



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PENAMBAHAN METALLOAM TERHADAP
KETAHANAN KOROSI DAN DAYA LEKAT PELAPISAN
DENGAN CAT EPOKSI PRIMER YANG DIAPLIKASIKAN
PADA SUBSTRAT BAJA KARBON RENDAH**

SKRIPSI

**GHUFRAN MAHFUZH
0606074905**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
JULI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PENAMBAHAN METALLOAM TERHADAP
KETAHANAN KOROSI DAN DAYA LEKAT PELAPISAN
DENGAN CAT EPOKSI PRIMER YANG DIAPLIKASIKAN
PADA SUBSTRAT BAJA KARBON RENDAH**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

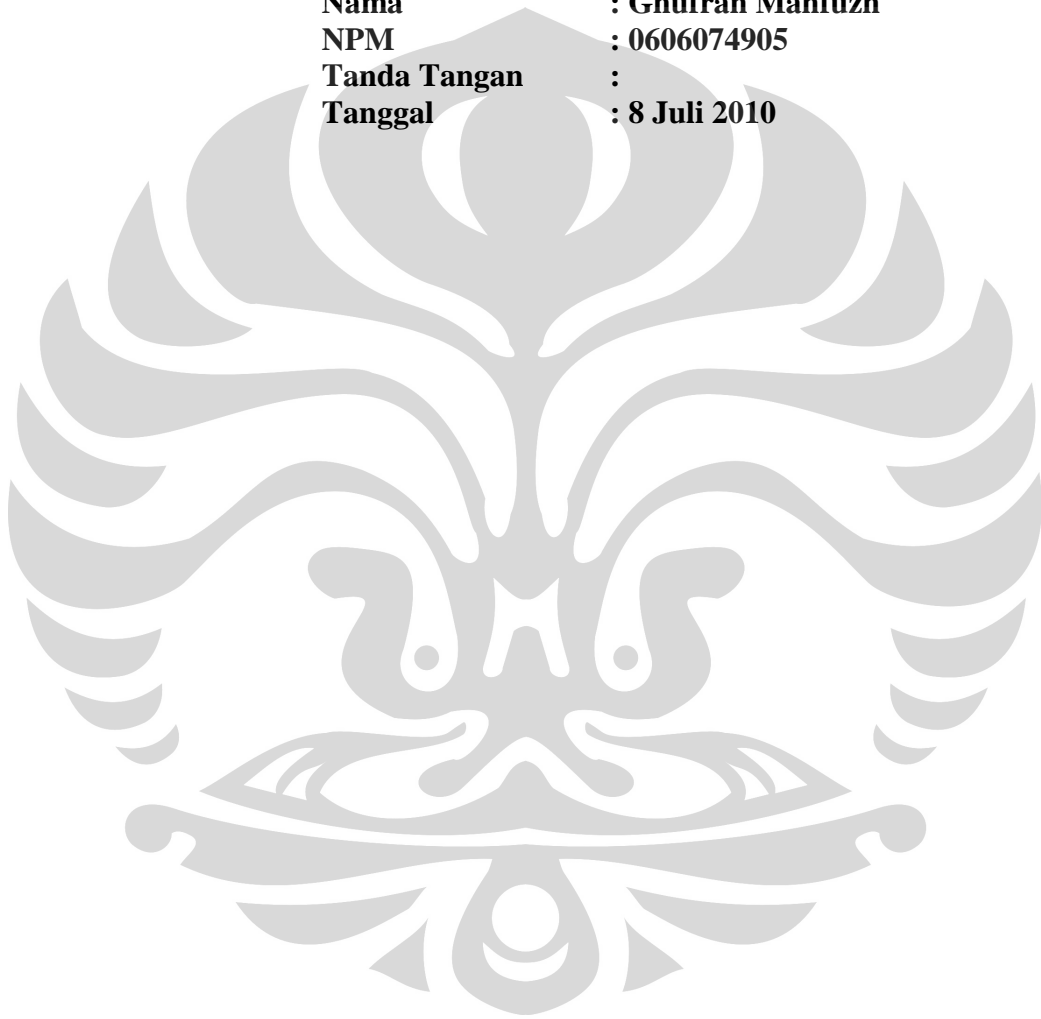
**GHUFRAN MAHFUZH
0606074905**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
JULI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Ghufan Mahfuzh
NPM : 0606074905
Tanda Tangan :
Tanggal : 8 Juli 2010



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Ghufran Mahfuzh
NPM : 0606074905
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Metalloam Terhadap Ketahanan Korosi dan Daya Lekat Pelapisan Dengan Menggunakan Cat Epoksi Primer yang Diaplikasikan Pada Substrat Baja Karbon Rendah

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Johnny Wahyuadi M. DEA. ()
Penguji 1 : Deni Ferdian S.T, M.Sc. ()
Penguji 2 : Iswachyudi ()
Penguji 3 : Dwi Marta Nurjaya, S.T, M.T. ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 8 Juli 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena hanya atas rahmat dan karunia-Nyalah saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Metalurgi & Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orangtua, Suryansyah dan Herlina, serta kakak saya Raihanah atas segala do'a, kasih sayang, pengertian serta dukungannya terhadap saya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Selain itu, saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada.

1. Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi M.S. DEA, selaku dosen pembimbing yang banyak membantu saya dalam penyusunan skripsi, serta selaku dosen pembimbing akademik yang membimbing saya dalam masa perkuliahan di Metalurgi dan Material.
2. Bapak Iswachyudi dan Bapak Nurjamil dari PT Sigma Utama yang telah membantu dalam memperoleh material tambahan cat, serta data - data yang saya perlukan.
3. Bapak Robert dan Bapak Yayat dari PT Harsa Wirasakti yang telah membantu dalam preparasi sampel
4. Keluarga besar Alm Syathibi Ainani dan Rukiah MZ, serta keluarga besar H.M Yusuf dan Atikah, atas segala rasa kasih sayangnya.
5. Seluruh teman di Teknik Metalurgi dan Material 2006, atas setiap kebersamaannya
6. Teman Metalurgi dan Material baik senior maupun junior
7. Seluruh Karyawan Departemen Metalurgi dan Material
8. Semua pihak yang banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu-satu.

Akhir kata, saya berharap semoga Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu

Depok, Juli 2010

Penulis



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

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

Nama : Ghufran Mahfuzh
NPM : 0606074905
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Departemen : Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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 :

**Pengaruh Penambahan Metalloam Terhadap Ketahanan Korosi dan
Daya Lekat Pelapisan Dengan Menggunakan Cat Epoksi Primer yang
Diaplikasikan Pada Substrat Baja Karbon Rendah**

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 mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 8 Juli 2010
Yang menyatakan

(Ghufran Mahfuzh)

ABSTRAK

Nama : Ghufran Mahfuzh
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul : Pengaruh Penambahan Metalloam Terhadap Ketahanan Korosi dan Daya Lekat Pelapisan Dengan Menggunakan Cat Epoksi Primer yang Diaplikasikan Pada Substrat Baja Karbon Rendah

Pelapisan merupakan salah satu cara yang paling umum digunakan untuk menghindari terjadinya korosi pada baja karbon rendah. Namun sering terjadi kegagalan pada pelapisan ini dikarenakan daya lekat cat yang kurang baik serta metode preparasi yang kurang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan metalloam pada cat epoksi primer terhadap ketahanan korosi dan daya lekat nya pada substrat baja karbon rendah. Untuk menganalisa terhadap ketahanan korosinya maka metode yang dilakukan yaitu uji sembur kabut garam dan untuk daya lekat dilakukan pengujian adhesi. Untuk meningkatkan ketahanan korosi dan daya lekat maka pada cat epoksi primer tersebut ditambahkan metalloam sebesar 5%, 10% dan 15%. Hasil yang didapat yaitu peringkat ketahanan korosi adalah 9 atau sangat baik untuk semua sampel. Kemudian dengan penambahan metalloam maka nilai daya lekat dari cat epoksi primer akan meningkat.

Kata kunci:

Aditif pelapisan, epoksi, pelapisan organik, baja karbon rendah, adhesi, korosi.

ABSTRACT

Name : Ghufran Mahfuzh
Study Program : Metallurgy & Materials Engineering
Title : The Effect of Adding Metalloam on Prime Epoxy Coating System to Corrosion Resistance and Adhesion Level Applied on the Low Carbon Steel Substrate

Coating is the most common and easy way to avoid and reduce the corrosion rate of low carbon steel. But failures often happened due to insufficient coating adhesion and low preparation method. This study aimed to understand the effect of adding metalloam additives on prime epoxy coating system to its corrosion resistance and adhesion level. Salt spray test method is use to analyse the corrosion rersistance rate and adhesion test for its adhesion's level. Metalloam of 5%, 10%, and 15% is added to prime epoxy solvent system to increase the corrosion resistance and adhesion level. The result shows that the corrosion resistance rate is 9 which is very good for every sample. And the prime epoxy adhesion's level is increase with the adding of metalloam.

Keywords :

Coating Additives, epoxy, organic coating, low carbon steel, adhesion, corrosion

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pelapisan Organik	5
2.1.1 Pengertian Pelapisan Organik	5
2.1.2 Sistem Pelapisan	5
2.1.3 Mekanisme Perlindungan Korosi dengan Cat	7
2.1.4 Komposisi Lapisan Organik	9
2.1.5 Adhesi Pelapisan	12
2.2 Preparasi Permukaan	13
2.3 Pengaruh Aditif terhadap Pelapisan	17
2.4 Kerusakan pada pelapisan	18
2.4.1 Korosi di Bawah Lapisan Organik	19
2.5 Metode Pengaplikasian	21
BAB 3 METODE PENELITIAN	23
3.1 Diagram Alir Penelitian	23
3.2 Alat & Bahan	24
3.2.1 Alat	24
3.2.2 Bahan	24
3.3 Prosedur Penelitian	24
3.3.1 Preparasi Permukaan Plat Baja	24
3.3.2 Pengecekan Lingkungan	25
3.3.3 Karakterisasi Aditif Metalloam	26
3.3.4 Proses Pengecatan	27
3.3.5 Pengukuran Ketebalan Lapisan	27
3.3.6 Pengujian Sembur Kabut Garam	28
3.3.7 Pengujian Adhesi	30

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Hasil Uji Sembur Kabut Garam	32
4.2 Hasil Uji Adhesi	39
BAB 5 KESIMPULAN	43
DAFTAR REFERENSI	44
LAMPIRAN	45



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Tingkat Kebersihan Beberapa Standar	16
Tabel 3.1	Nilai <i>Rating</i> Derajat Kerusakan ASTM D 1654	30
Tabel 4.1	Lebar Goresan Cat Epoksi Primer Tanpa Aditif Metalloam	32
Tabel 4.2	Pertambahan Kelebaran dan Nilai Tingkat Ketahanan Korosi Cat Epoksi Tanpa Metalloam	33
Tabel 4.3	Goresan Cat Epoksi Primer Dengan Aditif Metalloam 5 %	34
Tabel 4.4	Pertambahan Kelebaran dan Nilai Tingkat Ketahanan Korosi Sampel Cat Epoksi Primer Dengan Metalloam 5 %	34
Tabel 4.5	Lebar Goresan Cat Epoksi Primer Dengan Aditif Metalloam 10 %	35
Tabel 4.6	Pertambahan Kelebaran dan Nilai Tingkat Ketahanan Korosi Sampel Cat Epoksi Primer Dengan Metalloam 10 %	35
Tabel 4.7	Lebar Goresan Cat Epoksi Primer Dengan Aditif Metalloam 15 %	36
Tabel 4.8	Pertambahan Kelebaran dan Nilai Tingkat Ketahanan Korosi Sampel Cat Epoksi Primer Dengan Metalloam 15 %	36
Tabel 4.9	Data Hasil Uji Adhesi	39
Tabel 4.10	Kandungan Metalloam	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mekanisme Perlindungan Lapisan Penghalang	8
Gambar 2.2	Mekanisme Perlindungan Inhibisi Oleh Pigmen	8
Gambar 2.3	Proteksi Katodik Oleh Pigmen Zink Pada Cat	9
Gambar 2.4	Komponen-Komponen Penyusun Cat	10
Gambar 2.5	Skema <i>Mechanical Bonding</i> Antara <i>Coating</i> Dengan Substrat	12
Gambar 2.6	Penampang Lintang Lapisan Substrat Hasil <i>Blasting</i> Serta Pengaruhnya Terhadap Ketebalan Cat	15
Gambar 2.7	Kerusakan Pada <i>Coating</i> . (a) <i>Mechanical</i> , (b) <i>Thermal</i> (c) <i>Chemical Bond Failure</i>	19
Gambar 2.8	Mekanisme Delaminasi Katodik Yang Diawali Dari Cacat Pada Lapisan Organik dan <i>Blister</i>	20
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 3.2	(a) Sampel Sebelum Dilakukan <i>Blasting</i> , (b) Setelah Dilakukan <i>Blasting</i> Dengan SA 1, (c) Umpan Baja Yang Digunakan	25
Gambar 3.3	Alat Uji Temperatur dan Humiditas Lingkungan	26
Gambar 3.4	Sampel Aditif Metalloam	26
Gambar 3.5	SEM/EDAX LEO 410	27
Gambar 3.6	Alat dan Bahan Proses Pelapisan	27
Gambar 3.7	Pengukuran <i>wft</i> Dengan <i>wft gauge</i>	28
Gambar 3.8	Pengukuran <i>dft</i> Dengan <i>Elcometer Coating Thickness Gauge</i>	28
Gambar 3.9	<i>Salt Spray Chamber</i>	29
Gambar 3.10	Sampel Sebelum dan Sesudah Di <i>Scratch</i>	29
Gambar 3.11	<i>Elcometer Model 106 Adhesion Tester</i>	31

Gambar 3.12	Preparasi Pengujian Adhesi	31
Gambar 4.1	Foto Sampel Sebelum dan Setelah Uji Sembur Kabut Garam	33
Gambar 4.2	(a) Sampel Epoksi Ditambah Metalloam 5 %, (b) Metalloam 10 %, (c) Metalloam 15 %	38
Gambar 4.3	Grafik Pengaruh Penambahan Metalloam Terhadap Kekuatan Daya Lekat	40



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Spesifikasi Cat	45
Lampiran 2. Data EDS Metalloam	52
Lampiran 3. Data Pengaplikasian Cat	64



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Korosi merupakan proses yang paling umum menyebabkan terjadinya kegagalan pada material. Dimana korosi adalah proses penurunan sifat dari material, umumnya logam, karena terjadinya reaksi kimia dan elektrokimia dengan lingkungannya. Dari aspek ekonomi, kerugian yang diakibatkan korosi dapat dibagi menjadi dua, kerugian langsung dan kerugian tidak langsung. Kerugian langsung berupa biaya penggantian peralatan, dan biaya perlindungan. Kerugian tidak langsung berupa, *plant shutdown*, kehilangan produksi, kontaminasi produk, kontaminasi lingkungan, kehilangan efisiensi, *overdesign*[1]. Proses korosi sebenarnya tidak dapat dicegah, namun dapat dilakukan pengontrolan dengan berbagai cara, yaitu pemilihan material yang tepat, desain yang efektif, proteksi elektrokimia, inhibitor, dan pelapisan[2].

Pelapisan atau *coating* merupakan metode pengontrolan korosi dengan cara melapisi permukaan material sehingga tidak bereaksi dengan lingkungannya. Proses pelapisan ini menggunakan cat yang berbeda-beda untuk aplikasi lingkungan, yaitu air (laut, distilasi, *fresh*), atmosfer, gas, mineral asam, tanah dan lingkungan minyak[1].

Pada kondisi dilapangan menunjukkan, bahwa pada lingkungan air laut, walaupun baja telah dilakukan pelapisan, namun tetap terjadi cacat yang dapat merusak pelapisan tersebut sehingga tidak dapat menjalankan fungsinya sebagai proteksi korosi, seperti terjadinya *blistering* dan delaminasi. Cacat tersebut dapat terjadi karena proses preparasi permukaan yang tidak baik, pemilihan jenis cat yang tidak tepat, aplikasi pengecatan yang tidak tepat, proses pengeringan setelah dicat yang tidak sempurna, proteksi yang tidak efektif terhadap lapisan yang sangat agresif, dan juga kerusakan mekanis yang disebabkan karena proses *handling* atau *maintenance* yang salah.

Baja karbon rendah yang diaplikasikan pada lingkungan air laut rentan terhadap serangan korosi karena agresifitas dari ion Cl^- , oleh karena itu perlu dilakukan pelapisan terhadap baja tersebut. Pelapisan yang dilakukan harus baik,

karena seperti yang telah disebutkan diatas bahwa pelapisan yang kurang baik, dapat pula mengakibatkan cacat, sehingga akan lebih menurunkan ketahanan korosi dari baja tersebut. Penyebab utama dari timbulnya cacat tersebut adalah kurangnya daya lekat cat yang digunakan terhadap baja yang dilapisi.

Berdasarkan kondisi ini maka dibutuhkan aditif metalloam yang berfungsi sebagai zat pelekat untuk cat pelapisan dan baja yang dilapisi, sehingga dapat menambah daya lekatnya dan nilai ketahanan korosi dari pelapisan tersebut juga akan meningkat. Namun perlu diperhatikan penambahan metalloam tersebut juga mempengaruhi kondisi dari cat yang digunakan sehingga perlu diteliti reaksi yang terjadi antara metalloam dengan cat yang digunakan.

Proses preparasi permukaan sebelum dilapisi juga menjadi penentu yang signifikan terhadap hasil akhir dari pelapisan yang dilakukan, sehingga diperlukan preparasi permukaan yang baik[3]. Preparasi permukaan untuk pelapisan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan cara pengamplasan (*grinding*) maupun *sand blasting*, yang tentunya metode ini dilakukan setelah seluruh bagian dari permukaan yang akan dilapisi dibersihkan dengan seksama. Preparasi sampel yang tepat, dapat menghindarkan dari cacat seperti *blistering*, delaminasi, dan juga sangat berpengaruh terhadap daya lekatnya.

Mengingat pentingnya aspek tersebut, maka pada penelitian ini, akan dibahas mengenai pengaruh penambahan metalloam terhadap ketahanan korosi dan daya lekat proses pelapisan yang diaplikasikan pada baja karbon rendah, dengan cara membandingkan proses pelapisan dengan menggunakan cat yang tidak ditambahkan metalloam dan ditambahkan metalloam 5%, 10% dan 15 %.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penambahan metalloam, dengan cara membandingkan pelapisan dengan tanpa metalloam, penambahan metalloam 5 %, 10 %, 15 %, terhadap ketahanan korosi pelapisan dengan menggunakan cat epoksi primer yang diaplikasikan pada baja karbon rendah.
2. Mengetahui pengaruh penambahan metalloam, dengan cara membandingkan pelapisan dengan tanpa metalloam, penambahan metalloam 5 %, 10, 15 %,

terhadap daya lekat pelapisan dengan menggunakan cat epoksi yang diaplikasikan pada baja karbon rendah.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
 - a. Material substrat baja karbon rendah (SPCD)
 - b. Material pelapis cat epoksi primer
 - c. Material aditif metalloam (*metal glue*)
2. Pelapisan dilakukan dengan menggunakan cat epoksi primer tanpa metalloam dan ditambahkan metalloam 5 %, 10 %, dan 15 %, dengan ketebalan lapisan cat masing – masing adalah 100 mikrometer.
3. Preparasi permukaan substrat dilakukan sesuai dengan standar SSPC dan NACE
4. Aplikasi pelapisan dilakukan dengan menggunakan kuas rol.
5. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:
 - a. Pengujian sembur kabut garam (*salt spray*) ASTM B117 dan pemantauan terhadap hasil uji sembur kabut garam cat ASTM D 1654
 - b. Pengujian adhesi ASTM D 4541

1.4 Sistematika Penulisan

Skripsi ini di susun menjadi lima bab utama yaitu pendahuluan, dasar teori, metodologi penelitian, hasil dan pembahasan, dan kesimpulan.

