



TUGAS AKHIR - TL141584

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI PELARUT  
CAT EPOKSI TERHADAP KEKUATAN ADHESI DAN  
TINGKAT *BLISTERING* PADA BAJA API 5L DI  
LINGKUNGAN AVTUR**

Octaviyan Adi Nugroho  
NRP. 0251144000013

Dosen Pembimbing :  
Ir. Moh. Farid, DEA.  
Dr. Ir. Agung Purniawan, S.T.,.M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018





TUGAS AKHIR - TL141584

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI  
PELARUT CAT EPOKSI TERHADAP  
KEKUATAN *ADHESI* DAN TINGKAT  
*BLISTERING* PADA BAJA API 5L DI  
LINGKUNGAN AVTUR**

Octaviyan Adi Nugroho  
NRP. 0251144000013

Dosen Pembimbing :  
Ir. Moh. Farid, DEA.  
Dr. Ir. Agung Purniawan, S.T,.M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



FINAL PROJECT - TL141584

**THE EFFECT OF EPOXY PAINT SOLVENT  
CONCENTRATION VARIETY AGAINST  
ADHESION STRENGTH AND BLISTERING  
RATE ON 5L API STEEL MATERIAL IN  
AVTUR ENVIRONMENT**

Octaviyan Adi Nugroho  
NRP. 0251144000013

Advisor :  
Ir. Moh. Farid, DEA.  
Dr. Ir. Agung Purniawan, S.T,.M.Eng.

Department of Materials and Metallurgical Engineering  
Faculty Of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2018

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI PELARUT  
CAT EPOKSI TERHADAP KEKUATAN ADHESI  
DAN TINGKAT BLISTERING PADA BAJA API 5L  
DI LINGKUNGAN AVTUR**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Metalurgi Ekstraksi  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material dan Metalurgi  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**OCTAVIYAN ADI NUGROHO  
NRP. 0251144000013**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

Ir. Moh. Farid, DEA..... (Pembimbing I)

Dr. Ir. Agung Purhawan, S.S., M. Eng..... (Pembimbing II)



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI PELARUT CAT  
EPOKSI TERHADAP KEKUATAN ADHESI DAN  
TINGKAT *BLISTERING* PADA BAJA API 5L DI  
LINGKUNGAN AVTUR**

Nama Mahasiswa : Octaviyan Adi Nugroho  
NRP : 02511440000013  
Jurusan : Teknik Material dan Metalurgi  
Dosen Pembimbing : Ir. Moh. Farid, DEA.  
Co-Pembimbing : Dr. Ir. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.

**ABSTRAK**

*Internal corrosion* merupakan jenis korosi yang terjadi di dalam pipa yang dapat mengakibatkan kebocoran karena dipengaruhi oleh kandungan gas korosif ( $CO_2$  dan  $H_2S$ ). Cara untuk mengatasi *internal corrosion* tersebut dengan dilakukan *coating* pada lapisan pipa. Pada penelitian ini dilakukan untuk menganalisa hasil *coating* berdasarkan kekuatan adhesi dan tingkat *blistering* dengan variasi penambahan pelarut (5%, 15%, 25%). Dalam metode *coating*nya sesuai standart dari data sheet cat epoksi menggunakan *conventional spray* dan standard surface preparation menggunakan Sa 2.5. Dari pengujian dan analisa didapatkan bahwa penambahan pelarut 5% memiliki daya lekat yang tertinggi yaitu 10,69 MPa sedangkan penambahan pelarut 25% memiliki nilai daya lekat sebesar 6,26 MPa. Penambahan pelarut 5% memiliki tingkat blister yang paling baik dengan rating size no 8 dan persebaran blister sedikit (*few*). Hal tersebut didukung dengan pengujian morfologi SEM bahwa penambahan pelarut 5% ikatan antar muka antara substrat dan *coating* yang paling kuat. Karena semakin bertambahnya komposisi pelarut mengakibatkan daya lekat pada ikatan kohesif dan *adhesive* pada cat *epoxy* akan menurun. Pada pengujian GC-MS tidak ditemukan senyawa pembentuk *epoxy* resin. Hal tersebut menunjukkan bahwa cat *epoxy* tidak terlarut didalam cairan avtur pada saat *immers test* selama 20 hari.

