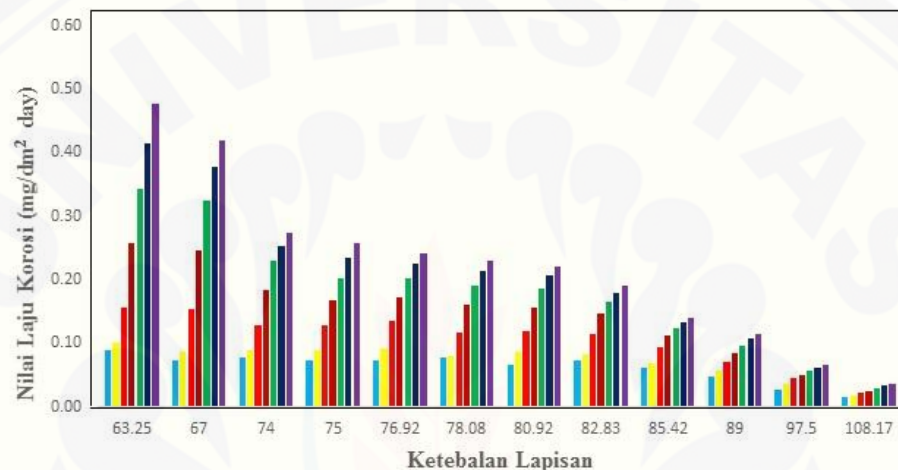


Gambar 4.12 Grafik Nilai Laju Korosi Pada Waktu Pengujian 168 Jam

Dari Gambar 4.12 nilai laju korosi hari terakhir kembali stabil yaitu semakin menurun nilai laju korosi seiring dengan meningkatnya ketebalan lapisan cat. Dengan

nilai laju korosi terbesar tetap pada nilai ketebalan 63,25 μm sebesar 0,477325 $\text{mg}/\text{dm}^2\text{day}$. Dan nilai laju korosi terendah tetap pada ketebalan 108,17 μm sebesar 0,036487 $\text{mg}/\text{dm}^2\text{day}$.

Dari ketujuh grafik nilai laju korosi sebelumnya, maka akan diperoleh grafik perbandingan nilai laju korosi terhadap ketebalan lapisan yang disajikan dalam Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Grafik Nilai Laju Korosi

Data yang diperoleh dari Gambar 4.13 pada setiap harinya nilai laju korosi semakin meningkat, begitu pula dengan nilai laju korosi yang semakin menurun ketika ketebalan lapisan bertambah. Menurut Akbar (2014), pelapisan berpengaruh terhadap nilai laju korosi. Semakin tebal/banyak lapisan maka laju korosi juga semakin kecil. Hal ini terbukti pada Gambar 4.13, dimana ketika lapisan cat semakin tebal nilai laju korosi juga semakin turun. Permukaan *coating* yang tidak rata juga akan memudahkan terjadinya kutub-kutub muatan, yang akhirnya akan berperan sebagai anoda dan katoda. Permukaan *coating* yang halus dan bersih akan menyebabkan korosi sukar terjadi, karena sukar terjadi kutub-kutub yang akan bertindak sebagai anoda dan katoda. Pelapisan cat yang dilakukan di PT. SIP menggunakan bahan cat serbuk, sehingga permukaan yang dihasilkan bertekstur kulit

jeruk dimana semakin tebalnya lapisannya maka tekstur yang terbentuk semakin bertambah. Hal ini biasanya disebabkan oleh:

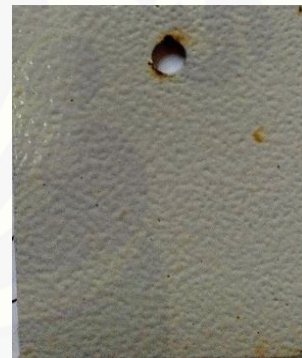
1. Tidak keringnya butiran cat secara bersamaan,
2. Vapor yang tidak tercapai (cat yang keluar dari *spray gun* terlalu besar/terlalu kecil),
3. Jarak *spray gun* ke permukaan benda yang dicat terlalu dekat, standar spesifikasi pengecatan adalah antara 200-300 mm (*Industrial Coating, Hand book*) dan,
4. Tekanan udara penyemprotan terlalu tinggi, standart udara yang digunakan untuk menyemprotkan serbuk cat adalah 0,6-0,8 Mpa (*Wagner Industrial Solution*)
5. Juga kecepatan saat mengecat juga berpengaruh, standart kecepatan *spray powder coating* adalah 0,4 m/s (*Spray Painting of powder coating, 2012*)

4.1.3 Korosi pada Lapisan Cat

Korosi pada dasarnya tidak dapat dicegah namun dapat diperlambat. Salah satunya dengan cara metode pelapisan cat. Pada penelitian ini dilakukan pelapisan cat serbuk pada material *mild steel* st 37 yang diaplikasikan sebagai kerangka panel listrik yang terletak pada pinggiran pantai. Spesimen yang telah dilakukan pelapisan cat serbuk dengan variasi *pretreatment* yang dilakukan, kemudian akan diuji dengan mengguakan alat *salt spray test*. Pada pengujian ini menghasilkan produk karat yang ada pada spesimen uji. Berikut contoh gambar spesimen yang telah terjadi korosi pada Gambar 4.14.

Setelah *PreTreatment*Setelah *Coating*Setelah *Salt Spray Test*

a. Ketebalan lapisan *coating* 63,25 μm laju korosi sebesar 1,21793 $\text{mg}/\text{dm}^2\text{day}$



b. Ketebalan lapisan *coating* 108,17 μm laju korosi sebesar 0,042044 $\text{mg}/\text{dm}^2\text{day}$

Gambar 4.14 Perbandingan spesimen setelah *pretreatment*, *coating* dan *salt spray test*.

Dari Gambar 4.14 terlihat bahwa semakin tebal lapisan cat maka laju korosi yang dihasilkan rendah. Pada variasi (a) korosi terjadi pada seluruh permukaan akibat cat yang tidak merata/tebal di seluruh permukaan spesimen. Pada variasi (b) korosi yang terbentuk lebih sedikit, artinya semakin tebal lapisan cat yang terbentuk semakin kecil pula laju korosi yang terjadi seperti yang terlihat pada gambar diatas tersebut.

Menurut Sulisty (2011), juga mengatakan bahwa cepat lambatnya laju korosi yang terjadi berasal dari pelapisan yang terbentuk. Artinya semakin tebal lapisan cat yang terbentuk pada material akan semakin lambat pula korosi yang terjadi. Tebal

tipisnya cat yang melapisi logam tersebut berasal dari ikatan permukaan logam dengan material cat yang digunakan. Dari penelitian yang telah dilakukan Sulystyo (2011), menghasilkan nilai laju korosi semakin kecil seiring dengan bertambah tebalnya lapisan cat yang dihasilkan. Begitu pula terjadi pada penelitian ini, yaitu laju korosi semakin lambat dengan bertambah tebalnya lapisan cat yang terbentuk. Pada penelitian ini tebal lapisan cat yang memiliki nilai laju korosi terkecil adalah dengan ketebalan 108,17 μm .

