



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENENTUAN RASIO EFEKTIF CAMPURAN PIGMEN ANTI
KOROSI SENG FOSFAT DAN *AMINO SILANE TREATED*
WOLLASTONITE PADA FORMULASI
CAT *ALKYD* TERSTIRENASI**

TESIS

**SASTRA ANUGRAHA
0906496283**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENENTUAN RASIO EFEKTIF CAMPURAN PIGMEN ANTI
KOROSI SENG FOSFAT DAN *AMINO SILANE TREATED*
WOLLASTONITE PADA FORMULASI
CAT *ALKYD* TERSTIRENASI**

TESIS

**Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister
Teknik**

**SASTRA ANUGRAHA
0906496283**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

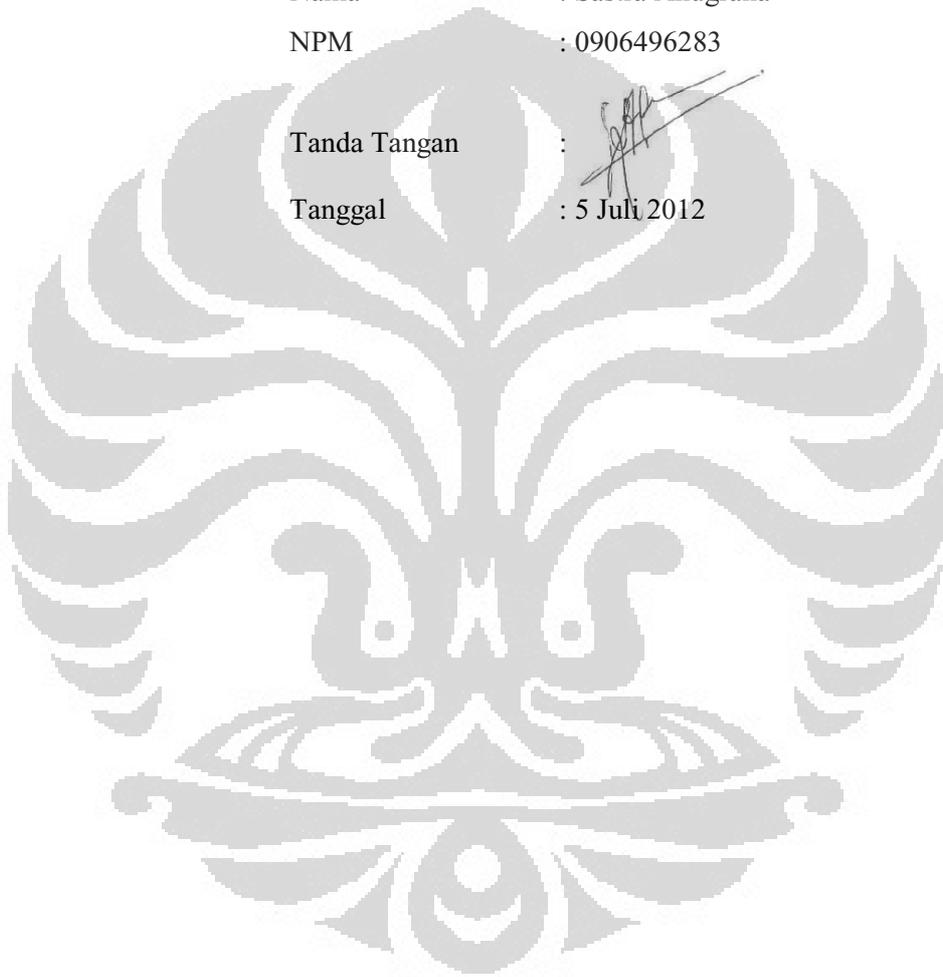
Tesis ini hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Sastra Anugraha

NPM : 0906496283

Tanda Tangan : 

Tanggal : 5 Juli 2012



HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Sastra Anugraha
NPM : 0906496283
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Thesis : Penentuan Rasio Efektif Campuran Pigmen
Anti Korosi Seng Fosfat dan *Amino Silane*
Treated Wollastonite Pada Formulasi Cat Alkyd
Terstirenasi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

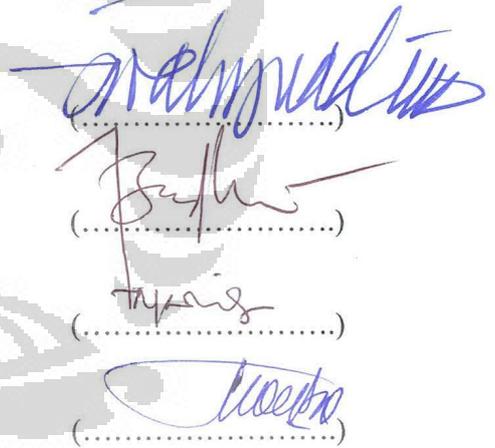
DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Johnny Wahyuadi S, DEA

Penguji : Dr. Badrul Munir ST., M.Eng.Sc.

Penguji : Ir. Rini Riastuti, MSc.

Penguji : Dwi Marta Nurjaya ST. MT.



(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal

: 5 Juli 2012

KATA PENGANTAR/ UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat unyuk mencapai gelar Magister Teknik, Program Studi Teknik Metalurgi dan Material pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa Perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi Soedarsono DEA yang telah membimbing penyusun dalam menulis tesis ini.
- (2) Orang tua, istri, keluarga dan teman-teman saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 5 Juli 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sastra Anugraha

NPM : 0906496283

Program Studi : Korosi dan Proteksi

Departemen : Teknik Metalurgi dan Material

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Penentuan Rasio Efektif Campuran Pigmen Anti Korosi Seng Fosfat dan *Amino Silane Treated Wollastonite* Pada Formulasi Cat *Alkyd* Terstirensasi

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 5 Juli 2012

Yang menyatakan


(Sastra Anugraha)

ABSTRAK

Nama : Sastra Anugraha
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul : Penentuan Rasio Efektif Campuran Pigmen Anti Korosi
Seng Fosfat dan *Amino Silane Treated Wollastonite* Pada
Formulasi Cat *Alkyd* Terstirenasi

Cat *alkyd* sangat umum digunakan karena mudah diaplikasikan, murah dan berasal dari sumber yang dapat diperbaharukan. Resin *alkyd* dapat dimodifikasi sehingga menghasilkan resin baru yang memiliki sifat lebih baik dari *alkyd* sendiri, contohnya adalah *alkyd* terstirenasi, yang memiliki keunggulan dalam hal kecepatan kering dan ketahanan kimia. Pada cat *alkyd* anti korosi, penggunaan seng fosfat sebagai pigmen anti korosi secara umum telah digunakan. Pada penelitian ini seng fosfat dibandingkan kinerja ketahanan korosinya dengan mineral alami yang lebih murah dan ramah lingkungan yaitu wollastonite yang permukaannya dilapisi amino silan. Hasilnya penggunaan wollastonite sebagai pigmen anti korosi memberikan hasil yang baik dan mampu meningkatkan performa penilaian panel hasil uji semburan garam selama 240 jam sebesar 0.5 poin pada rasio (i) 75% wollastonite, 25% seng fosfat, dan (ii) 100% wollastonite. Dua rasio tersebut memberikan perlindungan korosi terbaik, namun dalam segi penghematan biaya 100% wollastonite memberikan dampak penghematan harga yang maksimal. Pada percobaan ini ditunjukkan pula bahwa wollastonite yang permukaannya dilapisi amino silan dapat menggantikan seng fosfat 100% pada formulasi cat *alkyd* yang terstirenasi.

Kata kunci:

Korosi, pigmen anti korosi, seng fosfat, wollastonite, *alkyd* terstirenasi.

ABSTRACT

Name : Sastra Anugraha
Study Program : Metallurgy and Material
Judul : The Determination of Effective Ratio Between
Zinc Phosphate and Amino Silane Treated Wollastonite
Anti-Corrosion Pigment in Styrenated Alkyd Paint
Formulation

Alkyd paint is widely use because of ease in application, inexpensive and based on a renewable source. Alkyd resin can be modified generating a new type of resin that possessed a better characteristic than alkyd resin itself. Styrene modified alkyd is one of the example. Fast drying properties and better chemical resistance is superior to unmodified alkyd. In anti-corrosion alkyd paint the usage of zinc phosphate is generally used. In this experiment, zinc phosphate corrosion resistance performance is compared with amino silane treated wollastonite, a natural mineral which is cheaper and environmentally friendly. The result is wollastonite can give better anti-corrosion properties and increase the rating of 0.5 point on two salt spray panels which is coated with (i) 75% wollastonite, 25% zinc phosphate, and (ii) 100% wollastonite. The two panels with the ratio given is the best anti-corrosion performance. However in term of piecing the 100% wollastonite is giving the maximum cost saving. It shows that amino silane treated wollastonite can replace zinc phosphate 100%.

Key words:

Corrosion, anti-corrosion pigment, zinc phosphate, wollastonite, Styrenated alkyd

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR/ UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. LATAR BELAKANG.....	1
1.2. PERUMUSAN MASALAH.....	2
1.3. TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.4. HIPOTESIS.....	3
1.5. RUANG LINGKUP PENELITIAN.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. KOROSI.....	7
2.1.1. Definisi Korosi dan Penyebabnya.....	7
2.1.2. Teori Elektrokimia Korosi.....	8
2.1.3. Polarisasi.....	10
2.2. BENTUK-BENTUK KOROSI.....	12
2.2.1. Korosi Seragam (<i>Uniform Corrosion</i>).....	12
2.2.2. Korosi Galvanik (<i>Galvanic Corrosion</i>).....	13
2.2.3. Korosi Celah (<i>Crevice Corrosion</i>).....	14
2.2.4. Korosi Sumur (<i>Pitting Corrosion</i>).....	14
2.2.5. Korosi Erosi (<i>Erosion-Corrosion</i>).....	15
2.2.6. <i>Stress Corrosion Cracking (SSC)</i>	15
2.3. PENCEGAHAN KOROSI.....	16
2.3.1. Pemilihan Material dan Desain.....	16
2.3.2. Pengaturan Kondisi Lingkungan.....	17
2.3.3. Proteksi Katodik.....	18
2.3.4. Coating.....	19
2.4. CAT ORGANIK (<i>Organic Coating</i>).....	19
2.4.1. Bahan Penyusun Cat Organik.....	21
2.4.2. Resin Alkyd.....	26
2.4.3. Resin Alkyd yang di Modifikasi.....	28
2.4.4. Resin Alkyd yang di Modifikasi dengan Styrene (Alkyd Styrene).....	29

2.5.	PIGMEN ANTI KOROSI.....	29
2.5.1.	Pigmen Barrier.....	30
2.5.2.	Pigmen Galvanis.....	30
2.5.4.	Pigmen Inhibitor.....	32
2.5.5.	Wollastonite.....	33
III.	METODOLOGI PENELITIAN.....	38
3.1.	PEMBUATAN CAT.....	39
3.2.	PENGUJIAN CAT.....	40
IV.	HASIL PENELITIAN.....	41
4.1.	PEMBUATAN PANEL UI.....	41
4.1.1.	Data Permukaan Panel Uji.....	41
4.1.2.	Data Konsentrasi Seng Fosfat dan Wollastonite.....	42
4.1.3.	Ketebalan Lapisan Cat Kering Pada Panel.....	44
4.2.	PENGUJIAN SEMPROTAN GARAM (<i>SALT SPRAY TEST</i>).....	45
4.3.	PENGUJIAN DAYA REKAT (<i>CROSS CUT ADHESION TEST</i>).....	50
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	54
5.1.	KESIMPULAN.....	54
5.2.	SARAN.....	54
	DAFTAR PUSTAKA.....	55

DAFTAR GAMBAR

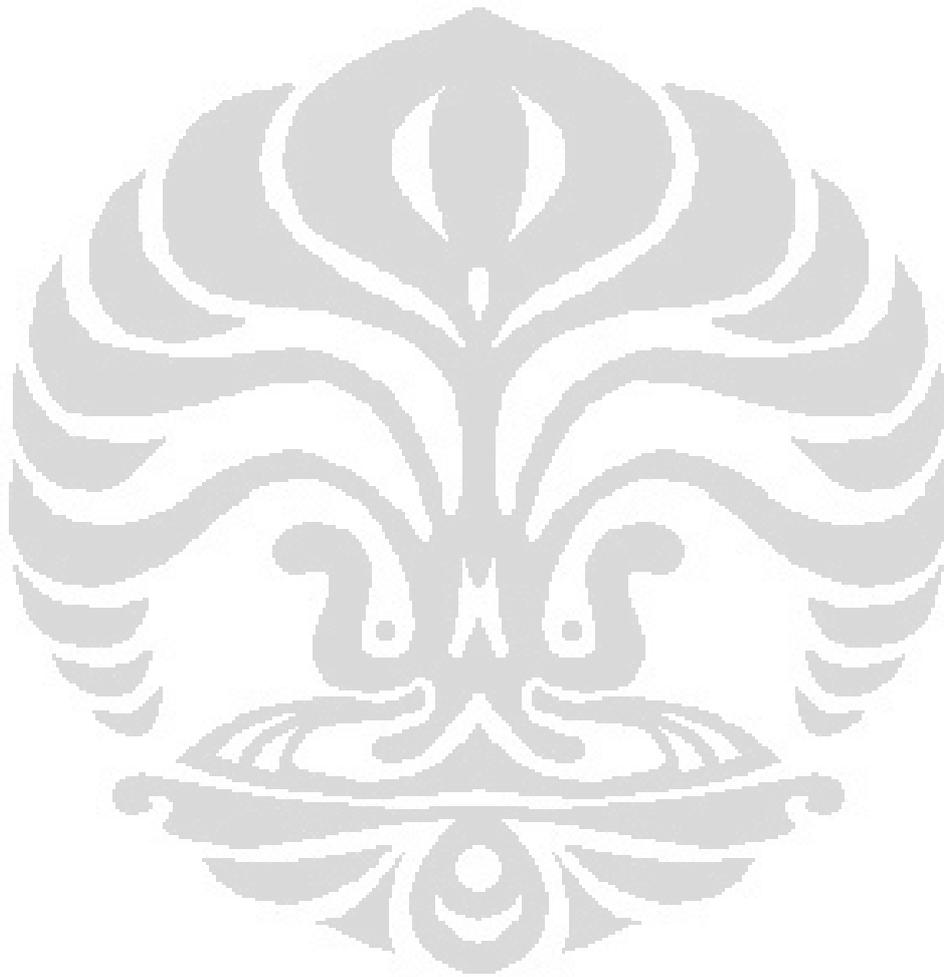
Gambar 1.1.	Wollastonite yang Permukaannya Telah Dimodifikasi.....	4
Gambar 1.2.	Wollastonite yang Permukaannya Belum Dimodifikasi.....	5
Gambar 2.1.	<i>Metallurgy in Reverse</i>	7
Gambar 2.2.	Reaksi Elektro Kimia Pada Proses Korosi.....	8
Gambar 2.3.	Meningkatnya Kecepatan Korosi Sebanding Dengan Meningkatnya Potensial E dan Polarisasi Anodik.....	10
Gambar 2.4.	Reaksi Reduksi Hidrogen.....	11
Gambar 2.5.	Polarisasi Konsentrasi Selama Proses Reduksi Hidrogen.....	12
Gambar 2.6.	Korosi Merata.....	13
Gambar 2.7.	Korosi Galvanik.....	13
Gambar 2.8.	Korosi Celah.....	14
Gambar 2.9.	Korosi Sumuran.....	14
Gambar 2.10.	Skema Aliran Turbulen yang Menyebabkan Terjadinya Korosi Erosi.....	15
Gambar 2.11.	Deret Galvanis Beberapa Jenis Logam.....	16
Gambar 2.12.	Salah Satu Contoh Pertimbangan Desain Pada Standard NACE RP0178-2003.....	17
Gambar 2.13.	Skema Perlindungan Korosi Dengan Anoda Korban (<i>Sacrificial anode Cathodic Protection</i>).....	18
Gambar 2.14.	Skema Perlindungan Korosi Dengan Arus Tanding (<i>Impress Current Cathodic Protection</i>).....	18
Gambar 2.15.	Persentase Jenis Cat Produksi Dalam Negeri Indonesia Pada Tahun 2010.....	20
Gambar 2.16.	Ilustrasi Reaksi Polimerisasi Kondensasi.....	21
Gambar 2.17.	Ilustrasi Reaksi Polimerisasi Adisi.....	22
Gambar 2.18.	Pengelompokan Pigmen.....	23
Gambar 2.19.	Reaksi Pembentukan Monogliserida.....	27
Gambar 2.20.	Reaksi Pembentukan Polimer Alkyd Gliserol.....	27
Gambar 2.21.	Reaksi Pembuatan Alkyd Terstirenasi.....	29

Gambar 2.22. Sebelah Kiri Adalah Gambar <i>Micaceous Iron Ore</i> (MIO) dan Sebelah Kanan Adalah Gambar <i>Glass Flake</i> yang Diperbesar Menggunakan Mikroskop.....	30
Gambar 2.23. Pengelompokan <i>Zinc Primer</i>	31
Gambar 2.24. Mekanisme Perlindungan Galvanis Dengan <i>Zinc Primer</i>	31
Gambar 2.25. Perbedaan Ukuran Aspek Rasio Wollastonite.....	34
Gambar 2.26. Wollastonite yang Permukaannya Telah Dimodifikasi.....	35
Gambar 2.27. Wollastonite yang Permukaannya Belum Dimodifikasi.....	36
Gambar 2.28. Grafik Hubungan Kecepatan Korosi dan Konsentrasi Oksigen Pada Kondisi Basa.....	37
Gambar 3.1. Diagram Alir Pengujian Cat.....	38
Gambar 4.1. Gambar <i>Anchor Profile</i> Pada Substrat.....	41
Gambar 4.2. Perangkat alat KTA <i>comparator sand</i>	42
Gambar 4.3. Alat Semprotan Garam dan Kondisi Panel Dalam Alat Tersebut.....	45
Gambar 4.4. Panel Hasil Pengujian Semprotan Garam Setelah 240 Jam (1)....	45
Gambar 4.5. Panel Hasil Pengujian Semprotan Garam Setelah 240 Jam (2)....	46
Gambar 4.7. Diagram Batang Hasil Uji Semburan Garam.....	49
Gambar 4.8. Sinergi Antara Wollastonite dan Pigmen Inhibitor Korosi.....	49
Gambar 4.9. Mekanisme Daya Rekat Antara Cat dan Substrat.....	51
Gambar 4.10. Reaksi Antara Wollastonite yang Di-Treatment Dengan Resin Pengikatnya.....	52
Gambar 4.11. Reaksi Safonifikasi Ester.....	52
Gambar 4.12. Grafik Hubungan Daya Rekat dan Rasio Pigmen Anti Korosi....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Urutan Logam Didasarkan Pada Energi yang Diperlukan Untuk Mengubah Bijih Menjadi Logam-nya.....	8
Tabel 2.2.	Jenis Dan Persentase Produksi Cat Dalam Negeri Indonesia Pada Tahun 2009 dan 2010.....	20
Tabel 2.3.	Tipe Resin dan Pengelompokannya.....	21
Tabel 2.4.	Kekuatan Ikatan Hidrogen Beberapa Jenis <i>Solvent</i>	24
Tabel 2.5.	Tabel Hansen Untuk Beberapa Jenis Resin.....	25
Tabel 2.6.	Tabel Hansen Untuk Beberapa Jenis <i>Solvent</i>	25
Tabel 2.7.	Data Hansen Contoh Pelarut dan Resinnya.....	26
Tabel 2.8.	Pengelompokan Bahan Baku Alkyd.....	27
Tabel 2.9.	Pengelompokan Alkyd Berdasarkan Panjang Minyak.....	28
Tabel 2.10.	Modifikasi Alkyd dan Aplikasinya.....	28
Tabel 2.11.	Mekanisme Perlindungan yang Umum Pada Cat Anti Korosi.....	30
Tabel 2.12.	Data Kronis Toksisitas Dari Beberapa Pigmen Anti Korosi.....	32
Tabel 2.13.	Komposisi Umum Wollastonite.....	33
Tabel 2.14.	Kompatibilitas Rekayasa Permukaan Wollastonite dan Sistem <i>Binder</i>	36
Tabel 3.1.	Penambahan Pigmen Anti Korosi.....	39
Tabel 4.1.	Data Permukaan Panel Uji.....	42
Tabel 4.2.	Kandungan Padatan (<i>Solid Content</i>) Berdasarkan Perhitungan.....	43
Tabel 4.3.	Rasio Pigmen Anti Korosi Seng Sulfat dan Wollastonite.....	43
Tabel 4.4.	Data Ketebalan Lapisan Kering Cat Panel Uji.....	44
Tabel 4.5.	Standar ASTM D1654-05 Untuk Menentukan <i>Rating</i> Panel yang Digores (<i>Scribed</i>).....	46
Tabel 4.6.	Standar ASTM D1654-05 Untuk Menentukan <i>Rating</i> Panel yang Tidak Digores (<i>Un-scribed</i>).....	47
Tabel 4.7.	Hasil Interpretasi Panel yang Diuji Semprotan Garam Selama 240 Jam.....	47

Tabel 4.8.	Data Pengujian Semprotan Garam.....	48
Tabel 4.9.	Hasil Pengujian Daya Rekat.....	50



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Diagram Alir Pembuatan Cat.
- Lampiran 2. Formulasi Cat *Alkyd* Terstirenasi.
- Lampiran 3. Prosedur Persiapan Panel dan Aplikasi Cat.
- Lampiran 4. Prosedur Pengukuran Ketebalan Cat Sesuai Standar ISO 2808:2007.
- Lampiran 5. Prosedur Pengukuran Daya Rekat Sesuai Standard ISO 2409:2002 (*Cross Cut*).
- Lampiran 6. Tabel Standard Penilaian Kekuatan Adhesi (Cross-Cut Test ISO 2409:2007).
- Lampiran 7. Prosedur Pengukuran Ketahanan Korosi Menggunakan Semprotan Larutan Garam Sesuai Standar ASTM B117.
- Lampiran 8. Panel Pengujian Semburan Garam Setelah 48 Jam.
- Lampiran 9. Panel Pengujian Semburan Garam Setelah 98 Jam.
- Lampiran 10. Panel Pengujian Semburan Garam Setelah 120 Jam.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Negara-negara di kawasan tropis seperti Indonesia paling banyak menderita kerugian akibat korosi. Namun sayangnya, belum ada data yang jelas tentang besarnya kerugian akibat korosi di Indonesia padahal korosi menyerang semua peralatan yang terbuat dari logam dan menimbulkan kerugian yang tidak sedikit nilainya. Korosi sendiri adalah deteriorasi suatu material karena pengaruh lingkungannya. Proses korosi yang terjadi pada material lain seperti plastik atau kayu lebih sering di sebut proses degradasi atau pelapukan. Korosi terjadi secara alamiah, oleh karenanya korosi tidak dapat dihentikan, namun ia dapat di kendalikan.