***Kata Kunci : Internal corrosion, Epoksi, Baja API 5L, Avtur***

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **THE EFFECT OF EPOXY PAINT SOLVENT CONCENTRATION VARIETY AGAINST ADHESION STRENGTH AND BLISTERING RATE ON 5L API STEEL MATERIAL IN AVTUR ENVIRONMENT**

Student Name : Octaviyan Adi Nugroho  
NRP : 0251144000013  
Major : Material and Metallurgical Engineering  
Academic Adviser : Ir. Moh. Farid, DEA.  
Co-Adviser : Dr. Ir. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.

## **ABSTRACT**

*Internal corrosion is a type of corrosion that occurs in the pipe that can cause leakage because it is influenced by corrosive gas content (CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S). To overcome the internal corrosion is by making coating on the pipe layer. This research was conducted to analyze the coating results based on adhesion strength and blistering rate with variation of solvent addition (5%, 15%, 25%). The coating method is performed in accordance with the standard on epoxy paint data sheet using conventional spray and standard surface preparation using Sa 2.5. From the test and the analysis found that the addition of 5% solvent has the highest adhesiveness of 10.69 MPa while the addition of 25% solvent has a adhesion power value of 6.26 MPa. Addition of 5% solvent has the best blister level with rating size of no 8 and a few of blister spread. This is supported by SEM morphology testing that the addition of 5% solvent results in the strongest interfacial bond between the substrate and coating. As the composition of the solvent increases, the adhesiveness of the cohesive and adhesive bonds in the epoxy paint decreases. GC-MS testing found no epoxy resin-forming compounds. This shows that epoxy paint is not dissolved in aviation fluid at the time of immers test for 20 days.*

***Keywords : Internal corrosion, Epoxy, API 5L Steel, Avtur***

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil alamin, washolatu wassalamu 'ala asrofil ambiya iwal mursalin wa'ala alihi wasohbihi aj ma'in. Amma ba'du. Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan kesehatan bagi penulis, suatu nikmat yang tidak ternilai harganya bisa hidup dengan penuh rahmat dan hidayahNya. Sholawat serta salam juga selalu tercurahkan pada junjungan penulis Nabi Muhammad SAW beserta sahabat. Segala rezeki yang diberikan oleh Allah SWT sehingga penulis masih diberikan kesempatan untuk menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul **“PENGARUH VARIASI KONSENTRASI PELARUT CAT EPOKSI TERHADAP KEKUATAN ADHESI DAN TINGKAT BLISTERING PADA BAJA API 5L DI LINGKUNGAN AVTUR”**. Tugas Akhir ini disusun untuk melengkapi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.

Dengan penuh kesadaran, penulis memahami bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak penelitian ini akan sangat sulit untuk diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Maka daripada itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak dan kalangan yang telah banyak memberikan sumbangsih besar dalam penyelesaian tugas akhir ini.

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia tanpa batas kepada penulis, Tuhan yang memiliki segala wewenang atas kehidupan penulis
2. Nabi Muhammad SAW yang telah mengajarkan dan memberikan suri tauladan bagi penulis
3. Kedua orang tua penulis, Dwi Herminawati dan Wagianto yang telah memberikan segala hal dimiliki untuk membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini

4. Adek tercinta penulis, Marsya Lutfia Khairina yang telah memberikan semangat kepada sang penulis
5. Mariska Puspitasari, S.T. yang selalu memberikan dukungan dan senyuman kepada sang penulis dengan tingkah kekanak-kanakannya tapi ngangenin.
6. Bapak Ir. Moh. Farid, DEA. selaku Ketua Departemen Teknik Material FTI-ITS, sekaligus dosen pembimbing penulis yang selalu menyempatkan waktu dengan penuh perhatian kepada penulis.
7. Bapak Dr. Ir. Agung Purniawan, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang selalu memberi masukan dan saran kepada penulis agar menghasilkan penelitian yang lebih berkualitas.
8. Segenap dosen Departemen Teknik Material FTI-ITS yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama proses perkuliahan
9. Seluruh Staf dan Karyawan Departemen Teknik Material FTI-ITS yang banyak membantu dan mengarahkan dalam proses penelitian
10. Bapak Laransanto dan seluruh karyawan CV. Cipta Agung yang telah memberikan kesempatan penulis untuk mengerjakan penelitian disana dan sangat membantu dalam pengerjaan penelitian
11. Temen seperjuangan (Bali, ditto, kacang, tito, ary) yang selalu memberikan cerita-cerita baru kepada penulis
12. Grup Futsal Pati yang selalu memberikan kegembiraan disaat penulis merasa penat akan sulitnya tugas akhir
13. Ahmad Hisyam, Septyan Dana P. dan Bhima Poetra P. yang menjadi sahabat sejak kuliah di D3 Teknis Mesin ITS, semoga kalian diberikan kemudahan di setiap langkah
14. Mas dan mbak MT 15 dan MT14 serta teman – teman MT17 dan MT18 yang telah memberikan dukungan dan membimbing penulis selama masa kuliah

