TUGAS AKHIR – TL 141584

PENGARUH PENAMBAHAN ALUMINIUM TERHADAP DAYA ADHESI DAN KETAHANAN KOROSI CAT EPOKSI

SYAIFUL ARIF WICAKSONO
NRP 2711 100 049

Dosen Pembimbing
Dr. Agung Purniawan ST.,M,Eng.
Dr. Eng. Hosta Ardhyananta ST.,M.Sc.

JURUSAN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

TUGAS AKHIR – TL 141584

EFFECT OF ALUMINIUM ADDITION ON ADHESION STRENGTH AND CORROSION RESISTANT OF EPOXY COATING

SYAIFUL ARIF WICAKSONO
NRP 2711 100 049

Advisor
Dr. Agung Purniawan ST.,M,Eng.
Dr. Eng. Hosta Ardhyananta ST.,M.Sc.

Department of Materials and Metallurgcal Engineering
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

TUGAS AKHIR – TL 141584

EFFECT OF ALUMINIUM ADDITION ON ADHESION STRENGTH AND CORROSION RESISTANT OF EPOXY COATING

SYAIFUL ARIF WICAKSONO
NRP 2711 100 049

Advisor
Dr. Agung Purniawan ST.,M,Eng.
Dr. Eng. Hosta Ardhyananta ST.,M.Sc.

Department of Materials and Metallurgcal Engineering
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PENGARUH PENAMBAHAN ALUMINIUM TERHADAP DAYA ADHESI DAN KETAHANAN KOROSI CAT EPOKSI

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Material dan Metalurgi
pada
Bidang Studi Korosi dan Kegagalan Material
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknik Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
SYAIFUL ARIF WICAKSONO
NRP. 2711 100 049

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

Dr. Agung Purniawan ST.,M.Eng .....(Pembimbing I)

Dr. Eng. Hosta Ardhyananta ST., M.Sc.....(Pembimbing II)

SURABAYA
Juni 2015

Pengaruh Penambahan Aluminium Terhadap Daya Adhesi dan Ketahanan Korosi Cat Epoksi

Nama Mahasiswa : Syaiful Arif Wicaksono
NRP : 2711 100 049
Jurusan : Teknik Material dan Metalurgi
Pembimbing : Dr. Agung Purniawan S.T., M.Eng.
Dr.Eng. Hosta Ardhyananta S.T., M.Sc.

Dalam dunia industri, perlindungan terhadap korosi dengan cara memperlambat laju korosi pada material merupakan suatu hal yang penting. Salah satu metode yang sering digunakan ialah pelapisan. Sistem kerjanya ialah mencegah terjadinya kontak antara logam yang dilindungi dengan lingkungannya. Material substrat yang digunakan ialah baja SA 516 grade 70 yang sering digunakan dalam industri sebagai material untuk bejana tekan. Pada penelitian ini, baja dilapisi dengan cat Epoksi dengan variabel penambahan Aluminium sebesar 5%, 10% dan 15%.. Hasil pengujian menunjukkan perubahan pada propertis cat epoksi. Pengujian *Pull-Off* menunjukkan bahwa semakin bertambah kadar aluminium maka akan menurunkan Daya Adhesi cat. Ketahanan korosi meningkat seiring bertambahnya kadar aluminium yang diuji dengan metode *scratch* untuk *salt spray test* dan metode *unscratch* untuk pengujian *immers*. Pengujian Morfologi menggunakan SEM menunjukkan persebaran aluminium yang dianalisa menggunakan EDX. Daya Adhesi tertinggi dimiliki spesimen 0% dengan nilai 10,26 Mpa. Ketahanan korosi paling tinggi dimiliki spesimen dengan 15% yaitu *rating* 9 untuk *salt spray test* dan *blister size no 10* untuk pengujian *immers*.

Kata Kunci : Cat Epoksi, Aluminium, Adhesi, Korosi,

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

The Effect of Aluminium Paste Addition on Adhesion Strength and Corrosion Resistant of Epoxy Coating

Student Name : Syaiful Arif Wicaksono
NRP : 2711 100 049
Department : Materials and Metallurgical Engineering
Advisor : Dr. Agung Purniawan S.T., M.Eng.
Dr. Eng. Hosta Ardhyananta S.T., M.Sc.

Corrosion control by reducing corrosion rate on material is an important thing in industrial applications. Coating is the common used method in this purpose. The working system of the method is by anticipating contact between the coated metal and its environment. In this research, substrate material was steel SA 516 grade 70. The material is mostly used in industry as pressure vessel material. The substrate was coated by Epoxy-paint with a variation of Aluminum addition 5%, 10%, and 15%. Several tests were carried out and its results showed some change of epoxy coating properties. Pull-Off test showed that addition of aluminum paste reduces coating adhesion strength. Corrosion resistant of epoxy coating were lowered as the aluminum paste content increases due to result of scratch method for salt spray test and unscratch method for immersion test. SEM was used to investigate morphology of coating surface and texture was changes at the interface of coating and EDX to analyze dispersion of aluminium. The highest adhesion strength was resulted by specimen with 0% aluminum with value 10,26 Mpa. Specimen with 15% aluminium has the highest corrosion resistance with rating 9 for salt spray test and blister size no 10 for immersion test.

Keyword : *Coating, Epoxy, Aluminium, Adhesion, Corrosion*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Hirobbil'alamin

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat, anugerah, serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir pada jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS yang berjudul:

"Pengaruh Penambahan Aluminium Terhadap Daya Adhesi Dan Ketahanan Korosi Cat Epoksi"

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi dukungan, bimbingan, dan kesempatan kepada penulis hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

1. Orang tua dan adik penulis, Bapak Yulianto dan Ibu Tri Listiyawati serta Rose Fauzia Larassati dan Luthfia Nur Aisyah yang selalu mendukung penulis, memberikan nasihat serta doa.
2. Bapak Dr. Agung Purniawan S.T., M.Eng dan Bapak Dr.Eng. Hosta Ardhyananta S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing tugas akhir dan telah memberikan ilmu, bimbingan serta wawasan.
3. Bapak Ir. Moh. Farid, DEA selaku Dosen Wali penulis pada Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.
4. Bapak Dr. Sungging Pintowantoro, ST., MT. selaku Ketua Jurusan pada Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.
5. Maulana Mufti Muhammad, Arif Rachman dan Hilmy Suryadinata sebagai teman dalam penelitian tugas akhir.
6. Bapak Luhur Prandika ST. yang membantu proses pengadaan spesimen untuk penelitian ini.
7. Bapak Yohan Kurnia Putra yang telah memberikan bahan Aluminium untuk penelitian tugas akhir.

8. Ilmi Mayuni Bumi yang selalu membantu dan memberi semangat penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
9. Dosen dan karyawan yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan perkuliahan di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.
10. Teman-teman MT 13 yang selalu membantu penulis dengan baik.
11. Mas Deni dan Mas Didik dari CV. Cipta Tunggal yang banyak membantu dalam proses pengaplikasian serta beberapa pengujian untuk data penelitian ini
12. Mbak Iis dari Laboratorium Karakterisasi Teknik Material dan Metalurgi yang sangat sabar dan bersedia untuk membantu proses pengujian.
13. Stefanus Laga Suban, Galang Muamar Katumbirian, Muhammad Nouris Septianto, dan Kikin Hermanto yang selama dua tahun ini telah berjuang bersama sama dalam satu kontrakan.
14. Dan seluruh pihak yang telah memberikan partisipasi atas penulisan tugas akhir ini.

Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membaca. Penulis juga menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini, sehingga penulis sangat menerima kritik dan saran dari para pembaca yang dapat membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Surabaya, Juni 2015
Penulis,

Syaiful Arif Wicaksono

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
TITLE iii
LEMBAR PENGESAHAN v
ABSTRAK vii
ABSTRACT ix
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xvii
DAFTAR TABEL xix

BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Manfaat Penelitian 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA
II.1 Korosi 5
II.2 Pencegahan Korosi 6
II.2.1 Lapisan Penghalang 6
II.2.2 Lapisan Inhibisi 7
II.2.3 Proteksi Katodik 8
II.3 Pelapisan Organik 9
II.3.1 Komponen Pelapisan Anti Korosi 9
II.3.1.1 Pigmen 10
II.3.1.2 Aditif 12
II.3.1.3 Binder 13
II.3.1.4 Pelarut 14
II.4 Sistem Pelapisan Organik 14
II.4.1 Lapisan Primer 15
II.4.2 Lapisan Menengah 15
II.4.3 Lapisan Atas 16

II.5 Adhesi Permukaan 16
II.5.1 Ikatan Mekanik 17
II.5.2 Interaksi Elektrostatik 18
II.5.3 Ikatan Kimia 18
II.5.4 Difusi Cat 18
II.6 Epoksi 20
II.6.1 Epoksi Sebagai Material *Coating* 21
II.7 Aluminium 21
II.7.1 Aluminium Sebagai Pigmen 22

BAB III METODOLOGI PENELITIAN
III.1 Diagram Alir Penelitian 25
III.2 Metode Penelitian 26
II.3 Alat dan Bahan Penelitian 27
II.3.1 Alat Penelitian 27
II.3.2 Bahan Penelitian 33
III.4 Prosedur Penelitian
III.4.1 Preparasi Spesimen Uji 35
III.4.2 Preparasi Material *Coating* 35
III.4.3 Persiapan Lingkungan 35
III.4.4 Persiapan Permukaan 36
III.4.5 Pengaplikasian Material *Coating* 37
III.4.6 Preparasi Larutan Elektrolit 37
III.4.7 Pengujian Kekuatan Adhesi 37
III.4.8 Pengujian *Salt Spray* 37
III.4.9 Pengujian *Immers* 38
III.4.10 Pengujian Morfologi 40
III.5 Rancangan Pengambilan Data Penelitian 40

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN
IV.1 Pengaruh Penambahan Aluminium Terhadap Daya Adhesi .....
41
IV.2 Pengaruh Penambahan Aluminium Terhadap Ketahanan Korosi 45

IV.3 Pengamatan Makro dan Mikro 55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN
V.1 Kesimpulan 61
V.2 Saran 62

DAFTAR PUSTAKA xxi
LAMPIRAN xxiii
BIODATA PENULIS xxxiix

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konsep Lapisan Penghalang..... 8
Gambar 2.2 Konsep Lapisan Inhibisi 9
Gambar 2.3 Konsep Proteksi Katodik..... 10
Gambar 2.4 Hasil SEM *Acicular* Pigmen dari Akrilik..... 12
Gambar 2.5 Hasil SEM *Platey* Pigmen dari Alumina..... 13
Gambar 2.6 Skema Ilustrasi *Mechanical Bonding* 18
Gambar 2.7 Ilustrasi Adanya Gelembung Udara yang Terperangkap..... 19
Gambar 2.8 Ilustrasi Ikatan Kimia antara partikel SiO dengan substrat baja 20
Gambar 2.9 Bentuk pigmen Aluminium 23
Gambar 2.10 Lapisan Alumina yang terbentuk pada lapisan cat..... 24
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian..... 27
Gambar 3.2 Neraca Analitik..... 28
Gambar 3.3 Mesin Pengaduk Cat..... 29
Gambar 3.4 Alat *Sand Blasting*..... 29
Gambar 3.5 *Sling Psychometer* dan *Dew Calculator*..... *30*
Gambar 3.6 *Conventional Air Spray*..... 30
Gambar 3.7 *Roughness meter*..... 31
Gambar 3.8 Alat Ukur *Wet Film Thickness*..... 31
Gambar 3.9 Alat Ujur *Dry Film Thickness* 32
Gambar 3.10 Peralatan Uji Daya Adhesi 32
Gambar 3.11 *Salt Spray Chamber*..... 33
Gambar 3.12 Mesin SEM/EDAX FEI 50..... 33
Gambar 3.13 *Measuring Microscope*..... 34
Gambar 3.14 Evaluasi *Blster*..... 40
Gambar 4.1 Pengukuran DFT *pull off test*..... 44
Gambar 4.2 Grafik Daya Adhesi-Penambahan Aluminium 45
Gambar 4.3 Hasil penampang dolly setelah *Pull Off test* ... 46
Gambar 4.4 Pengukuran pelebaran goresan setelah *salt spray test* menggunakan *measuring microscope*..... 47

Gambar 4.5 Grafik pelebaran hasil metode *scratch* untuk *salt spray test* 49
Gambar 4.6 Skema pelebaran cat dan terbentuknya lapisan pada epoksi yang ditambahkan aluminum 50
Gambar 4.7 Skema masuknya elektrolit kedalam *coating* dan berekasi dengan aluminium 54
Gambar 4.8 Tingkatan *blister* pada permukaan *Coating* 55
Gambar 4.9 Pengamatan visual 58
Gambar 4.10 Pengamatan morfologi permukaan sampel 59
Gambar 4.11 Hasil Uji SEM-EDX sampel dengan penambahan Aluminium 60
Gambar 4.11 Hasil Uji SEM-EDX sampel dengan penambahan Aluminium setelah pengujian ketahanan korosi 61

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komposisi Kimia Baja A516 Grade 70 34
Tabel 3.2 Sifat Mekanik Baja A516 Grade 70 35
Tabel 3.3 Komposisi cat Epoksi..... 35
Tabel 3.4 Komposisi Aluminium Pasta..... 35
Tabel 3.5 Tabel Evaluasi pelebaran hasil metode *scratch* untuk *salt spray test* 39
Tabel 3.6 Rancangan Penelitian 41
Tabel 4.1 Hasil *Pull off Test*..... 44
Tabel 4.2 Data pelebaran hasil metode *scratch* untuk salt spray test 48
Tabel 4.3 Tingkat korosi *salt spray test* dengan metode *scratch* 51
Tabel 4.4 Data pelebaran hasil metode *scratch* untuk salt spray test beserta tingkatannya 52
Tabel 4.5 Data Tingkatan *blister* tiap spesimen..... 57

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri, perlindungan terhadap korosi dengan cara memperlambat laju korosi pada material merupakan suatu hal yang penting untuk dilakukan. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk melindungi logam dari serangan korosi. Metode yang banyak digunakan antara lain adalah proteksi katodik, penggunaan inhibitor, dan proteksi penghalang (*barrier protection)* (Forsgen, 2006).

Metode proteksi katodik melindungi logam dengan cara membuat bagian katoda dari sel korosi terlindungi dengan menggunakan anoda korban atau dengan menggunakan arus tahanan (*impress current).* Seperti yang diketahui bahwa katoda merupakan material logam yang lebih mulia dibandingkan anoda. Oleh karena itu, perlu dilakukan perlindungan terhadap anoda. Sel korosi terdiri dari empat bagian, yaitu: anoda, katoda, elektrolit, dan *metallic pathway* (jalur metalik) (Wicks, 2007). Metode-metode ini digunakan secara bersamaan untuk melindungi logam dari serangan korosi

Sedangkan metode inhibitor melindungi material dengan cara menambahkan senyawa kimia ke lingkungan yang korosif dimana senyawa kimia tersebut akan mengurangi laju korosi pada logam. Selain dengan mengurangi korosifitas pada lingkungan, beberapa inhibitor juga dapat membentuk lapisan penghalang pada permukaan logam dikarenakan inhibitor terserap ke dalamnya. Hal ini akan menmbuat logam menjadi lebih tahan terhadap korosi.

Metode lainnya yang dapat digunakan adalah proteksi penghalang *(barrier protection)*. Metode ini akan membuat permukaan logam menjadi terpisah dari lingkungan korosif. Biasanya metode ini diaplikasikan

dalam bentuk lapisan organik (*organic coating*). Metode ini merupakan metode perlindungan yang paling banyak digunakan dikarenakan metode ini mudah untuk dilakukan (Keijman, 1999). Selain itu, usia pakai dari lapisan organik juga cukup panjang dimana biaya yang dibutuhkan menjadi lebih sedikit dibandingkan dengan metode lainnya. Di Amerika perlindungan korosi menggunakan *organic coating* sebesar 89,5% dan menghabiskan biaya $108 billion per tahun (Ascoatindo, 2014).

Epoksi adalah salah satu jenis *organic coating* yang sering digunakan dalam industri untuk melindungi baja dari korosi. Kepadatan dan daya adhesi epoksi yang tinggi sangat memengaruhi ketahanan korosi pada baja yang dilapisinya (Havlik, 2007). Akan tetapi epoksi memiliki batasan waktu untuk melindungi baja tersebut sebelum terjadinya *failure*.