Bab 1 Pendahuluan, berisi mengenai latar belakang penelitian, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab 2 Dasar Teori, berisi dasar teori yang terkait, diantaranya tentang dasar teori pelapisan logam, mekanisme perlindungan korosi menggunakan pelapisan, preparasi permukaan substrat, pengaruh aditif terhadap karakteristik pelapisan, metode pengaplikasian serta kerusakan-kerusakan yang dapat terjadi pada pelapisan.

Bab 3 Metodologi Penelitian, berisi diagram alir penelitian, peralatan dan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian serta prosedur penelitian yang berupa prosedur persiapan sampel hingga prosedur pengujian yang dilakukan.

Bab 4 Hasil dan Pembahasan, berisi data yang di dapat dari hasil pengujian yang telah dilakukan, baik berupa angka, gambar, maupun grafik dan kemudian pembahasan mengenai hasil pengujian serta membandingkannya dengan teori serta hasil penelitian sebelumnya.

Bab 5 Kesimpulan berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.



BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pelapisan Organik

2.1.1 Pengertian Pelapisan Organik

Coating atau pelapisan merupakan suatu metode perlindungan korosi yang menggunakan lapisan film tipis yang menghalangi kontak antara permukaan logam dengan lingkungannya sehingga logam tersebut tidak terjadi reaksi baik itu kimia maupun elektrokimia sehingga tidak terjadi korosi[4]. Pelapisan organik yaitu metode pelapisan yang melindungi terhadap serangan korosi dengan cara menghalangi permukaan material dari korosi aktif dengan menggunakan pigmen pada catnya[3].

2.1.2 Sistem Pelapisan Organik

Sistem pada pelapisan organik umumnya terdiri atas sejumlah cat baik itu yang sejenis maupun yang berbeda jenis. Sistem pelapisan ini dapat terdiri atas dua hingga empat sistem pelapis, namun yang paling umum digunakan yaitu 3 sistem lapisan yaitu[1].

- Lapisan Primer
- Lapisan Intermediate (*midcoats*)
- Lapisan Luar / *Topcoats*

Setiap lapisan ini memiliki fungsi masing-masing, namun ada juga suatu jenis cat yang memiliki dua peran sistem sekaligus. Berikut pemaparannya.

2.1.2.1. Lapisan Primer

Lapisan primer merupakan lapisan pertama dari sistem pelapisan cat dan menjadi lapisan yang paling umum terdapat pada sistem pelapisan karena merupakan komponen yang paling penting dalam sistem pelapisan. Lapisan ini merupakan dasar dari keseluruhan lapisan cat yang nantinya akan diaplikasikan, oleh karena itu lapisan primer harus memiliki ikatan adhesi yang kuat dengan substrat, dan menjadi basis yang baik bagi lapisan cat berikutnya. Lapisan primer umumnya memiliki sistem proteksi terhadap korosi selama periode aplikasi dan selama masa pakai dari keseluruhan sistem cat. Umumnya lapisan primer untuk

baja mengandung pigmen antikorosi seperti timbal, serbuk zink, zink kromat, zink fosfat dan lain lain. Jika sistem lapisan primer ini melindungi dengan cara mekanisme inhibisi, haruslah mengandung pigmen inhibisi yang dapat membentuk lapisan pasif untuk mengurangi kemungkinan terjadinya korosi. Fungsi utama dari lapisan primer yaitu.

- Adhesi atau daya lekat yang kuat terhadap substrat
- Kohesi atau nilai kekuatan internal
- Ketahanan terhadap lingkungan
- Memiliki daya ikat yang kuat dengan lapisan berikutnya

2.1.2.2. Lapisan menengah (*Intermediate coat*)

Lapisan menengah atau *intermediate coat* umumnya diaplikasikan pada sistem pelapisan yang didesain untuk aplikasi tertentu dimana ketebalan dan struktur catnya dapat ditentukan dengan signifikan. Formulasi untuk lapisan tengah ini haruslah tepat dan umumnya memiliki ketebalan yang cukup besar. Fungsi utama dari lapisan menengah yaitu.

- Sebagai ketebalan utama dari perlindungan pelapisan
- Ketahanan kimia yang kuat
- Ketahanan terhadap uap air
- Meningkatkan ketahanan elektrik dari pelapisan
- Kekuatan ikatan yang baik
- Kekuatan yang baik dengan lapisan primer dan lapisan atas

2.1.2.3. Lapisan Atas (*Topcoats*)

Lapisan ini merupakan lapisan terakhir dari sistem pelapisan cat. Lapisan atas / topcoat didesain untuk melindungi cat dari lingkungan luar (seperti angin, hujan, temperatur, mikrobiologi, senyawa kimia yang agresif serta polutan pada atmosfer) dan memiliki kontribusi perlindungan keseluruhan terhadap korosi serta memiliki warna dan tingkat kilap yang diharapkan pada aplikasi. Fungsi utama dari lapisan atas ini yaitu.

- Sebagai penutup pada sistem pelapisan
- Penghalang pertama terhadap lingkungan sekitar
- Ketahanan terhadap kimia, air dan cuaca
- Ketahanan ketangguhan dan aus pada permukaan

2.1.2.4. Variasi

Variasi yang dimaksudkan disini dimana bahwa pada suatu jenis cat dapat memiliki peran sebagai lapisan primer dan lapisan menengah sekaligus. Ataupun karena lapisan menengah jarang digunakan, maka pada suatu sistem pelapisan satu cat saja dapat berperan sebagai lapisan primer dan lapisan atas sekaligus, sehingga dapat menghasilkan perlindungan yang baik. Berikut adalah persyaratan yang harus dimiliki oleh suatu produk cat untuk pelapisan.

- Umur pakai (*design life*)
- Mudah dilakukan perbaikan pada sistem di masa yang akan datang
- Memenuhi kelas atau klasifikasi tertentu
- Memenuhi standar internasional tertentu
- Kesehatan dan Keselamatan pekerja terjaga, serta aman bagi lingkungan
- Biaya keseluruhan harus diperhitungkan

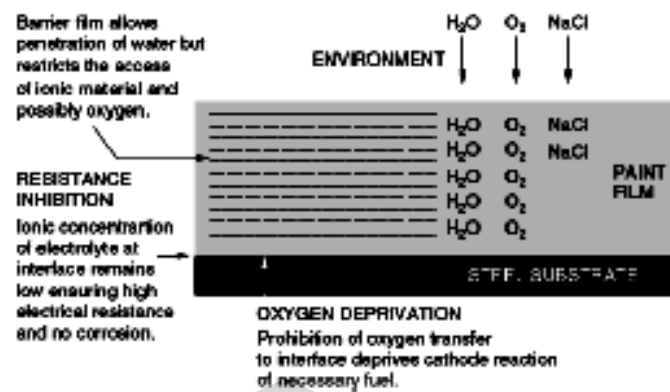
2.1.3 Mekanisme Perlindungan Korosi dengan Cat

Mekanisme perlindungan korosi dengan cat didasarkan pada ketiga prinsip berikut[5].

- *Barrier effect* (efek penghalang)
- *Inhibitor effect* (efek inhibisi)
- *Galvanic effect* (efek galvanis berupa proteksi katodik)

2.1.3.1. Efek penghalang (*barier effect*)

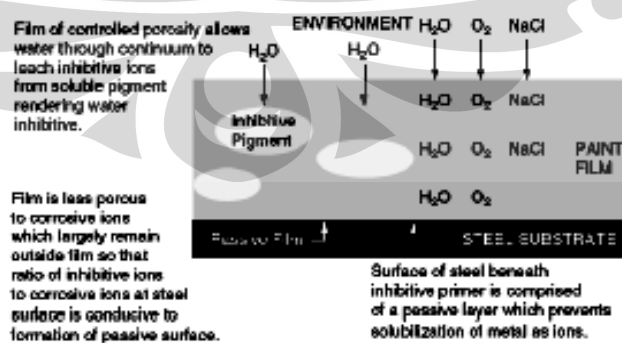
Prinsip *barrier effect* yaitu melindungi dengan cara melapisi cat yang kedap air dengan ketebalan tertentu pada logam, dan biasa digunakan pada area-area terendam, contohnya adalah bitumen, epoksi, dan lain-lain. Efek penghalang merupakan konsep dasar dari hampir seluruh lapisan antikorosi. Lapisan penghalang ini didesain agar substrat tidak bereaksi langsung dan terpengaruh oleh uap air atau udara yang menandung atom-atom oksigen serta tahan terhadap senyawa kimia disekitar. Gaya adhesi pada bagian bawah lapisan yang kontak langsung dengan substrat haruslah baik dan sepenuhnya membasahi permukaan yang berguna untuk mencegah terjadinya cacat (*void*) pada permukaan substrat.



Gambar 2. 1. Mekanisme Perlindungan Lapisan Penghalang[5]

2.1.3.2. Inhibisi

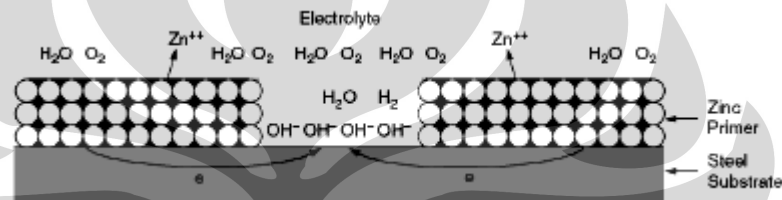
Prinsip *inhibitor effect* yaitu melindungi dengan cara menambahkan suatu zat inhibitor pada komposisi cat primer sebagai bagian dari pigmen untuk menahan laju korosi. Zat inhibitor ini umumnya hanya ditambahkan pada lapisan primer saja, dan mengandung pigmen yang bereaksi ketika *moisture* masuk terserap pada lapisan cat. Adanya *moisture* yang bereaksi dengan zat inhibitor ini akan menghasilkan suatu lapisan pasif tipis yang mempasifasi area atau jalur *moisture* menuju substrat. Pigmen yang bersifat inhibisi ini bersifat aktif, yang mana pigmen tersebut akan mengalami ionisasi ketika ada *moisture* air yang terserap pada lapisan cat. Proteksi jenis ini umumnya hanya berfungsi untuk perlindungan atmosferik, karena pada lingkungan yang basah atau terendam akan mudah terjadi *osmotic blistering* akibat dari pigmen yang sensitif terhadap air.



Gambar 2. 2. Mekanisme Perlindungan Inhibisi Oleh Pigmen[5]

2.1.3.3. Proteksi katodik oleh pigment

Kemudian prinsip *galvanic effect* yaitu melindungi dengan cara proteksi pada sistem proteksi katodik atau galvanis. Sistem proteksi ini dapat terjadi karena kandungan zink yang terdapat pada cat, yang mana akan bertindak sebagai anoda korban. Konsepnya adalah ketika uap air terserap oleh lapisan cat, maka akan terjadi reaksi pada pigmen yang umumnya adalah seng, sehingga pigmen zink menjadi anoda dan lebih dulu terkorosi. Kelebihan metode ini adalah walaupun terjadi goresan pada lapisannya, sistem proteksi katodik tetap berjalan seperti pada gambar 2.3 berikut.



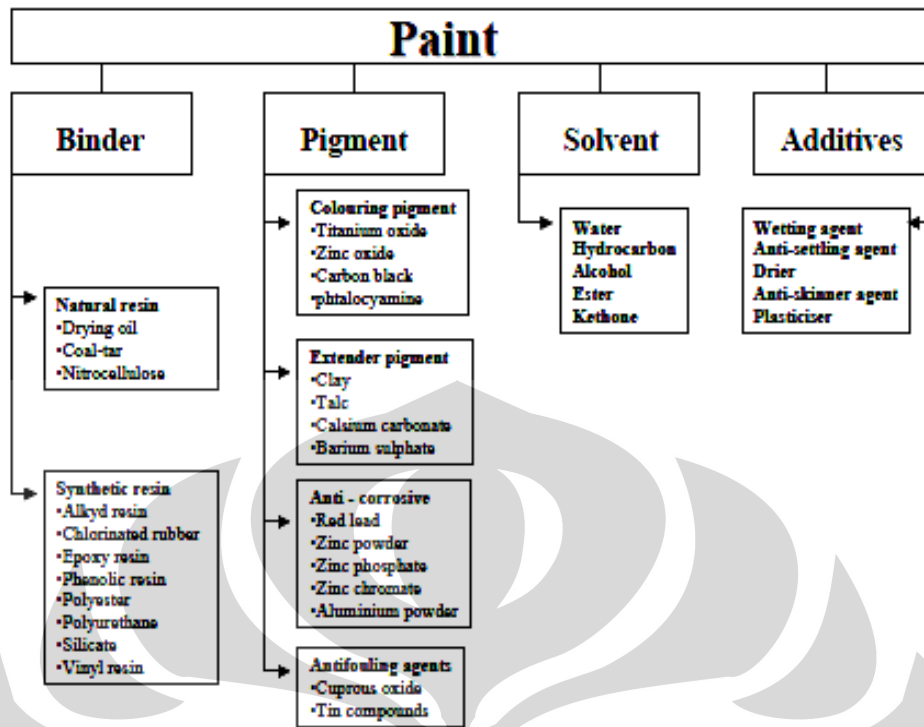
Gambar 2. 3. Proteksi Katodik Oleh Pigmen Zink Pada Cat[5]

2.1.4 Komposisi Pelapisan Organik

Cat umumnya tersusun dari bahan-bahan berikut ini[3]:

- *Binder* / Pengikat / Resin polimer
- Pigmen / *Extender*
- *Solvent* / Pelarut
- Aditif

Setiap bahan tersebut mempunyai unsur penyusun yang tertentu sehingga memiliki fungsi-fungsi yang signifikan. Pada gambar berikut menunjukkan rangkuman umum dari bahan-bahan pelapisan organik tersebut beserta jenis-jenisnya.



Gambar 2. 4. Komponen-Komponen Penyusun Cat

2.1.4.1. Pengikat (*Binder*)

Binder atau resin merupakan unsur pembentuk film pada pelapisan organik, di mana *binder* akan membentuk matriks berupa fasa polimerik yang kontinu pada lapisan organik. Berat jenis dan komposisi dari resin sangat menentukan permeabilitas, ketahanan kimia, dan ketahanan sinar ultraviolet dari lapisan organik.

Proses terbentuknya lapisan film yang kontinu terjadi melalui proses *curing*, baik secara fisika, kimia, ataupun keduanya. Proses *curing* secara fisika didapatkan dengan proses *sintering* (pemanasan). Contoh dari *curing* secara fisika ialah zat lapis *organik* yang berjenis *thermoplastic* dipanaskan di dalam oven, sehingga serbuk *binder* dapat terdeposit pada permukaan logam. Pada proses *curing* secara kimia, pembentukan lapisan film terjadi melalui reaksi kimia yang dapat berupa *reactive curing* maupun *oxidative curing*. Pada *reactive curing* terjadi reaksi *crosslinking*. Sedangkan pada *oxidative curing*, oksigen dan atmosfer bereaksi dengan monomer-monomer *binder* sehingga menyebabkan reaksi polimerisasi [3].

Jenis *binder* yang digunakan berbagai macam, seperti *epoxy*, *acrylic*, *polyurethane*, *polyester*, *alkyd*, dll. Masing-masing *binder* tersebut memiliki sifat yang berbeda satu sama lain [3]. Oleh karena itu di dalam menentukan jenis lapisan organik yang akan digunakan harus diperhatikan lingkungan operasi dan juga sifat-sifat yang dimiliki masing-masing *binder*.

2.1.4.2. Pigmen

Pigmen yang ada pada lapisan organik bertujuan untuk memberikan warna pada sistem pelapisan sehingga meningkatkan sifat dekoratif. Selain itu unsur pigmen juga dapat meningkatkan sifat proteksi korosi dari lapisan organik. Di dalam memproteksi substrat logam dari korosi, pigmen dapat bekerja sebagai zat inhibitor seperti *phosphate*, zat yang dikorbankan seperti seng, serta zat penghalang seperti kaca [5].

Sebagai inhibitor, pigmen merupakan zat yang dapat larut di dalam air yang berpenetrasi pada lapisan organik. Sehingga saat menyentuh permukaan logam, zat tersebut mendorong terbentuknya lapisan pelindung yang akan melindungi permukaan logam dari korosi. Sebagai zat penghalang, pigmen memiliki ketahanan terhadap zat kimia. Jenis pigmen yang terkandung di dalam lapisan organik harus cocok dengan resin dan juga harus tahan terhadap lingkungan di mana lapisan organik berada [3].

2.1.4.3. Pelarut (*solvent*)

Tujuan dari komponen *solvent* ialah untuk mengurangi viskositas (kekentalan) dari *resin* dan komponen lainnya sehingga menghasilkan pencampuran yang homogen. Dengan berkurangnya viskositas maka zat lapis organik akan mudah diaplikasikan pada substrat sehingga menghasilkan lapisan film yang tipis, halus, dan merata/kontinu.

Pelarut organik dibutuhkan saat pengaplikasian zat lapis organik pada substrat. Tetapi setelah pengaplikasian tersebut, pelarut didesain untuk menguap dari lapisan film organik yang masih basah, jika ada pelarut yang tidak menguap, maka akan menyebabkan kegagalan pada lapisan organik, seperti *blistering* dan *pinhole*.

Pada beberapa kasus, pelapisan organik dapat dilakukan pengadukan dan pengaplikasian dengan langsung tanpa membutuhkan pelarut. Sistem pelapisan

seperti ini biasanya disebut dengan “*solvent-free coating*”. Contoh dari sistem pelapisan seperti ini yaitu pada cat dengan viskositas rendah, epoksi dengan dua komponen dan juga pada pelapisan dengan bahan serbuk.

2.1.4.4. Zat Aditif

Selain bahan pengikat, pigmen dan pelarut, umumnya digunakan juga bahan tambahan / aditif pada cat. Aditif ini berfungsi untuk menyeragamkan cat, kemudahan difabrikasi, meningkatkan penampilan ataupun meningkatkan kualitas dan sifat mekanis. Penjelasan lebih detail mengenai aditif akan dijelaskan pada subbab 2.3

2.1.5 Adhesi Pelapisan

Adhesi merupakan suatu fenomena yang terjadi pada *interface* (lapisan antarmuka) yang berhubungan dengan efek fisik dari reaksi kimia. Dalam hal ini, adhesi merupakan interaksi antara *coating* dengan substrat logam. Ada tiga teori berkaitan dengan adhesi, yaitu *mechanical bonding* (ikatan mekanik), *electrostatic attraction*, dan *chemical bonding* (ikatan kimia)[7]. Penjelasan dari teori tersebut ialah sebagai berikut.

1. *Mechanical Bonding*

Saat permukaan substrat yang mengandung pori, lubang, atau celah diaplikasikan *coating*, maka *coating* akan berpenetrasi ke dalam celah tersebut. Sehingga saat *coating* mengering, maka akan terbentuk *mechanical bonding* antara *coating* dengan substrat, seperti ditunjukkan oleh gambar 2.1. Permukaan substrat yang kasar dapat meningkatkan adhesi dari *coating* pada substrat.



