



**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN *ACCELERATOR*  
ASAM NITRIT ( $\text{HNO}_2$ ) PADA PROSES *PHOSPHATING* DI  
APLIKASI *POWDER COATING MILD STEEL ST 37***

**SKRIPSI**

Oleh  
**Mohammad Arif Ramdhoni**  
**NIM 111910101083**

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



**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN *ACCELERATOR*  
ASAM NITRIT ( $\text{HNO}_2$ ) PADA PROSES *PHOSPHATING* DI  
APLIKASI *POWDER COATING 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 Arif Ramdhoni**  
**NIM 111910101083**

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

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibu tersayang yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang, dan pengorbanan yang tidak kenal lelah hingga saat ini serta doa yang tiada hentinya beliau haturkan dengan penuh keikhlasan hati;
2. Kakakku M. Yusmaniar Rezza yang selalu memberikan arahan, motivasi dan pelajaran-pelajaran berharga;
3. Kekasihku tersayang Novita Try Jayanti yang tidak pernah lelah memberikan semangat serta doa yang tidak pernah henti dihaturkan setiap harinya;
4. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa menularkan ilmunya, 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 Hary Sutjahjono, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan bapak Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji anggota yang telah banyak sekali saran dan berbagai pertimbangan menuju ke arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini;
5. Saudaraku TM 11 UJ yang senantiasa memberikan motivasi dan semangat selama perkuliahan hingga saat ini dan semoga akan selalu menjadi “DULUR SAK LAWASE”. Semoga kalian semua mendapatkan yang terbaik dan barokah-NYA.
6. PT. Sinar Industri Panel yang memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian mengenai *coating*.
7. Serta civitas akademik baik dilingkungan UNEJ maupun seluruh instansi pendidikan, perusahaan dan lembaga terkait

## MOTTO

*In ahsantum ahsantum li-anfusikum, wa ina as'tum falaha.*

“Jika kamu berbuat baik (berarti) kamu berbuat baik bagi dirimu sendiri, dan jika kamu berbuat jahat, maka kejahatan itu untuk dirimu sendiri.”  
(terjemahan Surat Al-Isra’ ayat 7)<sup>\*)</sup>

"Dan kami perintahkan kepada manusia (agar berbuat baik) kepada kedua ibu bapaknya, ibunya yang telah mengandungnya dalam keadaan lemah yang semakin lemah, dan menyukannya selama dua tahun. Bersyukurlah kepadaKu dan kepada dua orang ibu bapakmu, hanya kepada-Ku-lah kembalimu."  
(terjemahan Surat Luqman ayat 14)<sup>\*)</sup>

*The more you give, the more you will get. <sup>\*\*)</sup>*

*Do whatever you like, be consistent, and success will come naturally.*

*Happiness is not money, but a peace of mind and soul.*

<sup>\*)</sup> Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. Al-Qur'an dan Terjemahannya. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo

<sup>\*\*)</sup> Bruno Giussani. 2014. *TEDGlobal 2012*. Inggris: *Theguardian Winner Of The Pulitzer Price 2014*.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA : Mohammad Arif Ramdhoni

NIM : 111910101083

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN *ACCELERATOR* ASAM NITRIT ( $\text{HNO}_2$ ) PADA PROSES *PHOSPHATING* DI APLIKASI *POWDER COATING* 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, 5 Juni 2015

Yang menyatakan,

(Mohammad Arif Ramdhoni)

NIM 111910101083

**SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN  
ACCELERATOR ASAM NITRIT ( $\text{HNO}_2$ ) PADA PROSES  
PHOSPHATING DI APLIKASI *POWDER COATING* MILD  
STEEL ST 37**

Oleh

Mohammad Arif Ramdhoni  
NIM 111910101083

Pembimbing:

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

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

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Pengaruh Variasi Temperatur Dan *Accelerator* Asam Nitrit (HNO<sub>2</sub>) Pada Proses *Phosphating* Di Aplikasi *Powder Coating* Mild Steel ST 37” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Jumat, 5 Juni 2015

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

**Tim Penguji**

Ketua,

Ir. FX. Kristianta, M.Eng.  
NIP 19650120 200112 1 001

Anggota I,

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.  
NIP 19681205 199702 1 002

Sekretaris,

Sumarji, S.T., M.T.  
NIP 19680202 199702 1 001

Anggota II,

Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.  
NIP 19691201 199602 1 001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP. 19610414 198902 1 001

## RINGKASAN

**Pengaruh Variasi Temperatur Dan Accelerator Asam Nitrit (HNO<sub>2</sub>) Pada Proses Phosphating Di Aplikasi Powder Coating Mild Steel ST 37**; Mohammad Arif Ramdhoni, 111910101083; 2015; 111 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

*Powder coating* adalah proses *finishing* kering. Untuk mencapai daya rekat serta ketahanan korosi yang maksimal sebelum dilakukan pelapisan, material yang akan dilapisi diberikan *pretreatment* tertentu. Dalam proses *pretreatment* dilakukan proses *phosphating* yang bertujuan untuk meningkatkan gaya *adhesi* antara *powder* pelapis dengan material logam yang dilapisi. Pada proses ini ditambahkan larutan *accelerator* asam nitrit (HNO<sub>2</sub>) serta peningkatan temperature guna memperoleh hasil maksimal serta mempercepat reaksi *phosphating*.

Dalam penelitian ini, difokuskan tentang peningkatan nilai ketebalan lapisan *coating* yang akan mempengaruhi nilai laju korosi spesimen uji. Variasi yang digunakan adalah temperatur pada suhu ruangan, 45°C, 55°C, 65°C dan *accelerator nitrous acid* sebanyak 1,8 gr/liter, 2,7 gr/liter, 3,6 gr/liter.

Penelitian ini dilakukan di 3 tempat berbeda. Laboratorium Manufaktur Kemasan Fakultas Teknik Universitas Jember untuk melakukan preparasi dan *pretreatment*. PT. Sinar Industri Panel – Malang untuk melakukan proses *coating*. Laboratorium metalurgi – ITS untuk melakukan pengujian ketebalan dan pengujian kabut garam (*sat spray test*).

Dari hasil penelitian didapat nilai ketebalan lapisan maksimal pada variasi 55°C serta *accelerator* 3,6 gr/liter sebesar 126,915 µm dan nilai laju korosi terbaik pada ketebalan optimal 101,168 µm sebesar 0,04755 mg/dm<sup>2</sup>day yang diperoleh dari variasi temperatur 55°C serta *accelerator* 2,7 gr/liter.

## **SUMMARY**

*The Influences Of Temperature Variety And HNO<sub>2</sub> Accelerator On The Phosphating Process In Powder Coating Mild Steel ST 37 Application;* Mohammad Arif Ramdhoni, 111910101083; 111 Pages; *Mechanical Engineering Department of Engineering Faculty, University of Jember.*

*Powder coating is dry finishing process. To reach an adhesive power and the maximum corrosion endurance to the material, a certain pretreatment applied to the material before it's coating. In the pretreatment process, a phosphating process applied to reach an adhesive power between powder coating and the metal. In this process, the material get a nitrit acid (HNO<sub>2</sub>) accelerator solution and increased the temperature to get the maximum result and fasten phosphating reaction.*

*The research focus into the enhancement value toward coating layer thickness which has influence to the value of the corrosion specimen experiment current. The used temperature variation are room temperature, 45°C, 55°C, 65°C and nitrous acid accelerator about 1,8 gr/liter, 2,7 gr/liter, 3,6 gr/liter.*

*This research had been located in 3 (three) different places, those are Package Manufacturing Laboratory - Engineering Faculty of Jember University to run some preparation and pretreatment. PT. Sinar Industri Panel – Malang to run the coating process. And last, Metalurgy Laboratory – ITS to run thickness test and salt spray test.*

*The outcome from this research is the best value of the thickness coating maximum in 126,915 µm which have 55 °C temperature variation and 3,6 gr/liter accelerator and the best value of the corrosion current in an optimum thickness 101,168 µm which have 0,04755 mg/dm<sup>2</sup>day in 55 °C temperature variation and 2,7 gr/liter accelerator.*

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh Variasi Temperatur Dan *Accelerator* Asam Nitrit ( $\text{HNO}_2$ ) Pada Proses *Phosphating* Di Aplikasi *Powder Coating* Mild Steel ST 37”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia yang tidak pernah henti dapat penulis rasakan setiap detik dalam hidup ini.
2. Ibu Uswatun NIsak yang selalu mengajarkan pelajaran hidup yang tidak kenal lelah, kasih sayang, perhatian, materi, serta yang utama adalah doa yang selalu beliau haturkan setiap saat.
3. Kakakku M. Yusmaniar Rezza yang selalu memberikan motivasi, semangat serta pelajaran-pelajaran yang begitu menarik.
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, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama, Bapak Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji anggota yang telah banyak sekali memberikan saran dan berbagai pertimbangan menuju ke arah yang benar dalam penulisan skripsi ini;
6. Bapak Dosen Universitas Jember khususnya Jurusan Teknik Mesin yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
7. Kekasihku tersayang Novita Try Jayanti yang tidak pernah lelah untuk mengingatkan penulis untuk selalu menjadi yang terbaik bagi agama, keluarga dan semua orang;

8. Keluarga kekasihku Ibu Oris Setiani dan Bapak Harsono yang penulis anggap sebagai orang tua penulis dan telah memberi semangat serta doanya;
9. Bapak Dekan yang telah memberikan banyak pelajaran berharga dan selaku bapak kos yang baik bagi penulis;
10. Saudaraku Teknik Mesin 11 universitas jember Ihsan, Anugrah, Febri, Rudin, Wildan, Abid, Bangkit, Angga, Novan, Pemi, Riza, Agung Sabun, Aang, Anas, Irsad, Jupri, Anton, Asrofi, Agung, Mar'iy, Rizki, Amril, Aris, Vian, Ika, Farihen, Rofiq, Sigit, Mukri, Romi, Muslih, Adit, Halim, Mahfud, Rizal, Sujat, Hegar, Gundul, Yohanes, Ario, Aisyah, Yurike, Malik, Haqi, Agus, Kalil, Patek, Imron, dll yang selalu mengarjarkan arti pengorbanan, dan pelajaran hidup yang begitu menarik. semoga kita akan selalu menjadi “DULUR SAK LAWASE”. Semoga kalian semua mendapatkan yang terbaik dan barokah dari-NYA.
11. Saudaraku “MLENDEZZ” Pepe, Ayip, Rijal, Jack, Rasid, Firman, Brian, Rendra, Jija, Brian, Chaidir, Samy, Sigit, Ika, Ucup, Chudin, Ahong, Evi, Faiz, Ajeng, Ima, Penceng, Leli, dll. Semoga kita dapat sering-sering berkumpul “LUR”.
12. Saudaraku Teknik UJ yang memberikan kebahagiaan, emosi, kesedihan, pengertian dan semangatnya untukku;
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat

Jember, 5 Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL .....	i
PERSEMBAHAN .....	ii
MOTTO .....	iii
PERNYATAAN .....	iv
PEMBIMBING .....	v
PENGESAHAN .....	vi
RINGKASAN .....	vii
PRAKATA .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian</b> .....	<b>3</b>
1.4.1 Tujuan .....	3
1.4.2 Manfaat .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Pengertian <i>Powder Coating</i></b> .....	<b>5</b>
2.1.1 <i>Pretreatment</i> .....	8
2.1.2 Kelebihan <i>Powder Coating</i> .....	9
<b>2.2 Pengertian Cat</b> .....	<b>10</b>
2.2.1 Jenis – Jenis Cat .....	10
2.2.2 Komposisi Cat .....	11

<b>2.3</b>	<b><i>Conversion Coating</i></b> .....	15
<b>2.4</b>	<b><i>Phosphating</i></b> .....	16
<b>2.5</b>	<b><i>Percepatan Reaksi Kimia</i></b> .....	19
2.5.1	Konsentrasi .....	19
2.5.2	Luas Permukaan Sentuhan .....	21
2.5.3	Suhu (Temperatur).....	22
2.5.4	Percepatan kimia ( <i>Accelerator</i> ) .....	24
<b>2.6</b>	<b>Jenis-Jenis Cacat pada Lapisan</b> .....	32
2.6.1	<i>Solvent pop</i> dan <i>pin hole</i> (lubang jarum) .....	32
2.6.2	<i>Peeling</i> (daya lekat kurang baik/mengelupas) .....	34
2.6.3	Cacat <i>Wrinkling</i> (pengerutan cat) .....	35
2.6.4	Cacat <i>cracking</i> .....	36
2.6.5	Cacat <i>runs</i> .....	36
2.6.6	Cacat <i>dirt and dust clear coat</i> .....	37
<b>2.7</b>	<b>Baja Mild Steel ST 37</b> .....	38
<b>2.8</b>	<b>Korosi</b> .....	39
<b>2.9</b>	<b>Faktor Penyebab Terjadinya Korosi</b> .....	44
2.9.1	Sifat Material .....	44
2.9.2	Faktor Lingkungan .....	45
<b>2.10</b>	<b>Metode yang Digunakan</b> .....	48
2.10.1	Metode kehilangan berat .....	48
2.10.2	Metode Pengujian Eksperimen 2 Faktorial .....	48
<b>BAB 3.</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	53
<b>3.1</b>	<b>Jenis Penelitian dan Rancangan Penelitian</b> .....	53
<b>3.2</b>	<b>Tempat dan Waktu Penelitian</b> .....	53
<b>3.3</b>	<b>Alat dan Bahan Penelitian</b> .....	53
3.2.1	Alat.....	53
3.2.2	Bahan .....	54
<b>3.4</b>	<b>Prosedur Penelitian</b> .....	54
<b>3.5</b>	<b>Pelaksanaan Penelitian</b> .....	55
3.5.1	Persiapan alat .....	55

3.5.2	Persiapan dan pembuatan spesimen uji.....	55
3.5.3	Pembuatan larutan <i>phosphating</i> .....	56
3.5.4	<i>Pretreatment</i> .....	56
3.5.5	<i>Coating</i> .....	57
3.5.6	Pengujian ketebalan lapisan cat .....	57
3.5.7	Pengujian <i>salt spray</i> .....	58
<b>3.6</b>	<b>Analisis Data</b> .....	60
3.6.1	Analisis dengan Metode Gravimetri .....	60
3.6.2	Pengambilan Data .....	61
<b>3.7</b>	<b>Hipotesis</b> .....	61
<b>3.8</b>	<b>Diagram Alir</b> .....	62
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	64
<b>4.1</b>	<b>Data Percobaan</b> .....	64
4.1.1	Hasil Pengujian Ketebalan .....	64
4.1.2	Hasil Pengujian <i>Salt Spray</i> .....	64
<b>4.2</b>	<b>Analisis Statistik</b> .....	65
4.2.1	Pengujian Hipotesis pada Ketebalan Lapisan .....	65
4.2.2	Pengujian Hipotesis pada Nilai Laju Korosi.....	67
<b>4.3</b>	<b>Pembahasan</b> .....	69
4.3.1	Ketebalan Lapisan Pengecatan.....	69
4.3.2	Nilai Laju Korosi .....	77
4.3.3	Cacat Pada Lapisan Cat.....	83
<b>BAB 5.</b>	<b>PENUTUP</b> .....	89
<b>5.1</b>	<b>Kesimpulan</b> .....	89
<b>5.2</b>	<b>Saran</b> .....	90
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	91
<b>LAMPIRAN 1. TABEL DATA</b>	.....	93
<b>LAMPIRAN 2. GAMBAR DAN ALAT PENGUJIAN</b>	.....	107

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
2.1 Arah aliran powder atau <i>wrap round effect</i> .....	5
2.2 Proses <i>powder coating</i> .....	6
2.3 Sistem <i>coating</i> dua lapis .....	7
2.4 Komponen-komponen penyusun cat .....	11
2.5 Tumbukan partikel konsentrasi.....	19
2.6 Grafik pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi .....	20
2.7 Tumbukan antar partikel luas permukaan .....	21
2.8 Grafik pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi .....	22
2.9 Tumbukan antar partikel temperatur .....	22
2.10 Grafik Distribusi Maxwell-Boltzmann dan energi aktivasi.....	24
2.11 Diagram energi potensial reaksi tanpa katalis dan dengan katalis .....	25
2.12 Cacat <i>boiling, blisterin, solvent boil, boil</i> , atau <i>solvent pop</i> .....	33
2.13 Cacat <i>pin hole</i> .....	33
2.14 Cacat <i>peeling</i> .....	34
2.15 Cacat <i>wrinkling</i> .....	35
2.16 Cacat <i>cracking</i> .....	36
2.17 Cacat <i>runs</i> .....	37
2.18 Cacat <i>dirt and dust clear coat</i> .....	37
2.19 Proses pengkorosian logam. ....	41
2.20 Korosi karena logam tidak homogen.....	43
2.21 Pengaruh pH terhadap laju korosi pada besi.....	46
3.1 Penampang Spesimen Uji .....	55
3.2 Perendaman pada suhu ruangan ( <i>pickling, water rinse, sufacing</i> ) .....	56
3.3 Pemanasan larutan <i>phosphating</i> .....	57
3.4 <i>Coating thickness gauge</i> .....	58
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	62
4.1 Grafik ketebalan lapisan cat pada penambahan <i>accelerator</i> 1,8 gr/lt ....	70
4.2 Grafik ketebalan lapisan cat pada penambahan <i>accelerator</i> 2,7 gr/lt.....	71

