



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI ANALISIS PELAPIS ORGANIK BERBASIS  
PELARUT DENGAN PELAPIS ORGANIK BERBASIS AIR  
PADA BAJA KARBON RENDAH**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik (ST.)**

**MUH. ALDIANSYAH SP.  
0405040481**

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL  
KEKHUSUSAN LOGAM  
DEPOK  
JUNI 2009**



## **LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

### **STUDI ANALISIS PELAPIS ORGANIK BERBASIS PELARUT DENGAN PELAPIS ORGANIK BERBASIS AIR PADA BAJA KARBON RENDAH**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Logam Departemen Metalurgi Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 26 Juni 2009

Muh. Aldiansyah SP.

NPM 0405040481



## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Muh. Aldiansyah SP.  
NPM : 0405040481  
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material  
Judul Skripsi : Studi Analisis Pelapis Organik Berbasis  
Pelarut Dengan Pelapis Organik Berbasis  
Air Pada 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 : Ir. Rini Riastuti M.Sc ( )  
Penguji 1 : Prof. Dr. Ir. Johnny Wahyuadi, DEA ( )  
Penguji 2 : Dra. Sari Katili MS ( )  
Penguji 3 : Rommy Sugara ST. MM ( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 7 Juli 2009



## KATA PENGANTAR

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

1. Ir. Rini Riastuti M.Sc, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Bp. Rommy dan Bp. Yadi dari pihak 3M yang telah membantu baik waktu, tenaga, dan material dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
3. Bp. Iswachyudi dan Bp. Nurjamil dari PT Sigma Utama yang telah membantu saya dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
4. Bp. Robert dan Bp. Yayat dari PT Harsa Wirasakti yang telah membantu saya dalam perihal preparasi sampel;
5. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
6. Moh. Arda Dh, rekan sekaligus sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini; dan
7. Seluruh pihak yang berperan dalam usaha perolehan data dalam menyelesaikan skripsi ini.



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

Depok, 26 Juni 2009

Penulis





## LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

---

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

Nama : Muh. Aldiansyah SP.

NPM : 0405040481

Program Studi : Logam

Departemen : Teknik Metalurgi Material

Fakultas : Teknik Universitas Indonesia

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:

STUDI ANALISIS PELAPIS ORGANIK BERBASIS PELARUT  
DENGAN PELAPIS ORGANIK BERBASIS AIR PADA BAJA KARBON  
RENDAH

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 26 Juni 2009

Yang menyatakan

Muh. Aldiansyah SP.



## ABSTRAK

Muh. Aldiansyah SP. NPM 0405040481 Departemen Metalurgi Material	Dosen Pembimbing Ir. Rini Riastuti M.sc
<b>STUDI ANALISIS PELAPIS ORGANIK BERBASIS PELARUT  DENGAN PELAPIS ORGANIK BERBASIS AIR PADA BAJA  KARBON RENDAH</b>	
<p><b>Abstrak</b></p> <p>Perkembangan teknologi telah mendorong terciptanya pelapis organik (cat) yang lebih ramah lingkungan seperti pelapis berbasis air.</p> <p>Analisis dilakukan dengan perbandingan sampel uji yang dilapisi pelapis organik berbasis pelarut dan pelapis berbasis air. Pengujian yang dilakukan adalah uji sembur garam 120 jam, uji adesi, dan pengamatan mikro hasil lapisan. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengevaluasi kualitas material cat yang memiliki sifat anti korosi yang tinggi.</p> <p>Dari pengujian dan analisis yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan, dari pengujian sembur garam 120 jam, sampel uji memiliki peringkat anti korosi sebesar 9. Dari uji adesi, sampel uji berbasis pelarut mengalami kegagalan kohesi. Dari pengamatan mikro hasil lapisan, sampel uji berbasis air memiliki morfologi yang lebih padat dan seragam akibat penambahan <i>coupling agent</i> yaitu 2,4,6-Tris (Dimethylaminomethyl) phenol.</p>	
<p><b>Kata kunci:</b> <i>Waterborne Epoxy, Adesi, Mikrostruktur</i></p>	



## ABSTRACT

Muh. Aldiansyah SP. NPM 0405040481 Departemen Metalurgi Material	Conselor: Ir. Rini Riastuti M.sc
<b>A STUDY ANALYSIS OF A SOLVENT-BORNE EPOXY WITH A WATERBORNE EPOXY ON LOW CARBON STEEL</b>	
<p><b>Abstract</b></p> <p>The development of technology has encouraged the creation of an organic coating which is more eco-friendly environment such as waterborne coating. Analysis is done with the comparison test sample coated with solvent-borne epoxy and waterborne epoxy. The tests which are conducted are 120 hours of salt spray test, adhesion test, and micro-layers observation. The objective from this research is to evaluate the quality of the material's nature coat that has a high anti-corrosion.</p> <p>From testing and analysis, it can be concluded, from the 120 hours of salt spray test, sample tests has a rank 9 of anti-corrosion. From adhesion test, solvent-borne sample test showed cohesive failure. And from the micro-layers observation, waterborne has a more compact and uniform due to addition of coupling agent namely 2,4,6-Tris (Dimethylaminomethyl) phenol.</p>	
<b>Keywords: Waterborne Epoxy, Adhesion, Microstructure</b>	



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	4
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	6
ABSTRAK .....	7
DAFTAR ISI .....	9
DAFTAR TABEL .....	13
DAFTAR GAMBAR .....	14
DAFTAR LAMPIRAN .....	16
BAB 1 PENDAHULUAN .....	17
1.1 Latar Belakang .....	17
1.2 Tujuan Penelitian .....	18
1.3 Ruang Lingkup Penelitian .....	19
1.4 Sistematika Penulisan .....	20
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	21
2.1 PELAPISAN ORGANIK .....	22
2.1.1 Pengertian Pelapisan Organik .....	22
2.1.2 Ikatan Kimia .....	22
2.1.2.1 Ikatan Kovalen .....	22
2.1.2.2 Ikatan Ionik .....	23



2.1.3	Komponen Pada Lapisan Organik.....	23
2.1.3.1	Binder.....	25
2.1.3.2	Pigment.....	25
2.1.3.3	Solvent.....	26
2.1.3.4	Additive.....	26
2.1.4	Mekanisme Pembentukan Lapisan Film.....	27
2.1.5	Metode Pengaplikasian Zat Lapis Organik.....	27
2.1.6	Mekanisme Proteksi Lapisan Organik.....	28
2.2	PREPARASI PERMUKAAN.....	29
2.2.1	Standar Preparasi Permukaan.....	29
2.2.2	Preparasi Permukaan dan Keberhasilan Pelapisan Organik	30
2.2.2.1	Adesi.....	30
2.2.2.2	Wetting.....	31
2.3	WATERBORNE EPOXY COATING .....	32
2.3.1	Epoxy Coating.....	33
2.3.1.1	Epoxy Resin.....	34
2.3.1.2	Amine Adduct.....	34
2.4	KEGAGALAN PADA LAPISAN ORGANIK .....	34
2.4.1	Korosi di Bawah Lapisan Organik .....	35
2.4.1.1	Blistering.....	36
2.4.1.2	Delaminasi Katodik.....	36
BAB III	METODE PENELITIAN .....	38
3.1	DIAGRAM ALIR PENELITIAN.....	38
3.2	ALAT DAN BAHAN.....	39
3.3	PROSEDUR PENELITIAN .....	39



3.3.1	Preparasi Sampel Uji .....	39
3.3.2	Proses Pelapisan .....	40
3.3.3	Pengukuran Ketebalan Lapisan.....	41
3.4	PENGUJIAN.....	42
3.4.1	Uji Sembur Garam.....	42
3.4.2	Uji Adesi.....	44
3.4.3	Pengamatan Struktur Mikro dengan SEM.....	45
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN.....		47
4.1	PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO DENGAN SEM .....	47
4.1.1	Data Hasil Pengamatan SEM.....	47
4.1.1.1	Solvent-borne.....	47
4.1.1.2	Waterborne.....	49
4.1.2	Pembahasan Pengamatan Struktur Mikro.....	51
4.2	UJI ADESI.....	53
4.2.1	Data Hasil Uji Adesi .....	53
4.2.1.1	Solvent-borne.....	53
4.2.1.2	Waterborne.....	55
4.2.2	Pembahasan Uji Adesi.....	56
4.3	UJI SEMBUR GARAM .....	58
4.3.1	Data Hasil Uji Sembur Garam .....	58
4.3.1.1	Solvent-borne.....	58
4.3.1.2	Waterborne.....	59
4.3.2	Pembahasan Uji Sembur Garam .....	63
BAB V KESIMPULAN.....		66



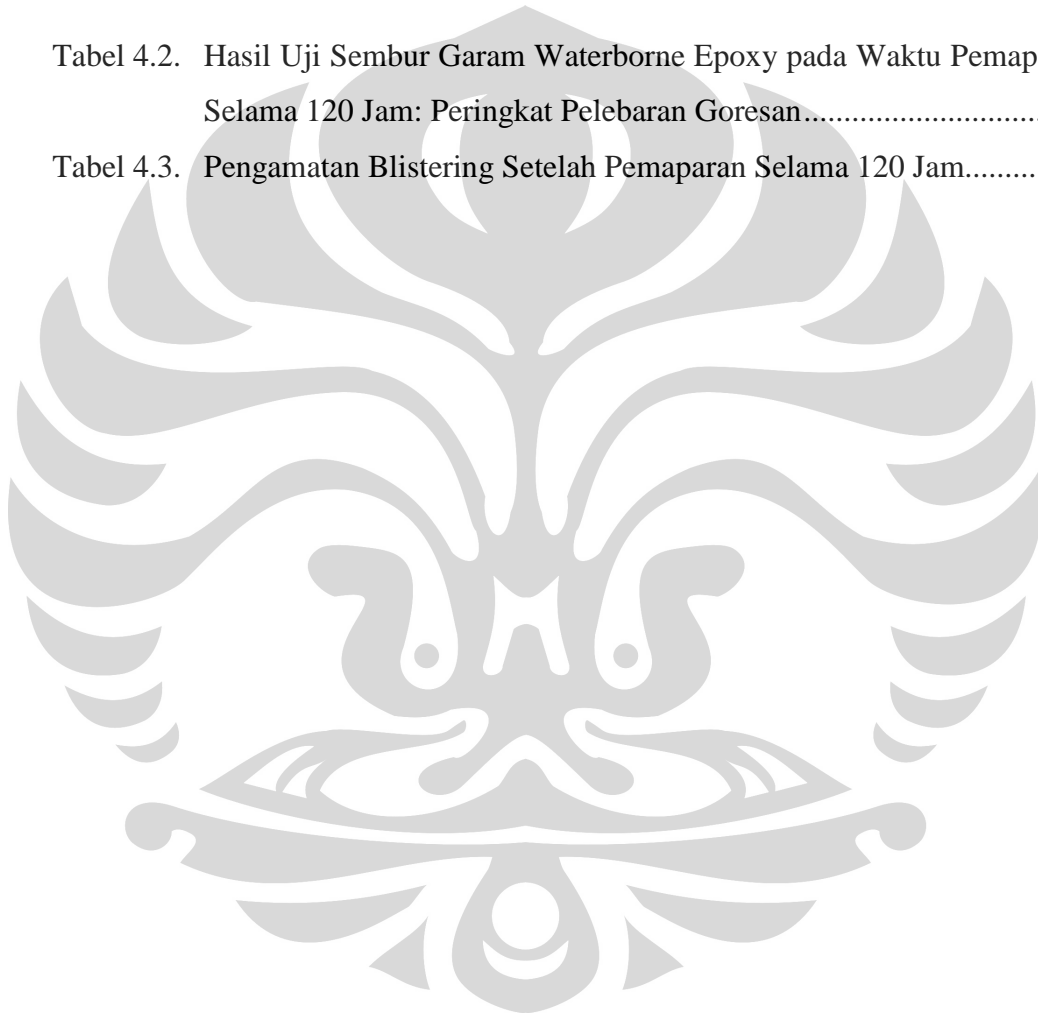
DAFTAR REFERENSI .....	67
------------------------	----





## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Ringkasan Standar Preparasi Permukaan SSPC .....	29
Tabel 3.1. Perankingan Pelebaran Daerah Goresan .....	44
Tabel 4.1. Hasil Uji Sembur Garam Solvent-borne Epoxy pada Waktu Pemaparan Selama 120 Jam: Peringkat Pelebaran Goresan .....	59
Tabel 4.2. Hasil Uji Sembur Garam Waterborne Epoxy pada Waktu Pemaparan Selama 120 Jam: Peringkat Pelebaran Goresan .....	60
Tabel 4.3. Pengamatan Blistering Setelah Pemaparan Selama 120 Jam .....	60





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Contoh Skema Pembentukan Ikatan Kovalen.....	23
Gambar 2.2. Skema Jenis <i>Coating</i> yang digunakan dalam Proteksi Logam .....	24
Gambar 2.3. Skema <i>Mechanical Bonding</i> antara <i>Coating</i> dengan Substrat .....	31
Gambar 2.4. <i>Latex Film Formation: (A) Colloid concentration dan (B) Coalescence</i> .....	33
Gambar 2.5. Struktur <i>Cincin Epoxy</i> atau <i>Oxirane</i> .....	33
Gambar 2.6. Struktur Resin Bisphenol-F.....	34
Gambar 2.7. Kerusakan pada <i>Coating</i> . (a) <i>Mechanical</i> , (b) <i>Thermal</i> , (c) <i>Chemical Bond Failure</i> [7] .....	35
Gambar 2.8. Mekanisme Delaminasi Katodik yang Diawali dari Cacat pada Lapisan Organik dan Juga <i>Blister</i> [8] .....	37
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian .....	38
Gambar 3.2. Sampel Uji.....	40
Gambar 3.3. Sampel Uji Setelah <i>Sand Blast</i> Hingga Sa2½.....	40
Gambar 3.4. <i>Wet Film Comb</i> .....	41
Gambar 3.5. <i>Elcometer Coating Thickness Gages</i> .....	42
Gambar 3.6. <i>Salt Spray Cabinet</i> .....	43
Gambar 3.7. <i>Elcometer Model 106 Adhesion Tester</i> .....	45
Gambar 3.8. SEM/EDAX LEO.....	46
Gambar 4.1. Solvent-borne perbesaran 438x .....	47
Gambar 4.2. Solvent-borne perbesaran 1000x .....	48



Gambar 4.3. Solvent-borne perbesaran 4000x .....	48
Gambar 4.4. Solvent-borne perbesaran 7000x .....	48
Gambar 4.5. Solvent-borne perbesaran 1000x dengan garis kontur.....	49
Gambar 4.6. Waterborne perbesaran 438x.....	49
Gambar 4.7. Waterborne perbesaran 1000x.....	50
Gambar 4.8. Waterborne perbesaran 4000x.....	50
Gambar 4.9. Waterborne perbesaran 7000x.....	50
Gambar 4.10. Waterborne perbesaran 1000x dengan garis kontur.....	51
Gambar 4.11. Solvent-borne dan Waterborne perbesaran 1000x.....	52
Gambar 4.12. Sampel Uji dengan Solvent-borne Epoxy Setelah Uji Adesi.....	55
Gambar 4.13. Sampel Uji dengan Waterborne Epoxy Setelah Uji Adesi.....	56
Gambar 4.14. Permukaan Lapisan Sampel Solvent-borne Epoxy Setelah Uji Sembur Garam Selama 120 Jam.....	58
Gambar 4.15. Permukaan Lapisan Sampel waterborne Epoxy Setelah Uji Sembur Garam Selama 120 Jam.....	60



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Data Aplikasi Cat.....	68
LAMPIRAN 2. Product Data Sheet.....	71
LAMPIRAN 3. Standar Pengujian.....	78





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Baja merupakan material yang banyak diaplikasikan di berbagai industri di dunia. Pengaplikasian tersebut dikarenakan baja memiliki *cost* yang rendah dan sifat mekaniknya yang baik serta fabrikasinya yang mudah [1]. Namun seperti material lainnya, baja dapat mengalami suatu degradasi/penurunan mutu berupa peristiwa korosi, di mana korosi merupakan degradasi material akibat bereaksi dengan lingkungan di mana baja berada. Oleh karena itu diperlukan suatu metode untuk memproteksi baja dari lingkungannya sehingga peristiwa korosi dapat diminimalisasi.