Gambar 2.5 Skema *Mechanical Bonding* Antara *Coating* Dengan Substrat[3]

2. *Electrostatic Attraction*

Gaya elektrostatis dapat terjadi pada *interface* antara *coating* dengan substrat. Adanya perbedaan *electrical charge* antara *coating* dengan substrat membentuk adhesi *coating* pada substrat.

3. *Chemical Bonding*

Ikatan kimia yang terjadi pada *interface* seringkali terdapat pada *thermoset coating*. Ikatan tersebut merupakan ikatan yang sangat kuat dan tahan lama. Untuk terjadinya ikatan kimia maka diperlukan suatu *reactive chemical group*, seperti *xylene*, yang dapat menciptakan ikatan yang kuat antara *coating* dengan substrat.

2.2 Preparasi Permukaan

Persiapan permukaan merupakan bagian terpenting dari sistem pengecatan. Lebih dari 60% keberhasilan sistem penanggulangan korosi dengan lapisan cat, ditentukan oleh persiapan permukaannya. Tujuan dari persiapan permukaan adalah:

- Memperbesar luas permukaan benda kerja sehingga daya adhesi lapisan cat dengan benda kerja menjadi semakin kuat
- Membersihkan permukaan logam agar bebas dari minyak, lemak, debu, produk korosi, garam, sisa cat, dan sebagainya. Kebersihan ini diperlukan agar lapisan dapat terikat kuat dengan logam.

Ada 2 jenis metode pembersihan permukaan (berdasarkan jenis pembersih yang dipakai), yaitu dengan cara mekanik dan kimia:

Pembersihan secara mekanik terbagi atas:

Pembersihan dengan peralatan tangan

Pembersihan dengan metode ini umumnya menggunakan alat seperti *scraper*, kertas amplas dan sikat besi. Pembersihan dengan peralatan tangan ini dilakukan berdasarkan standar dari SSPC (*the Society for Protective Coating*) SP 2. Setelah dilakukan pembersihan dengan peralatan tangan diharapkan permukaan substrat bebas dari sisa cat yang menempel, karat dan *mill scale* serta tergolong mudah dibersihkan. Metode ini paling lambat dibanding metode lain, dan umumnya digunakan untuk permukaan yang berukuran kecil atau pembersihan setempat (*spot cleaning*).

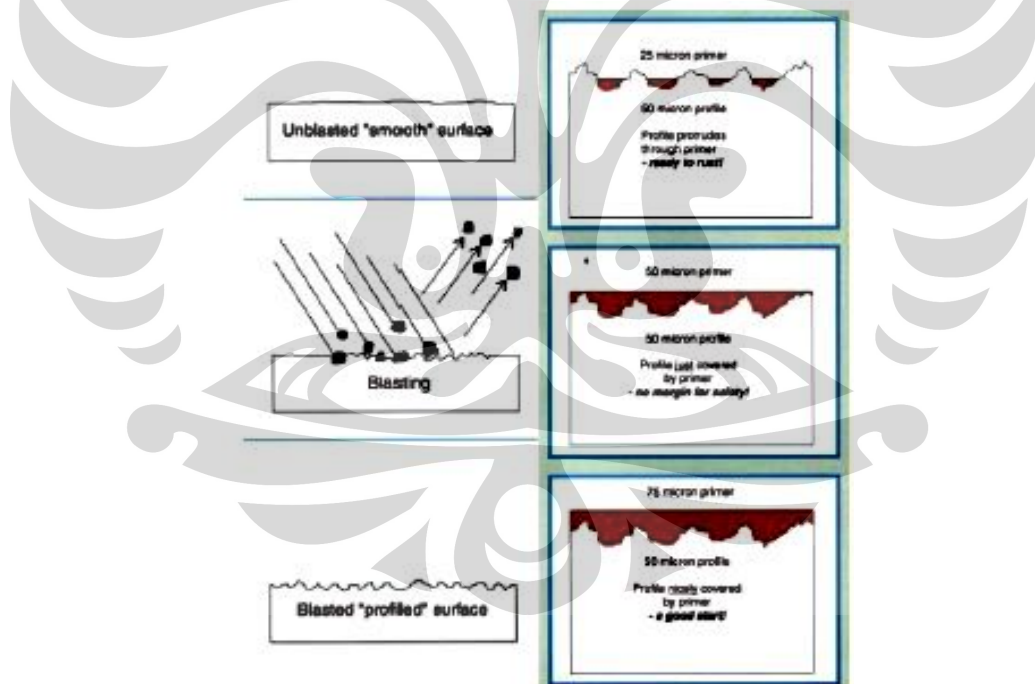
Pembersihan dengan mesin

Pembersihan dengan metode ini menggunakan alat seperti gerinda, *needle gun*, mesin *scraper*, *chipping hammers* dan sikat besi elektrik. Mekanisme pembersihan dengan impact, abrasi ataupun keduanya. Pembersihan dengan mesin ini dapat dilakukan berdasarkan standar SSPC SP 3. Setelah dilakukan pembersihan dengan peralatan tangan diharapkan permukaan substrat bebas dari *weld spatter*, minyak, sisa cat, karat dan *mill scale* yang tidak dapat dibersihkan dengan peralatan tangan. Untuk cat yang merupakan jenis *surface tolerance* cukup dibersihkan dengan metode ini. Sama seperti pembersihan dengan peralatan tangan, pembersihan jenis ini juga merupakan pembersihan setempat dan untuk daerah tertentu saja namun tingkat kebersihannya lebih tinggi dan waktunya lebih singkat dibandingkan dengan pembersihan dengan peralatan tangan.

Pembersihan dengan metode *blasting*

Merupakan metode yang paling populer dan banyak digunakan. Proses pembersihan dengan metode ini dilakukan dengan menggunakan pasir atau butiran kecil dari baja ataupun material keras lain. Metode ini terbagi menjadi dua, yaitu *wet blasting* dan *dry blasting*. Pada metode *wet blasting* pembersihan dilakukan dengan menambahkan air atau cairan anti korosi pada saat melakukan penembakan dengan pasir baja tersebut. Cairan yang ditambahkan tersebut bertujuan untuk menghilangkan debu hasil *blasting* serta menghindari percikan api yang dapat terbentuk saat partikel abrasif mengenai permukaan substrat. Metode ini terdiri dari *high pressure water jetting*, *low pressure water plus abrasive injection*, *air blasting with water injection*, *steam blasting*, *with or without abrasive injection*. Sedangkan pada metode *dry blasting* proses pembersihan dilakukan tanpa menggunakan air atau cairan. Umumnya pembersihan dengan metode *dry blasting* lebih murah dibandingkan dengan *wet blasting* karena tidak membutuhkan cairan anti korosi seperti pada *wet blasting* yang mana penggunaan *wet blasting* terutama pada daerah – daerah yang mudah terbakar atau *plant* yang tidak bisa di *shutdown*. Partikel abrasif akan menumbuk dan mengikis permukaan logam dan semua pengotor akan terkelupas dari permukaan logam. Partikel abrasif ini dapat berbentuk bundar (*shot*), pipih tajam

(*grit*) dan berbentuk silinder (*cut wire*). Untuk mendapatkan tingkat kekasaran permukaan / profil bergantung dari jenis abrasif yang digunakan pada permukaan benda kerja. Pada umumnya cat yang lebih tebal memerlukan tingkat kekasaran yang lebih besar dan lapisan cat yang lebih tipis permukaannya tidak perlu terlalu kasar, seperti terlihat pada gambar 2.11. Metode pembersihan dengan *abrasive blasting* ini memiliki tingkat kebersihan permukaan substrat yang lebih tinggi daripada metode lainnya terhadap produk karat, garam oli dan sebagainya yang disebabkan karena pengelupasan bagian luar substrat. Proses pengelupasan ini terjadi karena terjadi tumbukan oleh partikel abrasif yang lebih keras sehingga menyebabkan terjadinya mekanisme abrasi dimana material yang lebih lunak akan rusak karena tertumbuk material yang keras sehingga akan terkikis dari permukaan. Karena kotoran berada pada bagian permukaan substrat yang terkikis dan terangkat maka setelah diblasting permukaan substrat menjadi bersih serta bebas dari pengotor yang ada.



Gambar 2.6 Penampang Lintang Lapisan Substrat Hasil *Blasting* Serta Pengaruhnya Terhadap Ketebalan Cat

Tingkat kebersihan dari pembersihan dengan metode *blasting* berbeda-beda. Kehadiran pengotor setelah *blasting* menjadi patokan tingkat kebersihan,

berdasarkan *British Standard* maka tingkat kebersihan dari *blasting* dibagi menjadi 4 yaitu.

Sa1- Light blast cleaning. Ketika dilihat tanpa menggunakan kaca pembesar, permukaan bebas dari minyak, produk korosi, *millscale* tipis yang memiliki daya adhesi yang rendah. Sementara itu, sisa cat dan *millscale* yang tebal umumnya masih tersisa setelah pembersihan.

Sa2 - Through blast cleaning. Keberadaan dari minyak, lemak, produk karat, sisa cat dan kontaminan lain tidak lebih dari 10 % dalam area 6400 mm².

Sa2½ - Very through blast cleaning. Keberadaan dari minyak, lemak, produk karat, sisa cat dan kontaminan lain tidak lebih dari 5 % dalam area 6400 mm².

Sa3 - Blast cleaning to visually clean steel. Membersihkan seluruh kotoran yang terlihat tanpa menggunakan kaca pembesar, pembersihan kotoran meliputi minyak, lemak, debu, *millscale*, karat, cat, dan kotoran lainnya

Tabel 2. 1 Perbandingan Tingkat Kebersihan Beberapa Standar

PERBANDINGAN TINGKAT BLASTING			
SSPC	BS 7079 (SS 05 59 00)	BS 4232 (deprecated)	NACE
White metal (SP5)	Sa3	1st Quality	Grade 1
Near white metal (SP10)	Sa2½	2nd Quality	Grade 2
Commercial finish (SP6)	Sa2	3rd Quality	Grade 3
Light blast and brush off	Sa1	N/A	Grade 4
SSPC = Steel Structures Painting Council NACE = National Association of Corrosion Engineers			

Pembersihan dengan cara kimia berbeda dari cara mekanik (peralatan tangan, mesin ataupun *blasting*). Dalam hal ini permukaan logam yang akan dibersihkan diubah secara kimia. Metode ini terdiri atas:

Degreasing: Menghilangkan lemak dan minyak dengan menggunakan suatu larutan umumnya merupakan *xylene* dan diaplikasikan pada kain lalu digosokkan pada permukaan substrat.

Pickling: Pembersihan dengan menggunakan asam (umumnya asam sulfat 5-10 %) pada temperature 65-70 °C. Dilakukan untuk membersihkan *millscale*, produk karat dan sebagainya, tergantung dari lamanya waktu yang digunakan.

Washing: Pembersihan dengan air bersih untuk membersihkan asam dan residu lain pada permukaan umumnya dengan cara *spray* atau menggunakan *hose*.

Phosphating: Pembersihan dengan menggunakan asam fosfat 1 – 2 % pada temperature 80 °C, selama 1 sampai 2 menit sehingga akan menghasilkan lapisan tipis sebagai inhibisi yang mana pada suhu yang masih hangat *coating* tertentu sangat cocok untuk diaplikasikan.

2.3 Pengaruh Aditif Terhadap Pelapisan

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa sejumlah aditif dapat ditambahkan pada cat dalam pelapisan untuk maksud dan tujuan tertentu. Penambahan aditif ini antara lain dapat berfungsi sebagai[6].

- Menaikkan sifat ketahanan korosi dari pigmen
Beberapa aditif dapat ditambahkan untuk meningkatkan sifat ketahanan korosi dari pigmen cat utama, contoh aditif yang dapat berfungsi seperti ini adalah zink fosfat.
- *Antifoam*
Pada beberapa material cat yang mempunyai sifat permukaan yang baik, terkadang mempunyai kecenderungan untuk membentuk *foam* atau buih pada permukaannya. Oleh karena itulah diperlukan aditif yang berfungsi sebagai *antifoam* untuk mengatasi masalah yang mungkin terjadi seperti ini.
- *Antisettling agents*
Aditif jenis ini umumnya digunakan pada material cat yang menggunakan pelarut untuk proses pencampurannya.
- *Drier*
Pada aditif jenis ini berfungsi sebagai membantu dalam proses pengeringan cat, atau mempercepat waktu *curing* dari material cat utama. Dengan ditambahkan aditif ini maka waktu pengaplikasian dapat dipercepat, yang mana sangat diperlukan pada pelapisan yang membutuhkan ketebalan cukup tinggi.

Sebenarnya penggunaan aditif dalam pelapisan masih sangat luas, aditif antara lain dapat berfungsi sebagai penambah nilai adhesi dan kohesi dari cat dan juga aditif banyak digunakan sebagai penambah nilai dekoratif dari cat, sehingga meningkatkan nilai estetika dari material cat yang digunakan.

Namun dalam penambahan aditif untuk material cat, maka terdapat beberapa hal yang harus benar-benar diperhatikan. Hal tersebut antara lain yaitu.

- Aditif mempunyai fungsi yang spesifik untuk tiap jenis aditifnya sehingga penggunaannya harus sesuai dengan tujuan serta formulasi material catnya.
- Aditif dapat menyebabkan efek samping lain daripada tujuan penambahannya sehingga perlu diperhatikan dengan seksama komposisi penambahannya. Penambahan aditif yang berlebihan dapat berakibat hilangnya sifat aditif tersebut bahkan sifat awal material cat.
- Penambahan aditif untuk waktu yang lama atau secara berkala terkadang memerlukan formulator baru untuk mendapatkan efek yang optimum dari aditif yang digunakan
- Penambahan aditif untuk mendapatkan sifat tertentu pasti akan dapat mempengaruhi sifat yang lain, sehingga sifat - sifat yang ingin ditingkatkan dengan penambahan aditif perlu dianalisa terlebih dahulu sehingga dengan penambahan aditif benar - benar optimum untuk meningkatkan sifat yang diinginkan dan tidak mempengaruhi sifat yang lain.

2.4 Kerusakan Pada Pelapisan

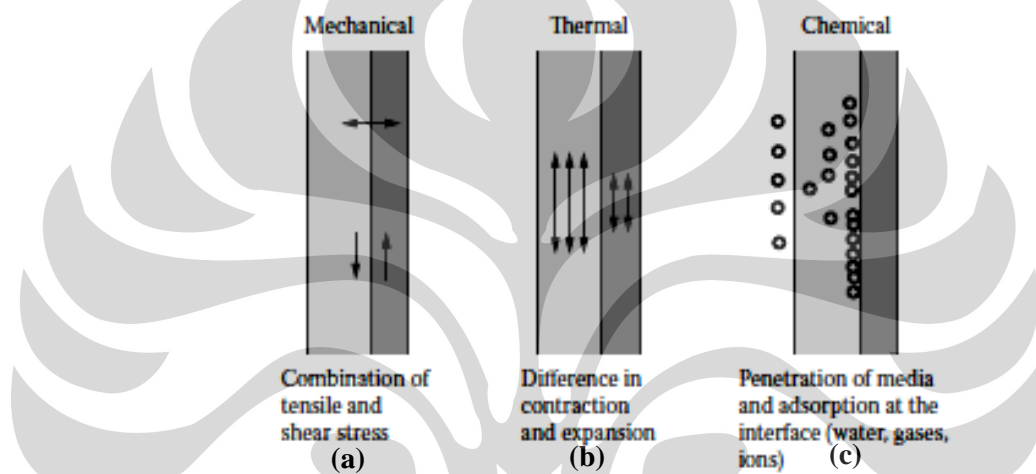
Kerusakan atau kegagalan pada pelapisan dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain preparasi permukaan yang kurang baik, pengaplikasian lapisan organik pada substrat yang kurang baik, efek lingkungan, cacat pada lapisan organik, serta korosi. Kegagalan yang terjadi pada *coating* dapat berupa *cohesive failure* serta *stress* dan *chemical failure*[3].

- *Cohesive Failure*

Cohesive failure terjadi saat *coating* tidak dapat menahan gaya/beban dari luar, sehingga kerusakan terjadi pada *coating*.

- *Stress and Thermal Failure*

Adanya gaya mekanik dari luar, baik itu tegak lurus maupun sejajar dengan lapisan *interface*, dapat merusak *coating* maupun ikatan yang terjadi antara *coating* dengan substrat. Adanya perubahan temperatur yang dialami *coating* akan menimbulkan *stress concentration* pada lapisan *interface*. Dan adanya zat kimia pada suatu lingkungan yang berpenetrasi ke dalam *coating* sehingga mencapai lapisan *interface* akan membuat *coating* kehilangan adhesinya pada substrat logam. Gambaran dari kerusakan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Kerusakan Pada *Coating*. (a) *Mechanical*, (b) *Thermal*, (c) *Chemical Bond Failure*[3]

2.4.1 Korosi di Bawah Lapisan Organik

Saat lapisan organik berada pada lingkungan lembab ataupun larutan encer, air akan berpenetrasi ke dalam lapisan *interface* antara substrat dan lapisan organik. Penetrasi air tersebut akan mengganggu ikatan antara substrat dan lapisan organik sehingga menyebabkan hilangnya adhesi, dan terjadinya inisiasi korosi. Korosi di bawah lapisan organik diantaranya yaitu *blistering* (pelepuhan) serta delaminasi katodik [3].

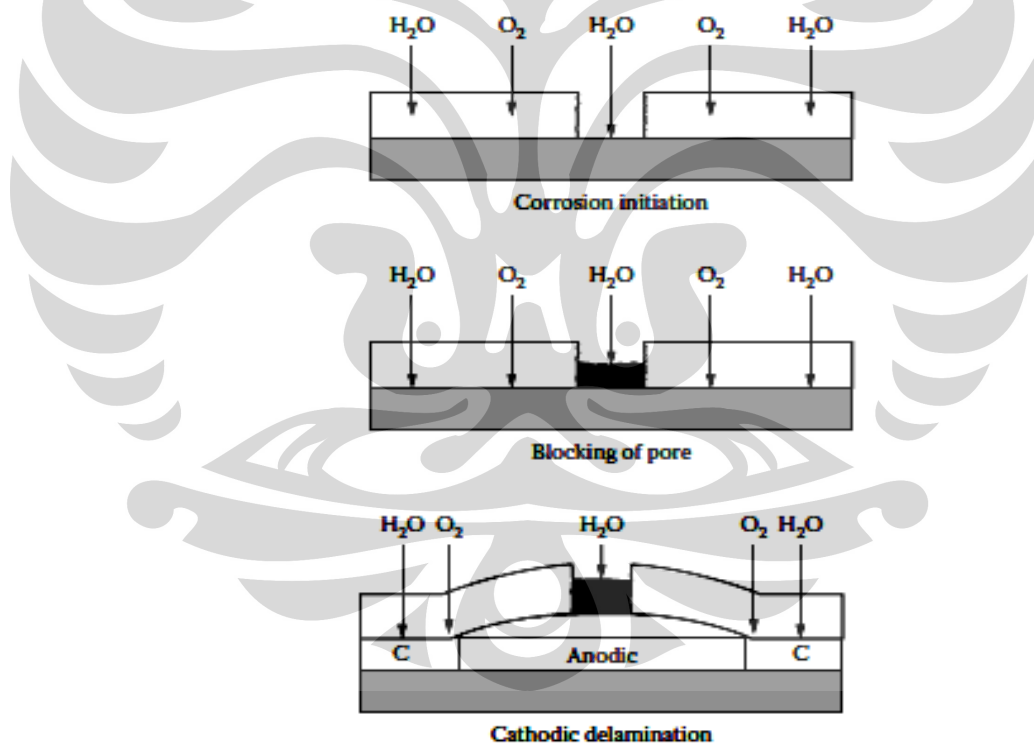
2.4.1.1 *Blistering*

Uap air dan oksigen dapat berdifusi ke dalam lapisan film dan berakhir pada lapisan *interface* antara substrat dan lapisan film. Akibatnya, pada *interface* akan terkumpul molekul air, dan akan terus meningkat pada *interface* yang

adhesinya kurang baik. Reaksi korosi dimulai pada bagian tersebut karena adanya elektrolit yang terakumulasi. Reaksi tersebut menyebabkan terbentuknya *blister* (pelepuhan), di mana adhesi antara *coating* dan substrat menjadi rusak. *Blister* tersebut nantinya dapat tumbuh dan berkembang, sehingga menyebabkan peristiwa delaminasi katodik[3].