4.3	Grafik ketebalan lapisan cat pada penambahan <i>accelerator</i> 3,6 gr/lt.....	72
4.4	Grafik ketebalan lapisan cat.....	73
4.5	Perbandingan spesimen setelah <i>pretreatment</i> dan setelah <i>coating</i> .....	76
4.6	Grafik nilai laju korosi.....	78
4.7	Grafik nilai laju korosi terhadap ketebalan lapisan .....	80
4.8	Permukaan hasil <i>coating</i> tekstur (a) dan (b).....	81
4.9	Perbandingan setelah <i>pretreatment</i> , <i>coating</i> dan <i>salt spray test</i> .....	82
4.10	Cacat <i>peeling</i> .....	84
4.11	Cacat <i>solvent pop</i> .....	85
4.12	Cacat <i>runs</i> .....	85
4.13	Cacat <i>dirt and dust clear coat</i> .....	86
4.14	Cacat <i>cracking/crazing</i> .....	87
4.15	Cacat <i>pinholing</i> .....	87

**DAFTAR TABEL**

	HALAMAN
<b>2.1</b> Pengelompokan <i>Accelerator</i> .....	28
<b>2.2</b> Baja Konstruksi menurut ONORM M 3111 .....	38
<b>2.3</b> Klasifikasi Baja Carbon .....	39
<b>2.4</b> Tabel Anova .....	51
<b>4.1</b> Daftar ANOVA eksperimen faktorial ketebalan lapisan .....	66
<b>4.2</b> Daftar ANOVA eksperimen faktorial nilai laju korosi .....	68

DAFTAR LAMPIRAN

	HALAMAN
<b>LAMPIRAN 1. TABEL DATA</b> .....	93
A1.1 Hasil pengujian data tebal lapisan <i>powder coating</i> ( $\mu\text{m}$ ) .....	93
A1.2 Nilai Ketebalan ( $\mu\text{m}$ ).....	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 Data uji statistik nilai laju korosi terhadap variasi uji .....	100
A1.6 Spesifikasi Baja ST 37 .....	101
A1.7 Spesifikasi <i>Cat Powder</i> .....	102
A1.8 Spesifikasi standar <i>Pretreatment</i> PT Sinar Industri Panel .....	104
A1.9 Tabel informasi jumlah sampling per-kategori pada ketebalan lapisan ...	104
A1.10 Tabel informasi rata-rata dan standar deviasi pada ketebalan lapisan .....	105
A1.11 Tabel informasi jumlah sampling per-kategori pada nilai laju korosi .....	105
A1.12 Tabel informasi rata-rata dan standar deviasi pada nilai laju korosi.....	106
<b>LAMPIRAN 2. GAMBAR DAN ALAT PENGUJIAN</b> .....	107

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Powder coating* merupakan proses *finishing* yang sangat berkembang pesat dewasa ini. *Powder coating* tidak menggunakan bahan cair atau cairan pengencer yang biasa digunakan dalam proses finishing. *Powder coating* adalah proses kering dimana bahan resin, pigmen dan lain-lain dihaluskan serta diberikan muatan elektrostatis yang kemudian disemprotkan ke material yang akan dilapisi. Untuk mencapai daya rekat serta ketahanan korosi yang maksimal maka sebelum dilakukan pelapisan, material yang akan dilapisi dibersihkan dan diberikan *pretreatment* tertentu.

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

Proses *pretreatment* sangat berpengaruh terhadap hasil pelapisan. *Powder* tidak akan menempel dengan sempurna tanpa media khusus yang diberikan pada permukaan material sebelum melalui proses *coating*. Media ini yang disebut dengan *phosphate* yang diperoleh dari proses *pretreatment*. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan debu dan minyak yang menempel pada material dengan tujuan untuk mengurangi kegagalan dalam proses *coating*. *Powder coating* umumnya diaplikasikan untuk komponen elektronik, *furniture* dan panel listrik. Pada panel listrik umumnya baja yang digunakan adalah jenis *Zinc alume* dan *Mild steel* ST 37, seperti yang digunakan oleh PT. Sinar Industri Panel yang diaplikasikan sebagai

kerangka dalam pembuatan panel listrik. Material ini dipilih karena memiliki sifat mekanik mampu bentuk yang cukup baik dan sifat las yang baik sangat mempermudah proses pembentukan maupun perakitan suatu produk. *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 salah satunya adalah kurang lamanya bertahan akibatnya adanya degradasi permukaan material atau yang disebut korosi (Ambiyar, 2008:75).

Aplikasi dari *powder coating* biasanya digunakan dibebagai tempat tidak terkecuali daerah tepi pantai. Kita tahu bahwa di daerah pantai material logam akan lebih mudah terkorosi karena penguapan air laut yang mengandung garam. Uap-uap garam yang terbawa oleh angin akan menempel pada material logam sehingga mempercepat terjadinya degradasi pada permukaan logam (korosi). Untuk mengatasi korosi maka dalam proses *pretreatment* dilakukan proses *phosphating* yang bertujuan untuk meningkatkan gaya *adhesi* antara *powder* pelapis dengan material logam yang dilapisi. Pada proses ini ditambahkan larutan *accelerator* asam nitrit ( $\text{HNO}_2$ ) serta peningkatan temperatur larutan guna memperoleh hasil yang maksimal serta mempercepat reaksi pada proses *phosphating*. Selain meningkatkan gaya adhesi, *phosphating* juga memberikan perubahan permukaan logam sehingga memiliki sifat-sifat non-metalik dan non-konduktif. Oleh sebab itu, pada tugas akhir ini dilakukan analisa untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur dan *accelerator* asam nitrit ( $\text{HNO}_2$ ) pada proses *phosphating* di aplikasi *powder coating* *Mild steel* ST 37.

## 1.2 Rumusan Masalah

Proses *phosphating* dalam bagian proses *pretreatment* sangat berpengaruh terhadap hasil pelapisan dan peningkatan perlindungan korosi. Pada penelitian kali ini dirumuskan beberapa masalah antara lain:

1. Bagaimana hasil ketebalan lapisan *powder coating* setelah dilakukan penambahan *accelerator* dengan variasi temperatur.

2. Bagaimana hasil lapisan cat secara visual setelah dilakukan penambahan *accelerator* dengan variasi temperatur.
3. Bagaimana pengaruh lapisan cat yang dihasilkan dari perlakuan *pretreatment* terhadap laju korosi.

### 1.3 Batasan Masalah

Untuk mencegah pembahasan yang lebih luas, maka pembahasan dari penelitian skripsi ini ditetapkan dengan batasan dan asumsi sebagai berikut:

1. Baja *Mild steel* ST 37 yang digunakan sesuai yang tersedia di PT. SIP.
2. Tidak membahas tentang proses *powder coating*
3. Proses *powder coating* dilakukan sesuai *standart* yang dilakukan di PT. SIP.
4. Tidak melakukan pengamatan struktur mikro.
5. Variasi temperatur yang digunakan adalah suhu ruangan, 45°C, 55°C, 65°C dan penambahan *accelerator nitrous acid* sebanyak 1,8 gr/liter, 2,7 gr/liter, 3,6 gr/liter.
6. Konsentrasi larutan *pretreatment* sesuai standart di PT. SIP.
7. Pengujian ketebalan lapisan cat menggunakan *thickness gauge* (elektro *physic*).
8. Pengamatan laju korosi menggunakan *salt spray test*.

### 1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil ketebalan lapisan *coating* pada *mild steel* ST 37 setelah dilakukan variasi temperatur dan *accelerator*.
2. Mengetahui cacat-cacat yang terjadi setelah dilakukan proses pelapisan.
3. Menghitung laju korosi di daerah pantai yang terjadi setelah dilakukan pelapisan dengan variasi yang dihasilkan dari perlakuan *pretreatment* dan mengetahui ketebalan optimal lapisan *coating*.

#### 1.4.2 Manfaat dari penelitian ini adalah:

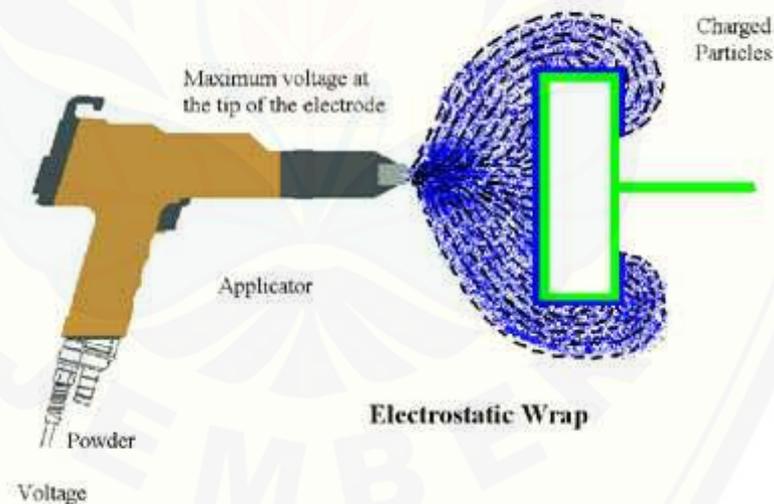
1. Memberikan informasi dan data bagi pihak-pihak yang memerlukan hasil dari pengaruh variasi temperatur dan *accelerator*  $\text{HNO}_2$  pada proses *phosphating*, dalam hal ini adalah PT. SIP.
2. Menambah pengetahuan, wacana, dan acuan bagi peneliti lanjutan dengan tema yang sama untuk pengembangan teknologi yang lebih modern dari hasil penelitian ini.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian *Powder Coating*

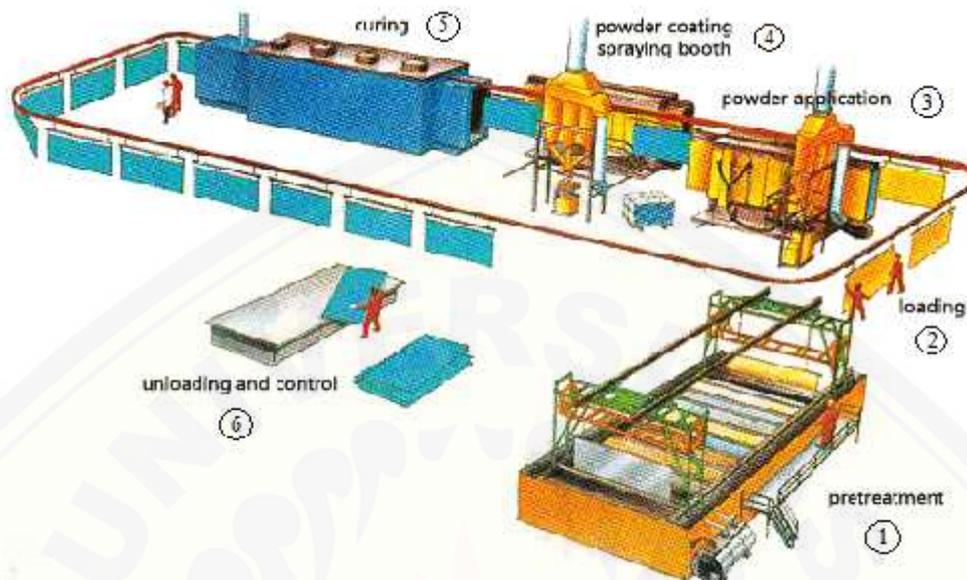
*Powder coating* sepenuhnya adalah proses *finishing* kering. Yang terdiri dari partikel-partikel yang dihaluskan, seperti *resin*, *pigmen*, dan bahan baku lainnya yang diberikan muatan elektrostatis dan disemprotkan ke objek yang akan dilapisi atau dicat. *Powder coating* merupakan proses pelapisan pada permukaan logam dengan suatu lapisan film, kemudian dipanaskan untuk polimerisasi dan mengawetkan *coating*. *Powder* dilekatkan pada permukaan profil material dengan menggunakan alat *electric spray gun*. Partikel yang bermuatan negatif disemprotkan ke benda kerja. Besarnya muatan partikel tersebut tergantung dari besarnya medan listrik ketika muatan negatif, gaya yang timbul tergantung arus yang mengalir. Pada saat *powder coating* disemprotkan arahnya tidak lurus ke benda kerja tetapi membentuk suatu *wrap round effect*.



**Gambar 2.1** Arah aliran powder atau *wrap round effect* (Sumber: *Southern Paint and Powder Coating Company*, 2012).

Hal ini akan memberi keuntungan karena *powder coating* dapat menjangkau bagian yang terlindungi. Objek benda yang akan diproses dengan *powder coating* ini terlebih dahulu dibersihkan dari segala bentuk kotoran termasuk minyak dan debu dengan tujuan untuk mengurangi kegagalan dalam

proses *coating* (pelapisan). Adapun skema *powder coating* seperti pada Gambar 2.2 dibawah ini:



**Gambar 2.2** Proses *powder coating* (Sumber: *Southern Paint and Powder Coating Company*, 2012).

Keterangan gambar:

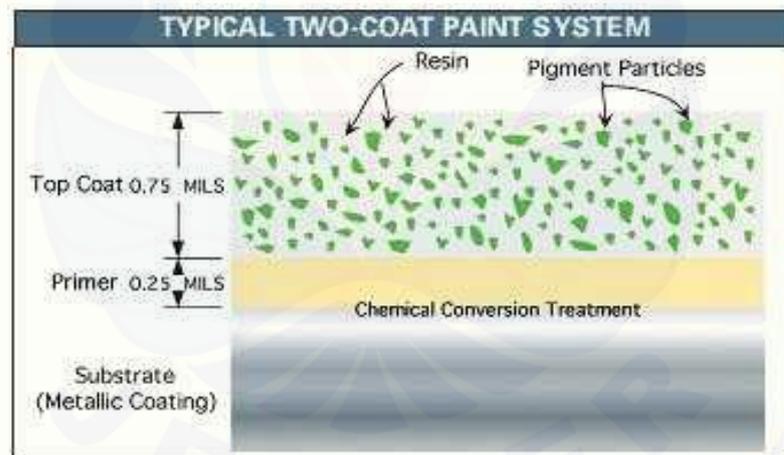
1. *Pretreatment*
2. *Loading*
3. *Drying off oven (powder application)*
4. Proses pelapisan *powder (powder coating pada spraying booth)*
5. *Curing*
6. *Unloading and control*

Terdapat 2 teknik pengecatan kering:

- a. Pencelupan: Benda yang akan dilapisi dicelupkan kedalam bak yang berisi *powder coating* yang telah diberi muatan elektostatik.
- b. Penyemprotan: *Powder coating* yang telah diberi muatan elektostatik di semprotkan kepada objek yang akan dilapisi.

Setelah benda melalui salahsatu proses tersebut diatas kemudian benda yang telah terlapisi *powder coating* 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. Pada umumnya, bahan pelapis yang digunakan terdiri dari bahan-bahan organik, anorganik, atau logam. Sebelum *coating* umumnya dilakukan suatu tahapan pendahuluan yang bertujuan untuk membersihkan permukaan benda kerja dari kotoran-kotoran seperti *grease*, garam-garam, lapisan-lapisan oksida seperti *scale* dan karat. Tahapan ini disebut *pretreatment* dan memegang peranan yang sangat penting dalam menentukan kualitas pelapisan yang dihasilkan. Dapat dikatakan bahwa teknik pelapisan yang biasa saja dengan tahapan *pretreatment* yang baik adalah lebih baik daripada teknik pelapisan yang canggih tetapi tahapan *pretreatment* buruk karena mutu pelapisan yang dihasilkan akan buruk. Oleh karena itu diperlukan kehati-hatian dalam memilih dan mengontrol tahapan *pretreatment*. Standar spesifikasi tahap *pretreatment* yang diterapkan di Amerika menggunakan standar SSPC (*Steel Structures Painting Council*).