15. Angkatanku tersayang MT16, penuh cinta dan terima kasih kepada kalian semua tanpa terkecuali, suatu kebanggaan bisa hidup diantara kalian semua orang hebat. Semoga kita semua menjadi orang yang sukses dan bermanfaat

Masih sangat banyak kekurangan yang ada dalam penelitian tugas akhir ini, penulis sangat berharap kritik dan saran untuk terus menambah wawasan, dan penulis berharap penelitian ini dapat dilanjutkan kembali sehingga dapat melengkapi topik terkait. Akhir kata, semoga setiap nilai yang ada dalam laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi setiap manusia yang membutuhkan dan turut serta dalam mengembangkan ilmu pengetahuan Indonesia, terima kasih.

Surabaya, Juni 2018

Penulis

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR ISI

|                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>  | <b>i</b>    |
| <b>ABSTRAK.....</b>         | <b>vii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b> | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>     | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>  | <b>xvii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>   | <b>xix</b>  |

### **BAB I PENDAHULUAN**

|                              |   |
|------------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang .....     | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah .....    | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah .....    | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....  | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian ..... | 3 |

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

|  |    |
|--|----|
| 2.1 Korosi di Industri Oil dan Gas .....                       | 5  |
| 2.2 Jaringan Pipa dan Korosi .....                             | 7  |
| 2.3 Internal Korosi di Oil dan Gas .....                       | 9  |
| 2.4 Dampak Korosi .....  | 10 |
| 2.5 Pengendalian Korosi .....                                  | 11 |
| 2.6 Pelapisan ( <i>Coating</i> ).....                          | 13 |
| 2.6.1 Sistem Dasar <i>Coating</i> .....                        | 13 |
| 2.6.2 Metode Aplikasi Pengecatan .....                         | 14 |
| 2.6.3 Pembersihan Permukaan ( <i>Surface Preparation</i> ..... | 15 |
| 2.6.4 Kekasaran Permukaan .....                                | 17 |
| 2.7 Pengertian Cat .....                                       | 18 |
| 2.8 Pengertian Epoksi .....                                    | 19 |
| 2.8.1 Epoksi Sebagai Material Coating .....                    | 21 |

|       |                                       |    |
|-------|---------------------------------------|----|
| 2.9   | Kegagalan Pada Lapisan Organik .....  | 22 |
| 2.9.1 | Epoksi Sebagai Material Coating ..... | 23 |
| 2.10  | Baja API 5L .....                     | 25 |
| 2.11  | Definisi Avtur .....                  | 26 |
| 2.12  | <i>State of The Art</i> .....         | 30 |

### **BAB III METODE PENELITIAN**

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.1   | Diagram Alir Penelitian .....                                  | 31 |
| 3.2   | Metode Penelitian .....  | 33 |
| 3.3   | Persiapan Alat dan Bahan .....                                 | 33 |
| 3.3.1 | Bahan Penelitian.....  | 33 |
| 3.4   | Prosedur Penelitian .....                                      | 35 |
| 3.4.1 | Preparasi Spesimen Uji .....                                   | 35 |
| 3.4.2 | Preparasi Material Coating.....                                | 36 |
| 3.4.3 | Preparasi Larutan Elektrolit.....                              | 37 |
| 3.4.4 | Pengaplikasian Material Coating.....                           | 37 |
| 3.4.5 | Pengujian Daya Lekat .....                                     | 37 |
| 3.4.6 | Pengujian Immers.....  | 38 |
| 3.4.7 | Scanning Electron Microscopy-E (SEM).....                      | 39 |
| 3.4.8 | Pengujian Gas Chromatography-Mass Spectroscopy<br>(GC MS)..... | 40 |
| 3.5   | Rancangan Pengambilan Data Penelitian .....                    | 41 |
| 3.6   | Rancangan Kegiatan Penelitian .....                            | 41 |