Terdapat beberapa metode yang efektif dalam mengendalikan korosi, salah satunya adalah penggunaan cat atau coating. Cat sendiri memiliki banyak system bergantung pada fungsi dan lingkungannya. ISO 12944-2: 1998 mengelompokkan kondisi lingkungan menjadi lima kelompok, antara lain C1 dengan kategori korosivitas sangat rendah, C2 dengan tingkat korosivitas rendah, C3 tingkat korosivitas sedang, C4 dengan tingkat korosivitas tinggi, C5-I (*Industrial*) dan C5-M (*Marine*) dengan tingkat korosivitas sangat tinggi. Untuk tingkat korosivitas C2 dan C3 sistem cat alkyd sangat umum digunakan karena mudah untuk diaplikasikan, tidak memerlukan persiapan permukaan yang rumit, memiliki gloss retensi yang baik, murah, dan bersumber dari bahan yang dapat diperbaharui.

Dalam hal pencegahan korosi selain sistem pengikat atau resin, pigment-pigment kromat seperti seng kromat, *basic lead silico chromate*, dan stronsium kromat sangat umum digunakan sebagai inhibitor korosi karena kinerjanya yang tak tertandingi. Namun penggunaan kromat yang berlebihan ternyata memiliki efek yang buruk bagi lingkungan. Sebagai gantinya pigment-pigment anti korosi yang lebih ramah lingkungan seperti seng fosfat atau *filler* fungsional seperti Wollastonite diperkenalkan sebagai pigment alternatif yang bersinergist dengan

pigment inhibitor korosi sehingga dapat menggantikan fungsi kromat secara signifikan (Hare, 1998).

Wollastonite atau calcium metasilikat (CaSiO_3) adalah suatu mineral non-metalik yang berwarna putih, dengan struktur kristal yang asikular atau berbentuk jarum dan sifat kimiawinya yang sangat khas menjadikannya mineral dengan kinerja tinggi sehingga memiliki aplikasi cukup luas di industri *coating*, Plastik, Konstruksi, dan Metalurgi. Dalam aplikasinya wollastonite telah cukup berkembang di negara-negara dengan teknologi *coating* yang telah mapan seperti Amerika Serikat, Jepang dan negara-negara di Eropa. Sedangkan pengembangannya di Indonesia sangat terbatas karena pengetahuan produk yang kurang dan suplai bahan baku belum tersedia di pasaran karena belum banyak yang mengerti tentang kinerja dan potensi bahan ini. Penelitian ini ditujukan untuk mengembangkan aplikasi wollastonite khususnya di Indonesia, dan menjadi salah satu cara dalam mengurangi ketergantungan terhadap pigment kromat yang merusak lingkungan, serta alternatif dalam mengurangi ongkos pembelian material anti korosi seperti seng fosfat yang harganya cukup mahal.

1.2. PERUMUSAN MASALAH

Wollastonite diketahui memiliki sinergi ketika digunakan bersamaan dengan pigmen inhibitor korosi. Maka dirumuskan masalah sebagai berikut: (i) Bagaimana efektivitas pencegahan korosi campuran seng fosfat dan wollastonite pada cat alkyd tersirensasi?, (ii) Berapa perbandingan seng fosfat dengan wollastonite yang efektif dalam pencegahan korosi?, (iii) dapatkah wollastonite menggantikan seng fosfat seluruhnya dalam formulasi?.

1.3. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk membantu produsen cat dalam menemukan bahan baku alternatif pengganti pigmen inhibitor korosi yang lebih ramah lingkungan.

Tujuan khusus penelitian ini untuk:

- 1.3.1. Membandingkan efektivitas wollastonite dan seng fosfat dalam hal ketahanan korosi dan daya rekat pada formulasi cat alkyd tersirensasi.

- 1.3.2. Menentukan rasio efektif campuran wollastonite dan seng fosfat dalam formulasi cat alkyd terstirenasi yang memiliki ketahanan korosi, dan daya rekat terbaik sehingga dapat digunakan dalam mengurangi konsumsi seng fosfat.

1.4. HIPOTESIS

Wollastonite telah lama digunakan oleh produsen cat di negara-negara maju seperti Amerika, Eropa dan Jepang. *Treated wollastonite* yang telah digunakan di negara-negara tersebut selama kurang lebih 20 tahun dan telah sukses melindungi logam baik dengan mekanisme inhibisi dan *barrier*. Ciullio *et. al.* melakukan penelitian terhadap wollastonite yang disinergiskan dengan pigment anti korosi seng fosfat dalam sistem cat epoksi. Ia menemukan bahwa epoksi silane treated wollastonit memberikan efek sinergistik terbaik dan mampu menggantikan seng fosfat dalam sistem cat epoksi (Ciullio, 2002). Terdapat beberapa alasan yang dikemukakan yang menjadikan wollastonite memiliki kinerja sinergistik tersebut. Alasan-alasan tersebut adalah:

1.4.1. Asikularitas.

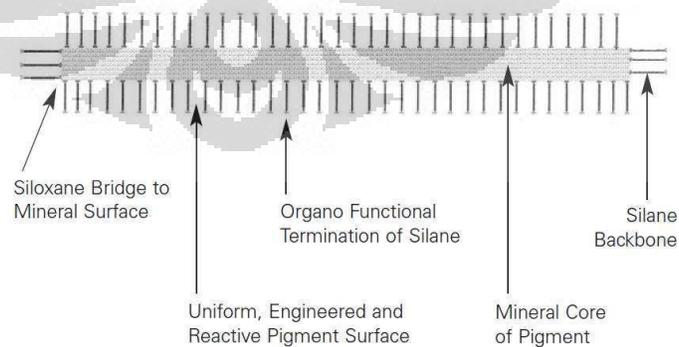
Bentuk wollastonite bergantung pada jenisnya, bentuknya antara lain asikular, serupa serat, dan serupa pelat. Bentuk asikular ini menjadikan wollstonite sebagai media penguat dalam mengikat resin matrik seperti mekanisme penguatan serat gelas dalam memperkuat poliester. Aspek rasio untuk wollastonite yang berukuran 10 mikron umumnya 3:1, tapi untuk aplikasi khusus, kita bahkan dapat menemukan wollastonite dengan aspek rasio 20:1 (Hare, 1998).

1.4.2. Asal dan kemurnian wollastonite.

Kemurnian dan asal wollastonite adalah salah satu aspek yang membedakan kualitas perlindungan wollatonite. Umumnya tambang-tambang wollastonite di benua Amerika serikat memiliki kualitas kemurnian yang baik dibandingkan dengan tambang-tambang di Cina, India dan Finlandia. Wollastonite yang dihasilkan umumnya berkaitan dengan diopside dan garnet sehingga lebih mudah dipisahkan (Hare, 1998).

1.4.3. Rekayasa permukaan wollastonite.

Wollastonite yang sangat halus sekalipun memiliki permukaan heterogen seperti halnya bahan alam lainnya. Ia memiliki situs-situs yang lebih hidrofilik dan lebih mudah dibasahi dibandingkan situs lainnya. Ia juga memiliki situs yang affinitas terhadap bahan pengikat (*binder*) lebih tinggi dibanding lainnya. Heterogenitas seperti itu menghasilkan antar muka yang kurang sempurna pigmen dan binder, menyebabkan terbentuknya kekosongan dan ruangan-ruangan yang tidak terbasahi sehingga meningkatkan peluang pentrant tertentu seperti air untuk mencapai permukaan pigmen, melalui celah yang tak terikat dan akhirnya mencapai substrat yang seharusnya terlindungi. Saat permukaan pigment di rekayasa melalui perlakuan dengan reaktif silan, homogenitas permukaan naik secara drastis, sehingga menghasilkan inti anorganik yang diselubungi dengan bagian organik yang lebih homogen. Hal ini menyebabkan kedua bagian baik inti dan selubung lebih mudah dibasahi dan lebih reaktif dengan binder dari hampir semua jenis cat yang umum digunakan. Ketahanan terhadap asam meningkat, dan celah-celah kosong terkunci dengan rapat sehingga pentrant seperti air sulit bergerak melewatinya (Hare,1998).



Gambar 1.1. Wollastonite yang Permukaannya Telah Dimodifikasi.



Gambar 1.2. Wollastonite yang Permukaannya Belum Dimodifikasi.

1.4.4. Tingkat ke-basaan wollastonite.

Basisitas atau tingkat kebasaaan wollastonite mungkin merupakan bagian terpenting dimana ketahaan korosi sangat diperhatikan. Bahkan wollastonite yang tidak dimodifikasi bekerja dengan sangat baik dalam sistem epoksi atau poliuretan dimana wollastonite yang dimodifikasi permukaannya tidak dapat digunakan karena harganya yang lebih mahal walau lebih efektif dan efisien. Wollastonite bersifat basa sehingga bertindak sebagai gugus inhibitor korosi. Ia memiliki sifat inhibitor korosi dengan mekanisme pasifasi dan barrier (Hare, 1998).

Resin alkyd telah digunakan sebagai *binder* pada cat anti korosi sejak tahun 1940. Resin ini tergolong poliester yang dimodifikasi dengan minyak tumbuhan. Minyak biji rami (*Linseed oil*) adalah minyak yang paling banyak digunakan karena proses pengeringan yang cepat. Proses pengeringan yang cepat disebabkan karena tingginya derajat ketidakjenuhan minyak sehingga reaksi antara oksigen dan resin lebih mudah terjadi membentuk rantai polimer. Araujo *et. al.*, melakukan penelitian terhadap interaksi resin alkyd dan pigment anti korosi seng fosfat dan menemukan bukti bahwa seng fosfat bereaksi dengan minyak rami sehingga meningkatkan sifat barrier cat. Efeknya menurunkan permeabilitas uap air dan ion klorida. Namun lemahnya daya rekat antara substrat dan cat dan cepatnya penyebaran korosi jika terjadi pengelupasan atau goresan menyebabkan kelemahan sistem ini (Araujo, 2010). Resin alkyd dapat dimodifikasi, salah satu bentuk modifikasi resin alkyd adalah dengan menggunakan *styrene*. Dengan modifikasi ini, kecepatan kering resin akan meningkat dengan dastis (Lambourne & Strivens, 1999).

Secara teoritis penggunaan wollastonite, dalam sistem cat alkyd dan kombinasinya dengan pigment seng fosfat akan meningkatkan performa cat alkyd tersebut. Diharapkan terjadinya peningkatan performa anti korosi dan peningkatan daya rekat.

1.5. RUANG LINGKUP PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan sampel panel berupa *mild steel* dengan ukuran 200 mm x 100 mm yang telah dibersihkan sesuai standar ISO 8501-1 sehingga mencapai kebersihan permukaan hampir putih, Sa 2½ atau *near white blast cleaning*. Permukaan panel dibersihkan menggunakan MEK (metil etil keton). Cat Alkyd yang digunakan alkyd terstirenasi (*styrenated modified alkyd/ styrenated alkyd*). Pigment anti korosi yang digunakan adalah seng fosfat ($Zn_3(PO_4)_2 \cdot 2H_2O$). Wollastonite yang digunakan adalah wollastonite yang beasal dari NYCO dengan kode 10 AS Wollastocoat (*amino silane treated wollastonite*). Bahan tambahan lain digunakan pada proses pembuatan cat seperti bahan anti busa, bahan pembantu dispersi dan reologi. Cat dibuat dari formulasi dengan variasi perbandingan wollastonite dan seng fosfat 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 dan 100:0. Cat diaplikasikan pada panel dengan menggunakan metode *doctor blade*. Bagian belakang panel ditutupi pelster vinyl. Cat pada panel kemudian biarkan hingga *curing* secara sempurna selama satu minggu. Kemudian panel digores hingga mengenai logam substratnya kemudian di uji ketahanan korosinya menggunakan *salt spray test* yang sesuai dengan standard ASTM B117. Ketebalan lapisan cat ditentukan sesuai standard ISO 2808: 2007. Daya rekat di uji sesuai dengan standard ISO 2490: 2007.

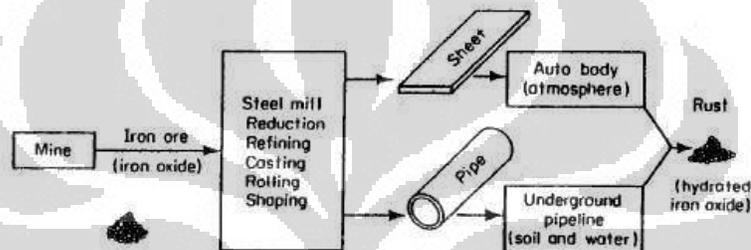
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. KOROSI

2.1.1. Definisi Korosi dan Penyebabnya.

Korosi didefinisikan sebagai kerusakan atau deteriorasi material (umumnya logam) yang disebabkan karena reaksi dengan lingkungannya. Fontana mengungkapkan bahwa pada logam, korosi merupakan kebalikan dari proses metallurgy (*metallurgy in reverse*).



Gambar 2.1. *Metallurgy in Reverse* (Fontana, 1987).

Kekuatan utama yang menyebabkan logam terkorosi adalah konsekuensi alamiah dari keberadaan logam tersebut. Untuk mencapai wujud metalik logam dari bentuk alamiah, maka biji logam diberikan energi yang cukup pada proses pembuatannya. Biji logam kemudian menyerap, menyimpan energi yang cukup sehingga wujudnya berubah menjadi metalik, namun mengikuti kesetimbangan maka energi tersebut lambat laun dikembalikan ke alam dalam bentuk korosi (LaQue & Green, 1984). Gambar 2.1 mengilustrasikan proses kesetimbangan tersebut.

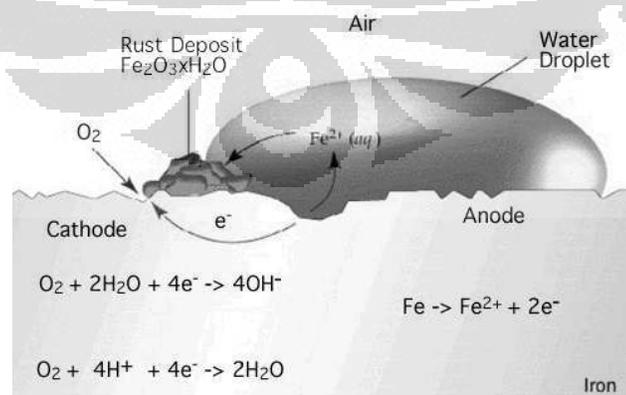
Energi yang diperlukan dalam proses perubahan wujud biji logam menjadi logam berbeda pada setiap jenis logam. LaQue dan Greene menjelaskan bahwa perbedaan energi antara bentuk logam dan biji logam dapat diekspresikan dalam wujud elektrik yang berkaitan dengan panas pembentukan dari logam tersebut. Kesulitan dalam mengekstrak logam dari bijinya dalam hal kebutuhan energi, dan tendensi untuk melepaskan energi dalam bentuk korosi direfleksikan pada suatu deret yang disebut deret elektromotif yang terlihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Urutan Logam Didasarkan Pada Energi yang Diperlukan Untuk Mengubah Bijih Menjadi Logam-nya (LaQue & Greene, 1984).

Semakin banyak energi diperlukan	Kalium
	Magnesium
	Berilium
	Aluminium
	Seng
	Kromium
	Besi
	Nikel
	Timah putih
	Tembaga
	Perak
Semakin sedikit energi diperlukan	Platina
	Emas

2.1.2. Teori Elektrokimia Korosi.

Saat ini sedikit sekali perbedaan atau kontroversi mengenai faktor-faktor penyebab korosi pada logam. Teori Elektrokimia merupakan dasar korosi yang sangat umum dan disepakati bersama yang kemudian menghasilkan berbagai macam rumus dan persamaan untuk dapat menggambarkan sebagian besar proses korosi. Korosi elektrokimia memiliki inti dimana ia memerlukan empat faktor utama yang tanpa salah satu nya maka korosi tidak akan terjadi. Faktor tersebut adalah: (1) anoda; (2) katoda; (3) elektrolit; dan (4) rangkaian penghubung.

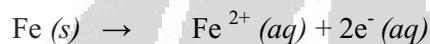


Gambar 2.2. Reaksi Elektrokimia Pada Proses Korosi.

Teori elektrokimia mengaris-bawahi bahwa untuk terjadinya korosi maka diperlukan empat faktor utama. Gambar 2.2 di atas memperlihatkan proses korosi yang terjadi pada setetes embun di atas permukaan besi. Sesuai dengan teori elektrokimia maka letak keempat faktor penyebab korsi adalah:

(1) Anoda,

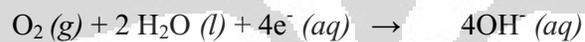
Permukaan besi yang terendam dalam air akan berubah menjadi anoda, karea ia kekurangan oksigen. Reaksi yang terjadi di bagian anoda adalah reaksi oksidasi, dimana besi akan melepaskan elektronnya. Berikut adalah persamaan reaksi yang terjadi:



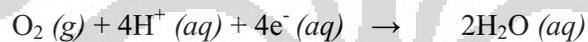
(2) Katoda,

Permukaan besi yang kaya oksigen akan berubah menjadi katoda. Reaksi yang terjadi akan bergantung pada suasana atau pH larutan tersebut.

Pada suasana netral atau basa maka terjadi reaksi:



Sedangkan pada suasana asam maka terjadi reaksi:



(3) Elektrolit,

Tetes air yang kaya akan oksigen, akan menjadi elektrolit yang baik pada kasus ini. Keberadaan asam (H^{+}) dalam tetesn tersebut akan menjadikannya elektrolit baik sebagai salah satu faktor penyebab korosi. Kemudian seiring bertambahnya waktu makan ion Fe^{2+} yang terbentuk dan terlarut dalam embun tersebut akan memperkaya sifat elektrolitnya.

(4) Rangkaian penghubung.

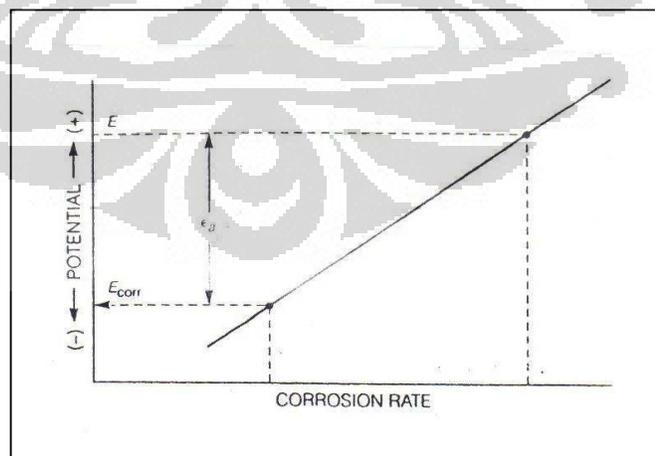
Tanpa adanya elektron maka reaksi elektrokimia tidak akan terjadi. Elektron harus dapat bergerak dengan bebas. Elektrolit dan besi yang merupakan penghantar electron yang baik akan menjadi penghubung dan pendistribusi elektron yang akan menyempurnakan reaksi elektrokimia pada korosi besi yang di atas nya terletak setetes embun.

2.1.3. Polarisasi.

Reaksi elektrokimia di atas berlangsung pada kecepatan terbatas. Jika elektron terus terbentuk di anoda lalu bergerak ke katoda maka potensial di permukaan katoda akan berubah menjadi bermuatan negatif, hal ini terjadi karena elektron yang terbentuk di katoda tidak ditangkap semuanya oleh reaksi reduksi yang kecepatan reaksi reduksi di katoda tidak secepat pembentukan elektron. Perubahan muatan negatif ini disebut polarisasi katodik. Hal serupa, kekurangan elektron di Anoda akan menyebabkan permukaannya bermuatan positif, perubahan muatan nya disebut polarisasi anodik (Jones, 1992).

Saat defisiensi (polarisasi) semakin besar, tendensi dari kelarutan anodik semakin besar pula. Polarisasi anodik kemudian digambarkan sebagai kekuatan penggerak korosi. Saat potensial permukaan diukur dan menjadi lebih positif, kekuatan oksidasi atau kekuatan korosi naik karena polarisasi anodik semakin besar (Jones, 1992).

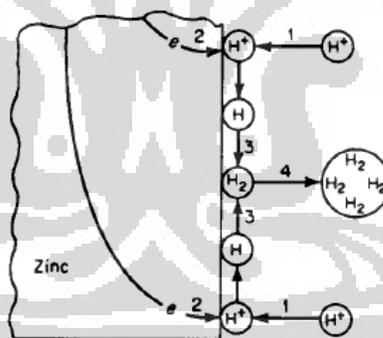
Pada larutan elektrolit permukaan larutan akan mencapai potensial yang ajek yaitu E_{corr} yang bergantung pada kemampuan dan kecepatan reaksi dimana elektron dapat ditukarkan oleh reaksi katodik dan anodik yang terjadi. Saat potensial permukaan naik dari E_{corr} ke E maka kecepatan reaksi di anodik atau kecepatan korosi umumnya naik, seperti yang digambarkan pada Gambar 2.3. Polarisasi anodik didefinisikan sebagai $e_a = E - E_{\text{corr}}$.



Gambar 2.3. Meningkatnya Kecepatan Korosi Sebanding Dengan Meningkatnya Potensial E dan Polarisasi Anodik.

Faktor-faktor konvensional yang menyebabkan terjadinya polarisasi menurut Fontana terbagi menjadi dua, (1) polarisasi aktivasi dan (2) polarisasi konsentrasi.