Organic dan *non-organic* pigmen seringkali ditambahkan pada *organic coating* untuk meningkatkan sifat tahan krosi dan *durability* dari *organic coating* tersebut. Salah satu jenis pigmen tersebut ialah Aluminium.

Aluminium adalah logam murni yang memberikan daya tahan terhadap banyak bahan agresif dengan menyediakan lapisan film alumina pada permukaan.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh penambahan aluminium terhadap kekuatan adhesi, ketahanan korosi dan morfologi material coating epoksi.

I.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, permasalahan yang akan diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penambahan Aluminum terhadap daya lekat, dan ketahanan korosi dari *material coating* Epoksi?
2. Bagaimana morfologi *material coating* Epoksi sesudah penambahan aluminium?

I.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam kegiatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa pengaruh penambahan aluminium terhadap daya lekat dan ketahanan korosi dari *material coating* Epoksi
2. Menganalisa morfologi *material coating* Epoksi sebelum dan setelah ditambahkan aluminium, menggunakan SEM.

I.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah agar penelitian ini menjadi terarah adalah sebagai berikut :

1. Komposisi substrat (spesimen) dianggap homogen.
2. Ukuran partikel aluminium pasta dianggap homogen.
3. Tingkat kekasaran dan kebersihan substrat dianggap sama.
4. Kecepatan ketika *mixing material coating* Epoksi dengan Aluminium dianggap sama, sehingga campuran dianggap homogen
5. Ketebalan lapisan kering dianggap sama

I.5. Manfaat Penelitian

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Sebagai referensi pengendalian korosi menggunakan *organic coating* pada baja karbon yang umum digunakan di dunia industri.
2. Dapat dijadikan sebagai referensi mengenai penggunaan material *organic coating* terutama Epoksi dengan penambahan Aluminium sebagai

pigmen untuk meningkatkan daya lekat dan ketahanan korosi.

3. Hasil penelitian dapat dijadikan informasi yang saling melengkapi dan komprehensif dengan hasil penelitian – penelitian sebelumnya terkait *organic coating*.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Korosi

Korosi adalah peristiwa perusakan logam akibat terjadinya reaksi kimia dengan lingkungan yang menghasilkan produk yang tidak diinginkan (Suratman, 1996). Lingkungan dapta berupa asam, basa, oksigen dari udara, oksigen didalam air atau zat kimia lain. Beberapa factor yang berpengaruh terhadap korosi antara lain:

1. Adanya O_2
2. Elektrolit
3. Kelembaban Udara
4. Letak logam dalam deret potensial reduksi
5. Zat terlarut pembentuk asam (CO_2, SO_2)

Proses korosi terjadi bila ada reaksi setengah sel yang melepaskan elektron dan reaksi setengah yang menerima elektron tersebut. Kedua reaksi ini akan terus berlangsung sampai terjadi kesetimbangan dinamis dimana jumlahh elektron yang dilepas sama dengan jumlah olektron yang diterima. Adapun syarat-syarat dimana proses dapat terjadi :

1. *Anoda*, tempat terjadinya reaksi oksida dimana ion negatif berkumpul.
2. *Katoda*, tempat terjadi reaksi reduksi dimana ion positif berkumpul.
3. Media elektrolit, sebagai penghantar elektron anatara *katoda* dan *anoda*. Bersifat menghantarkan listrik.
4. Adanya arus akibat pengerakan elektron.

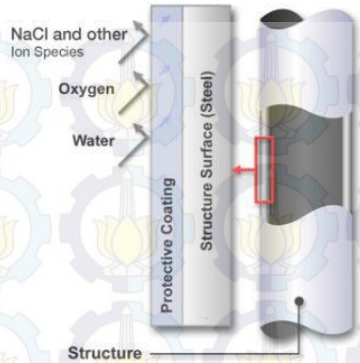
II.2 Pencegahan Korosi

Metode pelapisan adalah salah satu metode untuk perlindungan korosi. Beberapa jenis perlindungan terhadap korosi dengan metode pelapisan diantaranya berfungsi sebagai lapisan penghalang, lapisan inhibisi, dan proteksi katodik. Metode ini biasanya terjadi pada lapisan primer yang merupakan lapisan yang menempel langsung dengan permukaan material.

II.2.1 Lapisan Penghalang (*Barrier Coating)*

Lapisan berfungsi sebagai penghalang antara permukaan material dengan lingkungan. Lapisan penghalang ini berfungsi untuk mencegah pembentukan elektrolit pada *interface* lapisan/permukaan dan menghalangi molekul oksigen untuk berdepolarisasi. Penetrasi air dan oksigen ke dalam permukaan akan menjadi tidak signifikan ketika tidak adanya ion pada permukaan.

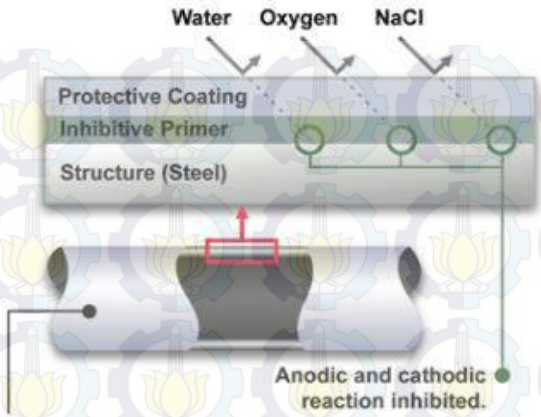
Pada lapisan ini juga digunakan pigmen yang berbentuk seperti jarum atau pelat maupun larutan kimia yang inert dimana nantinya dapat membentuk lapisan proteksi. Lapisan ini tidak hanya dapat digunakan pada lapisan primer, tetapi juga pada lapisan menengah maupun lapisan atas. Hal ini dikarenakan pigmen tidak bereaksi dengan logam untuk membentuk lapisan. Gambar 2.1 menunjukkan konsep dari lapisan penghalang.



Gambar 2.1 Konsep Lapisan Penghalang (Nace, 2012)

II.2.2 Lapisan Inhibisi (*Inhibitive Coating)*

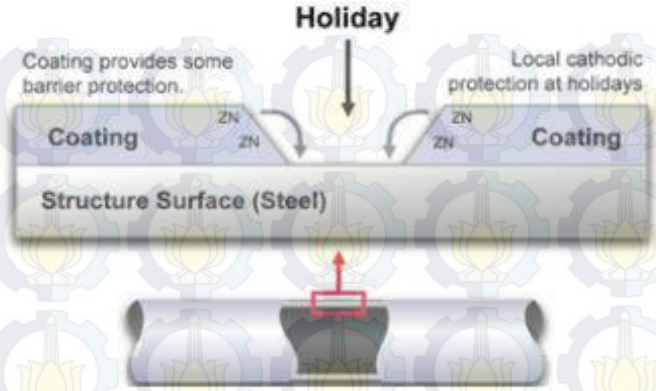
Lapisan inhibisi berfungsi untuk memperlambat reaksi yang terjadi pada anoda, katoda, ataupun pada keduanya. Supaya lebih efektif, lapisan inhibisi harus menempel langsung pada permukaan material. Untuk terbentuknya lapisan inhibisi, maka lapisan harus ditambahkan senyawa kimia yang berfungsi untuk menghalangi reaksi yang terjadi pada permukaan material (Gambar 2.2). Selain itu, agar terbentuk lapisan inhibisi juga diperlukan sedikit kelembaban dan pigmen. Pigmen ini nantinya akan mempasifasi permukaan material dengan membentuk lapisan tipis yang melekat dengan kuat pada permukaan.



Gambar 2.2 Konsep Lapisan Inhibisi (Nace, 2012)

II.2.3 Proteksi Katodik (*Sacrificial)*

Metode ini menggunakan material yang lebih anodik dibanding material yang ingin dilindungi. Proteksi katodik ini biasanya mengandung zink sebagai pigmen utamanya dan memiliki pembebanan minimum dari zink agar lebih efektif. Ketika material terekspos di lingkungan korosif, lapisan ini akan melindungi material dengan menjadi anoda korban. Metode ini hanya efektif untuk digunakan pada lapisan primer dikarenakan zink harus bereaksi dengan logam agar terbentuk lapisan proteksi. Konsep dari proteksi katodik ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Konsep Proteksi Katodik (Nace, 2012)

II.3 Pelapisan Organik (*Organic Coating*)

Pelapisan organik adalah pelapisan yang komposisi lapisannya berasal dari alam. Pada jaman dahulu, biasanya digunakan sayur-sayuran dan minyak hewani sebagai komposisi dari pelapisan organik. Namun sekarang ini komposisinya banyak menggunakan produk perminyakan yang telah dimurnikan dan dimodifikasi untuk memberikan sifat lapisan yang diinginkan. Semua lapisan organik banyak mengandung karbon dan memiliki ketahanan terhadap panas yang lebih rendah dibandingkan pelapisan inorganik dikarenakan lemahnya ikatan antar karbon padapelapisan organik.

II.3.1 Komponen Pelapisan Anti Korosi

Pelapis umumnya terdiri dari beberapa komponen seperti pigmen, aditif, pengikat (*binder)*, dan pelarut (*solvent)* (Suratman, 1996). Masing-masing dari komponen ini memiliki fungsi tersendiri yang dapat meningkatkan sifat dari lapisan.

II.3.1.1 Pigmen

Pigmen adalah partikel solid terpisah yang digunakan untuk memberikan sifat tertentu pada lapisan dimana dapat berupa dalam keadaan solid maupun liquid. Pigmen ini tidak larut dalam lapisan, dan dapat berguna untuk:

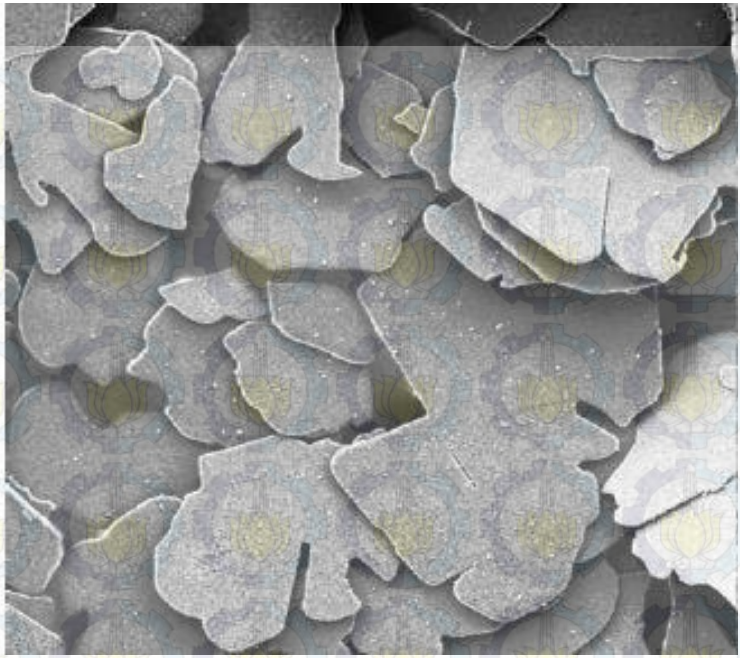
1. Memberikan warna pada lapisan
2. Melindungi *binder* dari pelapukan
3. Memberikan perlindungan inhibisi
4. Mengontrol ketahanan terhadap air
5. Memberikan proteksi katodik
6. Memodifikasi sifat mekanik ataupun elektrik

Pigmen yang ditambahkan untuk membuat lapisan menjadi tahan korosi harus bersifat *inert* dimana pada saat lapisan mengalami *curing*, pigmen harus aktif. Pigmen juga memiliki berbagai bentuk dengan fungsinya masing masing, sebagai berikut:

1. *Platey* Pigmen: Pigmen yang berbentuk pipih dengan fungsi untuk meningkatkan permeabilitas dan ketahanan blistering dari lapisan. Pigmen yang memiliki bentuk pipih diantara lain ialah Aluminium, Mia, MIO, *Glass Flake*, Perak dan Grafit
2. *Acicular* Pigmen: Pigmen yang berbentuk bangun garis dengan fungsi meningkatkan daya tahan *cracking, checking, durability* dan memerhalus tekstur. Pigmen yang memiliki bentuk bangun garis diantara lain ialah *Zinc Oxide*
3. *Fibrous* Pigmen: Pigmen ini berbentuk serat dengan fungsi meningkatkan daya tahan *cracking, checking, crack bridging* dan *non sagging*. Pigmen yang memiliki bentuk serat diantara lain ialah Akrilik

4. *Nodular* Pigmen: Pigmen ini berbentuk *nodular* dengan fungsi menurukan viskositas dan meningkatkan daya tahan aus. Pigmen yang memiliki bentuk *nodular* diantara lain ialah Kalsium Karbonat Silika, Titanium Dioksida dan *Barrytes*

Gambar 2.4 Hasil SEM *Acicular* Pigmen dari Akrilik (Frank, 2005)



Gambar 2.5 Hasil SEM *Platey* Pigmen dari Alumina (Frank, 2005)

II.3.1.2 Aditif

Aditif adalah komponen liquid dari lapisan yang biasanya ditambahkan dalam jumlah kecil. Aditif berguna untuk menambahkan sifat tertentu pada lapisan. Beberapa aditif dapat memastikan stabilitas lapisan dan juga dapat membantu dalam pengaplikasian pelapisan. Selain itu, penambahan aditif juga dapat meningkatkan ketahanan terhadap sinar ultraviolet, meningkatkan ataupun menurunkan kilap lapisan *(glossy*), dan mempercepat terjadinya *curing*.

II.3.1.3 Pengikat (*Binder*)

Binder adalah komposisi utama dalam membuat lapisan organik. *Binder* merupakan suatu bahan yang membentuk lapisan berkelanjutan yang nantinya menempel pada material baja dimana *binder* akan mengikat komponen-komponen lainnya sehingga membentuk suatu lapisan dan akhirnya menghasilkan permukaan lapisan luar yang keras (NACE, 2012). Untuk membuat lapisan proteksi pada permukaan, resin *binder* harus berubah dari keadaan liquid menjadi solid yang nantinya akan menempel pada permukaan dan melindungi permukaan tersebut. .Hal yang perlu diketahui tentang *binder* adalah bagaimana mereka mengalami *curing*.

Pada umumnya *binder* dapat mengalami *curing* dengan dua cara. Pertama adalah melalui evaporasi *solven*. *Binde*r yang mengalami *curing* seperti ini disebut binder *thermoplastic* atau *non-covertible*. Kedua adalah lewat reaksi kimia selama atau setelah proses pengecatan. *Binder* ini dikenal sebagai binder *thermosetting*. Selain itu, hal yang harus dipahami dari binder adalah viskositas. Karena merupakan komponen utama dalam *coating*, viskositas *binder* sangat menentukan viskositas *coating*. *Coating* harus mempunyai viskositas cukup rendah untuk bisa digunakan dengan peralatan pengecatan sederhana (*brush*, *roller* atau *spray*) serta memiliki viskositas cukup tinggi sehingga tidak menetes. Faktor utama yang menentukan viskositas binder adalah berat molekularnya. Polimer yang mempunyai berat molekul tinggi akan lebih viskous daripada berat molekul rendah. Ada dua cara untuk mengontrol viskositas suatu *coating*, yaitu dengan memvariasi berat molekul *binde*r atau dengan menambahkan sejumlah *solvent*.

Fungsi utama dari *binder* sendiri adalah menyediakan struktur fisik untuk mendukung pigmen dan

aditif. Contoh dari *binder* adalah epoksi, *polyurethane*, alkid, akrilik, *polyester*, dan beberapa produk *binder* lainnya. Dalam membuat lapisan organik, dapat digunakan dua macam *binder* ataupun lebih sehingga dapat meningkatkan sifat lapisan. *Binde*r juga memengaruhi berbagai faktor penggunaan dalam cat, diantara lain:

1. Mekanisme dan durasi pengeringan
2. Peforma dalam berbagai lingkungan
3. Peforma dengan berbagai substrat
4. Flexibilitas dan kekerasan
5. Daya lekat cat

II.3.1.4 Pelarut (*Solvent)*

Pelarut digunakan untuk melarutkan *binder* dan memudahkan pengaplikasian pengecatan. Hal ini dikarenakan pada temperatur normal, beberapa *binder* berada dalam keadaan solid. Pelarut memiliki dua karakterisasi utama yang dapat mempengaruhi dalam pelapisan, yaitu:

1. *Solvency power*: kemampuan untuk tidak larut dalam resin
2. *Volatility*: laju penguapan pelarut

Ketika lapisan telah mengalami *curing*, pelarut tidak akan memiliki fungsi apapun terhadap lapisan. Jika ternyata pelarut masih ada ketika lapisan telah mengalami *curing*, maka hal ini dapat menyebabkan masalah. Penggunaan pelarut sendiri dibatasi karena pelarut merupakan senyawa yang dapat mencemari lingkungan.