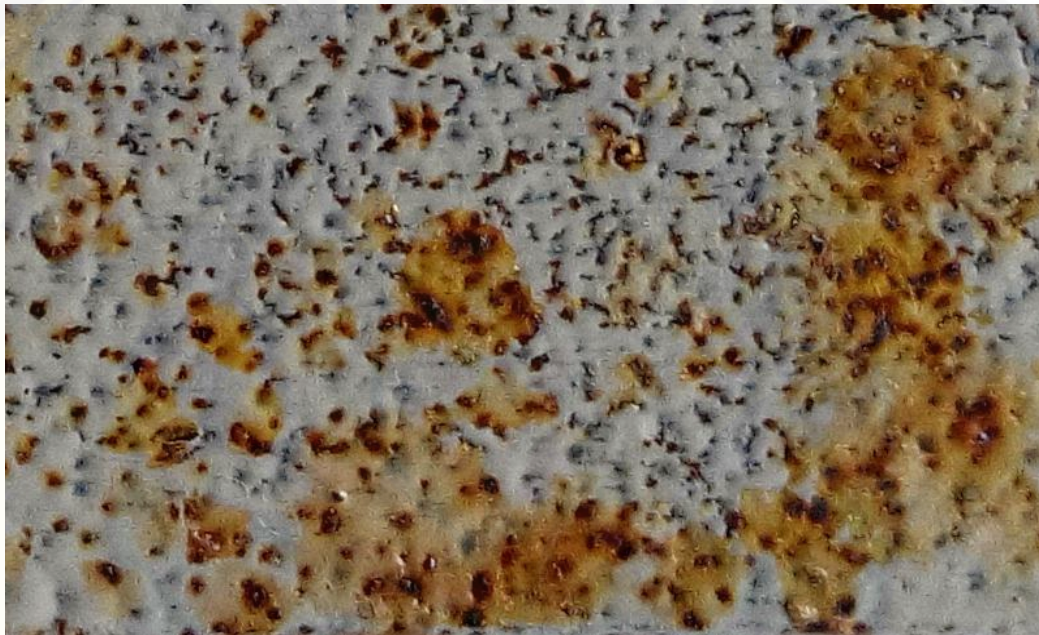
Seperti yang ada pada pembahasan sebelumnya bahwa faktor spesimen, lingkungan sangatlah berpengaruh pada terbentuknya korosi pada suatu material. Jika ditinjau dari spesimen. Material ini memiliki sifat perbedaan potensial dan bentuk permukaan yang berbeda dengan spesimen yang lain. Spesimen ini memiliki bentuk profil jeruk dari hasil pengecatan *powder coating*. Menurut Akbar (2014), dari hasil penelitian yang dilakukannya, menyatakan bahwa pengaruh dari cepat lambatnya laju korosi jika ditinjau dari pelapisan cat yang dilakukan adalah tebal lapisan yang dihasilkan. Semakin tebal lapisan yang dihasilkan semakin lambat laju korosi. Dari penelitian ini didapatkan hasil permukaan yang seperti profil jeruk. Profil permukaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Korosi Pada Spesimen Ketebalan 63,25 μm

Selain dari spesimen sendiri, faktor lain yang mempengaruhi adalah lingkungan. Pada penelitian ini, spesimen dikondisikan sesuai dengan lingkungan sekitar laut (pantai) sesuai dengan aplikasi spesimen yang digunakan yaitu pada lingkungan pantai. Lingkungan pantai memiliki nilai abrasif lebih tinggi

dibandingkan daerah pegunungan atau perkotaan. Dari gambar 4.15 terjadi korosi sumuran, korosi ini menyerang pada bagian anodik logam karena proteksi logam (lapisan cat) yang tidak sempurna. Artinya korosi ini terjadi karena adanya bagian celah yang dapat memungkinkan masuknya tetesan air. Pada spesimen ini terkena oleh semburan kabut garam pada proses pengujiannya. Sehingga tetesan air tersebut menyerang bagian dalam logam terlebih dahulu yang kemudian menyebar. Seperti pada Gambar 4.16 berikut yang dilakukan pembesaran.



Gambar 4.16 Korosi Pada Spesimen Ketebalan 63,25 μm Dengan Pembesaran

Menurut Novianto (2010), korosi sumuran dapat terjadi karena terbentuknya suatu rongga atau lubang pada material. Sehingga korosi ini dapat terjadi karena adanya tetesan air yang menggenang lama dipermukaan lapisan logam yang tidak sempurna, seperti adanya rongga pada Gambar 4.16. Korosi *pitting* (sumuran) merupakan korosi yang sulit diidentifikasi jika dibandingkan dengan korosi merata (*uniform*) karena produk korosi yang terbentuk biasanya akan menutupi rongga-rongga. Logam yang terkena korosi ini biasanya terjadi pada logam yang dapat membentuk lapisan pasif, seperti baja dan aluminium. Kegagalan material akibat korosi *pitting* terjadi melalui mekanisme penetrasi dengan persentase kehilangan

berat (*weight-loss*) yang sangat kecil. Korosi ini dapat terjadi karena beberapa hal, diantaranya:

1. Rusaknya lapisan pasif yang protektif secara mekanik ataupun kimia, sedikitnya oksigen yang terlarut sehingga menghasilkan lapisan pasif yang tidak stabil, dan konsentrasi yang tinggi dari ion klorida
2. Proses pelapisan/*coating* yang tidak merata
3. Terdapat ketidakseragaman mikrostruktur dari logam tersebut.

Kesimpulan yang dapat diambil dari data diatas semakin tebal lapisan cat yang terbentuk memiliki nilai laju korosi yang menurun. Seperti yang terlihat pada gambar diatas yaitu pada variasi temperatur 50°C waktu pencelupan 15 menit, memiliki lapisan cat yang paling tebal yaitu 108,17 μm . Pada ketebalan ini baik kekasaran maupun tekstur yang dihasilkan cukup baik untuk menahan korosi pada lingkungan laut (pantai) sehingga ketebalan yang dianjurkan dalam penelitian ini 108,17 μm .

4.2 Data Percobaan

Pada bab 4 ini akan dipaparkan hasil dari penelitian mengenai pengaruh variasi temperatur dan waktu pencelupan pada proses *phosphating* terhadap ketahanan laju korosi *mild steel* ST 37, setelah dilakukan penelitian spesimen diuji ketebalan lapisan dan nilai laju korosi. Setelah dilakukan pengujian didapatkan data yang akan dianalisis menggunakan table ANOVA. Pengolahan data dilakukan dengan bantuan *software* SPSS 16 untuk didapatkannya keakuratan data.

4.2.1 Hasil Pengujian Ketebalan

Hasil pengujian ketebalan didapatkan dan disajikan pada Tabel lampiran A1.1. Dan data hasil pengujian ketebalan total dan rata-rata disajikan dalam Tabel lampiran A1.2.

4.2.2 Hasil Pengujian *Salt Spray*

Hasil pengujian ketebalan didapatkan dan disajikan pada Tabel lampiran A1.3. Data diperoleh dengan cara mengukur berat spesimen yang telah diuji korosi setiap 24 jam dan dilakukan perhitungan nilai laju korosi. Nilai laju korosi dihitung dari selisih berat dari pada berat awal, sehingga berat yang hilang dikalikan dengan 240000 dibagi dengan luas, waktu dan *density* dari spesimen yang diuji. Sebagai contoh pengujian dengan ketebalan lapisan 63,25 dan lama perendaman 24 jam maka diketahui:

$$\begin{aligned} w &= 0,0040 \text{ gram} ; & l &= 4 \text{ cm} \\ D &= 7,85 \text{ g/cm}^3 ; & r &= 0,25 \text{ cm} \\ T &= 24 \text{ jam} ; & p &= 6 \text{ cm} \\ t &= 0,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{tot}} &= [(A_{\text{balok}}) - (2 \times A_{\text{lingkaran}}) + (A_{\text{selimut tabung}})] \\ &= \{[2 \times (p \times l + p \times t + t \times l)] - \{2 \times \pi \times r^2\} + \{2 \times \pi \times r \times t\}\} \\ &= \{[2 \times (6 \times 4 + 6 \times 0,4 + 4 \times 0,4)] - \{2 \times 3,14 \times 0,25^2\} + \\ &\quad \{2 \times 3,14 \times 0,25 \times 0,4\}\} \\ &= [(56) - (0,3925) + (0,628)] \\ &= 56,2355 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju korosi} &= \frac{240000 \times w}{A \times T \times D} \text{ (mdd)} \\ &= \frac{240000 \times 0,0040}{56,2355 \times 24 \times 7,85} \\ &= \frac{960}{10594,7682} \\ &= 0,090611 \text{ mg/dm}^2\text{day} \end{aligned}$$

Data hasil perhitungan nilai laju korosi disajikan dalam Tabel lampiran A1.4.

4.3 Analisis Statistik

Analisis statistik merupakan metode yang digunakan untuk menganalisa data hasil penelitian. Pada penelitian ini digunakan untuk menganalisa data ketebalan lapisan cat dan data laju korosi seperti pada Tabel lampiran A1.2 serta data nilai laju korosi yang terdapat pada Tabel lampiran A1.4 kemudian dianalisis dengan ANOVA untuk eksperimen faktorial. Pengolahan data dilakukan dengan bantuan software SPSS 16.

4.3.1 Pengujian Hipotesis pada Ketebalan Lapisan

1. Pengujian hipotesis *Main Effect* pada ketebalan lapisan

Pengujian hipotesis *Main Effect* pada ketebalan lapisan berguna untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap ketebalan lapisan serta waktu pencelupan terhadap ketebalan lapisan. Dengan $\alpha = 0,05$ (5%) maka hipotesis dapat diasumsikan sebagai berikut:

H_0 : Tidak ada pengaruh temperatur/waktu pencelupan terhadap ketebalan lapisan cat.

H_a : Ada pengaruh temperatur/waktu terhadap ketebalan lapisan cat.