*Organic coating* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memproteksi material. Salah satu jenis *organic coating* yang sering digunakan ialah *paint*. *Paint*, yang sering disebut dengan istilah *coating*, merupakan zat yang terdiri dari tiga komponen utama, yaitu *binder*, *pigment*, dan *solvent*. Dengan komponen tersebut, maka *paint* yang diaplikasikan pada permukaan substrat logam dapat membentuk suatu lapisan yang akan menghalangi logam dari lingkungan di sekitarnya. Selain dapat melindungi logam dari lingkungannya, *paint* dapat memberikan nilai tambah berupa nilai dekoratif [2].

Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, maka metode *painting* juga ikut berkembang, baik dalam hal zat yang digunakan, metode pengaplikasian, maupun lingkungan di mana *paint* akan ditempatkan. Salah satu jenis perkembangannya ialah penggunaan *waterborne epoxy coating*. *Waterborne paints* tidak sesederhana seperti *solvent-borne paints* dimana pelarut *organic* telah digantikan dengan air. *Waterborne paints* lebih rumit dan sulit untuk dirumuskan dibandingkan *solvent-borne coatings*. Dalam istilah umum, sebuah *one-component, solvent-borne coating* terdiri dari *polymer* terurai dalam pelarut yang sesuai. Pembentukan *film* terdiri dari pengaplikasian *film* dan menunggu pelarut



untuk menguap. Dalam *waterborne latex coating*, partikel *polymer* tidak semuanya terurai, melainkan hadir sebagai padatan partikel *polymer* yang tersebar di dalam air.

Namun keberhasilan dari *organic coating* dalam melindungi substrat logam tidak hanya ditentukan oleh jenis *coating* yang digunakan, tetapi juga oleh faktor-faktor seperti kondisi lingkungan di mana substrat logam ditempatkan, dan juga preparasi permukaan pada substrat logam. Dari beberapa faktor tersebut, preparasi permukaan merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan keberhasilan dari kerja *organic coating*. Ada suatu teori yang menyebutkan bahwa lebih baik menggunakan *paint* dengan kualitas kurang baik pada permukaan logam yang sudah dipreparasi dengan baik, dibandingkan menggunakan *paint* dengan kualitas baik pada permukaan yang tidak dipreparasi dengan baik [3].

Pelarut/*thinners* biasanya digunakan untuk mengurangi kekentalan dari material, pelarut menguap pada kecepatan yang berbeda, sehingga pemilihan *thinners* dapat digunakan untuk mengubah *drying properties* dari *coating* tersebut. Pelarut merupakan senyawa *organic* yang mudah menguap, karena pelarut merupakan senyawa hidrokarbon, maka isu kesehatan menjadi salah satu faktor penting yang harus dipertimbangkan di era pemanasan *global* seperti saat ini. Untuk memenuhi isu kesehatan, maka dicari alternatif lain dalam penggunaan *coating*, salah satunya adalah dengan *coating* yang berbasis air. Dengan kata lain *coating systems* yang dapat dikurangi viskositasnya dengan menggunakan air. Level dari senyawa *organic* yang mudah menguap lebih rendah dibandingkan produk berbasis pelarut.

Pada penelitian ini akan dievaluasi antara *coating* berbasis air dengan *coating* berbasis pelarut pada pelapisan baja karbon dengan terhadap ketahanan adesi, ketahanan korosi, dan struktur mikro dari *coating* berbasis air dengan *coating* berbasis pelarut.

## 1.2 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini adalah untuk membandingkan *coating* berbasis pelarut dengan *coating* berbasis air yang lebih ramah lingkungan dan aman untuk aplikator, adapun tujuan penelitian ini antara lain :



1. Untuk menetapkan adesi *coating film* yang lebih baik.
2. Evaluasi *coating film* antara *coating* berbasis air dan *coating* berbasis pelarut.
3. Menentukan material *coating* mana yang memiliki kemampuan melindungi yang lebih baik.

### 1.3 RUANG LINGKUP PENELITIAN

Ruang lingkup pada penelitian ini ialah :

- Sampel yang digunakan merupakan baja karbon dengan dimensi panjang, lebar, dan tebal berturut-turut ialah 150 mm, 100 mm, dan 40 mm.
- Jenis zat lapis organik yang digunakan ialah *two component waterborne epoxy coating*, yang terdiri dari *base* (terdiri dari resin, *pigmen* dan *solvent*) dan *activator* (*curing agent/hardener*); dengan rasio pencampuran volum *base* dan *activator* sebesar 9:1.
- Jenis zat lapis organik yang digunakan ialah *two component solvent-borne epoxy coating*, yang terdiri dari *base* (terdiri dari resin, *pigmen* dan *solvent*) dan *activator* (*curing agent/hardener*); dengan rasio pencampuran volum *base* dan *activator* sebesar 4:1.
- Preparasi permukaan pada sampel uji dilakukan dengan metode *abrasive blast clean* hingga Sa2½.
- Proses pelapisan dilakukan dengan menggunakan kuas hingga seluruh permukaan sampel uji terlapisi.
- Sampel uji ketika telah dilapisi memiliki *dry film thickness* sebesar 150 *microns*.
- Pengujian yang dilakukan ialah :
  - Pengujian ketahanan korosi dengan metode *salt spray test*
  - Pengujian adesi dengan metode *pull-off adhesion test*



- Pengamatan struktur mikro menggunakan SEM
- Identifikasi komposisi elemen dari spesimen menggunakan EDAX

#### **1.4 SISTEMATIKA PENULISAN**

Sistematika penulisan dalam penelitian ini, disusun agar konsep dalam penulisan skripsi menjadi runut sehingga didapat kerangka alur pemikiran yang mudah, sistematis dan praktis. Sistematika tersebut dapat diuraikan dalam bentuk bab-bab yang terpartisi dan saling berkaitan satu sama lain, diantaranya sebagai berikut :

##### **Bab I Pendahuluan**

Membahas tentang latar belakang penelitian, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

##### **Bab II Tinjauan Pustaka**

Membahas tentang dasar teori penunjang penelitian ini

##### **Bab III Metodologi Penelitian**

Membahas mengenai diagram alir penelitian, alat dan bahan, prosedur penelitian dan pengujian sampel.

##### **Bab IV Data dan Pembahasan**

Berisi tentang data yang didapat dari hasil pengujian yang telah dilakukan baik berupa angka, gambar maupun grafik dan membahas tentang analisa dari hasil pengujian tersebut serta membandingkannya dengan teori yang berlaku.

##### **Bab V Penutup**

Berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Peristiwa korosi merupakan hal yang tidak luput dari logam, karena korosi merupakan kerusakan yang dihasilkan dari reaksi yang terjadi antara logam dan lingkungannya. Korosi tidak hanya merugikan manusia secara ekonomi, tetapi juga dapat mengancam keselamatan manusia [4]. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode untuk mengendalikan terjadinya korosi pada logam. Dan penggunaan pelapisan organik merupakan salah satu metode pengendalian korosi pada logam.

*Paint* merupakan salah satu metode tertua yang digunakan untuk memperlambat proses korosi. Metode ini banyak digunakan selain dapat melindungi logam dari lingkungannya, juga dapat meningkatkan penampilan dari logam yang dilindungi dengan adanya warna dari penghalang organik [1]. Dari segi penggunaannya, *paint* bernilai ekonomis dan fleksibel karena terdapat dalam berbagai jenis dan pengaplikasiannya dapat menggunakan berbagai macam cara seperti *brushing*, *rolling*, dan *spray painting*.

Baja karbon merupakan logam yang memiliki ketahanan rendah terhadap korosi sehingga seringkali membutuhkan lapisan pelindung. Di dalam pengaplikasiannya seperti pipa, struktur bangunan, dan lain-lain, baja karbon dapat diproteksi dengan penghalang organik atau *paint*. Contohnya jenis *waterborne epoxy coating* dan *solvent-borne epoxy coating*.

Hampir semua rantai *polymer* tidak polar. Air sebagai polar tinggi, tidak dapat mengurai rantai *polymer* tersebut. Perbedaan antara *solvent-borne* dan *waterborne paints* adalah berdasarkan karakter unik dari air. Air tidak menguraikan *polymer* yang digunakan sebagai *resin* dalam *paint*. Konsekuensinya *polymer* harus secara kimia diubah sehingga dapat digunakan sebagai dasar *paint*. Air lebih rendah penguapannya di bandingkan pelarut. Tegangan permukaan dari air lebih tinggi dibandingkan dengan pelarut yang digunakan dalam *paint*.



## 2.1 PELAPISAN ORGANIK (*ORGANIC COATING*)

### 2.1.1 Pengertian Pelapisan Organik

*Organic coating* merupakan penghalang organik tipis antara material dan lingkungannya. *Organic coating* biasanya diaplikasikan dalam bentuk cairan dengan menggunakan kuas, rol, dan penyemprotan [6]. *Paint*, yang terdiri dari *binder*, *pigment*, *additive*, dan *solvent*, merupakan zat lapis organik yang sering digunakan untuk proteksi korosi. Tingkatan proteksi dari pelapisan organik tergantung pada system keseluruhan dari pelapisan yang terdiri dari jenis lapisan, substrat logam, dan preparasi permukaan [7].

### 2.1.2 Ikatan Kimia

*Coating* agar memiliki tingkat adesi yang kuat maka harus memiliki ikatan kimia yang kuat. Atom-atom dikumpulkan dalam molekul dan struktur kimia besar seperti *cross linked epoxy* oleh ikatan kimia.

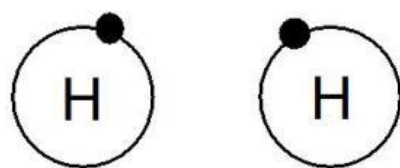
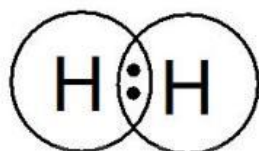
Ada beberapa tipe ikatan seperti ikatan koordinasi, kovalen, rangkap, hidrogen, ionik, rangkap tiga. Ikatan-ikatan ini adalah gaya yang hadir dan dihasilkan oleh elektron. Elektron baik dibagi diantara atom-atom, atau menangkap dan melepaskan pembentukan ion elektron.

Elektron bersama disebut dengan ikatan kovalen dan ini terjadi ketika atom serupa berikatan bersama. Pelepasan dan penambahan elektron terjadi ketika tipe atom yang berbeda berikatan bersama, contohnya logam seperti sodium  $\text{Na}^+$  dan non logam seperti chlorine  $\text{Cl}^-$ . Ikatan ini disebut dengan ikatan ionik.

#### 2.1.2.1 Ikatan kovalen

Ikatan kovalen terbentuk oleh dua atom serupa yang hadir bersama dan membagi elektron bersama, contohnya hidrogen yang mana hanya memiliki satu elektron. Dua atom hidrogen membentuk molekul hidrogen ( $\text{H}_2$ ) oleh dua elektron yang datang bersama untuk membentuk ikatan.



*Hydrogen atoms**Hydrogen molecule***Gambar 2.1** Contoh Skema Pembentukan Ikatan Kovalen

Ikatan kovalen biasanya ditemukan dalam senyawa yang hanya mengandung elemen nonlogam seperti  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{NH}_3$ . Ikatan kovalen yang mengandung dua elektron disebut dengan ikatan tunggal. Banyak molekul seperti *unsaturated fatty acids* mengandung ikatan rangkap. Beberapa molekul seperti acetylene  $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ , mengandung ikatan rangkap tiga. Ikatan kovalen tidak sekuat ikatan ionik.

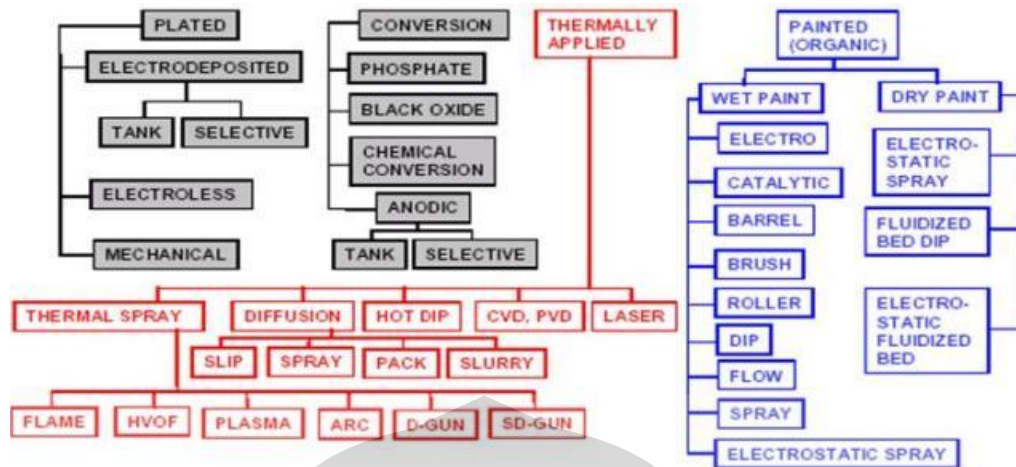
#### 2.1.2.2 Ikatan Ionik

ikatan kimia ini terjadi karena gaya menarik elektrostatis antara ion negatif dan positif, atau antara anion dan kation. Ikatan ionik ditemukan di senyawa beberapa logam seperti  $\text{NaCl}$  dan dalam senyawa mengikutsertakan *radicals*, contohnya  $\text{CuSO}_4$ , dan  $\text{KNO}_3$ .