2.4.1.2 Delaminasi Katodik

Saat proteksi katodik diberikan pada logam yang terlapis *organic coating*, maka peristiwa delaminasi katodik dapat terjadi. Delaminasi katodik merupakan peristiwa hilangnya adhesi antara substrat dan lapisan film. Peristiwa tersebut juga dapat terjadi tanpa adanya proteksi katodik yang diberikan pada substrat logam. Hilangnya adhesi *coating* pada substrat dapat terjadi pada daerah lapisan organik yang mengandung cacat maupun yang masih baik. Mekanisme delaminasi katodik dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Mekanisme Delaminasi Katodik Yang Diawali Dari Cacat Pada Lapisan Organik dan *Blister*[3]

Pada kondisi lapisan organik yang mengandung cacat, ada bagian substrat yang langsung terpapar oleh lingkungan korosif sehingga menghasilkan produk korosi. Produk korosi tersebut terus terbentuk sehingga menutupi bagian *coating*

yang cacat, dan merusak ikatan antara *coating* dengan substrat sehingga terjadi *blistering*. Pada daerah lepuhan tersebut terjadi perbedaan konsentrasi oksigen, di mana konsentrasi oksigen di daerah bawah produk karat lebih kecil dibandingkan di daerah tepi kerusakan pada *coating*. Sehingga proses korosi akan terus berjalan di bawah lapisan film. Sedangkan lapisan film yang masih terlihat baik, delaminasi katodik terjadi pada daerah yang memiliki adhesi yang kurang baik. Di mana daerah tersebut merupakan awal mula terjadinya korosi. Sehingga saat korosi berpropagasi ke daerah sekitarnya, adhesi antara substrat dan *coating* akan hilang [3].

2.5 Metode Pengaplikasian

Cat dapat diaplikasikan dengan berbagai metode, baik metode yang sederhana seperti kuas dan *roller*, maupun metode tingkat lanjut seperti *spray gun*, celup hingga elektrostatis. Pemilihan metode tersebut didasarkan pada sifat cat seperti viskositas, kemudahan dan karakteristik lapisan kering yang ingin dihasilkan.

Penggunaan kuas umumnya ditujukan untuk *spot coating*, daerah lasan, daerah sempit ataupun area yang berukuran kecil. Penggunaan *spray gun* umumnya digunakan untuk pengecatan yang membutuhkan tingkat keseragaman tinggi (merata), hal ini karena lapisan yang dihasilkan sangat baik. *Spray gun* terbagi menjadi dua yaitu *air spray* dan *airless spray*. *Air spray* mendeposisikan cat dengan bantuan *compressor* udara sehingga dipengaruhi oleh kecepatan angin di lingkungan sekitar bila melakukan aplikasi di luar ruangan. Tidak adanya udara pengatomisasi pada *airless spray* mencegah terjadinya kontaminasi dari minyak atau udara yang terkompresi di dalam kompresor. Dalam pengaplikasian cat ini perlu diperhatikan *pot life* (waktu maksimal pada wadah pengaplikasian) cat. Apabila cat memiliki *pot life* yang singkat, penggunaan *spray gun* menjadi sulit karena cat dapat tertinggal dan mengering pada lubang *orifice gun*, sehingga pengontrolan waktu pengaplikasian menjadi penting. Namun untuk cat yang memiliki *pot life* yang singkat, lebih sering digunakan *roller* dalam pengaplikasiannya. Pengaplikasian dengan menggunakan *roller* ini dapat mengurangi konsumsi cat yang digunakan hingga kira – kira 50 % dibandingkan

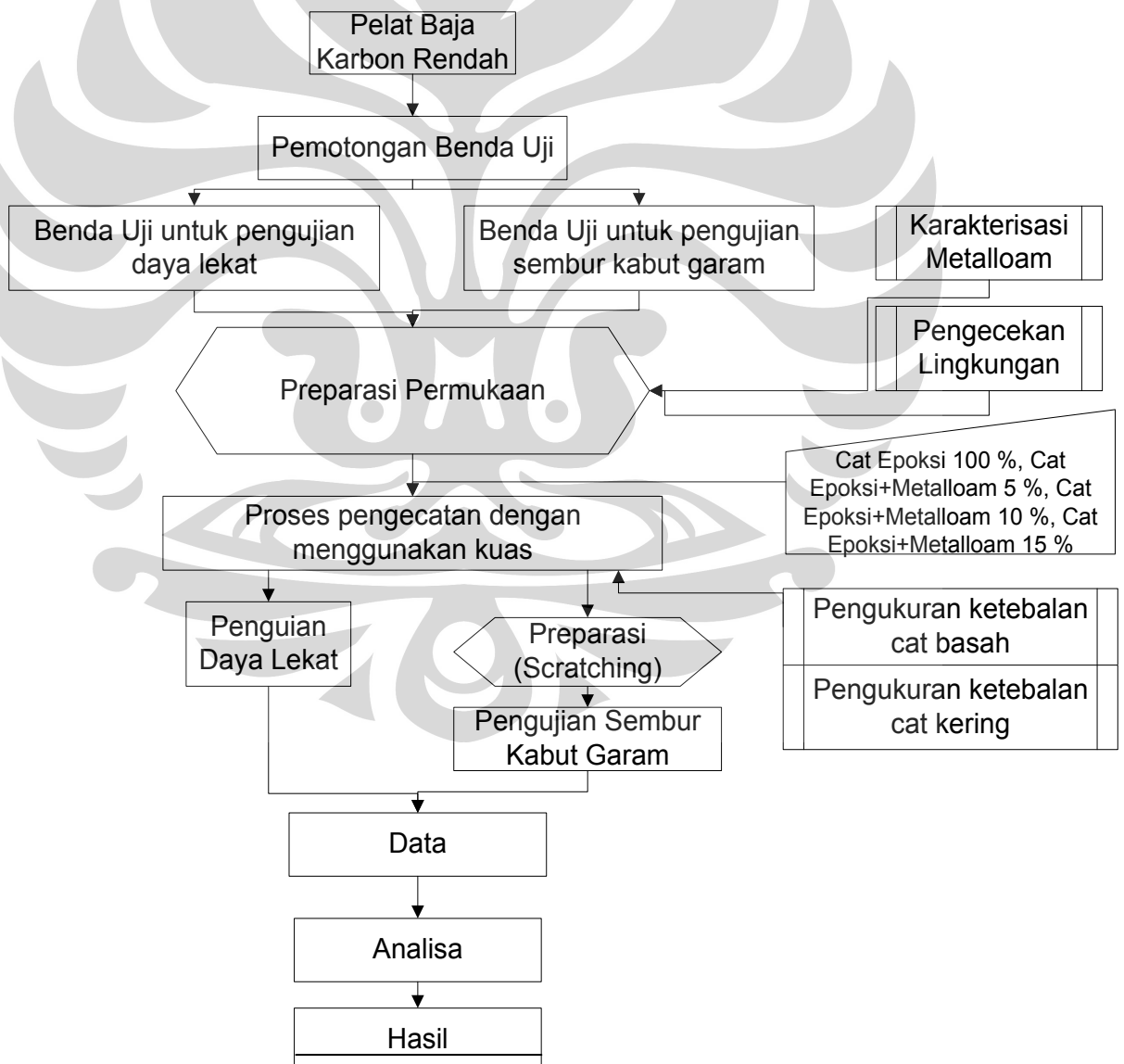
dengan metode pengaplikasian yang lain, sehingga metode pengerolan dapat sangat mengefisiensikan jumlah cat yang dibutuhkan untuk pelapisan[3]. Setelah diaplikasikan dengan metode tertentu, maka akan dihasilkan lapisan cat yang kering, padat dengan tebal lapisan optimal. Tebal lapisan ini sangat penting dalam member perlindungan terhadap korosi, bila terlalu tipis maka ion, gas dan air akan mudah masuk dan bila terlalu tebal dapat mudah retak dan mengelupas.



BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan pelapisan menggunakan cat epoksi primer dengan metode penguasan menggunakan kuas rol, dimana sebelumnya substrat baja karbon rendah dilakukan preparasi permukaan berdasarkan SSPC dan NACE agar didapat daya lekat yang lebih baik. Variabel yang digunakan yaitu penambahan aditif metalloam terhadap cat epoksi primer yaitu metalloam 0 %, 5 %, 10 % dan 15 %. Secara umum diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Alat & Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat pemotong pelat.
2. Kuas rol dan kuas serabut.
3. *Spray* dan kompresor
4. Amplas grid 100, sikat besi, *sand blasting machine*.
5. *Humidity Meter*.
6. Wadah dan pengaduk.
7. *Cutter* dan penggaris.
8. Jangka sorong dengan ketelitian 0,01 mm.
9. *Wet Film Thicknes Gauge*
10. *Elcometer Coating Thickness Gauges*.
11. *Elcometer Model 106 Adhesion Tester*
12. *Measuring Microscope*.
13. *Scanning Electron Microscopes (SEM)*
14. *Salt Spray Cabinet*

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain:

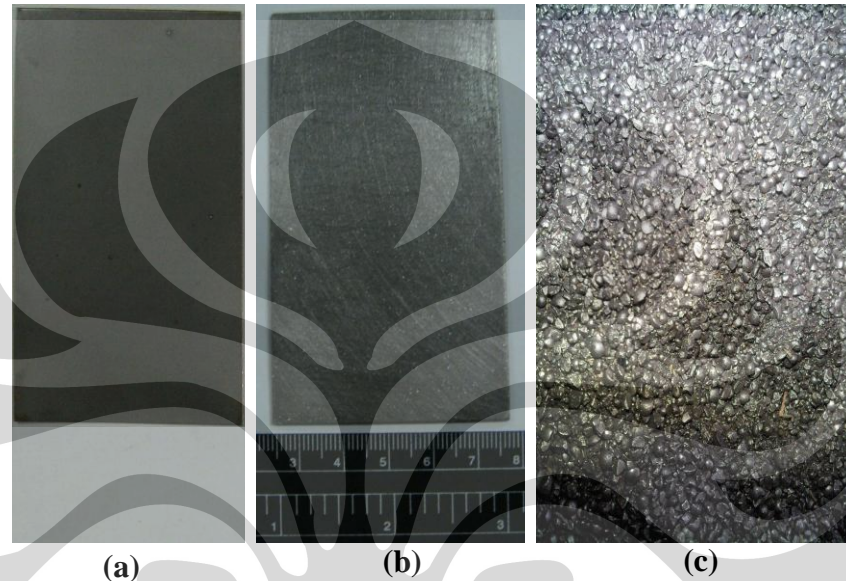
1. Material cat epoksi polimer.
2. Material aditif metalloam (*metal glue*).
3. Lem Epoksi (Araldite)
4. NaCl

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Preparasi Permukaan Pelat Baja

Proses preparasi permukaan dilakukan, berdasarkan standar NACE dan SSPC, yang tahapannya yaitu SSPC-SP 1 *Solvent cleaning*, pembersihan permukaan dengan larutan kimia, yang bertujuan untuk menghilangkan oli, uap air, tanah, garam dan kontaminan lainnya dengan menggunakan larutan kimia. Selanjutnya SSPC-SP 2 *Hand Tool Cleaning*, pembersihan dengan menggunakan

amplas dan sikat besi untuk membersihkan *scale* korosi yang terbentuk pada permukaan serta pengkasaran permukaan tahap pertama. Dan kemudian SSPC-SP 5, dilakukan *sand blasting* atau penyemprotan bertekanan tinggi dengan umpan campuran baja berbentuk bulat (*steel shot*) dan bentuk tajam (*steel grit*) yang bertujuan untuk memberikan profil kekasaran pada permukaan substrat yang akan mempengaruhi terhadap daya adhesifitas dari proses pelapisan yang akan dilakukan.



Gambar 3.2 (a) Sampel Sebelum Dilakukan *Blasting*, (b) Setelah Dilakukan *Blasting* Dengan SA 1, (c) Umpan Baja Yang Digunakan

3.3.2 Pengecekan Lingkungan

Pengecekan lingkungan dilakukan bertujuan untuk mengetahui kondisi lingkungan pada saat ingin dilakukan proses pelapisan atau pengecatan, hal ini karena faktor-faktor lingkungan juga mempengaruhi pengecatan yang akan dilakukan. Pengecekan lingkungan yang dilakukan yaitu pengecekan temperatur udara dan humiditas lingkungan, dimana berdasarkan PDS dari cat yang digunakan *Relative Humidity* yang diperbolehkan yaitu maksimum 85 % dan temperatur yang diperbolehkan yaitu minimum 5 °C dan maksimum 50 °C.



Gambar 3.3 Alat Uji Temperatur dan Humiditas Lingkungan

3.3.3 Karakterisasi Aditif Metalloam

Aditif metalloam yang didapat berbentuk serbuk yang mana terdiri dari dua jenis serbuk, yaitu serbuk G I dan serbuk G II. Kedua serbuk ini masing-masing berfungsi sebagai penambah daya lekat dan anti korosi. Gambar 3.4 berikut memperlihatkan sampel dari metalloam yang digunakan.



Gambar 3.4 Sampel Aditif Metalloam

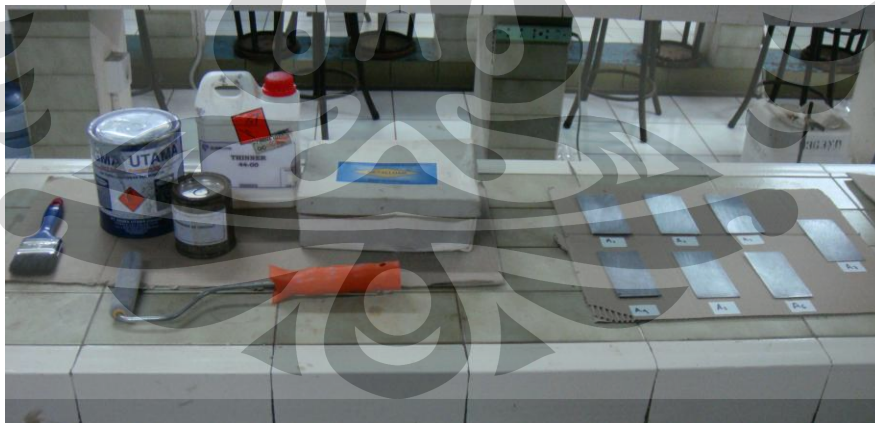
Karakterisasi aditif metalloam bertujuan untuk mendapatkan kandungan yang lebih signifikan terhadap aditif metalloam yang akan ditambahkan pada material cat epoksi polimer. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan metode EDS (*energy dispersion spectroscopy*) yang dilakukan menggunakan alat SEM (*scanning electron microscope*) sehingga didapatkan kandungan dari metalloam yang kemudian digunakan untuk menganalisa hasil dari pengaruh metalloam tersebut terhadap karakteristik dari material cat yang akan diaplikasikan.



Gambar 3.5 SEM/EDAX LEO 410

3.3.4 Proses Pengecatan

Proses pelapisan atau pengecatan dengan menggunakan cat epoksi primer tanpa aditif (epoksi primer 100 %), epoksi primer dan aditif metalloam 5 %, epoksi primer dan metalloam 10 %, dan epoksi primer dan metalloam 15 %. Penambahan metalloam tersebut menggunakan metode penghitungan berdasarkan persen berat dari kesemua sampel, baik itu cat, *hardener* cat, *thinner* serta penambahan metalloam berikut resinnya. Aplikasi pelapisan ini menggunakan kuas rol.



Gambar 3.6 Alat dan Bahan Proses Pelapisan

3.3.5 Pengukuran Ketebalan Lapisan

Pengukuran ketebalan lapisan cat dilakukan dengan dua kali pengukuran yaitu wft (*wet film thickness*) pengukuran saat setelah selesai di cat, yang dilakukan menggunakan *wet film thicknes gauge*, dan didapat ketebalan cat basah yang perlu diperhitungkan untuk mendapatkan dft yang dikehendaki.



Gambar 3.7 Pengukuran *wft* Dengan *wft gauge*

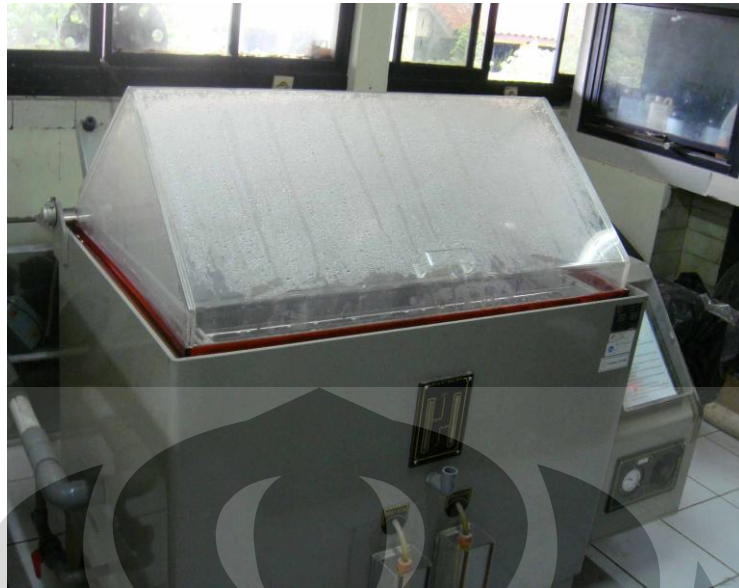
Selanjutnya setelah mencapai *curing time* nya yaitu 7 hari setelah pengaplikasian cat, maka dilakukan pengukuran *dft* (*dry film thickness*), dengan menggunakan alat *elcometer coating thickness gauge*, dimana pengukuran dilakukan pada tiga titik atau daerah berbeda yaitu pada permukaan bagian atas, tengah dan bawah dari sampel dan kemudian nilainya dirata-rata untuk mendapatkan ketebalan dari lapisan cat tersebut.



Gambar 3.8 Pengukuran *dft* Dengan *Elcometer Coating Thickness Gauge*

3.3.6 Pengujian Sembur Kabut Garam

Pengujian sembur kabut garam dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan korosi dari sampel uji yang telah dilakukan pengecatan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Korosi dan Perlindungan Logam Departemen Metalurgi dan Material FT UI dengan menggunakan *salt spray chamber*.



Gambar 3.9 *Salt Spray Chamber*

Metode pengujian berdasarkan standar ASTM B117-03, dengan tahapan pengujian sebagai berikut.