II.4 Sistem Pelapisan Organik

Umumnya dalam pengecetan terdapat tiga lapisan yang berbeda setiap lapisannya. Sistem pelapisan ini biasanya digunakan untuk penggunaan jangka panjang dengan lingkungan yang korosif. Dengan adanya tiga lapisan

ini, kemungkinan untuk terjadinya korosi pada material semakin berkurang. Ketiga lapisan ini memiliki nama masing-masing dimana lapisan yang menempel langsung dengan permukaan material adalah lapisan primer, lapisan di atasnya adalah lapisan menengah (*intermediate)*, dan lapisan yang bertemu langsung dengan lingkungan adalah lapisan atas (*top)*.

II.4.1 Lapisan Primer

Lapisan ini merupakan lapisan yang menempel langsung dengan logam. Seperti yang telah dijelaskan di atas bahwa lapisan ini umumnya mengandung pigmen yang berfungsi untuk mencegah terjadinya korosi dan lapisan ini merupakan lapisan yang langsung berinteraksi dengan substrat dan sangat menentukan dalam daya adhesion cat. Lapisan primer juga harus memiliki sifat sifat diantara lain ialah:

1. Daya adhesi yang baik terhadap substrate dengan persyaratan persiapan permukaan yang tertentu.
2. Mampu mengikat lapisan berikutnya.
3. Mampu mengurangi pernyebaran proses koros pada bagian-bagian yang retak atau pecah dari lapisan cat.
4. Cukup tahan terhadap cuaca dan bahan kimia untuk jangka waktu tertentu sebelum dilakukan lapisan berikutnya.

II.4.2 Lapisan Menengah

Lapisan ini merupakan lapisan yang ditambahkan setelah lapisan primer untuk menambah ketahanan korosi pada logam. Dimana dengan semakin tebal lapisan yang diaplikasikan pada logam diharapkan ketahanan korosi akan semakin meningkat dikarenakan sulitnya korosi untuk menyerang logam dengan banyaknya penghalang yang berupa lapisan. Dalam sistem pelapisan, lapisan menengah

adalah lapisan yang memiliki ketebalan paling tinggi dibandingkan lapisan lainnya. Lapisan menengah juga harus memiliki sifat sifat diantara lain ialah:

1. Memberikan lapisan yang cukup memadai pada sistem.
2. Mengikat secara merata antara lapisan *primer thin top coat*.
3. Cukup kuat memproteksi pengaruh lingkungan.

II.4.3 Lapisan Atas

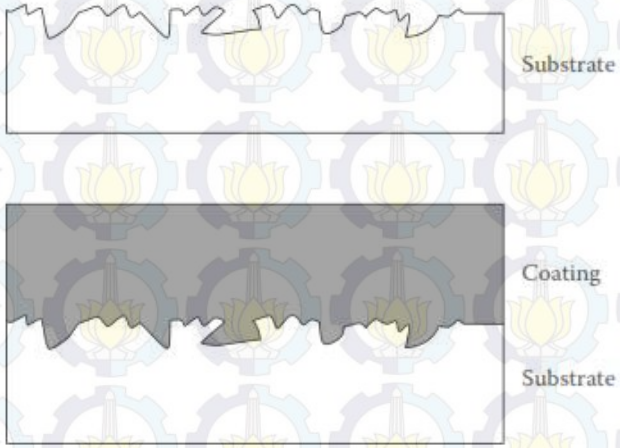
Lapisan ini merupakan lapisan terluar dimana langsung terekspos terhadap lingkungan. Lapisan ini harus tahan terhadap perubahan-perubahan yang dapat terjadi karena terekspos terhadap lingkungan luar, seperti perapuhan, perubahan warna, hilangnya daya lekat, hilangnya kekuatan, hilangnya kilap, dan *chalking* (NACE, 2012). Lapisan ini juga memiliki fungsi sebagai dekoratif dimana biasanya memiliki warna yang lebih cerah dan memiliki tampilan yang mengkilap *(glossy)* jika dibandingkan dengan lapisan lainnya. Lapisan ini memiliki jumlah resin atau *binder* yang paling banyak diantara lapisan lainnya.

II.5 Adhesi Permukaan

Adhesi memiliki peran yang amat penting pada permukaan, jika adhesinya kurang atau bahkan tidak ada maka perlindungan terhadap korosi tidak akan terjadi. Adhesi sendiri adalah suatu fenomena kompleks yang berhubungan dengan efek fisik dan reaksi kimia yang terjadi pada *interface*. Dengan memiliki adhesi yang baik, maka lapisan pada permukaan akan memiliki performa yang baik dan juga dapat memperpanjang umur lapisan. Beberapa teori yang dapat menjelasakan mengenai fenomena adhesi adalah:

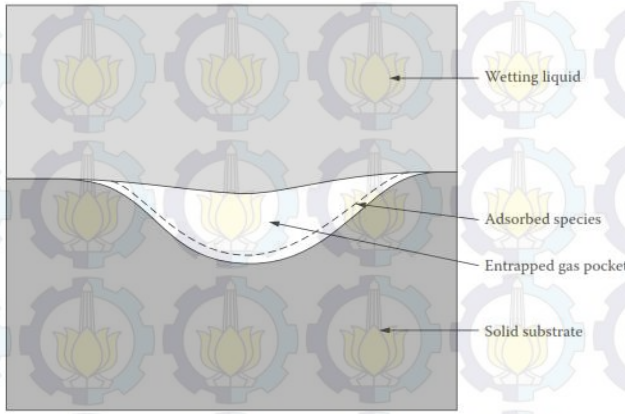
II.5.1 Ikatan Mekanik

Ikatan mekanik (*Mechanical Bonding*) terbentuk ketika permukaan logam yang memiliki poros, lubang, celah, dan *void* tertutupi oleh lapisan yang mengeras. Ketika lapisan telah mengalami *curing*, maka akan sangat sulit bagi lapisan untuk terlepas. Daya adhesi akan semakin besar ketika memiliki kekasaran permukaan yang tinggi. Ikatan adhesi yang baik akan terbentuk ketika lapisan dapat berpenetrasi dengan baik ke dalam permukaan (Gambar 2.6).



Gambar 2.6 Skema Ilustrasi *Mechanical Bonding* (Schweitzer, 2006)

Lain halnya jika lapisan tidak dapat berpenetrasi dengan baik, maka akan timbul *void* antara lapisan dengan permukaan yang mengakibatkan timbulnya gelembung udara diantara keduanya (Gambar 2.7). Gelembung udara yang terperangkap ini nantinya akan memiliki kelembaban yang tinggi dimana akan menyebabkan ikatan adhesi antara lapisan dengan permukaan menjadi hilang.



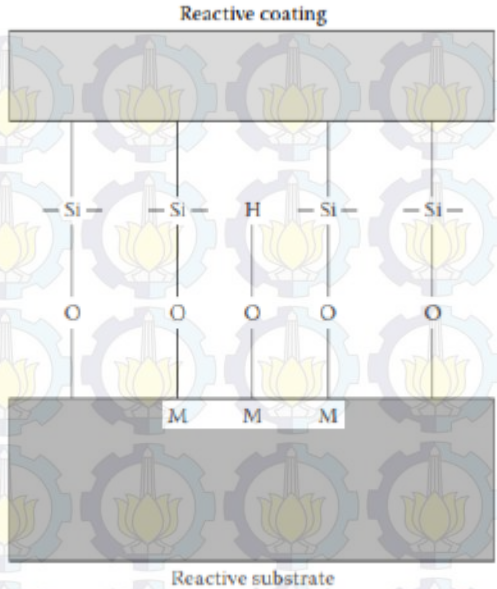
Gambar 2.7 Ilustrasi Adanya Gelembung Udara yang Terperangkap (Schweitzer, 2006)

II.5.2. Interaksi Elektrostatik

Pada fenomena ini permukaan dan lapisan sama-sama memiliki arus listrik yang menyebar melalui sistem. Interaksi antar arus listrik ini nantinya dapat menimbulkan terbentuknya adhesi antara permukaan dengan lapisan.

II.5.3. Ikatan Kimia

Pada fenomena ini diinginkan adanya pembentukan ikatan kimia pada *interface* yang terjadi pada lapisan yang *thermoset*. Agar terjadinya ikatan ini, harus terdapat beberapa gugus senyawa kimia reaktif pada permukaan logam dan juga pada lapisan yang terikat dengan kuat.



Gambar 2.8 Ilustrasi Ikatan Kimia antara partikel SiO dengan substrat baja (Schewitzer, 2006)

Dalam gambar 2.8 dijelaskan bahwa adanya ikatan kimia antara partikel cat yang mengandung SiO dengan substrat, dimana O sebagai pengikat partikel antara cat dengan substrat.

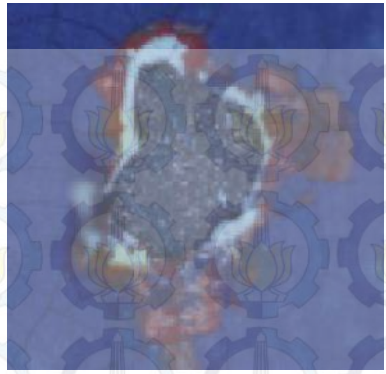
II.5.4. Difusi Cat

Ketika terdapat dua fasa pelapisan dan *polymeric*, permukaan akan mengalami kontak molekul melalui proses *wetting* dimana molekul ini akan berdifusi di sepanjang *interface*. Difusi yang terjadi ini bergantung pada sifat material dan kondisi selama terjadinya *curing*. Adhesi akan terbentuk secara otomatis ketika terjadi proses *wetting* yang

selanjutnya akan diikuti dengan terjadinya difusi rantai di sepanjang *interface* untuk membuat jaringan terikat.

II.6 Blister

Osmotic Blistering seperti pada gambar merupakan salah satu kegagalan yang umum terjadi pada *coating* yang terletak pada daerah yang basah seperti air laut. Sering dikatakan bahwa pelapis organic berfungsi sebagai pelapis atau pelindung substrat dengan lingkungan, namun semua polimer yang sangat permeabel sekalipun sepeti *epoxy* masih dapat ditembus oleh air atau oksigen karena ukuran partikelnya yang sangat kecil, hal ini karena adanya perbedaan kelembaban. Selain itu hal ini dapat terjadi karena daya lekat antara *coating* dengan substrat yang rendah, namun itu tidak sepenuhnya benar karena faktor utama terjadinya osmotic blistering 1) Permeabilitas *coating* 2) Impermeabilitas substrat 3) Konsentrasi air terlarut 4) Konsentrasi gradient. Konsentrasi gradient merupakan kekuatan pendorong kekuatan pendorong untuk terjadinya blistering. Untuk itu diperlukan *coating* dengan peran penghambatan yang baik agar tidak terjadinya proses *blistering* dengan cara pemilihan resin yang baik seperti hidrophobik lebih besar atau density *cross link* yang lebih tinggi, oleh karena itu *epoxy* sebagai resin banyak digunakan di dunia industri (Petrie 2011).



Gambar 2.10 Kerusakan akibat blistering (Petrie 2011)

II.7 Epoksi

Resin epoksi atau secara umum dikenal dengan bahan epoksi adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok thermoset, yang dibentuk melalui proses polimerisasi kondensasi, bahan plastik yang tidak dapat dilunakkan kembali atau dibentuk kembali kekeadaan sebelum mengalami pengeringan. Proses pembuatannya dapat dilakukan pada suhu kamar dengan memperhatikan zat-zat kimia yang digunakan sebagai pengontrol polimerisasi jaringan silang agar didapatkan hasil yang optimum. Epoksi termasuk kelompok polimer yang digunakan sebagai bahan pelapis, perekat, dan sebagai matriks pada material komposit di beberapa bagian struktural, resin ini juga dipakai sebagai bahan campuran pembuatan kemasan, bahan cetakan, dan perekat. Digunakan juga pada banyak aplikasi seperti automotif, *aerospace*, perkapalan, dan peralatan elektronik yang secara umum memiliki sifat yang baik dalam hal reaksi kimia, konduktivitas termal, konduktivitas listrik, tahan korosi,

kekuatan tarik dan kekuatan bending sangat baik.

Resin epoksi mempunyai sifat-sifat: berstruktur amorf, tidak bisa meleleh, tidak bisa didaur ulang, atom-atomnya berikatan kuat sekali. Keunggulan yang dimiliki resin epoksi ini adalah ketahanannya terhadap panas dan kelembaban, sifat mekanik yang baik, tahan terhadap bahan-bahan kimia, sifat insulator, sifat perekatnya yang baik terhadap berbagai bahan, dan resin ini mudah dalam modifikasi dan pembuatannya. Namun demikian epoksi juga mempunyai kelemahan pada sifat ketahanan abrasif dan getas. Kegunaan epoksi sebagai bahan matriks dibatasi oleh ketangguhan yang rendah dan cenderung rapuh. Oleh sebab itu saat ini terus dilakukan penelitian untuk meningkatkan ketangguhan bahan matriks atau epoksi (Liu, 2004).

II.7.1 Epoksi sebagai Material Coating

Epoksi adalah jenis polimer yang biasa digunakan untuk pelapisan dalam bentuk liquid maupun powder. Epoksi bisa dibuat dari salah satu Tiga bahan dasar utama seperti Bisphenol A, Bisphenol F dan Novolac. Cat Epoksi terdiri dari dua komponen, yaitu *Base paints* dan *Curing Agents*. *Curing Agent* pada cat Epoksi berfungsi sebagai pembentuk ikatan molekul tiga dimensi. Epoksi memiliki kepadatan dan daya adhesi yang tinggi sehingga memengaruhi ketahanan korosi pada baja yang dilapisinya (Havlik, 2007).

Epoksi adalah coating yang paling sering digunakan karena banyak kelebihannya. Pertama, mudah dalam proses aplikasi coating karena memiliki sifat *Surface Tolerant* (tidak membutuhkan kekasaran atau tingkat kebersihan yang spesifik pada substrat). Kedua, bisa dicampur dengan bermacam *curing agents*, Pigmen dan Binder lain untuk mendapatkan sifat-sifat khusus yang diinginkan. Epoksi dapat digunakan pada lapisan manapun

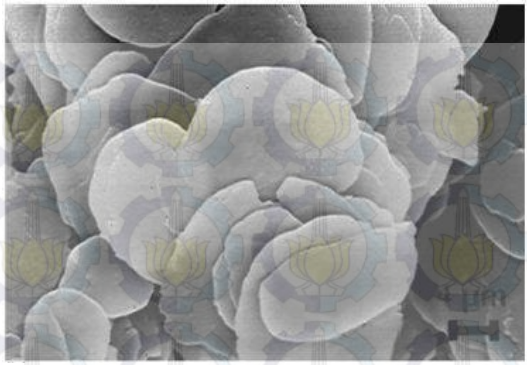
dalam *Coating System (Primer, Intermediate* dan *Top Coat)*. Kekurangan yang dimiliki coating adalah lemah terhadap paparan sinar Ultraviolet yang terus menerus dan mengakibatkan *Chalking* (pengapuran) sehingga mengalami penipisan (Louis D. Vincent, 2010).

II.8 Aluminium

Aluminium berasal dari biji aluminium alam, yang dijumpai sebagai tambang bauksit yang mengandung kandungan utama aluminium oksida (alumina). Bauksit diolah dalam dapur listrik yang menghasilkan ingot aluminium. Aluminium tahan karat di udara karena membentuk paduan aluminium oksida hasil reaksi antara O2 di udara dengan permukaan logam aluminium. Lapisan aluminium ini berisi oksida yang cukup kedap udara dan tidak dapat terhembus dan ini menghambat terjadinya pengkaratan. Agar aluminium ini tahan terhadap karat perlu dilakukan *finishing* lebih lanjut dengan meggunakan anodisasi. Lapisan oksida aluminium terbentuk secara alami amat tipis ini membuat daya tahan meningkat, lapisan ini dapat dipertebal dengan proses anodisasi. Dengan cara menempatkan aluminium ke dalam larutan elektrolit yang kemudian dialiri arus listrik.