#### 2.1.3 Komponen Pada Lapisan Organik

Ada beberapa jenis *coating* yang digunakan dalam usaha perlindungan terhadap serangan korosi. Jenis atau cara *coating* dapat dilihat pada skema dibawah ini.





**Gambar 2.2** Skema Jenis *Coating* yang digunakan dalam Proteksi Logam

Komponen pada lapisan organik terdiri dari *binder*, *pigment*, *additive*, dan *solvent*. Sistem pelapisan organik diklasifikasikan berdasarkan jenis *binder* atau *resin*. Meskipun *binder* atau *resin* yang biasanya merupakan polimer organik merupakan elemen yang memberikan efek yang lebih berpengaruh terhadap ketahanan dan sifat dari lapisan organik, namun jenis dan jumlah dari *pigment*, *solvent*, dan *additive* dapat mempengaruhi sifat dan kemampuan proteksi dari lapisan organik [7].

Dalam sistem coating yang perlu diperhatikan adalah preparasi permukaan material yang akan dilakukan *coating*, jenis lapisan coating, ketebalan *coating*, dan cara pelapisan/*coating*. Lapisan *coating* ada tiga jenis yakni :

- *Primer* :
  - Adesi pada permukaan logam
  - Daya inhibisi korosi
  - Daya *sacrificial*
- Lapisan Antara :
  - Menambah ketebalan
  - Ketahanan kimia
  - Adesi antara primer dan topcoat
- *Topcoa* :
  - Ketahanan cuaca dan kimia



- Memberikan warna dan kilap
- Mencegah jamur

#### 2.1.3.1 *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 [7].

Jenis *binder* yang digunakan berbagai macam, seperti *epoxy*, *acrylic*, *polyurethane*, *polyester*, *alkyd*, dll. Masing-masing *binder* tersebut memiliki sifat yang berbeda satu sama lain [7]. 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*.

#### 2.1.3.2 *Pigment*

*Pigment* yang ada pada lapisan organik bertujuan untuk memberikan warna pada sistem pelapisan sehingga meningkatkan sifat dekoratif. Selain itu unsur *pigment* juga dapat meningkatkan sifat proteksi korosi dari lapisan organik. Di dalam memproteksi substrat logam dari korosi, *pigment* dapat bekerja sebagai zat *inhibitor* seperti *phosphate*, zat yang dikorbankan seperti seng, serta zat penghalang seperti kaca [6].



Sebagai *inhibitor*, *pigment* 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, *pigment* memiliki ketahanan terhadap zat kimia. Jenis *pigment* yang terkandung di dalam lapisan organik harus cocok dengan *resin* dan juga harus tahan terhadap lingkungan di mana lapisan organik berada [7].

#### 2.1.3.3 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*.

#### 2.1.3.4 Additive

Untuk tujuan proteksi korosi, komponen paling utama pada lapisan organik ialah *binder* dan *pigment*. Komponen *additive* diperlukan saat proses manufaktur, pengaplikasian, dan *cure* dari lapisan organik. Fungsi dari *additive* tersebut ialah sebagai pengontrol aliran dan dispersi, reagen yang reaktif, dan zat kimia yang tahan terhadap lingkungan tertentu.

Sebagai pengontrol aliran dispersi, *additive* membuat lapisan organik dapat mengontrol sifatnya saat dalam keadaan basah, baik saat pencampuran, pengaplikasian maupun proses *curing*. Jadi, zat lapis organik dapat membasahi substrat logam dengan merata sehingga membentuk film yang kontinu sepanjang permukaan logam. Sebagai reagen yang reaktif, *additive* membantu dalam hal



pembentukan film, membentuk ikatan pada substrat, proses *crosslinking*, dan *curing*. Sebagai zat kimia yang tahan terhadap lingkungan tertentu, zat *additive* dapat memberikan perlindungan terhadap suatu lingkungan tertentu seperti sinar UV dan lingkungan laut [6].

#### 2.1.4 Mekanisme Pembentukan Lapisan Film

Agar *coating* bekerja secara efektif dalam memproteksi substrat dari lingkungannya, maka *coating* harus mengalami curing dgn baik. Kebanyakan dari resin organik merupakan zat cair yang akan mengering atau *cure* menjadi film padat. Resin tersebut diklasifikasikan sebagai *thermoplastic* dan *thermoset*. Resin *thermoplastic* akan mengering dengan menguapnya *solvent*, dan akan menjadi *soft* saat dipanaskan serta akan mengeras saat didinginkan. Sedangkan resin *thermoset* yang telah mengalami *curing* tidak akan menjadi *soft* saat dipanaskan [7].

- *Air drying*

*Air drying* merupakan mekanisme *curing* yang terjadi pada temperatur ruang. Mekanisme ini terdiri dari:

- *Solvent Evaporation*

Dengan menguapnya *solvent*, maka *thermoplastic resin* dapat membentuk film padat.

- *Conversion*

Sejalan dengan menguapnya *solvent*, lapisan film dapat terbentuk dengan mekanisme *curing* melalui proses oksidasi, katalisis, atau *crosslinking*. Untuk *thermoset coating*, lapisan film akan terbentuk dengan proses *crosslinking* pada temperatur ruang. *Epoxy resin* akan mengalami *crosslinking* dengan *polyamine* sehingga membentuk lapisan film.

- *Baking*

Pada *baking*, proses *curing* berjalan pada temperatur 150-200 °C.

#### 2.1.5 Metode Pengaplikasian Zat Lapis Organik

Terdapat beberapa metode pengaplikasian zat lapis organik pada substrat logam, yaitu seperti *brushing*, *roller*, *spray coating*, *powder coating*, serta



*electrodepositing*. Pemilihan metode yang akan digunakan dalam pengaplikasian zat lapis tersebut dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu tujuan pelapisan, lingkungan di mana zat lapis organik akan ditempatkan, jenis zat lapis organik, bentuk dan ukuran dari komponen yang akan dilapisi, waktu pengaplikasian, serta biaya.

Dari beberapa metode pengaplikasian yang ada, *brushing* merupakan metode yang efektif dan sederhana. Biasanya metode *brushing* digunakan untuk pengaplikasian lapisan primer karena kuas dapat menjangkau pori serta ketidakseragaman dari permukaan substrat. Karena pengerjaan dengan menggunakan kuas berjalan lambat, maka metode *brushing* diutamakan untuk pelapisan pada area yang kecil, serta untuk tujuan perbaikan.

Keunggulan dari metode *brushing* diantaranya ialah pengaplikasiannya yang mudah dan tidak mahal, dapat menjangkau bentuk yang rumit, serta dapat menghasilkan lapisan tebal dengan sekali pelapisan. Kelemahan metode *brushing* ialah sulit untuk menghasilkan lapisan yang seragam [6].

#### **2.1.6 Mekanisme Proteksi Lapisan Organik**

Mekanisme proteksi korosi yang diberikan oleh lapisan organik pada substrat logam dapat melalui dua hal, yaitu melalui aksi penghalangan (*barrier*) dan juga aksi inhibisi. Aksi inhibisi juga didapat dari pigmen yang ada di dalam lapisan organik.

Secara umum, lapisan organik memberikan perlindungan dengan membentuk suatu penghalang fisik antara substrat logam dan lingkungan korosif. Namun pada kenyataannya sifat penghalang tersebut terbatas karena lapisan organik dapat ditembus oleh air dan juga oksigen. Tetapi hal tersebut bukan menjadi suatu masalah dalam melindungi substrat dari lingkungannya apabila lapisan substrat melekat dengan baik pada substrat. Jadi, adesi merupakan kriteria utama untuk memproteksi substrat logam dari lingkungan melalui lapisan organik. Selama tidak terjadi kondensasi air pada lapisan antara substrat dan lapisan organik, maka penyerapan air pada lapisan organik tidak akan merusak sistem proteksi [8].



## 2.2 PREPARASI PERMUKAAN

Sifat kunci dari suatu lapisan organik ialah kemampuan untuk melekat pada permukaan substrat. Oleh karena itu substrat yang akan dilapisi harus bebas dari kotoran seperti minyak dan produk korosi. Dan untuk mendapatkannya maka diperlukan suatu proses yang disebut dengan preparasi permukaan.

Preparasi permukaan merupakan proses yang meliputi pengkasaran permukaan untuk mendapatkan mechanical bonding dan juga untuk menghilangkan karat, minyak, lemak, dan pengotor lainnya. Dengan permukaan substrat yang bersih dan kasar maka zat lapis organik diharapkan dapat melekat dengan baik. Proses ini dapat dilakukan secara mekanik seperti *grit-blast* dan *sandblast*, ataupun secara kimia seperti *pickling* dan *degreasing*. Pemilihan metode preparasi permukaan itu sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti logam yang akan dilapisi, bentuk dan ukuran komponen, sistem pelapisan, serta kondisi operasi [5].

### 2.2.1 Standar Preparasi Permukaan

Hal penting di dalam pengaplikasian lapisan organik ialah preparasi permukaan untuk mendapatkan daya lekat (adesi) yang baik serta ketebalan yang diinginkan. Karena preparasi permukaan memegang peranan penting, maka terdapat suatu standar yang mengatur metode preparasi permukaan. Metode standar yang biasa digunakan ialah standar yang dikeluarkan oleh *Steel Structures Painting Council* (SSPC). Tabel 2.1 berikut merangkum metode standar preparasi permukaan yang dikeluarkan SSPC.

**Tabel 2.1** Ringkasan Standar Preparasi Permukaan SSPC [7]

<i>Specification</i>	<i>Description</i>
<i>SP 1: Solvent Cleaning</i>	<i>Removal of oil, grease, dirt, soil, salts, and contaminants by cleaning with solvent, vapour, alkali, emulsion or steam</i>
<i>SP 2: Hand-tool Cleaning</i>	<i>Removal of loose rust, mill scale, and paint to degree specified by hand chipping, scraping, sanding, and wire brushing</i>
<i>SP 3: Power-tool</i>	<i>Removal of loose rust, mill scale, and paint to degree</i>



<i>Cleaning</i>	<i>specified by power tool chipping, descaling, sanding, wire brushing and grinding</i>
<i>SP 5: White-metal Blast Cleaning</i>	<i>Removal of all visible rust, mill scale, paint, and foreign matter by blast cleaning by wheel or nozzle (dry or wet), using sand, grit, or shot</i>
<i>SP 6: Commercial Blast Cleaning</i>	<i>Blast cleaning until two thirds of the surface area is free of all visible residues</i>
<i>SP 7: Brush-off Blast Cleaning</i>	<i>Blast cleaning of all except tightly adhering residues of mill scale, rust, and coatings, exposing numerous evenly distributed flecks of underlying metal</i>
<i>SP 8: Pickling</i>	<i>Complete removal of rust and mill scale by acid pickling, duplex pickling, or electrolytic pickling</i>
<i>SP 10: Near-white Blast Cleaning</i>	<i>Blast cleaning nearly to white-metal cleanliness, until at least 95% of the surface area is free of all visible residues</i>

### 2.2.2 Preparasi Permukaan dan Keberhasilan Pelapisan Organik

Preparasi permukaan merupakan faktor penting untuk mendapatkan adesi/daya lekat yang baik dari *coating* pada permukaan substrat. Selain itu, preparasi permukaan juga dapat mempengaruhi *wetting* (pembasahan).

#### 2.2.2.1 Adesi

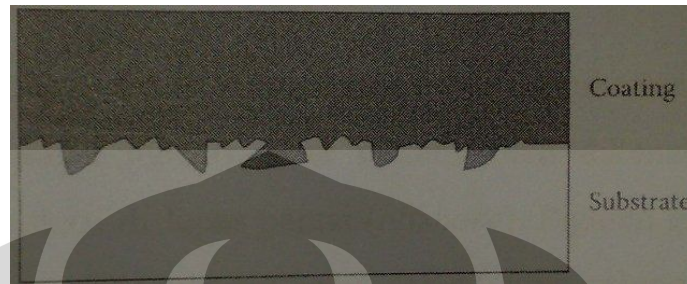
Adesi merupakan suatu fenomena yang terjadi pada *interface* (lapisan antarmuka) yang berhubungan dengan efek fisik dari reaksi kimia. Dalam hal ini, adesi merupakan interaksi antara *coating* dengan substrat logam. Ada tiga teori berkaitan dengan adesi, yaitu *mechanical bonding* (ikatan mekanik), *electrostatic 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 adesi dari *coating* pada substrat.



**Gambar 2.3** Skema *Mechanical Bonding* antara *Coating* dengan Substrat

## 2. *Electrostatic Attraction*

Gaya elektrostatis dapat terjadi pada *interface* antara *coating* dengan substrat. Adanya perbedaan *electrical charge* antara *coating* dengan substrat membentuk adesi *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 silane, yang dapat menciptakan ikatan yang kuat antara *coating* dengan substrat.

### 2.2.2.2 *Wetting*

Untuk mendapatkan ikatan yang baik dengan substrat, maka lapisan organik memerlukan kontak fisik dengan substrat. Proses di mana suatu cairan menyebar pada permukaan substrat sehingga menimbulkan kontak fisik dinamakan dengan *wetting* (pembasahan). Mekanisme *wetting* dipengaruhi oleh tegangan permukaan (*surface tension*). *Surface tension* ialah energi yang dibutuhkan per unit area permukaan, dengan satuan  $\text{J/m}^2$ .



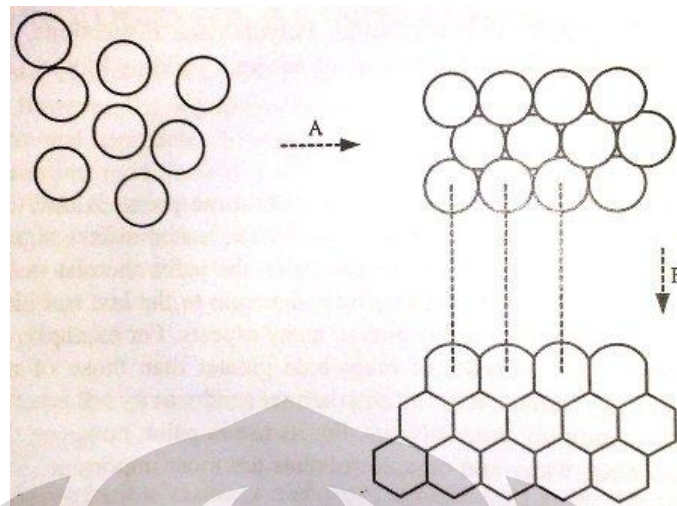
Agar cairan organik membasahi permukaan substrat, maka tegangan permukaan dari cairan tersebut harus lebih kecil dari tegangan permukaan substrat. Namun kebersihan dari substrat merupakan faktor penting yang dapat memberikan kesuksesan proses pembasahan. Karena kontaminan pada substrat seperti oli dan minyak memiliki tegangan permukaan yang rendah. Sehingga saat coating diaplikasikan pada permukaan yang kurang bersih akan mengganggu proses pembasahan sehingga adesi *coating* pada substrat juga akan terganggu [9].