Jika taraf signifikan $> \alpha$, maka H_0 diterima, H_a ditolak

Jika taraf signifikan $< \alpha$, maka H_0 ditolak, H_a diterima

Hasil analisis data pengujian hipotesis ditunjukkan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Daftar ANOVA eksperimen faktorial ketebalan lapisan

<i>Dependent Variable: Ketebalan Lapisan</i>					
<i>Source</i>	<i>Type III Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Corrected Model</i>	6861.454 ^a	11	623.769	1.243E3	.000
<i>Intercept</i>	318883.422	1	318883.422	6.355E5	.000
Temperatur	2929.403	2	1464.779	2.919E3	.000
Waktu Pencelupan	3632.493	3	1210.831	2.413E3	.000
Waktu * Temperatur	299.403	6	49.900	99.450	.000
<i>Error</i>	18.063	36	.502		
<i>Total</i>	325762.940	48			
<i>Corrected Total</i>	6879.518	47			

Dari tabel tersebut nilai $\alpha = 0,05$ dan taraf signifikansi pada temperatur 0,00 yang artinya H_0 ditolak dan H_a diterima (ada pengaruh temperatur terhadap ketebalan lapisan cat) karena taraf signifikansi $< \alpha$. Begitu pula pada faktor waktu pencelupan. Dengan taraf signifikan sebesar 0,00 yang artinya H_0 ditolak dan H_a diterima (ada pengaruh temperatur/waktu terhadap ketebalan lapisan cat).

2. Pengujian hipotesis *Interaction Effect* pada ketebalan lapisan

Pengujian hipotesis *Interaction Effect* pada ketebalan lapisan berguna untuk mengetahui pengaruh interaksi kedua variabel bebas yaitu temperatur dan waktu pencelupan terhadap variabel terikat yaitu ketebalan lapisan. Dengan $\alpha = 0,05$ (5%) maka hipotesis dapat diasumsikan sebagai berikut:

H_0 : Tidak ada pengaruh temperatur dan waktu pencelupan terhadap ketebalan lapisan cat.

H_a : Ada pengaruh temperatur dan waktu pencelupan terhadap ketebalan lapisan cat.

Jika taraf signifikan $> \alpha$, maka H_0 diterima, H_a ditolak

Jika taraf signifikan $< \alpha$, maka H_0 ditolak, H_a diterima

Dari data pada Tabel 4.1 dengan nilai $\alpha = 0,05$ didapat bahwa taraf signifikansi untuk interaksi temperatur dan waktu pencelupan sebesar 0,00. karena taraf signifikansi $< \alpha$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima (Ada pengaruh temperatur dan waktu pencelupan terhadap ketebalan lapisan cat).

4.3.2 Pengujian Hipotesis pada Nilai Laju Korosi

1. Pengujian hipotesis *Main Effect* pada nilai laju korosi

Pengujian hipotesis *Main Effect* pada nilai laju korosi untuk mengetahui pengaruh ketebalan lapisan terhadap nilai laju korosi serta waktu pengujian terhadap nilai laju korosi. Dengan $\alpha = 0,05$ (5%) maka hipotesis dapat diasumsikan sebagai berikut:

H_0 : Tidak ada pengaruh ketebalan lapisan/waktu pengujian terhadap nilai laju korosi.

H_a : Ada pengaruh ketebalan lapisan/waktu pengujian terhadap nilai laju korosi.

Jika taraf signifikan $> \alpha$, maka H_0 diterima, H_a ditolak

Jika taraf signifikan $< \alpha$, maka H_0 ditolak, H_a diterima

Hasil analisis data pengujian hipotesis ditunjukkan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Daftar ANOVA eksperimen faktorial nilai laju korosi

<i>Dependent Variable: Nilai TAB</i>					
<i>Source</i>	<i>Type III Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Corrected Model</i>	3.194 ^a	83	.038	634.413	.000
<i>Intercept</i>	6.807	1	6.807	1.122E5	.000
<i>Ketebalan Lapisan</i>	1.502	11	.137	2.251E3	.000
<i>Waktu pengujian</i>	1.142	6	.190	3.139E3	.000
<i>Ketebalan Lapisan * Waktu pengujian</i>	.549	66	.008	137.193	.000
<i>Error</i>	.015	252	6.065E-5		
<i>Total</i>	10.016	336			
<i>Corrected Total</i>	3.209	335			

Dari data pada Tabel 4.2 kita lihat bahwa nilai $\alpha = 0,05$ dan taraf signifikansi pada ketebalan lapisan dari table diatas bernilai 0,00 yang artinya H_0 ditolak dan H_a diterima (ada pengaruh ketebalan lapisan terhadap nilai laju korosi) karena taraf signifikansi $< \alpha$. Begitu pula pada faktor waktu pengujian. Dengan taraf signifikan sebesar 0,00 yang artinya H_0 ditolak dan H_a diterima (ada pengaruh waktu pengujian terhadap nilai laju korosi).

2. Pengujian hipotesis *Interaction Effect* pada nilai laju korosi

Pengujian hipotesis *Interaction Effect* pada nilai laju korosi untuk mengetahui pengaruh interaksi kedua variabel bebas yaitu ketebalan lapisan dan *waktu pengujian* terhadap variabel terikat yaitu nilai laju korosi. Dengan $\alpha = 0,05$ (5%) maka hipotesis dapat diasumsikan sebagai berikut :

H_0 : Tidak ada pengaruh ketebalan lapisan dan waktu pengujian terhadap nilai laju korosi.

H_a : Ada pengaruh ketebalan lapisan dan waktu pengujian terhadap nilai laju korosi.

Jika taraf signifikan $> \alpha$, maka H_0 diterima, H_a ditolak

Jika taraf signifikan $< \alpha$, maka H_0 ditolak, H_a diterima

Dari data pada Tabel 4.2 dengan nilai $\alpha = 0,05$ didapat bahwa taraf signifikansi untuk interaksi ketebalan lapisan dan waktu pengujian sebesar 0,00. karena taraf signifikansi $< \alpha$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh temperatur memiliki peranan dalam percepatan reaksi pada proses *phosphating* dengan menghasilkan ketebalan yang semakin meningkat yaitu pada temperatur 27°C, 50°C, dan semakin menurun pada temperatur 75°C. karena larutan *phosphating* sendiri memiliki batas temperatur optimal yaitu tidak melebihi 70°C agar terbentuknya lapisan *phosphate* pada permukaan.
2. Pengaruh waktu pencelupan juga memiliki peranan pada ketebalan, yaitu waktu yang dibutuhkan agar larutan *phosphate* dapat menyusup pada permukaan material. Sehingga semakin lama juga semakin tebal larutan *phosphate* yang terbentuk. Seperti pada hasil penelitian pada temperatur 27 °C, 50 °C, 75 °C yaitu semakin lama waktu pencelupan dilakukan semakin tebal juga lapisan cat yang dihasilkan.
3. Dari hasil perlakuan temperatur dan waktu pencelupan spesimen memiliki ketebalan lapisan melebihi 60 µm yang memenuhi standart dari tipe cat *corro-coat* MX 8003 ketebalan lapisan maksimal sebesar 108, 17 µm pada variasi 15 menit dengan temperatur 50 °C.
4. Nilai laju korosi terendah diperoleh pada ketebalan tertinggi yaitu 108,17 µm dengan nilai laju korosi 0,036487 mg/dm²day. Pada ketebalan 108,17 µm menghasilkan ketebalan yang lebih optimal untuk menahan korosi. Hal ini menunjukkan semakin tebal lapisan semakin tahan akan laju korosinya.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian mengenai pengaruh variasi temperatur dan waktu pencelupan pada proses *phosphating*, maka disarankan beberapa hal berikut:

1. Persiapan alat sebelum dilakukan pengujian benar-benar harus dilakukan dan teliti.
2. Pengecekan permukaan material yang akan *dicoating* harus benar-benar dalam keadaan bersih dari kotoran atau berkas peralatan mekanik.
3. Melakukan penelitian lanjutan dengan bervariasi *pretreatment* secara mekanik dan *pretreatment* secara kimia.
4. Dapat melakukan penelitian dengan pemberian temperature pada saat *pickling*, *water rinse*.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, D.H. 2014. Pengaruh Kekasaran Permukaan dan Pelapisan Cat Terhadap Laju Korosi. Jurnal. Vol.1 (1): 1-6.
- Alois S., Boyer, H. E., dan Gall, T. L., 1985. *Metal hand book, Desk Edition*, ASM Ohio.
- Ambiyar. (2008). *Teknik Pembentukan Plat Jilid 1*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Jakarta
- Arifin, 2008. Pencelupan Serat Poliester Dengan Zat Warna Dispersi. Jurnal. Vol. 11 (1): 65-76.
- Arrhenius, S. 1889. Ober die Reacktionsgeschwindigkeit bei der Inversion von Rohrzucker durch Sa^uren. Z. Physik. Chem. Jurnal. Vol (4): 226–248.
- ASTM Organization. 2003. *Test Methode for salt spray test- Standard ASTM B117*. Annual Book of ASTM Standard. United States.
- Charles, W. 1992 . *Kimia Untuk Universitas* . Gramedia : Jakarta
- Fitrulloh, M. 2014. Pengaruh Variasi Temperatur dan Accelerator NaNO₂ Pada Proses *Phosphating* Di Aplikasi *Coating* Baja Karbon Rendah. Jurnal. Vol. 12 (1): 1-10.
- Forgesen, Amy. 2006. *Corrosion Control through Organic Coatings*. Taylor & Francais Group. New York.
- González, S. I.C. Mirza Rosca, R.M. Souto, 2001. "Investigation of the corrosion resistance characteristics of pigments in alkyd coatings on steel" Department of Physical Chemistry. University of La Laguna. E-38071 La Laguna, Canary Islands, Spain.
- Haryono, G. 2010. Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi. Jurnal. Vol. 16 (1): 1-6.
- Imbarko, 2010. "Studi Pengaruh Perlakuan Panas Pada Hasil Pengelasan Baja St37 Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Bahan". Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin S1. Universitas Sumatera Utara.

- James, E. B. 1990. *General Chemistry, 5th edition*, John Wiley & Sons, New York, 705.
- Johari & Rahmawati. 2011. *Kimia SMA dan MA Untuk Kelas XI*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Jotun, 1998. *Jotun Paint School Modul Chapter 2 – What is Paint*, Jotun, Nowregia.
- Kurniawan 2013. Pengaruh Penggunaan Binder Akrilik dan Poliester Terhadap Kualitas Cat Tembok Sesuai SNI. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Kuswanto, 2010. Peningkatan Kekuatan Tarik Maksimum Material Baja Karbon Rendah Menggunakan Proses Penambahan Karbon Padat. Jurnal. Vol. 1 (1): 1-6.
- Lumintang, 2011. Komposit Hybrid *Polyester* Berpenguat Serbuk Batang dan Serat Sabut Kelapa. Jurnal. Vol. 2 (2): 145-153
- McCash, E. M. 2011. *Surface Chemistry*. Oxford University Press. Oxford
- McKruit, D. 2001 *Selecting the right temporary coating: Choices abound for tube and pipe applications*, TPJ-THE TUBE & PIPE JOURNAL®.
- Novianto, E. 2010. “ Analisa Korosi Baja Karbon Rendah (ASTM A36) Dalam Ruangan Biogas”. Skripsi. Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin S1. Universitas Jember.
- Pittsburgh, P.A. 1998 *The Society for Protective Coating, Systems and Specifications SSPC, Painting Manual Volume 1 & 2 Eighth Edition*. Oxford University Press. Oxford
- Rakhmadi, A. 2008. Pengaruh Perlakuan Awal Terhadap Hasil Pelapisan Powder Coating Serta Pengujian Kualitas Dengan Menggunakan *Salt Spray Test*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh November
- Saemon, G. 1991. *Pretreatment and Surface Preparation For Liquid Paint System*. Shakopee Minnesota. New York
- Sastrosupadi, A. 1991. *Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian*. Kanisius, Yogyakarta.

Shreir, L.L. R.A Jarman, G.T Bursten, 1994."Corrosion Control Third Edition". Oxford: Butterworth–Heinemann Ltd.

Studi Efektifitas Literatur Universitas Indonesia. (Online).

Suriadi, G. K. 2007. Prediksi Laju Korosi dengan Perubahan Besar Derajat Deformasi Plastis dan Media Pengkorosi pada Material Baja Karbon. Jurnal. Vol 1. (1): 1-8.

Sulistyo, E. 2011. Pengaruh Waktu dan Sudut Penyemprotan Pada Proses *Sand Blasting* Terhadap Laju Korosi Hasil Pengecatan Baja AISI 430. Jurnal. Vol. 2 (3): 205-208.

Supardi, R. 1997. *Korosi. Edisi Pertama*. Penerbit Tarsito. Bandung.

Trethewey, K. R., Chamberlain, J. 1991. *Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Uhlig, H.H. W.R. Revie. 2000. *Uhlig's Corrosion Handbook, John Wiley and Sons* p.582. New York.

Universal Coating, 2015. How Powder Coating Works. Diakses pada tanggal 09 Februari 2015 tersedia pada: <http://universal-coatings.net/how-powder-coating-works/>

Wisdatika, A. 2012. *Stainless Steel* Dapat Mengalami Korosi. Studi Efektifitas Literatur. Universitas Indonesia

World Technology Machinery, 2015. Typical Layout Plan of Powder Coating. Diakses pada tanggal 09 Februari 2015 tersedia pada: <http://www.powder-coating-line.com/product/Typical-Layout-Plan.html>

LAMPIRAN 1. TABEL DATA

Tabel A1.1 Hasil pengujian data tebal lapisan *powder coating* (μm)

No.	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Waktu Pencelupan (menit)	Harga Ketebalan Lapisan Cat (μm)			Rata-Rata Ketebalan
			Atas	Tengah	Bawah	
1	27	6	66	60	64	63.33
2			64	68	60	64
3			63	62	64	63
4			64	61	63	62.67
5		9	75	74	73	74
6			75	76	74	75
7			73	72	74	73
8			75	71	76	74
9		12	79	78	76	77.67
10			77	79	78	78
11			78	80	76	78
12			79	77	80	78.67
13		15	82	81	83	82
14			82	85	83	83.33
15			80	82	84	82
16			83	85	84	84
17	50	6	76	75	74	75
18			76	77	75	76
19			74	73	75	74
20			76	72	77	75
21		9	90	89	88	89
22			87	88	89	88
23			89	91	90	90
24			91	86	90	89
25		12	97	99	95	97
26			97	96	98	97
27			98	99	98	98.33
28			99	99	95	97.67
29		15	110	108	105	107.67
30			110	107	108	108.33
31			109	110	108	109
32			108	108	107	107.67

(lanjutan tabel A1.1)

No.	Temperatur (°C)	Waktu Pencelupan (menit)	Harga Ketebalan Lapisan Cat (μm)			Rata-Rata Ketebalan
			Atas	Tengah	Bawah	
33	75	6	67	68	66	67
34			68	69	67	68
35			66	67	65	66
36			67	69	65	67
37		9	77	76	78	77
38			77	75	79	77
39			76	77	76	76.33
40			76	79	77	77.33
41		12	81	80	82	81
42			80	79	83	80.67
43			81	80	81	80.67
44			82	80	82	81.33
45		15	85	84	86	85
46			85	81	88	84.67
47			87	89	80	85.33
48			85	87	88	86.67

Tabel A1.2 Nilai Ketebalan (μm)

Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Waktu Pencelupan (menit)				Jumlah
	6	9	12	15	
27	63.33	74	77.67	82	
	64	75	78	83.33	
	63	73	78	82	
	62.67	74	78.67	84	
Jumlah	253	296	312.34	331.33	1192.67
Rata-rata	63.25	74	78.085	82.8325	
50	75	89	97	107.67	
	76	88	97	108.33	
	74	90	98.33	109	
	75	89	97.67	107.67	
Jumlah	300	356	390	432.67	1478.67
Rata-rata	75	89	97.5	108.168	
75	67	77	81	85	
	68	77	80.67	84.67	
	66	76.33	80.67	85.33	
	67	77.33	81.33	86.67	
Jumlah	268	307.66	323.67	341.67	1241
Rata-rata	67	76.915	80.9175	85.4175	
Jumlah Besar	821	959.66	1026.01	1105.67	3912.34