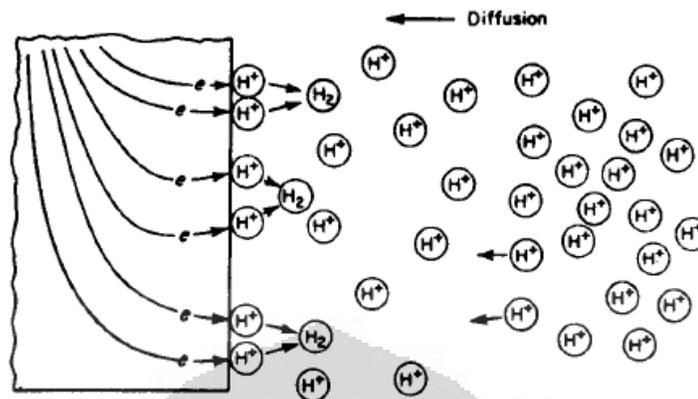
Polarisasi aktivasi terjadi pada proses elektrokimia yang dikendalikan oleh urutan reaksi pada antar-muka logam dan elektrolit. Fenomena ini dengan mudah digambarkan pada reaksi evolusi hidrogen pada logam seng yang terkorosi dalam larutan asam namun berlaku pula pada permukaan logam lain. Gambar 2.4 di bawah mengilustrasikan reaksi yang terjadi. Spesies asam harus pertama-tama di adsorpsi atau melekat pada permukaan sebelum reaksi terjadi seperti yang ditunjukkan pada langkah 1. Kemudian transfer elektron pada langkah 2 terjadi yang kemudian menyebabkan spesies tereduksi. Pada langkah 3 dua atom hidrogen bersatu membentuk gas hydrogen, yang kemudian saling mengumpul membentuk gelembung gas hidrogen seperti yang ditunjukkan pada langkah 4. Kecepatan reaksi ini dibatasi oleh langkah yang paling lambat (Fontana, 1987).



Gambar 2.4. Reaksi Reduksi Hidrogen.

Gambar di atas merupakan salah satu contoh gambar yang sederhana disederhanakan, karena masih terdapat langkah-langkah lain yang lebih kompleks.

Polarisasi konsentrasi terjadi pada reaksi elektrokimia yang dikendalikan oleh difusi elektrolit. Gambar 2.5 menunjukkan fenomena tersebut.



Gambar 2.5. Polarisasi Konsentrasi Selama Proses Reduksi Hidrogen.

Pada fenomena ini jumlah ion hidrogen pada larutan relatif kecil dan kecepatan reduksi dikendalikan oleh difusi ion logam pada permukaan logam. Perlu dicatat pada kasus ini kecepatan reduksi lebih dikendalikan oleh apa yang terjadi pada keseluruhan larutan dan tidak hanya pada permukaan saja. Polarisasi aktivasi umumnya adalah faktor pengendali pada media yang mengandung konsentrasi spesies aktif yang tinggi, contohnya pada larutan asam yang cukup pekat. Polarisasi konsentrasi umumnya terjadi saat konsentrasi spesies aktif tereduksi rendah, contohnya larutan asam encer dan larutan garam yang teraerasi. Pada hampir setiap kasus umumnya polarisasi konsentrasi proses pelarutan logam sangat kecil dan dapat diabaikan. Ia hanya penting pada proses reaksi reduksi (Fontana, 1987).

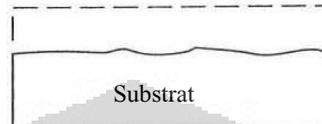
2.2. BENTUK-BENTUK KOROSI

Fontana mengklasifikasikan korosi berdasarkan penampilan logam yang terkorosi. Setiap bentuk korosi dapat diidentifikasi hanya dengan pengamatan visual bahkan hanya dengan pengamatan mata telanjang, namun kadangkala penggunaan kaca pembesar diperlukan untuk mengamatinya. Berikut adalah bentuk-bentuk korosi yang umum terjadi.

2.2.1. Korosi Seragam (*Uniform Corrosion*).

Korosi seragam merupakan bentuk korosi yang paling umum. Korosi seragam dicirikan dengan reaksi kimia atau elektrokimia yang berlangsung

seragam pada seluruh permukaan yang terpapar. Logam menjadi menipis dan pada saatnya akan mengalami kegagalan. Korosi seragam dapat dicegah dengan cara pemilihan material yang baik, coating, inhibitor dan proteksi katodik. Gambar 2.6 mengilustrasikan bentuk korosi merata.

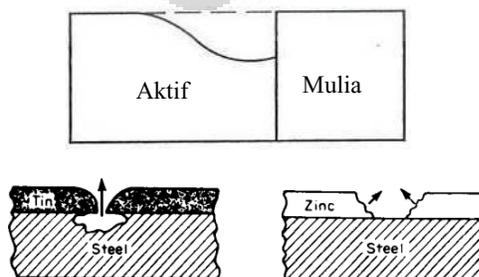


Gambar 2.6. Korosi Merata.

Korosi merata menyebabkan kerusakan logam dalam jumlah terbesar, namun umumnya bentuk korosi ini bukanlah bentuk yang cukup memakan perhatian karena umur hidup alat yang terkorosi dapat diperkirakan dengan akurat (Fontana, 1987)

2.2.2. Korosi Galvanik (*Galvanic Corrosion*).

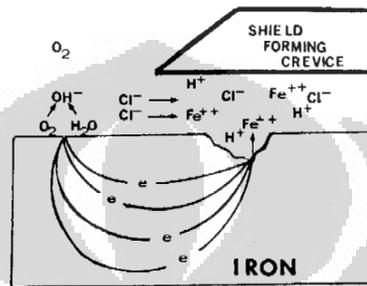
Perbedaan potensial biasanya terjadi antara dua logam berbeda ketika berada pada lingkungan korosif atau konduktif. Jika logam-logam ini diletakkan bersentuhan atau terhubung secara elektrik, perbedaan potensial menghasilkan aliran elektron. Korosi pada material yang lebih kecil ketahanan korosinya akan meningkat, sementara korosi pada material yang lebih tahan akan berkurang jika dibandingkan dengan masing-masing logam jika keduanya tidak terhubung. Material yang lebih rendah ketahanan korosinya menjadi anoda dan material yang lebih besar ketahanan korosinya menjadi katoda. Umumnya logam katodik hanya sedikit terkorosi atau bahkan tidak terkorosi sama sekali (Fontana, 1987).



Gambar 2.7. Korosi Galvanik

2.2.3. Korosi Celah (*Crevice Corrosion*).

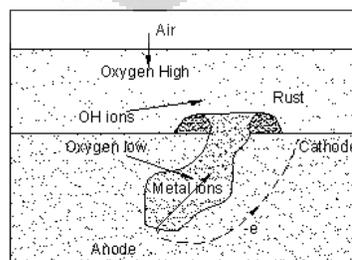
Korosi celah merupakan korosi lokal yang terjadi pada rongga sempit atau sambungan yang tidak cukup rapat. Air yang terperangkap dalam celah ini kemudian menyebabkan korosi dengan bentuk yang khas. Adanya ion klorida dapat mempercepat kerusakan logam pada korosi celah. (Fontana, 1987).



Gambar 2.8. Korosi Celah.

2.2.4. Korosi Sumur (*Pitting*).

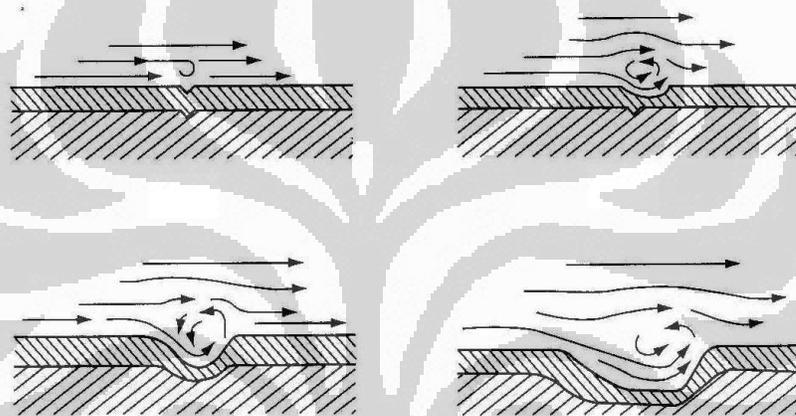
Pitting adalah bentuk korosi lokal ekstrim yang menghasilkan lubang pada logam. Diameter lubang *pit* bervariasi besar dan kecil, *pitting* bisa menyendiri atau saling berdekatan sehingga kelihatan seperti permukaan kasar. Umumnya *pitting* digambarkan sebagai rongga atau lubang dengan diameter lubang kira-kira lebih kecil dan atau sama dengan kedalamannya. *Pitting* merupakan salah satu bentuk korosi cukup merusak karena sulit untuk dideteksi, bentuk korosinya lokal dan sering menyebabkan kegagalan yang merusak. Perbedaan oksigen di luar dan di dalam celah adalah penyebab membesarnya lubang pada korosi *pitting*. Umumnya korosi *pitting* diakibatkan oleh adanya ion klorida dan logam dalam keadaan basah atau terendam.



Gambar 2.9. Korosi Sumuran.

2.2.5. Korosi Erosi (*Erosion-Corrosion*).

Erosion-corrosion merupakan percepatan atau peningkatan laju deteriorasi atau serangan logam oleh pergerakan relatif antara fluida korosif dan permukaan logam. Umumnya melibatkan pergerakan yang cepat dan efek keausan atau abrasi. Logam hilang dari permukaan sebagai ion terlarut atau membentuk produk korosi solid yang secara mekanis menyapu permukaan logam. Korosi erosi dicirikan dengan ditemukannya alur (*groove*), bentuk selokan, bentuk gelombang, lubang melingkar dan lembah yang menunjukkan pola arah. Gambar 2.10 menunjukkan proses terjadinya korosi erosi.



Gambar 2.10. Skema Aliran Turbulen yang Menyebabkan Terjadinya Korosi Erosi (Corrosionlab, n.d.).

2.2.6. *Stress Corrosion Cracking (SSC)*.

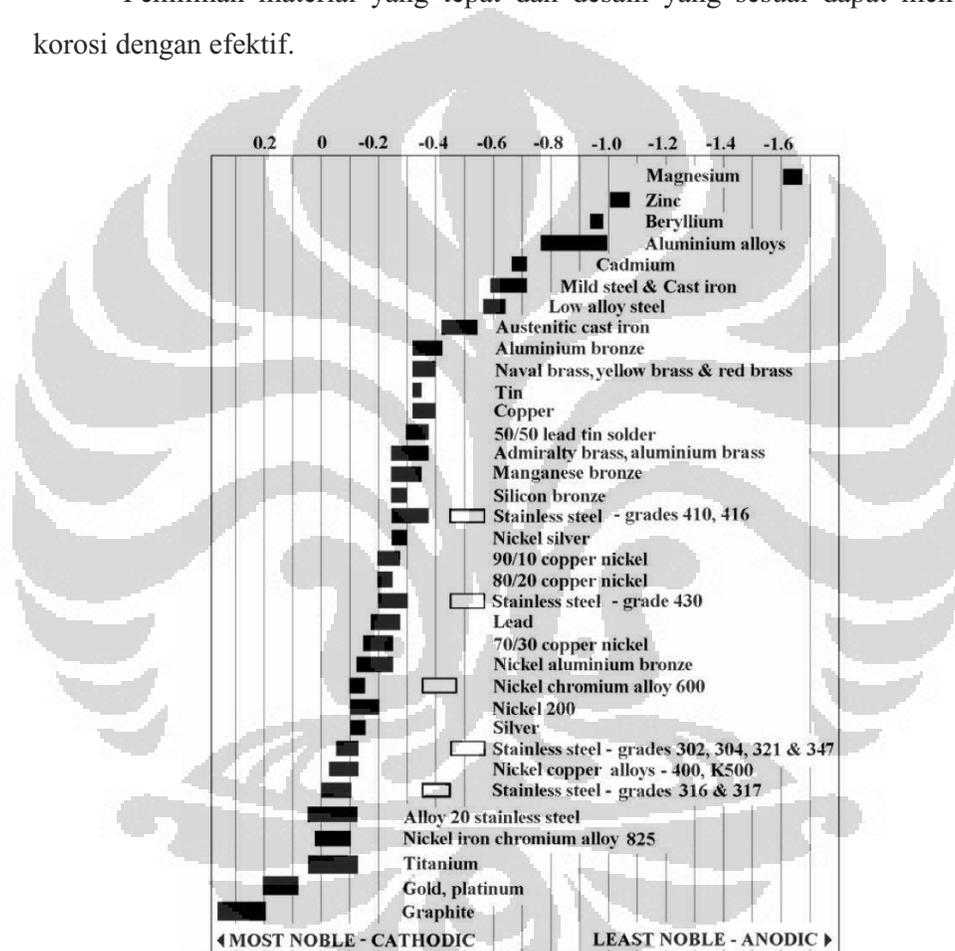
SSC mengacu kepada terjadinya *cracking* yang disebabkan oleh keberadaan yang simultan antara logam yang rawan, tegangan tarik dan media tertentu yang korosif. Morfologi retakan dapat terjadi dengan menyusuri batas butir (*intergranular*) ataupun membelah batas butir (*transgranular*). Tidak semua kombinasi logam-lingkungan rawan terjadi SSC. Sebagai contoh, *stainless steel* rawan terjadi retakan pada lingkungan klorida tapi tidak pada lingkungan ammonia sedangkan kuningan rawan retak pada lingkungan ammonia tapi tidak pada lingkungan klorida. *Stainless steel* tidak rawan terjadi retakan pada asam sulfat, asam nitrat dan asam asetat tapi rawan terhadap klorida dan kaustik.

2.3. PENCEGAHAN KOROSI

Fontana mengelompokan metode pencegahan korosi menjadi beberapa cara, antara lain pemilihan materil dan desain, pengaturan kondisi lingkungan, perlindungan katodik dan anodik, dan yang terakhir adalah *coating*.

2.3.1. Pemilihan Material dan Desain.

Pemilihan material yang tepat dan desain yang sesuai dapat mencegah korosi dengan efektif.



Gambar 2.11. Deret Galvanis Beberapa Jenis Logam (Atlas Steels, 2010).

Pemilihan logam seperti ditunjukkan pada Gambar 2.11 dapat membantu mengurangi laju korosi. Namun permasalahannya umumnya terletak pada biaya dan kompatibilitas, dalam artian bahwa material yang tahan korosi belum tentu memiliki kekuatan mekanis yang cocok untuk digunakan pada fungsi tertentu dan harga bahan tersebut melebihi fungsi komersial dari produk jadinya.

Oleh karena itu perlindungan lain masih tetap diperlukan, seperti contohnya penerapan desain yang baik. Konsep desain yang baik dalam hal korosi, selain memberikan fungsi mekanis, dan estetis juga memberikan dasar-dasar penting dalam perlindungan korosi seperti, mencegah terjadinya celah, genangan, atau menyatunya logam yang dapat memberikan efek korosi galvanis.

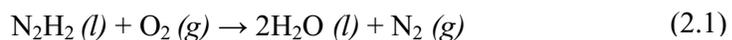
Beberapa panduan dan pertimbangan dapat dengan mudah kita ikuti. Sebagai contohnya standard NACE RP0178-2003 dengan judul Detail fabrikasi, persyaratan persiapan permukaan dan pertimbangan desain yang baik untuk tangki dan bejana yang akan di lapisi pada keadaan terendam (*Fabrication detail, surface finish requirement, and proper design considerations for tanks and vessel to be lined for immersion service*). Pada standard tersebut dapat kita temukan panduan-panduan dalam hal desain untuk mencegah terjadinya korosi.



Gambar 2.12. Salah Satu Contoh Pertimbangan Desain Pada Standard NACE RP0178-2003.

2.3.2. Pengaturan Kondisi Lingkungan.

Pengaturan kondisi lingkungan umumnya berkaitan erat dengan metoda penghilangan oksigen (*oxygen scavenging*) dan penggunaan inhibitor. Pada metode penghilangan oksigen, umumnya oksigen direaksikan dengan bahan kimia yang kemudian menghasilkan hasil reaksi yang tidak korosif. Contoh zat kimia pengilang oksigen adalah hidrazin. Reaksi hidrazin dan oksigen dapat dilihat di bawah ini:

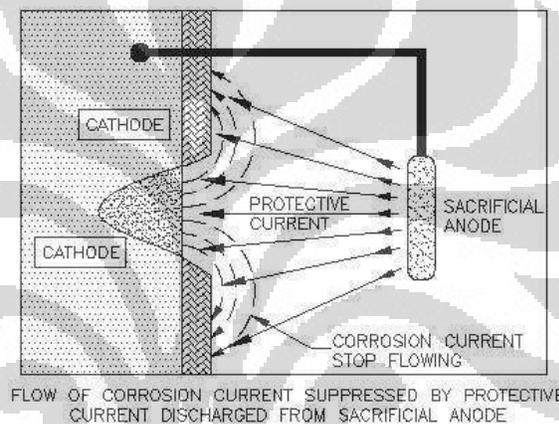


Kekurangan dari metode ini adalah sulitnya handling dan konsumsi zat Kimia yang kontinu. Terdapat beberapa penghilang zat Kimia (*oxygen scavenger*) yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan, contohnya adalah hidrazin yang

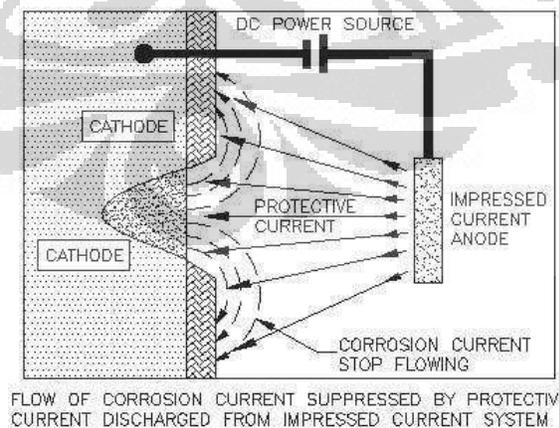
diduga kuat bersifat karsinogenik. Namun saat ini telah ditemukan *oxygen scavenger* yang ramah lingkungan dan dapat digunakan dengan aman, contohnya adalah diethylhydroxylamine (DEHA).

2.3.3. Proteksi Katodik.

Perlindungan menggunakan metode proteksi katodik umumnya dilakukan dengan dua cara yaitu menggunakan prinsip anoda korban dan menggunakan prinsip arus tanding. Umumnya perlindungan dengan cara ini digunakan pada struktur yang terendam dalam air atau tertanam dalam tanah.



Gambar 2.13. Skema Perlindungan Korosi Dengan Anoda Korban (*Sacrificial Anode Cathodic Protection*) (Incorr, n.d.).



Gambar 2.14. Skema Perlindungan Korosi Dengan Arus Tanding (*Impress Current Cathodic Protection*) (Incorr, n.d.).

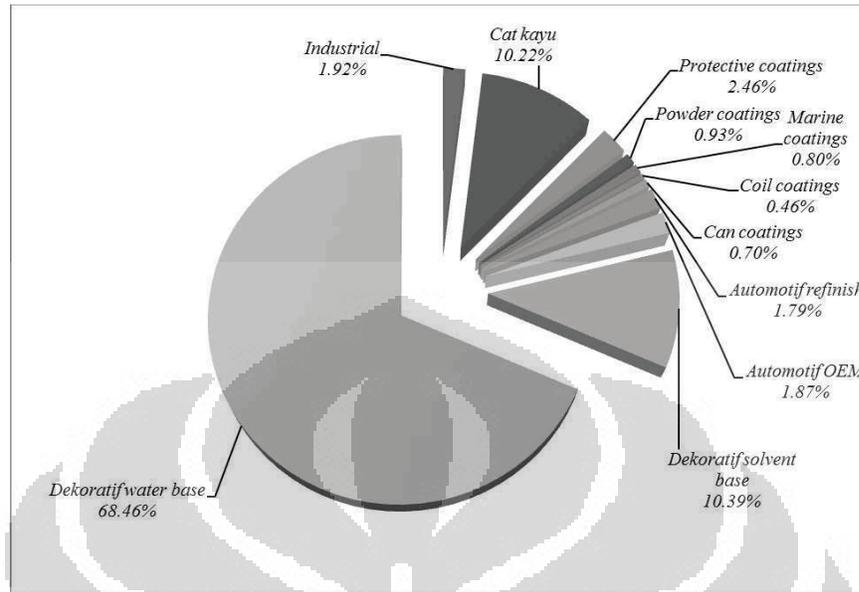
2.3.4. *Coating*.

Coating adalah suatu jenis materi pelapisan, baik yang bersifat cair maupun padat, yang diaplikasi pada suatu permukaan untuk tujuan perlindungan (*protective*), kosmetika (*decorative*) atau keperluan khusus (*special purposes*). Untuk tujuan perlindungan, umumnya digunakan untuk memisahkan suatu permukaan dari lingkungannya agar tidak terjadi pelapukan, kerusakan atau penurunan mutu permukaan tersebut, sedangkan untuk tujuan kosmetika digunakan untuk memberikan nilai tambah keindahan atau pengaruh estetika terhadap suatu permukaan. Begitupun untuk tujuan khusus misalnya digunakan untuk menghambat atau menahan panas atau memperlama penyebaran api bila terjadi suatu kebakaran terhadap permukaan yang dilapisi (Wijaya *et. al.*, 2007)

Coating dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa kelompok. Bila diklasifikasikan berdasarkan bahan utama penyusunnya *coating* dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu *organic coating* dan *inorganic coating*. Organik *coating* dibuat dari bahan pengikat organik contohnya *alkyd*, epoksi, *acrylic*, *polyurethane* dan lain-lain. *Inorganic coating* dibuat dari bahan-bahan anorganik, contohnya adalah *zinc rich primer* dengan *zinc dust* sebagai pigmen anoda korban dan *ethyl silicate* sebagai pengikat.