1. Terhadap sampel uji dilakukan metode *scratch* atau gores, yaitu dilakukan penggoresan diagonal selebar kurang lebih 1 mm, yang dilakukan dengan menggunakan *cutter* dan penggaris.



Gambar 3.10 Sampel Sebelum dan Sesudah Di *Scratch*

2. Dibuat larutan NaCl 5 % dengan air suling sebagai larutan uap garamnya dan kemudian dimasukkan ke tempat penampungan dari *chamber*.

3. Kemudian sampel uji diletakkan pada tempat yang berbentuk sudut sekitar $30 - 90^\circ$ terhadap bidang horizontal dan sejajar dengan arah aliran kabut garam. Setiap benda uji diletakkan sedemikian rupa sehingga kabut garam menyentuh seluruh permukaan sampel uji.
4. Kemudian dialirkan tekanan udara ($\sim 0,5 \text{ Kg/cm}^2$) dengan larutan garam tersebut sehingga terbentuk kabut garam. Temperatur di dalam chamber diatur kurang lebih 38° C dan sampel uji di ekspos selama 120 jam
5. Setelah selesai maka sampel uji tersebut dibersihkan dan kemudian diukur pertambahan lebar goresannya sehingga didapat tingkat dari ketahanan korosinya berdasarkan standar ASTM D 1654.

Tabel 3.1 Nilai *Rating* Derajat Kerusakan ASTM D 1654

Representative Mean Creepage From Scribe		
Millimetres	Inches (Approximate)	Rating Number
Zero	0	10
Over 0 to 0.5	0 to $\frac{1}{64}$	9
Over 0.5 to 1.0	$\frac{1}{64}$ to $\frac{1}{32}$	8
Over 1.0 to 2.0	$\frac{1}{32}$ to $\frac{1}{16}$	7
Over 2.0 to 3.0	$\frac{1}{16}$ to $\frac{1}{8}$	6
Over 3.0 to 5.0	$\frac{1}{8}$ to $\frac{3}{16}$	5
Over 5.0 to 7.0	$\frac{3}{16}$ to $\frac{1}{4}$	4
Over 7.0 to 10.0	$\frac{1}{4}$ to $\frac{3}{8}$	3
Over 10.0 to 13.0	$\frac{3}{8}$ to $\frac{1}{2}$	2
Over 13.0 to 16.0	$\frac{1}{2}$ to $\frac{5}{8}$	1
Over 16.0 to more	$\frac{5}{8}$ to more	0

3.3.7 Pengujian Adhesi

Pengujian adhesi dilakukan untuk mengetahui nilai daya lekat dari sampel. Metode pengujian menggunakan standar ASTM D 4541 – 02 yang dinamakan dengan *pull – off test*. Pengujian *pull – off test* ini dilakukan di PT. Sigma Utama dengan menggunakan alat *Elcometer Model 106 Adhesion Tester Scale 1*, dimana beban tarik (*tensile strength*) maksimalnya ialah sebesar $3,5 \text{ N/mm}^2$. Peralatan ini terdiri dari *dolly* dengan diameter 1 inch *loading fixture*, dan gambar dari peralatan yang digunakan ditunjukkan pada gambar 3.11 berikut.



Gambar 3.11 *Elcometer Model 106 Adhesion Tester*

Prosedur pengujian ini yaitu sampel uji sebelumnya direkatkan dengan *probe* nya dengan menggunakan lem epoksi Araldite dan dibiarkan mengering dengan *curing time* nya selama 24 jam. Kemudian setelah mengering maka diberikan beban tarik terhadap *probe* dan sampel uji hingga lapisan film terlepas dari substrat baja sehingga didapat nilai kekuatan daya lekatnya (psi).



Gambar 3.12 Preparasi Pengujian Adhesi

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

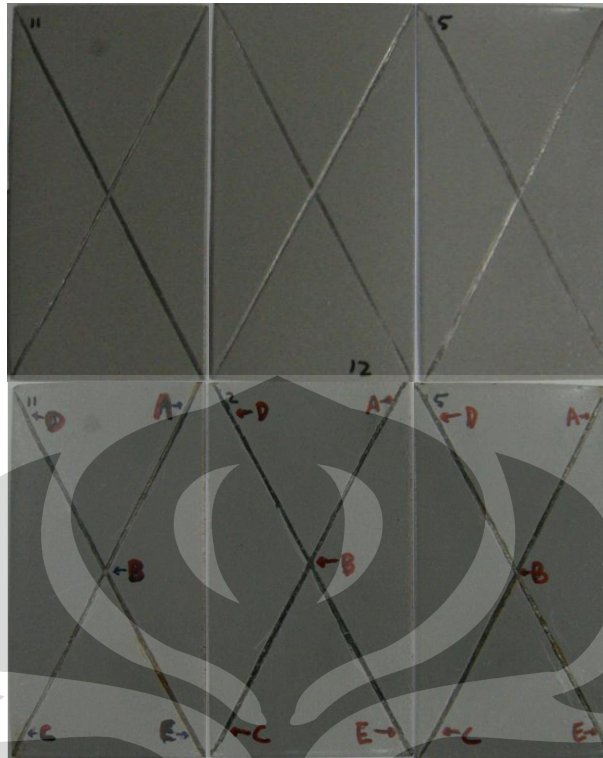
4.1 Hasil Uji Sembur Kabut Garam

Pengujian sembur kabut garam menggunakan standard ASTM B117 yang bertujuan untuk mengevaluasi hasil pelapisan terhadap ketahanan korosi sampel tersebut, dengan cara mempercepat laju korosi selama pengujian tersebut. Pengujian dilakukan terhadap semua variasi sampel metalloam 0 %, 5 %, 10 %, dan 15%. Dengan sebelumnya sampel dilakukan penggoresan, maka setelah diuji sembur kabut garam selama 120 jam dan diamati hasil pertambahan kelebaran goresannya. Pada tabel 4.1 dapat dilihat untuk sampel dengan 0 % metalloam, didapat perbandingan nilai kelebaran goresan awal sebelum dilakukan pengujian dan setelah dilakukan pengujian sembur kabut garam selama 120 jam.

Tabel 4.1 Lebar Goresan Cat Epoksi Primer Tanpa Aditif Metalloam

Titik	Lebar goresan (mm) sampel 1		Lebar goresan (mm) sampel 2		Lebar goresan (mm) sampel 3	
	Awal	Setelah 120 jam	Awal	Setelah 120 jam	Awal	Setelah 120 jam
A	0,903	1,044	1,216	1,297	1,243	1,288
B	0,895	1,006	0,978	1,077	1,239	1,188
C	0,821	0,91	1,11	1,2	0,992	1,135
D	0,901	0,969	0,859	0,973	0,823	1,119
E	1,172	1,24	0,808	0,985	1,137	1,091

Dari data diatas dapat dilihat bahwa untuk setiap titik dari ketiga sampel yang diuji, maka lebar goresan awal sebelum dan sesudah dilakukan pengujian tidak jauh berbeda. Pengukuran terhadap kelebaran sampel dilakukan pada lima titik dari sampel yang bertujuan agar hasil pertambahan lebar yang didapat, dapat merepresentasikan tingkat ketahanan korosi sampel dengan tepat. Foto sampel sebelum dan setelah dilakukan pengujian diperlihatkan pada gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Foto Sampel Sebelum dan Setelah Uji Sembur Kabut Garam

Selanjutnya evaluasi terhadap nilai pertambahan kelebaran ini dengan menggunakan standar ASTM D 1654, ditunjukkan dengan tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Pertambahan Kelebaran dan Nilai Tingkat Ketahanan Korosi Cat Epoksi Tanpa Metalloam

Titik	Pertambahan Lebar		
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
A	0,141	0,081	0,045
B	0,111	0,099	0,051
C	0,089	0,09	0,143
D	0,068	0,114	0,296
E	0,068	0,177	0,046
Rating	9	9	9

Data diatas menunjukkan nilai yang lebih spesifik lagi, bahwa hasil pengujian untuk ketiga sampel yang di cat dengan menggunakan cat epoksi primer tanpa metalloam maka didapat nilai pertambahan kelebaran yang tidak terlalu

signifikan untuk setiap titik yang diukur dari sampel. Dimana nilai pertambahan terkecil yaitu 0,045 didapat pada titik pengukuran A dari sampel 3, dan nilai pertambahan terbesar ditunjukkan pada titik pengukuran E dari sampel 2 yaitu 0,177 mm. Dan setelah dicocokkan dengan nilai rating pada ASTM D 1654, maka ketiga sampel tersebut berada pada tingkat rating 9 yang pertambahan kelebarannya berkisar antara 0 – 0,5 mm. Dan tergolong nilai rating yang sangat baik.

Selanjutnya hasil pengujian sembur kabut garam pada sampel dengan penambahan metalloam 5 % ditunjukkan dengan tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Lebar Goresan Cat Epoksi Primer Dengan Aditif Metalloam 5 %

Titik	Lebar goresan (mm) sampel 1		Lebar goresan (mm) sampel 2		Lebar goresan (mm) sampel 3	
	Awal	Setelah 120 jam	Awal	Setelah 120 jam	Awal	Setelah 120 jam
A	1,188	1,283	1,183	1,246	0,899	1,174
B	1,127	1,306	1,167	1,374	0,926	1,082
C	1,077	1,285	0,961	1,186	1,433	1,529
D	0,888	1,226	0,882	1,152	1,145	1,219
E	0,92	1,111	1,195	1,209	0,992	1,152

Data diatas menunjukkan hasil pengujian sembur kabut garam terhadap sampel pelapisan dengan ditambahkan metalloam 5 %, dimana juga tidak terdapat perbedaan yang terlalu signifikan antara lebar goresan awal dengan lebar goresan setelah dilakukan pengujian. Nilai pertambahan kelebarannya dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Pertambahan Kelebaran dan Nilai Tingkat Ketahanan Korosi Sampel Cat Epoksi Primer Dengan Metalloam 5 %

Titik	Pertambahan Lebar		
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
A	0,095	0,063	0,275
B	0,179	0,207	0,156

C	0,208	0,225	0,096
D	0,338	0,27	0,074
E	0,191	0,014	0,16
Rating	9	9	9

Kemudian hasil pertambahan lebar goresan yang didapat terhadap sampel dengan penambahan metalloam 10 % dan 15 % berturut-turut pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5 Lebar Goresan Cat Epoksi Primer Dengan Aditif Metalloam 10 %

Titik	Lebar goresan (mm) sampel 1		Lebar goresan (mm) sampel 2		Lebar goresan (mm) sampel 3	
	Awal	Setelah 120 jam	Awal	Setelah 120 jam	Awal	Setelah 120 jam
A	1,161	1,231	1,21	1,261	1,139	1,275
B	1,124	1,224	0,902	1,029	1,214	1,337
C	0,896	0,983	1,256	1,311	1,382	1,482
D	1,081	1,126	0,906	1,056	1,233	1,369
E	1,438	1,577	0,842	1,889	1,306	1,367

Tabel 4.6 Pertambahan Kelebaran dan Nilai Tingkat Ketahanan Korosi Sampel Cat Epoksi Primer Dengan Metalloam 10 %

Titik	Pertambahan Lebar		
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
A	0,07	0,051	0,136
B	0,1	0,127	0,123
C	0,087	0,055	0,1
D	0,045	0,15	0,136
E	0,139	1,047	0,061
Rating	9	9	9

Tabel 4.7 Lebar Goresan Cat Epoksi Primer Dengan Aditif Metalloam 15 %

Titik	Lebar goresan (mm) sampel 1		Lebar goresan (mm) sampel 2		Lebar goresan (mm) sampel 3	
	Awal	Setelah 120 jam	Awal	Setelah 120 jam	Awal	Setelah 120 jam
A	0,815	0,84	0,887	0,912	1,275	1,299
B	1,086	1,626	1,279	1,32	1,403	1,464
C	1,032	1,056	1,561	1,678	1,071	1,135
D	1,176	1,2	1,481	1,522	1,474	1,563
E	1,345	1,363	1,62	1,657	1,104	1,147

Tabel 4.8 Pertambahan Kelebaran dan Nilai Tingkat Ketahanan Korosi Sampel Cat Epoksi Primer Dengan Metalloam 15 %

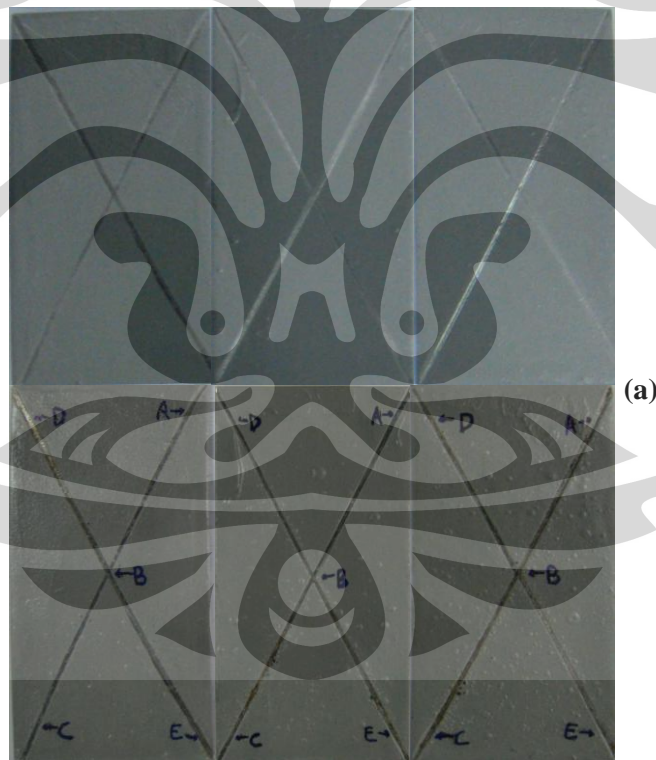
Titik	Pertambahan Lebar		
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
A	0,025	0,025	0,024
B	0,54	0,041	0,061
C	0,024	0,117	0,064
D	0,024	0,041	0,089
E	0,018	0,037	0,043
Rating	9	9	9

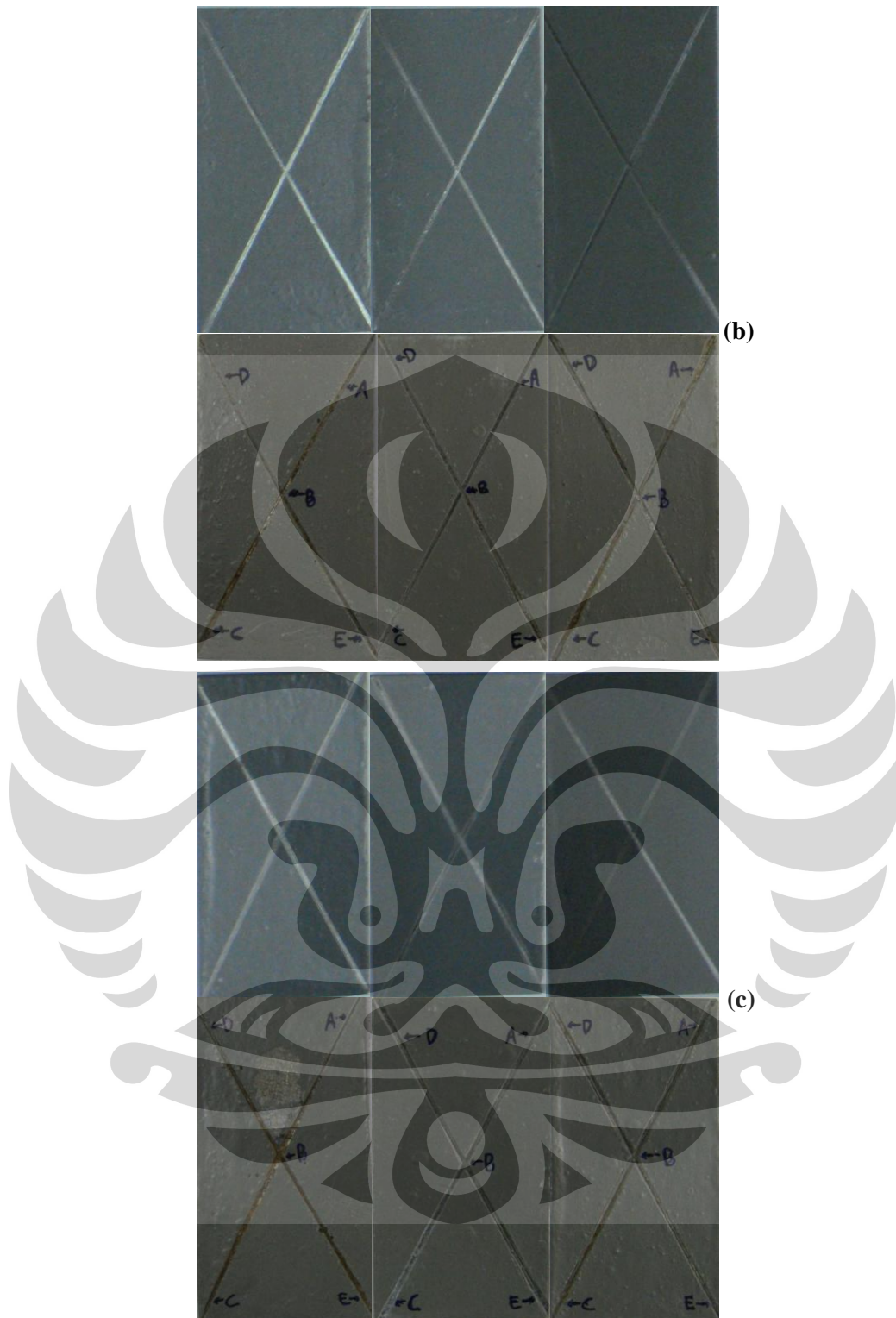
Dari data diatas dapat dilihat secara umum dengan penambahan metalloam 10 dan 15 %, maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap nilai pertambahan kelebaran goresan dan tingkat ketahanan korosinya. Apabila dibandingkan dengan sampel sebelumnya yaitu dengan epoksi tanpa metalloam dan dengan metalloam 5 %, maka tidak terdapat perbedaan yang cukup berarti terhadap tingkat ketahanan korosi dari keempat variabel tersebut. Hal ini dapat disebabkan karena cat epoksi primer merupakan cat yang cukup baik untuk pelapisan sehingga sangat umum penggunaannya untuk melakukan pelapisan terhadap logam. Sehingga dengan tanpa ditambahkan dengan aditif sekalipun, maka telah memiliki nilai ketahanan korosi yang sangat baik dan aditif metalloam

yang merupakan *metal glue* tidak memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap ketahanan korosinya.

Namun keganjilan terjadi pada penambahan metalloam 10 % tepatnya pada titik E dari sampel 2, hasil pertambahan kelebaran menunjukkan pada titik tersebut pertambahan kelebaran yang terjadi sangat besar yaitu 1,047 mm dan berada pada peringkat 7 dalam ASTM D 1654. Hal ini dapat terindikasi bahwa dengan penambahan metalloam 10 % bukan merupakan komposisi penambahan yang baik, yang dapat disebabkan karena pengaruh dari kandungan yang terdapat pada metalloam tersebut, maupun proses pengecatan yang dilakukan. Keganjilan ini akan dapat lebih jelas terlihat saat kita lakukan uji daya lekat terhadap sampel tersebut.