### **BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 4.1 | Pengujian Daya Lekat .....   | 43 |
| 4.2 | Pengujian Daya Lekat Immersion di Lingkungan<br>AVTUR selama 20 hari ..... | 45 |
| 4.3 | Pengujian Immersion di Lingkungan Avtur.....                               | 47 |
| 4.4 | Pengujian Morfologi .....  | 50 |
| 4.5 | Pengujian Gc-Ms .....  | 53 |

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan ..... 57  
5.2 Saran ..... 58

**DAFTAR PUSTAKA** ..... **xxi**

**LAMPIRAN**

**BIODATA PENULIS**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

|                   |   |    |
|-------------------|---|----|
| <b>Gambar 2.1</b> | Type Hydrocarbon Pipeline.....  | 8  |
| <b>Gambar 2.2</b> | Kegagalan Jaringan Piapa Oil dan Gas.....   | 10 |
| <b>Gambar 2.3</b> | Reaksi Kimia Sintesis Epoksi Resin.....   | 20 |
| <b>Gambar 2.4</b> | Kerusakan pada <i>Coating</i> . (a) <i>Mechanical</i> , (b) <i>Thermal</i> , (c) <i>Chemical Bond Failure</i> .....   | 23 |
| <b>Gambar 2.5</b> | Mekanisme Delaminasi Katodik yang Diawali dari Cacat pada Lapisan Organik dan juga <i>Blister</i> .....   | 24 |
| <b>Gambar 2.6</b> | Pipa baja API 5L Grade B .....  | 26 |
| <b>Gambar 3.1</b> | Diagram Alir Penelitian.....  | 32 |
| <b>Gambar 3.2</b> | Elcometer Model 106 Adhesion Tester Scale 1.38  |    |
| <b>Gambar 3.3</b> | Evaluasi blister pada Permukaan dengan Ukuran (a) No 2, (b) No 4, (c) No 6, (d) No 8 ( <i>ASTM D174</i> ).....  | 39 |
| <b>Gambar 3.4</b> | Mesin Uji SEM.....  | 40 |
| <b>Gambar 4.1</b> | Grafik Hasil Pengujian Daya Lekat Sebelum Immers di Lingkungan Avtur .....  | 44 |
| <b>Gambar 4.2</b> | Grafik Hasil Perbandingan Pengujian Daya Lekat Sebelum dan Sesudah Immers di Lingkungan Avtur.....  | 46 |
| <b>Gambar 4.3</b> | Perbandingan Tingkatan Blister yang Terbentuk Setelah Pengujian Immersion dengan Standard D-714 terhadap Penambahan Komposisi (A) 5%, (B) 15%, (C) 25%..... | 48 |
| <b>Gambar 4.4</b> | Struktur Mikro Daerah Antar Muka Substrat dan Coating Epoxy. Posisi 1 : Coating ; Posisi 2 : Antar Muka; Posisi 3 : Substrat. Pada                          |    |

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
|                   | Penambahan Pelarut (A) 5%, (B) 15%, (C) 25%<br>.....   | 51 |
| <b>Gambar 4.5</b> | Hasil Pengujian SEM Lapisan Epoxy Primer<br>dengan Penambahan Pelarut (A) 5%, (B) 15%,<br>(C) 25% dengan Perbesaran 1000x..... | 52 |
| <b>Gambar 4.6</b> | Hasil Pengujian GC-MS untuk Avtur Murni tanpa<br>Immersion.....  | 53 |
| <b>Gambar 4.7</b> | Hasil Pengujian GC-MS untuk Avtur Murni yang<br>telah Dilakukan Pengujian Immersion 20 Hari i....                              | 54 |
| <b>Gambar 4.8</b> | Fragmen Karakteristik dari Epoxy Resin pada<br>Pengujian Py-Gcms ( <i>Adelab Scientific</i> ).....                             | 55 |

## DAFTAR TABEL

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Tabel 2.1</b> | Frekuensi Kegagalan di Oil dan Gas .....  | 6  |
| <b>Tabel 2.2</b> | Indeks Surface Preparation .....  | 16 |
| <b>Tabel 2.3</b> | Spesifikasi Avtur .....   | 28 |
| <b>Tabel 3.1</b> | Komposisi Kimia API 5L Grade B.....   | 34 |
| <b>Tabel 3.2</b> | Komposisi Cat <i>Epoxy</i> Komponen A (Tankguard<br>HB) .....                       | 34 |
| <b>Tabel 3.3</b> | Komposisi Cat Epoxy Komponen B (Tankguard<br>HB) .....                              | 35 |
| <b>Tabel 3.4</b> | Komposisi Pelarut (Thinner Jotun No.21).....  | 35 |
| <b>Tabel 3.5</b> | Sistematika Pengujian.....  | 41 |
| <b>Tabel 3.6</b> | Matriks Penelitian.....   | 41 |
| <b>Tabel 4.1</b> | Hasil Pengamatan Tingkatan Blister yang<br>Terbentuk Setelah Immersion 20 Hari..... | 49 |
| <b>Tabel 4.2</b> | Nama Fragment Pembentuk Epoxy Resin.....  | 55 |
| <b>Tabel 4.3</b> | Hasil Pengujian Gc-ms untuk Cairan Avtur yang<br>dilakukan Immers 20 Hari .....     | 56 |