2.4. CAT ORGANIK (*ORGANIC COATING*)

Asosiasi Produsen Cat Indonesia (APCI) memberikan gambaran mengenai besarnya produksi cat dalam negeri. Pada tahun 2009 kurang lebih 646.700 ton cat telah diproduksi di Indonesia dan pada tahun 2010 produksi cat meningkat menjadi sekitar 688.862 ton. APCI memprediksi kenaikan produksi cat berkisar antar 6-7% dengan demikian produksi cat akan mencapai lebih dari 740.142 ton pada tahun 2011. Produksi cat pada tahun 2009 di dominasi oleh cat dekoratif *water base* sekitar 68,7%, pada peringkat kedua, cat kayu dengan 10,5% dan pada peringkat ke tiga adalah cat protektif dengan 2,3%. Peringkat tersebut relatif tidak berubah pada tahun 2010. Walaupun produsen lokal mayoritas menguasai pasar, namun jumlah impor tiap pertahunnya dapat mencapai kisaran 100.000 ton. Gambar 2.15 dan Tabel 2.2 menunjukkan detail jumlah dan persentase produksi cat dalam negeri tahun 2009 dan 2010 (Johanli, 2011).



Gambar 2.15. Persentase Jenis Cat Produksi Dalam Negeri Indonesia Pada Tahun 2010 (Johanli, 2011)

Tabel 2.2. Jenis Dan Persentase Produksi Cat Dalam Negeri Indonesia Pada Tahun 2009 dan 2010 (Johanli, 2011)

Jenis Coating/ Cat	Produksi Tahun 2009		Produksi Tahun 2010	
	Volume (Ton)	Persentase (%)	Volume (Ton)	Persentase (%)
Industrial	12.370	1,9	13.235	1,9
Cat kayu	67.677	10,5	70.414	10,2
Protective coatings	14.900	2,3	16.943	2,5
Powder coatings	5.511	0,9	6.396	0,9
Marine coatings	4.683	0,7	5.510	0,8
Coil coatings	2.782	0,4	3.176	0,5
Can coatings	4.307	0,7	4.808	0,7
Automotif refinish	11.506	1,8	12.311	1,8
Automotif OEM	12.071	1,9	12.915	1,9
Dekoratif solvent base	66.416	10,3	71.565	10,4
Dekoratif water base	444.477	68,7	471.590	68,5
Total	646.700	100,0	688.862	100,0

2.4.1. Bahan Penyusun Cat Organik.

Cat organik umumnya tersusun dari empat bahan utama, antara lain: (i) bahan pengikat (*binder*), (ii) bahan pewarna dan pengisi (*pigment & extender*), (iii) bahan tambahan (*additive*), dan (iv) bahan pelarut (*solvent*).

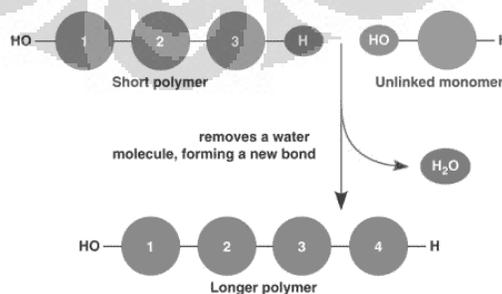
(i) Bahan pengikat (*binder*)

Bahan pengikat atau *binder* dapat dikelompokkan berdasarkan tipe reismnya seperti terlihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Tipe Resin dan Pengelompokannya
(Lambourne & Stivens, 1999).

Tipe Resin	Sub kelompok
Resin alami (<i>natural resins</i>)	Resins, Damar, Rosin
Resin alami yang di modifikasi (<i>natural modified resins</i>)	Selulosa, pati, nitroselulosa
Polimer (kondesasi) bertahap (<i>stepwise (condensation) polymer</i>)	Poliester, resin <i>alkyd</i> , resin formaldehid (urea, melamin, phenol), epoxy resins)
Polimer adisi berantai (<i>chain addition polymer</i>)	Polimer dan kopolimer akrilik, polimer vinil
polimer ether (<i>ether polymer</i>)	Oksida Polietilen dan glikol

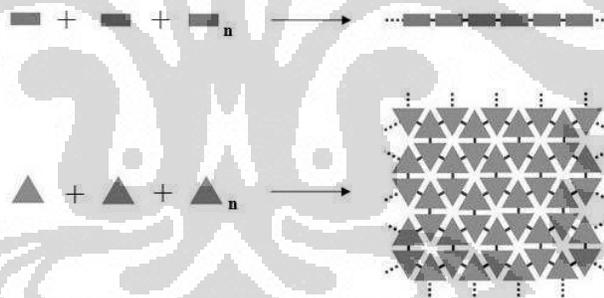
Pengelompokan di atas didasarkan pada mekanisme pembentukan polimer. Polimer bertahap atau kondensasi dicirikan dari unit-unit monomer yang pada awalnya permulaan reaksi tergabung pada molekul yang cukup besar. Molekul besar ini masih aktif dan bergabung satu sama lain sehingga berat molekul akan naik seiring dengan waktu. Namun hasil reaksi dalam bentuk polimer tidak bergantung pada waktu.



Gambar 2.16. Ilustrasi Reaksi Polimerisasi Kondensasi (Realbio, n.d.).

Reaksi polimerisasi umumnya melibatkan dua gugus monomer yang berbeda jenis namun memiliki gugus yang saling reaktif. Umumnya dengan eliminasi dari gugs yang lebih kecil seperti air pada setiap tahapan yang terjadi. *Alkyd* dan polyester adalah contoh umum dari polimer kondensasi.

Polimerisasi adisi berantai memiliki karakterisasi bahwa polimer dengan berat molekul besar terbentuk dari awal dengan reaksi berantai, dan konsentrasi monomer berkurang secara terus-menerus seiring dengan waktu tidak seperti pada reaksi polimerisasi bertahap. Polimer diinisiasi oleh beberapa spesies aktif yang memiliki kemampuan untuk memutus ikatan pada salah satu monomer dapat berkarakter radikal, elektrofilik, atau nukleofilik. Polimerisasi radikal bebas umum sekali digunakan oleh produsen resin coating untuk disuplai pada perusahaan cat atau coating. Polimer akrilik adalah salah satu contoh terbaik dari mekanisme polimerisasi adisi (Lambourne & Stivens, 1999).

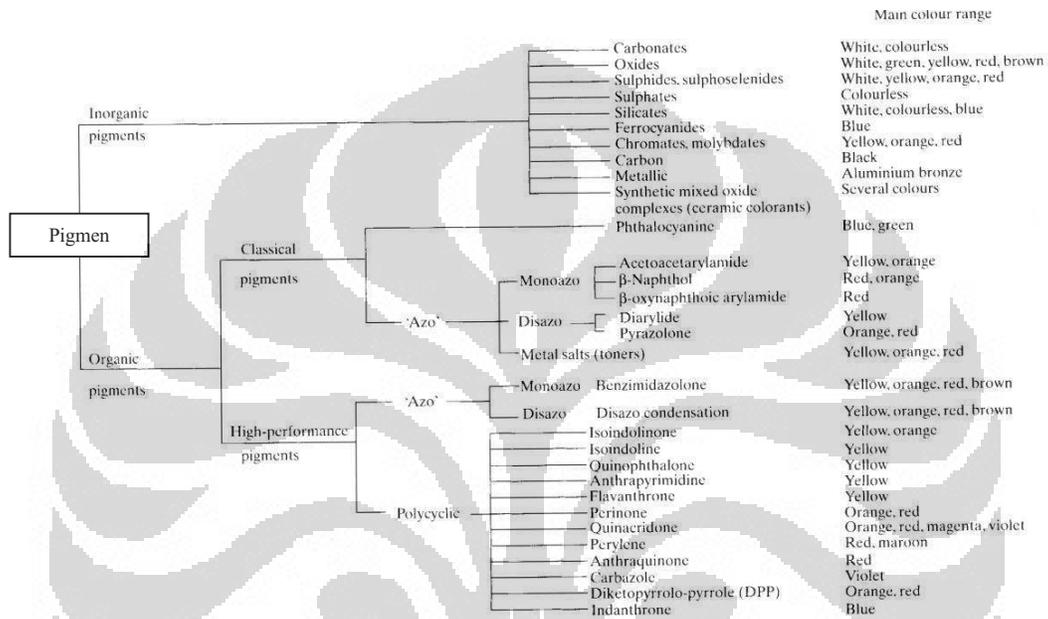


Gambar 2.17. Ilustrasi Reaksi Polimerisasi Adisi (Realbio, n.d.).

(ii) Bahan pewarna dan pengisi (*pigmen & extender*)

Kata pigmen berasal dari bahasa latin yaitu *pigmentum – pingere* yang artinya mengecat. Fungsi pigmen secara mendasar adalah memberi efek kosmetik seperti warna dan opasitas. Bahan pengisi atau *extender* umumnya tidak memberikan efek warna namun berperan penting dalam memberikan sifat penguat, mempengaruhi *gloss*, dan memberikan kekerasan pada lapisan cat. Ia juga dapat mempengaruhi sifat cat itu sendiri, seperti sifat reologi, karakteristik pengendapan, atau harga dari cat

tersebut. Pigmen selain mempengaruhi penampilan lapisan cat ia dapat mempunyai sifat lain seperti anti-api, perlindungan korosi, atau meningkatkan ketahanan cuaca dari cat yang fungsi utamanya adalah menyerap sinar ultra violet atau radiasi lain yang berbahaya. Gambar 2.18 menunjukkan bagan pengelompokan pigmen didasarkan atas senyawa penyusunnya.



Gambar 2.18. Pengelompokan Pigmen (Lambourne & Strivens, 1999).

(iii) Bahan tambahan (*additive*)

Bahan tambahan (*additive*) digunakan untuk menghilangkan kekurangan atau kesulitan dalam proses pembuatan, penyimpanan ataupun pengaplikasian cat. Bahan tambahan ini umumnya ditambahkan dengan jumlah yang sangat kecil namun mampu meningkatkan kualitas cat dengan signifikan. Berikut adalah contoh bahan tambahan yang umum digunakan pada cat:

- Anti busa (*antifoam*)
- Anti pengendapan (*anti settling agent*)
- Anti pengulitan (*anti skinning agent*)
- Dehidrator/ antigassing
- Inhibitor korosi dalam kaleng (*can corrosion inhibitors*)

- Pembantu dispersi (*dispersion agent*)
- Pengering (*driers*)
- Pengubah sifat elektrik
- Additive *floating* dan *flooding*
- Pengawet dalam kaleng (*in-can preservatives*)
- Pengawet dalam film (*in-film preservative*)
- Pemutih optikal (*optical whiteners*)
- Penghilang bau (*deodorant*)
- Penyerap ultraviolet (*ultraviolet absorber*)

(iv) Bahan pelarut (*solvent*)

Solvent secara garis besar dikelompokkan yaitu air dan minyak. Pelarut air dapat digunakan pada resin emulsi atau lateks. Pelarut minyak dapat dikelompokkan berdasarkan polaritas, atau kekuatan ikatan hidrogen nya. Tabel di bawah mengelompokkan kekuatan atau polaritas dari beberapa *solvent*.

Tabel 2.4. Kekuatan Ikatan Hidrogen Beberapa Jenis *Solvent* (Lambourne & Strivens, 1999).

Group I δ (weakly H-bonded)	Group II (moderately H-bonded)	Group III (strongly H-bonded)
6.9 Low odour mineral spirits	7.4 Diethyl ether	9.5 2-ethyl hexanol
7.3 <i>n</i> -hexane	8.0 Methylamyl acetate	10.3 <i>n</i> -Octanol
8.2 Cyclo-hexane	8.5 Butyl acetate	10.9 <i>n</i> -Amyl alcohol
8.5 Dipentene	8.9 Butyl 'Carbitol'	11.4 <i>n</i> -Butanol
8.9 Toluene	9.3 Dibutyl phthalate	11.9 <i>n</i> -Propanol
9.2 Benzene	9.9 'Cellosolve	12.7 Ethanol
9.5 Tetralin	10.4 Cyclo-pentanone	14.5 Methanol
10.0 Nitrobenzene	10.8 Methyl 'Cellosolve'	
10.7 1-Nitropropane	12.1 2,3-butylene carbonate	
11.1 Nitroethane	13.3 Propylene carbonate	
11.9 Acetonitrile	14.7 Ethylene carbonate	
12.7 Nitromethane		

Dalam hal pemilihan *solvent* metode Hansen dapat menggambarkan kelarutan resin dalam solvent ataupun campuran solvent dengan baik.

Tabel 2.5. Tabel Hansen Untuk Beberapa Jenis Resin
(Lambourne & Strivens, 1999).

Polymer type	Trade name	Supplier	Computed parameters			
			δ_d	δ_p	δ_h	R_p
Short oil alkyd (34% oil length, OL)	Plexal C34	Polyplex	904	4.50	2.40	5.20
Long oil alkyd (66% OL)	Plexal P65	Polyplex	9.98	1.68	2.23	6.70
Epoxy	Epikote 1001	Shell	9.95	5.88	5.61	6.20
Saturated polyester	Desmophen	Bayer	10.53	7.30	6.00	8.20
Polyamide	Versamid 930	General Mills	8.52	-0.94	7.28	4.70
Isocyanate (Phenol blocked)	Suprasec F5100	ICI	9.87	6.43	6.39	5.70
Urea/formaldehyde	Plastopal H	BASF	10.17	4.05	7.31	6.20
Melamine/formaldehyde	Cymel 300	American Cyanamid	9.95	4.17	5.20	7.20
Poly(styrene)	Polystyrene LG	BASF	10.40	2.81	2.10	6.20
Poly(methyl methacrylate)	Perspex	ICI	9.11	5.14	3.67	4.20
Poly(vinyl chloride)	Vipla KR	Montecatini	8.91	3.68	4.08	1.70
Poly(vinyl acetate)	Mowilith 50	Hoechst	10.23	5.51	4.72	6.70
Nitrocellulose	H23 ($\frac{1}{3}$ sec)	Hagedorm	7.53	7.20	4.32	5.60

Tabel 2.6. Tabel Hansen Untuk Beberapa Jenis *Solvent*
(Lambourne & Strivens, 1999).

Solvent	δ_d	δ_p	δ_h
<i>n</i> -hexane	7.3	0	0
Cyclohexane	8.2	0	0.1
Toluene	8.8	0.7	1.0
Xylene	8.7	0.5	1.5
Acetone	7.6	5.1	3.4
Methyl ethyl ketone	7.8	4.4	2.5
Methyl isobutyl ketone	7.5	3.0	2.0
Ethyl acetate	7.7	2.6	3.5
<i>n</i> -Butyl acetate	7.7	1.8	3.1
Ethanol	7.7	4.3	9.5
<i>n</i> -Propanol	7.8	3.3	8.5
<i>n</i> -Butanol	7.8	2.8	7.7
Ethoxyethanol	7.9	4.5	7.0
Tetrahydrofuran	8.2	2.8	3.9
Ethylene glycol	8.3	5.4	12.7
Glycerol	8.5	5.9	14.3
Dichloromethane	8.9	3.1	3.0
Carbon tetrachloride	8.7	0	0.3
Water	7.6	7.8	20.7

δ_d adalah energi dispersi antar molekul, δ_p adalah energy gaya dipolar antar molekul, δ_h energi dari ikatan hidrogen antar molekul.

Pada metode Hansen kelarutan diindikasikan oleh dua koefisien yaitu R_p (koefisien R dari Resin) dan R_s (koefisien R dari *solvent*). Apabila $R_p >$

R_s maka polimer akan larut dalam *solvent*. R_p dapat dilihat pada Tabel 2.5 di atas dan R_s dapat dihitung dari Tabel 2.6.

Bila kita ambil contoh kelarutan poliester jenuh (*saturated polyester*) pada campuran 20% *n-butanol* dan 80% *xylene* maka dapat dihitung seperti pada Tabel 2.7 berikut:

Tabel 2.7. Data Hansen Contoh Pelarut dan Resinnya (Lambourne & Strivens, 1999).

Bahan	δ_d	δ_p	δ_h	
<i>n-Butanol</i>	7.8	2.8	7.7	
<i>Xylene</i>	8.7	0.5	1.5	
Poliester jenuh	10.53	7.30	6.0	$R_p = 8.2$
Bahan	δ_d	δ_p	δ_h	
20% <i>n-Butanol</i>	1.56	0.56	1.54	
80% <i>Xylene</i>	6.96	0.40	1.20	
Campuran	8.52	0.96	2.74	

Nilai campuran di atas kemudian dimasukkan pada persamaan

$$\begin{aligned}
 R_s &= [4(\delta_{d0} - \delta_d)^2 + (\delta_{p0} - \delta_p)^2 + (\delta_{h0} - \delta_h)^2]^{1/2} \\
 R_s &= [4(10.53 - 8.52)^2 + (7.30 - 0.96)^2 + (6.0 - 2.74)^2]^{1/2} \\
 R_s &= [16.16 + 40.20 + 10.63]^{1/2} \\
 R_s &= (66.99)^{1/2} = 8.18 \quad (2.2)
 \end{aligned}$$

Karena $R_p < R_s$ maka diprediksi poliester akan larut pada campuran solvent tersebut (Lambourne & Strivens, 1999).

2.4.2. Resin *Alkyd*.

Resin *alkyd* terkenal karena kegunaannya yang beragam dan harganya yang cukup murah. Kata *Alkyd* pertama kali digunakan oleh Kienle dan Ferguson, dan diturunkan dari “*al*” pada kata alkohol dan “*cid*” pada kata *acid* atau asam yang kemudian berubah menjadi “*kyd*”.

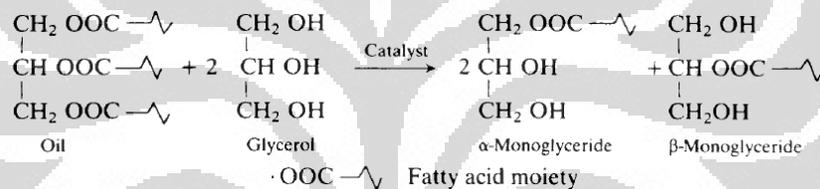
Secara khusus *alkyd* dapat pula disebut poliester yang di modifikasi dengan asam lemak. Resin yang tidak di modifikasi menggunakan asam lemak disebut poliester jenuh (*saturated polyester/ oil free polyester*). Poliester tak jenuh (*unsaturated polyester*) tidak termasuk dalam golongan ini.

Alkyd dibuat dari empat golongan bahan baku seperti yang terlihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8. Pengelompokan Bahan Baku *Alkyd*.

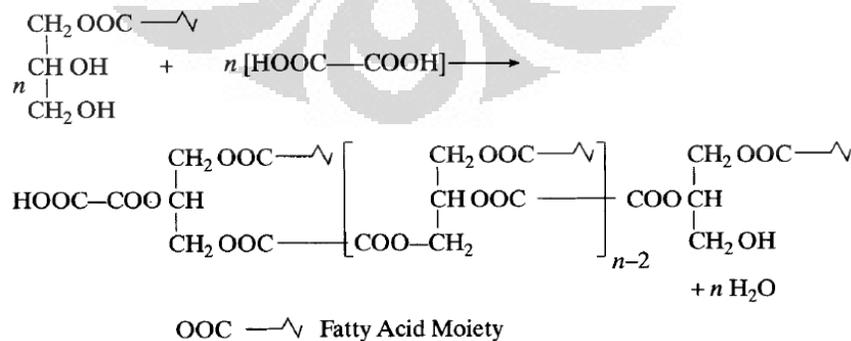
<i>Polyol/ alcohol</i>	<i>Acid/ Asam polybasa</i>	<i>Oil/ minyak</i>	<i>Diluent/ pelarut</i>
<i>Glycerine</i>	<i>Phtalic anhydride</i>	<i>Soyabean Oil</i>	<i>Solvent</i>
<i>Trimethylol propane</i>	<i>Isophthalic Acid</i>	<i>Linseed Oil</i>	seperti
<i>Pentaerythritol</i>	<i>Maleic Anhydride</i>	<i>Tung oil</i>	<i>White sprite,</i>
<i>Ethylene Glycol</i>	<i>Therephthalic Acid</i>	<i>Castor Oil</i>	<i>Xylene, toluene,</i>
<i>Neopentyl Glycol</i>	<i>Trimelytic Anhydride</i>	<i>Coconut Oil</i>	<i>Butyl Acetate,</i>
Dan lain-lain	Dan lain-lain	Dan lain-lain	Dan lain-lain

Reaksi pembuatannya secara singkat dapat terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.19. Reaksi Pembentukan Monogliserida.

Pada tahap pertama minyak bereaksi dengan gliserol membentuk monogliserida. Reaksi nya sering disebut reaksi alkoholisis dengan penambahan katalis dan panas. Setelah didinginkan, asam polibasa ditambahkan sehingga terjadi reaksi esterifikasi dan kemudian membentuk resin *alkyd*.



Gambar 2.20. Reaksi Pembentukan Polimer *Alkyd* Gliserol.

Selain di kelompokkan berdasarkan bahan baku pembuatnya, *alkyd* dapat dikelompokkan berdasarkan berapa banyak penambahan minyak. Tabel 2.9 menunjukkan klasifikasi *alkyd* berdasarkan jumlah minyak yang ditambahkan.

Tabel 2.9. Pengelompokan *Alkyd* Berdasarkan Panjang Minyak (Arkema .

Tipe	Panjang minyak (<i>oil length</i> , %)	Asam polibasa (<i>Polybasic acid</i> , %)
<i>Very long-oil</i>	>70	<20
<i>long-oil</i>	56 – 70	20-30
<i>Medium-oil</i>	45 – 55	30-35
<i>Short-oil</i>	< 45	>35

2.4.3. Resin *Alkyd* yang Dimodifikasi.

Modifikasi *alkyd* dengan system resin lain memberikan sifat khas yang memberikan nilai tambah dari resin tersebut. Modifikasi secara umum yang sering dilakukan pada resin *alkyd* secara sederhana terlihat pada Tabel 2.10.