**Gambar 2.3** Sistem *coating* dua lapis (Haddock, 2002)

Karena cat tidak menempel baik pada logam, proses pembersihan dan *pretreatment* sangat penting. *Pretreatment* kimiawi mengubah permukaan logam, sehingga lebih cocok untuk adhesi primer. *Pretreatment* populer untuk baja galvanis secara tradisional menggunakan seng fosfat dan yang lebih baru, oksida kompleks dan perawatan kering ditempatkan. 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 perlindungan adhesi dan korosi di film. *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.

#### 2.1.1 *Pretreatment*

Berdasarkan susunan kata, maka *pretreatment* dapat diartikan sebagai, *pre*: sebelum, dan *treatment*: proses atau perlakuan. Pengertian umum *pretreatment* adalah suatu proses yang dijalankan sebelum melakukan proses inti. Pengertian khusus *pretreatment painting* adalah proses pendahuluan terhadap bahan sebelum dilakukan pengecatan. Tujuan *pretreatment painting* ialah:

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

Proses *pretreatment* yang dilakukan sebelum pengecatan, sangat berpengaruh terhadap kualitas pengecatan, dan hal ini berkaitan dengan proses pengerjaan sebelum *part* *diloaded* untuk proses pengecatan. Cat tidak akan menempel dengan sempurna pada permukaan *part* sebelum melalui proses *pretreatment* (untuk *part* logam). Hal ini disebabkan oleh:

- a. Proses pembuatan *part* selalu dilapisi dengan minyak untuk menghindari terjadinya karat selama menunggu proses lanjutan.
- b. 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*.

Berdasar 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 part* sebelum dicat harus dipersiapkan permukaannya, sehingga kondisi *part* tersebut bersih dari hal-hal yang dapat mengurangi ketahanan daya rekat cat.

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*.

#### 2.1.2 Kelebihan *Powder Coating*

1. Serbuk pelapis cat dapat menghasilkan lapisan lebih tebal dari pada lapisan cair konvensional.
2. Serbuk pelapisan *overspray* dapat didaur ulang dan oleh karena itu mungkin untuk mencapai hampir 100% dari penggunaan lapisan.
3. Pelapisan *powder coating* menghasilkan limbah yang kurang berbahaya dibandingkan pelapisan menggunakan cat cair konvensional.
4. Modal peralatan dan biaya operasional untuk *powder coating* umumnya lebih rendah dibandingkan menggunakan cat cair konvensional.

5. Benda kerja yang dilapisi dengan serbuk cat *powder coating* umumnya memiliki penampilan sedikit berbeda antara permukaan horisontal dan vertikal dibandingkan benda kerja dilapisi cat cairan.
6. Berbagai efek khusus yang dapat mudah ditambahkan dengan menggunakan pelapisan *powder coating*, yang sulit didapat dengan proses pelapisan lainnya.

## 2.2 Pengertian Cat

Cat atau *Paint* adalah suatu produk yang dapat berbentuk cair ataupun serbuk, terkandung didalamnya suatu *pigmen*, yang mana ketika diaplikasikan pada suatu substrat akan membentuk suatu lapisan film *opaque* yang berfungsi untuk melindungi, dekorasi ataupun untuk meningkatkan sifat teknik tertentu (Forgesen, Amy, 2006).

### 2.2.1 Jenis – Jenis Cat

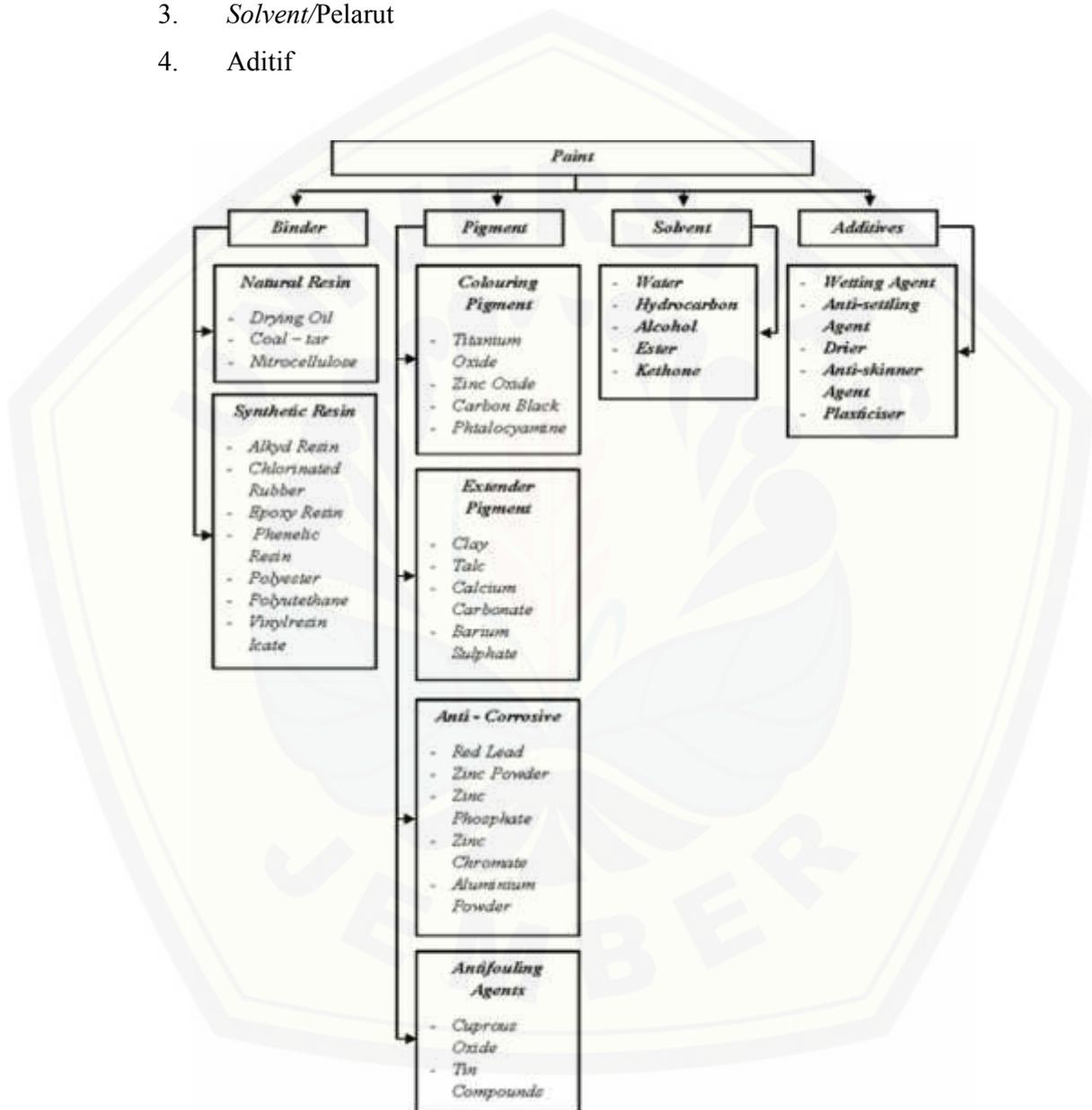
Terdapat 2 (dua) jenis *powder coating* yang tersedia untuk melapisi permukaan suatu benda kerja:

1. *Thermoplastic*; Material bubuk ini akan mengalami pencairan jika benda kerja mendapat perlakuan panas.
  - *Polyethylene*
  - *Polypropelene*
  - *Nylon*
  - *Poly vinyl cholide (PVC)*
  - *Thermoplastic polyester*
2. *Thermosetting*; Merupakan bahan yang kuat dan tidak akan mencair kembali walaupun benda kerja mendapat perlakuan panas.
  - *Epoxies*
  - *Epoxy polyster hybrid*
  - *Urethane polyster*
  - *Acrylic – urethane*
  - *Trigycidyl isocyanurate*

### 2.2.2 Komposisi Cat

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

1. *Binder*/Pengikat/Resin polimer
2. *Extende*/Pigmen
3. *Solvent*/Pelarut
4. Aditif



**Gambar 2.4** Komponen-komponen penyusun cat  
(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).

a. 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 *pigmen-pigmen* yang tersebar didalamnya serta terikat pada substrat. *Binder* dan *pigmen* ini akan menentukan sifat-sifat daya adhesi, elastisitas, tahan cuaca, tahan senyawa kimia, tahan cahaya/UV, dan lain-lain. Beberapa jenis *binder* seperti pada Gambar 2.4 antara lain *drying oil*, *coal tar*, *alkyd resin*, *epoxy resin*, *vinyl resin*, *chlorinated rubber*, *polyurethane*, *phenolic resin*, *polyester*, dan *silicate*.

b. *Pigmen*

*Pigmen* dapat dibedakan dalam beberapa jenis, yaitu *pigmen* pewarna, *extender* atau biasa disebut *pigmen* pengisi, *pigmen* inhibisi dan juga *pigmen* metalik. *Pigmen* pewarna tentunya berfungsi untuk memberikan warna tertentu pada lapisan cat sehingga menambah nilai estetikanya. *Pigmen* pewarna yang digunakan pada cat harus memiliki sifat (Pittsburgh, *Volume 1 & 2 Eighth Edition*):

- i. *High hiding power*
- ii. *Colour fastness*
- iii. *Non bleeding* (tidak larut dengan pelarut)
- iv. Ketahanan kimia yang baik
- v. Dapat menyerap sinar ultraviolet

*Extender pigments* atau biasa disebut bahan pengisi atau *reinforcing pigments* memiliki fungsi tersendiri dalam sistem cat. Suatu *extender* umumnya

berbentuk serbuk dan memiliki ukuran tertentu. *Extender* dapat dideskripsikan sebagai suatu *pigmen* spesial yang tidak atau sedikit memiliki sifat *hiding power*. *Extender* biasa digunakan untuk mengganti sebagian *pigmen* 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 *pigmen*, meningkatkan sifat mekanik, meningkatkan ketahanan cat terhadap air dan unsur kimia, membentuk lapisan pelindung radiasi sinar ultraviolet. “*Pigments are added to polymeric coatings for enhancing the protective characteristics of the barrier films that are deposited on metal surfaces to prevent corrosion*” (S. González, 2001).

*Pigmen* anti korosif terbagi menjadi 3 yaitu (Jotun, 1998):

1. *Inhibiting pigments*.

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

2. *Metallic pigments*.

*Metallic pigment* ini melindungi korosi dengan cara proteksi katodik ditujukan agar cat memiliki permeabilitas terhadap air dan uap air yang rendah. *Flakes metallic pigment* 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.

3. *Flake formed pigments*

*Pigment* yang berbentuk serpihan seperti *micaceous iron oxide*

(MIO), memiliki perlindungan terhadap moisture yang lebih bagus dibanding *pigmen* yang berbentuk bulat. Karena *pigmen* jenis ini akan membuat jalur masuk *moisture* ke *substrat* lebih sulit. Dan memiliki ketahanan terhadap penyusutan yang lebih baik. Jenis lainnya adalah *pigmen* yang bersifat racun. *Pigmen* ini adalah untuk cat anti fouling dimana *pigmen* ini berfungsi untuk mencegah fouling (tumbuhan atau hewan yang hidup menempel pada struktur yang dilindungi). Contoh *pigmen* ini adalah  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{HgO}$  dan lain-lain.

c. Pelarut (*solvent*)

Pelarut adalah suatu cairan yang digunakan untuk melarutkan bahan pengikat didalam 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, *Volume 1 & 2 Eighth Edition*).

Penggunaan pelarut yang tidak sesuai akan menyebabkan terbentuknya porositas, *discolouration*, tingkat *gloss* yang rendah, mata ikan, kekuatan lapisan yang rendah serta daya adhesi yang buruk. Selain itu, konsentrasi pelarut juga berpengaruh terhadap pembentukan ikatan silang pada beberapa jenis cat. Dengan tingginya konsentrasi pelarut akan menurunkan konsentrasi monomer yang ada sehingga berat molekul menjadi turun (Wicks Zeno W, 1999).

### 2.3 Conversion Coating

Istilah “pelapisan konversi” ini digunakan untuk menggambarkan *coating* dimana logam substrat menyediakan ion yang menjadi bagian dari lapisan pelindung. Lapisan-lapisan tersusun dari senyawa anorganik yang secara kimia inert. Senyawa *inert* ini pada permukaan mengurangi daerah anodik dan katodik dan menunda pengendapan dari zat reaktif ke dasar logam. Hasil ini meningkat berdasarkan kemiringan kurva polarisasi dari anodik dan katodik sehingga mengurangi tingkat korosi substrat.

Konversi lapisan yang digunakan untuk berbagai alasan, termasuk:

1. Untuk meningkatkan kelekatan dari lapisan organik.
2. Untuk memperoleh secara elektrik isolasi lapisan penghalang.
3. Untuk menyediakan permukaan bebas kotoran yang rata.
4. Untuk menyediakan inhibisi korosi aktif dengan mengurangi laju reaksi.

Pengurangan oksigen, atau dengan melakukan passivasi substrat logam tersebut yang termasuk dalam kelompok ini ialah *phosphat, kromat, oksida*, dan pelapisan *anodise*. Lapisan ini tersusun dari produk korosi yang telah dibentuk secara artifisial oleh reaksi-reaksi kimia atau elektrokimia pada larutan tertentu. Produk korosi yang seperti inilah dibentuk untuk membangun penghalang perlindungan pada substrat logam. Penghalang ini mengurangi keaktifan di daerah permukaan basis logam, dengan demikian akan menunda transportasi zat pengoksidasi dan zat agresif. Dengan demikian, lapisan tersebut menghambat pembentukan sel korosi. Tingkat penghalang sekunder tergantung pada yang kekompakan, kontinuitas dan stabilitas dari produk lapisan korosi.

Masing-masing konversi pelapis melindungi dasar logam terhadap korosi dengan dua atau tiga kemampuan pelindung berikut:

1. Penghalang sekunder dari produk korosi
2. Tindakan menghambat dari senyawa larut yang terkandung dalam produk korosi
3. Meningkatkan kerekatan pelapisan oleh pembentukan lapisan produk korosi yang rata (Schweitzer, Philip A, 2010).

#### 2.4 Phosphating

Proses ini merupakan proses utama dalam *pretreatment* dimana terjadi reaksi kimia antara metal dan larutan *phosphate* 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 *phosphate* (berbentuk kristal) yang menempel dan melapisi permukaan *part*. Jumlah Kristal *phosphat* 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 *phosphate*, maka diperlukan pemanasan pada temperatur tertentu yakni berkisar antara 50-80 °C, sehingga *phosphating* menghasilkan kristal *phosphate* yang kecil-kecil dan rata. Pada temperatur tersebut, air yang berada di lapisan *phosphate* 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 :
  - Resistan / 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* (pelapisan *Zinc Phosphate*), digunakan pertama kali tahun 1908 terbatas terhadap metal-metal yang diproses
- b. *Dwi Cationic*, modifikasi pelapisan *Nikel* dan *Zinc Phosphate*. Penambahan metal *Nikel* pada larutan *Phosphating*, menghasilkan pelapisan *Nikel* dalam *Zinc Phosphating*. Tujuannya untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan pelapisan pada pengecatan
- c. *Tri Cationic*, merupakan modifikasi pelapisan *Ni + Zinc Phosphate*. Hal ini dilakukan dengan penambahan ion *Mangan* pada proses *Ni + Zinc Phosphate*. Tujuannya untuk meningkatkan ikatan cat (*adhesion paint*) dan mempunyai sifat fleksibel pada proses pengecatan, menambah ketahanan terhadap korosi.