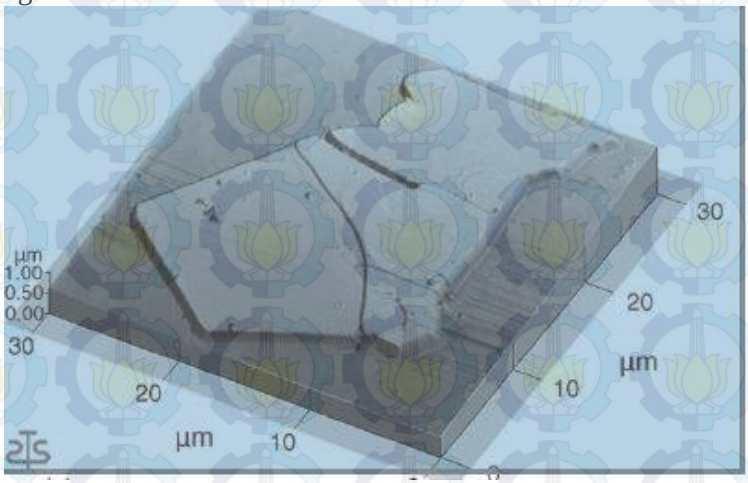
II.8.1 Aluminium sebagai Pigmen

Aluminium sering digunakan dalam industri cat sebagai pigmen dalam bentuk *powder* ataupun pasta. Aluminium memiliki pigmen yang berbentuk *platey* atau *lamellar* (Gambar 2.9). Bentuk pigmen tersebut sangat memengaruhi dalam peningkatan kualitas cat dengan cara meningkatkan *barrier properties*, dan ketahanan korosi, sehingga melindungi cat untuk terjadinya *chalking* dan *cracking* (Ascoatindo, 2014).



Gambar 2.9 Bentuk pigmen Aluminium (Frank, 2005)

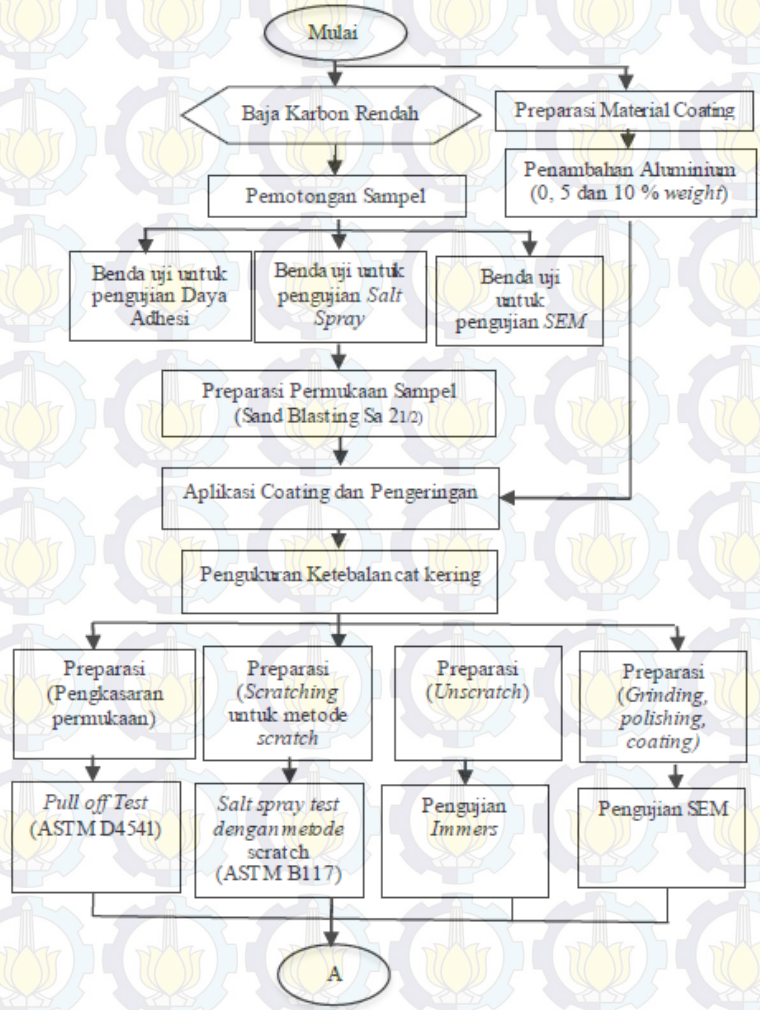
Dalam pelapisan yang menggunakan Aluminium sebagai pigmen akan terbentuk lapisan film alumina pada permukaan lapisan cat (Gambar 2.10), sehingga dapat memberikan daya tahan lapisan cat terhadap berbagai bahan agresif.



Gambar 2.10 Lapisan Alumina yang terbentuk pada lapisan cat (Frank, 2005)

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

III.2 Metode Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan dengan metode penelitian sebagai berikut :

1. Studi Literatur

   Studi literatur pada penelitian ini mengacu pada jurnal dan buku dari situs – situs penelitian yang mempelajari mengenai aplikasi pengendalian korosi dengan menggunakan coating organik khususnya Epoksi dengan penambahan Aluminium sebagai pigmen

2. Eksperimental

   Pada penelitian ini sebelum aplikasi coating, dilakukan preparasi spesimen dengan *sand blasting*. Setelah aplikasi coating, dilakukan pengujian *pull - off* , *Salt spray test*, *immers* dan morfologi menggunakan mikroskop optik dan SEM untuk menganalisa pengaruh penambahan aluminium sebagai pigmen pada lapisan primer cat epoksi.

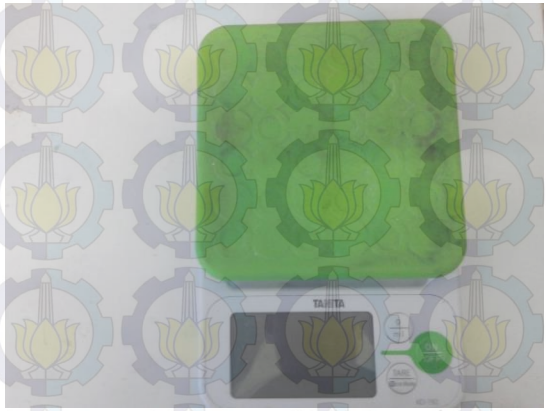
III.3 Alat dan Bahan Penelitian

III.3.1 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

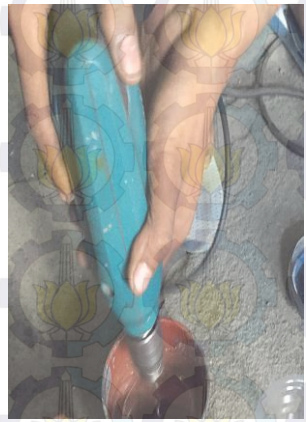
1. Neraca Analitik (*Mettler Toledo)*

   Digunakan untuk menimbang berat aluminium pasta dengan ketelitian yang tinggi.



Gambar 3.2 Neraca Analitik

2. Mesin Pengaduk Cat Digunakan untuk mecampur material cat dengan material *filler*.



Gambar 3.3 Mesin Pengaduk Cat

3. Alat *Surface Preparation* (*Sand Blasting)*

Sand Blasting digunakan untuk membersihkan permukaan substrat.

Gambar 3.4 Alat *Sand Blasting*

4. *Sling Psychrometer* dan *Dew Calculator*
Kedua alat ini digunakan untuk mengukur temperatur basah dan kering serta kelembaban udara,

Gambar 3.5 *Sling Psychrometer* dan *Dew Calculator*

5. Alat Cat (*Conventional Air Spray)*
Alat ini digunakan untuk menyemprotkan cat ke specimen

Gambar 3.6 *Conventiona Air Spray*

6. *Roughness Meter* (Alat Uji Kekasaran Permukaan)
Alat ini digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan substrat.

Gambar 3.7 *Roughness Meter*

7. Alat Ukur WFT *(Wet Film Thickness)*

Digunakan untuk mengetahui tebal lapisan cat basah pada proses pengaplikasian lapisan *coating*.

Gambar 3.8 Alat Ukur WFT

8. Alat Ukur DFT *(Dry Film Thickness)*

Digunakan untuk mengetahui tebal lapisan kering cat pada permukaan substrat.

Gambar 3.9 Alat Ukur DFT

9. Peralatan Pengujian Kekuatan Adhesi (*Pull-Off Test*)

Digunakan untuk mengetahui besar kekuatan lekat material coating pada permukaan substrat.

Gambar 3.10 Peralatan Uji Kekuatan Adhesi

10. Peralatan Pengujian Laju Korosi (Salt Spray)

Uji ketahanan korosi menggunakan alat *salt spray chamber*, untuk mengetahui ketahanan korosi dari material coating yang sebelum atau setelah ditambahkan dengan aluminium sebagai pigmen

Gambar 3.11 *Salt Spray Chamber*

11. Peralatan Pengujian Morfologi (SEM)

SEM digunakan untuk mengetahui bentuk morfologi Mikro lapisan coating.

Gambar 3.12 Mesin Uji SEM

12. Peralatan Pengujian Mikroskop Optik

Measuring Microscope digunakan untuk mengetahui persebaran Aluminium pada permukaan cat Epoksi

dan pelebaran yang terjadi setelah pengujian *salt spray test*

Gambar 3.13 *Measuring Microscope*

III.3.2 Bahan Penelitian

1. Material Substrat
   Logam yang digunakan sebagai substrat pada penelitian ini adalah baja karbon A516 Grade 70.

Tabel 3.1 Komposisi Kimia Baja A516 Grade 70

Unsur	%
Karbon (C)	0,27-0,31
Mangan (Mn)	0,79-1,30
Phospor (P)	0,035
Sulfur (S)	0,055
Silikon (Si)	0,13-0,45

Tabel 3.2 Sifat Mekanik Baja A516 Grade 70

Sifat Mekanik	Nilai
Tensile strength (MPa)	485-620

Yield strength (MPa)	260
Elongation in 200mm (min)(%)	17
Elongation in 50mm (min) (%)	21
Thickness (max)(mm)	205

2. Material Coating

Material coating yang digunakan pada penelitian ini adalah cat epoksi (merk Jotun Penguard Primer) berbahan dasar resin epoksi. Spesifikasinya sebagai berikut:

Tabel 3.3 Komposisi cat Epoksi (Jotun, 2010)

Nama Bahan	%
epoksi resin (MW 700-1200	10-25
Xylene	10-25
n-butanol	2,5-10
Solvent Naptha,light arom	2,5-10
Etil Benzen	2,5-10
Propilen glikol monometil eter	2,5-10

3. Aluminium Pasta

Material yang digunakan sebagai *pigmen* pada coating adalah Aluminium pasta

Tabel 3.4 Komposisi Aluminium Pasta (Koleske, 2012)

Nama Bahan	%
Aluminium	60-65
Additive	1-4
Pelarut	30-35

4. Serbuk NaCl
5. Aquades

III.4 Prosedur Penelitian

III.4.1 Preparasi Spesimen Uji

1. Memotong logam menjadi dimensi 30 x 30 x 10 mm untuk digunakan sebagai spesimen pengujian kekuatan adhesi sebanyak 3 buah untuk setiap variabel.
2. Memotong logam menjadi dimensi 30 x 30 x 10 mm untuk digunakan sebagai spesimen uji ketaanan korosi sebanyak 3 buah untuk setiap variabel.
3. Memotong logam menjadi dimensi 10 x 10 x 20 mm untuk digunakan sebagai spesimen pengujian morfologi sebanyak 1 buah untuk setiap variabel.

III.4.2 Preparasi Material Coating

1. Mencampur dan mengaduk cat epoksi sebanyak 250 ml dengan penambahan thinner sebanyak 10%.
2. Menambahkan aluminium pasta berdasarkan *weight to volume percentage* dengan ketentuan variabel (0%, 5%, 10% dan 15% *weight*).
3. Mengaduk campuran cat epoksi dengan silika menggunakan *mechanical stirrer* dengan kecepatan 1000 rpm selama 60 menit (Nikravesh, 2011).

III.4.3 Persiapan Lingkungan

1. Menghitung temperatur udara basah dan kering menggunakan alat *sling psychrometer*.
2. Menghitung kelembaban relatif udara menggunak *dew calculator* berdasarkan temperatur udara basah dan kering.

3. Memastikan bahwa kondisi lingkungan memiliki kelembaban relatif dibawah 85% dan Temperatur Substrat lebih besar 3°C dari titik embun.

III.4.4 Persiapan Permukaan *(Sand Blasting)*

Membersihkan permukaan substrat dengan *abrasive blasting material* sampai Tingkat kebersihan Sa 21/2 atau SP - 10. Material *blasting* yang digunakan adalah Aluminium oxide dengan Mesh 6.

III.4.5 Pengaplikasian Material Coating

1. Menyemprotkan cat pada permukaan substrat menggunakan alat *Air Spray* konvensional
2. Mengukur tebal cat basah (WFT). Tebal WFT 100 - 120 μm
3. Spesimen yang sudah di lapisi coating dikeringkan *(curing)* dengan media udara selama 7 hari.
4. Mengukur tebal cat kering (DFT). Tebal DFT 50 - 60 μm.

III.4.6 Preparasi Larutan Elektrolit

1. Menimbang kristal NaCl sebanyak 35.24 gram.
2. Melarutkan kristal NaCl di dalam *becker glass* berukuran 1000 ml dengan menggunakan aquades hingga tepat batas.
3. Sehingga didapat larutan NaCl dengan konsentrasi 3,5%.

III.4.7 Pengujian Kekuatan Adhesi

Melakukan pengujian *pull - off* menggunakan alat *Portable Adhesive Tester* Tipe II untuk mengetahui besar kekuatan adhesi lapisan coating terhadap substrat berdasarkan standar ASTM D4541 Langkah langkahnya sebagai berikut:

1. Menyiapkan spesimen yang akan diuji.
2. Melekatkan spesimen pada *dolly* menggunakan dua komponen lem epoksi.
3. Menaruh spesimen pada alat uji.
4. Mengkalibrasi alat hingga menunjukkan angka nol. Kemudian menentukan satuan yang akan digunakan. Dalam percobaan ini, satuan yang digunakan adalah MPa.
5. Menekan tuas hingga sampel terlepas dengan *dolly*.
6. Langkah terakhir adalah mencatat nilai yang didapatkan setelah pengujian.
7. Melakukan pengulangan untuk sampel lain.

III.4.8 Pengujian *Salt Spray*

Melakukan pengujian untuk mengetahui ketahanan korosi material *coating* yang setelah dan sebelum penambahan aluminium dalam larutan elektrolit NaCl 3,5% berdasarkan standar ASTM B117. Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian ini adalah :

1. Menyiapkan 3 spesimen tiap variabel
2. Membuat goresan berbentuk X menggunakan *cutting tool* dengan lebar goresan sebesar 1 mm
3. Mengukur hasil goresan menggunakan jangka sorong
4. Menaruh specimen pada *salt spray chamber* selama 122 jam yang mengacu pada penelitian sebelumnya oleh Rodriguez dkk, 2007

5. Mengecek specimen setiap hari selama 5 hari
6. Mengukur hasil pelebaran goresan setelah 122 jam menggunakan jangka sorong
7. Membandingkan jumlah pelebaran yang terjadi dengan tabel yang terdapat pada ASTM D1654

Tabel 3.5 Tabel Evaluasi pelebaran hasil metode *scratch* untuk *salt spray test* (ASTM D1654)

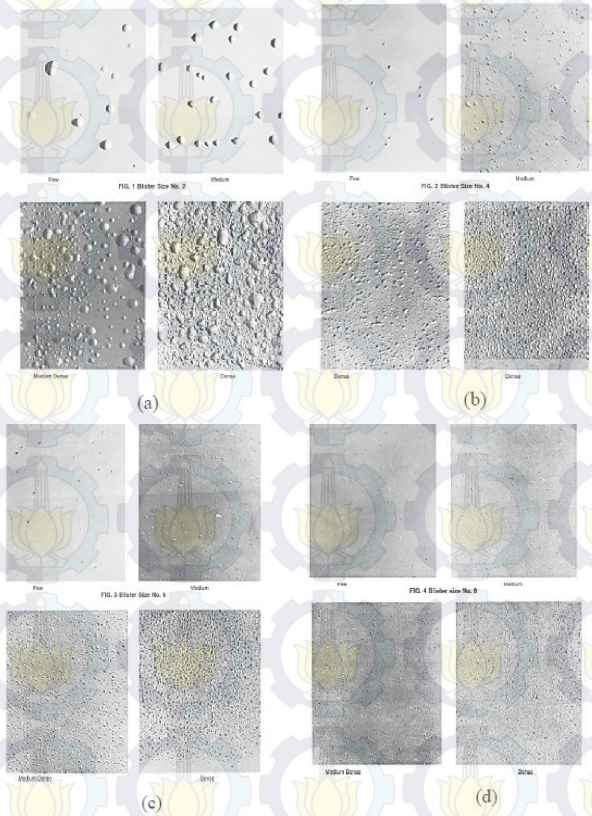
Rating Of Failure at Scribe	
Representative Mean Creepage From Scribe	
Milimetres	***Rating Number***
Zero	**10**
Over 0 to 0,5	**9**
Over 0.5 to 1.0	**8**
Over 1.0 to 2.0	**7**
Over 2.0 to 3.0	**6**
Over 3.0 to 5.0	**5**
Over 5.0 to 7.0	**4**
Over 7.0 to 10	**3**
Over 10 to 13	**2**
Over 13 to 16	**1**
Over 16 to more	**0**

III.4.9 Pengujian *Immers*

Pada pengujian immers digunakan bekas botol aqua 1,5 L sebagai tempat ditaruhnya spesimen dan menggunkana NaCl 3,5% sebagai pelarut atau media *immers*. Langkah-langkah yang dilukakan pada pengujian kali ini:

1. Menyiapkan 3 spesimen setiap variable
2. Memasukkan specimen pada wadah selama 2 minggu

3. Mengevaluasi blister yang terdapat pada spesimen pengujian *immers* dengan gambar yang terdapat pada ASTM D714



Gambar 3.14 Evaluasi *blister* pada permukaan dengan ukuran (a) No 2, (b) No 4, (c) No 6, (d) No 8 (ASTM D714)

III.4.10 Pengujian Morfologi

Pengujian ini digunakan untuk mendapatkan foto makro pada struktur batas (*interface)* antara substrat dengan lapisan coating untuk mengetahui

kondisi mikroskopiknya sebelum dan sesudah penambahan filler.