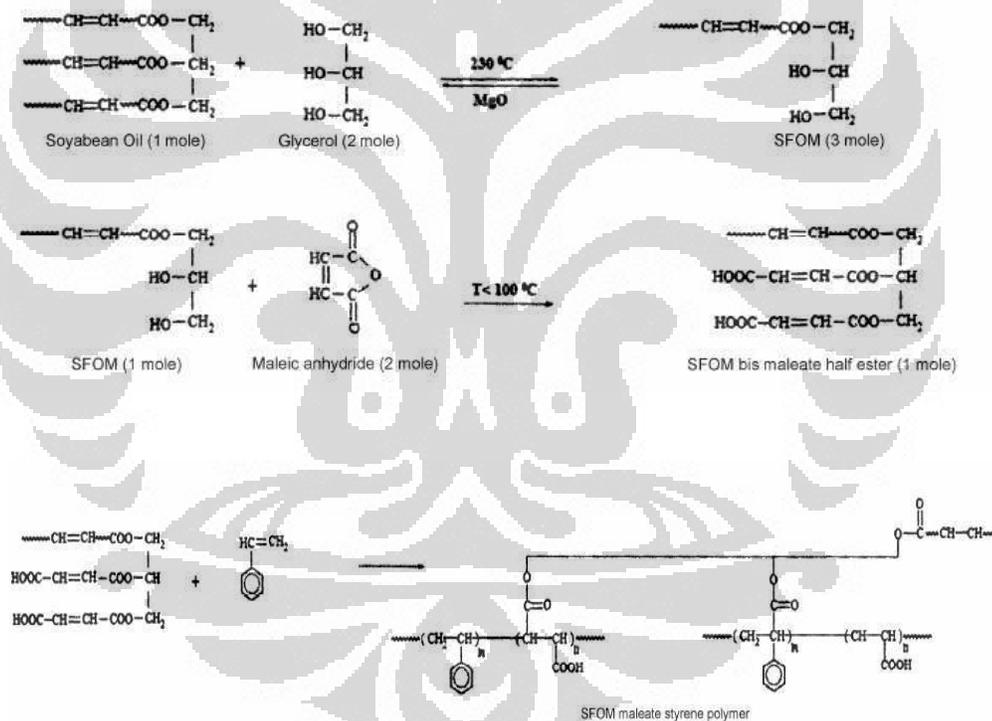
Tabel 2.10. Modifikasi *Alkyd* Dan Aplikasinya

Modifikasi <i>Alkyd</i>	Fungsi Modifikasi	Contoh aplikasi
Stryrene	Memnambah kecepatan kering (sangat cepat), ketahanan terhadap air dan minyak mineral	Cat outdoor yang cepat kering, cat hammertone
Rosin/ Phenolic resins	Menambah kecepatan kering, adhesi pada logam, kekerasan, ketahanan Kimia	Universal primer
Silicone	Menambah ketahanan panas cat hingga 200-280 °C.	Cat tahan panas
Acrylic	Memberika keseimbangan antara kekerasan, fleksibilitas, gloss, adhesi dan retensi warna.	Cat kaleng
Urethane	Menambah kecepatan kering, adhesi pada logam, kekerasan, ketahanan Kimia	Cat <i>parquet</i> lantai

2.4.4. Resin *Alkyd* yang Dimodifikasi Dengan Styrene (*Alkyd* Terstirensasi).

Alkyd adalah *binder* yang paling umum digunakan pada sistem cat dengan pelarut *solvent*. Dibalik kelebihan *alkyd* seperti adhesi, fleksibilitas film, gloss, retensi warna yang baik, dan lain-lain, *alkyd* memiliki beberapa kelemahan. Antara lain mudah suseptible terhadap alkali dan kecepatan kering yang relatif lebih lambat. *Alkyd* umumnya kering dalam berapa jam, namun dengan modifikasi, khususnya modifikasi menggunakan styrene, kecepatan kering dapat diperpendek, dan sifat kering film akan lebih baik.

Reaksi pembuatan *alkyd* styrene dari soya bean oil dapat dilihat pada Gambar 2.21.



Gambar 2.21. Reaksi Pembuatan *Alkyd* Terstirensasi (Hardia *et. al.*, 2011).

2.5. PIGMEN ANTI KOROSI.

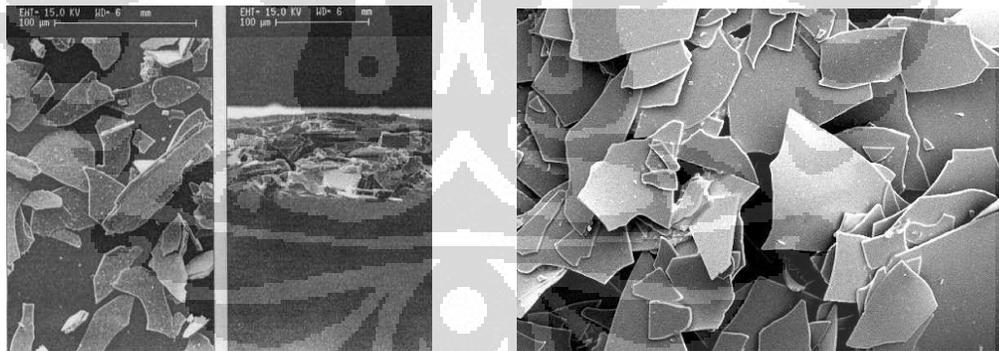
Fungsi pigmen anti korosi pada cat adalah untuk mencegah terjadinya korosi pada substrat yang dilindungi oleh cat. Metode perlindungan korosi pada cat umumnya terbagi menjadi tiga bagian, Tabel 2.11 memberikan penjelasan mengenai perlindungan tersebut.

Tabel 2.11. Mekanisme Perlindungan yang Umum Pada Cat Anti Korosi.

Jenis perlindungan	Mekanisme Perlindungan	Contoh Pigmen/ extender
Barrier	Meminimalisir penetrasi elektrolit kedalam substrat, menaikan ketebalan cat.	Micaceous iron oxide, Glass flake.
Galvanis	Bertindak sebagai anoda korban	Zinc dust, Alumimium powder.
Inhibitor	Meningkatkan pasifitas permukaan substrat sehingga tidak terkorosi.	Zinc phophate, zinc chromate, strontium chromate.

2.5.1. Pigmen Barrier.

Perlindungan korosi menggunakan metode barrier umumnya menggunakan *binder* dan pigmen yang memiliki sifat sulit ditembus oleh ion-ion terlarut dalam air, oksigen terlarut dan atau uap air. Kekurangan dari metode ini adalah umumnya lapisan cat yang harus diaplikasikan cukup tebal dari 250 hingga 300 mikron. Pigmen pada perlindungan *barrier* harus bersifat inert, umumnya memiliki bentuk *flake* atau *lamellar* seperti *micaceous iron oxide* (MIO) atau *glass flake*. Gambar 2.22 menunjukkan bentuk MIO dan *glass flake*.

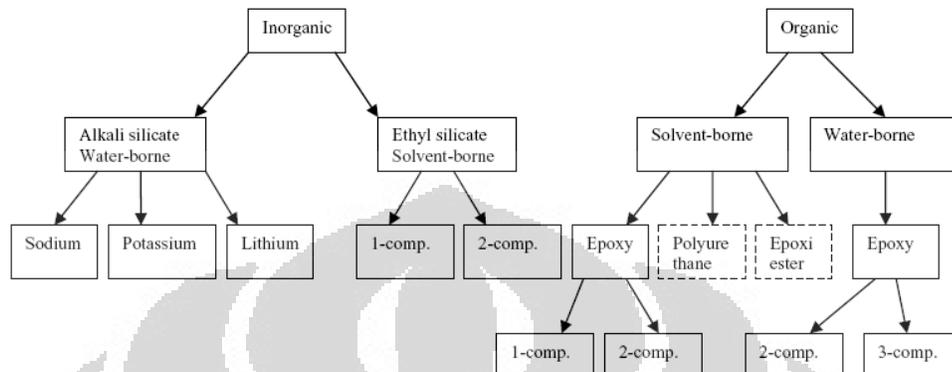


Gambar 2.22. Sebelah Kiri Adalah Gambar *Micaceous Iron Ore* (MIO) dan Sebelah Kanan Adalah Gambar *Glass Flake* yang Diperbesar Menggunakan Mikroskop (Fannin, 1999).

2.5.2. Pigmen Galvanis.

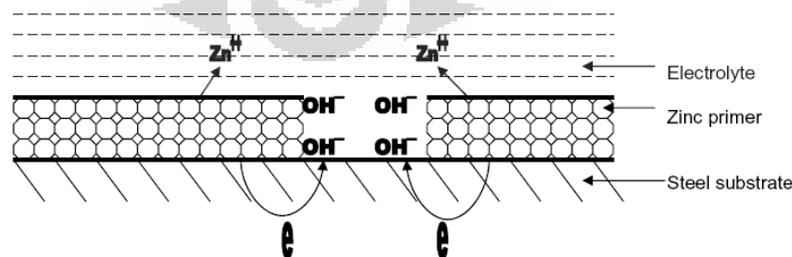
Perlindungan metode galvanis sangat umum digunakan untuk primer. Pigmen yang paling umum digunakan adalah seng (*zinc*). Sebuk seng atau *zinc dust* umum digunakan dalam perlindungan metode galvanis.

Umumnya terdapat dua tipe *zinc* pada *coating* yaitu anorganik dan organik *zinc*. Gambar 2.23 menunjukkan peregelompokan *zinc* pada *coating*.



Gambar 2.23. Pengelompokan *Zinc Primer* (Undrum, 2006).

Masing-masing sistem memiliki kelemahan dan kelebihan masing-masing. *Inorganic zinc* yang berbasis *silicate* hanya dapat curing apabila kelembaban udara mencapai 50%, setelah *curing* lapisannya sangat kuat dan tahan terhadap temperatur tinggi. *Organic Zinc rich epoxy* lebih mudah diaplikasikan tanpa *cracking* dan *Self life zinc rich epoxy* lebih baik dari *inorganic zinc*, namun ketahanan korosi dan ketahanan temperature *inorganic zinc* mampu memberikan nilai lebih baik dibandingkan *organic zinc rich epoxy*. Keberadaan pigmen *zinc* pada *coating* yang sangat elektronegatif menghubungkan semua aktifitas sel local pada substrat baja. Baja menjadi sangat katodik bagi anoda *zinc*. *Zinc* akan terkorosi, namun baja tidak akan terkorosi walaupun terdapat lubang seperti yang terlihat pada Gambar 2.24 (Undrum, 2006).



Gambar 2.24. Mekanisme Perlindungan Galvanis Dengan *Zinc Primer* (Undrum, 2006).

2.5.4. Pigmen Inhibitor.

Pigmen inhibitor korosi sangat umum digunakan pada *coating*. Terdapat beberapa pigmen inhibitor korosi, namun beberapa pigmen anti korosi telah dilarang peredarannya karena berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan. Tabel 2.12 berikut memperlihatkan data kronis toksisitas dari beberapa pigmen anti korosi.

Tabel 2.12. Data Kronis Toksisitas Dari Beberapa Pigmen Anti Korosi (Krieg, 1996).

<i>Red lead</i> (Timbal merah)	<i>Zinc chromates</i> (Seng kromat)	<i>Strontium chromates</i> (Stronsium kromat)	<i>Zinc phosphate & Zinc free phosphate</i> (Seng fosfat & dan fosfat bebas seng)
Akumulasi dari timbal menghasilkan efek ireversibel pada bio sintesis hemoglobin, tetragonis	Cancerogenic (Menyebabkan kanker)	Cancerogenic (Menyebabkan kanker)	Tidak ada efek yang terobservasi

Penggunaan seng fosfat sangat populer saat ini bila kita kaitkan hubungannya dengan lingkungan dan kesehatan. Namun penggunaan seng fosfat memunculkan beberapa perhatian khusus contohnya, kemungkinan mudah nya terserang jamur, yang ditenggarai karena efek nutrisi dari fosfat. Penggunaan seng fosfat pun harus diperhatikan karena ia secara lambat laun terhidrolisi dan menghilang dari lapisan cat. Oleh karena itu penggunaannya bersamaan dengan pigmen anti korosi lain sangat dianjurkan (Forsgren, 2006).

Mekanisme perlindungan menggunakan seng fosfat dapat terjadi melalui beberapa cara:

- a. Donasi ion fosfat.

Mekanisme donasi ion fosfat hanya dapat bekerja pada logam *ferrous* saja. Saat air menembus lapisan coating, seng fosfat terhidrolisis sebagian membentuk ion fosfat sekunder. Ion fosfat ini kemudian berubah bentuk menjadi lapisan pasif yang saat terbentuk cukup tebal dapat mencegah korosi anodik. Formula dari lapisan metalik fosfat yang terbentuk kurang lebih adalah: $Zn_5Fe(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ (Forsgren, 2006).

b. Pembentukan lapisan protektif di anoda.

Pada model ini, oksigen terlarut dalam pada lapisan film diabsorpsi kedalam logam. Disana ia bereaksi melalui tahapan reaksi yang heterogen membentuk lapisan protektif $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Lapisan film ini kemudian menebal hingga mencapai ketebalan kesetimbangannya yaitu 20 nm. Lapisan film ini kemudian mencegah difusi selanjutnya dari besi. Ion fosfat tidak bertindak secara langsung dalam mekanisme ini, namun melengkapi dan mempertahankan lapisan tersebut.

c. Pembentukan kompleks antara seng fosfat dan *binder* oleoresin.

Komponen dari *binder* seperti gugus karboksilat dan hidroksil membentuk kompleks dengan seng fosfat atau senyawa intermediat saat seng fosfat terhidrasi dan terdisosiasi. Komplek ini kemudian bereaksi dengan produk korosi membentuk lapisan yang terikat kuat dengan substrat.

d. Polarisasi dari substrat.

Pembentukan dari garam yang tidak larut air dan terikat kuat pada lapisan logam akan membatasi akses oksigen terlarut pada permukaan logam dan mempolarisasi area katodik (Forsgren, 2006).

2.5.5. Wollastonite.

Wollastonite adalah suatu mineral bahan tambang yang didapat dari alam. Wollastonite atau kalsium meta silika memiliki rumus molekul yang sederhana yaitu CaSiO_3 . Kemurnian wollastonite umumnya beragam karena merupakan bahan tambang alami. Umumnya ia memiliki komposisi yang terlihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13. Komposisi Umum Wollastonite (Hare, 1998).

Komponen	Kandungan (%)
CaO	46,15
SiO ₂	51,60
Fe ₂ O ₃	0,77
Al ₂ O ₃	0,34
MnO	0,16
MgO	0,38
TiO ₂	0,05
K ₂ O	0,05

Treated wollastonite yang telah digunakan di negara-negara tersebut selama kurang lebih 20 tahun dan telah sukses melindungi logam baik dengan mekanisme inhibisi dan *barrier*. Ciullio *et. al.* melakukan penelitian terhadap wollastonite yang disinergiskan dengan pigmen anti korosi seng fosfat dalam sistem cat epoksi. Ia menemukan bahwa epoksi silane treated wollastonit memberikan efek sinergistik terbaik dan mampu menggantikan seng fosfat dalam sistem cat epoksi (Ciullo *et. al.*, 2002).

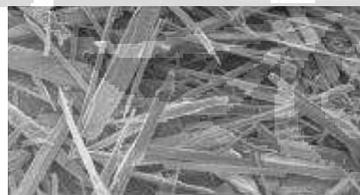
Terdapat beberapa alasan yang dikemukakan yang menjadikan wollastonite memiliki kinerja sinergistik tersebut. Alasan-alasan tersebut adalah:

a. Asikularitas.

Bentuk wollastonite bergantung pada jenisnya, bentuknya antara lain asikular, serupa serat, dan serupa pelat. Bentuk asikular ini menjadikan wollstonite sebagai media penguat dalam mengikat resin matrik seperti mekanisme penguatan serat gelas dalam memperkuat poliester. Aspek rasio untuk wollastonite yang berukuran 10 mikron umumnya 3:1, tapi untuk aplikasi khusus, kita bahkan dapat menemukan wollastonite dengan aspek rasio 20:1 (Hare, 1998). Contoh perbedaan aspek rasio terlihat pada Gambar 2.25 di bawah ini



10 AS Wollastocoat
Dengan aspek rasio 3:1
Umumnya digunakan sebagai pigmen anti korosi.



NYAD G
dengan aspek rasio 15:1
Umumnya digunakan sebagai pengganti parsial asbestos.

Gambar 2.25. Perbedaan Ukuran Aspek Rasio Wollastonite (Hare, 1998)

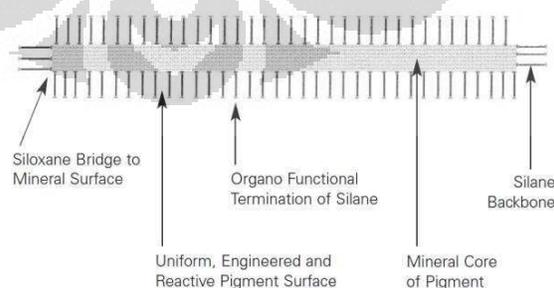
b. Asal dan kemurnian wollastonite.

Kemurnian dan asal wollastonite adalah salah satu aspek yang membedakan kualitas perlindungan wollatonite. Umumnya tambang-tambang wollastonite di benua Amerika serikat memiliki kualitas

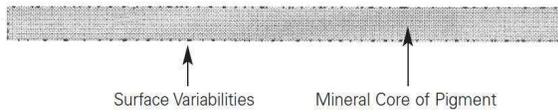
kemurnian yang baik dibandingkan dengan tambang-tambang di Cina, India dan Finlandia. Wollastonite yang dihasilkan umumnya berkaitan dengan diopside dan garnet sehingga lebih mudah dipisahkan (Hare, 1998).

c. Rekayasa permukaan wollastonite.

Wollastonite yang sangat halus sekalipun memiliki permukaan heterogen seperti halnya bahan alam lainnya. Ia memiliki situs-situs yang lebih hidrofilik dan lebih mudah dibasahi dibandingkan situs lainnya. Ia juga memiliki situs yang affinitas terhadap bahan pengikat (*binder*) lebih tinggi dibanding lainnya. Heterogenitas seperti itu menghasilkan antar muka yang kurang sempurna pigmen dan binder, menyebabkan terbentuknya kekosongan dan ruangan-ruangan yang tidak terbasahi sehingga meningkatkan peluang pentrant tertentu seperti air untuk mencapai permukaan pigmen, melalui celah yang tak terikat dan akhirnya mencapai substrat yang seharusnya terlindungi. Saat permukaan pigmen di rekayasa melalui perlakuan dengan reaktif silan, homogenitas permukaan naik secara drastis, sehingga menghasilkan inti anorganik yang diselubungi dengan bagian organik yang lebih homogen. Hal ini menyebabkan kedua bagian baik inti dan selubung lebih mudah dibasahi dan lebih reaktif dengan binder dari hampir semua jenis cat yang umum digunakan. Ketahanan terhadap asam meningkat, dan celah-celah kosong terkunci dengan rapat sehingga pentrant seperti air sulit bergerak melewatinya (Hare, 1998).



Gambar 2.26. Wollastonite Yang Permukaannya Telah Dimodifikasi (Hare, 1998).



Gambar 2.27. Wollastonite yang Permukaannya Belum Dimodifikasi (Hare, 1998).

Rekayasa permukaan wollastonite terkait dengan kompatibilitas wollastonite dengan *binder*. Tabel 2.14 menunjukkan kompatibilitas wollastonite dan *binder*.

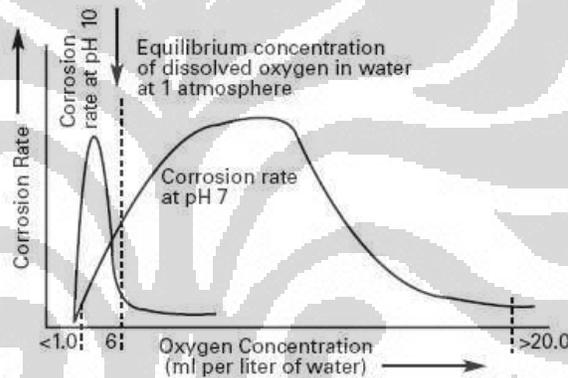
Tabel 2.14. Kompatibilitas Rekayasa Permukaan Wollastonite dan Sistem Binder (NYCO, 2001)

Sistem <i>Binder</i>	Rekayasa permukaan		
	<i>Epoxy silan</i>	<i>Amino silan</i>	<i>Vinyl silan</i>
<i>Long Oil Alkyd</i>	✓✓	✓✓	✓
<i>Medium dan short oil alkyd</i>	X	✓✓	✓✓
<i>Vinyl latex</i>	✓✓	✓✓	✓✓
<i>Epoxy amine dan amide</i>	✓✓	✓✓	X
<i>Coal tar/ asphaltics</i>	✓	✓	✓✓
<i>Urethane/ Acrylic & urethane polyester</i>	✓✓	✓	x
<i>Water base Acrylic/ urethane</i>	✓✓	✓	N/A
<i>Vinyl Chloride/ Asetat</i>	✓✓	✓✓	✓
<i>Acrylic latex</i>	✓✓	✓✓	✓✓
<i>Water dispersible alkyd</i>	X	✓	N/A
<i>Water emulsified alkyd</i>	X	✓✓	✓
<i>Water dispersible epoxy</i>	✓✓	✓✓	N/A
<i>Aluminium epoxy mastic</i>	✓✓	✓✓	N/A
<i>Unsaturated polyester</i>	✓✓	✓✓	✓✓
<i>Saturated polyester</i>	X	✓✓	x

Keterangan : ✓✓ = Sangat direkomendasikan
 ✓ = Tergantung pada sistem
 X = Tidak direkomendasikan
 N/A = Tidak tersedia data

d. Tingkat ke-basaan wollastonite.

Basisitas atau tingkat kebasan wollastonite mungkin merupakan bagian terpenting dimana ketahanan korosi sangat diperhatikan. Bahkan wollastonite yang tidak dimodifikasi bekerja dengan sangat baik dalam sistem epoksi atau poliuretan dimana wollastonite yang dimodifikasi permukaannya tidak dapat digunakan karena harganya yang lebih mahal walau lebih efektif dan efisien. Wollastonite bersifat basa sehingga bertindak sebagai gugus inhibitor korosi. Ia memiliki sifat inhibitor korosi dengan mekanisme pasifasi dan barrier (Hare, 1998).