### 2.3 WATERBORNE EPOXY COATING

penyebaran *waterborne* membentuk film melalui proses yang menakjubkan. Untuk membentuk *crosslinking* untuk terbentuk dan film *coherent* terbentuk, partikel padat dalam penyebaran (*dispersion*) harus menyebar keluar sebagai air yang menguap. Pembentukan *latex film formation* menjadi tiga tahap:

- *Colloid concentration*. Bulk air dari paint yang baru diaplikasikan menguap. Karena jarak antara partikel polimer *spherical* menyusut, partikel bergerak dan meluncur melewati satu sama lain hingga tersusun padat. Partikel tertarik lebih mendekat oleh penguapan air tetapi mereka sendiri tidak terpengaruh, bentuknya tidak berubah.
- *Coalescence* (perpaduan). Tahap ini terjadi ketika sisa air terdapat diantara partikel-partikel. Tahap ini juga disebut dengan *capillary stage*, tegangan permukaan dari interstisi air menjadi salah satu faktor. Air mencoba untuk menurunkan permukaannya baik dikedua *interface* air-udara dan air-partikel. Air biasanya menarik cukup polymer partikel padat untuk membentuk mereka. Ini terjadi di sisi samping, atas, bawah dari *sphere*. Sebagai hasil dari kejadian ini disemua bagian dan semua *sphere* adalah menghasilkan *dodecahedral honeycomb structure*.
- *Makromolecule interdifussion*. Dibawah kondisi tertentu seperti temperatur tinggi, rantai polimer dapat berdifusi menembus batas partikel menghasilkan film yang kontinu dan homogen sehingga *mechanical strength* dan ketahanan air dari film meningkat.

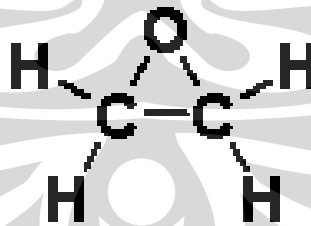




**Gambar 2.4** *Latex Film Formation: (A) Colloid concentration dan (B) Coalescence.*

### 2.3.1 *Epoxy Coating*

Karena sifatnya yang sangat kuat, tahan terhadap zat kimia, dan memiliki adhesi yang baik pada substrat, maka *epoxy coating* merupakan jenis pelapisan antikorosi yang paling penting. *Epoxy*, *epoxy resin*, atau *epoxide* merupakan kelompok senyawa yang memiliki ciri dengan adanya cincin *oxirane* atau *epoxy*, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.5 [3].



**Gambar 2.5** Struktur Cincin Epoxy atau Oxirane

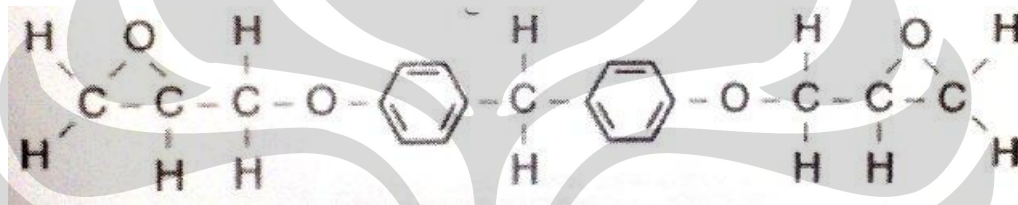
*Epoxy* merupakan jenis *thermoset coating* yang mengalami proses *crosslinking*. *Coating* jenis ini biasanya terdiri dari dua komponen, yang sering disebut dengan *two-component epoxy system*. Komponen pertama, yang bisa disebut dengan *base*, terdiri dari *epoxy resin*, *pigment*, dan *solvent*. Komponen kedua merupakan *curing agent*. Untuk mengaplikasikan *coating* ini, maka kedua komponen tersebut



dicampur sehingga akan terjadi proses *curing* [11]. Jadi, saat proses *curing* berlangsung akan terjadi *crosslinking* antara *base* dan *curing agent* sehingga menciptakan struktur *thermoset* yang padat dan memiliki kekuatan kohesi serta kekuatan adesi yang tinggi [10].

#### 2.3.1.1 Epoxy Resin

*Epoxy resin* merupakan senyawa yang mengandung cincin *epoxy*. Dan Bisphenol-F resin merupakan salah satu jenis *epoxy resin* yang terbentuk dari hasil reaksi antara phenol dengan formaldehyde. Resin ini memiliki ketahanan kimia dan panas yang baik serta berat molekul yang rendah [11]. Struktur dari Bisphenol-F resin dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Struktur Resin Bisphenol-F [11]

#### 2.3.1.2 Amine Adduct

*Amine adduct* merupakan *curing agent* yang mengandung gugus amine ( $\text{NH}_2$ ). *Curing agent* ini sudah ditambahkan sedikit *epoxy resin* untuk mencegah cacat yang dapat terjadi saat pengaplikasian *epoxy coating* pada substrat logam. Dengan penambahan tersebut, maka berat molekul dari amine dapat meningkat sehingga cacat pada lapisan film nantinya dapat dihindari [11].

Saat amine adduct bereaksi dengan *epoxy resin*, maka terbentuk film *amine-cured epoxy* yang memiliki *cross-linking* yang relatif tinggi. Produk reaksi antara *epoxy resin* dan *polyamine* ini memiliki ketahanan terhadap zat kima dan pelarut yang paling besar dibandingkan dengan jenis *epoxy* lainnya. Ketahanan terhadap alkali, air, serta larutan garam juga sangat baik. untuk mendapatkan sifat maksimum dari *polyamine epoxy*, maka dibutuhkan waktu curing selama tujuh hari [7].

## 2.4 KEGAGALAN PADA LAPISAN ORGANIK



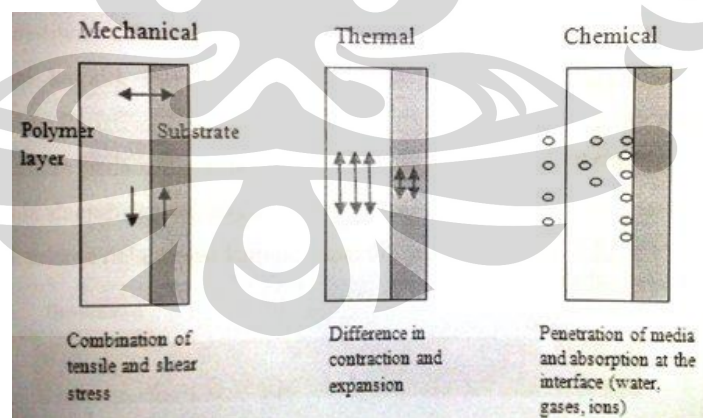
Kegagalan pada ikatan dan coating dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti preparasi permukaan yang kurang baik, pengaplikasian lapisan organik pada substrat yang kurang baik, efek lingkungan, cacat pada lapisan organik, serta korosi. Kegagalan yang terjadi pada *coating* dapat berupa *cohesive failure* serta *stress* dan *chemical failure* [7].

- *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* [7]

#### 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 adesi, dan terjadinya inisiasi korosi. Korosi di bawah lapisan organik diantaranya ialah *blistering* (pelepuhan) serta delaminasi katodik [7].

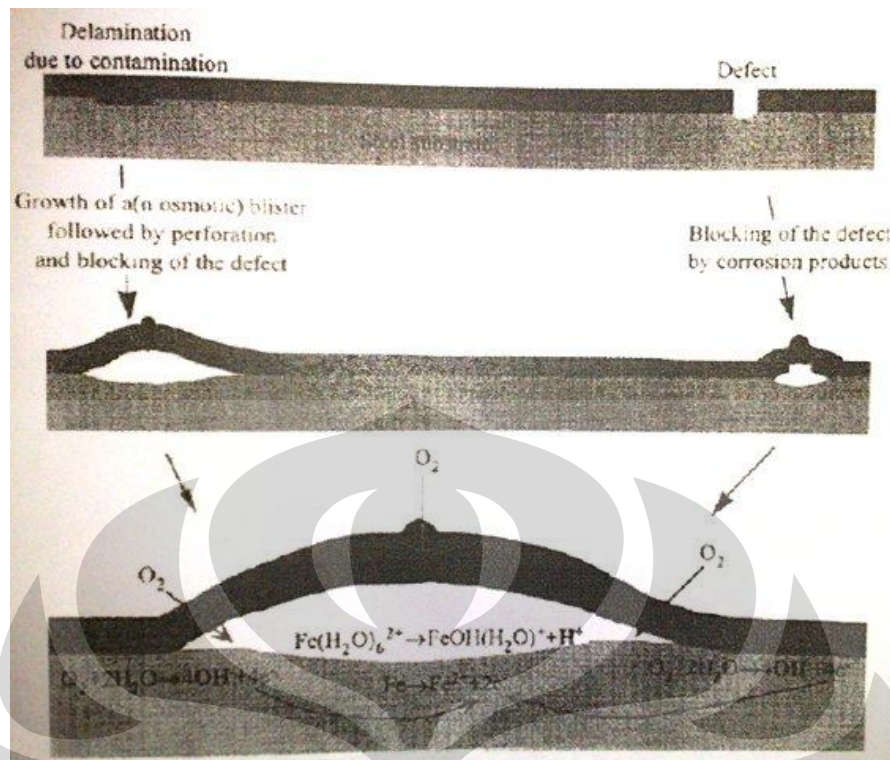
#### 2.4.1.1 *Blistering*

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 sehingga pada *interface* yang adesinya kurang baik. Reaksi korosi dimulai pada bagian tersebut karena adanya elektrolit yang terakumulasi. Reaksi tersebut menyebabkan terbentuknya *blister* (pelepuhan), di mana adesi antara *coating* dan substrat menjadi rusak. *Blister* tersebut nantinya dapat tumbuh dan berkembang, sehingga menyebabkan peristiwa delaminasi katodik [7].

#### 2.4.1.2 Delaminasi Katodik

Saat proteksi katodik diberikan pada logam yang terlapisi *organic coating*, maka peristiwa delaminasi katodik dapat terjadi. Delaminasi katodik merupakan peristiwa hilangnya adesi antara substrat dan lapisan film. Peristiwa tersebut juga dapat terjadi tanpa adanya proteksi katodik yang diberikan pada substrat logam. Hilangnya adesi *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 Juga *Blister* [8]

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 adesi yang kurang baik. Di mana daerah tersebut merupakan awal mula terjadinya korosi. Sehingga saat korosi berpropagasi ke daerah sekitarnya, adesi antara substrat dan *coating* akan hilang [8].

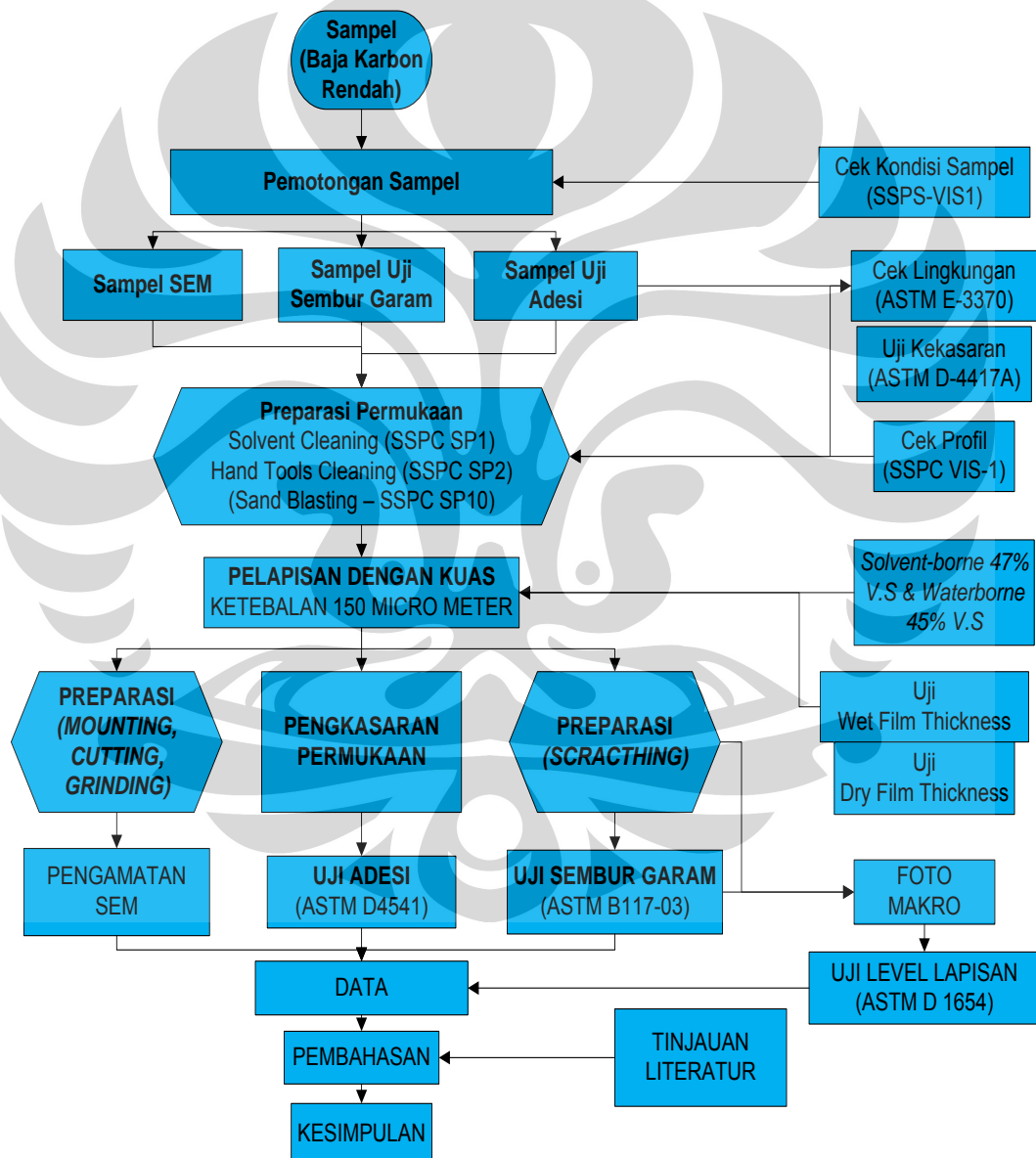


## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Agar penelitian lebih mudah dan sistematis, maka dibuat diagram alir penelitian serta prosedur penelitian. Dengan begitu, percobaan akan lebih terarah.

#### 3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian



### 3.2 ALAT DAN BAHAN

Peralatan yang digunakan di dalam penelitian ini ialah sebagai berikut.