III.5 Rancangan Pengambilan Data Penelitian

Tabel 3.6 Rancangan Penelitian

Material	Sampel	*Salt Spray Test* (mm)	*Immers*	*Pull Off Test* (MPa)	Mikroskop Optik dan SEM
Epoksi	Ep-Al (0%)	V	v	V	v
		V	V	V	
		V	V	V	
	Ep-Al (5%)	V	V	V	-
		V	V	V	
		V	V	V	
	Ep-Al (10%)	V	V	V	-
		V	V	V	
		V	V	V	
	Ep-Al (15%)	V	V	V	v
		V	V	V	
		v	V	v	

BAB IV

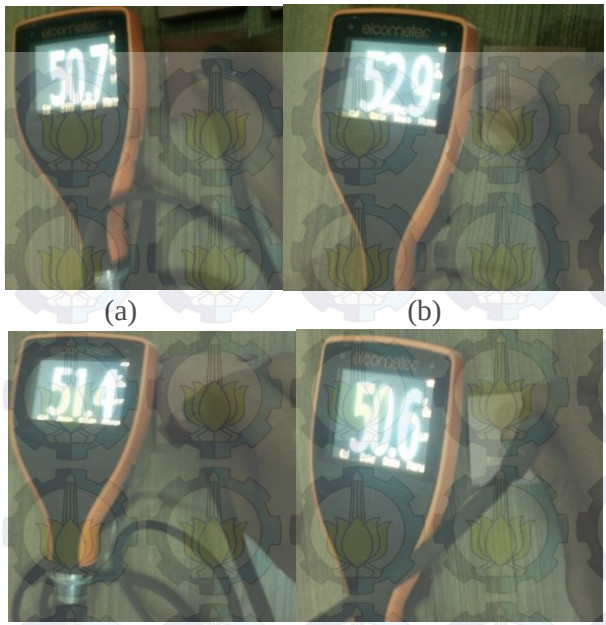
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan berbagai pengujian untuk mendapatkan data, kemudian data tersebut dianalisa dan dibahas untuk menjawab berbagai persolan dan tujuan pada penelitian kali ini dengan mengacu pada berbagai referensi.

IV.1 Pengaruh Penambahan Aluminium Terhadap Daya Adhesi

Seperti yang telah dijelaskan dalam metodologi penelitian, bahwa pada penelitian ini dilakukan preparasi spesimen dengan *sand blasting* menggunakan aluminium oxide dan standard kebersihan Sa 3. Sedangkan untuk preparasi cat sendiri, dengan cara menambahkan cat epoksi dengan variabel aluminum sebesar 5%, 10%, dan 15 %.

Untuk mengetahui pengaruh penambahan aluminium terhadap daya adhesi cat epoksi, maka dilakukan pengujian *pull off test*. Pengujian ini dilakukan dengan cara mencari DFT (*Dry Film Thickness*) sebesar $\pm$50 mikron pada tiga sampel setiap variabelnya kemudian diberi tanda (titik) untuk menandai tempat ditempelkannya *dolly* (Gambar 4.1) sehingga lokasi pengujian setiap sampel homogen pada ketebalan cat sebesar $\pm$ 50 mikron. Kemudian hasil dari pengujian *pull off test* untuk setiap variabelnya dapat dilihat pada Lampiran B dan untuk hasil rata rata pengujian daya adhesi setiap variabel dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.2.



(a) (b)

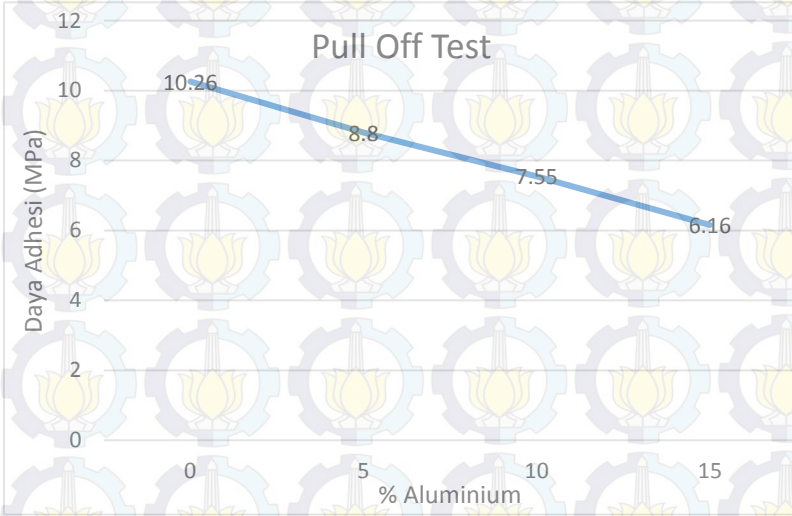
(c) (d)

Gambar 4.1 Pengukuran DFT *pull off test* (a) Ep-Al (0%), (b) Ep-Al (5%), (c) Ep-Al (10%), (d) Ep-Al (15%)

Tabel 4.1 Hasil *Pull off Test*

No	Sampel	Daya Adhesi (Mpa)	Keterangan
1	Ep-Al (0%)	10,26	100% cohesive failure
2	Ep-Al (5%)	8,80	100% cohesive failure
3	Ep-Al (10%)	7,55	100% cohesive failure
4	Ep-Al (15%)	6,16	100% cohesive failure

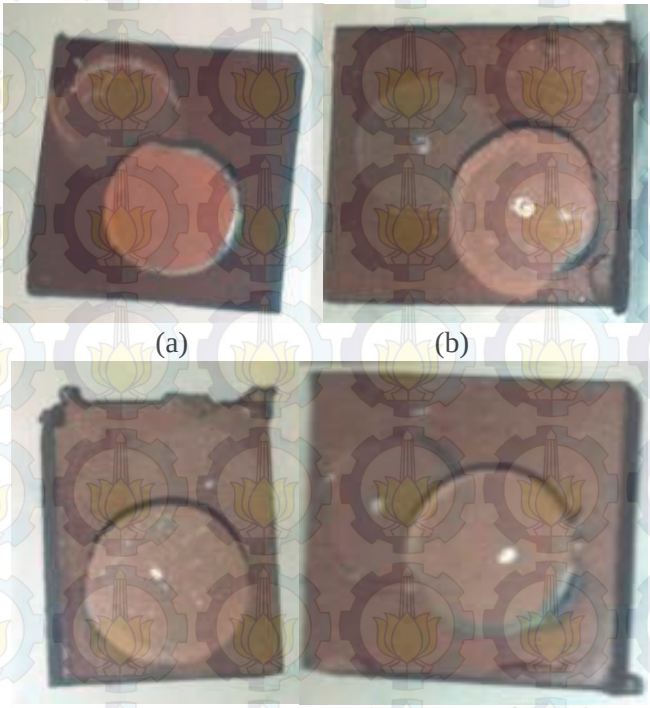
Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa daya adhesi paling tinggi dimiliki oleh sampel tanpa penambahan aluminium dengan nilai sebesar 10,26 Mpa, sedangkan sampel dengan penambahan aluminium 15% memiliki daya adhesi paling kecil dengan nilai 6,16 Mpa. Penurunan besar daya adhesi terjadi secara berurutan dimulai dari sampel penambahan aluminium sebesar 0%, 5%, 10% dan 15% berturut-turut sebesar 1,46 Mpa, 1,25 Mpa dan 1.36 Mpa.



Gambar 4.2 Grafik Daya Adhesi-Penambahan Aluminium

Pada Gambar 4.2 didapatkan tren yang menunjukkan bahwa semakin banyak aluminium yang ditambahkan pada epoksi, semakin kecil daya adhesi yang dimilikinya. Penurunan tersebut terjadi karena *Cohesive failure* (Ikatan cat-cat) bukan *adhesive failure* (Ikatan cat-substrat) yang berarti adanya penurunan kekuatan ikatan diantara molekul molekul yang terdapat dalam cat,dalam hal ini adalah epoksi-aluminium. Selain itu *cohesive failure* juga disebabkan karena aluminium menyebar merata di cat

epoksi (Gambar 4.11), sehingga menghalangi ikatan yang terjadi antara epoksi-epoksi atau yang sering disebut *coating disbondment* (knudsen, 2013). Selain itu, pada Gambar 4.11 terdapat poros pada *internal coating* yang ditambahkan aluminium, sehingga menurunkan daya kohesi dari *coating* tersebut. Karena yang terjadi ialah *cohesive failure*, maka tidak memengaruhi kualitas *coating* tersebut, karena tidak adanya *adhesive failure* atau masih adanya cat yang menempel pada substrat (Gambar 4.3).

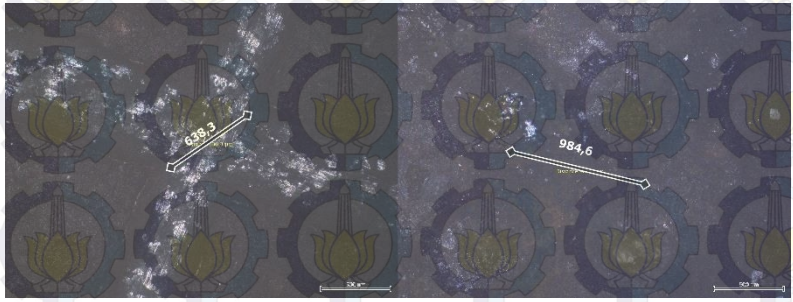


Gambar 4.3 Hasil penampang dolly setelah *Pull Off test* (a) Ep-Al (0%), (b) Ep-Al (5%), (c) Ep-Al (10%), (d) Ep-Al (15%)

IV. 2 Pengaruh Penambahan Aluminium Terhadap Ketahanan Korosi

Pengujian ketahanan korosi dilakukan untuk mengetahui ketahanan korosi dari setiap *coating* dengan variabel penambahan aluminium. Pada penelitian ini digunakan dua metode untuk mengetahui ketahanan korosi dari *coating*, yaitu dengan metode *scratch* untuk *salt spray test* dan metode *unscratch* untuk *immers*.

Pada metode *scratch* untuk *salt spray test*, tiap spesimen digores berbentuk *x-cut* dengan pelebaran ±1 mm, kemudian ditempatkan pada salt spray chamber sambil disemprotkan larutan NaCl 3,5% selama 122 jam, kemudian dilakukan pengukuran pelebaran goresan yang terjadi di lima titik setiap spesimen yang diujikan dengan *measuring microscope* (Gambar 4.4). Kemudian hasil dari pelebaran di lima titik tersebut di rata-ratakan (Lampiran C). Sehingga didapatkan data rata rata pada setiap variabel dan hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.5.

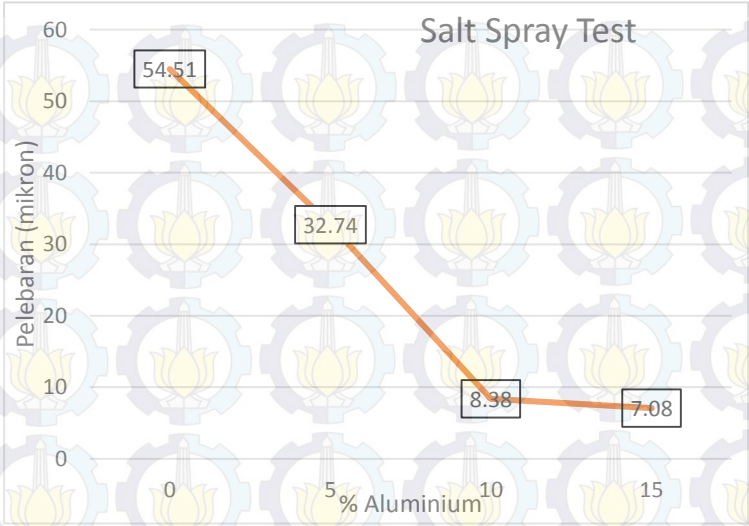


Gambar 4.4 Pengukuran pelebaran goresan sebelum dan sesudah menggunakan *measuring microscope*

Tabel 4.2 Data pelebaran hasil metode *scratch* untuk salt spray test

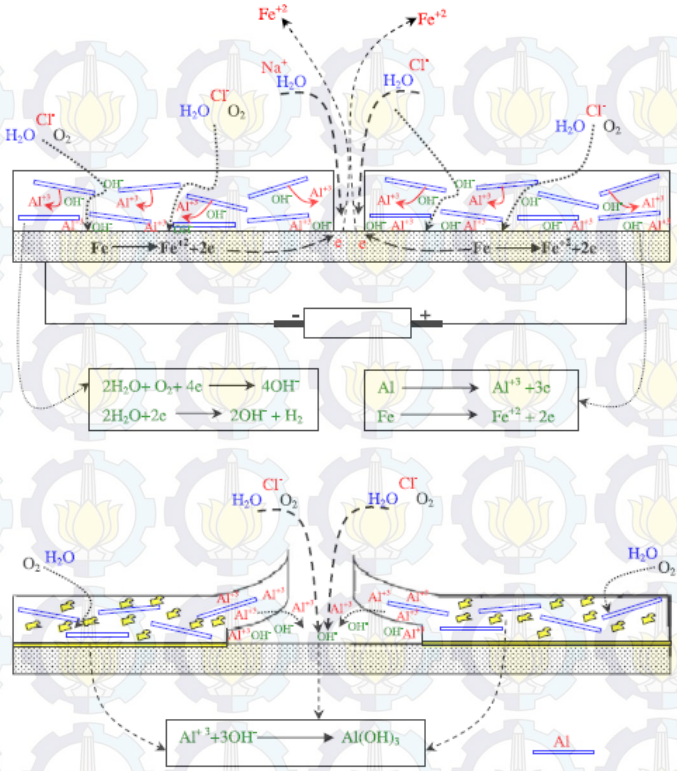
No	Sampel	Pelebaran (Mikron)
1	Ep-Al (0%)	54,51
2	Ep-Al (5%)	32,74
3	Ep-Al (10%)	8,38
4	Ep-Al (15%)	7,08

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa pelebaran yang paling sedikit dimiliki oleh cat epoksi dengan variabel penambahan aluminium sebesar 15% dengan nilai pelebaran sebesar 7,08 mikron sedangkan pelebaran yang terbesar terjadi pada cat epoksi tanpa penambahan aluminium dengan nilai pelebaran sebesar 54,51 mikron, dan untuk sampel dengan variabel penambahan aluminium 5% dan 10% masing masing mendapatkan pelebaran goresan sebesar 32,74 mikron dan 8,38 mikron.