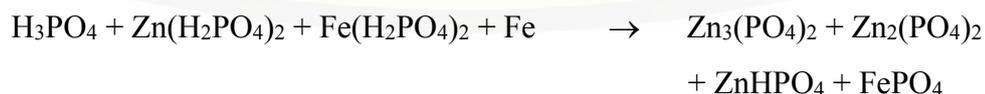
Mekanisme pelapisan dapat diilustrasikan sebagai berikut:

- a. Asam bebas (*Free Acid*) menetsa/melukai lapisan bawah Anoda pada substrat
- b. Elektron di substrat bergerak ke Katoda dan membentuk  $H^+$ , terjadilah hidrolisa air
- c. Membentuk gas Hidrogen dan  $OH^-$ , sehingga terjadi pembentukan lokasi area dengang tingkat keasaman (pH) tinggi
- d. Terjadi pengendapan pelapisan

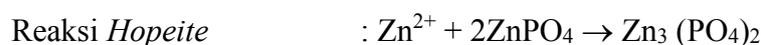
Secara umum konversi reaksi pelapisan *Phosphat* sebagai berikut:



Hasil penyederhanan persamaan pelapisan:



Persamaan reaksi *Phosphating*:



Parameter Operasional *Zinc Phosphate* sebagai berikut:

1. Keasaman Total (*Total Acid*), yaitu jumlah komponen asam *Phosphate* dalam larutan yang dapat dikonversikan menjadi pelapisan *Zinc Phosphate*. Point kontrol *total Acid* berkisar pada 28-32.
2. Keasaman Bebas (*Free Acid*), yaitu tingkat keaktifan dari komponen asam *Phosphate*. Point kontrol *Free Acid* berkisar pada 0,5-0,8.
3. Temperatur, digunakan untuk mengontrol keaktifan dari komponen asam *Phosphate*.
4. Pernercepat/*Accelerator (Nitrite)*, bertujuan untuk menjaga keseimbangan antara  $Fe^{2+}$  dan  $Fe^{3+}$  dalam larutan dan untuk membantu terjadinya pembentukan lapisan *Zinc Phosphate* pada metal.
5. Tekanan *spray* dan sudut *nozzle* (untuk proses *spray*), harus dapat menutupi semua permukaan metal yang diproses.
6. 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 *phosphat* yang tipis dan diatas 10 sampai dengan 15 menit untuk lapisan, mangan *phosphat* yang tebal.

Proses *phosphat* 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).

Selama bertahun-tahun, *phosphating* adalah salah satu teknik seni yang diakui untuk *pretreatment* bagian beragam peralatan untuk industri, rekayasa dan banyak cabang industri lainnya. *Phosphating* yang bertujuan untuk mencapai:

1. Peningkatan adhesi lapisan *coating*;
2. Peningkatan perlindungan korosi;

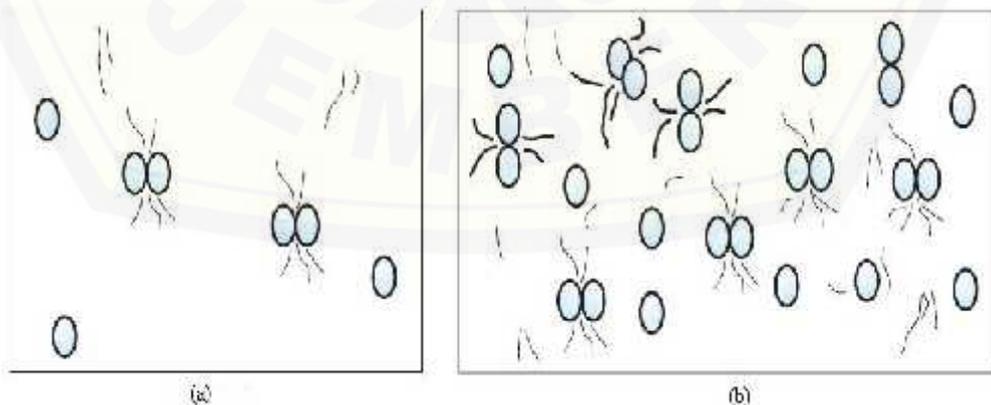
3. Tidak ada gangguan di proses *coating* karena kegagalan pada permukaan;
4. Struktur lapisan homogen.

## 2.5 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 *phosphat* dapat secara luas diklasifikasikan menjadi beberapa metode (Kitti, 1993), diantaranya adalah:

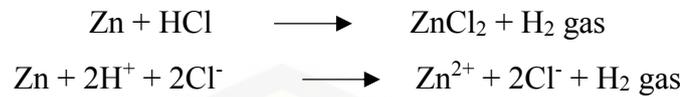
### 2.5.1 Konsentrasi

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:

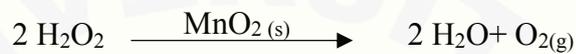


**Gambar 2.5** Tumbukan partikel (a) tumbukan yang terjadi pada konsentrasi kecil, (b) tumbukan yang terjadi pada konsentrasi besar (iqrom, 2013(online)).

- a. Seng dan asam hidroklorida di labotarium, butiran seng beraksi cukup lambat dengan larutan asam hidroklorida, tetapi akan lebih cepat apabila konsentrasi dari asam ditingkatkan.



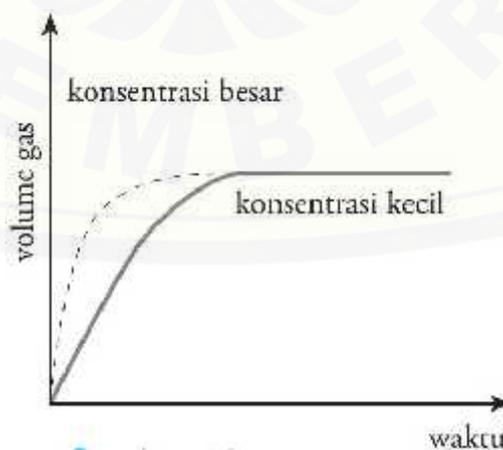
- b. Dekomposisi *accelerator* pada hidrogen peroxide mangan (IV) oksida padat biasa digunakan sebagai *accelerator* dalam reaksi ini. Oksigen dihasilkan jauh lebih cepat apabila hidrogen peroxide dalam konsentrasi pekat daripada dalam konsentrasi encer.



- c. Reaksi antara larutan natrium thiosulfat dan asam hidroklorida Reaksi ini sering digunakan untuk menyelidiki relasi antara konsentrasi dan laju reaksi. Ketika larutan asam ditambahkan ke dalam larutan natrium thiosulfat, endapan berwarna kuning pucat dari belerang dihasilkan. Semakin banyak larutan natrium thiosulfate menjadi encer, semakin lama juga endapan terbentuk.



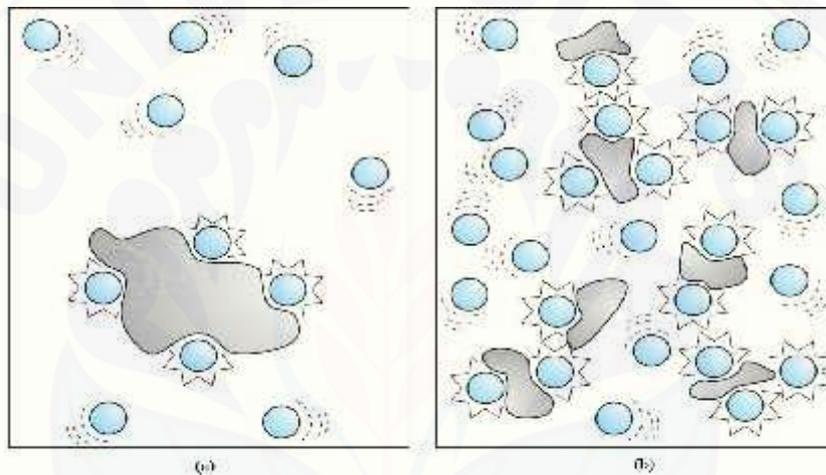
Apabila dibuat sebuah grafik yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi dengan laju reaksi, maka dihasilkan grafik seperti pada Gambar 2.6. Grafik menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi, semakin cepat pula laju reaksinya.



**Gambar 2.6** Grafik pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi (iqrom, 2013(online)).

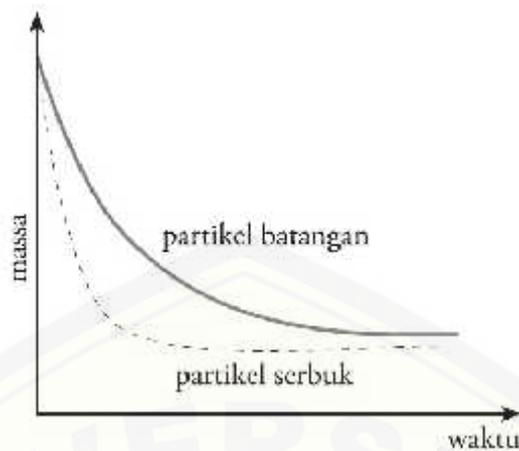
### 2.5.2 Luas Permukaan Sentuhan

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

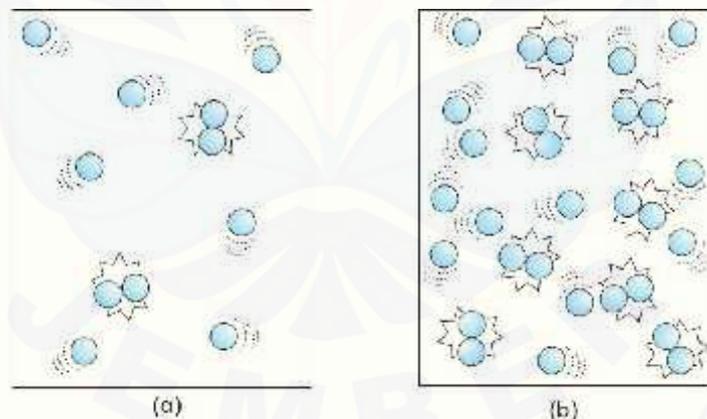
Hal ini merupakan contoh bagaimana penurunan ukuran partikel dapat memperluas permukaan sentuh zat. Suatu reaksi antara logam magnesium dengan larutan asam seperti asam hidroklorida. Reaksi melibatkan tumbukan antara atom magnesium dengan ion hidrogen. Maka semakin luas permukaan bidang sentuh zat, semakin besar laju reaksinya, seperti yang ditunjukkan oleh grafik hubungan luas permukaan dengan laju reaksi pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.8** Grafik pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi (iqrom, 2013(online)).

### 2.5.3 Temperatur (Temperatur)

Partikel-partikel dalam zat selalu bergerak. Jika temperatur 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 2.9** (a) tumbukan antar partikel pada temperatur rendah, (b) tumbukan antar partikel pada temperatur tinggi (iqrom, 2013(online)).

Pada umumnya, setiap kenaikan temperatur sebesar  $10^{\circ}\text{C}$ , reaksi akan berlangsung dua kali lebih cepat (Arrhenius, 1889). Dengan demikian, apabila laju reaksi awalnya diketahui, kita dapat memperkirakan besarnya laju reaksi berdasarkan kenaikan temperaturnya. Lebih mudahnya, lihat perumusan berikut.

$$r_t = (\Delta r)^{\frac{\Delta t}{10}} \cdot r_0 \dots\dots\dots(i)$$

Karena besarnya laju berbanding terbalik dengan waktu yang ditempuh, maka perumusan di atas dapat dituliskan sebagai berikut.

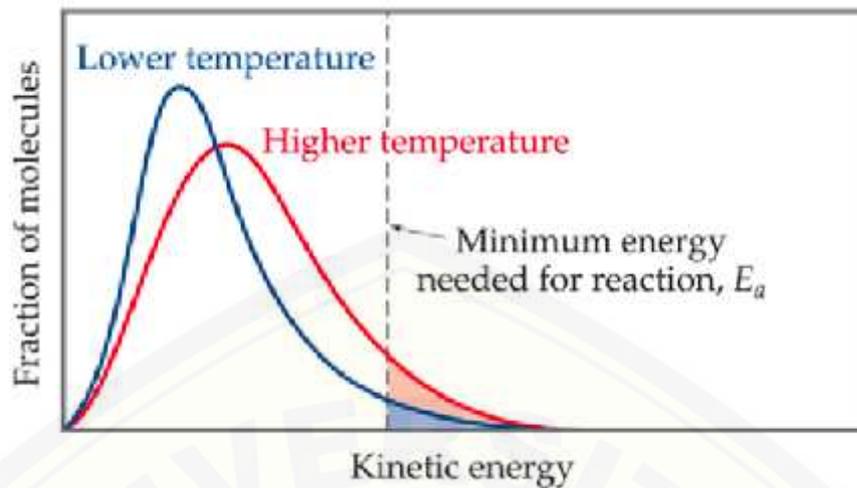
$$t_t = \frac{1}{(\Delta r)^{\frac{\Delta t}{10}}} \cdot t_0 \dots\dots\dots(ii)$$

Keterangan:

$\Delta r$	= kenaikan laju reaksi
$\Delta T$	= kenaikan temperatur = $T_2 - T_1$
$T_2$	= temperatur akhir
$T_1$	= temperatur awal
$t_0$	= waktu reaksi awal
$t_t$	= waktu reaksi akhir

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 temperatur 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 2.10** Grafik Distribusi Maxwell-Boltzmann dan energi aktivasi (Maxwell-Boltzmann, 2009 (online)).

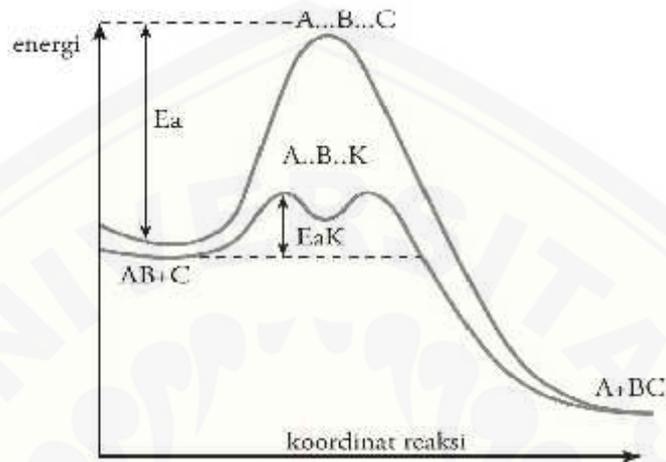
Hanya partikel-partikel yang berada pada area di sebelah kanan dari aktivasi energi yang akan bereaksi ketika mereka bertumbukan. Sebagian besar dari partikel tidak memiliki energi yang cukup dan tidak menghasilkan reaksi. Untuk mempercepat reaksi, diperlukan peningkatan jumlah partikel-partikel energik, partikel-partikel yang memiliki energi sama atau lebih besar dari aktivasi energi.

Peningkatan temperatur merupakan pengaruh yang tepat. Meningkatkan temperatur 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.

#### 2.5.4 Percepatan kimia (*Accelerator*)

Reaksi yang berlangsung lambat dapat dipercepat dengan memberi zat lain tanpa menambah konsentrasi atau temperatur 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 E. Brady, 1990).

Fungsi *accelerator* dalam reaksi adalah menurunkan energi aktivasi sehingga jumlah molekul yang dapat melampaui energi aktivasi menjadi lebih besar. Gambar 2.11 menunjukkan peranan *accelerator* dalam menurunkan energi aktivasi.



**Gambar 2.11** Diagram energi potensial reaksi tanpa katalis dan dengan katalis. Energi aktivasi reaksi dengan katalis ( $E_{aK}$ ) lebih kecil dari reaksi tanpa katalis (Dara, 2007).

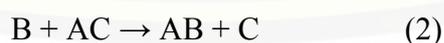
*Accelerator* adalah suatu senyawa kimia yang dapat mengarahkan sekaligus meningkatkan kinetika suatu reaksi (jika reaksi tersebut secara termodinamika memungkinkan terjadi). Namun *Accelerator* terkadang ikut terlibat dalam reaksi tetapi tidak mengalami perubahan kimiawi yang permanen, dengan kata lain pada akhir reaksi *accelerator* akan dijumpai kembali dalam bentuk dan jumlah yang sama seperti sebelum reaksi. Adanya penambahan *accelerator* akan menyebabkan terbentuknya tahap-tahap reaksi tambahan, yaitu tahap pengikatan *accelerator* dan tahap pelepasan *accelerator* pada akhir reaksi (Keenan, 1989). *Accelerator* ini bersifat spesifik, artinya hanya berfungsi untuk suatu reaksi tertentu. Dengan kata lain penambahan *accelerator* memberikan jalan baru bagi reaksi yang memiliki energi aktivasi yang lebih rendah, sehingga lebih banyak molekul yang bertumbukan pada temperatur normal dan laju reaksi semakin cepat. Teknologi *accelerator* telah digunakan dalam industri kimia lebih dari 100 tahun lamanya dan penelitian serta pengembangan teknologi *accelerator* telah menjadi semacam bidang kekhususan kimia. Dalam kanzanah energi reaksi,

*accelerator* menurunkan rintangan energi atau menurunkan besaran energi aktivasi sebuah reaksi melalui aneka mekanisme fisikawi maupun kimiawi (Surra, 1993).