- Alat potong pelat
- Penggaris
- Kuas
- Wadah dan pengaduk
- *Cutter*
- *Elcometer coating thickness gages*
- *Salt spray cabinet*
- *Elcometer 106 Pull-off adhesion tester scale 1*
- *Scanning electron microscope*
- Mikroskop ukur

Sedangkan bahan-bahan yang digunakan di dalam penelitian ini ialah sebagai berikut.

- Material *coating* berupa *two component waterborne epoxy coating*
- Material *coating* berupa *two component solvent-borne epoxy coating*
- Garam NaCl
- Air

### 3.3 PROSEDUR PENELITIAN

#### 3.3.1 Preparasi Sampel Uji

Pelat baja karbon dipotong menjadi sampel uji dengan ukuran panjang 100 mm, lebar 50 mm, dan tebal 40 mm. pemotongan sampel uji dilakukan dengan menggunakan alat *plasma cutter* yang ada di Departemen Metalurgi dan Material FTUI.





**Gambar 3.2.** Sampel Uji

Selanjutnya dilakukan proses *Sand Blast* ialah untuk mempersiapkan permukaan sampel agar ketika pada saat pelapisan *coating* terikat kuat. Metode *sand blast* ini dilakukan hingga mencapai Sa2½. Preparasi sampel dengan metode *sand blast* dilaksanakan di PT Harsa Wirasakti.



**Gambar 3.3.** Sampel Uji Setelah *Sand Blast* Hingga Sa2½

### 3.3.2 Proses Pelapisan

Tujuan dilakukannya pelapisan ialah untuk melapisi permukaan sampel uji dengan zat lapis *organic (organic coating)*. Pelapisan ini menggunakan bahan berupa material cat dengan jenis *epoxy* berbasis air dengan volum *solid* sebesar 45%, dan *epoxy* berbasis pelarut dengan volume *solid* 47% pelarut.



Penggunaan material cat yang berbeda dilakukan untuk membandingkan ketahanan korosi dan kekuatan adesi lapisan *organic* dari kedua jenis cat tersebut.

Proses pelapisan dilakukan dengan langkah kerja sebagai berikut.

1. Untuk *epoxy* berbasis air, mencampur *base* dengan *activator* ke dalam suatu wadah, dengan rasio 9:1, kemudian mengaduknya hingga tercampur merata.
2. Untuk *epoxy* berbasis pelarut, mencampur *base* dengan *activator* ke dalam suatu wadah, dengan rasio 4:1, kemudian mengaduknya hingga tercampur merata.
3. Mengaplikasikan campuran tersebut secara merata pada permukaan sampel uji dengan menggunakan kuas 2".
4. Melakukan pengeringan pada temperature ruang (29 °C) selama 7 hari sebelum dilakukan pengujian pada sampel uji yang telah terlapisi.

### 3.3.3 Pengukuran Ketebalan Lapisan

Untuk mencapai *dry film thickness* yang telah ditentukan, maka ketika pada saat setelah pelapisan diukur ketebalan *coating* menggunakan *wet film comb* untuk mengukur *wet film thickness*.



**Gambar 3.4.** *Wet Film Comb*



Setelah lapisan *organic* didiamkan selama 7 hari, maka di lakukan proses pengukuran ketebalan pelapisan. Proses pengukuran tersebut dilakukan untuk mengetahui tebal lapisan *organic* yang telah diaplikasikan pada permukaan sampel uji. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan alat *Elcometer Coating Thickness Gages*.



**Gambar 3.5.** *Elcometer Coating Thickness Gages*

Pengukuran ketebalan dilakukan pada tiga titik yang berbeda pada permukaan lapisan *organic*, yaitu pada sisi kanan, kiri, dan tengah. Hal itu dilakukan untuk mengetahui ketebalan pada masing-masing titik. Ketebalan dari lapisan *organic* pada sampel uji didapat dari nilai rata-rata ketebalan pada tiga titik tersebut.

### **3.4 PENGUJIAN**

#### **3.4.1 Uji Sembur Garam (*Salt Spray Test*)**

Uji sembur garam dilakukan berdasarkan standar uji ASTM B 117-03. Tujuan dari pengujian ini ialah untuk melihat ketahanan sampel uji yang permukaannya telah terlapisi lapisan *organic* terhadap lingkungan korosif (yang terkontrol) yang mengandung ion-ion  $\text{Cl}^-$ . Pengujian sembur garam dilakukan di dalam *salt spray*



*cabinet*, di mana larutan garam NaCl 5% akan disemurkan di dalam *cabinet* tersebut.



**Gambar 3.6.** *Salt Spray Cabinet*

Proses pengujian sembur garam dilakukan dengan langkah kerja berikut ini.

1. Sebelum pengujian dilakukan, permukaan lapisan film digores menyilang sepanjang diagonalnya, dengan lebar goresan kurang lebih 1 mm, dan hingga permukaan substrat logam terlihat. Penggoresan dilakukan menggunakan cutter serta penggaris.
2. Setelah di gores, sampel uji kemudian dimasukkan ke dalam *salt spray cabinet* untuk kemudian dipapar larutan NaCl 5% yang tersemurkan dengan adanya udara yang keluar dari compressor sehingga menghasilkan semburan berupa kabut.
3. Proses paparan dilakukan selama 72 jam, dengan waktu pengamatan dilakukan pada jam ke 72.
4. Pengamatan sampel uji dilakukan dengan pengamatan visual dan juga pengamatan berdasarkan standar ASTM D 1654-79a, di mana daerah yang tergores digores kembali untuk mengevaluasi apakah ada bagian lapisan film yang ikut terkelupas.



5. Setelah penggoresan dilakukan maka dilakukan pengukuran lebar daerah goresan dengan mikroskop ukur. Lalu dilakukan perangkaian penambahan lebar daerah tergores menurut standar ASTM D 1654-79a.

**Tabel 3.1.** Perangkaian Pelebaran Daerah Goresan

<i>Creepage from Scribe (mm)</i>	<i>Rating Number</i>
<i>Over 0</i>	<i>10</i>
<i>Over 0 to 0.5</i>	<i>9</i>
<i>Over 0.5 to 1.0</i>	<i>8</i>
<i>Over 1.0 to 2.0</i>	<i>7</i>
<i>Over 2.0 to 3.0</i>	<i>6</i>
<i>Over 3.0 to 5.0</i>	<i>5</i>
<i>Over 5.0 to 7.0</i>	<i>4</i>
<i>Over 7.0 to 10.0</i>	<i>3</i>
<i>Over 10.0 to 13.0</i>	<i>2</i>
<i>Over 13.0 to 16.0</i>	<i>1</i>
<i>Over 16.0 to more</i>	<i>0</i>

Sumber: ASTM D 1654 – 79a: Standard Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens to Corrosive Environment

### 3.4.2 Uji Adesi

Uji adesi dilakukan untuk mengetahui daya lekat lapisan *organic* pada permukaan sampel uji. Standar yang digunakan untuk uji adesi ialah ASTM D 4541-85., dimana pengujiannya dinamakan *Pull-Off Test*. Pengujian ini dilakukan di PT Sigma Utama.

Peralatan yang digunakan untuk pengujian ini ialah *Elcometer Model 106 Adhesion Tester Scale 1*, di mana beban tarik (*tensile strength*) maksimalnya ialah



sebesar  $3,5 \text{ N/mm}^2$ . Peralatan ini terdiri dari *dolly* dengan diameter 1 inch, *loading fixture*.



**Gambar 3.7.** *Elcometer Model 106 Adhesion Tester*

Prosedur pengujian adesi dimulai dengan menempelkan permukaan lapisan *organic* dengan *dolly* dengan menggunakan adesif. Setelah diberikan adesif, maka sampel uji didiamkan selama 24 jam agar adesif mengering. Setelah 24 jam, sampel uji lalu diletakkan pada *loading fixture* untuk diberikan beban hingga lapisan film terlepas dari substrat baja. Data yang diambil dari uji adesi ini ialah besarnya beban yang membuat lapisan *organic* lepas dari substrat baja.

### 3.4.3 Pengamatan Stuktur Mikro dengan SEM

Pengujian strukur mikro dilakukan untuk melihat lapisan serta *pigment* dari *coating* dengan substrat baja. Prinsip pengujian ini adalah dengan menggunakan elektron yang ditembakkan pada sampel. Hamburan elektron dari hasil tumbukan dengan sampel akan ditangkap oleh detector – detector pada SEM yang kemudian dapat menghasilkan gambar mikrostruktur pada monitor.

Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM E 3-95. Berikut ini merupakan tahapan untuk pengamatan struktur mikro:

1. Mempersiapkan sampel yang akan diamati:



- a. Sampel *dimounting* untuk memudahkan dalam pemegangan sampel untuk pengerjaan selanjutnya dengan komposisi *hardener* yang lebih sedikit dengan alasan agar menghindari reaksi eksotermik yang berlebih yang mengakibatkan kerusakan lapisan *coating*. Efek dari penggunaan *hardener* dalam jumlah yang kurang dari biasanya adalah, perpanjangan waktu hasil *mounting* untuk mengeras
  - b. Mengamplas permukaan sampel menggunakan kertas amplas dengan grit 1200 dan 1500
  - c. Memoles permukaan sampel yang telah rata dan halus dengan menggunakan air yang dituangkan diatas kain beludru hingga permukaan sampel mengkilat dan bebas dari goresan
  - d. Membilas permukaan sampel dengan air dan alkohol kemudian mengeringkannya dengan *hair dryer*
2. Mengamati struktur mikro dan komposisi yang terbentuk dengan menggunakan SEM dan EDAX

Sebelum pengamatan SEM dimulai, sampel yang telah *dimounting* *dicoating* terlebih dahulu dengan Au-Pd, hal ini bertujuan agar sampel dapat menghantarkan elektron dengan baik, mencegah terjadinya *charging* berlebih ketika ditembakkan elektron serta meningkatkan kontras warna pada gambar. selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam SEM dan di vakum selama lebih kurang 15 menit, dan kemudian sampel ditembakkan dengan *probe level* tertentu.



**Gambar 3.8. SEM/EDAX LEO**



## BAB IV

### DATA DAN PEMBAHASAN

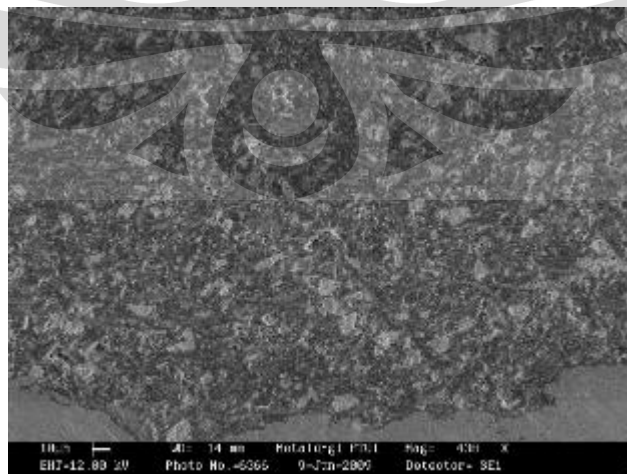
Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa ketahanan korosi, kekuatan adesi, dan ketahanan panas dari *organic coating* dengan jenis *solvent-borne* dan *waterborne epoxy coating* pada substrat baja karbon. Untuk itu dilakukan beberapa pengujian pada sampel uji baik yang telah terlapisi *solvent-borne epoxy* maupun *waterborne epoxy coating*. Pengujian yang dilakukan ialah uji mikrostruktur, uji sembur garam, dan uji adesi.

#### 4.1 PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO DENGAN SEM

Pengujian strukur mikro dilakukan untuk melihat lapisan serta *pigment* dari *coating* dengan substrat baja. Prinsip pengujian ini adalah dengan menggunakan elektron yang ditembakkan pada sampel. Hamburan elektron dari hasil tumbukan dengan sampel akan ditangkap oleh detector – detector pada SEM yang kemudian dapat menghasilkan gambar mikrostruktur pada monitor. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM E 3-95.