Tabel A1.3 Hasil Pengukuran Data Pengujian *Salt Spray*

Faktor	Berat awal (gram)	Berat (gram) pada setiap Waktu (jam)						
		24	48	72	96	120	144	168
	54.2238	54.2198	54.2148	54.2033	54.1831	54.1546	54.1196	54.0758
63,25	53.9697	53.9652	53.9601	53.9483	53.9248	53.8933	53.8563	53.8222
R/6	53.7484	53.7449	53.7403	53.7278	53.6993	53.6658	53.6350	53.6024
	54.1055	54.1019	54.0969	54.0852	54.0575	54.0315	53.9970	53.9570
Jumlah	216.0474	216.0318	216.0121	215.9646	215.8647	215.7452	215.6079	215.4574
Rata-rata	54.0119	54.0080	54.0030	53.9912	53.9662	53.9363	53.9020	53.8644
	53.2621	53.2588	53.2545	53.2420	53.2205	53.1938	53.1641	53.1331
67	53.3734	53.3699	53.3657	53.3530	53.3299	53.3024	53.2728	53.2434
75/6	53.9987	53.9951	53.9908	53.9777	53.9540	53.9257	53.8982	53.8678
	53.8266	53.8240	53.8188	53.8060	53.7819	53.7524	53.7263	53.6981
Jumlah	214.4608	214.4478	214.4298	214.3787	214.2863	214.1743	214.0614	213.9424
Rata-rata	53.6152	53.6120	53.6075	53.5947	53.5716	53.5436	53.5154	53.4856
	53.6653	53.6618	53.6573	53.6474	53.6326	53.6146	53.5986	53.5804
74	53.9180	53.9147	53.9102	53.9017	53.8857	53.8677	53.8494	53.8320
R/9	53.7142	53.7112	53.7067	53.6972	53.6817	53.6644	53.6479	53.6307
	54.0089	54.0049	54.0007	53.9917	53.9770	53.9573	53.9423	53.9244
Jumlah	215.3064	215.2926	215.2749	215.2380	215.1770	215.1040	215.0382	214.9675
Rata-rata	53.8266	53.8232	53.8187	53.8095	53.7943	53.7760	53.7596	53.7419
	53.8646	53.8616	53.8568	53.8484	53.8348	53.8193	53.8023	53.7854
75	53.8578	53.8549	53.8501	53.8404	53.8275	53.8127	53.7952	53.7779
50/6	53.8133	53.8097	53.8053	53.7964	53.7850	53.7704	53.7524	53.7348
	54.1291	54.1257	54.1212	54.1120	54.0995	54.0842	54.0670	54.0496
Jumlah	215.6648	215.6519	215.6334	215.5972	215.5468	215.4866	215.4169	215.3477
Rata-rata	53.9162	53.9130	53.9084	53.8993	53.8867	53.8717	53.8542	53.8369
	53.3626	53.3596	53.3546	53.3450	53.3336	53.3193	53.3029	53.2879
76.92	53.4139	53.4110	53.4056	53.3948	53.3812	53.3679	53.3538	53.3383
75/9	53.3980	53.3944	53.3901	53.3812	53.3691	53.3555	53.3398	53.3234
	53.5267	53.5232	53.5186	53.5087	53.4950	53.4794	53.4653	53.4518
Jumlah	213.7012	213.6882	213.6689	213.6297	213.5789	213.5221	213.4618	213.4014
Rata-rata	53.4253	53.4221	53.4172	53.4074	53.3947	53.3805	53.3655	53.3504
	53.4335	53.4297	53.4260	53.4182	53.4066	53.3912	53.3755	53.3627
78.08	53.4670	53.4636	53.4602	53.4516	53.4370	53.4245	53.4117	53.3970
R/12	53.8618	53.8583	53.8545	53.8456	53.8328	53.8195	53.8058	53.7903
	53.8986	53.8954	53.8916	53.8831	53.8708	53.8570	53.8415	53.8274
Jumlah	214.6609	214.6470	214.6323	214.5985	214.5472	214.4922	214.4345	214.3774
Rata-rata	53.6652	53.6618	53.6581	53.6496	53.6368	53.6231	53.6086	53.5944
	53.5017	53.4997	53.4942	53.4867	53.4748	53.4612	53.4482	53.4343
80.92	53.5343	53.5317	53.5265	53.5180	53.5053	53.4917	53.4786	53.4663
75/12	53.4421	53.4386	53.4348	53.4271	53.4160	53.4023	53.3874	53.3743
	53.5538	53.5503	53.5455	53.5364	53.5256	53.5127	53.4986	53.4853
Jumlah	214.0319	214.0203	214.0010	213.9682	213.9217	213.8679	213.8128	213.7602
Rata-rata	53.5080	53.5051	53.5003	53.4921	53.4804	53.4670	53.4532	53.4401
	53.8945	53.8915	53.8875	53.8797	53.8681	53.8577	53.8472	53.8364
82.83	53.8229	53.8194	53.8156	53.8080	53.7975	53.7868	53.7756	53.7640
R/15	53.6890	53.6861	53.6819	53.6738	53.6628	53.6521	53.6409	53.6294
	53.9148	53.9112	53.9073	53.8994	53.8891	53.8780	53.8665	53.8548
Jumlah	215.3212	215.3082	215.2923	215.2609	215.2175	215.1746	215.1302	215.0846
Rata-rata	53.8303	53.8271	53.8231	53.8152	53.8044	53.7937	53.7826	53.7712

(lanjutan tabel A1.3)

Faktor Ketebalan	Berat awal (gram)	Berat (gram) pada setiap Waktu (jam)						
		24	48	72	96	120	144	168
	53.5348	53.5322	53.5288	53.5221	53.5150	53.5073	53.4995	53.4910
85.42	53.6271	53.6246	53.6213	53.6150	53.6073	53.5992	53.5919	53.5841
75/15	53.8763	53.8732	53.8698	53.8631	53.8557	53.8478	53.8395	53.8313
	53.9612	53.9587	53.9557	53.9496	53.9427	53.9351	53.9272	53.9188
Jumlah	214.9994	214.9887	214.9756	214.9498	214.9207	214.8894	214.8581	214.8252
Rata-rata	53.7499	53.7472	53.7439	53.7375	53.7302	53.7224	53.7145	53.7063
	53.7686	53.7653	53.7609	53.7562	53.7512	53.7447	53.7387	53.7321
89	53.5742	53.5727	53.5703	53.5658	53.5606	53.5545	53.5470	53.5392
50/9	53.8958	53.8944	53.8925	53.8883	53.8828	53.8760	53.8679	53.8588
	53.8430	53.8406	53.8380	53.8335	53.8276	53.8211	53.8149	53.8085
Jumlah	215.0816	215.0730	215.0617	215.0438	215.0222	214.9963	214.9685	214.9386
Rata-rata	53.7704	53.7683	53.7654	53.7610	53.7556	53.7491	53.7421	53.7347
	53.8692	53.8679	53.8662	53.8633	53.8606	53.8565	53.8522	53.8481
97.5	53.3626	53.3612	53.3591	53.3562	53.3529	53.3495	53.3460	53.3427
50/12	53.5751	53.5741	53.5721	53.5696	53.5667	53.5632	53.5594	53.5554
	53.7749	53.7738	53.7716	53.7689	53.7658	53.7625	53.7585	53.7534
Jumlah	214.5818	214.5770	214.5690	214.5580	214.5460	214.5317	214.5161	214.4996
Rata-rata	53.6455	53.6443	53.6423	53.6395	53.6365	53.6329	53.6290	53.6249
	53.4211	53.4207	53.4201	53.4191	53.4179	53.4156	53.4131	53.4111
108.17	53.7267	53.7261	53.7253	53.7241	53.7226	53.7204	53.7181	53.7156
50/15	53.6582	53.6573	53.6561	53.6545	53.6524	53.6499	53.6472	53.6457
	53.7539	53.7532	53.7523	53.7509	53.7492	53.7472	53.7447	53.7424
Jumlah	214.5599	214.5573	214.5538	214.5486	214.5421	214.5331	214.5231	214.5148
Rata-rata	53.6400	53.6393	53.6385	53.6372	53.6355	53.6333	53.6308	53.6287

Tabel A1.4 Nilai Laju Korosi Total dan Rata-rata (mg/dm²day)