Ada pula yang menyebutkan bahwa *Accelerator* adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada temperatur tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Suatu *accelerator* berperan dalam reaksi tapi bukan sebagai pereaksi ataupun produk. *Accelerator* memungkinkan reaksi berlangsung lebih cepat atau memungkinkan reaksi pada temperatur lebih rendah akibat perubahan yang dipicunya terhadap pereaksi. *Accelerator* menyediakan suatu jalur pilihan dengan energi aktivasi yang lebih rendah. *Accelerator* mengurangi energi yang dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi.

*Accelerator* dapat dibedakan ke dalam dua golongan utama: *accelerator* homogen dan *accelerator* heterogen. *Accelerator* heterogen adalah *accelerator* yang ada dalam fase berbeda dengan pereaksi dalam reaksi yang dikatalisnya, sedangkan *accelerator* homogen berada dalam fase yang sama. Satu contoh sederhana untuk *accelerator* heterogen yaitu bahwa *accelerator* menyediakan suatu permukaan di mana pereaksi-pereaksi (atau substrat) untuk sementara terjerap. Ikatan dalam substrat-substrat menjadi lemah sedemikian sehingga memadai terbentuknya produk baru. Ikatan antara produk dan *accelerator* lebih lemah, sehingga akhirnya terlepas.

*Accelerator* homogen umumnya bereaksi dengan satu atau lebih pereaksi untuk membentuk suatu perantara kimia yang selanjutnya bereaksi membentuk produk akhir reaksi, dalam suatu proses yang memulihkan *accelerator*-nya. Berikut ini merupakan skema umum reaksi katalitik, di mana C melambangkan *accelerator*-nya:



Meskipun *accelerator* (C) termakan oleh reaksi 1, namun selanjutnya dihasilkan kembali oleh reaksi 2, sehingga untuk reaksi keseluruhannya menjadi,



*Accelerator* tidak termakan atau pun tercipta. Enzim adalah bio-*accelerator*. Penggunaan istilah “*accelerator*” dalam konteks budaya yang lebih

luas, secara bisa dianalogikan dengan konteks ini. beberapa *accelerator* ternama yang pernah dikembangkan di antaranya *accelerator* Ziegler-Natta yang digunakan untuk produksi masal polietilen dan polipropilen (Lajos, 2009). Reaksi katalitik yang paling dikenal ialah proses Haber untuk sintesis amoniak, yang menggunakan besi biasa sebagai *accelerator*. Konverter katalitik yang dapat menghancurkan produk samping knalpot yang paling bandel dibuat dari platinadan rodium.

A. Komponen inti *accelerator* menurut derajat kepentingannya:

1. Selektifitas

Adalah kemampuan *accelerator* untuk memberikan produk reaksi yang diinginkan (dalam jumlah tinggi) dari sekian banyak produk yang mungkin dihasilkan. Produk yang diinginkan tadi sering disebut sebagai *yield* sedangkan banyaknya bahan baku yang berhasil diubah menjadi aneka produk dikatakan sebagai *konversi*.

$$\text{Yield} = \% \text{ selektifitas} \times \text{konversi} \dots\dots\dots (\text{iii})$$

2. Stabilitas

Kemampuan sebuah *accelerator* untuk menjaga aktifitas, produktifitas dan selektifitasnya dalam jangka waktu tertentu

3. Aktifitas

Kemampuan *accelerator* untuk mengubah bahan baku menjadi produk atau aneka produk yang diinginkan (lebih dari satu). Aktifitas = massa (kg) bahan baku yang terkonversi (kg atau liter *accelerator* x waktu) atau Konversi, yaitu persentase dari bahan baku menjadi aneka produk. Atau TON (*turnover Number*), yaitu banyaknya molekul yang bereaksi (waktu, misalnya detik x setiap situs aktif).

B. Tiga metode untuk mengukur aktifitas *accelerator*:

1. Aktifitas dapat dinyatakan dalam konsep kinetika. Aktifitas dapat dinyatakan dari pengukuran kecepatan reaksi dalam jangkauan tertentu temperatur dan konsentrasi. Kecepatan reaksi,  $r$ , dihitung sebagai kecepatan perubahan sejumlah zat,  $n_A$  dari reaktan A persatuan waktu dan per satuan

volume (atau per satuan massa) *accelerator*, sehingga  $r$  ini memiliki unit  $\text{mol L}^{-1} \text{h}^{-1}$  atau  $\text{mol kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ .

2. Aktifitas dapat pula dinyatakan oleh *turn over number (TON)* yang didefinisikan sebagai banyaknya molekul reaktan yang terlibat dalam reaksi tiap situs aktif dan tiap detik.
3. Dalam prakteknya, sebagai perbandingan aktifitas, ukuran-ukuran berikut ini dapat pula digunakan:
  - i. Konversi dalam kondisi reaksi tetap
  - ii. *Space velocity* untuk konversi tetap yang tertentu
  - iii. *Space-time yield*
  - iv. Temperatur yang dibutuhkan untuk suatu konversi tertentu

### C. Pengelompokan *accelerator*

Perlu diingat bahwa yang dimaksud *accelerator* homogen artinya adalah *accelerator* yang memiliki atau bisa membentuk satu fasa dengan reaktan dan pelarutnya (misal fasa cair-cair pada sistem *accelerator* asam untuk reaksi esterifikasi). Sedangkan *accelerator* heterogen tidak memiliki fasa yang sama dengan reaktan maupun pelarut (misalnya fasa padat-cair pada sistem *accelerator* zeolit untuk perengkahan hidrokarbon).

**Tabel 2.1** Pengelompokan *Accelerator* (Sumber: Chang, 2004. (Online))

<b>Tipe <i>accelerator</i></b>		
<i>Accelerator</i> homogen	<i>Accelerator</i> homo-heterogen	<i>Accelerator</i> heterogen
<i>Accelerator</i> asam/basa	Bio <i>accelerator</i> (enzim)	Bulk <i>accelerator</i> (alloy - logam)
Kompleks logam transisi	Fungsional nanopartikel	<i>Accelerator</i> yang diimban

*Accelerator* adalah zat yang dapat mempercepat jalannya reaksi (tidak ikut bereaksi). Peran *accelerator* sebenarnya adalah menurunkan energi aktivasi reaksi. Pemilihan *accelerator* untuk proses dapat didasarkan pada beberapa hal berikut:

1. Berumur panjang
2. Harganya murah
3. Mudah diregenerasi
4. Dapat diproduksi dalam jumlah besar
5. Tahan terhadap racun
6. Memiliki tahanan fisik yang besar

#### D. Kelemahan *accelerator*

Alangkah indahnya bila sebuah reaksi kimia tidak membutuhkan *accelerator* agar bisa berlangsung. Tapi kenyataannya jenis reaksi seperti ini jarang ditemui. Keberadaan *accelerator* dalam campuran reaksi kimia tentu saja memberikan masalah tersendiri. Di industri kimia, masalah terutama berkaitan dengan pemisahan (*separation*), daur ulang (*recycle*), usia (*life time*), dan deaktivasi *accelerator* merupakan isu-isu penting.

Problem pemisahan *accelerator* dari zat pereaksi maupun produk lebih sering ditemui pada sistem *accelerator* homogen. Karena *accelerator* homogen larut dalam campuran, pemisahan tidak cukup dilakukan dengan penyaringan atau dekantasi. Teknik yang umum digunakan adalah destilasi atau ekstraksi produk dari campuran, misalnya *accelerator* asam-basa pada reaksi esterifikasi biodiesel dipisahkan dengan ekstraksi untuk kemudian campuran sisa reaktan *accelerator* yang tertinggal dialirkan lagi menuju bejana reaksi. Namun demikian, ada beberapa *accelerator* istimewa dari senyawa kompleks logam yang didesain sedemikian rupa sehingga bisa terpisah atau mengendap setelah reaksi tuntas. Kasus pemisahan untuk *accelerator* heterogen lebih mudah ditanggulangi karena sudah terpisah dengan sendirinya tanpa membutuhkan usaha lain (Charles, 1992).

Daur ulang dan usia *accelerator* memiliki kaitan. Selama bisa dipisahkan, *accelerator* homogen boleh dikatakan tetap aktif dan memiliki usia yang sangat

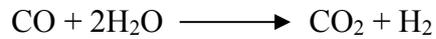
panjang bahkan nyaris tak terhingga dan bisa digunakan berulang-ulang. Nyawa *accelerator* homogen mungkin tamat jika mengalami deaktivasi akibat teracuni atau perubahan struktur akibat proses ekstrim. *Accelerator* heterogen memiliki takdir berbeda. Sering kali *accelerator* heterogen harus diaktifasi dulu sebelum siap digunakan, misalnya dengan jalan direduksi atau dioksidasi. Setelah mengalami proses reaksi berkali-kali, kereaktifan *accelerator* tersebut pelan-pelan menurun akibat perubahan mikrostruktur maupun kimianya, misal terjadi penggumpalan (*clustering*), migrasi partikel aktif membentuk kristal baru (*sintering*), oksidasi, karbonisasi, maupun teracuni (*poisoned*). Untuk mengembalikan reaktifitas *accelerator* heterogen perlu dilakukan regenerasi dengan cara, misalnya kalsinasi, reduksi-oksidasi kembali, atau pencucian dengan larutan aktif. Seringkali proses regenerasi tidak dapat mengembalikan 100% kereaktifan *accelerator* sehingga pada saatnya nanti *accelerator* tersebut akhirnya mati juga dan perlu diganti yang baru.

#### E. Fungsi dan sifat *accelerator*

Fungsi *accelerator* adalah memperbesar kecepatan reaksinya (mempercepat reaksi) dengan jalan memperkecil energi pengaktifan suatu reaksi dan dibentuknya tahap-tahap reaksi yang baru. Dengan menurunnya energi pengaktifan maka pada temperatur yang sama reaksi dapat berlangsung lebih cepat. Reaksi yang berlangsung lambat dapat dipercepat dengan menambahkan *accelerator* yang sesuai untuk reaksi tersebut. *Accelerator* akan mempercepat reaksi karena *accelerator* akan mencari jalan dengan energi aktivasi yang lebih rendah sehingga reaksinya akan berlangsung lebih cepat (Hardjono, 2005). Satu yang harus diketahui tentang prinsip kerja *accelerator* adalah bahwa *accelerator* tersebut tetap ikut dalam jalannya reaksi, tetapi pada kondisi akhir, *accelerator* akan keluar lagi dalam bentuk yang sama. Sifat-sifat kimia *accelerator* akan sama sebelum dan sesudah meng-*accelerator* suatu reaksi.

Pentingnya *accelerator* ditunjukkan oleh kenyataan bahwa lebih dari 75% proses produksi bahan kimia di Industri disintesis dengan bantuan *accelerator*. Contoh proses kimia yang sangat penting misalnya sintesis metanol dari syngas

(CO dan H<sub>2</sub>) ditambahkan dikatalisis oleh ZnO/Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan reaksi *water gas shift* (WGS),



Dikatalisis oleh besi oksida atau oksida campuran Zn, Cu maupun Cr. Zat pengoksidasi dan logam lebih mulia daripada besi seperti, Cu, Ni, Cr dll, merupakan bagian yang paling penting dari percepatan kimia. Mereka mempercepat proses pengendapan melalui mekanisme yang berbeda. Agen pengoksidasi mendepolarisasi reaksi setengah sel katoda dengan mencegah akumulasi hidrogen pada area katodik, sedangkan ion logam mulia mendorong pelarutan logam dengan menyediakan *over potensial* katoda rendah oleh pengendapan mereka. Karena percepatan melalui depolarisasi dipilih hanya untuk mendorong pelarutan logam, agen pengoksidasi telah ditemukan penggunaannya luas daripada logam. Selain itu, mereka mencegah terbentuknya besi berlebihan di larutan, yang dapat merusak lapisan yang baik. *Accelerator* oksidator yang paling umum digunakan adalah *nitrit, klorat, nitrat, peroksida* dan senyawa nitro organik baik sendiri atau dalam berbagai kombinasi. Kombinasi yang umum adalah asam nitrat-nitrit, nitrit-klorat-nitrat dan *klorat-nitrobenzene sulfonik*.

Karakteristik dari beberapa *accelerator* oksidator yang umum digunakan seperti logam *alkali sulphites, hypophosphites, phosphites, formaldehida, benzaldehida, hydroxylamine*, asam *acetaldehyde, piridina N-asam, morpholine N-asam, quinones* dll, juga dicoba sebagai *accelerator* tetapi tidak sesukses *accelerator* oksidator dari sudut pandang industri. *Accelerator* memiliki beberapa sifat, di antaranya (Charles, 1992):

1. *Accelerator* tidak bereaksi secara permanen.
2. Jumlah *accelerator* yang diperlukan dalam reaksi sangat sedikit.
3. *Accelerator* tidak mempengaruhi hasil reaksi.
4. *Accelerator* tidak memulai suatu reaksi, tetapi hanya mempengaruhi lajunya.
5. *Accelerator* hanya bekerja efektif pada temperatur optimum, artinya di atas atau di bawah temperatur tersebut kerja *accelerator* berkurang.

6. Suatu *accelerator* hanya mempengaruhi laju reaksi secara spesifik, artinya suatu *accelerator* hanya mempengaruhi laju satu jenis reaksi dan tidak dapat untuk reaksi yang lain.
7. Keaktifan *accelerator* dapat diperbesar oleh zat lain yang disebut promotor.
8. Hasil suatu reaksi dapat bertindak sebagai *accelerator*, sehingga zat tersebut disebut *auto-accelerator*.
9. *Accelerator* dalam senyawa organik disebut enzim.
10. Terdapat *accelerator* yang dapat memperlambat suatu reaksi, sehingga *accelerator* itu disebut *accelerator* negatif atau inhibitor.

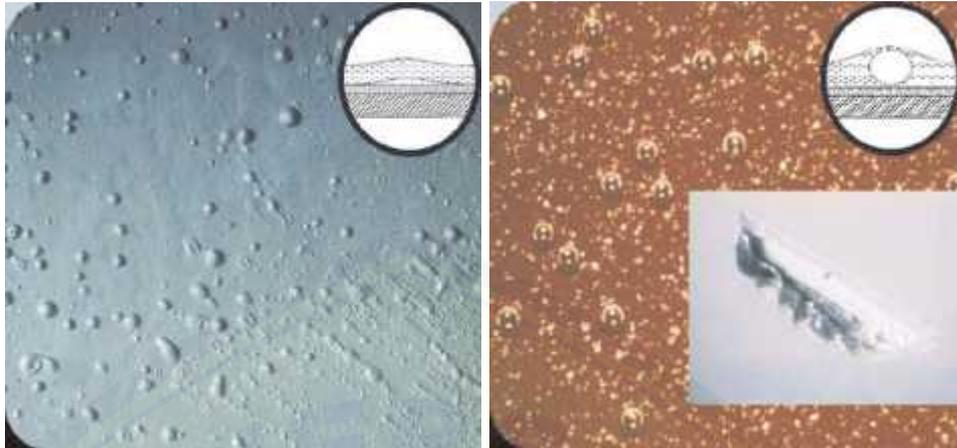
## 2.6 Jenis-Jenis Cacat pada Lapisan

Pada proses pengecatan sering dijumpai banyak kesalahan yang disebabkan oleh berbagai faktor yang berpengaruh. Adapun kesalahan-kesalahan dalam pengecatan dan faktor penyebabnya secara lebih rinci akan dijelaskan dalam bagian berikut (Departemen pekerjaan umum, 1989).

### 2.6.1 *Solvent pop* dan *pin hole* (lubang jarum)

#### a. *Solvent pop*

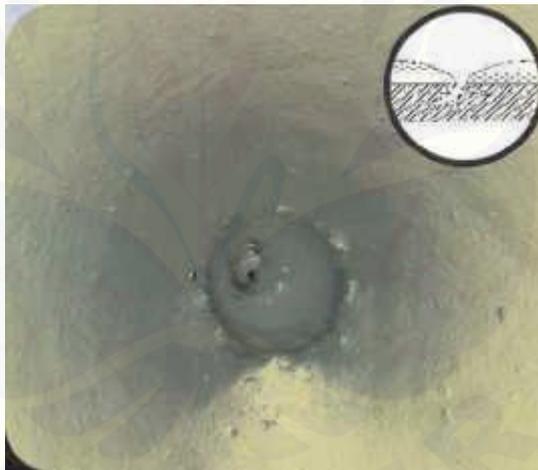
*Solvent pop* adalah benjolan-benjolan kecil pada lapisan cat kering yang jika diperhatikan lebih seksama akan kelihatan seperti lubang-lubang kecil diatas benjolan tersebut. cacat ini juga berupa luka atau lecetnya lapisan cat yang disebabkan oleh pengencer yang terjebak dalam lapisan atas atau lapisan bawah, terlebih lagi apabila dipengaruhi oleh pengeringan yang tidak tepat. Cacat jenis ini juga dikenal sebagai *boiling*, *blistering*, *solvent boil*, *boil*, atau *Popping* (Standox GmbH, 2000).