Hal ini dapat lebih jelas lagi dengan memperhatikan perbandingan foto dari sampel, seperti pada gambar 4.2 berikut.





Gambar 4.2 (a) Sampel Epoksi Ditambah Metalloam 5 %, (b) Metalloam 10 %, (c) Metalloam 15 %

Dari foto dapat terlihat bahwa pada ketiga variasi sampel tersebut, korosi yang terjadi bagian cat yang digores terjadi dengan tidak merata atau terjadi pada daerah-daerah tertentu. Hal ini memperlihatkan bahwa cat epoksi primer yang digunakan mempunyai nilai ketahanan korosi yang baik, dimana dibandingkan dengan polimer lain seperti *alkyd* maka epoksi mempunyai keunggulan yaitu mempunyai sifat adhesi yang baik, ketahanan korosi dan kimia yang baik, serta mempunyai sifat mekanis dan fisik yang sangat baik pula[4].

Selain itu pada ketiga sampel ini juga terjadi cacat blister, yaitu terjadi penggelembungan pada beberapa daerah dari sampel, yang mana cacat blister ini dapat disebabkan karena terdapatnya inklusi udara atau kotoran pada saat proses pengecatan dengan menggunakan kuas roll, void atau preparasi permukaan yang belum maksimal[3].

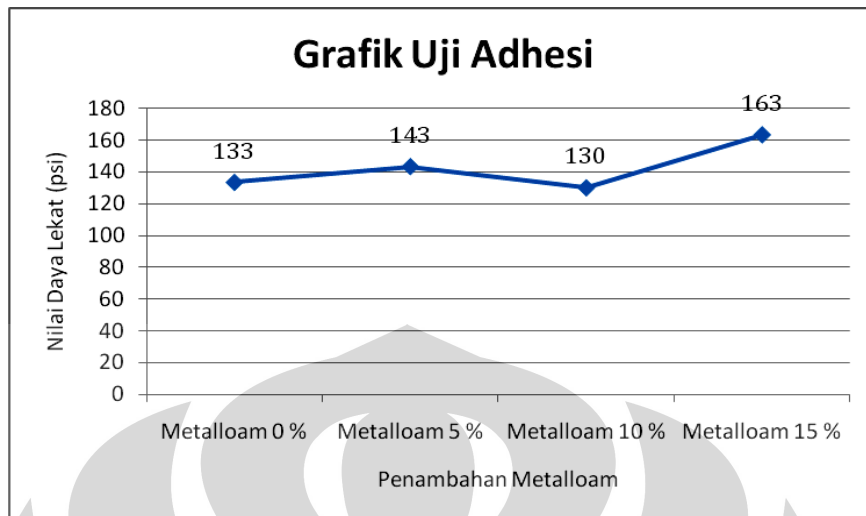
4.2 Hasil Uji Adhesi

Data hasil pengujian adhesi ditunjukkan dengan tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Data Hasil Uji Adhesi

Variabel	Sampel	Nilai Kekuatan Daya Lekat (psi)
Metalloam free	Sampel 1	140
	Sampel 2	130
	Sampel 3	130
Metalloam 5 %	Sampel 1	130
	Sampel 2	140
	Sampel 3	160
Metalloam 10 %	Sampel 1	130
	Sampel 2	130
	Sampel 3	130
Metalloam 15 %	Sampel 1	160
	Sampel 2	170
	Sampel 3	160

Dan kemudian dibuat grafik sebagai berikut.



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Penambahan Metalloam Terhadap Kekuatan Daya Lekat

Dari grafik terlihat pada sampel dengan epoksi primer tanpa metalloam, maka didapat nilai rata-rata daya lekat yaitu 133 psi atau $1,33 \times 100 \text{ lb/inch}^2$. Pada penambahan metalloam 5 %, maka didapat nilai kekuatan daya lekat sebesar 143 psi, meningkat sebesar 10 psi atau 7,5 % dibandingkan dengan tanpa metalloam. Namun pada penambahan metalloam 10 %, nilai kekuatan daya lekatnya mengalami penurunan yaitu 130 psi, atau sekitar 2,5 % dari nilai awal, tetapi pada variasi penambahan metalloam 15 % maka nilai kekuatan daya lekat meningkat kembali menjadi 163 psi atau meningkat 22,5 % dari nilai awal. Sehingga hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan metalloam maka nilai kekuatan daya lekat dari cat epoksi primer akan meningkat. Penurunan nilai daya lekat yang terjadi pada sampel dengan penambahan metalloam 10 % menguatkan indikasi pada hasil sembur kabut garam bahwa dengan penambahan metalloam 10 % bukan merupakan komposisi penambahan metalloam yang tepat, karena aditif mempunyai fungsi yang spesifik untuk setiap jenis aditifnya, sehingga dibutuhkan formulasi yang tepat untuk mengetahui pengaruh dari penambahan aditif yang paling optimal[6].

Pengaruh penambahan metalloam ini, yang berefek pada meningkatnya nilai daya lekat, dapat disebabkan karena kandungan yang dimiliki dari metalloam. Seperti contoh dari komposisi kandungan-kandungan yang ada pada

metalloam maka berdasarkan reaksi stoikiometri dapat terbentuk senyawa CaCO_3 , yang mana dapat berfungsi sebagai aditif *filler* pada *coating*. *Filler* CaCO_3 ini dapat menambah nilai daya lekat dari *coating*, yang disebabkan karena sifat *inert* nya[4]. Kandungan umum yang terdapat pada metalloam ditunjukkan dengan tabel 4.10 berikut.

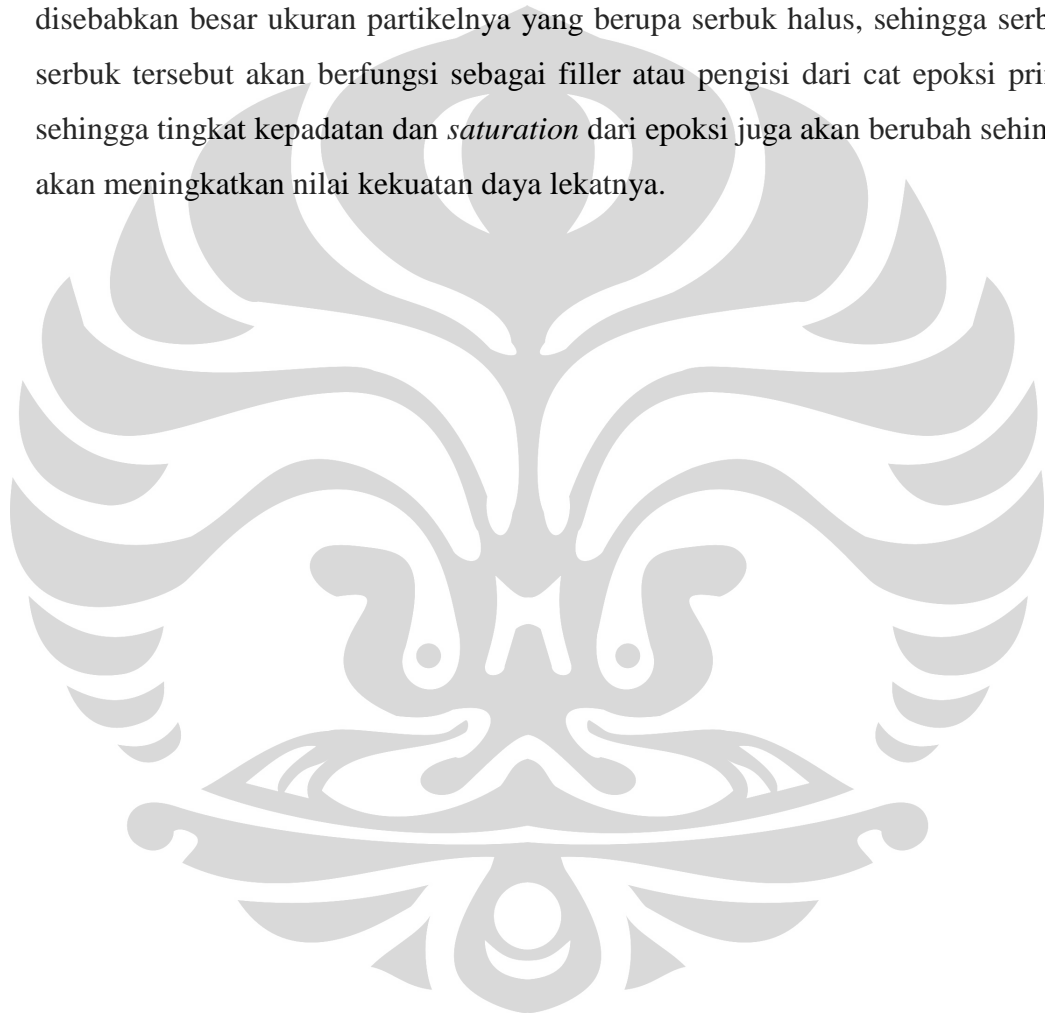
Tabel 4.10 Kandungan Metalloam

Metalloam	Kandungan Unsur	% Kandungan
Serbuk G1	Ca	27,5
	Cu	11,33
	S	1,17
	K	1,38
	Mg	0,65
	Si	7,04
	O	41,93
	C	1,16
Serbuk G2	Ca	34,43
	S	1,28
	K	1,13
	Mg	0,56
	Si	8,23
	O	44,75
	C	0,97

Kemudian dengan terdapatnya kandungan Si dalam komponen penyusun metalloam tersebut, maka Si ini dapat bertindak sebagai *extender* pigmen dalam sistem pelapisan, yang dapat berfungsi sebagai *filler* untuk meningkatkan ketahanan terhadap reaksi kimia. Walaupun dengan penambahan Si ini dapat berakibat dengan ketahanan terhadap pelarut aromatik seperti benzena dan toluena menjadi rendah[3]. Selanjutnya kandungan lain dari metalloam yaitu Cu, dapat pula bertindak sebagai *extender filler* untuk meningkatkan sifat dekoratif pada pelapisan atau sebagai unsur penambah estetika terhadap hasil akhir dari

pelapisan, seperti kehalusan permukaan cat atau peningkatan kilap. Sedangkan unsur lain yang terdapat pada metalloam lebih berfungsi sebagai kandungan pembentuk pada sampel metalloam dan tidak bereaksi satu-persatu dengan sistem pelapisan.

Selanjutnya metalloam yang berupa paduan serbuk G1 dan G2 yang mempunyai kandungan dan komposisi seperti yang tersebut pada tabel 4.10, memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai daya lekat dari pelapisan disebabkan besar ukuran partikelnya yang berupa serbuk halus, sehingga serbuk-serbuk tersebut akan berfungsi sebagai filler atau pengisi dari cat epoksi primer sehingga tingkat kepadatan dan *saturation* dari epoksi juga akan berubah sehingga akan meningkatkan nilai kekuatan daya lekatnya.



BAB 5

KESIMPULAN

1. Penambahan aditif metalloam tidak mempengaruhi secara signifikan terhadap ketahanan korosi karena mempunyai nilai peringkat yang sama yaitu 9 antara cat epoksi primer tanpa penambahan metalloam dengan penambahan metalloam 5, 10 dan 15 %.
2. Pada penambahan metalloam 5 % dan 15 %, nilai daya lekat cat epoksi primer bertambah 7,5 % dan 22,5 % dari nilai awal tanpa ditambahkan metalloam. Hal ini dapat disebabkan karena pengaruh kandungan yang terdapat pada metalloam seperti CaCO_3 , Si serta Cu, sedangkan unsur lain berfungsi sebagai kandungan pembentuk aditif metalloam
3. Pada variasi penambahan 10 %, nilai daya lekatnya berkurang 2,5 % dari nilai awal, yang disebabkan penambahan 10 % metalloam merupakan komposisi yang tidak tepat untuk ditambahkan pada cat epoksi primer, sehingga dibutuhkan formulasi yang tepat untuk mendapatkan komposisi penambahan metalloam yang optimum.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Roberge, Pierre R. *Handbook of Corrosion Engineering*. McGraw-Hill, United States. 1999.
- [2] Jones, D.A., *Principle and Prevention of Corrosion*, MacMillan, New York. 1992.
- [3] Schweitzer, P.E. Philip A, *Paint and Coating: Application and Corrosion Resistance*, Taylor & Francais Group, New York, 2005.
- [4] Wicks Zeno W, Jones Frank, and Papas S. Peter, *Organic Coatings: Science and Technology 2nd Edition*, Willey International, 1999.
- [5] Tracton, Arthur A., *Coating Technology Handbook, 3rd edition*, Taylor & Francais Group, New York, 2006
- [6] Jeffs. R. A and Jones W. *Paint and Surface Coating – Theory and Practice*.
- [7] ASTM Organization, *Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers - Standard ASTM D 4541-02*, Annual Book of ASTM Standard. United States. 2002.
- [8] ASTM Organization, *Test Methode for salt spray test - Standard ASTM B117-03*, Annual Book of ASTM Standard. United States, 2003.
- [9] ASTM Organization, *Standard Test Evaluation of painted or coated specimens subjected to corrosive environment - Standard ASTM D1654-92*, Annual Book of ASTM Standard, United States, 2000.
- [10] The Society for Protective Coating, *Systems and Specifications SSPC Painting Manual Volume 1 & 2 Eighth Edition*, Pittsburgh, PA

Lampiran 1 Data Spesifikasi Cat



Product
Data Sheet



PT. SIGMA UTAMA
Sole Owned Company for Heavy Duty Coating Manufacturer
ISO 9001 & ISO 14001
Certified

SIMACOVER EP UNICOAT 2401 - 00

A - three page issue

January 2008

DESCRIPTION

Two component surface tolerant high solids polyamine cured modified epoxy primer / coating.

PRINCIPAL CHARACTERISTICS

- Self priming surface tolerant to lower grades of steel preparation for atmospheric exposure
- Particularly well suited as maintenance coating for steel structures
- Excellent corrosion resistance
- Resistance to splash of a wide range of chemicals
- Good flexibility and abrasion resistance
- Compatible with various aged coatings
- Good recoat ability with epoxy-, polyurethane – and most chlorinated rubber-, alkyd- and acrylic paints
- When exposed to sunlight some discoloration may occur
- Good curing at temperature down to -5°C

RECOMMENDED USE

Special for maintenance coating with the minimum surface preparation when blasting are not permitted because of structure, health and safety reason.

SPECIFICATION DATA AT 20°C

Gloss	Semi gloss															
Colour	Grey, green, red brown, black (other colour on request)															
Specific gravity	1.40 ± 0.10 kg / litre															
Solids by volume	82 ± 2 %															
Recommended	Dry film thickness : 75 - 150 microns (depending on system and application method) Wet film thickness : 91.5 – 182.9 microns															
Coverage theoretical	10.9 m ² / litre – 75 microns, 5.46 m ² / litre – 150 microns															
Drying time	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Temperature</th> <th>Touch dry</th> <th>Hard dry</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>26°C</td> <td>6 hours</td> <td>24 hours</td> </tr> <tr> <td>32°C</td> <td>5 hours</td> <td>20 hours</td> </tr> <tr> <td>36°C</td> <td>4 hours</td> <td>12 hours</td> </tr> <tr> <td>40°C</td> <td>3 hours</td> <td>8 hours</td> </tr> </tbody> </table>	Temperature	Touch dry	Hard dry	26°C	6 hours	24 hours	32°C	5 hours	20 hours	36°C	4 hours	12 hours	40°C	3 hours	8 hours
Temperature	Touch dry	Hard dry														
26°C	6 hours	24 hours														
32°C	5 hours	20 hours														
36°C	4 hours	12 hours														
40°C	3 hours	8 hours														
Full cure	7days															
Painting interval	Min : 8 hours; max : see tables															
VOC	Max. 190 g/litre															
Flash point (DIN 53213)	Base 31°C, hardener 45°C															
Pot life	4 hours (after mixing the components)															
Service temperature	Continuous : 120°C; Periodic : up to 150°C															
Shelf life	12 months (cool and dry place)															

WE PROTECT YOUR INVESTMENT

Page 1 of 3

Jl. Lanbouw 1, Jagorawi-Cibinong Bogor, INDONESIA ; 021-8756310-11, 8753043 ; F : 021-8753042 ; www.sigmautama.com ; cs@sigmautama.com

(lanjutan)



Product
Data Sheet



PT. SIGMA UTAMA
Bata Owned Company for Heavy Duty Coating Manufacture
ISO 9001 & ISO 14001
Certified

SIMACOVER EP UNICOAT 2401 - 00

A - three page issue

January 2008

↓ SURFACE PREPARATION

- Steel; blast cleaned to SSPC-SP 10 for excellent corrosion protection
- Steel; power tool cleaned to SSPC-SP 2 or blast cleaned to SSPC-SP 6 for good corrosion protection
- Existing sound epoxy coating systems and most sound alkyd coating system; sufficiently roughened, dry and cleaned

↓ CONDITION OF APPLICATION

Temperature: minimum 5°C; maximum 50°C
Relative humidity: maximum 85%
Substrate temperature should be at least 3°C above dew point.
Adequate ventilation must be maintained during application and curing

↓ SYSTEM SPECIFICATION

Suitable top coat : SIMATHANE GLOSS

↓ INSTRUCTION FOR USE

- Mixing ratio by weight; base : hardener = 3 : 1
- The temperature of the mixture of base and hardener should be above 15°C, otherwise extra solvent may be required to obtain application viscosity.
 - Too much solvent results in lower sag resistance and slower cure
 - Thinner should be added after mixing the components
 - Stir well before use, preferable by mechanical mixer to ensure good homogeneity.

↓ APPLICATION DETAILS

Method of application	Airless spray	Air spray	Brush
Thinner No.	44-00	44-00	44-00
Volume of thinner	0-5%	5-10%	0 - 5%
Nozzle orifice	0.48-0.53 mm (0.019-0.021 inch)	1.8 - 2.0 mm	-
Nozzle pressure	15 Mpa (150 Bar / 2100 psi)	0.3 - 0.4 Mpa (3-4Bar;43 - 57psi)	-

Cleaning solvent **Sima Thinner 49-00** (flash point 30°C)

↓ ADDITIONAL DATA

Film thickness and spreading rate

	10.9	5.46
Theoretical spreading rate m ² /l		
DFT in microns metre	75	150

Min DFT for closed film with airless spray : 80 microns

Max. DFT when brushing : 100 microns

Over coating table for most epoxy and polyurethane paints

Substrate Temperature	5°C	10°C	20°C	32°C	40°C
Min. interval	48 hours	24 hours	16 hours	8 hours	6 hours
Max. interval	9 months	9 months	4 months	2 months	1 month

Surface should be dry and free from any contamination
* For polyurethane paint the minimum over coating time should be raised by 50%

WE PROTECT YOUR INVESTMENT

Page 2 of 3

Jl. Lanbouw 1, Jagorawi-Cibinong Bogor, INDONESIA ; 021-8756310-11, 8753043 ; F : 021-8753042 ; www.sigmautama.com ; cs@sigmautama.com

(lanjutan)



Product
Data Sheet



PT. SIGMA UTAMA
Sole Owned Company for Heavy Duty Coating Manufacture
ISO 9001 & ISO 14001
Certified

SIMACOVER EP UNICOAT 2401 - 00

A - three page issue

January 2008

Over coating table for chlorinated rubber-, vinyl-, and alkyd paints :

Substrate Temperature	5°C	10°C	20°C	32°C	40°C
Min. interval	48 hours	24 hours	16 hours	8 hours	6 hours
Max. interval	21 days	21 days	10 days	7 days	7 days

- Surface should be dry and free from any contamination
- Best intercoat adhesion occurs when the subsequent coat is applied before the preceding coat is fully cured
- If this time is exceeded it may be necessary to roughen the surface

Curing table at 125 microns for SIMACOVER EP UNICOAT :

Substrate temperature	5°C	10°C	15°C	20°C	32°C	40°C
Touch dry	30 hours	20 hours	12 hours	6 hours	5 hours	3 hours
Dry to handle	48 hours	24 hours	20 hours	16 hours	8 hours	5 hours
Full cure	25 days	15 days	10 days	7 days	4 days	2 days

Pot life (at application viscosity):

15°C	20°C	32°C	40°C
6 hours	4 hours	3 hours	2 hours

SAFETY PRECAUTION

- Avoid contact with the skin and eyes. Wear suitable protective clothing such as overalls, goggles, dust mask and gloves.
- Ensure that there is adequate ventilation in the area where the product is being applied. Do not breathe the vapour or spray.
- This product is flammable. Keep away from sources of ignition. Do not smoke.