##### 4.1.1 Data Hasil Pengamatan SEM

###### 4.1.1.1 *Solvent-borne*

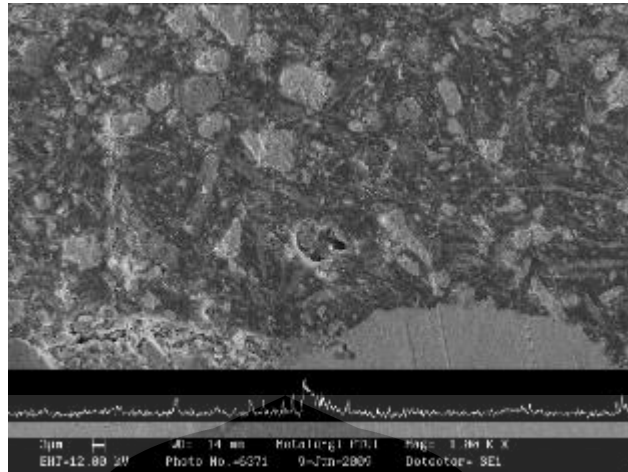


**Gambar 4.1** *Solvent-borne* perbesaran 438x



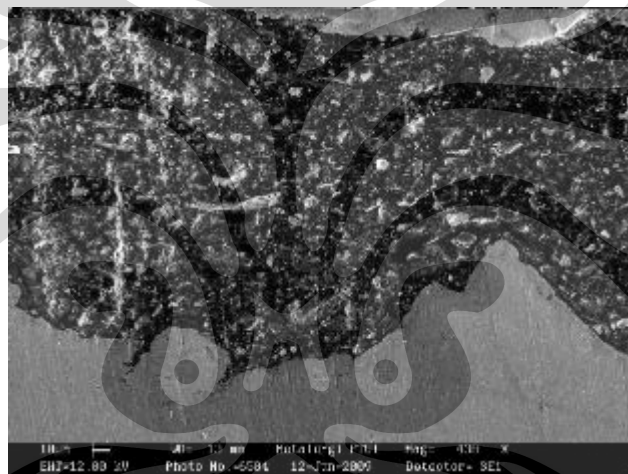




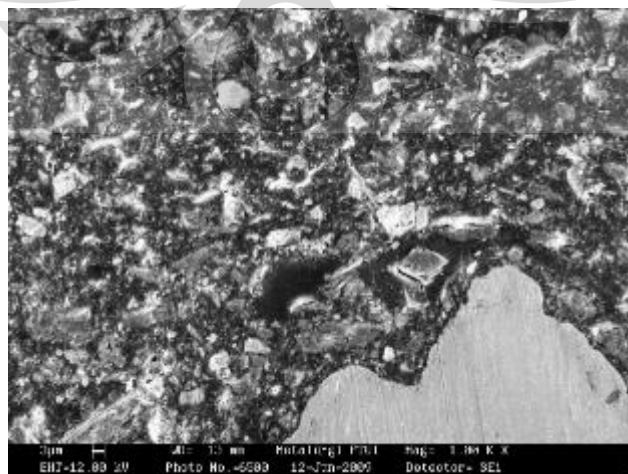


**Gambar 4.5** *Solvent-borne* perbesaran 1000x dengan garis kontur

#### 4.1.1.2 *Waterborne*

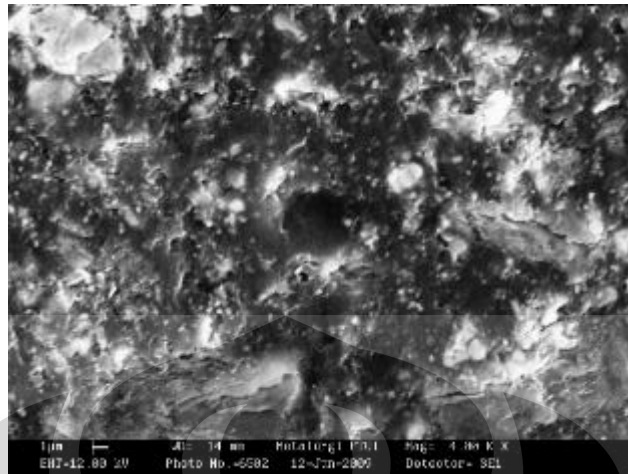


**Gambar 4.6** *Waterborne* perbesaran 438x

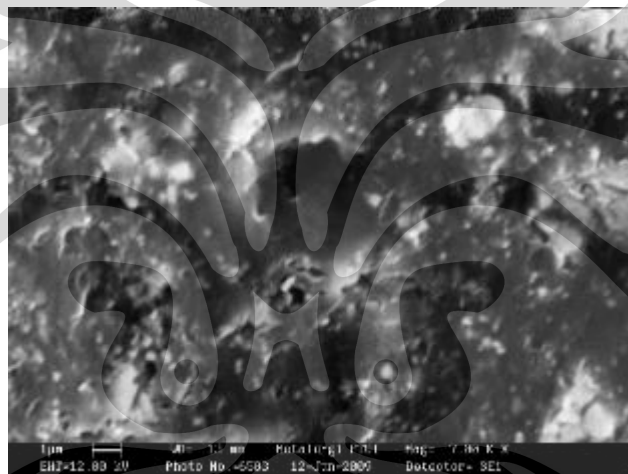




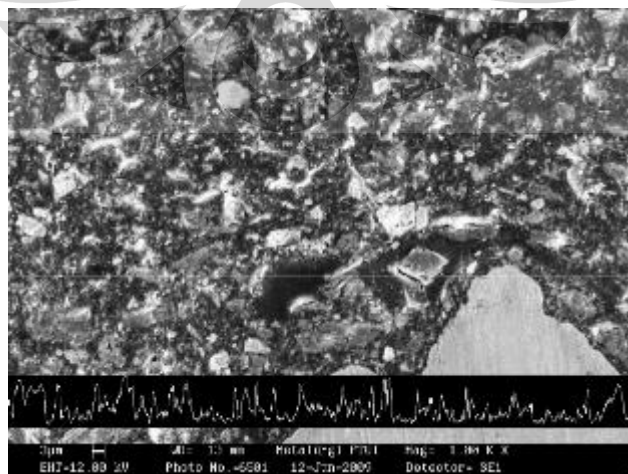
**Gambar 4.7** *Waterborne* perbesaran 1000x



**Gambar 4.8** *Waterborne* perbesaran 4000x



**Gambar 4.9** *Waterborne* perbesaran 7000x

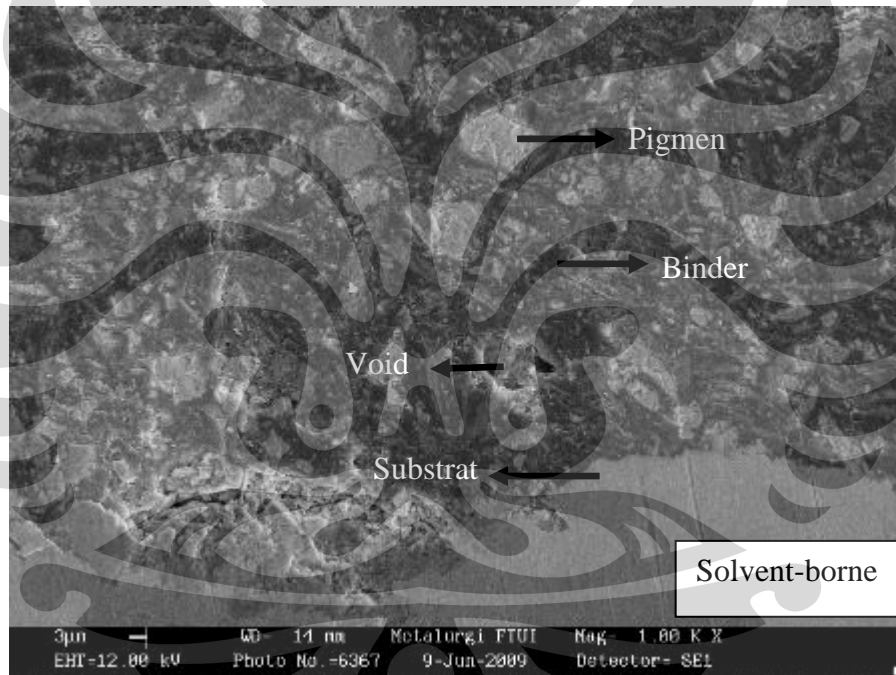




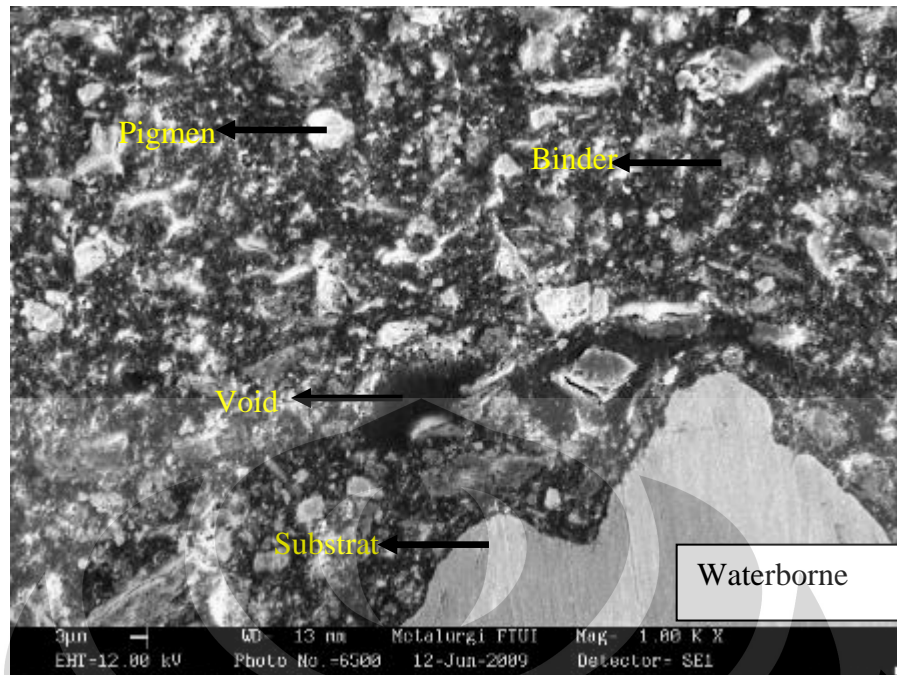
**Gambar 4.10** *Waterborne* perbesaran 1000x dengan garis kontur

#### 4.1.2 Pembahasan Pengamatan Struktur Mikro

Komponen pada lapisan organik terdiri dari *binder*, *pigment*, *additive*, dan *solvent*. Sistem pelapisan organik diklasifikasikan berdasarkan jenis *binder* atau *resin*. Meskipun *binder* atau *resin* yang biasanya merupakan polimer organik merupakan elemen yang memberikan efek yang lebih berpengaruh terhadap ketahanan dan sifat dari lapisan organik, namun jenis dan jumlah dari *pigment*, *solvent*, dan *additive* dapat mempengaruhi sifat dan kemampuan proteksi dari lapisan organik [7]. Dari gambar 4.11 berikut ini terlihat jelas bagian-bagian yang termasuk pigmen, binder, maupun substrat logam.







**Gambar 4.11** Solvent-borne dan Waterborne perbesaran 1000x

Dari kedua gambar tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa kedua jenis material tersebut masing-masing memiliki jumlah atau kadar *pigment volume concentration* (PVC) yang tinggi. Sehingga dapat dikatakan bahwa pigment didalam kedua material ini berfungsi sebagai *inhibitor*, bila jumlah kadar PVC yang rendah maka *pigment* tersebut akan berfungsi sebagai barrier, dan terletak hanya di daerah sekitar permukaan lapisan *coating*. Sedangkan dalam gambar 4.11 dapat dilihat bahwa pigment tersebar diseluruh hampir lapisan cat (binder). *Pigment* yang ada pada lapisan organik bertujuan untuk memberikan warna pada sistem pelapisan sehingga meningkatkan sifat dekoratif. Selain itu unsur *pigment* juga dapat meningkatkan sifat proteksi korosi dari lapisan organik. Di dalam memproteksi substrat logam dari korosi. Sebagai *inhibitor*, *pigment* 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.

Agar dapat bekerja di formulasi *coating*, baik itu *solvent-borne* maupun *waterborne*, *pigment* harus tersebar, terlapsi oleh *binder* selama *curing*, dan dalam ratio yang tepat dengan *binder*. Tegangan permukaan yang tinggi tidak



hanya mempengaruhi penyebaran polimer tetapi juga penyebaran *pigment*, faktor penting dalam penyebaran *pigment* adalah kemampuan solvent untuk membasahinya. Karena berdasarkan tegangan permukaan, *wetting* bergantung pada dua hal yaitu *hydrophobicity* (atau *hydrophilicity*) dari *pigment* dan geometri *pigment*.

Pada hasil uji SEM dengan perbesaran diatas 4000x dapat ditarik kesimpulan bahwa bentuk morfologi dari *pigment* dan *binder* bersifat lebih rapat. Hal ini terjadi karena bulk air dari *coat* yang baru diaplikasikan menguap. Karena jarak antara partikel polimer spherical menyusut, partikel bergerak dan meluncur melewati satu sama lain hingga tersusun padat. Partikel tertarik lebih mendekat oleh penguapan air tetapi mereka sendiri tidak terpengaruh, bentuknya tidak berubah. Selanjutnya terjadi tahap dimana sisa air terdapat diantara partikel-partikel, tegangan permukaan dari interstisi air menjadi salah satu faktor. Air mencoba untuk menurunkan permukaannya baik dikedua interface air-udara dan air-partikel. Air biasanya menarik cukup polymer partikel padat untuk membentuk mereka. Ini terjadi di sisi samping, atas, bawah dari *sphere*. Sebagai hasil dari kejadian ini disemua bagian dan semua *sphere* adalah menghasilkan *dodecahedral honeycomb structure*. Struktur ini lebih padat dan homogen dibandingkan dengan struktur yang dihasilkan oleh material *solvent-borne* di mana ketika pelarut menguap, maka yang terjadi adalah peninggalan jejak tanpa adanya penyusutan sehingga kemungkinan infiltrasi lingkungan luar lebih mudah terjadi. Penambahan *coupling agent* yaitu 2,4,6-tris (dimethylaminomethyl) phenol yang mengakibatkan perubahan air dari yang bersifat polar hingga menjadi non-polar, perubahan inilah yang memperkuat ikatan antara substrat dengan *coating*.

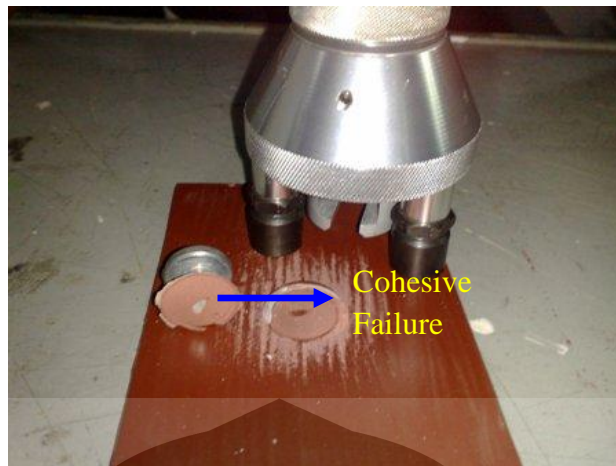
## 4.2 UJI ADESI

Uji adesi dilakukan untuk mengetahui daya lekat lapisan *organic* pada permukaan sampel uji. Standar yang digunakan untuk uji adesi ialah ASTM D 4541-85., dimana pengujiannya dinamakan *Pull-Off Test*.