**Gambar 2.12** Cacat *boiling, blisterin, solvent boil, boil*, atau *solvent pop*. (Sumber: *The chemical company BASF*, 1990 (online)).

b. *Pin hole* (lubang jarum)

*Pin hole* merupakan lubang-lubang kecil seperti lubang jarum pada lapisan cat yang kering.



**Gambar 2.13** Cacat *pin hole* (Sumber: *The chemical company BASF*, 1990 (online)).

Penyebab dari kedua jenis cacat ini dipengaruhi oleh beberapa faktor:

- a. Lapisan cat terlalu tebal dengan waktu tunggu antar pelapisan terlalu singkat.
- b. Vapor tidak tercapai (cat yang keluar dari alat semprot (*spray gun*) banyak dan cepat).
- c. Waktu tunggu sebelum pembakaran yang terlalu cepat.
- d. Temperatur tingkat permulaan oven terlalu tinggi.

- e. Jumlah *accelerator* yang dipakai kurang, untuk cat yang memakai *topcoat*.

### 2.6.2 *Peeling* (daya lekat kurang baik/mengelupas)

Merupakan kerusakan cat yang disebabkan oleh hilangnya daya rekat antara cat dengan substrat, *topcoat* dengan primer atau cat lama serta primer dengan substrat. Kerusakan cat ini ditunjukkan dengan lapisan cat yang mudah terkelupas jika ditarik dengan *cellotape* atau *tape* yang lain. Nama lain dari kerusakan ini adalah *loss of adhesion*, *shelling*, *poor bond*, *delamination*, *flaking*, atau *poor adhesion*.



**Gambar 2.14** Cacat *peeling* (Sumber: *The chemical company BASF*, 1990 (online))

cacat *peeling* ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya :

- a. Adanya kontaminan seperti : minyak, *grease*, air, sisa pengamplasan pada permukaan di bawahnya.
- b. *Pretreatment* kurang sempurna.
- c. Jarak waktu yang terlalu lama antara *pretreatment* dan pengecatan.
- d. Pemanasan pada oven terlalu berlebihan (waktu terlalu lama atau temperatur terlalu tinggi) dari lapisan sebelumnya atau lapisan yang sedang dikerjakan.
- e. Cat yang dipakai tidak sesuai dengan cat dari lapisan sebelumnya.
- f. Pemakaian *thinner* yang kurang sesuai.
- g. Cat dasar yang digunakan tidak cocok dengan sistem pengecatan lapisan akhir.

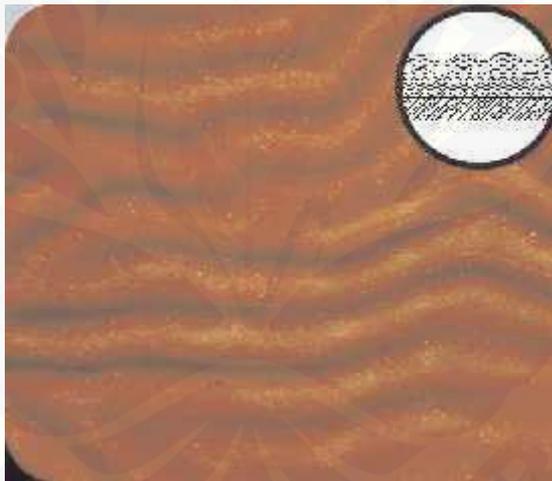
Pencegahan terjadinya cacat *peeling*:

- a. Permukaan yang akan dicat harus bersih dan kering.

- b. Kerok lapisan cat lama yang sudah rusak atau bermutu rendah.
- c. Gunakan cat dasar yang dianjurkan untuk sistim pengecatan yang digunakan.

### 2.6.3 Cacat *Wrinkling* (pengerutan cat)

Permukaan cat bertekstur atau penggerutan. Cacat jenis terjadi ketika permukaan cat mengering lebih cepat dari mantel substrat dan hanya terjadi di didaerah *synthetic enamels* (permukaan cat). Pengerutan ini disebabkan oleh proses interval pengecatan yang terlalu cepat. Ketika lapisan cat yang pertama belum kering sempurna sudah dilakukan pengecatan lagi, maka akan terjadi penarikan yang menyebabkan cat tersebut mengerut ketika kering. Untuk mencegah terjadinya *wrinkling* atau pengerutan cat, pastikan substrat yang akan dicat dalam keadaan bersih dan kering sempurna.



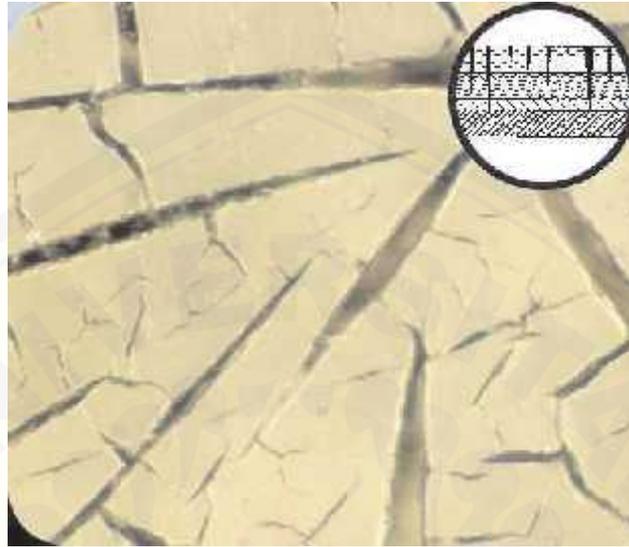
**Gambar 2.15** Cacat *Wrinkling* (Sumber: *The chemical company BASF*, 1990 (online)).

Penyebab cacat *wringkling* dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya:

- a. Cat atau objek yang akan dicat terlalu dingin.
- b. *Spray gun* terlalu dekat dengan objek.
- c. Penyemprotan tidak teratur.
- d. Interval pengecatan yang terlalu cepat. Ketika lapisan cat yang pertama belum kering sempurna sudah dilakukan pengecatan lagi, maka akan terjadi penarikan yang menyebabkan cat tersebut mengerut ketika kering.

#### 2.6.4 Cacat *cracking*

Serangkaian retak yang tidak beraturan, muncul seperti pada lumpur yang mengering. Cacat ini juga dapat disebut dengan cacat *crazing* atau retak-retak.



**Gambar 2.16** Cacat *cracking* (Sumber: *The chemical company BASF*, 1990 (online)).

Beberapa faktor penyebab terjadinya cacat *cracking* ialah:

- a. Terjadi pada lapisan cat yang sudah tua karena elastisitas berkurang.
- b. Pengecatan pada lapisan cat pertama yang belum cukup kering.
- c. Cat terlalu tebal.
- d. Pengeringan lapisan cat tidak merata.
- e. Temperatur tingkat permulaan oven terlalu tinggi.

#### 2.6.5 Cacat *runs*

Cacat *runs* terjadi karena pada permukaan cat tidak rata dan pada bagian tertentu catnya sangat tebal. Hal ini terdapat pada permukaan yang tegak atau menyudut. Kasus ini juga dikenal sebagai *overloading*, *curtains*, *gun spits*, *sags*, *sagging* ataupun *drips* (Stadox GmbH, 2000).



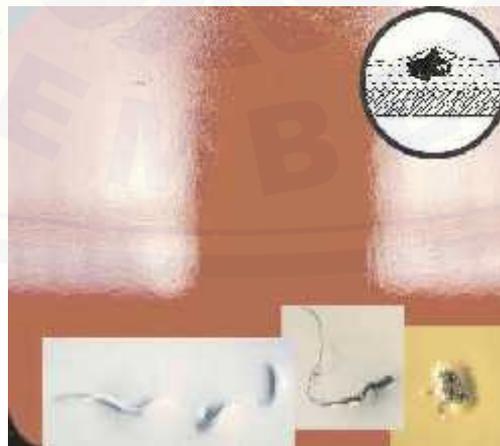
**Gambar 2.17** Cacat *runs* (Sumber: *The chemical company BASF*, 1990 (online)).

Cacat jenis ini terjadi dapat diakibatkan dari beberapa faktor, yaitu :

- Terlalu banyak *thinner* yang lambat menguap.
- Lapisan cat terlalu tebal
- Cat disemprotkan terlalu sering tanpa waktu tunggu yang cukup antara pelapisan yang satu dengan lapisan berikutnya.
- Alat semprot (*spray gun*) terlalu dekat dengan permukaan yang disemprot.
- Tekanan udara rendah.
- Cairan yang keluar dari alat semprot (*spray gun*) terlalu banyak.

#### 2.6.6 Cacat *dirt and dust clear coat*

Adanya partikel yang ukuran dan bentuknya tidak sama pada daerah yang mengalaminya.



**Gambar 2.18** Cacat *dirt and dust clear coat* (Sumber: *The chemical company BASF*, 1990 (online)).

Penyebabnya:

- a. Kesalahan pada penyaringan cat.
- b. Cat-cat yang sudah mengeras pada selang atau peralatan semprot yang lain.
- c. Kurangnya perawatan pada oven dan *booth*:
  - *Filter* tidak dibersihkan secara berkala,
  - Sirkulasi udara tidak benar,
  - Kipas tidak dibersihkan atau macet.
- e. Daerah pengecatan dan sekitarnya kurang bersih.
- f. Cat atau *thinner* sudah terkontaminasi.
- g. Debu-debu dari pengamplasan sebelumnya yang belum dibersihkan.
- h. Permukaan sebelum pengecatan kurang bersih.

### 2.7 Baja Mild Partikel 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 Partikel ST 37, dimana baja ini mempunyai kekuatan tarik minimal 37 Kg/mm<sup>2</sup> dan maksimal 45 Kg/mm<sup>2</sup>. Sedangkan kandungan karbon yang dimilikinya sebesar 0,16 % berat. Data ini diambilkan dari tabel baja-baja konstruksi menurut ONORM M3111 sebagai berikut Tabel 2.2:

**Tabel 2.2** Baja Konstruksi menurut ONORM M 3111 (Alois Schonmetz dkk, 1985).

Sebutan ONORM	DIN 17-100	$\sigma H$	$\sigma S$	C %
		Kg/mm <sup>2</sup>	Kg/mm <sup>2</sup>	
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	0,15
St 42 M	St 42-2	42 – 50	23	0,25
St 50 M	St 50 -2	50 -60	27	0`36
St 60 M	St 60-2	60 – 70	32	0,45
St 70 M	St 70-2	70 - 85	36	0,58

Jenis material baja juga ditentukan oleh jumlah kandungan karbon yang terdapat didalamnya. Oleh sebab itu sebutan lainnya dikenal juga sebagai baja karbon. Klasifikasi untuk mengelompokan jenis baja menurut jumlah kandungan karbon dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini:

**Tabel 2.3** Klasifikasi Baja Carbon (Ashby and Jones, 1999).

<b>Metal</b>	<b>Typical Composition (Wt %)</b>	<b>Typical Uses</b>
Low-Carbon ("Mild") Partikel.	Fe: 0,04 to 0,3 C ( $\approx$ 0,8 Mn)	Low-stress Uses, General Konstruktional partikel, suitable for welding.
Medium-Carbon Partikel	Fe: 0,3 to 0,7 C ( $\approx$ 0,8 Mn)	Medium Stress Uses, machinery part, nut and bolt, shafts, gears
High-Carbon Partikel	Fe: 0,7 to 1,7 ( $\approx$ 0,8 Mn)	High-stress uses: Springs, Cutting tool, Dies
Low-alloy Partikel	Fe: 0,2, 0,8 Mn 1 Cr 2 Ni	High-Stress Uses : Pressure Vissels, Air craft part.
High-alloy (Stain lest) Partikel	Fe: 0,1 C 0,5 Mn 18 Cr, 8 Ni	High-Temperature or anti-Corrotion Uses, Chiminal or Steam plants.

Baja St 37 dengan kandungan karbon 0,16 % termasuk kedalam kelompok baja karbon rendah (*Low-Carbon Steel*). 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*.

## 2.8 Korosi

Korosi berasal dari bahasa latin "*Corrodere*" yang artinya perusakan logam atau berkarat. Definisi korosi adalah proses degradasi/deteorisasi perusakan material yang terjadi disebabkan oleh lingkungan sekelilingnya. 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*). (Sumber: Efektifitas Penggunaan Literatur Universitas Indonesia. (Online)).

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:

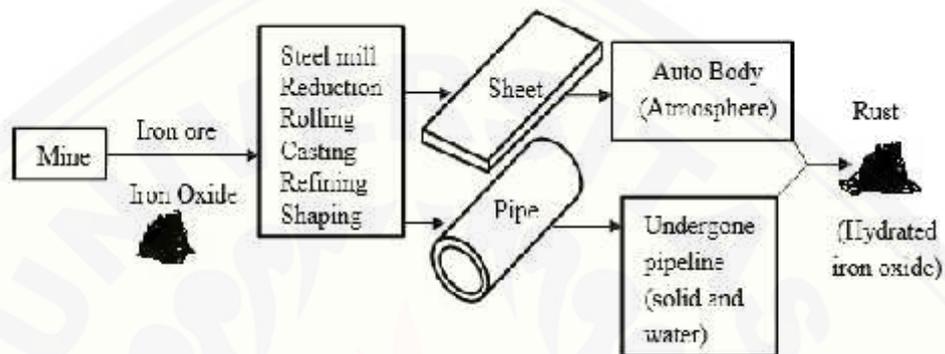
1. Perusakan material tanpa perusakan mekanis
2. Kebalikan dari metalurgi ekstraktif
3. Proses elektrokimia dalam mencapai kesetimbangan termodinamika suatu system.

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.

Adapun proses korosi yang terjadi, disamping oleh reaksi kimia biasa, maka yang lebih umum adalah proses elektro kimia. Yang dimaksud dengan lingkungannya dapat berupa udara dengan sinar matahari, embun, air tawar, air laut, air danau, air sungai dan tanah yang berupa tanah pertanian, tanah rawa, tanah kapur dan tanah berpasir/berbatu-batu.

Korosi disebut juga suatu penyakit dalam dunia teknik, walaupun secara langsung tidak termasuk produk teknik. Studi dari korosi adalah sejenis usaha pengendalian kerusakan supaya serangannya serendah mungkin dan dapat melampaui nilai ekonomisnya, atau jangan ada logam jadi rongsokan sebelum waktunya. Caranya adalah dengan pengendalian secara preventif supaya menghambat serangan korosi. Cara ini lebih baik daripada memperbaiki secara represif yang biayanya akan jauh lebih besar.

Korosi dapat berjalan secara cepat ataupun lambat tergantung dari material bahan, lingkungan, temperatur dan lain sebagainya. Dalam dunia teknik, material korosi yang sering disinggung adalah korosi pada logam. Ilustrasi dari proses pengkorosian pada material logam dapat dilihat pada Gambar 2.19 dimana besi yang dibentuk sesuai kegunaannya dapat terkorosi akibat lingkungan yang dihadapi pada aplikasinya.