HEALTH AND SAFETY: For detailed information on the health and safety hazards and precaution for use of this product, please see the **MATERIAL SAFETY DATA SHEET**.

PACKING SIZE AND STORAGE

Packing size (two packs product) : 5 and 20 litres
Storage

The product must be storage in accordance with national regulation. Preferred storage conditions are to keep the containers in the dry space provided with adequate ventilation. The containers should be sealed tightly

The 6th Edition

The information in this data sheet is to the best of our knowledge correct at date printing. The company reserves the right to modify data without notice. Any change in data will normally be followed by issued of new data sheet. The user should check the date of printing and if more than 12 months have elapsed, then the data should on only be used after checking with our nearest self-office to establish that they are still valid. Since condition of application and services may be beyond our control, no liability can accept on basis of this data.

WE PROTECT YOUR INVESTMENT

Page 3 of 3

Jl. Lanbouw 1, Jagorawi-Cibinong Bogor, INDONESIA ; 021-8756310-11, 8753043 ; F : 021-8753042 ; www.sigmautama.com ; cs@sigmautama.com

(lanjutan)


**MATERIAL SAFETY
DATA SHEET**

PT. SIGMA UTAMA
 ISO 9001 & ISO 14001
 Certified

SIMACOVER EP UNICOAT BASE 2401-00

Data sent ; January 2008

Section 1 - Identification of the preparation and company

Preparation / Product name **SIMACOVER EP UNICOAT BASE**
 Product code **2401 - 00**
 Manufacturer name **PT. SIGMA UTAMA (persero)**
 Address **Jl. Lanbouw No. 1, Cibinong – Bogor, INDONESIA**
 Emergency Telephone No. **+62 - 21 - 875 6310**
 Fax No. **+62 - 21 - 875 3042**
 Signature of person responsible for preparation (option)

Section 2 - Hazardous Ingredient/ Identity

Name	Concentration range (%WT)	Symbol	Risk phrases
2,4,6 Tri (dimethylaminomethyl) phenol	30 - 40	Xi	36/38-43-51-53
Aromatic aliphatic solvent	5 - 7	Xn	10-20/22-36/38
Mixture color	7 - 15	T	30-33-61-62
Formaldehyde	2 - 5	Xn	10-20-40-43

Stability and reactivity

Stable under recommended storage and handling condition (see section 6).

Section 3 - Physical & Chemical characteristics

Physical state : Liquid Viscosity : 20 – 30 Poise/STR/ 20°C Vapour density : Heavier than air
 Solids content (v/v): 88 ± 3 % Specific gravity: 1.40 ± 0.10 kg/l Solubility in water : Insoluble
 Flash point : 25°C

Section 4 - Fire & Explosion data

Lower Explosive Limit 0.45 %
 Minimum ventilation air quantity required for 1 litre of paint : To reach 10 % of LEL 74 m³
 To reach TLV 1025 m³
 Minimum ventilation air quantity required for 1 litre of Thinner 44-00 : To reach 10 % of LEL 176 m³
 To reach TLV 2817 m³
 Recommended extinguishing media; alcohol resistant foam, CO₂ powder, water. Do not use water jet.

Section 5 - Health Hazards and First Aid Measures

There are no data available on the product itself.

General

In all cases of doubt, or when symptoms persist, seek medical attention.

Never give anything by mouth to an unconscious person.

Inhalation

Temporary dizziness, headache, possible nausea.

Eye or skin contact

May cause discomfort by deflating action of solvent, prolonged or repeated contact to skin will dry

Signs and symptoms of exposure

Eyes; severe irritation, redness, tearing. Skin; prolonged or repeated exposure can cause moderate irritation, deflating and dermatitis. Inhalation ; dizziness.

Emergency and first aids Procedure
Inhalation :

Remove to fresh air, keep patient warm and rest. If breathing irregular or stopped, give artificial respiration. If unconscious place in the recovery position and obtain immediate medical attention. Give nothing by mouth.

Eye :

Irrigate copiously with clean fresh water for at least 10 minutes, holding the eyelids apart and seek medical attention.

Skin :

Remove contaminated clothing. Wash thoroughly with soap and water or use a recognised skin cleanser. Do not use solvent or thinner.

WE PROTECT YOUR INVESTMENT
Page 1 of 2

 Jl. Lanbouw 1, Jegerawi-Cibinong Bogor, INDONESIA ; 021-8756310-11, 8753043 ; F : 021-8753042 ; www.sigmautama.com ;
 cs@sigmautama.com

(lanjutan)


**MATERIAL SAFETY
DATA SHEET**

PT. SIGMA UTAMA
 Sole Owned Company for Heavy Duty Coating Manufacture
 ISO 9001 & ISO 14001
 Certified

SIMACOVER EP UNICOAT BASE 2401-00

Data sent ; January 2008

Ingestion :

If accidentally swallowed obtain immediate medical attention. Keep at rest. Do not induce vomiting.

Section 6 - Special Precautions and Spill/Leak Procedures
Handling and storage

Handle containers carefully to prevent damage and spillage. Keep containers closed when not in use. Store in well ventilation, dry place away from sources of heat, strong oxidant and direct sunlight. Naked flames and smoking should not be permitted in storage areas.

Transportation

Care must be taken when transporting paint. Keep container in a secure up-right position

In Use

Use personal protection as shown in section 7.

Smoking, eating, and drinking should be prohibited in all preparation and application areas.

All sources of ignition (hot surface, sparks, open flame etc) should be excluded from areas of preparation and application

Step to be taken in case material is relocated or spilled

Remove all ignition sources. Avoid breathing vapours. Open all windows and doors. Keep out of sewers and water sources. Advise proper authorities.

Section 7 - Special protection information / control measures
Personal Protection:**Respiratory Protection**

Use a NIOSH APPROVED RESPIRATOR

Eye Protection

Use GOGGLES OR FACE SHIELD

Hand Protection (Gloves)

RUBBER GLOVES AS NEEDED

Other Protective clothing or equipment

USE APRON OR OTHER CLOTHING TO AVOID SKIN CONTACT.

Work / hygienic practices

Wash skin and exposed clothing thoroughly with soap and water after use.

Section 8 - Regulatory Information

In accordance with EC Directive 88/379/EEC and the chemical (Hazard Information and Packaging for Supply) Regulation SI/3247/1994, this product is labelled as follows:

Danger Classification:**Contains:**

P. phrases;
There are no 'precautionary' phases for this product

R. Phrase;

R 10: Flammable
R 20/22: Harmful by inhalation if swallowed
R 30/33: Dangerous to accumulative effects
R 36/38: Wear suitable protective clothing and gloves
R 43: May cause sensitisation by skin contact
R 53: Avoid exposure obtain special instruction before use.
R 61: May cause harm to unborn child
R 62: Possible risk of impaired fertility

S. Phrase;

S 7/9: Keep container tightly closed at well ventilated place
S26: if contact with eyes rinse with plenty of water, and seek medical advice
S36/37: Avoid contact with skin.
S51: Use only in well ventilated areas

The information contained in this bulletin, to our knowledge true and accurate, but all recommendation and suggestion are made without guarantee, since the conditions of use are beyond our control. PT Sigma Utama disclaims any liability incurred in connection with the use of those data or suggestion.

WE PROTECT YOUR INVESTMENT
Page 2 of 2

Jl. Lanbouw 1, Jagorawi-Cibinong Bogor, INDONESIA ; 021-8756310-11, 8753043 ; F : 021-8753042 ; www.sigmautama.com ;
cs@sigmautama.com

(lanjutan)


**MATERIAL SAFETY
DATA SHEET**

SIMACOVER EP UNICOAT HARDENER 2401-00

Data sent : January 2008

Section 1 - Identification of the preparation and company

Preparation / Product name **SIMACOVER EP UNICOAT HARDENER**
 Product code **2401-00**
 Manufacturer name **PT. SIGMA UTAMA (persero)**
 Address **Jl. Lanbouw No. 1, Cibinong – Bogor, INDONESIA**
 Emergency Telephone No. **+62 - 21 - 875 6310**
 Fax No. **+62 - 21 - 875 3042**
 Signature of person responsible for preparation (option)

Section 2 - Hazardous Ingredient/ Identity

Name	Concentration range (%WT)	Symbol	Risk phrases
Triethylenetetramine	100	Xi	21-34-41-43

Stability and reactivity

Stable under recommended storage and handling condition (see section 6).

Section 3 - Physical & Chemical characteristics

Physical state : Liquid Viscosity : 80–100 Second/DIN4/ 20°C Vapour density : Heavier than air
 Solids content (v/v) : 67 % Specific gravity: 1.0 0.05 kg/l Solubility in water : Insoluble
 Flash point : 32°C

Section 4 - Fire & Explosion data

Lower Explosive Limit 0.45 %
 Minimum ventilation air quantity required for 1 litre of paint : To reach 10 % of LEL 0 m³
 To reach TLV 0 m³
 Minimum ventilation air quantity required for 1 litre of Thinner 44-00 : To reach 10 % of LEL 176 m³
 To reach TLV 2817 m³
 Recommended extinguishing media: alcohol resistant foam, CO₂ powder, water. Do not use water jet.

Section 5 - Health Hazards and First Aid Measures

There are no data available on the product itself.

General

In all cases of doubt, or when symptoms persist, seek medical attention.
 Never give anything by mouth to an unconscious person.

Inhalation

Temporary dizziness, headache, possible nausea.

Eye or skin contact

May cause discomfort by deflating action of solvent, prolonged or repeated contact to skin will dry

Signs and symptoms of exposure

Eyes; severe irritation, redness, tearing. Skin; prolonged or repeated exposure can cause moderate irritation, deflating and dermatitis. Inhalation; dizziness.

Emergency and first aids Procedure
Inhalation :

Remove to fresh air, keep patient warm and rest. If breathing irregular or stopped, give artificial respiration. If unconscious place in the recovery position and obtain immediate medical attention. Give nothing by mouth.

Eye :

Irrigate copiously with clean fresh water for at least 10 minutes, holding the eyelids apart and seek medical attention.

Skin :

Remove contaminated clothing. Wash thoroughly with soap and water or use a recognised skin cleanser. Do not use solvent or thinner.

WE PROTECT YOUR INVESTMENT

Page 1 of 2

Jl. Lanbouw 1, Jagorawi-Cibinong Bogor, INDONESIA ; 021-8756310-11, 8753043 ; F : 021-8753042 ; www.sigmautama.com ;
 cs@sigmautama.com

(lanjutan)


**MATERIAL SAFETY
DATA SHEET**

PT. SIGMA UTAMA
 ISO 9001 & ISO 14001
 Certified

SIMACOVER EP UNICOAT HARDENER 2401-00

Data sent : January 2008

Ingestion :

If accidentally swallowed obtain immediate medical attention. Keep at rest. Do not induce vomiting.

Section 6 - Special Precautions and Spill/Leak Procedures
Handling and storage

Handle containers carefully to prevent damage and spillage. Keep containers closed when not in use. Store in well ventilation, dry place away from sources of heat, strong oxidant and direct sunlight. Naked flames and smoking should not be permitted in storage areas.

Transportation

Care must be taken when transporting paint. Keep container in a secure up-right position

In Use

Use personal protection as shown in section 7.

Smoking, eating, and drinking should be prohibited in all preparation and application areas.

All sources of ignition (hot surface, sparks, open flame etc) should be excluded from areas of preparation and application

Step to be taken in case material is relocated or spilled

Remove all ignition sources. Avoid breathing vapours. Open all windows and doors. Keep out of sewers and water sources. Advise proper authorities.

Section 7 - Special protection information / control measures
Personal Protection:
Respiratory Protection

Use a NIOSH APPROVED RESPIRATOR

Eye Protection

Use GOGGLES OR FACE SHIELD

Hand Protection (Gloves)

RUBBER GLOVES AS NEEDED

Other Protective clothing or equipment

USE APRON OR OTHER CLOTHING TO AVOID SKIN CONTACT.

Work / hygienic practices

Wash skin and exposed clotting thoroughly with soap and water after use.

Section 8 - Regulatory information

In accordance with EC Directive 88/379/EEC and the chemical (Hazard Information and Packaging for Supply) Regulation SI/3247/1994, this product is labelled as follows:

Danger Classification:
Contains:
P. phrases;

There are no 'precautionary' phases for this product

R. Phrase;

 R 10: Flammable
 R 20/22: Harmful by inhalation if swallowed
 R 36/38: Wear suitable protective clothing and gloves
 R 41: Risk of serious damage of eyes
 R 43: May cause sensitisation by skin contact

S. Phrase;

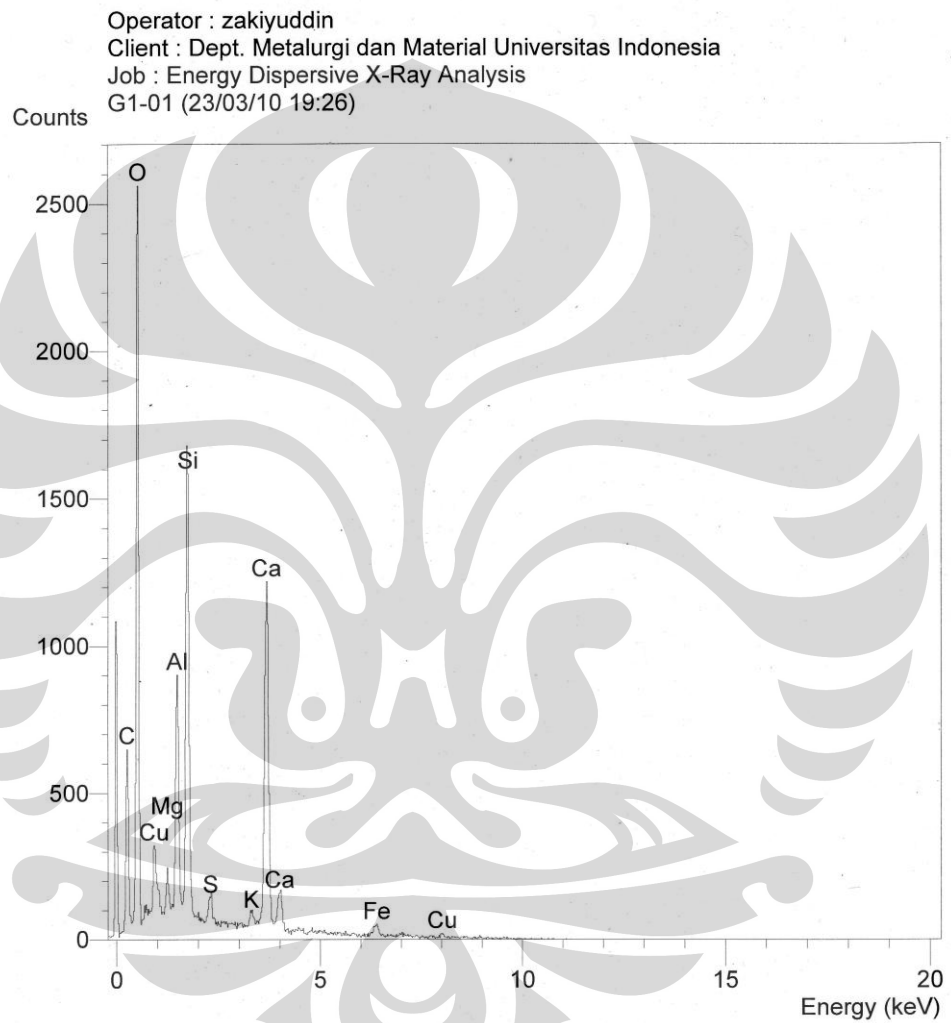
 S 7/9: Keep container tightly closed at well ventilated place
 S26: if contact with eyes rinse with plenty of water, and seek medical advice
 S36/37: Avoid contact with skin.
 S51 : Use only in well ventilated areas

The information contained in this bulletin, to our knowledge true and accurate, but all recommendation and suggestion are made without guarantee, since the conditions of use are beyond our control. PT Sigma Utama disclaims any liability incurred in connection with the use of those data or suggestion.