Gambar 4.5 Grafik pelebaran hasil metode *scratch* untuk *salt spray test*

Pada Gambar 4.5 didapatkan tren yang menunjukkan bahwa tanpa penambahan aluminium pelebaran epoksi lebih besar dibandingkan dengan penambahan aluminium. Hal ini disebabkan epoksi memiliki sifat hidrofilik, dimana membuat lapisan menjadi mudah bereaksi dengan air. Sifat hidrofilik yang dimiliki oleh lapisan epoksi ini dapat menurunkan kemampuannya dalam melindungi logam (Young, 2010). Akan tetapi dengan penambahan aluminium, pelebaran yang terjadi lebih sedikit hal ini dikarenakan elektrolit yang masuk pada goresan akan bereaksi terlebih dulu dengan aluminium untuk membentuk lapisan $Al(OH)_3$, selanjutnya elektrolit yang masuk lewat goresan untuk melebarkan goresan tersebut akan terhalang oleh lapisan $Al(OH)_3$ (Gambar 4.6)



Gambar 4.6 Skema pelebaran cat dan terbentuknya lapisan pada epoksi yang ditambahkan aluminum (Nikravesh, 2011)

Data hasil pelebaran yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan data yang ada di standard. Hal ini dilakukan untuk menentukan besar tingkatan (*rating*) pelebaran goresan yang terjadi. Menurut stadard ASTM D 1654 *"Standard Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments"*, dijelaskan beberapa tingkatan (*rating*) untuk menunjukkan tingkat korosifitas atau ketahanan korosi sampel,

dimana semakin tinggi tingkatnya (*rating*), semakin rendah tingkat korosifitas atau semakin tinggi ketahanan korosi sampel tersebut.

Pada Tabel 4.3 ini merupakan Tabel standard yang menunjukkan besarnya tingkatan (*rating*) terhadap pelebaran goresan yang terjadi. Tabel 4.3 ini nantinya akan menjadi acuan Tabel 4.2 untuk menentukan besarnya *rating* setiap sampel. Hasil perbandingan antara Tabel 4.2 dengan Tabel 4.3 akan ditunjukkan pada Tabel 4.4 yang berisi data data pelebaran goresan setiap sampel dengan tingkatannya.

Tabel 4.3 Tingkat korosi *salt spray test* dengan metode *scratch* (ASTM D1654)

Rating Of Failure at Scribe	
Representative Mean Creepage From Scribe	
Milimetres	***Rating Number***
Zero	**10**
Over 0 to 0,5	**9**
Over 0.5 to 1.0	**8**
Over 1.0 to 2.0	**7**
Over 2.0 to 3.0	**6**
Over 3.0 to 5.0	**5**
Over 5.0 to 7.0	**4**
Over 7.0 to 10	**3**
Over 10 to 13	**2**
Over 13 to 16	**1**
Over 16 to more	**0**

Tabel 4.4 Data pelebaran hasil metode *scratch* untuk salt spray test beserta tingkatannya

No	Sampel	Pelebaran (Mikron)	Pelebaran (mm)	Nilai
1	Ep-Al (0%)	54.51	0,054	9
2	Ep-Al (5%)	32.74	0,032	9
3	Ep-Al (10%)	8.38	0,008	9
4	Ep-Al (15%)	7.08	0,007	9

Dari Tabel 4.3 diketahui apabila pelebaran yang terjadi sebesar 0-0,5 mm maka memiliki nilai *rating* 9. Terlihat pada Tabel 4.4 bahwa pelebaran yang terjadi pada semua sampel tidak melebihi 0,5 mm bahkan pelebaran yang paling besar yang terjadi sebesar 0,054 mm yaitu pada sampel tanpa penambahan aluminium.

Oleh sebab itu dapat dikatakan bahwa semua sampel memiliki nilai 9 untuk ketahan korosi, sehingga dapat dikatakan bahwa kemampuan semua sampel untuk menahan terjadinya korosi itu sama.

Sedangkan untuk pengujian *immers* dengan metode *unscratch*, setiap spesimen direndam dengan larutan NaCl 3,5% selama 2 minggu, terlihat bahwa pada sampel tanpa penambahan aluminium dan sampel dengan penambahan aluminum 5% terdapat *blister* dengan jenis *osmotic blistering* pada permukaan sampel, dimana hal ini tidak terjadi pada sampel dengan variabel penambahan aluminum sebesar 10% dan 15% (Gambar 4.9).

Osmotic blistering terjadi karena adanya garam atau elektrolit yang berada pada permukaan, akan tetapi garam sulit menembus *coating* karena ukuran fisik dan fakta bahwa sifatnya yang ionik menyebabkan tidak kompatibel dengan polimer organik penyusun *coating*, dan hal ini akan berubah ketika garam tersebut larut dalam air (elektrolit), karena air sendiri merupakan molekul kecil yang dapat mengalami permeasi mealui *coating* dengan

kecepatan yang berbeda pada tiap *coating*. Elektrolit yang sudah masuk ke dalam *coating* dan melakukan kontak dengan *coating* untuk melarutkan garam yang terkandung dalam air tersebut kedalam *coating*. Jika elektrolit tersebut juga berada pada permukaan luar *coating* makan sel omosis akan terjadi juga.

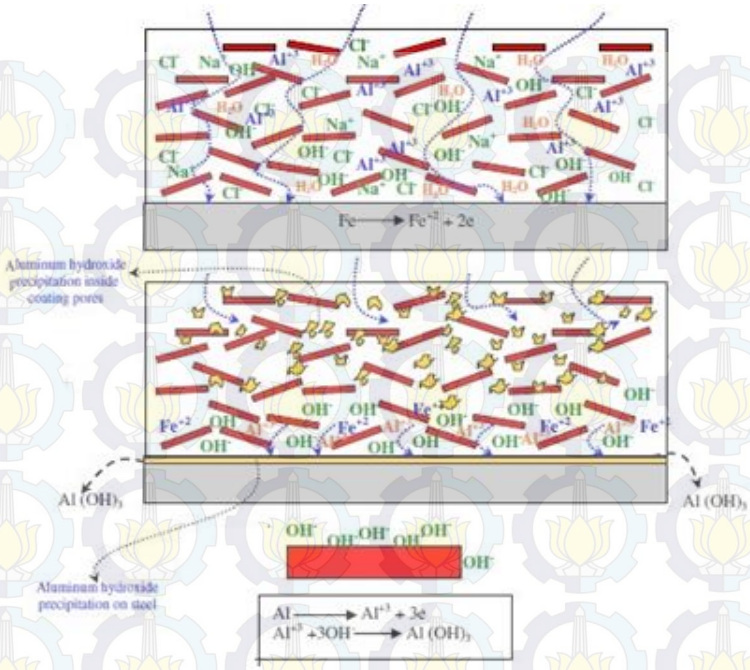
Sel osmosis tersusun atas memban semipermeable (dalam hal ini *coating*) yang memisahkan larutan konsentrasi tinggi dengan konsentrasi rendah. Karena ada perbedaan potensial kimia maka akan lebih banyak elektrolit yang mengalami permeasi ke dalam *coating*. Konsekuensinya adalah terbentuknya *blister* yang terisi elektrolit.

Oleh sebab itu epoksi yang tidak ditambahkan aluminium akan mudah terserang oleh elektrolit dibanding dengan epoksi yang ditambahkan aluminium. Hal ini dikarenakan aluminium itu sendiri ialah salah satu jenis *metallic pigment* yang berbentuk flake sehingga dapat memperlambat laju permeability elektrolit didalam *coating* (Gambar 4.7). Selain itu, aluminium juga sangat reaktif, sehingga elektrolit yang laju permeabilitynya di perlambat, juga akan bereaksi dengan aluminum dan membuat senyawa $Al(OH)_3$ (Gambar 4.7) dengan reaksi sebagai berikut:

$$Al = Al^{+3} + 3e$$

$$Al^{+3} + 3OH^{-} = Al(OH)_3$$

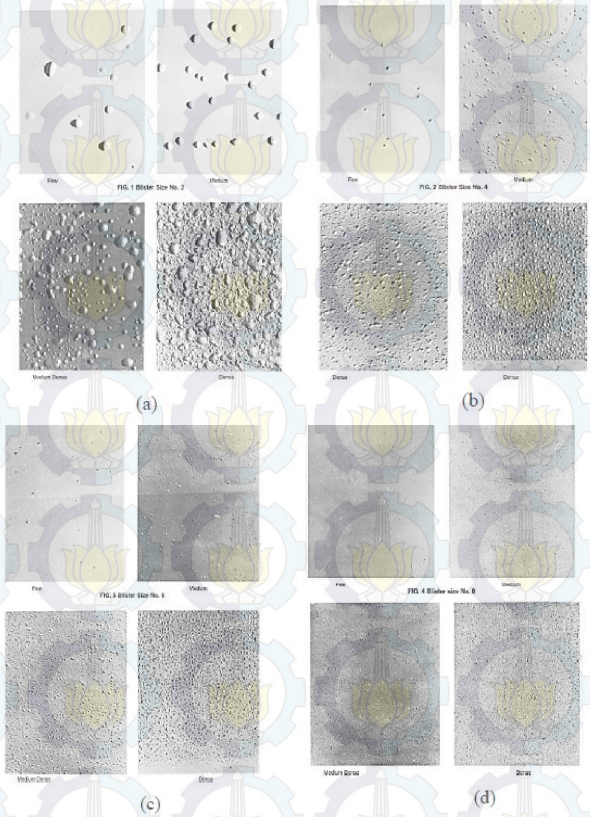
Oleh sebab itu epoksi yang ditambahkan dengan aluminium terdapat sedikit bahkan tidak ada *blister* pada permukaannya.



Gambar 4.7 Skema masuknya elektrolit kedalam *coating* dan berekasi dengan aluminium (Nikravesh, 2011)

Untuk mengetahui tingkat kerusakan yang dapat ditimbulkan oleh *blister* dapat dilakukan dengan cara mengukur tingkat *blister* yang terjadi yang kemudian dibandingkan dengan standard ASTM D714 *"Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints"*. Menurut standard dikatakan bahwa terdapat beberapa tingkatan ukuran dan jumlah *blister* yang ada. Tingkatan ukuran *blister* sendiri dimulai dari skala sepuluh hingga nol dimana pada ukuran sepuluh menandakan tidak adanya *blister* pada permukaan. Kemudian untuk tingkatan jumlah *blister* ditandai mulai dari *few* (sedikit), *medium* (sedang), *medium dense* (cukup

banyak) hingga *dense* (banyak). Tingkatan *blister* yang terjadi pada permukaan dapat dilihat pada Gambar 4.8.

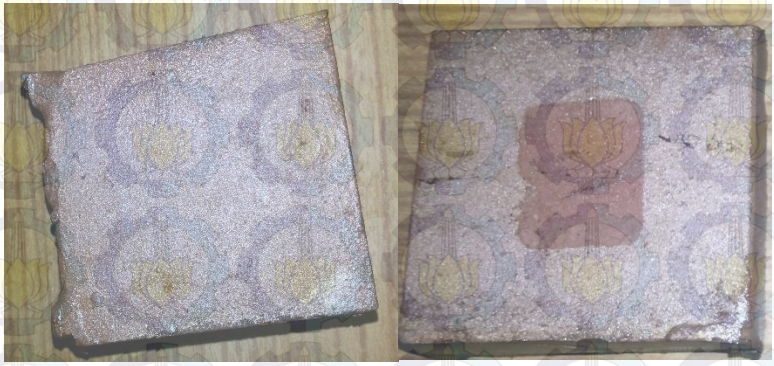


Gambar 4.8 Tingkatan *blister* pada permukaan dengan ukuran (a) No 2, (b) No 4, (c) No 6, (d) No 8 (ASTM D714)

Seperti yang dijelaskan diatas, bahwa untuk mengetetahui tingkat kerusakan yang ditimbulkan dengan adanya *blister*, maka perlu adanya perbandingan Gambar 4.9 yang merupakan hasil pengujian immers selama 2 minggu dengan Gambar 4.8 yang berisi

tingkatan *blister* yang terdapat pada permukaan, kemudian akan didapatkan Tabel 4.5 yang berisi data tingkatan *blister* pada setiap sampel.

(a) (b)



(c) (d)

Gambar 4.9 Hasil pengujian immers selama dua minggu (a) Ep-Al (0%), (b) Ep-Al (5%), (c) Ep-Al (10%), (d) Ep-Al (15%)

Tabel 4.5 Data Tingkatan *blister* tiap spesimen

No	Sampel	Tingkatan *Blister*
1	Ep-Al (0%)	*Blister* Size No 2 (Few)
2	Ep-Al (5%)	*Blister* Size No 4 (Few)
3	Ep-Al (10%)	*Blister* Size No 8 (Few)
4	Ep-Al (15%)	*Blister* Size No 10

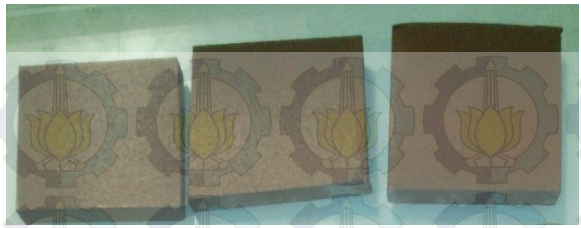
Dari Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa sampel dengan penambahan aluminium 15% tidak terdapat *blister* di permukaannya, dan hal ini berbanding jauh dengan sampel epoksi tanpa penambahan yang memiliki ukuran *blister* No 2 dengan jumlah *blister* sedikit.

Dari dua metode pengujian yang telah dilakukan yaitu pengujian *salt spray* dengan metode *scratch* dan *immers* dengan metode *unscratch* dapat dikatakan bahwa sampel dengan variabel penambahan aluminium sebesar 10% dan 15% memiliki ketahanan korosi yang sangat baik. Hal ini dikarenakan kandungan aluminium yang cukup dalam epoksi untuk memperlambat laju *permeability* elektrolit kedalam *coating* dan kemampuan aluminium bereaksi dengan elektrolit yang masuk kedalam coating untuk membentuk lapisan pasif.

IV.3 Pengamatan Makro dan Mikro

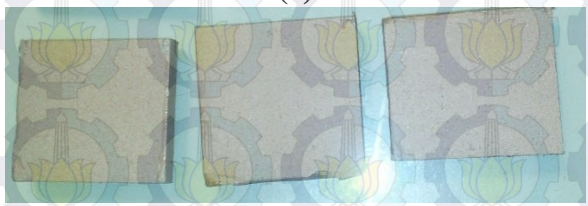
Dalam Pengamatan makro dan mikro dilakuakan dengan tiga cara yaitu visual, mikroskop optik, dan SEM-EDX dengan tujuan yang berbeda dengan masing masing cara.

Pengamatan visual dilakukan untuk mengetahui perubahan warna yang terjadi ketika epoksi yang berwarna merah ditambahkan dengan aluminium yang berwarna *silver*, dari pengamatan visual ini didapatkan Gambar 4.9

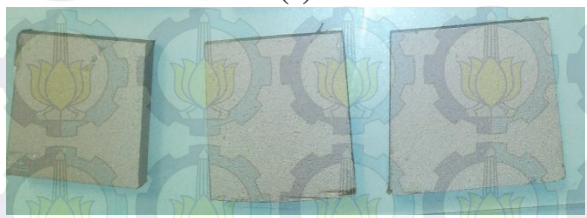


(a)

(b)



(c)



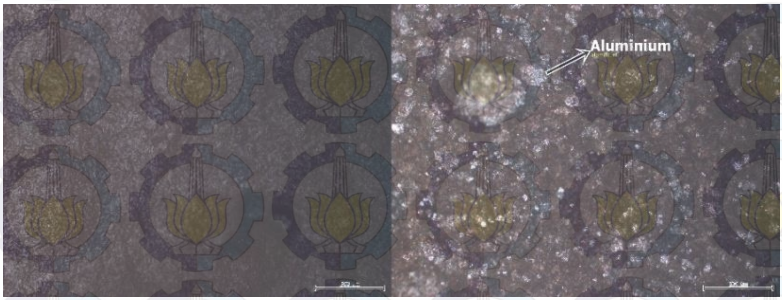
(d)

Gambar 4.9 Pengamatan visual (a) Ep-Al (0%), (b) Ep-Al (5%), (c) Ep-Al (10%), (d) Ep-Al (15%)

Dari Gambar 4.9 dapat kita lihat perbedaan warna menjadi merah keputihan ketika epoksi ditambahkan aluminium, semakin

banyak aluminium yang ditambahkan kedalam epoksi maka semakin terang warna putih yang didapatkan pada epoksi yang memiliki dasar warna merah.