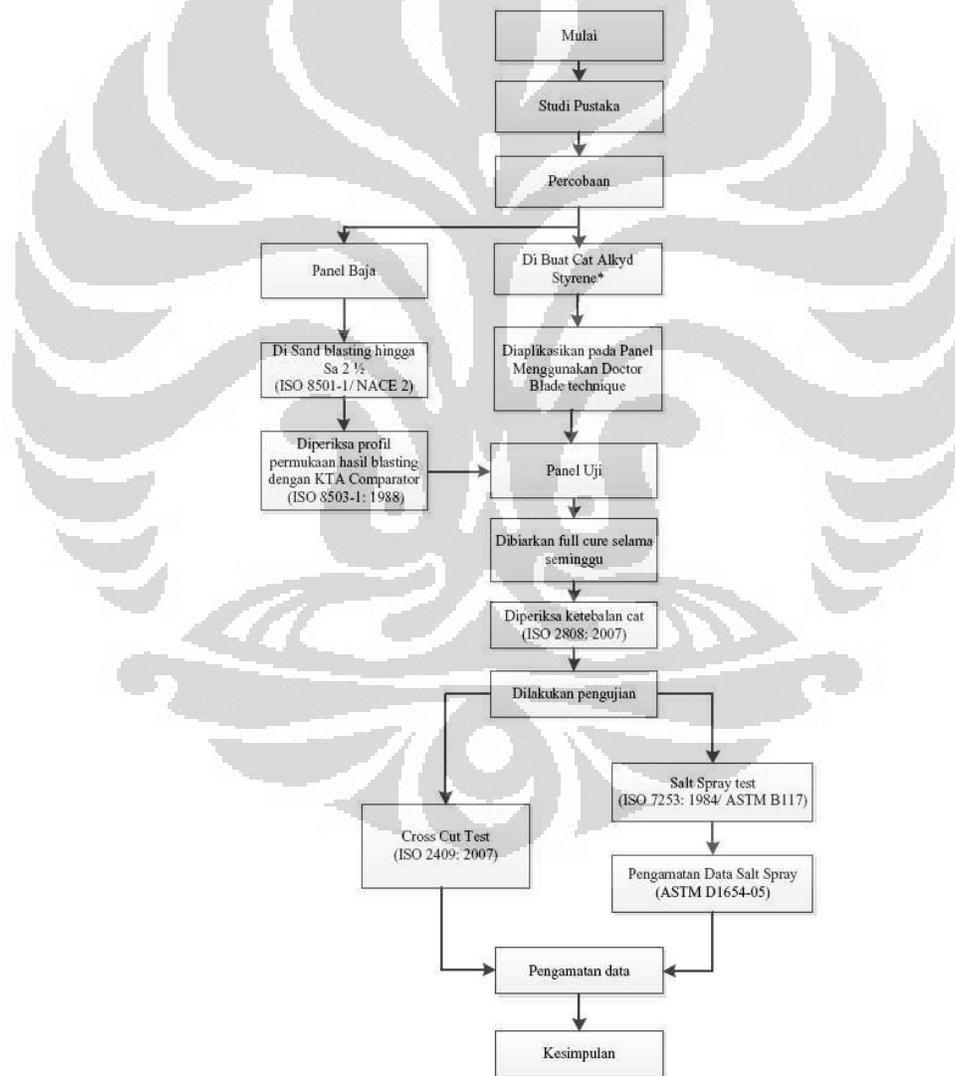
Gambar 2.28. Grafik Hubungan Kecepatan Korosi dan Konsentrasi Oksigen Pada Kondisi Basa (Hare, 1998).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. METODOLOGI PENELITIAN

Proses pembuatan cat dan beberapa pengujian seperti pengujian daya rekat, dan ketebalan lapisan cat dilakukan di laboratorium riset PT. Sigma Utama Paint, Cibinong Bogor. Sedangkan pengujian semprotan garam dilakukan di Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T) Bandung.

Metodologi penelitian dapat terlihat pada pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1. Diagram Alir Pengujian Cat.

3.2. PEMBUATAN CAT

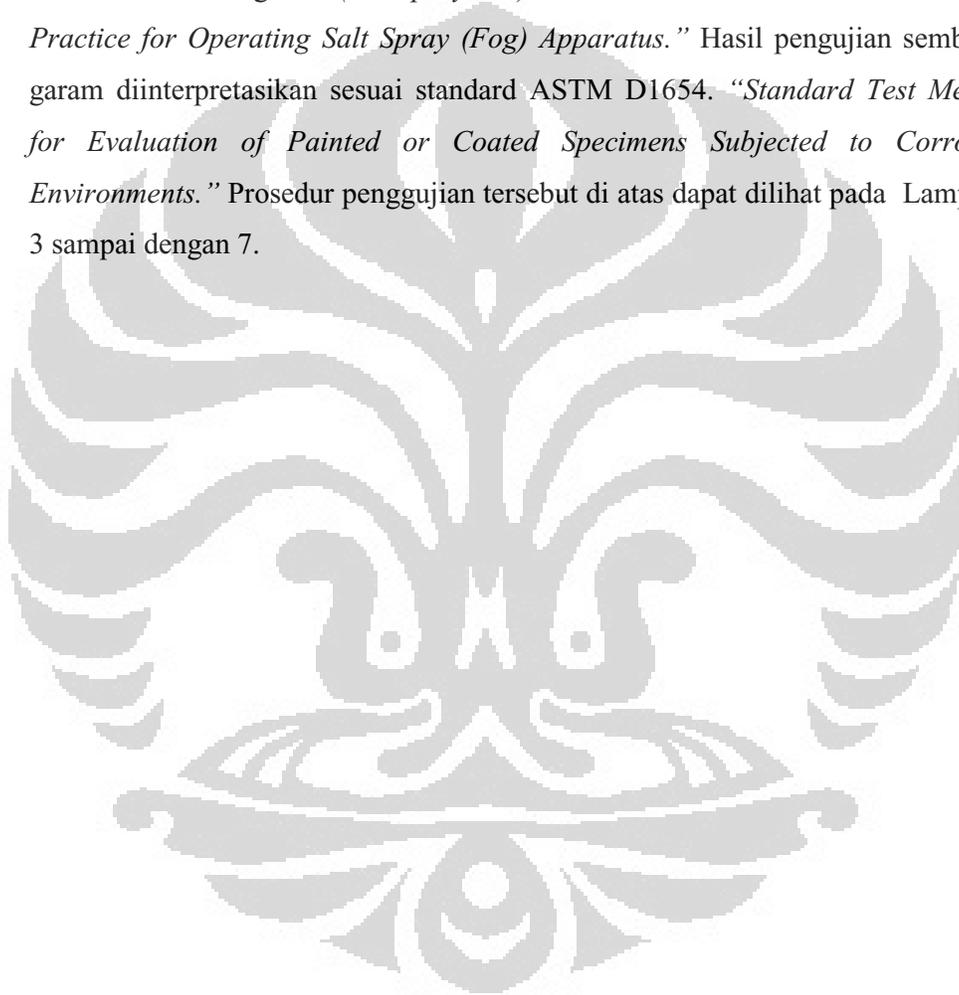
Sebanyak 300 gram resin *alkyd* terstirenasi; 4,8 gram anti busa; 7,5 gram bahan pembantu dispersi; 12,5 gram bahan pembantu reologi; 360 gram kalsium karbonat; 240 gram titanium dioksida, dan 175 gram pelarut *xylene* dimasukkan pada wadah kaleng 1000 mL. Dihaluskan dengan kecepatan tinggi, hingga ukuran partikel pada skala 6 Hengman. Campuran ini kemudian digunakan sebagai campuran cat induk. Cat induk kemudian ditimbang sebanyak 183.3 gram, dimasukkan pada 6 wadah ukuran 500 mL yang berbeda. Sebanyak 37.5 gram kalsium karbonat atau pigmen anti korosi ditambahkan sesuai Tabel 3.1. Masing-masing kaleng kemudian ditambahkan 6.9 gram campuran pengering yang terdiri dari 1,0 gram kobalt oktoat, 4,0 gram timbal oktoat, dan 1,9 gram kalsium oktoat. Kemudian larutan digenapkan menjadi 250 gram dengan penambahan pelarut pegasol 150 sebanyak 22.3 gram. Diagram pembuatan cat secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 3.1. Penambahan Pigmen Anti Korosi

Bahan Baku	Formula 0		Formula 1		Formula 2	
	Berat (g)	Persentase Total (%)	Berat (g)	Persentase Total (%)	Berat (g)	Persentase Total (%)
Seng Fosfat	0	0.00	37.50	15.00	28.125	11.25
Wollastonite	0	0.00	0.00	0.00	9.375	3.75
Kalsium Karbonat (OM2)	37.5	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bahan Baku	Formula 3		Formula 4		Formula 5	
	Berat (g)	Persentase Total (%)	Berat (g)	Persentase Total (%)	Berat (g)	Persentase Total (%)
Seng Fosfat	18.75	7.50	9.375	3.75	0.00	0.00
Wollastonite	18.75	7.50	28.125	11.25	37.50	15.00
Kalsium Karbonat (OM2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

3.3. PENGUJIAN CAT

Cat kemudian diuji pada panel yang telah disiapkan sesuai standard *Surface Preparation Number 10/ NACE no 2, Near White Blast Cleaning*. Ketebalan cat kering pada panel diukur menggunakan standard ISO 2808:2007 "*Determination of Film Thickness*." Daya rekat cat diuji menggunakan standard ISO 2409: 2007 "*Cross-Cut Test*." Ketahanan korosi cat diuji menggunakan metode semburan garam (*salt spray test*) sesuai standard *ASTM B117 "Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus*." Hasil pengujian semburan garam diinterpretasikan sesuai standard *ASTM D1654. "Standard Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosion Environments*." Prosedur pengujian tersebut di atas dapat dilihat pada Lampiran 3 sampai dengan 7.

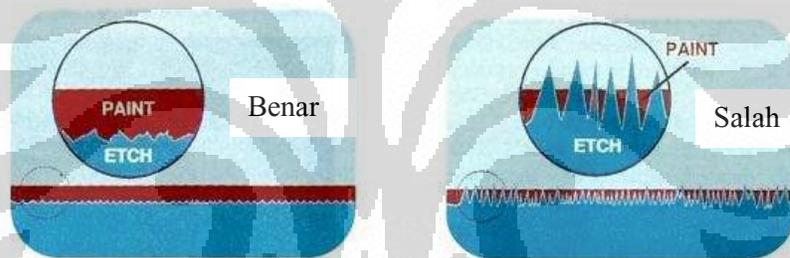


BAB IV HASIL PENELITIAN

4.1. PEMBUATAN PANEL UJI

4.1.1. Data Permukaan Panel Uji

Persiapan permukaan merupakan suatu tahapan penting dalam pengecatan. Permukaan logam dibuat memiliki lembah dan bukit atau sering disebut profil jangkar atau gigi (*anchor profile/ tooth*). Permukaan berbentuk seperti ini mampu memberikan adhesi yang baik antara cat dan substrat. Bentuk profil permukaan harus dibuat sedemikian rupa sehingga memiliki *anchor profile* yang tepat dan tidak berlebihan. Anchor profile yang terlalu dalam dapat menyebabkan karat yang berbentuk titik pada lapisan cat atau sering disebut *pin point rusting*. Gambar 4.1 memperlihatkan bentuk *anchor profile* yang benar dan yang salah.



Gambar 4.1. Gambar *Anchor Profile* Pada Substrat (Norton Sandblasting, n.d.)

Sebanyak 18 panel uji dibersihkan permukaannya menggunakan *sand blasting* hingga permukaannya mencapai keadaan hampir putih yang sebanding dengan keadaan Sa 2½. Kemudian profil permukaannya di bandingkan dengan kartu *KTA comparator sand* (0.5, 1, 2, 3, 4 mils). *KTA comparator sand* digunakan sebagai alat pengevaluasi profil permukaan karena material abrasif yang digunakan pada saat *blasting* menggunakan pasir (*sand blasting*). Permukaan hasil blasting diperiksa sehingga profilnya mendekati standard 2 mils. Profil tersebut cocok untuk memberikan daya rekat yang baik, dan tidak terlalu dalam sehingga mencegah terjadinya *pin point rusting* pada cat yang tipis. Kartu dan alat *comparator sand* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Perangkat alat *KTA comparator sand*

Data hasil pengamatan kemudian dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Data Permukaan Panel Uji

Parameter	Panel Uji formula 1			Panel Uji formula 2			Panel Uji formula 3		
	Panel 1a	Panel 1b	Panel 1c	Panel 2a	Panel 2b	Panel 2c	Panel 3a	Panel 3a	Panel 3a
KTA Comparator Sand profil	2 mils	2 mils	2 mils	2 mils	2 mils	2 mils	2 mils	2 mils	2 mils
Kebersihan Panel	Sa 2 ½	Sa 2 ½	Sa 2 ½	Sa 2 ½	Sa 2 ½	Sa 2 ½	Sa 2 ½	Sa 2 ½	Sa 2 ½
Parameter	Panel Uji formula 4			Panel Uji formula 5			Panel Uji formula 0		
	Panel 4a	Panel 4b	Panel 4c	Panel 5a	Panel 5b	Panel 5c	Panel 0a	Panel 0a	Panel 0a
KTA Comparator Sand profil	2 mils	2 mils	2 mils	2 mils	2 mils	2 mils	2 mils	2 mils	2 mils
Kebersihan Panel	Sa 2 ½	Sa 2 ½	Sa 2 ½	Sa 2 ½	Sa 2 ½	Sa 2 ½	Sa 2 ½	Sa 2 ½	Sa 2 ½

4.1.2. Data Konsentrasi Seng Fosfat dan Wollastonite

Walaupun pada metode pembuatannya, penambahan *alkyd* terstirenisi, titanium dioksida, kalsium karbonat, pelarut *xylene*, bahan pembantu dispersi, anti busa, dan bahan pembantu reologi dilakukan secara bersamaan dengan cara membuat Cat Induk A terlebih dahulu seperti terlihat pada lihat Lampiran 1, namun dapat kosisisinya dapat dihitung per-satuan formula dan dapat dihasilkan data seperti yang dapat terlihat pada Lampiran 2.

Penambahan pigmen anti korosi pada formulasi cat percobaan adalah 15% berat. Dengan kandungan padatan (*solid content*) mencapai 67%.

Tabel 4.2. Kandungan Padatan (*Solid Content*) Berdasarkan Perhitungan

Komponen Padat (Solid content)	Berat (g)	Persentasi (%)
<i>Alkyd</i> terstirenasi (EBA 1523-60)*	30.0	12.00
Titanium Dioksida (TR-33)	40.0	16.00
Kalsium Karbonat (OM2)	60.0	24.00
Seng Fosfat	37.5	15.00
Wollastonite		
Kalsium Karbonat (OM2)		
Total Solid	167.5	67.00

**Alkyd* terstirenasi memiliki persen solid sebesar 60%
Berat solid nya 30 g (50 g resin x 60% solid)

Penambahan pigmen anti korosi sebanyak 15% berat pada formulasi cat *alkyd* terstirenasi cukup untuk memberikan perlindungan cat selama 240 jam pada pengujian semburan garam. Pigmen anti korosi kemudian dibuat kombinasi antara seng fosfat dan wollastonite, dengan kontrol kalsium karbonat seperti pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3. Rasio Pigmen Anti Korosi Seng Sulfat dan Wollastonite

Pigmen anti korosi	Formula 0		Formula 1		Formula 2		Formula 3		Formula 4		Formula 5	
	Berat (g)	Rasio (%)										
Seng fosfat			37.5	100	28.125	75	18.75	50	9.375	25		
Wollastonite					9.375	25	18.75	50	28.125	75	37.5	100
Kalsium Karbonat	37.5	100										

Kalsium karbonat digunakan sebagai kontrol karena ia tidak memiliki efek anti korosi namun mampu menyumbang kandungan padatan pada formulasi. Penambahan seng fosfat dapat dilakukan pada tahapan penghalusan (*grinding*) atau pada pengadukan kecepatan tinggi (*high speed dispersion*). Namun pada wollastonite yang di-*treated amino silane*, *grinding* tidak dapat dilakukan, namun penambahannya dilakukan pada saat pengadukan kecepatan rendah (*low speed*

dispersion/ let-down). Hal ini dilakukan karena *treatment amino silane* dapat terlepas dari tulang belakang (*backbone*) wollastonite.

Zat-zat tambahan digunakan pada formulasi seperti anti busa untuk menghilangkan busa pada saat dispersi atau pengadukan. Bahan penbantu dispersi digunakan untuk membantu dispersi padatan pada campuran resin pelarut yang berbentuk cairan sehingga padatan dapat terdispersi dengan baik. Pengatur reologi digunakan untuk memberikan kekentalan dan kemudahan cat mengalir pada saat aplikasi.

4.1.3. Ketebalan Lapisan Cat Kering Pada Panel

Setelah panel siap, maka cat diaplikasikan pada panel dengan metode *doctor blade* ketebalan kering standar yang diharapkan adalah 200 mikron \pm 25 mikron. Aplikasi *doctor blade* ditambahkan volume yang hilang karena penguapan, sehingga didapat ketebalan kurang lebih 200 mikron \pm 25 mikron. Data ketebalan cat kering dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Data Ketebalan Lapisan Kering Cat Panel Uji

Parameter	Panel Uji Cat Kering formula 1			Panel Uji Cat Kering formula 2			Panel Uji Cat Kering formula 3		
	Panel 1a	Panel 1b	Panel 1c	Panel 2a	Panel 2b	Panel 2c	Panel 3a	Panel 3a	Panel 3a
Ketebalan Cat (micron)	210	201	207	198	203	204	205	198	207
	199	207	197	218	213	215	202	218	212
	206	211	196	201	205	198	215	210	214
Rata-rata (micron)	205	206	200	206	207	206	207	209	211
Parameter	Panel Uji Cat Kering formula 4			Panel Uji Cat Kering formula 5			Panel Uji Cat Kering formula 0		
	Panel 4a	Panel 4b	Panel 4c	Panel 5a	Panel 5b	Panel 5c	Panel 0a	Panel 0a	Panel 0a
Ketebalan Cat (micron)	202	201	197	195	212	204	218	203	201
	207	212	196	212	211	215	199	214	207
	192	208	213	223	187	210	190	219	220
Rata-rata (micron)	200	207	202	210	203	210	202	212	209

Meskipun metode *doctor blade* dilakukan untuk mendapatkan homogenitas yang baik, namun perbedaan ketebalan yang masih pada batas toleransi.

4.2. PENGUJIAN SEMPROTAN GARAM (*SALT SPRAY TEST*)

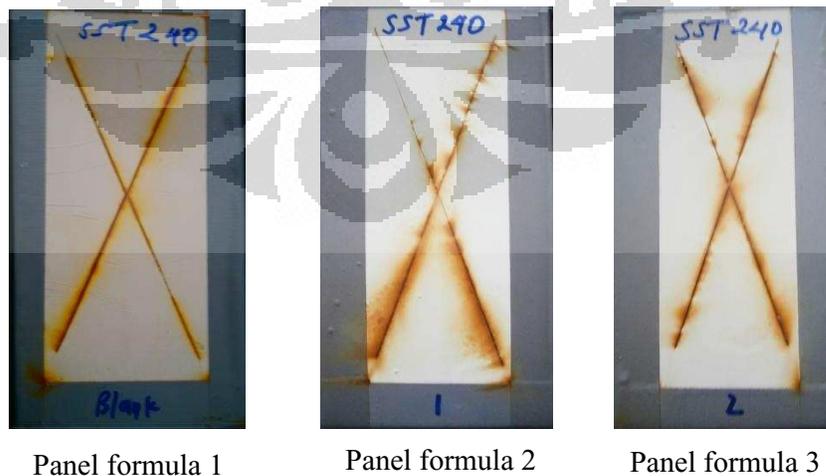
ISO 12944-5 mensyaratkan sistem *alkyd* yang berkerja pada tingkat korosifitas C4 memiliki ketebalan total 200 mikron, dan memiliki durabilitas rendah bila dibandingkan dengan sistem cat lain. ISO 12944-6 mensyaratkan bahwa cat yang memiliki durabilitas rendah di kondisi C4 melakukan pengujian semprotan garam (*salt spray test*) dengan jangka waktu pengujian selama 240 jam.

Pengujian semprotan garam sendiri didasarkan oleh standar ISO 7253 atau ASTM B117. Pengamatan data semprotan garam dilakukan pada interval 48, 96, 120 dan 240 jam.

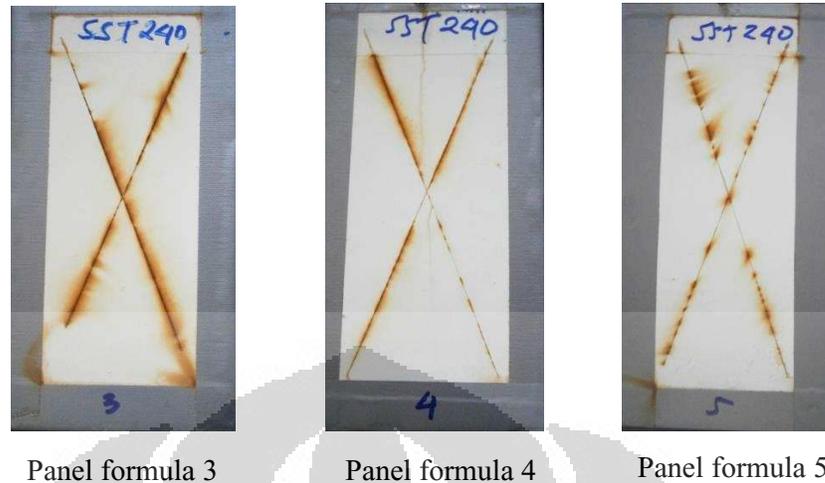


Gambar 4.3. Alat Semprotan Garam dan Kondisi Panel Dalam Alat Tersebut.

Pada jam ke 0-120 jam tidak terlihat perubahan kondisi cat yang berarti, hasil penilaian cat pun baik. Namun setelah 240 jam terlihat kerusakan pada panel cat seperti yang terlihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4. Panel Hasil Pengujian Semprotan Garam Setelah 240 Jam (1)



Gambar 4.5. Panel Hasil Pengujian Semprotan Garam Setelah 240 Jam (2)

Berdasarkan standar ASTM D1654-05 penilaian kerusakan *coating* didasarkan pada pelebaran gores sebelum dan sesudah pengujian semprotan garam. Nilai standar pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5 untuk bagian yang digores dan Tabel 4.6 untuk bagian yang tidak digores.