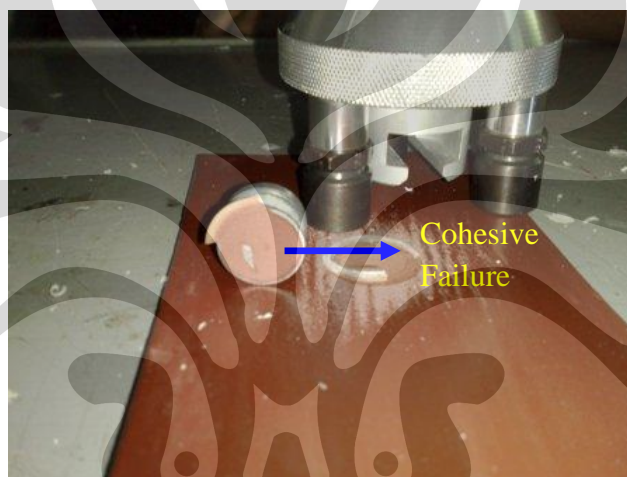
### 4.2.1 Data Hasil Uji Adesi

#### 4.2.1.1 Solvent-borne

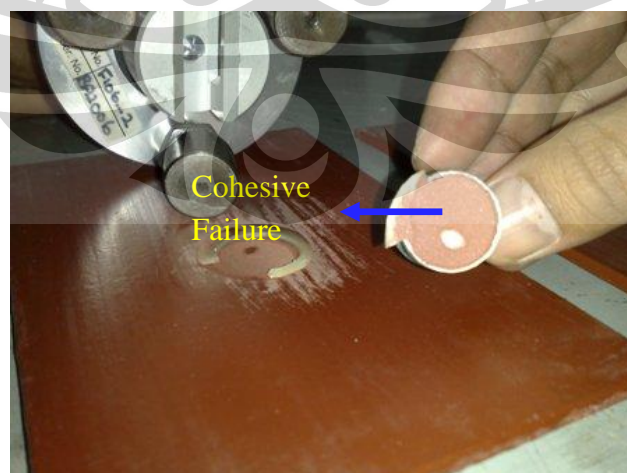




(A)



(B)

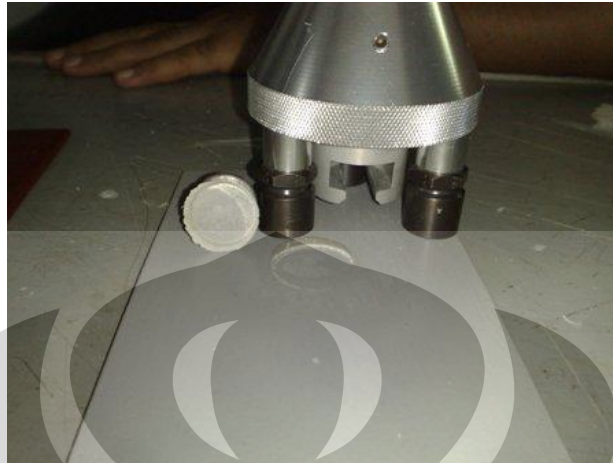


(C)

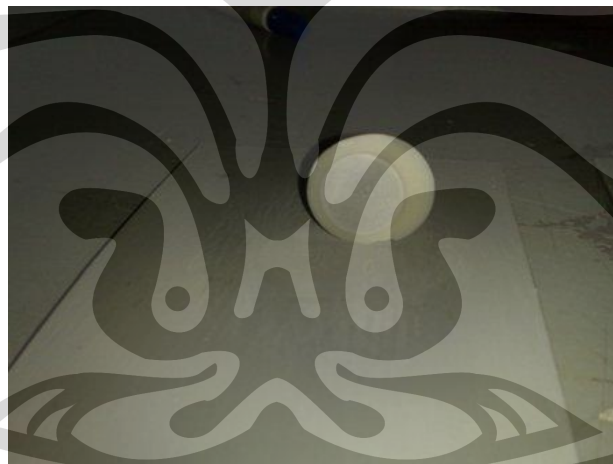


**Gambar 4.12** Sampel Uji dengan *Solvent-borne Epoxy* Setelah Uji Adesi

4.2.1.2 *Waterborne*

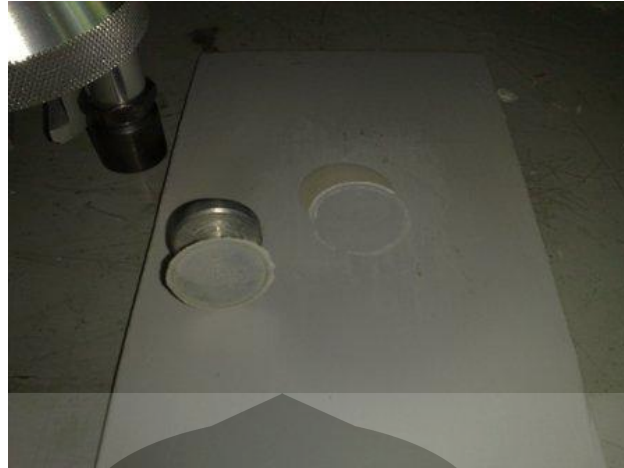


(A)



(B)





(C)

**Gambar 4.13** Sampel Uji dengan *Waterborne Epoxy* Setelah Uji Adesi

#### 4.2.2 Pembahasan Uji Adesi

Preparasi permukaan yang telah dilakukan bertujuan untuk mendapatkan permukaan yang bebas dari kontaminan serta menciptakan kekasaran pada permukaan yang bebas dari kontaminan serta menciptakan kekasaran pada permukaan. Saat permukaan semakin kasar, maka pori/celah/lubang yang ada permukaan substrat semakin dalam sehingga saat pengaplikasian, *coating* dapat masuk ke dalam celah tersebut dan mengikat substrat dengan lebih baik. maka terjadilah *mechanical interlocking* antara *coating* dan substrat baja. Namun, saat *coating* tidak berpenetrasi dengan baik ke dalam substrat, maka kontak antar *coating* dan substrat menjadi kurang. Hal itu dapat menimbulkan *void* antara *coating* dan substrat di mana udara terjebak di dalamnya [7].

Selain *mechanical interlocking*, untuk terjadi adesi antara *coating* dengan substrat maka juga dibutuhkan *wetting* (pembahasan) oleh *coating* pada permukaan substrat. *Wetting* akan terjadi saat tegangan permukaan *liquid (coating)* lebih kecil dibandingkan tegangan permukaan substrat. Umumnya permukaan logam memiliki tegangan permukaan yang tinggi sehingga *coating* dapat membasahi permukaan substrat. Namun, saat permukaan substrat tidak bersih (terdapat kontaminan), maka *wetting* tersebut dapat terganggu. Karena kontaminan memiliki tegangan permukaan yang rendah, maka proses *wetting* dari *coating*



pada substrat akan lebih sulit [9]. Hal ini akan mempengaruhi adesi antara *coating* dengan substrat.

Sistem pelapisan *amine-cured epoxy* merupakan *coating* yang memiliki kekuatan adesi yang sangat baik pada substrat baja [11].

Selain ikatan mekanik, kekuatan adesi *coating* pada substrat baja dipengaruhi oleh ikatan kimia yang terjadi antara coating dengan substrat baja. Ikatan kimia tersebut dapat terjadi apabila terdapat suatu reactive chemical group yang dapat berikatan kuat pada permukaan substrat dan juga pada coating [7]. Penambahan *2,4,6-Tris (Dimethylaminomethyl) phenol* pada *waterborne epoxy* ditujukan untuk mengubah air yang bersifat polar tinggi menjadi non-polar dan akhirnya dapat mengikat antara *coating* dengan substrat [6].

Untuk membentuk ikatan yang kuat, baik di dalam lapisan film itu sendiri maupun *coating* dengan substrat, maka proses *crosslinking* yang terjadi antara *base* dan *activator* harus berjalan dengan baik. Jadi, komposisi pencampuran antara *base* dan *activator* harus tepat agar sifat adesi yang baik dapat tercapai. Apabila terdapat kelebihan pada salah satu komponen, baik *activator* maupun *base*, maka proses *crosslinking* akan berjalan tidak sempurna karena ada komponen yang tidak bereaksi dengan komponen lainnya. Hal itu membuat sifat mekanik dari sistem pelapisan akan menurun [19].

Pada percobaan ini ternyata setelah dilakukan uji adesi dengan metode *pull-off*, didapatkan data bahwa untuk sampel uji yang dilapisi dengan *solvent-borne epoxy* ternyata mengalami *cohesive failure*. *Cohesive failure* terjadi saat coating tidak dapat menahan gaya/beban dari luar, sehingga kerusakan terjadi pada coating. Hal ini dapat terjadi berdasarkan hasil pengamatan mikrostuktur dimana *solvent-borne epoxy coating* ini memiliki morfologi yang tidak homogen dan tidak padat sehingga faktor dari lingkungan dapat lebih mudah masuk kedalam antar lapisan *coating*, *void* yang disebabkan menguapnya pelarut juga mengakibatkan menurunkan sifat adesi dari material tersebut. Sampel uji dengan *waterborne epoxy coating* memiliki adesi yang cukup baik karena tidak ada satu pun dari sampel uji yang memiliki kegagalan adesi, hal ini bila dirujuk ke dalam



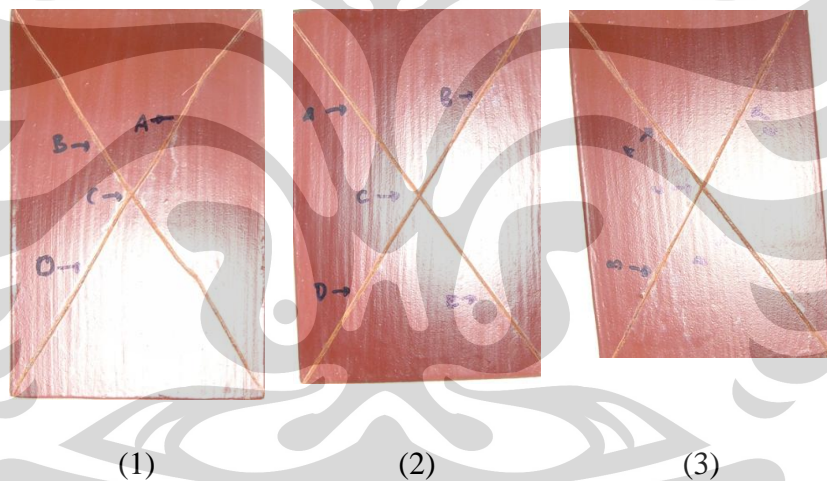
pengamatan struktur mikro disebabkan oleh bentuk morfologi dari material ini lebih homogen dan lebih padat.

### 4.3 UJI SEMBUR GARAM

Uji sembur garam dilakukan berdasarkan standar uji ASTM B 117-03. Tujuan dari pengujian ini ialah untuk melihat ketahanan sampel uji yang permukaannya telah terlapis lapisan organik terhadap lingkungan korosif (yang terkontrol) yang mengandung ion-ion  $\text{Cl}^-$ . Pengujian sembur garam dilakukan di dalam *salt spray cabinet*, di mana larutan garam  $\text{NaCl}$  5% akan disemurkan di dalam *cabinet* tersebut.

#### 4.3.1 Data hasil Uji Sembur Garam

##### 4.3.1.1 *Solvent-borne*



**Gambar 4.14** Permukaan Lapisan Sampel *Solvent-borne Epoxy* Setelah Uji Sembur Garam Selama 120 Jam

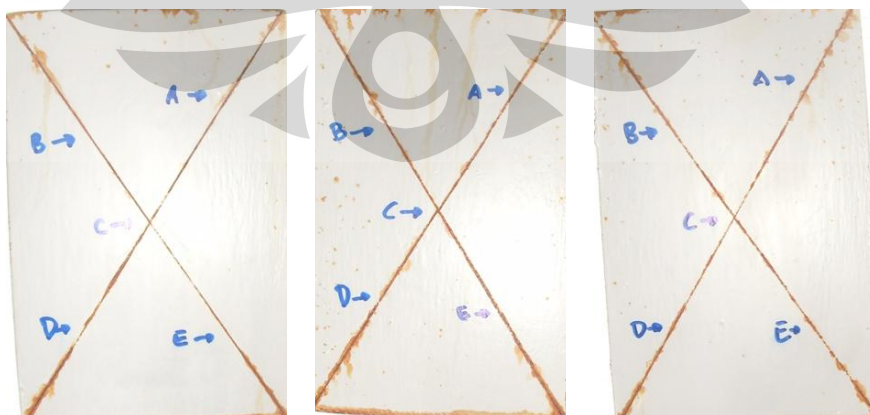
**Tabel 4.1** Hasil Uji Sembur Garam *Solvent-borne Epoxy* pada Waktu Pemaparan Selama 120 Jam: Peringkat Pelebaran Goresan

Sampel Uji	Titik	Pelebaran Gores	Pelebaran Gores Rata-rata	Peringkat
	A	0.357		
	B	0.366		



1	C	0.393	0.3422	9
	D	0.313		
	E	0.282		
2	A	0.129	0.2412	9
	B	0.215		
	C	0.417		
	D	0.309		
	E	0.136		
3	A	0.025	0.1794	9
	B	0.375		
	C	0.13		
	D	0.097		
	E	0.27		

#### 4.3.1.2 Waterborne



(1)

(2)

(3)



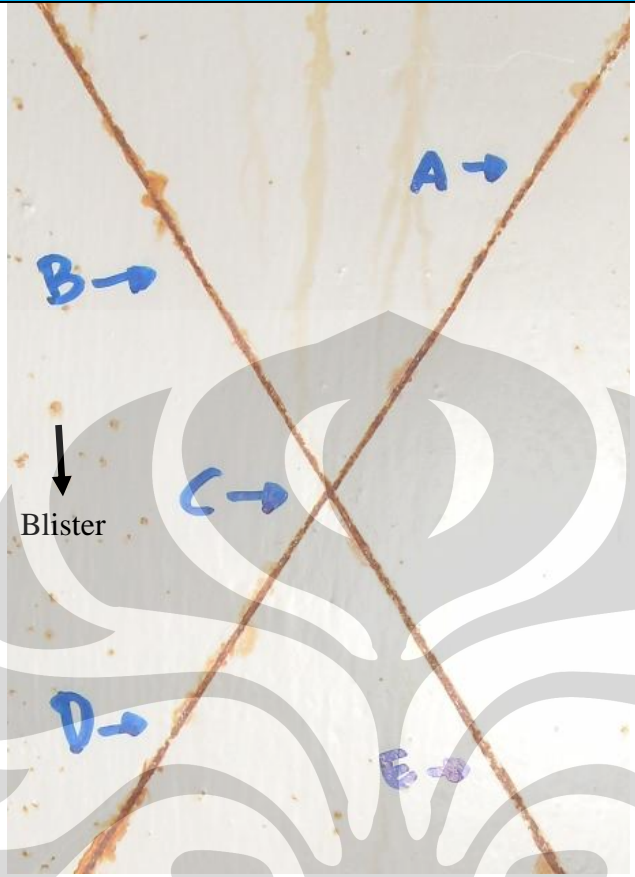
**Gambar 4.15** Permukaan Lapisan Sampel *waterborne Epoxy* Setelah Uji Sembur Garam Selama 120 Jam

**Tabel 4.2** Hasil Uji Sembur Garam *Waterborne Epoxy* pada Waktu Pemaparan Selama 120 Jam: Peringkat Pelebaran Goresan

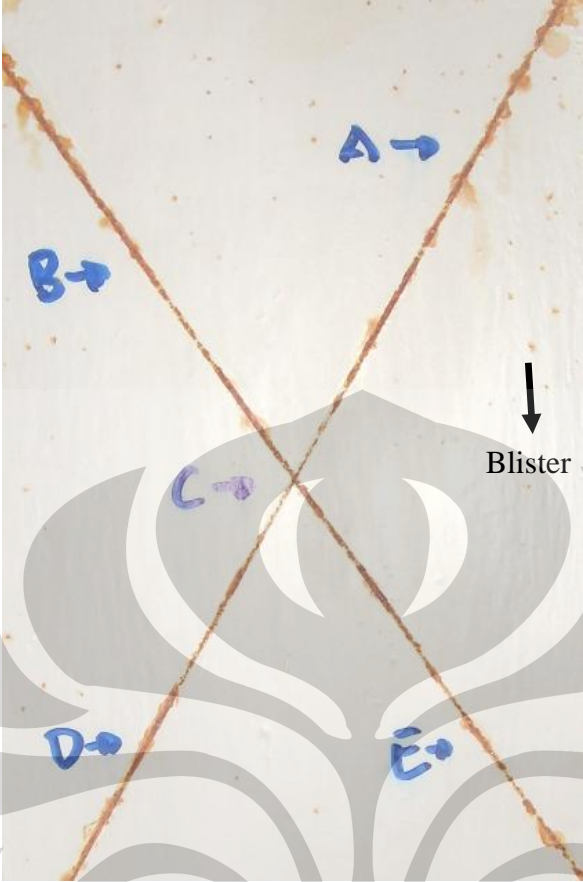
Sampel Uji	Titik	Pelebaran Gores	Pelebaran Gores Rata-rata	Peringkat
1	A	0.462	0.2382	9
	B	0.089		
	C	0.116		
	D	0.179		
	E	0.345		
2	A	0.219	0.158	9
	B	0.19		
	C	0.087		
	D	0.21		
	E	0.084		
3	A	0.578	0.3468	9
	B	0.169		
	C	0.157		
	D	0.525		
	E	0.305		