**Gambar 2.19** Proses pengkorosian logam. (Sumber : Efektifitas Penggunaan Literatur Universitas Indonesia. (Online)).

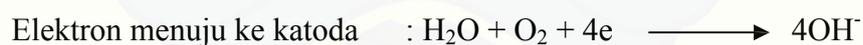
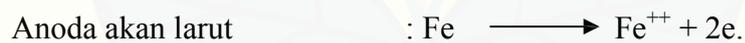
Kondisi lingkungan sangat mempengaruhi tingkat korosifitas pada suatu material. Sebagai contoh bahwa kelembaban di Indonesia sangat korosif, dapat dibuktikan dari percobaan di bawah ini:

Dua buah bayonet yang terbuat dari baja karbon 0.45% dalam keadaan putih (tanpa lapis lindung) digantungkan dalam gelas penyungkup yang di bawahnya diberi pengering silicagel, maka setelah beberapa minggu diamati ternyata masih tetap tidak ada perubahan. Tetapi *bayonet* lain yang terbuat dari bahan dan kondisi yang sama digantung di bawah atap yang dapat pengaruh langsung dari udara luar tapi tidak kena sinar matahari dan hujan, maka dalam hari ketiga sudah mulai ada lapisan yang berwarna coklat karena terjadi lapisan karat. Contoh lain yaitu pabrik minyak kelapa di Ambon yang menurut perancangannya dari Jepang akan tahan lebih dari 20 tahun, tetapi ternyata tangkinya sudah mulai berkarat pada tahun kedua karena air pendingin dan pencuci dicemari air laut pada saat pasang. Dalam lingkungan tertentu dapat saja

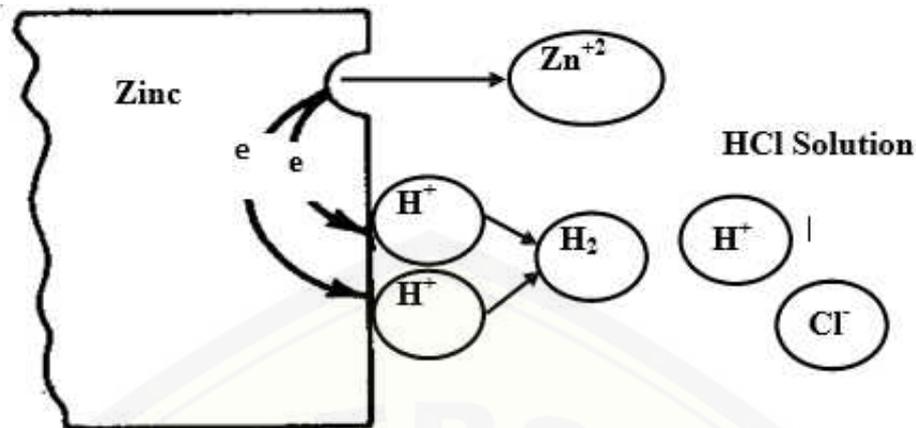
medianya bersifat asam netral, lembab, panas dan ada yang menunjang zat-zat renik yang juga dapat menimbulkan masalah korosi.

Dari segi teori, korosi tidak mungkin sepenuhnya dapat dicegah karena memang merupakan proses alamiah bahwa semua logam akan kembali ke sifat asalnya. Asal dari tanah kembali ke tanah, asal dari biji besi kembali ke oksida besi. Walaupun demikian pengendalian korosi harus dilakukan secara maksimal, karena dilihat dari segi ekonomi dan segi keamanan merupakan hal yang tidak mungkin ditinggalkan. Jadi pengendalian korosi harus dimulai dari perancangan, pengumpulan data lingkungan, proses, peralatan yang dipakai bahan baku dan cara pemeliharaan yang akan dilaksanakan.

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))



(reaksi oksidasi terkorosi disebut reaksi anodik).  $2\text{H}^+ + 2\text{e} \longrightarrow \text{H}_2$  (reaksi reduksi disebut juga reaksi katodik).



**Gambar 2.20** 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.

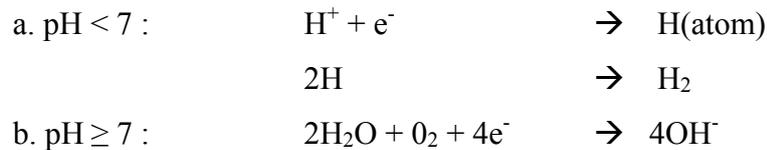
Adapun syarat-syarat dimana suatu proses korosi:

- Anoda, tempat terjadinya reaksi oksidasi dimana ion negatif berkumpul. 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. Reaksi korosi logam M biasanya dinyatakan dalam persamaan.



dengan banyak elektron yang diambil dari masing-masing atom yang ditentukan oleh valensi logam yang bersangkutan. Umumnya  $z = 1, 2$  dst.

- 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. Tergantung pH larutan bersangkutan, adalah:



3. Media elektrolit, sebagai penghantar elektron antara katoda dan anoda. Bersifat menghantarkan listrik.
4. Adanya arus listrik akibat pergerakan elektron.

Pengertian korosi dapat dilihat berbagai teori sebagai berikut:

- a. Teori korosi berdasarkan hukum termodinamika adalah kecenderungan terjadinya korosi yang berhubungan dengan energi potensial
- b. Teori korosi berdasarkan potensial campuran (polarisasi)
- c. Teori korosi berdasarkan reaksi elektrokimia

## 2.9 Faktor Penyebab Terjadinya Korosi

Menurut Supardi (1997) terdapat beberapa faktor yang mengakibatkan terjadinya korosi yang terbagi atas tiga bagian, yaitu sifat material, faktor lingkungan dan adanya reaksi.

### 2.9.1 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.

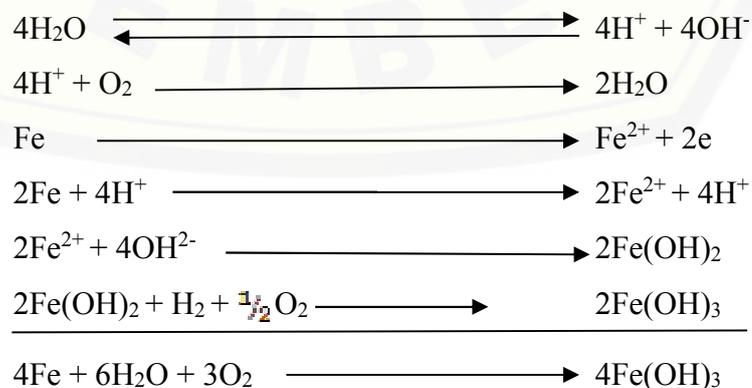
## 2.9.2 Faktor Lingkungan

### 1. Lingkungan Air

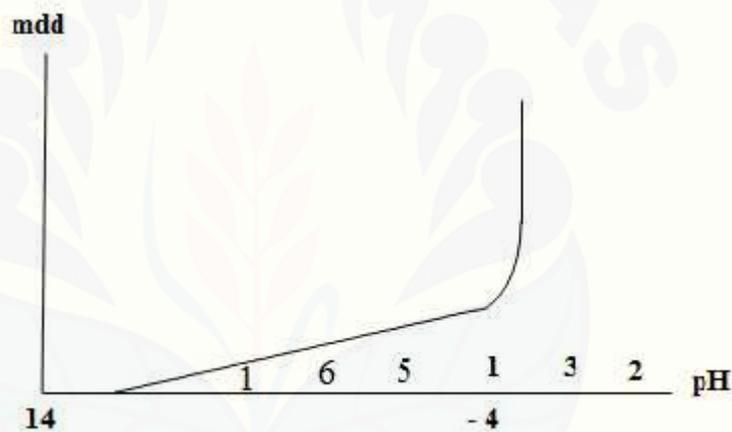
Air ataupun uap air dalam jumlah banyak ataupun sedikit akan sangat berpengaruh terhadap laju korosi pada logam. Reaksinya bukan hanya antara logam dengan oksigen saja, melainkan juga dengan uap air yang menjadi reaksi elektrokimia karena air berfungsi sebagai:

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

Mekanisme reaksi uap air di udara dengan logam adalah sebagai berikut:



Korosi pada lingkungan air bergantung pada pH, kadar oksigen dan temperatur. Misalnya pada baja tahan karat pada temperatur 300-500°C bisa bertahan dari serangan korosi. Namun pada temperatur 600-650°C baja tahan karat akan terserang korosi dengan cepat. 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 2.21 (Sumber: Supardi, 1997)



**Gambar 2.21** Pengaruh pH terhadap laju korosi pada besi (Sumber: Studi Efektifitas Literatur Universitas Indonesia. (Online)).

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. Adapun macam-macam air seperti air suling adalah air yang paling bersih dan bebas dari kation dan anion serta terisolir dari udara dan bebas dari mikroba. Adapun air hujan atau air salju merupakan proses penyulingan alami, namun demikian air ini masih mengandung  $CO_2$  dari udara yang dapat

membentuk senyawa  $\text{H}_2\text{CO}_3$  dan akan bersifat asam yang menyebabkan korosi pada baja. Untuk air permukaan komposisi zat terlarut bergantung pada tanah yang ditempati atau tergenang. Tetapi pada umumnya zat yang terlarut lebih rendah dari pada air laut. Biasanya air permukaan mengandung  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$  dan  $\text{SO}_4^-$  yang agresifitasnya lebih rendah dari pada air laut. Korosi oleh air bersih pada logam yang tidak mulia akan terbentuk reaksi sebagai berikut:



Sedangkan untuk air bersih dan adanya  $\text{O}_2$ , akan ada proses oksidasi dari udara sekitarnya. Hal ini biasanya terjadi pada air ekat permukaan. Reaksinya adalah sebagai berikut:



## 2. Lingkungan industri

Korosi di lingkungan industri yang menggunakan bahan kimia seperti pada pembuatan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ , dan sebagainya maka akan sangat bersifat korosif.

Pengendalian korosi di lingkungan industri adalah sebagai berikut:

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

## 3. 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.

## 2.10 Metode yang Digunakan

### 2.10.1 Metode kehilangan berat

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. Untuk mendapatkan jumlah kehilangan berat akibat korosi digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Dimana: Laju korosi} = \frac{240000 \times w}{A \times T \times D} \quad (\text{mdd}) \dots \dots \dots (\text{iv})$$

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

W = Berat yang hilang, (g)

A = Luas, ( $\text{cm}^2$ )

T = Waktu, (jam)

D = *Density*, ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

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 [H.H. Uhlig, W.R, 2000].

### 2.10.2 Metode Pengujian 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 variasi temperatur dan *accelerator* asam nitrit ( $\text{HNO}_2$ ) pada proses *phosphating* terhadap ketebalan lapisan dan nilai 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:

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

Dengan,  $i = 1, 2$  dan  $3$

$j = 1, 2$ , dan  $3$

$k = 1, 2, 3, 4$

Dimana:

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

$\mu$  : Rataan umum

$\alpha_i$  : Pengaruh faktor A taraf ke- $i$

$\beta_j$  : Pengaruh faktor B taraf ke- $j$

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

$\varepsilon_{ijk}$  : 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 rata-rata ( $\mu$ ) yang bervariasi sebagai akibat adanya pengaruh perlakuan ( $\alpha_i$ ), perlakuan ( $\beta_j$ ), dan galat ( $\varepsilon_{ijk}$ ) akibat adanya ulangan. Asumsi untuk model acak ialah:

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

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  $\alpha$  sebesar 5% atau 0,05 dengan artian ada kemungkinan 5 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).

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. *Accelerator* (faktor A) terhadap ketebalan lapisan cat. Faktor A tersebut dilakukan dengan beberapa variasi yaitu 1,8 gr/lit, 2,7 gr/lit dan 3,6 gr/lit dengan variasi temperatur (faktor B) yaitu temperatur ruangan ( $^{\circ}\text{C}$ ), 45  $^{\circ}\text{C}$ , 55  $^{\circ}\text{C}$  dan 65  $^{\circ}\text{C}$ .
- 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.

Rancangan yang digunakan adalah Percobaan Faktorial dengan 4 kali ulangan (r).

## 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 2.4** Tabel Anova

Sumber keragaman (SK)	Derajat bebas (DB)	Jumlah kwadrat (JK)	Kwadrat tengah (KT)	F hitung
Perlakuan	AB-1	$\frac{(\sum y_j)^2}{r} - FK$	JKP/DBP	KTP/KTG
A	A-1	$\frac{(\sum y_j)^2}{rB} - FK$	JKA/DBA	KTA/KTG
B	B-1	$\frac{(\sum y_j)^2}{rA} - FK$	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) =  $\sum (\sum_{ijk})^2 - FK$

- l. Jumlah kwadrat perlakuan (JKP)  $= \frac{\sum (\sum y)^2}{r} - FK$
- m. Jumlah kwadrat faktor A (JKA)  $= \frac{\sum (\sum y)^2}{rB} - FK$
- n. Jumlah kwadrat faktor B (JK faktor B)  $= \frac{\sum (\sum y)^2}{rA} - FK$
- 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 A (KTB)  $= JKP / DBB$
- t. Kwadrat tengah faktor AB (KTAB)  $= JKP / DBAB$
- u. Kwadrat tengah galat (KTG)  $= JKG / DBG$

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian dan Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental analisa untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur dan *accelerator* asam nitrit ( $\text{HNO}_2$ ) pada proses *phosphating* di aplikasi *powder coating* mild steel ST 37. Rancangan penelitian dengan menggunakan penelitian faktorial dimana penelitian ini berdasarkan faktor temperatur dan banyaknya *accelerator* yang ditambahkan dalam campuran larutan *phosphating*.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. Sinar Industri Panel – Malang, Laboratorium Manufaktur Kemasan Fakultas Teknik Universitas Jember dan Laboratorium metalurgi - ITS. Penelitian dilakukan pada bulan Januari - Mei 2015.

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.3.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Neraca digital
2. Alat uji ketebalan (*thickness gauge*)
3. Alat uji *salt spray*
4. Bak penampung larutan (4 buah)
5. Kompor
6. Termometer
7. Gelas kaca
8. Oven
9. *Spray gun*
10. Sikat halus
11. Kamera
12. Gergaji besi

### 3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Spesimen Mild steel ST 37 (dimensi: 600 mm x 400 mm x 4 mm)
2. Larutan *pickling* (HCl)
3. Larutan *Water Rinse* (air)
4. Larutan *surfacing* (Prepalene PLX-HG)
5. Larutan *phosphating* (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) *accelerator* (HNO<sub>2</sub>)
6. Cat *powder* (*corro-coat* MX 8003)

### 3.4 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Membuat dan membentuk spesimen uji Mild steel ST 37 hingga sesuai dengan dimensi yang diinginkan sejumlah 48 buah spesimen.
3. Memberi lubang pada spesimen uji
4. Memberi nomor setiap spesimen menggunakan stamping, kemudian tiap spesimen ditimbang sebelum proses *pretreatment* dan *coating*.
5. Membuat larutan *phosphating* sesuai dengan variasi pengujian
6. Memanaskan larutan *phosphating* hingga suhu yang divariasikan.
7. Melakukan proses *pretreatment* spesimen uji.
8. Mengeringkan spesimen uji pada mesin oven dengan suhu 70 °C selama 10 menit.
9. Melakukan pengecatan menggunakan cat *powder corro-coat* MX 8003 pada *spraying booth*.
10. Melakukan pemanasan pada oven dengan temperatur 190 °C dalam waktu 15 menit.
11. Mengukur berat spesimen setelah dilakukan *powder coating*.
12. Melakukan pengujian ketebalan lapisan cat menggunakan alat uji *thickness gauge* ASTM B499.
13. Melakukan pengambilan data visual (foto makro).
14. Melakukan persiapan pengujian *satt spray* sesuai ASTM B117.

15. Melakukan pengukuran berat spesimen sebelum dilakukan pengujian *salt spray*.
16. Melakukan pengujian *salt spray* sesuai standart ASTM B117.
17. Melakukan pengukuran berat spesimen dan melakukan perhitungan laju korosi pada tiap spesimen.
18. Analisis data dan kesimpulan.

### 3.5 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.5.1 Persiapan alat

Persiapan alat dilakukan untuk menghindari adanya berbagai macam gangguan dan masalah yang dapat timbul akibat dari kondisi peralatan yang akan digunakan, yaitu dengan melakukan pengecekan mengenai fungsi-fungsi peralatan dan membersihkannya dari kotoran-kotoran yang menempel.

#### 3.5.2 Persiapan dan pembuatan spesimen uji

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Mild steel ST 37. Persiapan material dilakukan dengan membuat spesimen uji sesuai dengan dimensi yang ditentukan.

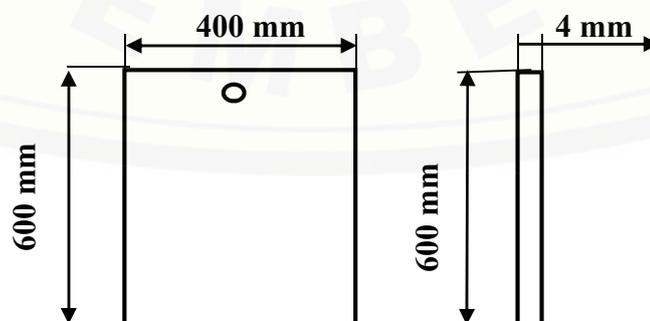
Dengan spesimen sebagai berikut:

Panjang = 600 mm

Lebar = 400 mm

Tinggi = 4 mm

Diameter = 5 mm



Gambar 3.1 Penampang Spesimen Uji

Pembentukan spesimen uji dilakukan dengan memotong material menggunakan gergaji potong, selanjutnya dilakukan pengikiran pada bagian sisinya untuk mendapatkan kerataan ukuran sesuai dengan yang diinginkan dan melakukan pengeboran dengan diameter 5 mm. Kemudian spesimen dilakukan penimbangan awal sebelum proses *pretreatment* dan *powder coating*.