Faktor	Berat awal Ketebalan (gram)	Waktu Pengujian (jam)						
		24	48	72	96	120	144	168
	54.2238	0.090611	0.101937	0.154793	0.230491	0.313513	0.393402	0.478943
63,25	53.9697	0.101937	0.108733	0.161589	0.254276	0.346133	0.428136	0.477325
R/6	53.7484	0.079284	0.091743	0.155548	0.278062	0.374223	0.428136	0.472470
	54.1055	0.081550	0.097407	0.153283	0.271832	0.335260	0.409636	0.480561
Jumlah	216.0474	0.353382	0.399820	0.625214	1.034662	1.369129	1.659310	1.909298
Rata-rata	54.0119	0.088345	0.099955	0.156304	0.258665	0.342282	0.414827	0.477325
67 75/6	53.2621	0.074754	0.086080	0.151773	0.235588	0.309436	0.369994	0.417457
	53.3734	0.079284	0.087213	0.154038	0.246348	0.321668	0.379810	0.420693
	53.9987	0.081550	0.089478	0.158569	0.253144	0.330729	0.379433	0.423605
	53.8266	0.058897	0.088346	0.155548	0.253144	0.336166	0.378678	0.415839
Jumlah	214.4608	0.294485	0.351117	0.619929	0.988224	1.297999	1.507914	1.677594
Rata-rata	53.6152	0.073621	0.087779	0.154982	0.247056	0.324500	0.376979	0.419398
74 R/9	53.6653	0.079284	0.090611	0.135161	0.185186	0.229698	0.251822	0.274745
	53.9180	0.074754	0.088346	0.123080	0.182921	0.227886	0.258996	0.278305
	53.7142	0.067958	0.084948	0.128365	0.184053	0.225621	0.250312	0.270214
	54.0089	0.090611	0.092876	0.129875	0.180655	0.233776	0.251445	0.273450
Jumlah	215.3064	0.312607	0.356780	0.516481	0.732815	0.916981	1.012575	1.096714
Rata-rata	53.8266	0.078152	0.089195	0.129120	0.183204	0.229245	0.253144	0.274178
75 50/6	53.8646	0.067958	0.088346	0.122325	0.168763	0.205233	0.235210	0.256299
	53.8578	0.065693	0.087213	0.131386	0.171594	0.204327	0.236343	0.258564
	53.8133	0.081550	0.090611	0.127610	0.160268	0.194360	0.229925	0.254034
	54.1291	0.077019	0.089478	0.129120	0.167630	0.203421	0.234455	0.257270
Jumlah	215.6648	0.292220	0.355647	0.510441	0.668254	0.807342	0.935934	1.026167
Rata-rata	53.9162	0.073055	0.088912	0.127610	0.167064	0.201836	0.233983	0.256542
76.92 75/9	53.3626	0.067958	0.090611	0.132896	0.164232	0.196172	0.225394	0.241737
	53.4139	0.065693	0.094009	0.144222	0.185186	0.208405	0.226904	0.244649
	53.3980	0.081550	0.089478	0.126855	0.163666	0.192548	0.219731	0.241413
	53.5267	0.079284	0.091743	0.135916	0.179523	0.214294	0.231813	0.242384
Jumlah	213.7012	0.294485	0.365841	0.539889	0.692606	0.811419	0.903842	0.970183
Rata-rata	53.4253	0.073621	0.091460	0.134972	0.173152	0.202855	0.225961	0.242546
78.08 R/12	53.4335	0.086080	0.084948	0.115529	0.152339	0.191642	0.218976	0.229116
	53.4670	0.077019	0.077019	0.116284	0.169895	0.192548	0.208782	0.226527
	53.8618	0.079284	0.082682	0.122325	0.164232	0.191642	0.211425	0.231381
	53.8986	0.072489	0.079284	0.117039	0.157436	0.188470	0.215578	0.230410
Jumlah	214.6609	0.314872	0.323934	0.471176	0.643903	0.764302	0.854762	0.917434
Rata-rata	53.6652	0.078718	0.080983	0.117794	0.160976	0.191075	0.213690	0.229359
80.92 75/12	53.5017	0.045305	0.084948	0.113263	0.152339	0.183487	0.201987	0.218113
	53.5343	0.058897	0.088346	0.123080	0.164232	0.193001	0.210293	0.220055
	53.4421	0.079284	0.082682	0.113263	0.147809	0.180315	0.206517	0.219408
	53.5538	0.079284	0.094009	0.131386	0.159701	0.186205	0.208405	0.221673
Jumlah	214.0319	0.262771	0.349984	0.480992	0.624082	0.743008	0.827201	0.879248
Rata-rata	53.5080	0.065693	0.087496	0.120248	0.156020	0.185752	0.206800	0.219812

(lanjutan tabel A1.4)

Faktor	Berat awal (gram)	Waktu Pengujian (jam)						
		24	48	72	96	120	144	168
82.83	53.8945	0.067958	0.079284	0.111753	0.149508	0.166724	0.178579	0.188017
	53.8229	0.079284	0.082682	0.112508	0.143845	0.163552	0.178579	0.190606
	53.6890	0.065693	0.080417	0.114774	0.148375	0.167177	0.181599	0.192872
	53.9148	0.081550	0.084948	0.116284	0.145544	0.166724	0.182354	0.194166
Jumlah	215.3212	0.294485	0.327331	0.455319	0.587271	0.664177	0.721111	0.765661
Rata-rata	53.8303	0.073621	0.081833	0.113830	0.146818	0.166044	0.180278	0.191415
85.42 75/15	53.5348	0.058897	0.067958	0.095896	0.112131	0.124590	0.133273	0.141741
	53.6271	0.056632	0.065693	0.091366	0.112131	0.126402	0.132896	0.139152
	53.8763	0.070223	0.073621	0.099672	0.116661	0.129120	0.138937	0.145624
	53.9612	0.056632	0.062295	0.087590	0.104769	0.118247	0.128365	0.137211
Jumlah	214.9994	0.242384	0.269567	0.374525	0.445692	0.498359	0.533471	0.563728
Rata-rata	53.7499	0.060596	0.067392	0.093631	0.111423	0.124590	0.133368	0.140932
89 50/9	53.7686	0.074754	0.087213	0.093631	0.098539	0.108280	0.112886	0.118118
	53.5742	0.033979	0.044173	0.063428	0.077019	0.089252	0.102692	0.113263
	53.8958	0.031714	0.037377	0.056632	0.073621	0.089705	0.105335	0.119736
	53.8430	0.054366	0.056632	0.071734	0.087213	0.099219	0.106090	0.111645
Jumlah	215.0816	0.194813	0.225394	0.285424	0.336393	0.386455	0.427003	0.462762
Rata-rata	53.7704	0.048703	0.056349	0.071356	0.084098	0.096614	0.106751	0.115691
97.5 50/12	53.8692	0.029448	0.033979	0.044550	0.048703	0.057538	0.064183	0.068282
	53.3626	0.031714	0.039642	0.048326	0.054933	0.059350	0.062672	0.064398
	53.5751	0.022653	0.033979	0.041530	0.047571	0.053913	0.059275	0.063751
	53.7749	0.024918	0.037377	0.045305	0.051535	0.056179	0.061917	0.069576
Jumlah	214.5818	0.108733	0.144977	0.179711	0.202742	0.226980	0.248047	0.266007
Rata-rata	53.6455	0.027183	0.036244	0.044928	0.050685	0.056745	0.062012	0.066502
108.17 50/15	53.4211	0.009061	0.011326	0.015102	0.018122	0.024918	0.030204	0.032361
	53.7267	0.013592	0.015857	0.019632	0.023219	0.028542	0.032469	0.035921
	53.6582	0.020387	0.023785	0.027938	0.032846	0.037603	0.041530	0.040451
	53.7539	0.015857	0.018122	0.022653	0.026617	0.030355	0.034734	0.037215
Jumlah	214.5599	0.058897	0.069091	0.085325	0.100804	0.121418	0.138937	0.145948
Rata-rata	53.6400	0.014724	0.017273	0.021331	0.025201	0.030355	0.034734	0.036487

Tabel A1.5 Spesifikasi Baja ST 37

PT KRAKATAU STEEL (PERSERO) Tbk.

MILL CERTIFICATE

KRATAU STEEL

PURCHASER: PERTAMINA (PERSERO) RU-II PLAJU . PT.
JL. BERNGIN NO. 01 KOMPETRA PLAJU
PALEMBANG

COMMODITY: PRIME NEWLY PRODUCED HOT ROLLED
STEEL IN SHEET CUT EDGE

SPECIFICATION: ASTM A283 GRC / **ST37**

L.C. NO: PO 450113112
CERTIFICATE NO: B0001185MGP/15
DATE: JANUARY 16, 2015
LOT NO:
SHIPPING INSTRUCTION:
SALES ORDER / ITEM: 6902030092 / 030050