**Tabel 4.3** Pengamatan *Blistering* Setelah Pemaparan Selama 120 jam

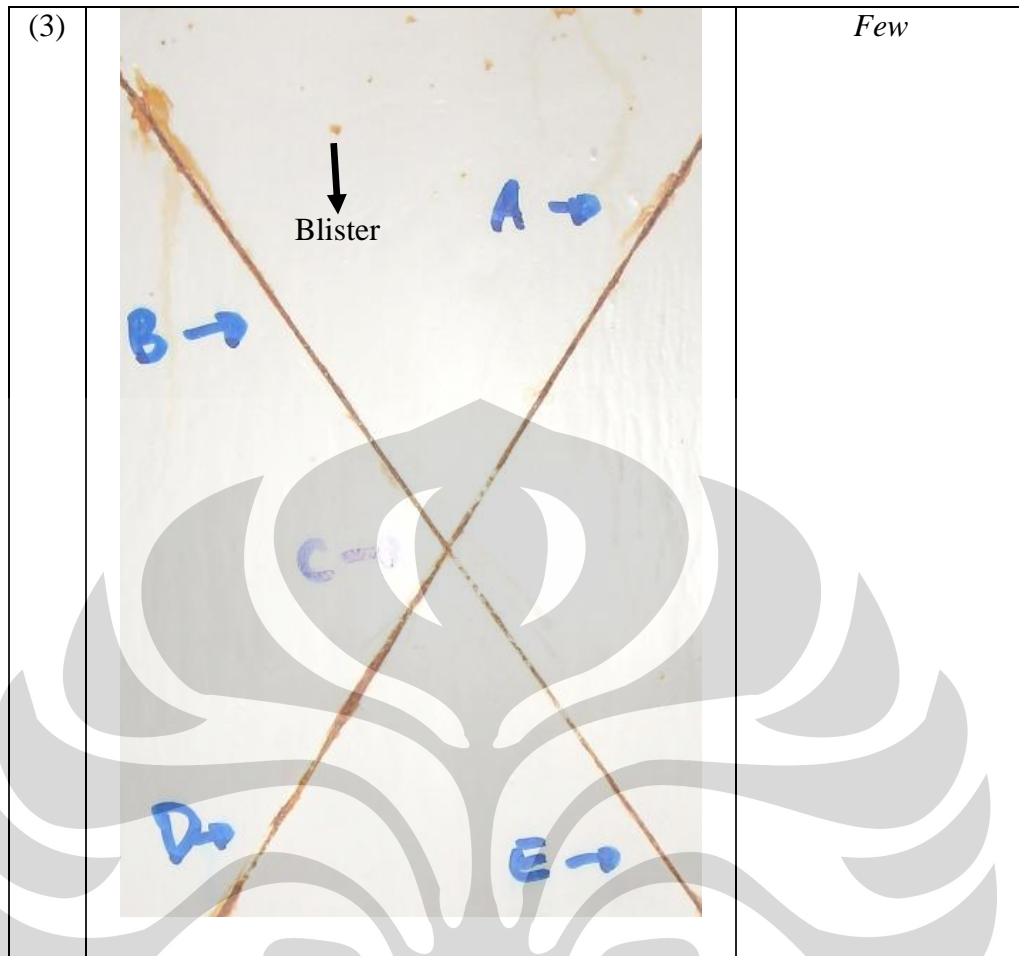


No.	Gambar	Degree of Blistering
(1)		<i>Few</i>



(2)		<i>Few</i>
-----	---	------------





#### 4.3.2 Pembahasan Uji Sembur Garam

Pengujian sembur garam dilakukan untuk mengetahui ketahanan korosi dari pelapisan *solvent-borne epoxy* dan *waterborne epoxy* pada substrat baja. Goresan diagonal yang dibuat pada lapisan hingga permukaan substrat terlihat digunakan sebagai tempat inisiasi korosi. Menurut literatur [8], korosi akan terjadi di bawah lapisan film pada sisi lapisan yang rusak dan sisi dekat lapisan yang rusak. Hal itu dapat membuat *coating* tidak lagi memproteksi substrat dengan baik.

Permukaan lapisan pada tiap-tiap sampel setelah pengujian salt spray terjadi peristiwa *blistering* (pelepuhan) pada sampel uji yang dilapisi dengan *waterborne epoxy coating*. Hal ini dapat terjadi diakibatkan karena adanya kemungkinan terperangkapnya *solvent* yang pada kasus ini adalah air karena *solvent* untuk *waterborne epoxy* adalah air. Laju penguapan relatif dari air dipengaruhi oleh *relative humidity* (kelembaban relatif). Ada kerugian penggunaan pelarut air. Pada



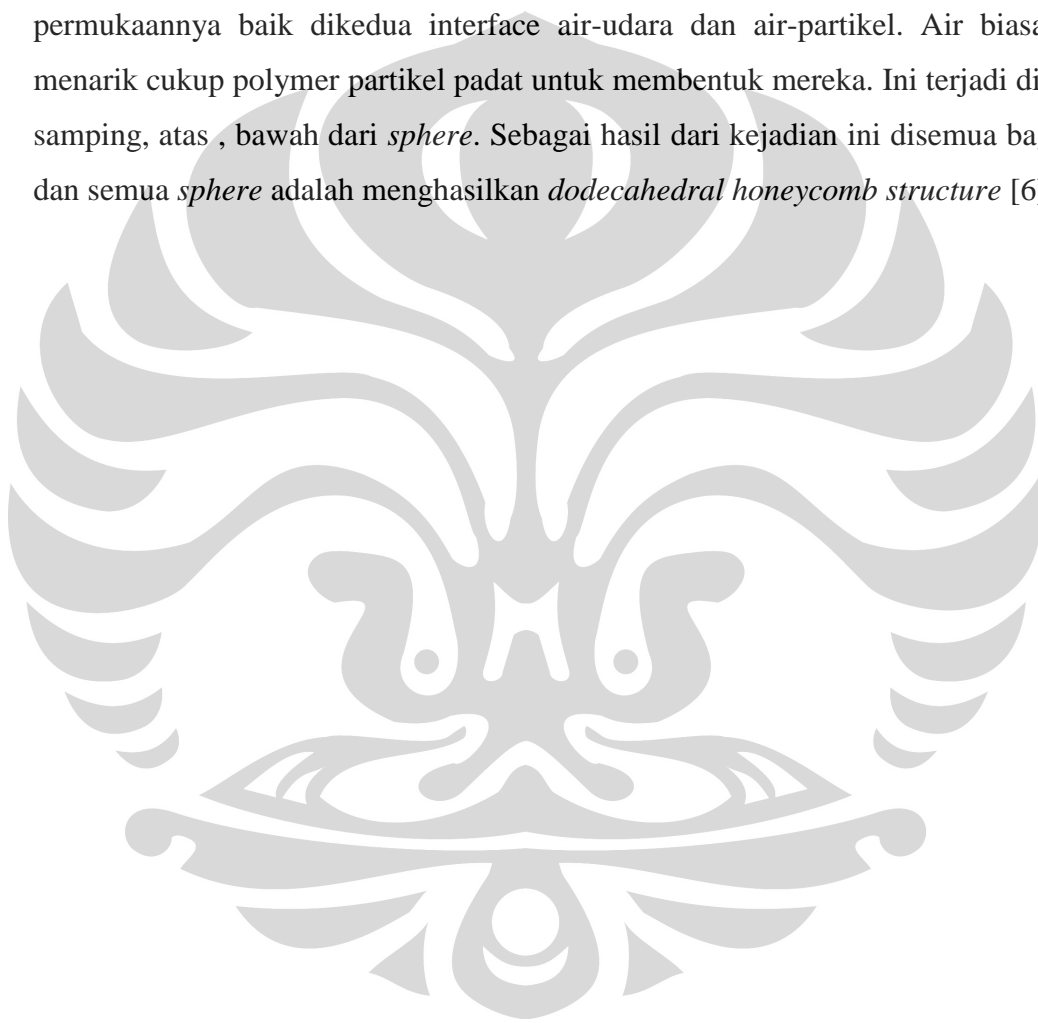
temperatur ruang, laju penguapan relatif dari air rendah, namun tekanan penguapan meningkat drastis dengan peningkatan temperatur. Dengan kata lain penguapan *waterborne epoxy coating* lebih rendah dibandingkan dengan *solvent-borne epoxy coating* pada suhu ruang. Hal ini menyebabkan bila pada peristiwa *curing* terjadi, ada kemungkinan terperangkapnya air karena belum tepat air untuk menguap sepenuhnya. Penguapan dari air dipengaruhi oleh *relative humidity* (RH), variasi dalam RH ketika coating diaplikasikan, dapat memicu permasalahan [6]. Untuk degree of blistering berdasarkan ASTM D 714-87, sampel uji dengan material *waterborne epoxy coating* memiliki *degree of blistering* sebesar few.

Dari waktu pengamatan, didapat hasil pelebaran goresan rata-rata setiap sampel uji, yang ditunjukkan Tabal 4.1 dan Tabel 4.2 untuk sampel uji dengan material solvent-borne, terdapat hasil penambahan goresan rata-rata berturut-turut sebesar 0.3422 mm, 0.2412 mm, dan 0.1794 mm. Dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa sampel uji dengan material *solvent-borne epoxy* memiliki peringkat pelebaran goresan sebesar 9. Sedangkan untuk sampel uji dengan material *waterborne*, terdapat hasil penambahan goresan rata-rata berturut-turut sebesar 0.2382 mm, 0.158 mm, dan 0.3468 mm. Dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa sampel uji dengan material *waterborne epoxy* memiliki peringkat pelebaran goresan sebesar 9. Bila dibandingkan untuk sampel uji dengan pelapis *solvent-borne epoxy coating* memiliki jumlah pelebaran goresan yang lebih besar dibandingkan dengan *waterborne epoxy*, tetapi hali ini belum bisa dijadikan patokan karena waktu pemaparan hanya selama 120 jam. Kedua material ini merupakan primer coating dimana tidak ditujukan untuk langsung bereaksi dengan lingkungan yang korosif, tetapi dari hasil pengujian bahwa kedua material ini memiliki ketahanan korosi yang cukup baik.

Pelebaran goresan yang lebih besar 0,0198 mm untuk sampel uji dengan pelapis *solvent-borne epoxy* diakibatkan karena adanya *void* yang terbentuk karena adanya pelarut yang menguap sehingga meninggalkan jejak yang bisa digantikan dengan *chemical ingres* lain sehingga korosi dapat terjadi. Walaupun sampel uji dengan pelapis *waterborne* juga memiliki *void*, tetapi berdasarkan bentuk morfologi dan kepadatan dari *pigment* dengan *binder* sehingga *chemical ingres*



lebih sulit berpenetrasi sehingga korosi lebih rendah di bandingkan dengan sampel uji dengan pelapis *solvent-borne*. Untuk sampel uji dengan pelapis *waterborne epoxy* lebih padat dikarenakan, *bulk* air dari *coat* yang baru diaplikasikan menguap. Karena jarak antara partikel polimer *spherical* menyusut, partikel bergerak dan meluncur melewati satu sama lain hingga tersusun padat. Partikel tertarik lebih mendekat oleh penguapan air tetapi mereka sendiri tidak terpengaruh, bentuknya tidak berubah. Air mencoba untuk menurunkan permukaannya baik dikedua interface air-udara dan air-partikel. Air biasanya menarik cukup polymer partikel padat untuk membentuk mereka. Ini terjadi di sisi samping, atas , bawah dari *sphere*. Sebagai hasil dari kejadian ini disemua bagian dan semua *sphere* adalah menghasilkan *dodecahedral honeycomb structure* [6].





## BAB V

### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pengamatan yang telah dilakukan, maka didapat kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada hasil uji SEM dengan perbesaran diatas 4000x dapat ditarik kesimpulan bahwa bentuk morfologi dari pigment dan binder bersifat lebih rapat.
2. Sampel uji dengan waterborne epoxy coating memiliki adesi yang cukup baik, tampak dari data bahwa semua sampel uji tidak memiliki kegagalan adesi, sedangkan sampel uji yang dilapisi dengan solvent-borne epoxy mengalami cohesive failure.
3. Kedua jenis material uji ini memiliki ketahanan korosi yang cukup baik sebagai primer coating.



## DAFTAR REFERENSI

- [1] Chawla, L dan K. Gupta. *Materials Selection for Corrosion Control* (USA: ASM Internasional, 1993), hal. 91
- [2] Shreir, L. L, *Corrosion volume 2: Corrosion Control* (London: Butterworth-Heinemann, 2000), hal. 14:22-
- [3] <http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad54.htm>
- [4] Jones, A. Denny, *Principles and Prevention of Corrosion. Second edition* (Singapore: Prentice Hall, 1996), hal. 5,514-
- [5] Fontana, Mars G, *Corrosion Engineering. Third edition* (Singapore: McGraw-Hill Book Co, 1987), hal. 310
- [6] Forsgreen, Amy, *Corrosion Control through Organic Coatings.* (USA: Taylor and Francis Group, 2006) hal. 27-
- [7] Schewitzer, Philip A, *Paint and Coatins: Applications and Corrosion Resistance.* (New York: Taylor and Francis, 2006), hal. 89-110
- [8] Marcus, Philippe, *Corrosion Mechanisms in Theory and Practice* (New York: Marcel Dekker, Inc, 2002), hal: 695
- [9] Weldon, Dwight G, *Failure Analysis of Paints and Coatings* (USA: John Wiley & Sons, 2001), hal. 2-75
- [10] Petrie, Edward M, *Epoxy Adhesive Formulation* (USA: McGraw-Hill, 2006), hal. 27-322
- [11] Pierre Roberge, *Corrosion Inspection and Monitoring* (USA: Wiley-interscience & Sons, Inc., Publication 2007)
- [12] Wicks, Zeno W, *Organic Coatings: Science and Technology. Second edition* (USA): Wiley & Sons, 1999), hal. 109,208,467
- [13] <http://www.mtse.unt.edu/FACULTY/bgorman/Lecture/Metallography.pdf>