Setelah dilakukan pengamatan visual untuk mengetahui perubahan warna yang terjadi, maka selanjutnya dilakukan pengamatan mikroskop optik dengan perbesar 50X untuk mengamati morfologi permukaan coating (Gambar 4.10)

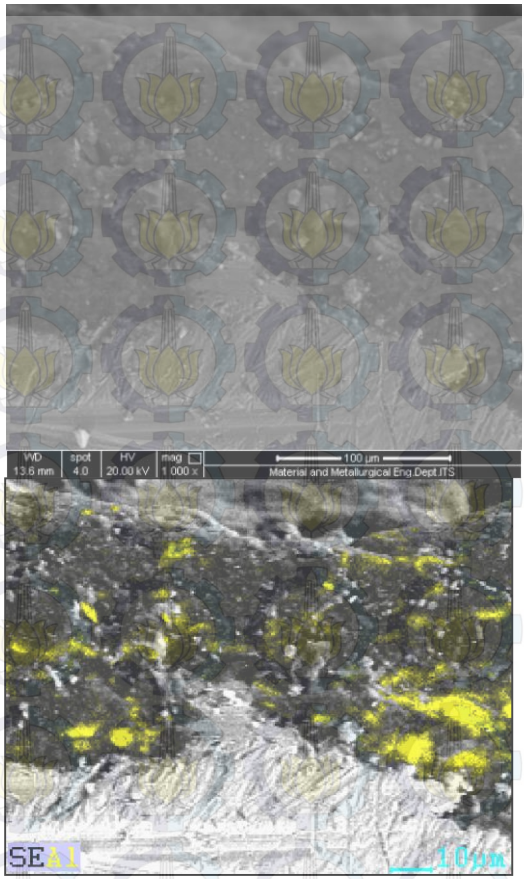


(a) (b)

Gambar 4.10 Pengamatan morfologi permukaan sampel (a) tanpa penambahan Aluminium (b) dengan penambahan Aluminium

Dari pengamatan mikroskop optik dapat dilihat bahwa perbedaan warna yang dapat dilihat melalui pengamatan visual terjadi karena persebaran aluminium dipermukaan sampel yang merata, sehingga semakin banyak aluminium yang ditambahkan semakin cerah warna yang iddapatkan *coating* tersebut

Pengamatan selanjutnya ialah pengamatan mikro pada sisi *interface* antara substrat dengan *coating* menggunakan SEM dan didukung dengan program *mapping* EDX untuk melihat persebaran aluminium didalam *coating* sehingga dapat mendukung analisa data dan pembahasan pada sub bab sebelumnya (Gambar 4.11). Perbesaran yang dilakukan saat pengujian SEM kali ini sebesar 1000X.

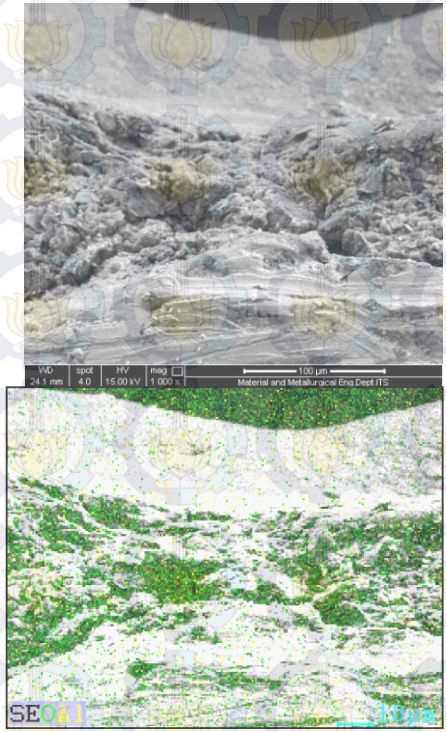


Gambar 4.11 Hasil uji SEM-EDX sampel dengan penambahan Aluminium

Dari hasil uji SEM-EDX didapatkan bahwa persebaran aluminium merata di dalam epoksi, Hal ini sangat mendukung dari pernyataan bahwa dengan persebaran aluminium yang merata pada *coating* akan memperlambat *permeability* dari elektrolit masuk

kedalam coating menuju substrat selain itu hal ini juga mendukung terjadinya *coating disbondment*, dimana aluminium menghalangi ikatan antara epoksi-epoksi sehingga membentuk poros yang terlihat jelas pada Gambar 4.11 .

Selain itu pengujian SEM-EDX juga dilakukan pada sampel yang telah dilakukan pengujian ketahanan korosi (Gambar 4.12). Hal ini dilakukan untuk mendukung teori terbentuknya lapisan $Al(OH)_3$ pada permukaan substrat ketika larutan elektrolit masuk kedalam coating.



Gambar 4.12 Hasil uji SEM-EDX sampel dengan penambahan Aluminium setelah pengujian ketahanan korosi

Dari gambar 4.12 dapat terlihat jelas bahwa setelah dilakukan pengujian ketahanan korosi menggunakan larutan NaCl 3,5% terdapat kerusakan pada *coating*, yang dimana morfologi *coating* setelah diuji ketahanan korosi menjadi lebih berantakan dibandingkan dengan sebelum dilakukan pengujian ketahanan korosi. Akan tetapi menurut penelitan yang dilakukan oleh Nikravesh (2011) bahwa persebaran Al yang merata pada *coating* akan memebentuk lapisan $Al(OH)_3$ ketika dilarutkan dalam larutan elektrolit, sehingga aluminium pada cat epoksi akan meningkatkan ketahanan korosi dengan cara terbentuknya lapisan pasif dari reaaksi aluminium dengan elektrolit.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa hasil pengujian, maka dapat diambil suatu kesimpulan dari penelitian ini. Berikut kesimpulan yang didapat:

1. Dari pengujian daya adhesi menggunakan *Pull off test* didapatkan hasil berupa penurunan nilai dengan variabel penambahan aluminium 0%, 5%, 10% dan 15% sebesar 10,26 Mpa, 8,80 Mpa, 7,55 Mpa dan 6,16 Mpa. Jenis kegagalan yang didapatkan ketika pengujian daya adhesi adalah 100% *cohesive failure* (ikatan cat-cat), dan hal ini tidak bisa menjadi acuan dari kualitas coating karena masih adanya ikatan *adhesive* (cat-substrat).
2. Untuk menganalisa ketahanan korosi dari sampel dengan variabel penambahan aluminium 0%, 5%, 10% dan 15% digunakan dua metode yaitu *scratch* untuk salt spray test dan unscratch untuk immers. Pada pengujian *salt spray test* dengan metode *scratch* selama 122 jam didapatkan pelebaran goresan yang kemudian dicocokan dengan ASTM D1654 dan menghasilkan semua sampel memiliki nilai rating 9. Sedangkan untuk metode *unscratch* dengan pengujian immers selama 2 minggu dan dicocokan dengan ASTM D714 didapatkan hasil sebagai berikut: Sampel tanpa penambahan epoksi mendapatkan Blister Size no 2 (*Few*), Sampel dengan penambahan aluminium 5% mendapatkan Blister Size no 4 (*Few*), Sampel dengan penambahan aluminium 10% mendapatkan Blister Size no 8 (*Few*) dan Sampel dengan penambahan aluminium 15% mendapatkan *Blister* Size No 10 (tidak ada blister). Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin

banyak aluminium yang ditambahkan semakin besar ketahanan korosi coating tersebut.

3. Pengujian mikro dan makro menggunakan tiga cara yaitu visual, mikroskop optik dan SEM-EDX. Pada pengamatan visual didapatkan perubahan warna yang cerah pada coating yang ditambahkan aluminium, sedangkan pada pengamatan mikroskop optik didapatkan persebaran aluminium yang merata pada permukaan coating menyebabkan warna coating tersebut menjadi cerah. Sedangkan pada pengujian SEM-EDX didapatkan hasil persebaran aluminium yang merata didalam *coating*.

V.2 Saran

Disarankan pada penelitian berikutnya untuk:

1. Menaikkan kecepatan serta menambah waktu proses *mixing* agar cat dengan filler dapat tercampur lebih merata.

DAFTAR PUSTAKA

American Society for Testing and Materials. 1992. **ASTM D1654: Standard Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments**. Washington, DC: Author.

American Society for Testing and Materials. 2002. **ASTM D4541: Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers**. Washington, DC: Author.

American Society for Testing and Materials. 2003. **ASTM B117: Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus.Washington**, DC: Author.

American Society for Testing and Materials. 2009. **ASTM D714: Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints**, DC: Author

ASCOATINDO. (2014). **Coating Inspector Muda**. Bandung: Corrosion Care Indonesia.

Ellis, Bryan. 1993. **Chemistry and Technology of Epoxy Resins.** Netherlands: Springer.

Forsgren, Amy. 2006. **Corrosion Control through Organic Coatings**. US: Taylor & Francis Group.

J. Havlik., A. Kalendova., dan D. Vesely. 2007. "Electrochemical, chemical and barrier action of zinc dust/anticorrosive pigments containing coatings". **J. Phys. Chem. Solids,** 68: 1101-1105

Keijman, J.M. 1999. "Achieving Quality in Coatings Work: The 21st Century Challenge". **Proceeding Inorganic and Organic Coatings – The Difference**. England: The Brighton Centre.

Koloske. Joseph V. **Paint and Coating Testing Manual 15th Edition**. US: Author

Maile, Frank J., Pfaff,Gerhard., dan Reynders, Peter. 2005. "Effect pigments—past, present and future". **Progress in Organic Coating,** 54: 150-163

NACE CIP Committee. 2012. **Coating Inspector Program Level 1 Student Manual**. US: Author.

Nikravesh, B., Ramezanzaeh, B., Sarabi, A.A., dan Kasiriha, S.M. 2011. "Evaluation of the corrosion resistance of an epoxy-polyamide coating containing different ratios of micaceous iron oxide/Al pigments". **Corrosion Science,** 53: 1592-1603

R. Naderi, M.M. Attar. 2010. "The role of zinc aluminum phosphate anticorrosivepigment in protective performance and cathodic disbondment of epoxy Coating", **Corrosion Science,** 52 1291–1296.

Rodriguez, M.T., Garcia, S.J., Gracenea, J.J., Vitores, C., dan Suay, J.J. 2007. "Thermal, Mechanical, and Anticorrosive Characterization of an Epoxy Primer". **Corrosion** 63, 12: 1075-1084.

Schweitzer, Philip A. 2006. **Paint and Coatings: Applications and Corrosion Resistance**. US: Taylor & Francis Group.

Suratman, Rochim. 1996. **Dasar dasar Korosi**. Bandung: Teknik Mesin ITB

Vincent, Louis D. 2010. **The Protecive Coating User's Handbook.** Texas: NACE International

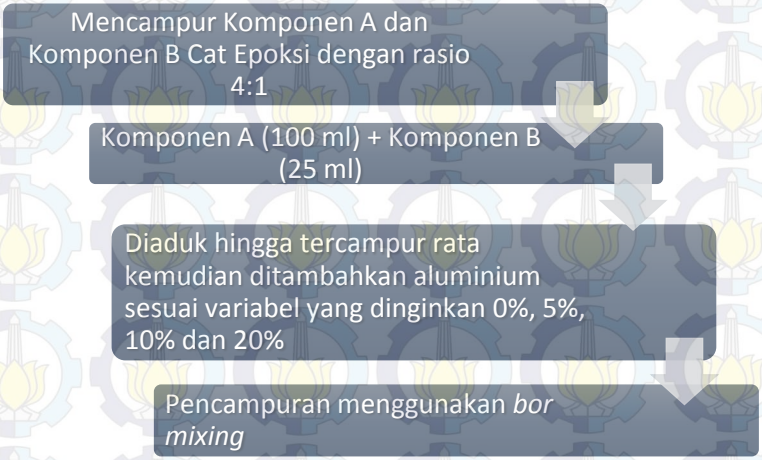
Wicks Jr. Z. W., Jones F. N., Pappas S. P., dan Wicks D. A. (2007). **Organic Coatings Science and Technology Third Edition**. US: John Wiley & Sons, Inc.

Xing, X. S., Li, R.K.Y. 2004. **"Wear behaviour of epoxy matrix composites filled with uniform sized sub-micron spherical silica particles".** London: Elsevier Science B. V.

LAMPIRAN A

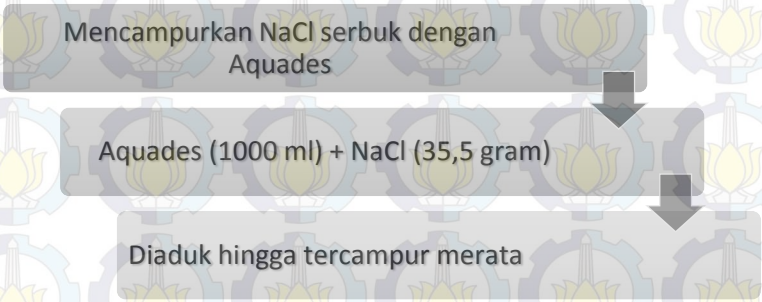
SKEMA KERJA

1. Proses pencampuran Cat Epoksi dengan Aluminium



Gambar A.1 Diagram Alir Proses Pencampuran Cat Epoksi dengan Penambahan Aluminium

2. Proses pembuatan elektrolit NaCL 3,5%



Gambar A.2 Diagram Alir Proses Pembuatan Elektrolit NaCl 3,5%

LAMPIRAN B

PULL OFF TEST

Material Cat: Epoksi

Tabel B.1 Pengujian *Pull off test*

Aluminium	Pull Off Test (Mpa)	Rata rata (Mpa)
0	11.74	10.26
	9.25	
	9.79	
5	7.34	8.803333333
	9	
	10.07	
10	7.52	7.55
	5.59	
	9.54	
15	4.9	6.16
	6.69	
	6.89	

LAMPIRAN C

SALT SPRAY TEST

Material Cat: Epoksi

Tabel C.1 Tabel Pengujian *Salt Spray Test*

% Aluminium	Sampel	Sebelum (mikron)	Sesudah (mikron)	Total Pelebaran (mikron)	rata rata 1 (mikron)	rata rata 2 (mikron)
0	a	585.1	706.5	121.4	24.28	54.51
		366.8	588.3	221.5		
		638.3	984.6	346.3		
		740.7	875.2	134.5		
		446.7	603.6	156.9		
	b	769.6	1060	290.4	58.08	
		460.8	554.2	93.4		
		1047	1370	323		
		748	873.2	125.2		
		651.6	788.6	137		
	c	416.9	822.8	405.9	81.18	
		613.6	842.2	228.6		
		659.5	922.1	262.6		
		348.8	651.2	302.4		
		656.3	875.7	219.4		
5	a	593.3	779.1	185.8	37.16	32.74
		764.1	882.3	118.2		
		580	822	242		

		313.1	661.5	348.4		
		969.3	1005	35.7		
	b	947.4	1096	148.6	29.72	
		1138	1167	29		
		1578	1669	91		
		755.8	963.7	207.9		
		1131	1161	30		
	c	601.3	758	156.7	31.34	
		720.3	1069	348.7		
		876	892.7	16.7		
		649.1	914.3	265.2		
		638.9	900.7	261.8		
10	**a**	486.2	492.3	6.1	1.22	8.38
		381.3	419.4	38.1		
		851.9	900.2	48.3		
		739.1	811.9	72.8		
		384.4	470.8	86.4		
	b	631.4	**705**	73.6	**14.72**	
		591.9	608.5	16.6		
		909.4	1067	157.6		
		692.3	842.6	150.3		
		652.4	752.5	100.1		
	c	643.1	**689.1**	46	**9.2**	
		821.8	860.8	39		
		854.8	882	27.2		
		669.5	835.1	165.6		
		561.3	572.7	11.4		
15	**a**	533.9	572.7	38.8	7.76	7.08
		633.7	835.1	201.4		