Tabel 4.5. Standar ASTM D1654-05 Untuk Menentukan Penilaian Panel yang Digores (*Scribed*)

Pelebaran goresan (mm)	Penilaian (A)
0	10
0 - 0.5	9
1 - 2	8
2 - 3	7
3 - 5	6
5 - 7	5
7 - 10	4
10 - 13	3
13 - 16	2
16 - Lebih	1

Pengujian panel dengan cara digores dilakukan untuk melihat kerusakan langsung yang terjadi saat cat tergores. Daya rekat cat menjadi faktor penting pada pengujian ini.

Tabel 4.6. Standar ASTM D1654-05 Untuk Menentukan Penilaian Panel yang Tidak Digores (*Un-scribed*)

Jumlah kegagalan	Penilaian (B)
Tidak ada	10
0 - 1	9
2 - 3	8
4 - 6	7
7 - 10	6
11 - 20	5
21 - 30	4
31 - 40	3
41 - 55	2
56 - 75	1
75 - Lebih	0

Ket. Jumlah kegagalan yang terlihat pada bagian panel yang tidak digores berupa, bisul (*blister*), retakan (*crack*), atau kegagalan lain seperti pengelupasan.

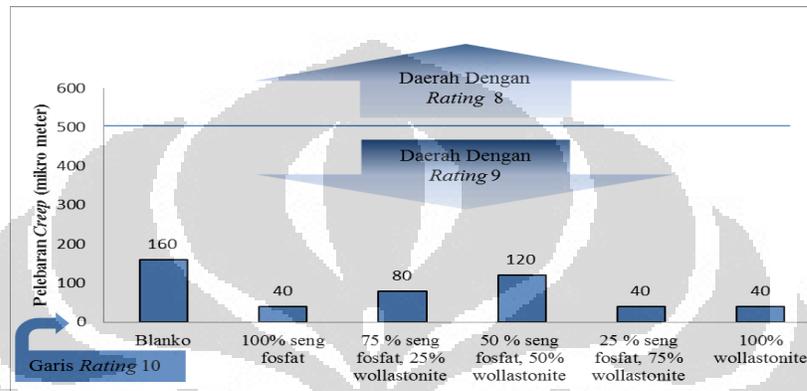
Pengujian panel yang tidak digores akan menggambarkan kekuatan cat untuk menahan masuknya ion klorida yang dapat menyebabkan bisul (*blister*) retakan pada cat dan atau kerusakan lain yang berkaitan dengan penetrasi kelembaban kedalam lapisan cat.

Tabel 4.7. Hasil Interpretasi Panel yang Diuji Semprotan Garam Selama 240 Jam.

Panel uji	Penilaian		Total Penilaian	Pelebaran <i>creep</i> * (µm)
	(A)	(B)		
	Digores	Tidak digores		
0	9	3	6.0	160
1	9	7	8.0	40
2	9	7	8.0	80
3	9	8	8.5	120
4	9	8	8.5	40
5	9	8	8.5	40

*Pelebaran *creep* diukur menggunakan mikroskop berskala atau alat bantu lain dalam percoaan ini digunakan pembesaran lensa alat P.I.G Erichsen 455.

Pelebaran *creep* pada panel hasil uji ditenggarai karena terjadinya sedikit reaksi safonifikasi dari resin *alkyd* tersturenasi. Gambar 4.10 menunjukkan terjadinya pelebaran creep secara mikro. Namun pada Standar ASTM D1654-05 pelebaran *creep* pada skala mikro tersebut tidak mempengaruhi penilaian nilai uji semburan garam seperti yang terlihat pada Gambar 4.6.



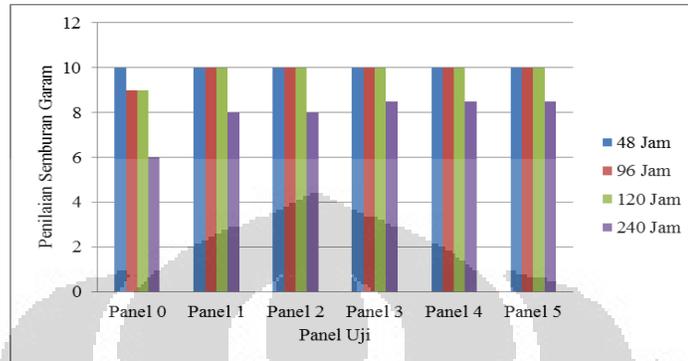
Gambar 4.6. Batas Penilaian (*Rating*) Pada Hasil Uji Semburan Garam.

Penilaian pengamatan pada jam ke-48, 96, 120, dan 240 dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Data Pengujian Semburan Garam

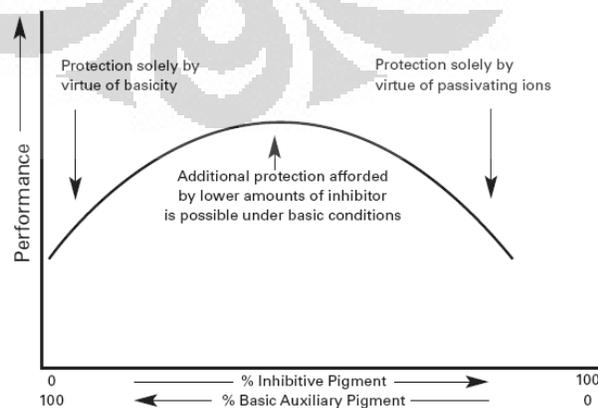
Panel uji dengan formula	Penilaian 48 Jam			Penilaian 96 Jam		
	Bagian A	Bagian B	Total Penilaian	Bagian A	Bagian A	Bagian A
	(Digores)	(Tidak digores)		(Digores)	(Digores)	(Digores)
0	10	10	10	9	9	9
1	10	10	10	10	10	10
2	10	10	10	10	10	10
3	10	10	10	10	10	10
4	10	10	10	10	10	10
5	10	10	10	10	10	10
Panel uji dengan formula	Penilaian 120 Jam			Penilaian 240 Jam		
	Bagian A	Bagian B	Total Penilaian	Bagian A	Bagian B	Total Penilaian
	(Digores)	(Tidak digores)		(Digores)	(Tidak digores)	
0	9	9	9	9	3	6
1	10	10	10	9	7	8
2	10	10	10	9	7	8
3	10	10	10	9	8	8.5
4	10	10	10	9	8	8.5
5	10	10	10	9	8	8.5

Data pengujian semburan garam pada Tabel 4.8 kemudian diterjemahkan dalam bentuk diagram batang seperti ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Diagram Batang Hasil Uji Semburan Garam

Dari Gambar 4.7 dapat kita ketahui bahwa Panel 0 yang dilapisi cat yang tidak menggunakan pigmen anti korosi menghasilkan kinerja semburan garam terburuk. Panel 1 (dengan rasio seng fosfat 100%) dan Panel 2 (dengan rasio seng fosfat : wollastonite, 75% : 25%) memiliki kinerja ketahanan korosi yang sama baiknya. Sedangkan Panel 3 (dengan rasio seng fosfat : wollastonite, 50% : 50%), Panel 4 (dengan rasio seng fosfat : wollastonite, 75% : 25%) dan Panel 5 (rasio wollastonite 100%) memiliki kinerja ketahanan korosi terbaik. Hal ini cukup relevan seperti yang ditunjukkan Gambar 4.7 mengenai sinergi antara wollastonite dengan mekanisme perlindungan basa dan pigmen anti korosi dengan mekanisme perlindungan ion pasifasi.



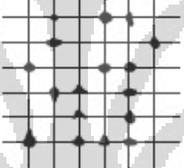
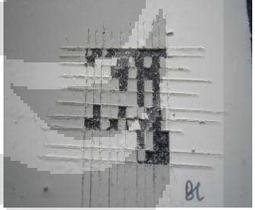
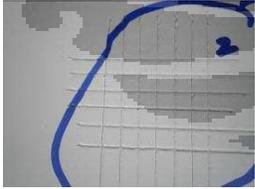
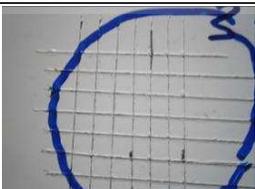
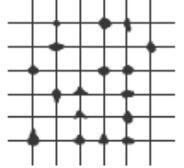
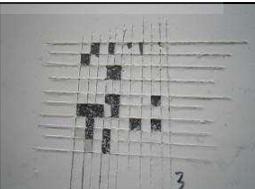
Gambar 4.7. Sinergi Antara Wollastonite dan Pigmen Inhibitor Korosi

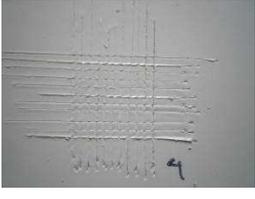
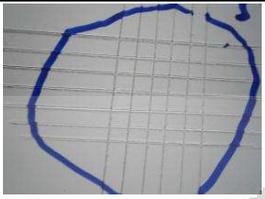
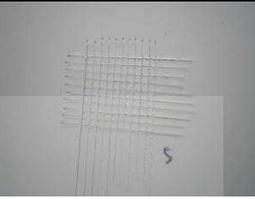
Dari hasil percobaan dapat dilihat pula pada kasus resin *alkyd* yang terstirenasi perlindungan menggunakan wollastonite cukup efektif dibandingkan dengan perlindungan menggunakan mekanisme ion pasifasi. Hal ini dapat disebabkan selain memberikan efek basa wollastonite memberikan efek penghalang (*barrier*) sehingga ion-ion klorida pada uji semburan garam tidak dengan mudah dapat melewati lapisan cat.

4.3. PENGUJIAN DAYA REKAT (*ADHESION TEST*)

Pengujian daya rekat didasarkan pada standar ISO 2409:2007. Hasil pengujian daya rekat pada percobaan ini dapat dilihat pada Tabel 4.9.

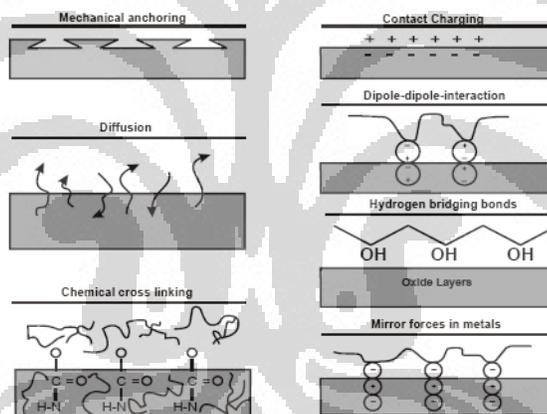
Tabel 4.9. Hasil Pengujian Daya Rekat.

Panel	Gambar Uji (6 gores, 3 mm)	Standar (6 gores, 3 mm)	Penilaian	Gambar Uji (10 gores, 1mm)
0			1	
1		-	0	
2		-	0	
3			1	

4		-	0	
5		-	0	

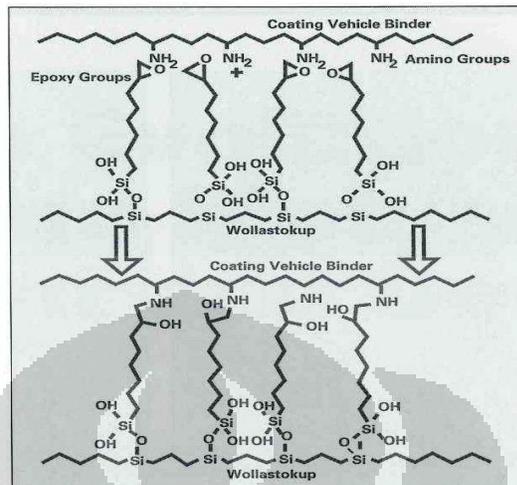
Keterangan: 5 = Buruk, 0 = Sangat baik

Daya rekat dapat terbentuk melalui beberapa mekanisme. Gambar 4.6 memperlihatkan beberapa metode yang mungkin terjadi yang mempengaruhi daya rekat.



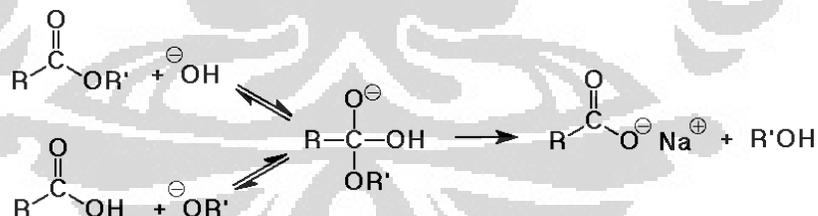
Gambar 4.6. Mekanisme Daya Rekat Antara Cat dan Substrat (Goldschmidt & Streitberger, 2003).

Berdasarkan Gambar 4.6 di atas mekanisme daya rekat pada cat *alkyd* dan substrat logam besi sapat terjadi melalui mekanisme ikatan mekanis (*mechanical anchoring*) dan ikat silang kimiawi (*chemical cross linking*). Profil permukaan logam yang telah di-*blasting* sesuai standard Sa2½ memberikan dasar pada *mechanical anchoring*. Wollastonite yang di-*treatment* dapat memberikan tambahan kekuatan pada lapisan cat dengan cara bereaksi dengan resin pengikatnya dan memberikan efek jaring pengikat. Gambar 4.7 memperlihatkan reaksi antara wollasonite yang di-*treated* dengan resin pengikatnya.



Gambar 4.7. Reaksi Antara Wollastonite yang Di-treatment Dengan Resin Pengikatnya (Hare, 1994)

Dari Tabel 4.9 penggunaan kombinasi seng fosfat 50% dan wollastonite 50% diketahui sedikit mengurangi daya rekat. Pada kombinasi 50% seng fosfat dan 50% wollastonite dicurigai terjadi sedikit reaksi saponifikasi dari resin *alkyd* dan menyebabkan kehilangan daya rekat. Reaksi saponifikasi adalah reaksi yang terjadi antara spesimen resin *alkyd* yang merupakan senyawa ester dengan keadaan basa menjadi sabun atau savon. Gambar 4.8 memperlihatkan reaksi yang terjadi.

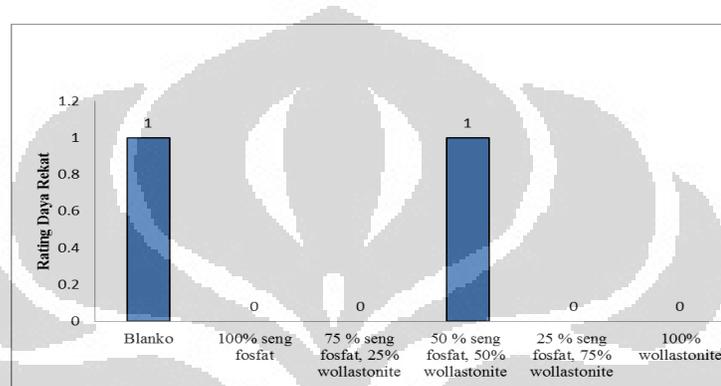


Gambar 4.8 Reaksi Saponifikasi Ester (Wamster, 2000).

Pan dan Joseph mengamati kegagalan *coating* pada kotak baja berengsel, dan menyimpulkan bahwa cat *alkyd* yang dimodifikasi sangat sensitif terhadap alkalinitas dan reaksi saponifikasi yang terjadi pada antarmuka seng dan *alkyd*. Mereka mengatakan bahwa penggunaan *alkyd* yang dimodifikasi pada keadaan basa dapat menyebabkan hilangnya daya rekat khususnya pada substrat yang

mengandung seng galvanis dan memiliki tingkat kebasaaan yang tinggi (Pan & Joseph, 2010).

Reaksi saponifikasi menyebabkan kehilangan daya rekat tidak terjadi pada komposisi seng dan wollastonite yang tidak sama. Namun demikian penurunan daya rekat yang terjadi masih dapat diabaikan karena penilaian (*rating*) hanya berkurang satu poin.



Gambar 4.9. Grafik Hubungan Daya Rekat dan Rasio Pigmen Anti Korosi.

BAB V

KESIMPULAN

5.1. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan:

- 5.1.1. Pencegahan korosi pada cat alkyd menggunakan campuran seng phosphate dan wollastonite memberikan hasil yang baik. Penggunaan wollastonite dapat meningkatkan penilaian uji semburan garam senilai 0.5 poin sesuai standard ASTM D1654. "*Standard Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosion Environments*".
- 5.1.2. Perbandingan rasio 25% seng sulfat dan 75% wollastonite memberikan performa perlindungan yang sama dengan rasio 100% wollastonite, dan lebih baik daripada rasio 100% seng sulfat. Pada penggunaan rasio wollastonite 100% performa ketahanan korosi meningkat dan mampu menekan harga bahan baku menjadi lebih murah mengingat harga wollastonite lebih murah 20-30% dari harga seng fosfat. Penggunaan kombinasi 50% seng sulfat dan 50% wollastonite perlu diamati lebih lanjut, karena terlihat pelemahan daya rekat yang ditenggarai disebabkan oleh efek saponifikasi dari *alkyd* yang dimodifikasi. Namun demikian penilaian ketahanan korosi masih memberikan hasil yang cukup baik.
- 5.1.3. Wollastonite dapat menggantikan seng fosfat secara keseluruhan, pada sistem resin alkyd tersirensasi. Selain memberikan performa perlindungan korosi yang terbaik, ia pun dapat memberikan penghematan biaya yang maksimal pada harga produk jadi cat.

5.2. SARAN

Saran yang dapat diberikan:

- 5.2.1 Mengamati penggunaan wollastonite pada sistem resin lainnya.
- 5.2.2. Mengamati lebih dalam pengaruh saponifikasi pada *alkyd* yang dimodifikasi pada campuran seng fosfat dan wollastonite.

DAFTAR PUSTAKA

- Araujo, W.S., I.C.P. Margarit, O.R. Mattos, F.L. Fragata & P. de Lima-Neto. (2010). *Corrosion Aspect of Alkyd Paint Modified With Linseed and Soy Oils*. Rio DeJainero: Elsevier.
- ASTM Standard B117. (2011). "Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2011, DOI: 10.1520/B0117-11, www.astm.org.
- ASTM Standard D1654. (2005). "Standard Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosion Environments" ASTM International, West Conshohocken, PA, 2005, DOI: 10.1520/D1654-05. www.astm.org.
- Atlas Steels. (2010). *Atlas Tech Note No. 7 - Galvanic Corrosion*. Melbourne: Atlas Steels.
- Ciullo, P.A, S. Robinson, & J. Anderson. (2002). *Keeping Corrosion at Bay*. Connecticut: RT Vanderbilt Company.
- Djohanli, A. (2011). *APCS 2012: Market Report. Indonesian Market Facing Double Digit Growth Through 2012*. Jakarta: APCJ.
- Corrosionlab. (n.d). *Erosion Corrosion*. Delaware: Corrosion Testing Laboratories Inc. <http://www.corrosionlab.com/papers/erosion-corrosion/erosion-corrosion.htm>
- Fannin G. S. (1999). *Specifications of Coatings Containing Micaceous Iron Oxide Pigments*. Pittsburg: Steel Structure Painting Council.
- Fontana, M.G. (1987). *Corrosion Engineering*. Singapore: Mc. Graw Hill Book Co.
- Forsgren, A. (2006). *Corrosion Control Through Organic Coating*. Florida: CRC Press.
- Goldschmidt, A. & H. J. Streitberger. (2003). *BASF Handbook on Basics of Coating Tehnology*. Hannover: BASF Coatings AG.
- Hare, C.H. (1998). *Mechanism of Corrosion Protection With Surface Treated Wollastonite Pigments*. Lakeville: Clive H. Hare Inc.
- Hare, C.H. (1994). *Evolution of Calcium Metasilicate in Paint and Coating*. Lakeville: Clive H. Hare Inc.

- Incorr. (n.d.). *Cathodic Protection Basic Principles*. Singapore: Incorr. <http://www.incorr.com.sg/PRINCIPLE.htm>
- International Standard Paint and Varnishes – Cross-Cut Test, ISO 2409*. (2007). Geneva: ISO
- International Standard Paint and Varnishes – Determination of Film Thickness, ISO 2808*. (2007). Geneva: ISO.
- International Standard Paint and Varnishes – Determination of Resistance to Neutral Salt Spray, ISO 7253*. (1984). Geneva: ISO.
- International Standard Paint and Varnishes – Determination of Specular Gloss of Non-Metallic Paint Films at 20°, 60°, and 85°, ISO 2813*. (1994). Geneva : ISO.
- International Standard Paint and Varnishes – Evaluation of Degradation of Coatings – Designation of Quantity and Size of Defect, and of Intensity of Uniform Changes in Appearance – Part 3: Assesment of Degree of Rusting, ISO 4628-3*. (2003). Geneva: ISO
- International Standard Paint and Varnishes Pull Off Test for Adhesion, ISO 4694:2002 (E)*. (2002). Geneva: ISO.
- International Standard Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Product – Surface Roughness Characteristic of Blast-Cleaned Steel Substrates, ISO 8503-1*. (1988). Geneva: ISO.
- Jones, D.A. (1992). *Principles and Prevention of Corrosion*. New York: McMillan Publishing Company.
- Krieg, S. (1996). "Lead and chromate free anticorrosive pigments based on phosphates", *Pittura e Vernici*. Milan: CREI.
- Lambourne, R., & Strivens, T.A. (1999). *Paint and Surface Coatings Theory and Practice Second Edition*. Cambridge: William Andrew Publishing.
- LaQue, F.L. & Greene, N.D. (1984). *Corrosion Basics — An Introduction*. Texas: NACE.
- NACE Standard. (2003). *Fabrication Details, Surface Finish Requirements, and Proper Design Considerations for Tanks and Vessels to Be Lined for Immersion Service*. Houston: NACE International.
- Norton Sandblasting. (n.d.). *Abrasives Anchor Pattern*. Virginia: Norton Sandblasting.
- NYCO. (2001). *Wollastonite: A Value-Added Mineral Functional Mineral Paint & Coatings*. New York: NYCO Minerals.