WE PROTECT YOUR INVESTMENT
Page 2 of 2

 Jl. Lanbouw 1, Jagorawi-Cibinong Bogor, INDONESIA ; 021-8756310-11, 8753043 ; F : 021-8753042 ; www.sigmautama.com ;
 cs@sigmautama.com

Lampiran 2 Data EDS Metalloam



(lanjutan)

SEMQuant results. Listed at 19:36:29 on 23/03/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: G1-01

System resolution = 61 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

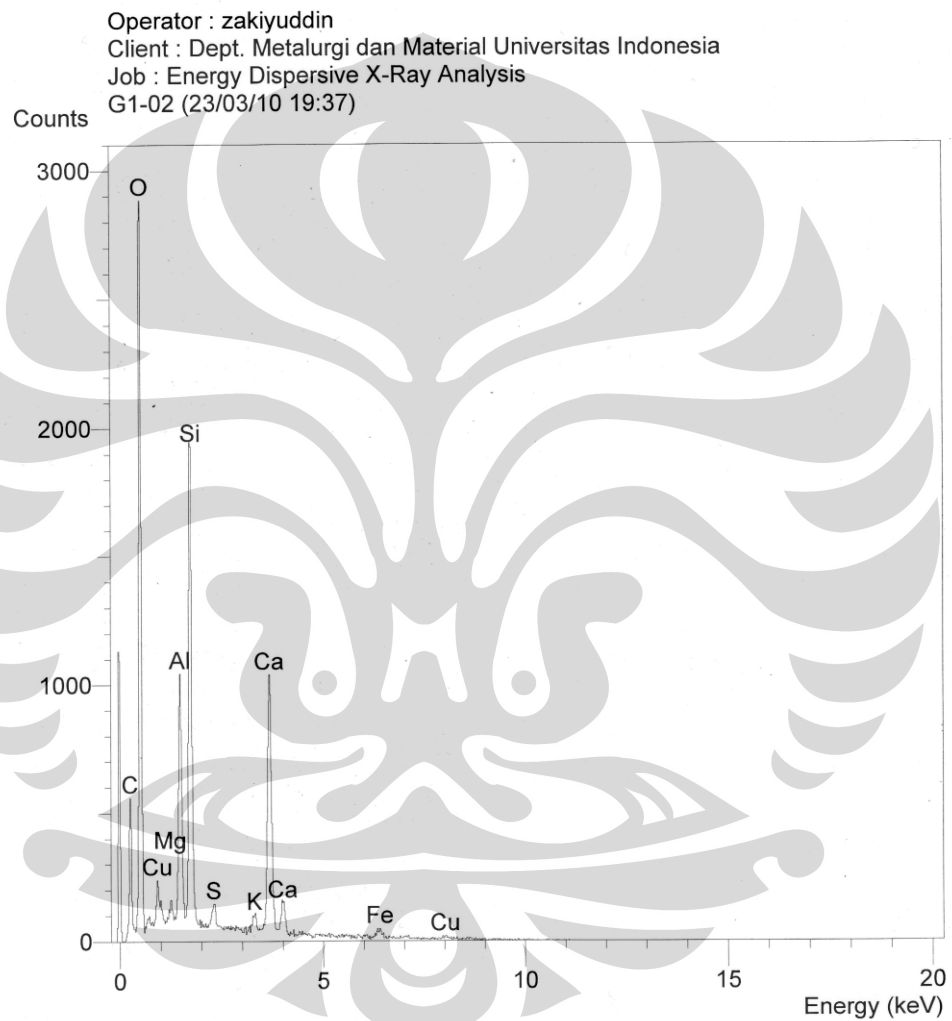
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 17/11/09
 Mg K MagOxide 22/03/06
 Al K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 S K FeS2 22/03/06
 K K Orthoclase 22/03/06
 Ca K Orthoclase 22/03/06
 Fe K FeS2 22/03/06
 Cu K Copper 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	1.21	2.38
O K	ED	42.73	63.28
Mg K	ED	0.84	0.82
Al K	ED	5.05	4.43
Si K	ED	6.68	5.63
S K	ED	1.07	0.79
K K	ED	1.37	0.83
Ca K	ED	29.06	17.18
Fe K	ED	3.51	1.49
Cu K	ED	8.49	3.17
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

(lanjutan)



(lanjutan)

SEMQuant results. Listed at 19:39:28 on 23/03/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: G1-02

System resolution = 61 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

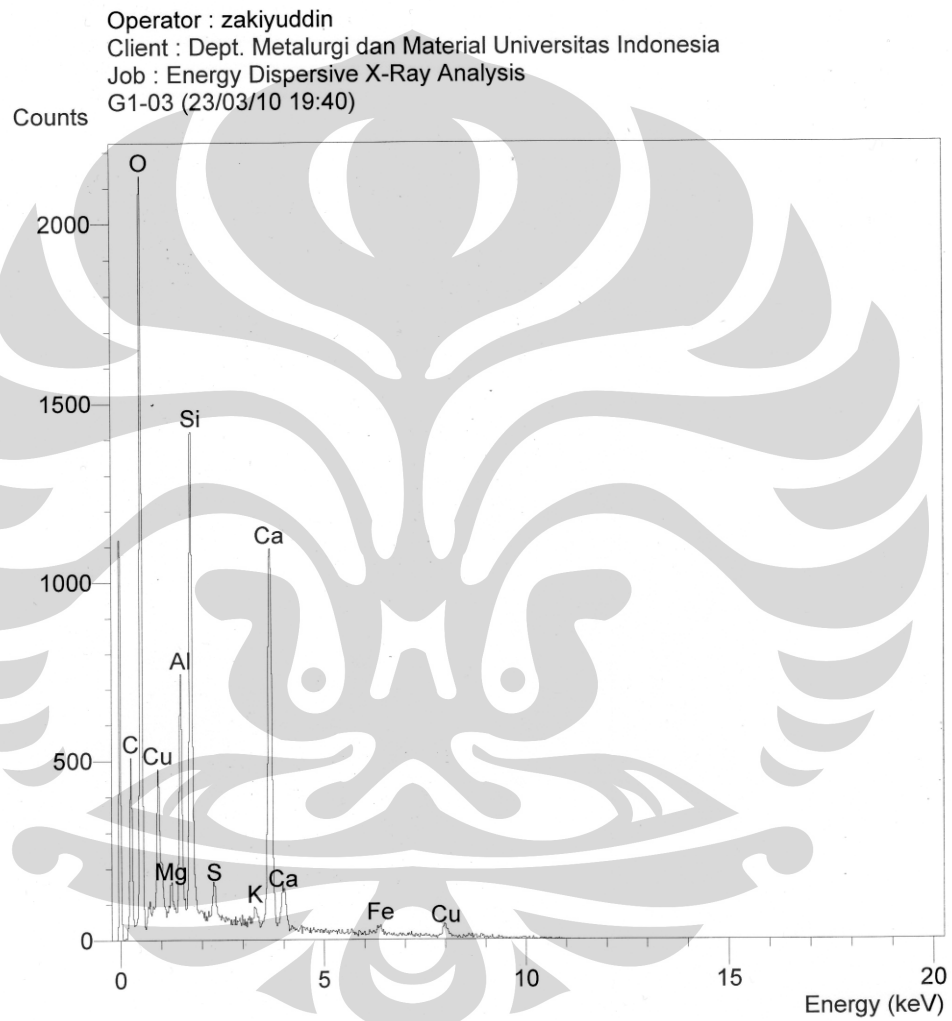
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 17/11/09
 Mg K MagOxide 22/03/06
 Al K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 S K FeS2 22/03/06
 K K Orthoclase 22/03/06
 Ca K Orthoclase 22/03/06
 Fe K FeS2 22/03/06
 Cu K Copper 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	1.16	2.18
O K	ED	47.27	66.50
Mg K	ED	0.44	0.41
Al K	ED	6.11	5.10
Si K	ED	8.23	6.59
S K	ED	0.96	0.67
K K	ED	1.62	0.93
Ca K	ED	25.81	14.50
Fe K	ED	3.02	1.22
Cu K	ED	5.38	1.91
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

(lanjutan)



(lanjutan)

SEMQuant results. Listed at 19:41:50 on 23/03/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: G1-03

System resolution = 61 eV

Quantitative method: ZAF (3 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

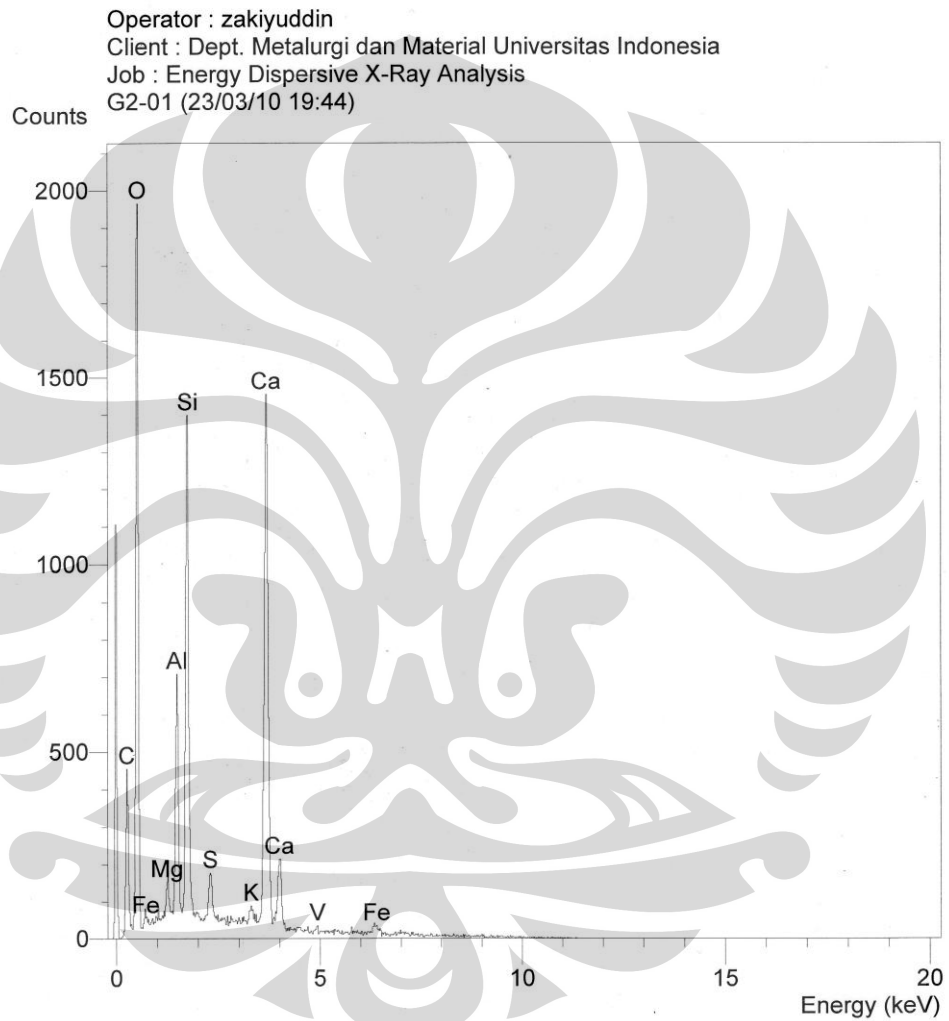
Standards :

C K	Carbon Low 13/09/06
O K	AL203 17/11/09
Mg K	MagOxide 22/03/06
Al K	AL203 17/11/09
Si K	Low Carbon Steel 13/09/06
S K	FeS2 22/03/06
K K	Orthoclase 22/03/06
Ca K	Orthoclase 22/03/06
Fe K	FeS2 22/03/06
Cu K	Copper 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	1.10	2.39
O K	ED	35.80	58.22
Mg K	ED	0.68	0.73
Al K	ED	4.44	4.28
Si K	ED	6.22	5.76
S K	ED	1.02	0.83
K K	ED	1.16	0.77
Ca K	ED	27.63	17.93
Fe K	ED	1.82	0.85
Cu K	ED	20.12	8.24
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

(lanjutan)



(lanjutan)

SEMQuant results. Listed at 19:48:44 on 23/03/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: G2-01

System resolution = 61 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

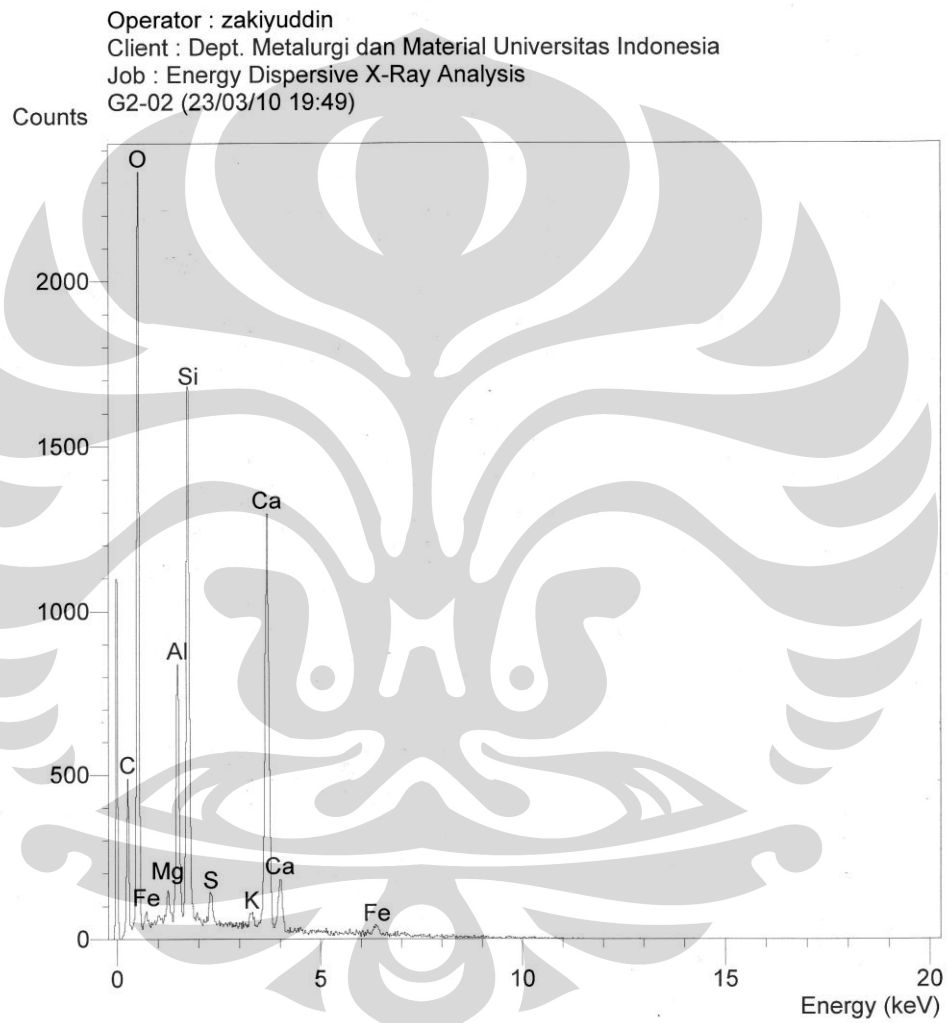
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 17/11/09
 Mg K MagOxide 22/03/06
 Al K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 S K FeS2 22/03/06
 K K Orthoclase 22/03/06
 Ca K Orthoclase 22/03/06
 V K Vanadium 22/03/06
 Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	0.83	1.59
O K	ED	44.26	64.09
Mg K	ED	0.65	0.62
Al K	ED	4.14	3.56
Si K	ED	5.90	4.87
S K	ED	1.45	1.05
K K	ED	1.04	0.62
Ca K	ED	38.28	22.13
V K	ED	1.32	0.60
Fe K	ED	2.13	0.88
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

(lanjutan)



(lanjutan)

SEMQuant results. Listed at 19:53:47 on 23/03/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: G2-02

System resolution = 61 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

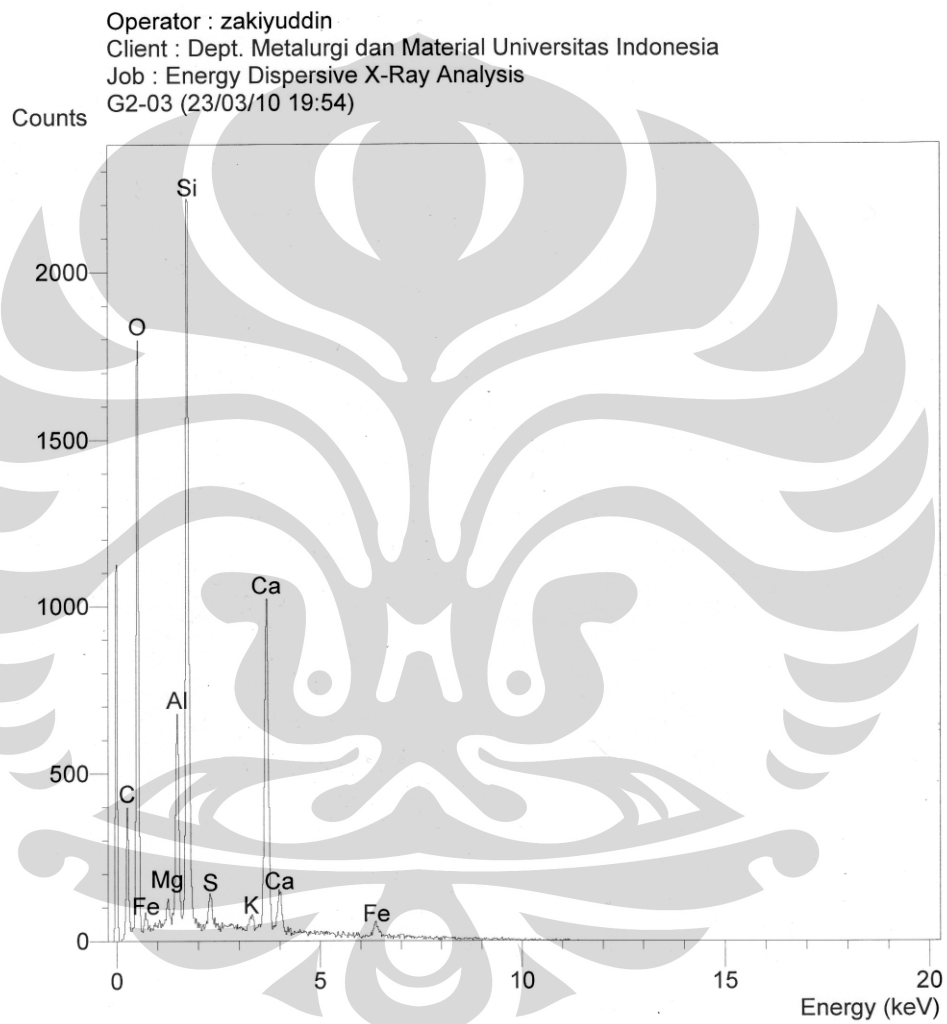
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 17/11/09
 Mg K MagOxide 22/03/06
 Al K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 S K FeS2 22/03/06
 K K Orthoclase 22/03/06
 Ca K Orthoclase 22/03/06
 Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	1.02	1.91
O K	ED	47.12	66.01
Mg K	ED	0.55	0.51
Al K	ED	5.37	4.46
Si K	ED	7.32	5.84
S K	ED	1.08	0.76
K K	ED	1.24	0.71
Ca K	ED	33.15	18.54
Fe K	ED	3.14	1.26
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

(lanjutan)



(lanjutan)

SEMQuant results. Listed at 19:58:08 on 23/03/10
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: G2-03

System resolution = 61 eV

Quantitative method: ZAF (3 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 17/11/09
 Mg K MagOxide 22/03/06
 Al K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 S K FeS2 22/03/06
 K K Orthoclase 22/03/06
 Ca K Orthoclase 22/03/06
 Fe K FeS2 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	1.08	2.08
O K	ED	42.86	61.84
Mg K	ED	0.48	0.45
Al K	ED	4.80	4.11
Si K	ED	11.46	9.42
S K	ED	1.32	0.95
K K	ED	1.42	0.84
Ca K	ED	31.86	18.35
Fe K	ED	4.73	1.95
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Lampiran 3 Data Pengaplikasian Cat

PRE INSPECTION

PENGECEKAN LINGKUNGAN:

RH pra blasting : 60% (Temp: 32 °C) at 10.46 WIB

RH pra 1st brushing : 56% (Temp 33,9 °C) at 14.52 WIB

Wind Velocity : not measured (indoor application)

DFT :

Cat Epoksi Primer Tanpa Metalloam (Metalloam 0 %)

Sampel	DFT (μm)		
Sampel 1	99,2	95,8	105
Sampel 2	101	101	101
Sampel 3	110	116	104
Sampel 4	96,8	95	94,4
Sampel 5	112	107	102
Sampel 6	95,7	103	94,4

Cat Epoksi Primer Dengan Penambahan Metalloam 5 %

Sampel	DFT (μm)		
Sampel 1	104	105	98,2
Sampel 2	102	101	97
Sampel 3	97,7	96	108
Sampel 4	96,8	95	94,4
Sampel 5	112	107	102
Sampel 6	95,7	103	94,4

(lanjutan)

Cat Epoksi Primer Dengan Penambahan Metalloam 10 %

Sampel	DFT (μm)		
Sampel 1	99,2	95,8	105
Sampel 2	101	101	101
Sampel 3	110	116	104
Sampel 4	96,8	95	94,4
Sampel 5	112	107	102
Sampel 6	95,7	103	94,4

Cat Epoksi Primer Dengan Penambahan Metalloam 15 %

Sampel	DFT (μm)		
Sampel 1	99,2	95,8	105
Sampel 2	101	101	101
Sampel 3	110	116	104
Sampel 4	96,8	95	94,4
Sampel 5	112	107	102
Sampel 6	95,7	103	94,4