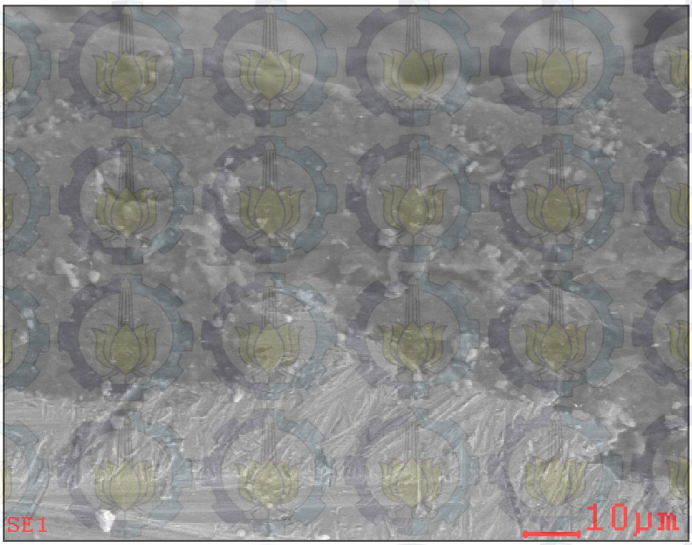
		762.7	795.7	33		
		594.4	633.7	39.3		
		709	860.8	151.8		
	b	493.9	560	66.1	13.22	
		492.7	512	19.3		
		774.5	787.7	13.2		
		661.8	717.1	55.3		
		516	687.1	171.1		
	c	502.7	504	1.3	0.26	
		623.3	699.2	75.9		
		928.7	966.8	38.1		
		825.2	834.7	9.5		
		854.7	882.1	27.4		

LAMPIRAN D

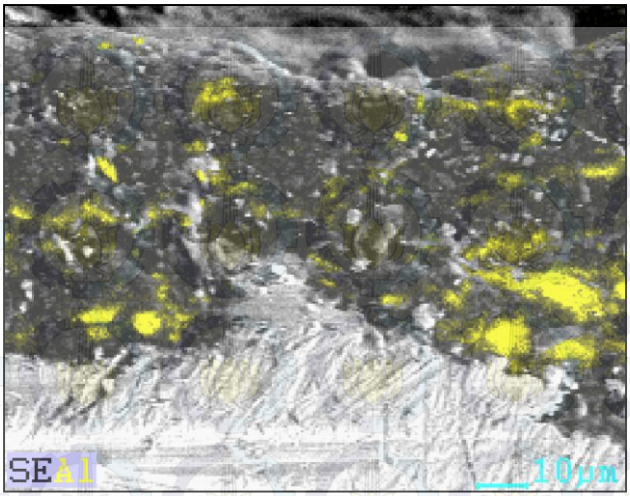
HASIL PENGUJIAN MORFOLOGI

Tabel D.1 Komposisi Kimia Spesimen Ep-Al 15%

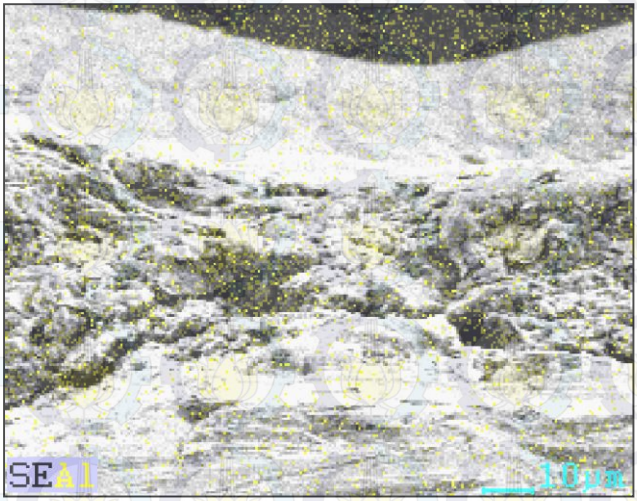
Element	*Wt%*	*At%*
AlK	06.58	04.91
FeK	32.47	11.71
Matrix	Correction	ZAF



Gambar D.1 SEM pada sampel Ep-Al 15%



Gambar D.2 *Mapping* EDX pada sampel Ep-Al 15%



Gambar D.2 *Mapping* EDX pada sampel Ep-Al 15% setelah pengujian ketahanan korosi

LAMPIRAN E

Technical Data
Penguard Primer

JOTUN
Jotun Protects Property

Product description
Penguard Primer is a two-pack epoxy primer based on epoxy resin with high molecular weight. This product is a part of a complete system which is certified not to spread surface flames.

Recommended use
As a primer in a coating system for corrosion protection of steel and other substrates. Penguard Primer is also recommended for internal lining for friction reduction in gas transmitting pipelines as per API 5L2. Please contact Jotun for specific recommendations.

Film thickness and spreading rate

	Minimum	Maximum	Typical
Film thickness, dry (µm)	40	60	50
Film thickness, wet (µm)	80	120	100
Theoretical spreading rate (m^2/l)	12,8	8,5	10,2

Approvals
API 5L2 by Egyptian National Research Centre NRC.

Physical properties

Colour	Grey, Red
Solids (vol %)*	51 ± 2
Flash point	25°C ± 2 (Setaflash)
VOC	420 gms/ltr UK-PG6/23(97). Appendix 3
Gloss	Flat
Water resistance	Very good
Abrasion resistance	Very good
Solvent resistance	Excellent
Chemical resistance	Excellent
Flexibility	Good

*Measured according to ISO 3233:1998 (E)

Hong Kong rules: Category of paints - Tank lining coatings; VOC 440 gms/ltr HK EPD method (Ready to use); Exempt compound - N/A; Specific gravity: 1.24 kg/ltr (A+B); Both VOC and Specific gravity values provided are typical values, subject to changes when different colour involved.

Surface preparation

All surfaces should be clean, dry and free from contamination. The surface should be assessed and treated in accordance with ISO 8504.

Bare steel
Cleanliness: Blast cleaning to Sa 2½ (ISO 8501-1:2007). Roughness: using abrasives suitable to achieve grade Fine to Medium G (30-85 µm, Ry5) (ISO 8503-2)

Shopprimed steel
Clean, dry and undamaged approved shopprimer.

Coated surfaces
Clean, dry and undamaged compatible primer. Please contact your local Jotun office for more information.

Other surfaces
For aluminium and galvanised surface; degreasing, light abrading or sweep blasting. For stainless steel; light abrading or sweep blasting using chloride free, non-metallic abrasive.

The coating may be used on other substrates. Please contact your local Jotun office for more information.

Condition during application

The temperature of the substrate should be minimum 10°C and at least 3°C above the dew point of the air, temperature and relative humidity measured in the vicinity of the substrate. Good ventilation is usually required in confined areas to ensure proper drying. The coating should not be exposed to oil, chemicals or mechanical stress until cured. If necessary, Penguard Stayer, Penguard Primer, Penguard HB, Penguard Special may be used down to 2°C, provided a special accelerator is added.

Application methods

Spray	Use airless spray
Bruch	Recommended for stripe coating and small areas, care must be taken to achieve the specified dry film thickness.

Application data

Mixing ratio (volume)	4:1
Mixing	4 parts Penguard Primer Comp. A (base) to be mixed thoroughly with 1 part Penguard, Comp. B (curing agent).
Induction time	30 minutes.
Pot life (23°C)	8 hours. (Reduced at higher temp.)
Thinner/Cleaner	Jotun Thinner No. 17. Do not use thinner when applied in potable water tanks.
Guiding data airless spray	
Pressure at nozzle	15 MPa (150 kp/cm², 2100 psi)
Nozzle tip	0.46 - 0.58 mm (0.018-0.023")
Spray angle	40 - 80°
Filter	Check to ensure that filters are clean.

Drying time

Drying times are generally related to air circulation, temperature, film thickness and number of coats, and will be affected correspondingly. The figures given in the table are typical with:

- Good ventilation (Outdoor exposure or free circulation of air)
- Typical film thickness
- One coat on top of inert substrate

Substrate temperature	10°C	23°C	40°C
Surface dry	2 h	1 h	0,5 h
Through dry	14 h	6,5 h	3 h
Cured	14 d	7 d	3 d
Dry to recoat, minimum [1]	8 h	4 h	3 h
Dry to recoat, maximum [1]			

1. Provided the surface is free from chalking and other contamination prior to application, there is normally no overcoating time limit. Best intercoat adhesion occurs, however, when the subsequent coat is applied before preceding coat has cured. If the coating has been exposed to direct sunlight for some time, special attention must be paid to surface cleaning and mattening/removal of the surface layer in order to obtain good adhesion.

The given data must be considered as guidelines only. The actual drying time/times before recoating may be shorter or longer, depending on film thickness, ventilation, humidity, underlying paint system, requirement for early handling and mechanical strength etc. A complete system can be described on a system sheet, where all parameters and special conditions could be included.

Typical paint system

Penguard Primer	**1 x 60 µm**	**(Dry Film Thickness)**
Penguard HB	1 x 100 µm	(Dry Film Thickness)
Penguard Topcoat	1 x 50 µm	(Dry Film Thickness)

Other systems may be specified, depending on area of use

Storage

The product must be stored in accordance with national regulations. Storage conditions are to keep the containers in a dry, cool, well ventilated space and away from source of heat and ignition. Containers must be kept tightly closed.

Handling

Handle with care. Stir well before use.

Packing size

20 litre unit: 16 litres Penguard Primer Comp. A (base) in a 20 litre container and 4 litres Penguard, Comp. B (curing agent) in a 5 litre container

5 litre unit: 4 litres Penguard Primer Comp. A (base) in a 5 litre container and 1 litre Penguard, Comp. B (curing agent) in a 1 litre container

Health and safety

Please observe the precautionary notices displayed on the container. Use under well ventilated conditions. Do not breathe or inhale mist. Avoid skin contact. Spillage on the skin should immediately be removed with suitable cleanser, soap and water. Eyes should be well flushed with water and medical attention sought immediately.

For detailed information on the health and safety hazards and precautions for use of this product, we refer to the Material Safety Data Sheet.

DISCLAIMER

The information in this data sheet is given to the best of our knowledge based on laboratory testing and practical experience. However, as the product can be used under conditions beyond our control, we can only guarantee the quality of the product itself. We also reserve the right to change the given data without notice. Minor product variations may be implemented in order to comply with local requirements.
If there is any inconsistency in the text the English (UK) version will prevail.

Jotun is a World Wide company with factories, sales offices and stocks in more than 50 countries. For your nearest local Jotun address please contact the nearest regional office or visit our website at www.jotun.com

ISSUED 26 NOVEMBER 2010 BY JOTUN
THIS DATA SHEET SUPERSEDES THOSE PREVIOUSLY ISSUED

LAMPIRAN F

Material Safety Data Sheet

JOTUN

Jotun Thinner No. 17

1 . Product and company identification

Trade name	:	Jotun Thinner No. 17
Code	:	553
Material uses	:	Coatings: Solvent-borne.
Manufacturer	:	Jotun Paints, Inc. 9203 Highway 23 Belle Chasse, LA 70037 Telephone: (800) 229-3538 or (504) 394-3538 SDSJotun@jotun.com
In case of emergency	:	1-800-424-9300

2 . Hazards identification

Physical state	:	Liquid.
Odor	:	Characteristic.
OSHA/HCS status	:	This material is considered hazardous by the OSHA Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200). WARNING! FLAMMABLE LIQUID AND VAPOR. CONTAINS MATERIAL THAT MAY CAUSE TARGET ORGAN DAMAGE, BASED ON ANIMAL DATA. POSSIBLE CANCER HAZARD - CONTAINS MATERIAL WHICH MAY CAUSE CANCER, BASED ON ANIMAL DATA. Flammable liquid. Keep away from heat, sparks and flame. Avoid exposure - obtain special instructions before use. Do not breathe vapor or mist. Avoid contact with skin and clothing. Contains material that may cause target organ damage, based on animal data. Contains material which may cause cancer, based on animal data. Risk of cancer depends on duration and level of exposure. Use only with adequate ventilation. Keep container tightly closed and sealed until ready for use.
Eyes	:	May cause eye irritation.
Skin	:	May cause skin irritation.
Inhalation	:	No known significant effects or critical hazards.
Ingestion	:	No known significant effects or critical hazards.
Potential chronic health effects	:	CARCINOGENIC EFFECTS: Classified A4 (Not classifiable for humans or animals.) by ACGIH, 3 (Not classifiable for humans.) by IARC [xylene]. Classified A3 (Proven for animals.) by ACGIH, 2B (Possible for humans.) by IARC [ethylbenzene]. MUTAGENIC EFFECTS: Not available. TERATOGENIC EFFECTS: Not available.
Medical conditions aggravated by over-exposure	:	Pre-existing disorders involving any target organs mentioned in this MSDS as being at risk may be aggravated by over-exposure to this product.

See toxicological information (Section 11)

3 . Composition/information on ingredients

Name	CAS number	% by weight
Solvent naphtha (petroleum), light aromatic	64742-95-6	50 - 100
xylene	1330-20-7	10 - 25
butan-1-ol	71-36-3	10 - 25
ethylbenzene	100-41-4	2.5 - 10

Components not listed are not physical or health hazards as defined in 29 CFR 1910.1200 (Hazard Communication Standard).

4 . First aid measures

Eye contact : Check for and remove any contact lenses. Immediately flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes, occasionally lifting the upper and lower eyelids. Get medical attention immediately.

Skin contact : In case of contact, immediately flush skin with plenty of water for at least 15 minutes while removing contaminated clothing and shoes. Wash clothing before reuse. Clean shoes thoroughly before reuse. Get medical attention immediately.

Inhalation : Move exposed person to fresh air. If not breathing, if breathing is irregular or if respiratory arrest occurs, provide artificial respiration or oxygen by trained personnel. Loosen tight clothing such as a collar, tie, belt or waistband. Get medical attention immediately.

Ingestion : Wash out mouth with water. Do not induce vomiting unless directed to do so by medical personnel. Never give anything by mouth to an unconscious person. Get medical attention immediately.

Protection of first-aiders : No action shall be taken involving any personal risk or without suitable training. It may be dangerous to the person providing aid to give mouth-to-mouth resuscitation.

5 . Fire-fighting measures

Flammability of the product : May be combustible at high temperature.

Products of combustion : Decomposition products may include the following materials:
carbon dioxide
carbon monoxide

Suitable : Use dry chemical, CO_2, water spray (fog) or foam.

Not suitable : Do not use water jet.

Special exposure hazards : Promptly isolate the scene by removing all persons from the vicinity of the incident if there is a fire. No action shall be taken involving any personal risk or without suitable training. Move containers from fire area if this can be done without risk. Use water spray to keep fire-exposed containers cool. Fire water contaminated with this material must be contained and prevented from being discharged to any waterway, sewer or drain.

Flammable liquid. In a fire or if heated, a pressure increase will occur and the container may burst, with the risk of a subsequent explosion. Runoff to sewer may create fire or explosion hazard.

Special protective equipment for fire-fighters : Fire-fighters should wear appropriate protective equipment and self-contained breathing apparatus (SCBA) with a full face-piece operated in positive pressure mode.

6 . Accidental release measures

Personal precautions : No action shall be taken involving any personal risk or without suitable training. Evacuate surrounding areas. Keep unnecessary and unprotected personnel from entering. Do not touch or walk through spilled material. Shut off all ignition sources. No flares, smoking or flames in hazard area. Avoid breathing vapor or mist. Provide adequate ventilation. Wear appropriate respirator when ventilation is inadequate. Put on appropriate personal protective equipment (see Section 8).

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BIOGRAFI PENULIS

Penulis bernama lengkap Syaiful Arif Wicaksono. Dan memiliki nama panggilan Wicak. Anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Yulianto dan Tri Listiyawati ini lahir di Jakarta pada 19 September 1993. Penulis menempuh pendidikan formal di Tangerang dan Pandeglang, yakni di TK-I Asy-Syukriyyah SDIT Asy-Syukriyyah, SMPN 1 Tangerang dan SMAN CMBBS. Penulis adalah salah satu mahasiswa di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI - ITS angkatan 2011.

Semasa kuliah, penulis aktif dalam kegiatan organisasi dan kepanitiaan. Salah satunya sebagai Staff Departemen Hubungan Luar HMMT FTI - ITS pada tahun 2012 dan Kepala Divisi Keprofesian PM3I pada tahun 2013. Penulis memiliki hobi dalam bidang travelling dan hiking. Penulis juga tersertifikasi sebagai Coating Inspector Muda (Level 1) pada tahun 2014 serta memiliki sertifikat NDT Level 1 dari ASNT. Dan Penulis sendiri memiliki cita cita sebagai coating engineer.

Penulis menutup masa perkuliahan di kampus dengan judul Tugas Akhir **“PENGARUH PENAMBAHAN ALUMINIUM TERHADAP DAYA ADHESI DAN KETAHANAN KOROSI CAT EPOKSI”**.