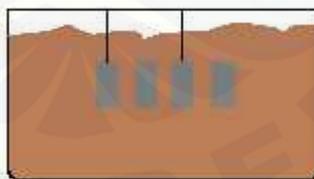
### 3.5.3 Pembuatan larutan *phosphating*

Larutan *phosphating* pada PT. Sinar Industri Panel menggunakan takaran  $H_3PO_4$  75 gram/lit dan *accelerator* asam nitrit ( $HNO_2$ ) 2,7 gram/lit pada suhu kamar. Sedangkan dalam penelitian ini divariasikan sebesar 45°C, 55°C, 65°C, suhu ruangan dan penambahan *accelerator nitrous acid* sebanyak 1,8 gr/liter, 2,7 gr/liter, 3,6 gr/liter.

### 3.5.4 *Pretreatment*

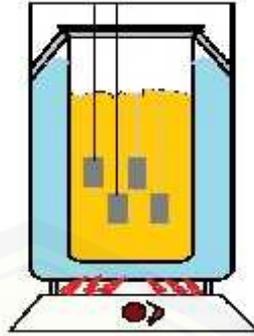
Pada proses ini spesimen uji dilakukan perendaman dalam 5 larutan yang bertujuan untuk memberikan perlakuan awal agar spesimen uji memiliki ketahanan korosi yang baik dan memiliki sifat adhesif yang baik.

- a. Perendaman pada larutan *pickling* selama 15 menit pada suhu kamar.
- b. Perendaman pada air (*water rinse*) selama 1 menit pada suhu kamar.
- c. Perendaman pada larutan *surfacing* selama 2 menit pada suhu kamar.



**Gambar 3.2** Perendaman pada suhu ruangan (*pickling, water rinse, surfacing*)

- d. Perendaman pada larutan *phosphating* selama 10 menit sesuai dengan temperature (45°C, 55°C, 65°C, suhu ruangan) dan campuran *accelerator* (1,8 gr/liter, 2,7 gr/liter, 3,6 gr/liter) yang telah divariasikan.



**Gambar 3.3** Pemanasan larutan *phosphating*

- e. Perendaman pada air (*water rinse*) selama 1 menit pada suhu kamar.

#### 3.5.5 *Coating*

Setelah dilakukan *Pretreatment* spesimen uji dikeringkan didalam 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 pengeringan spesimen uji dilakukan proses *coating* pada mesin *spraying booth*. Kemudian dilanjutkan dengan proses oven dalam waktu 15 menit dengan temperatur 190 °C. Proses ini dilakukan agar serbuk cat yang ditembakkan menggunakan *spray gun* meleleh sehingga serbuk cat menempel pada spesimen uji.

#### 3.5.6 Pengujian ketebalan lapisan cat

Setelah spesimen terlapisi oleh serbuk yang telah dipanaskan, maka dilakukan pengukuran ketebalan lapisan cat. Proses pengukuran tersebut dilakukan untuk mengetahui tebal lapisan *powder* yang menempel pada spesimen uji terhadap pengaruh variasi penambahan *accelerator* dan temperatur. Pengukuran ini menggunakan alat *thickness gauge* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4** *Coating thickness gauge*

Pengukuran ketebalan dilakukan di 3 titik yang berbeda pada permukaan spesimen yang telah dilapisi cat sesuai dengan ASTM B499. Hal itu dilakukan untuk mengetahui apakah ketebalan cat telah merata pada semua bagian spesimen. Ketebalan lapisan cat diperoleh dari rata-rata nilai yang diperoleh dari ke 3 titik yang telah diukur.

#### 3.5.7 Pengujian *salt spray*

Pengujian *salt spray* (sembur kabut garam) dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan korosi dari material semua jenis material cat yang ada. 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, spesifikasi sebagai berikut:

1. Temperatur pengujian : 35 (+1,1-1,7) °C  $\approx$  95°F
2. Sudut posisi spesimen : 15-30° terhadap posisi vertikal
3. Tekanan udara : 69-172 kPa/m<sup>2</sup> (10–25 psi)
4. pH ruangan : 6,5–7,2
5. Waktu pengujian : 168 jam (7 x 24 jam)

##### a. Persiapan pengujian *salt spray*

1. Pemasukan larutan NaCl dengan kadar 5% kedalam *resivoir*
2. Penyalaan *compressor* sebagai penyuplai udara bertekanan selama pengujian berlangsung
3. Pengaturan temperatur 35 (+1,1-1,7) °C  $\approx$  95°F pada *temperatur control*

4. Peletakan spesimen pada rak spesimen kemudian dimasukkan dalam *cabinet*

b. Pengujian *salt spray*

Pengujian dimulai dengan membuka *valve* pada *compressor* sebesar 15 psi untuk mendapatkan larutan NaCl dan udara yang bertekanan menjadi kabut larutan NaCl yang keluar dari *spray gun (nozzle)*.

Selama pengujian berlangsung diharapkan memenuhi kondisi sebagai berikut:

1. Tidak ada larutan yang mengenai spesimen secara langsung, misalnya dari tetesan larutan yang berasal dari kejenuhan kabut yang menempel pada dinding di atas *cabinet*
2. Posisi spesimen tetap pada rak spesimen dengan kemiringan 15° dari arah vertikal dan jarak  $\pm 6$  cm (antar ujung bawah spesimen), agar tidak ada larutan yang saling mengontaminasi dan menghindari kontak antar spesimen
3. Kondisi didalam *cabinet* selalu berada pada temperatur 35 (+1,1-1,7) °C  $\approx$  95°F dan pH 6,5–7,2
4. Larutan yang telah terpakai tidak dipergunakan kembali (tidak bersirkulasi)
5. Posisi rak pada *cabinet* dirotasi setiap 24 jam

c. Pengambilan data secara periodik selama pengujian

Pengambilan data pada tiap 24 jam pada pengujian *salt spray* dengan total waktu pengujian 168 jam (7 kali pengujian/24jam), untuk mendapatkan data berat lapisan cat. Langkah-langkah pengambilan data:

1. Pemberhentian sementara pengujian pengujian *salt spray* dengan mematikan *compressor* dan *temperature control (heater)*
2. Pengeluaran spesimen dari dalam *cabinet* (beserta raknya), untuk dilakukan pembersihan spesimen, yang meliputi:
  - Pembilasan setiap spesimen dengan menggunakan air PDAM yang mengalir, untuk menghilangkan sisa larutan yang menempel pada permukaan

- Pengeringan spesimen menggunakan kain bersih yang kering
  - 3. Penimbangan spesimen menggunakan timbangan digital
  - 4. Penataan kembali pada rak seperti posisi semula dan memasukkan kembali kedalam *cabinet*
- d. Pengkondisian *salt spary cabinet* selama pengujian
1. Temperatur pengujian

Untuk mendapatkan temperatur yang dikehendaki, yaitu  $35 (+1,1-1,7) ^\circ\text{C} \approx 95^\circ\text{F}$ , maka digunakan *heater* sebagai sumber panas. Dimana *heater* terhubung dengan *termo control* untuk mendapatkan temperatur konstan sesuai standart pengujian.

### 3.6 Analisis Data

#### 3.6.1 Analisis dengan Metode Gravimetri

Setelah spesimen diuji dengan *salt spray*, dilakukan penimbangan berat masing–masing spesimen pada selang waktu 24 jam sekali selama 168 jam pada setiap variasi konsentrasi. Langkah selanjutnya adalah perhitungan laju korosi. Perhitungan laju korosi ini menggunakan metode gravimeter (pengurangan berat). Untuk menghitung laju korosinya menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Dimana:

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

W = berat yang hilang, (g)

A = luas, ( $\text{cm}^2$ )

T = waktu, (jam)

D = *density*, ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

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. Kemudian dianalisis nilai laju korosi yang terjadi pada hari ke 7. Sehingga dari sini data dibahas dan disimpulkan hasilnya.

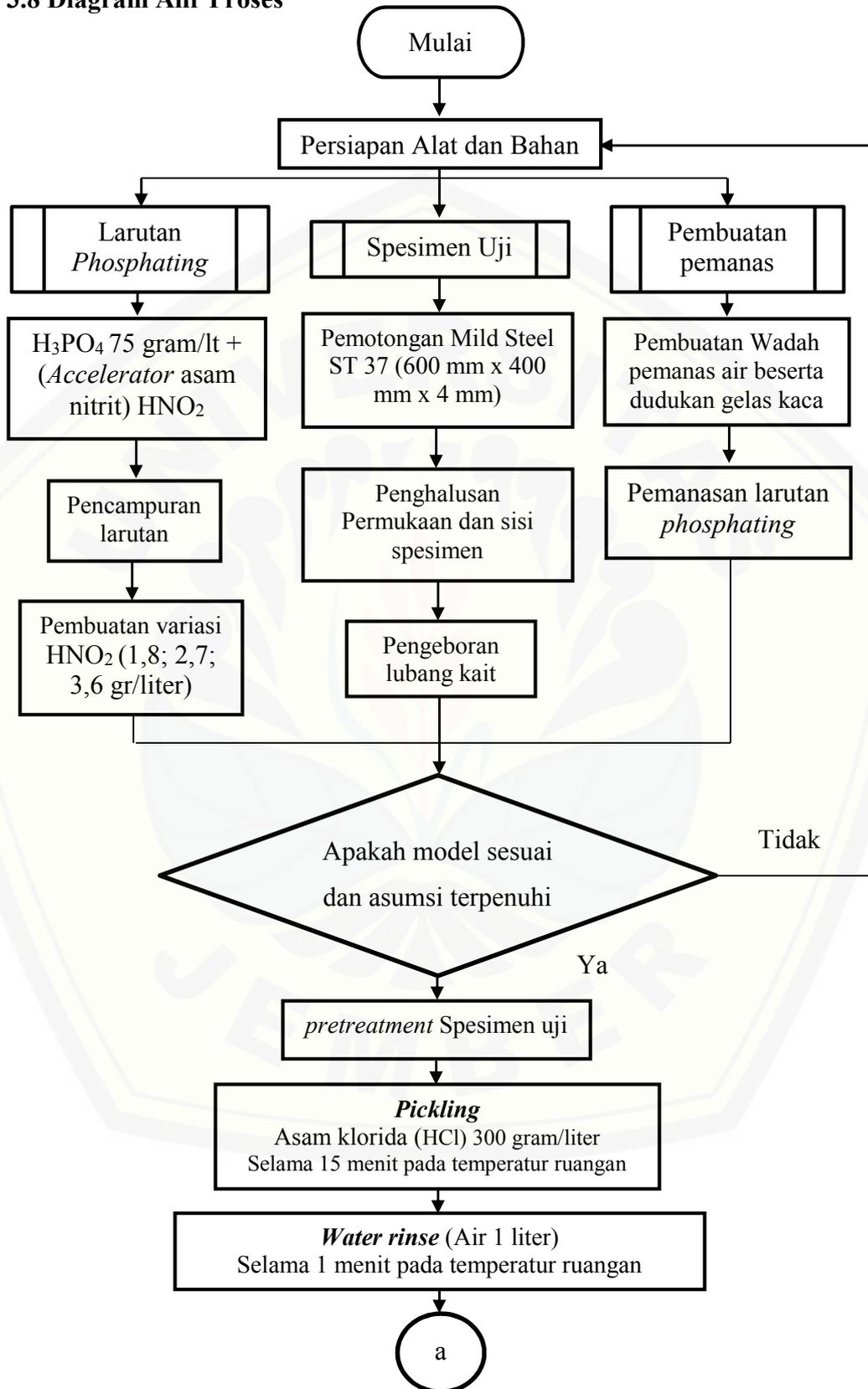
### 3.6.2 Pengambilan Data

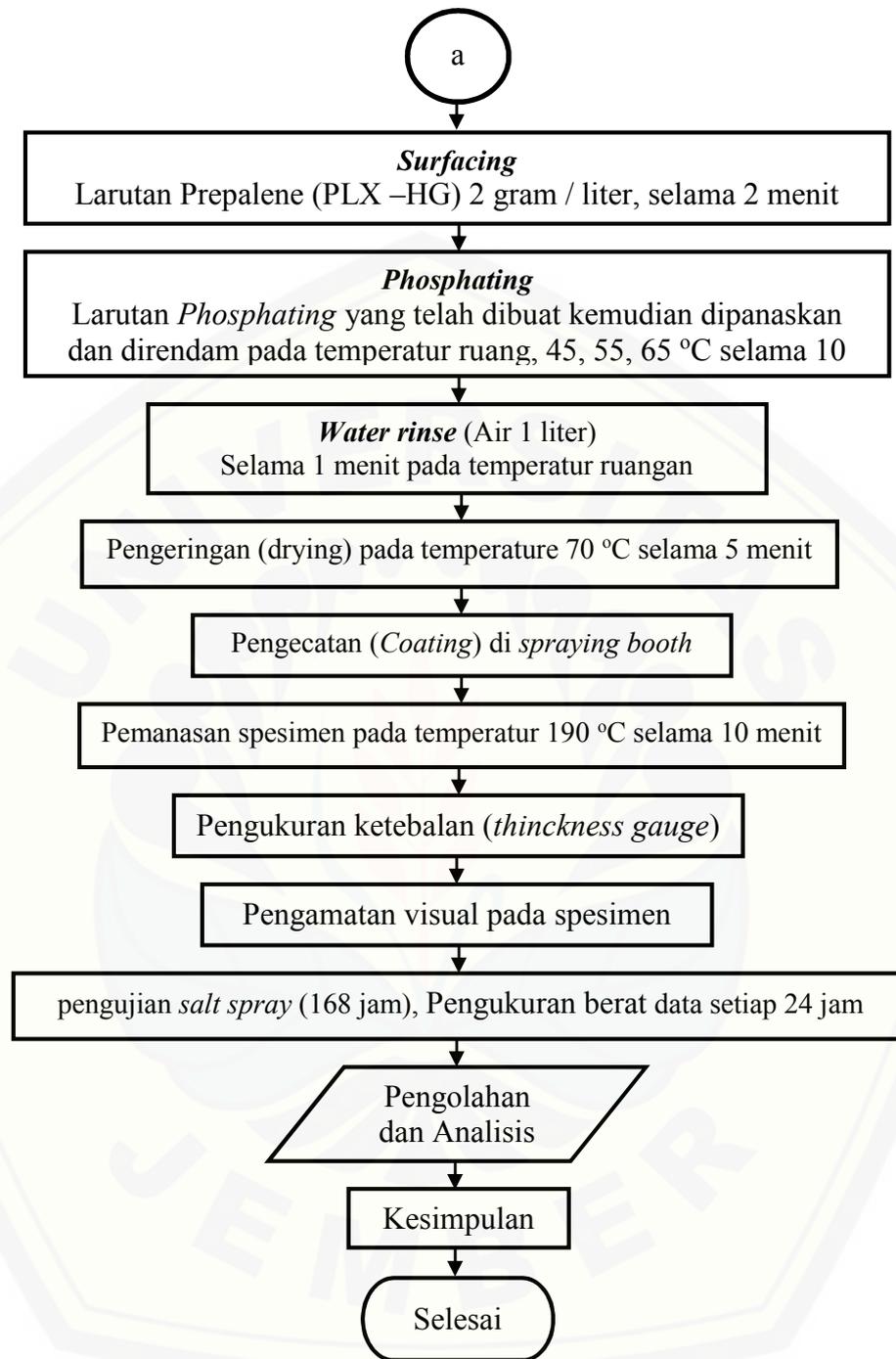
Pengambilan data dilakukan pada saat melakukan penelitian. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan temperatur dan campuran *accelerator*. Pengambilan data ketebalan lapisan cat dilakukan sebelum spesimen dilakukan pengujian *salt spray* dengan menggunakan *thickness gauge*. Pengambilan data berat spesimen laju korosi dilakukan setiap 24 jam dalam total waktu 168 jam. Setiap variasi dilakukan pengulangan sebanyak 4 kali guna memperoleh hasil yang valid.

### 3.7 Hipotesis

Hipotesis awal penelitian ini adalah semakin meningkat penambahan *accelerator* dan temperatur semakin meningkat ketebalan lapisan cat. Semakin meningkat penambahan *accelerator* dan temperatur semakin menurun nilai laju korosi.

## 3.8 Diagram Alir Proses





**Gambar 3.4** Diagram Alir Penelitian