Paints and varnishes Corrosion protection of steel structures by protective paint systems Part 2: Classification of environments, ISO 12944-2. (1998). Geneva: ISO.

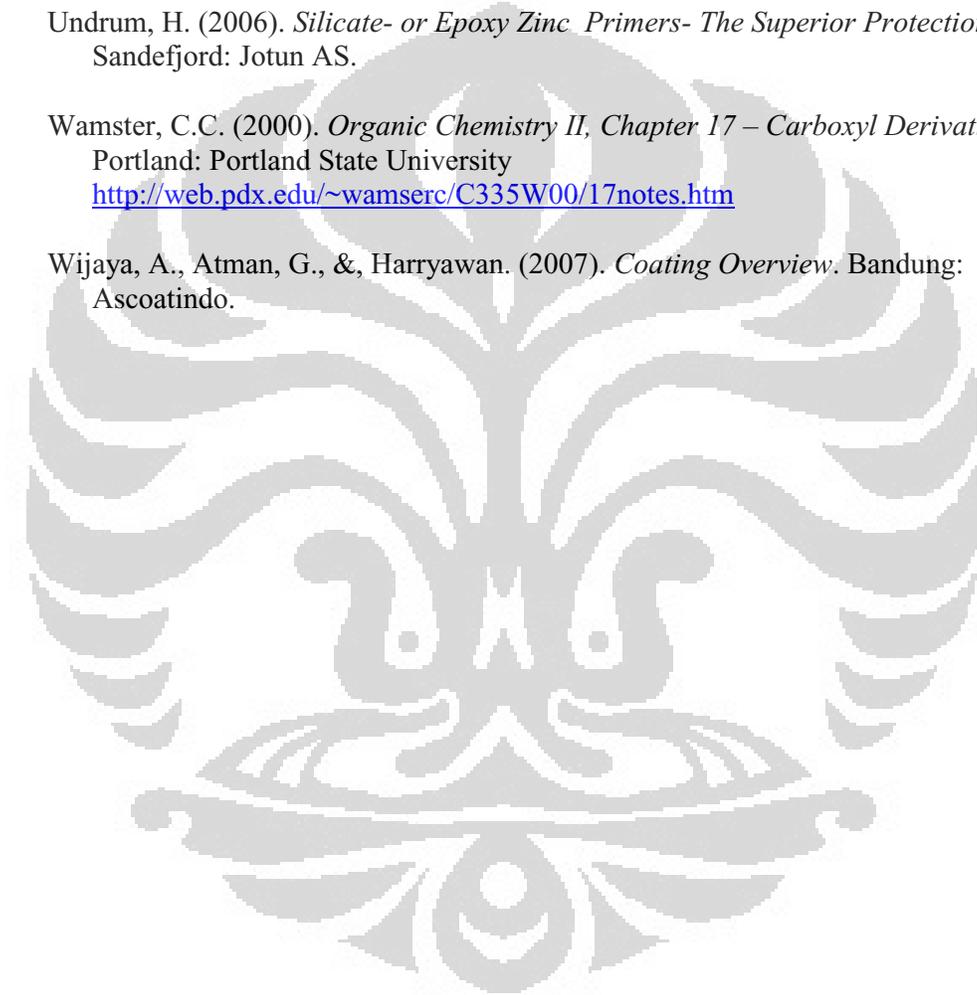
Realbio. (n.d.). Periode 3 Ch 5 Q. San Fransisco: Tangient LLC.
<http://bealbio.wikispaces.com/Period+3+ch+5+Q>

Surface Preparation Number 10/ NACE no 2, Near White Blast Cleaning. (2004). SSPC.

Undrum, H. (2006). *Silicate- or Epoxy Zinc Primers- The Superior Protection.* Sandefjord: Jotun AS.

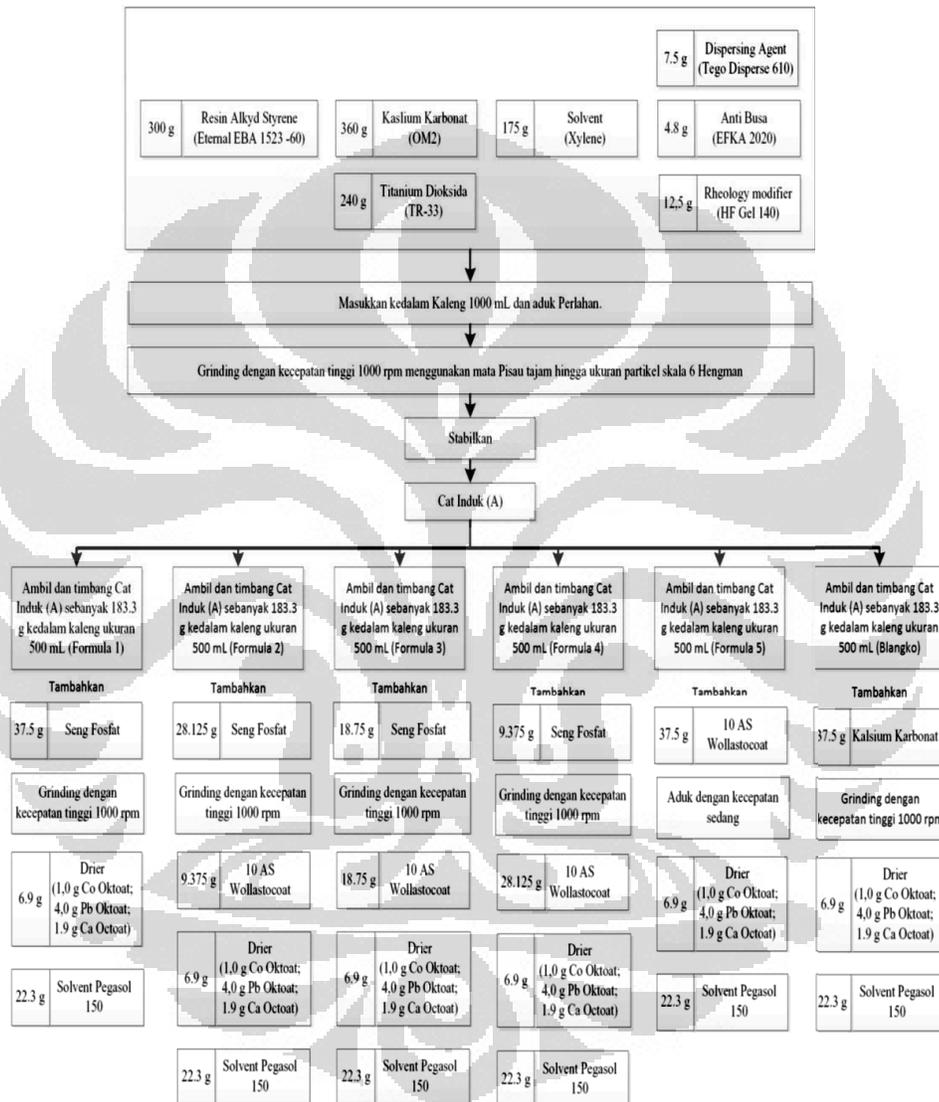
Wamster, C.C. (2000). *Organic Chemistry II, Chapter 17 – Carboxyl Derivatives.* Portland: Portland State University
<http://web.pdx.edu/~wamserc/C335W00/17notes.htm>

Wijaya, A., Atman, G., & Harryawan. (2007). *Coating Overview.* Bandung: Ascoatindo.



LAMPIRAN 1

Diagram Alir Pembuatan Cat



LAMPIRAN 2

Formulasi Cat *Alkyd* Terstirenasi

Bahan Baku	Formula 0		Formula 1		Formula 2	
	Berat (g)	Persentase (%)	Berat (g)	Persentase (%)	Berat (g)	Persentase (%)
Alkyd Styrene (EBA 1523-60)	50.0	20.00	50.00	20.00	50.00	20.00
Titanium Dioksida (TR-33)	40.0	16.00	40.00	16.00	40.00	16.00
Kalsium Karbonat (OM2)	60.0	24.00	60.00	24.00	60.00	24.00
Solvent (Xylene)	29.2	11.67	29.17	11.67	29.17	11.67
Dispersing Agent (Tego Disperse 610)	1.3	0.50	1.25	0.50	1.25	0.50
Anti Busa (EFKA 2020)	0.8	0.32	0.80	0.32	0.80	0.32
Rheology modifier (HF Gel 140)	2.1	0.83	2.08	0.83	2.08	0.83
Seng Fosfat	0	0.00	37.50	15.00	28.125	11.25
Wollastonite	0	0.00	0.00	0.00	9.375	3.75
Kalsium Karbonat (OM2)	37.5	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Drier Cobalt	1	0.40	1.00	0.40	1.00	0.40
Drier Timbal	4	1.60	4.00	1.60	4.00	1.60
Drier Kalsium	1.9	0.76	1.90	0.76	1.90	0.76
Solvent (Pegamol 150)	22.3	8.92	22.30	8.92	22.30	8.92
Total	250.0	100.00	250.0	100.00	250.0	100.00

Bahan Baku	Formula 3		Formula 4		Formula 5	
	Berat (g)	Persentase (%)	Berat (g)	Persentase (%)	Berat (g)	Persentase (%)
Alkyd Styrene (EBA 1523-60)	50.00	20.00	50.00	20.00	50.00	20.00
Titanium Dioksida (TR-33)	40.00	16.00	40.00	16.00	40.00	16.00
Kalsium Karbonat (OM2)	60.00	24.00	60.00	24.00	60.00	24.00
Solvent (Xylene)	29.17	11.67	29.17	11.67	29.17	11.67
Dispersing Agent (Tego Disperse 610)	1.25	0.50	1.25	0.50	1.25	0.50
Anti Busa (EFKA 2020)	0.80	0.32	0.80	0.32	0.80	0.32
Rheology modifier (HF Gel 140)	2.08	0.83	2.08	0.83	2.08	0.83
Seng Fosfat	18.75	7.50	9.375	3.75	0.00	0.00
Wollastonite	18.75	7.50	28.125	11.25	37.50	15.00
Kalsium Karbonat (OM2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Drier Cobalt	1.00	0.40	1.00	0.40	1.00	0.40
Drier Timbal	4.00	1.60	4.00	1.60	4.00	1.60
Drier Kalsium	1.90	0.76	1.90	0.76	1.90	0.76
Solvent (Pegamol 150)	22.30	8.92	22.30	8.92	22.30	8.92
Total	250.0	100.00	250.0	100.00	250.0	100.00

LAMPIRAN 3

Prosedur Persiapan Panel dan Aplikasi Cat

1. Persiapan Panel Uji.
 - 1.1. Persiapkan potongan baja karbon, dengan ukuran 20 x 10 cm.
 - 1.2. Blasting panel sesuai standard NACE no. 2/ SSPC SP10 hingga permukaannya hampir berwarna putih (Sa2½) dengan alat *sand blast*.



- 1.3. Setelah selesai rendam panel dalam minyak tanah.
 - 1.4. Bersihkan panel dengan MEK (metil etil keton) sebelum digunakan.
 - 1.5. Sebelum panel uji digunakan bandingkan permukaannya dengan KTA comparator sesuai dengan standard ISO 8503-1:1988)
2. Aplikasi Cat Menggunakan Teknik *Doctor Blade*.
 - 2.1. Siapkan cat yang akan diaplikasikan.
 - 2.2. Lubangi kertas karton seukuran panel uji.
 - 2.3. Rekatkan panel uji pada kertas karton yang berlubang sehingga permukaannya menjadi sejajar dengan kertas karton.
 - 2.4. Atur ketebalan pisau hingga didapat prediksi lapisan kering cat minimal 200 mikron.
 - 2.5. Pasang pisau di ujung bagian atas atas panel yang telah ditutupi karton.
 - 2.6. Tumpahkan secukupnya cat yang akan diuji di atas panel yang telah ditutupi karton.
 - 2.7. Tarik perlahan pisau ke bagian bawah sehingga cat tertarik merata di atas permukaan panel.
 - 2.8. Tunggu hingga cat kering untuk disentuh, kemudian lepaskan panel dari karton.
 - 2.9. Bersihkan bagian pinggir panel, tutupi bagian belakang panel dengan selotip vinyl hingga merata.
 - 2.10. Biarkan *cure* selama seminggu.

LAMPIRAN 4

Prosedur Pengukuran Ketebalan Cat Sesuai Standard ISO 2808: 2007

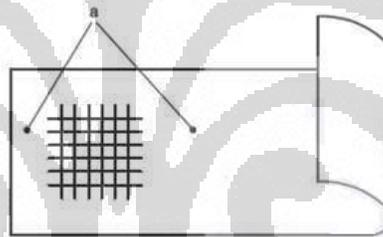
1. Pastikan *probe* bersih.
2. Kalibrasi *probe* menggunakan standar lembaran plastik yang paling mendekati ketebalan cat yang akan diukur.
3. Ulangi kalibrasi beberapa kali.
4. Letakan probe di atas lapisan cat yang akan di ukur ketebalannya.
5. Lihat angka pada layar alat.
6. Catat dan ulangi beberapa kali.



LAMPIRAN 5

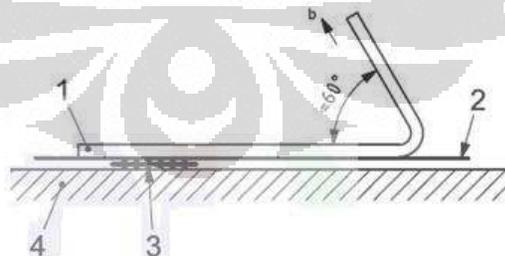
Prosedur Pengukuran Daya Rekat Sesuai Standard ISO 2409:2002 (*Cross Cut*)

1. Setelah ketebalannya diukur.
2. Siapkan panel pada kondisi horizontal dan rata.
3. Gores panel menggunakan pisau yang tajam.
4. Gores sebanyak 6 goresan dengan jarak antar gores yang disesuaikan dengan ketebalan cat.
 - Ketebalan maksimal $60\mu\text{m}$ (substrat logam): Jarak antar goresan 1 mm
 - Ketebalan maksimal $60\mu\text{m}$ (substrat non logam): Jarak antar goresan 2 mm
 - Ketebalan 61 - 120 μm (substrat logam dan non logam): Jarak antar goresan 2 mm
 - Ketebalan 121 - 250 (substrat logam dan non logam): jarak goresan 3 mm.
5. Putar panel 90° dan gores kembali sebanyak 6 goresan sehingga terbentuk kisi-kisi segi empat.
6. Letakan plaster pada kisi-kisi seperti pada Gambar berikut.



Ket: Posisi Plaster di Atas Kisi-Kisi Goresan, Dimana (a) Bagian Plaster yang Diratakan ke Bawah.

7. Tarik plaster dengan sudut 60° seperti pada Gambar 3.4.

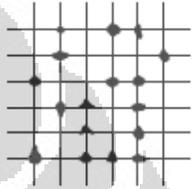
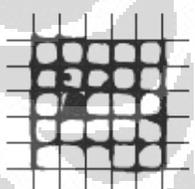
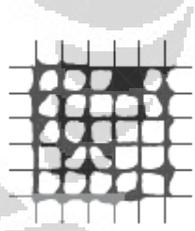
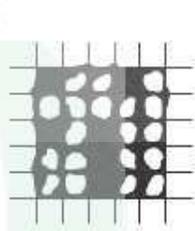


Ket: Arah Penarikan Plaster Pada Goresan dimana (1) Plaster; (2) Coating; (3) Goresan; (4) Substrat; (b) Arah Penarikan

8. Amati dan bandingkan rating dengan gambar panduan yang ditunjukkan pada ISO 2409:2007.

LAMPIRAN 6

Tabel Standard Penilaian Kekuatan Adhesi (*Cross-Cut Test*) ISO 2409: 2007

Pengelompokan	Deskripsi	Penampilan Permukaan dari Area yang Dipotong Melintang Dimana Pengelupasan Terjadi (Contoh, 6 Goresan Paralel)
0	Ujung Goresan/ Potongan sangat mulus, tidak ada satupun dari semua kisi kotak yang terkelupas.	-
1	Terkelupas nya lapisan kecil dari bagian ujung potongan. Tidak lebih dari 5% area potongan melintang yang terkena dampaknya.	
2	Bagian coating terkelupas pada bagian ujung hingga bagian garis potongan. Sebanyak tidak kurang dari 5% bagian potongan melintang dan tidak lebih dari 15% bagian terkena dampaknya.	
3	Bagian coating terkelupas sepanjang potongan sebagian atau keseluruhannya dalam bentuk pita besar, atau pada bagian kotak yang berbeda. Sebanyak tidak kurang dari 15% bagian potongan melintang dan tidak lebih dari 35% bagian terkena dampaknya.	
4	Bagian coating terkelupas sepanjang potongan sebagian atau keseluruhannya dalam bentuk pita besar, atau pada bagian kotak yang berbeda. Sebanyak tidak kurang dari 35% bagian potongan melintang dan tidak lebih dari 65% bagian terkena dampaknya.	
5	Setiap derajat pengelupasan yang bahkan tidak dapat dikelompokan pada pengelompokan 4.	-

LAMPIRAN 7**Prosedur Pengukuran Ketahanan Korosi Menggunakan Semprotan Larutan Garam Sesuai Standard ASTM B117**

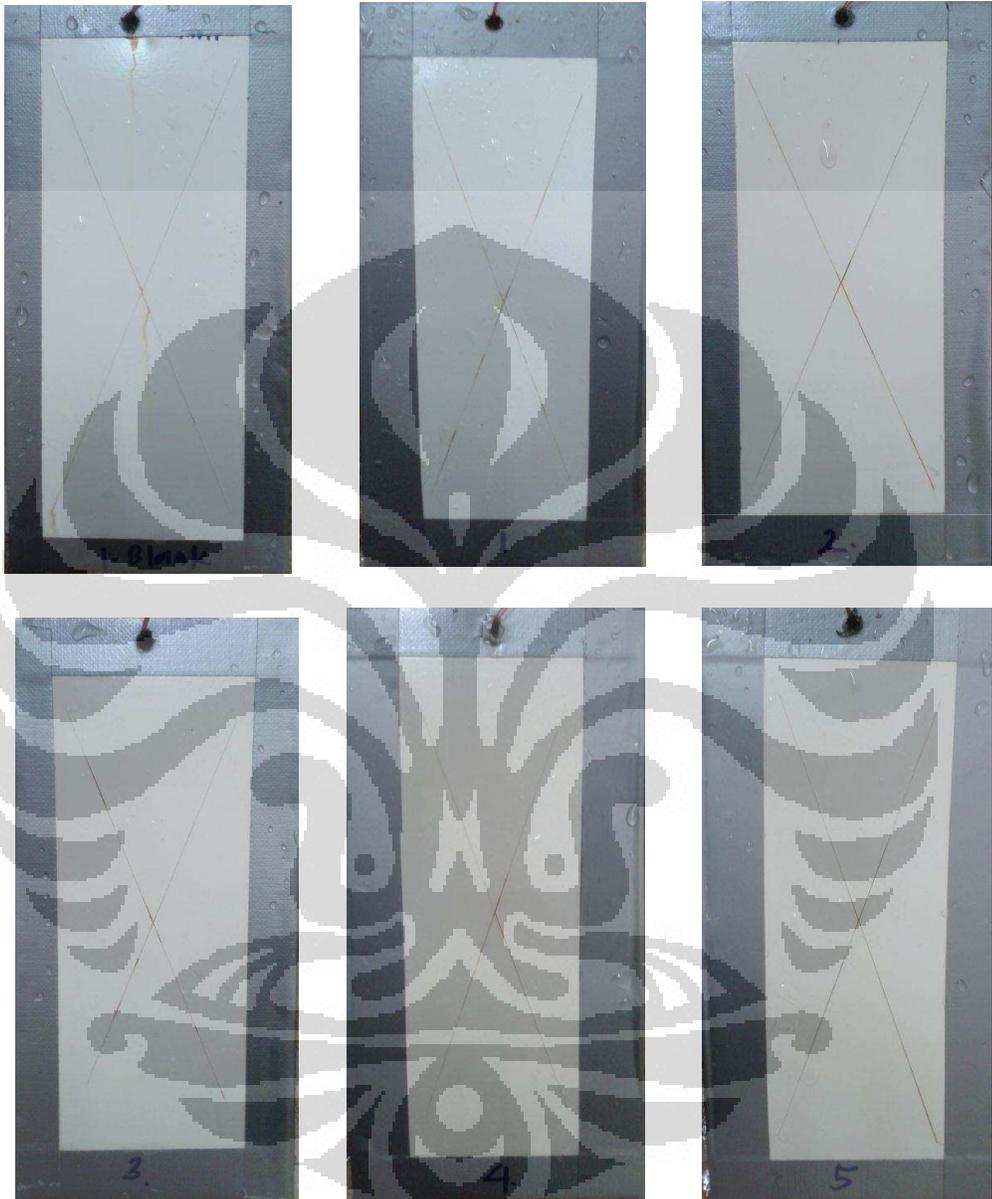
1. Persiapkan *spray cabinet* dan larutan garam 5% netral.
2. Pastikan suhu dalam *cabinet* $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$.
3. Pastikan laju alir larutan garam 1-2 mL/ jam dengan lama waktu pengujian minimal 24 Jam.
4. Gores panel secara menyilang dengan pisau sehingga menyentuh substrat.
5. Susun panel uji di dalam *cabinet* hindari kontak satu sama lain.
6. Tutup *cabinet*, kemudian jalankan alat tersebut.
7. Lakukan pengujian secara kontinu selama waktu yang diperlukan, kecuali pada waktu jeda singkat untuk menginspeksi, menyusun, atau mengisi kembali larutan garam.
8. Jeda pemeriksaan tidak diperolehkan melebihi satu jam selama 24 jam test.
9. Setelah waktu pengujian selesai, angkat panel dan periksa deteriorasi pada panel yang terjadi.
10. Amati goresan dan pelebaran goresan yang terjadi sesuai standard ASTM D1654 – 05.



Gambar Alat Pengujian *Salt Spray*.

LAMPIRAN 8

Panel Pengujian Semburan Garam Setelah 48 Jam



LAMPIRAN 9

Panel Pengujian Semburan Garam Setelah 96 Jam



LAMPIRAN 10

Panel Pengujian Semburan Garam Setelah 120 Jam