Page: 1 of 1

HEAT NO.	SLAB NO.	COIL AND PACKING NO.	TEST-NO.	DIMENSION (mm) T x W x L	QTY (N)	CHEMICAL COMPOSITION x 100 %						TENSILE TEST			BEND TEST	IMPACT TEST	
						C	SI	Mn	P	S	AI	YS N/mm ²	TS N/mm ²	EL %		AVG	°C
K03856	0300	501385 01	501384	8.00 x 1829 x 8098	8	15.4	2.1	89.0	1.2	0.4	4.9	305	448	40	GOOD		
K06456	0300	506400 01	506400	8.00 x 1829 x 8098	8	15.8	1.2	87.9	1.4	0.4	4.4	333	463	34	GOOD		
K06456	0300	506480 02	506480	8.00 x 1829 x 8098	8	15.8	1.2	87.9	1.4	0.4	4.4	333	463	34	GOOD		
K06456	0300	506480 03	506480	8.00 x 1829 x 8098	8	15.8	1.2	87.9	1.4	0.4	4.4	333	463	34	GOOD		
K06456	0300	506480 04	506480	8.00 x 1829 x 8098	8	15.8	1.2	87.9	1.4	0.4	4.4	333	463	34	GOOD		
K06454	0500	509481 01	509481	8.00 x 1829 x 8098	8	15.8	1.3	85.5	1.1	0.4	5.0	282	438	38	GOOD		
K06454	0500	509481 02	509481	8.00 x 1829 x 8098	8	15.8	1.3	85.5	1.1	0.4	5.0	282	438	38	GOOD		
K06454	0500	509481 03	509481	8.00 x 1829 x 8098	8	15.8	1.3	85.5	1.1	0.4	5.0	282	438	38	GOOD		
K06454	0500	509481 04	509481	8.00 x 1829 x 8098	7	15.8	1.3	85.5	1.1	0.4	5.0	282	438	38	GOOD		

RSRHS04023, ISSUE NO. 03

DIVISION OF QUALITY CONTROL

ME HEREBY CERTIFY THAT MATERIAL DESCRIBED ABOVE HAS BEEN TESTED AND COMPLIES WITH THE TERMS OF THE ORDER CONTRACT

HERRY
SUPERINTENDENT
PHONE: (0254) 371015

S L A B B R O W S I N G

DATE : 15/03/02
TIME : 16:49:49

SL-KEY : K06454 0500 M/H : SL-FLOW : * : PRIM-SLB : FIN-SLB OKT :
=====PROG : SMD44DMQ

- SLAB ACTUAL SIZE - L P STANDARD STEEL AI TRI SC ORDER POS CUSTOMER D F
THK WIDT LENGT WEIGT G R SPEC GRADE NO NO. CD NO. NO NAME C F
=====

230 1920 06000 20800 1 0A1810
===== NPPNO : RSCD-QC : == PREV.ORDER : = PPC.CD :
LOCATION ED END ----- QUALITY ITEM ----- STR ---- ROLLING ITEM ----
CODE US USER PR SP QF SC CR FS RFC DATE NO. COIL-N ORDER POS PROG
=====

5031001506461 1401877 05 2379
= NPB-HSM : FSS-HONO : PREV.FSS : REPAIRCD : =====
FINISH-ITEM -ALLOKASI ITEM-- -TRANSFER ITEM-- INCOME RETURN -ROLL- DELIV.
DATE TIME DATE TIME HONO DATE TIME HONO DATE DATE DATE DATE
141222 3 6790 141222 141227

=====

C Si Mn P S Al N Cu Ni Cr Sn Mo V Nb Ti
=====

0158 0013 0855 0105 0037 0050 0035 0006 0001 0010 0000 0001 0002 0001 00001
INQUIRY OK !!
PF2 : PRIME BROWSE PF-ENT : INQUIRY PF7 : BACKWARD PF8 : FORWARD PF12 : MAIN

Tabel A1.6 Spesifikasi *Cat Powder*

Product Data Sheet

Corro-Coat MX Series 8

Product Description	<p>Corro-Coat MX Series 8 is a versatile epoxy-polyester hybrid powder coating developed to provide attractive decorative finishes combined with protective and functional properties.</p> <p>Corro-Coat MX Series 8 offers excellent mechanical and chemical performance with superior flow and finish. It provides good colour stability during curing. Epoxy-polyester hybrid coatings are discouraged for applications where resistance to UV light is a prerequisite.</p>								
Application Areas	<p>Corro-Coat MX Series 8 is recommended for interior applications. It features a large spectrum of finishes and gloss levels. Typical application areas are domestic appliances, indoor metal furniture and fixtures, shelves, lighting equipment, wire work, heating radiators, wheel rims (as primer), and hand tools.</p> <p>Corro-Coat MX Series 8 can be successfully applied to ferrous and non ferrous substrates. Special formulations are available or custom made to meet the requirements for low surface friction, thin film, porous substrates and other special applications.</p>								
Pre-treatment	<p>The overall quality of the coating system is largely dependent on the type and quality of the pre-treatment. The recommended types of pre-treatment for the most frequently used substrates are:</p> <table border="0"> <tr> <td>Aluminum</td> <td>Chromate conversion</td> </tr> <tr> <td>Steel</td> <td>Zinc phosphate</td> </tr> <tr> <td>Zinc coated steel</td> <td>Zinc phosphate or chromate conversion</td> </tr> <tr> <td>Final rinse (deionized)</td> <td>The last running water from the object should be tested at 20°C. The readings obtained should measure below 30µS/cm.</td> </tr> </table>	Aluminum	Chromate conversion	Steel	Zinc phosphate	Zinc coated steel	Zinc phosphate or chromate conversion	Final rinse (deionized)	The last running water from the object should be tested at 20°C. The readings obtained should measure below 30µS/cm.
Aluminum	Chromate conversion								
Steel	Zinc phosphate								
Zinc coated steel	Zinc phosphate or chromate conversion								
Final rinse (deionized)	The last running water from the object should be tested at 20°C. The readings obtained should measure below 30µS/cm.								
Curing Schedules	<p>Corro-Coat MX Series 8 can be formulated for curing temperatures from 160°C to 200°C object temperature. For detailed information please contact a technical or sales representative at Jotun Powder Coatings.</p>								
Colour Selection	<p>Corro-Coat MX Series 8 is available in a wide assortment of custom-made colours, including RAL and NCS.</p>								
Finish	<p>Corro-Coat MX Series 8 is available in smooth and textured finishes. The smooth finish is available in a gloss range from 15% to 95% (angle 60° measured according to EN ISO 2813).</p>								
Powder Application	<p>Corro-Coat MX Series 8 is available for Corona or Tribo charging equipment.</p>								
Storage Conditions	<p>Keep in a dry cool area. Maximum temperature 25°C. Maximum relative humidity 60%.</p>								

Technical Data

The technical data provided below are typical for Corro-Coat MX Series 8 applied to 0.8 mm zinc-phosphated cold rolled steel panels (60 micron film thickness). Typical values when tested have not necessarily been recently revised. Values may vary with colour, gloss level and texture variances.

Description	Norm	Series 8
Adhesion	EN ISO 2409 (2mm)	Cross-cut rating C10 (100% adhesion).
Impact resistance	ASTM D 2794 (5/8" ball)	Most grades exceed 80 inch pounds without film cracking.
Cupping test	EN ISO 1520	Most grades exceed 5mm without film cracking.
Flexibility	EN ISO 1519	Cylindrical Mandrel bend test 3 - 12mm without film cracking.
Film hardness	EN ISO 2815	Indentation resistance according to Buchholz: > 80.
Salt spray resistance	ASTM B 117	Measured with respect to blistering and adhesion loss after 300 hours.
Resistance to humid atmospheres	DIN 50017	Measured with respect to blistering and adhesion loss after 1000 hours.

Tabel A1.7 Spesifikasi standar Pretreatment PT Sinar Industri Panel 1

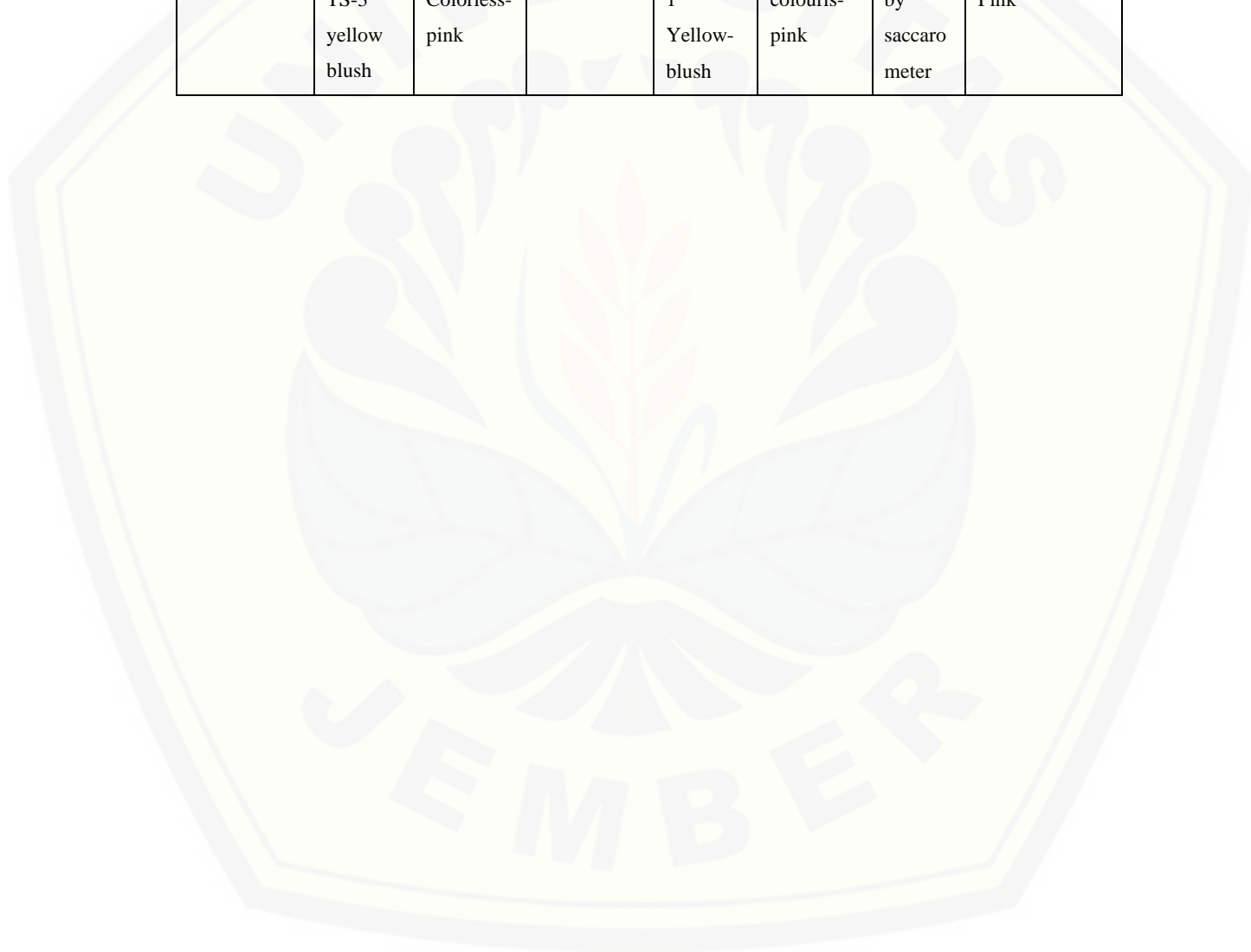
Process	1	2	3	4	5
	Pickling	Water Rinse	Surfacing	Phosphating	Water Rinse
Chemicals	Descaler CS 1-062	City water	Surf. Condt. CS. 7-071	Zincoat CS. 16-008 Starter CS. 13-216 Accelerator CS. 9-016	City water
Temp. (°C)	Room	Room	Room	Room	Room
Dipping Time	>15'	1'	1-2'	10-15'	1'
Tank Capacity (l)	200	200	200	200	200
Make Up (kg)	60	-	0,4	CS. 16-008 = 15 (FA) 2 liter CS. 13-216 = 0,7 (FA) starter CS. 9-016 = 0,54 (AC) Accelerator	200
Control point (pt)	FA > 10 Fe Content < 80 grit	Cont. < 2	8-10 pH	FA = 1-1,5 TA = 28-33 AC = 3-5	Cont. < 2
Replenishing (kg)	5,6 kg/pt up	Over Flow	Make Up every 2 weeks	CS. 16-008 = 0,57 kg/pt up (TA) CS. 13-216 = 0,18 kg/pt down (FA) CS. 9-016 = 0,08 kg/pt up (AC)	Over Flow
Control Method	1 ml sampel 100 ml air 3-5 tetes IS 2 TS-3 Yellow - Bluish	100 ml sample 3-5 drops IS-1 TS-1 Colorless - Pink	pH meter/paper	FA 10 ml sample 3-5 drops IS-2 TS-1 Yellow - bluish	100 ml sample 3-5 drops IS-1 TS-1 Colorless - Pink
				TA 10 ml sample 3-5 drops IS-1 TS-1 Colorless - Pink	AC ± 50 ml sample 1 gr RP-1 Using by saccarometer

Technical Assistant :
 PT. Duta Kimia Berjaya
 Kompleks Pergudangan ASTRIO B-8

Tabel A1.8 Spesifikasi standart Pretreatment PT Sinar Industri Panel 2

	1	2	3	4	5
Process	Pickling	Water rinse	Surfacing	Phosphating	Water rinse
Chemicals	Descaler CS 1-062	City water	Surf. Condt. CS. 7-071	Zincoat CS 16-008 Starter CS 13-216 Accelerator CS 9-016	City water
Temp. (°C)	Room	Room	Room	Room	Room
Dipping Time	>15'	1'	1-2'	10-15'	1'
Tank capacity (i)	200	200	200	200	200
Make up (kg)	60	-	0,4	CS 16-008=15 CS 13-216=0,7 CS 9-016=0,54	
Control point (pt)	FA>10 Fe content	Cont. < 2	8-10 pH	FA = 1,5 TA = 28-33 AC = 3-5	Cont < 2

	<80 gr/lt						
Replenishing (kg)	5,6 kg/pt up	Over flow	Make up every 2 weeks	CS 16-008=0,57 kg/pt up (TA) CS 13-216 = 0,18 kg/pt up (TA) CS 9-016=0,08 kg/pt up (TA)			Over flow
Control method	1 ml sampel	100 ml sampel	pH meter/paper	FA	TA	AC	100 ml samples 3-5 drops IS-1 TS-1 Colories-Pink
	100 ml air 3-5 tetes IS 2 TS-3 yellow blush	3-5 drops IS-1 TS-1 Colorless-pink		10 samples 3-5 drops 16-2 TS-1 Yellow-blush	10 sample 3-5 drops IS-1 TS-1 colouris-pink	±50 samples 1 gr RP- 1 Using by saccaro meter	



LAMPIRAN 2. GAMBAR DAN ALAT PENGUJIAN



Pemotongan Spesimen



Timbangan digital 1/100g



Persiapan *pretreatment*



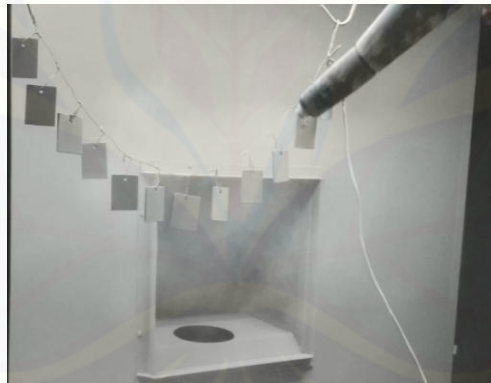
Proses *pretreatment*



Spesimen setelah *pretreatment*



Spraying gun



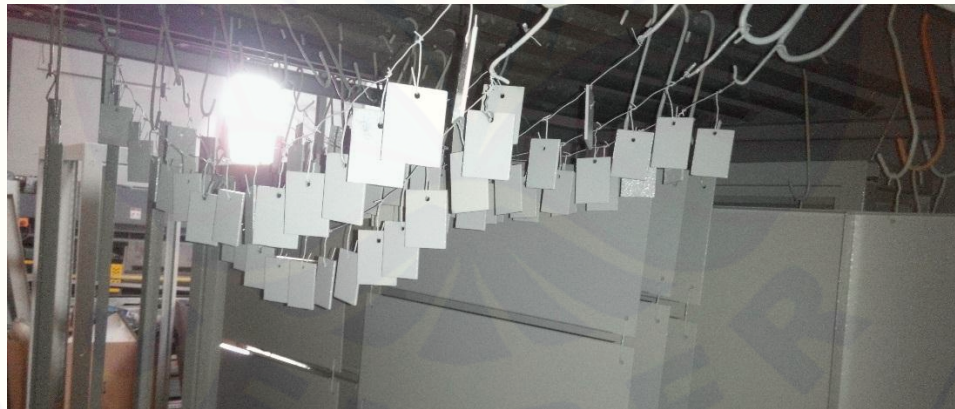
Proses *coating* pada *spraying booth*



Mesin oven



Display temperatur oven



Spesimen setelah dioven



Thickness gauge test



Spesimen setelah coating



Tekanan pada compressor salt spray test



chamber salt spray test



Salt spray test



Termocontrol pada alat uji salt spray



Larutan (HCl) degreasing



Larutan (Prepalene PLX-HG) surfacing



Larutan (HNO₂) accelerator



Larutan (H₃PO₄) phosphating



Cat Powder tipe corro-coat MX 8003