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Korosi merupakan salah satu masalah penting yang dihadapi oleh kelompok industri maju. Diperkirakan bahwa di Amerika Serikat saja biaya tahunan untuk korosi mencapai miliar dollar. Korosi atau secara awam dikenal sebagai pengkaratan adalah peristiwa kerusakan atau penurunan kualitas suatu logam dengan lingkungan. Proses korosi logam dapat berlangsung secara elektrokimia yang terjadi secara simultan pada daerah anoda dan katoda yang membentuk rangkaian arus listrik tertutup.

Di Industri, khususnya industri pertambangan, penanganan korosi pada peralatan produksi harus dilakukan dengan baik, mengingat besarnya kerugian yang akan ditanggung perudahaan apabila korosi dibiarkan begitu saja . Di Indonesia, pemerintah menganggarkan 1 - 1,5% dari GDP (*Gross Domestic Production*) atau mencapai triliun rupiah dana yang dianggarkan untuk menangani korosi (Wahyuningsih, A. et al., 2010). Pada tahun 2003, Saudi Aramco melakukan studi untuk pengendalian korosi terhadap produksi minyak bumi dan pemurniannya (Haslim, 2012). Hasil penelitian menunjukkan bahwa 25% biaya perawatan plant gas *sweetening* dikeluarkan untuk pengendalian korosi, 17% biaya perawatan *plant gas fractionation* untuk korosi, 28% biaya perawatan operasi produksi onshore, sedangkan untuk offshore dibutuhkan 60 - 70% biaya perawatan korosi. Berdasarkan data NACE (*National Association Of Corrothion Engineers*), biaya yang dikeluarkan oleh USA untuk penanggulangan korosi pada eksplorasi dan pemurnian minyak dan gas sebesar \$ 1,4 milyar (Haslim, 2012).

Korosi di lingkungan industri minyak bumi diakibatkan oleh material korosif yang terjadi pada proses distribusi. Material korosif yang dimaksud diantaranya adalah air, kandungan asam dan variasinya (naphtanat, asetat, sulfur), gas CO<sub>2</sub>, gas H<sub>2</sub>S dan merkuri. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode untuk



melindungi material dari korosi, metode *coating* salah satu cara untuk memproteksi suatu logam dengan cara membuat permukaan logam menjadi terpisah dari lingkungan korosif (Keijman, 1999).

*Coating* memberikan perlindungan dengan cara menjadi penghalang. Namun apabila perlakuan terhadap *coating* tidak tepat dapat menurunkan kemampuan coatingnya. Hal tersebut dapat menimbulkan beberapa cacat coating seperti blistering dan daya lekat cat yang kurang baik. Untuk membuat peran penghalang yang efektif material substrat harus terisolasi dengan baik. Sifat penghalang yang baik dipengaruhi oleh komposisi kimia dari material *coating*.

Komposisi kimia dari coating merupakan sebuah sistem campuran yang kompleks, ada padatan (*solute*) yang terlarut atau terdispersi dalam pelarut cair (*solvent*), ada juga cairan (*solvent active*) yang terlarut dalam cairan lain (*diluent*). Pada saat pembuatan cat, *solvent* memberikan kontribusi sedemikian rupa sehingga campuran mempunyai kekentalan yang pas untuk proses pengadukan, pencampuran, penggilingan dan lain - lain. Komposisi *solvent* yang tepat juga memberikan pengaruh yang optimal pula pada penguapan mekanisme dari *solvent-solvent* yang ada, sehingga akan membentuk film yang maksimal karakteristiknya, baik tekstur permukaannya, sifat kilapnya maupun kecepatan keringnya (Philip, 2006).

Berdasarkan hal itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh variasi penambahan pelarut atau thinner terhadap kekuatan adhesi, tingkat blistering dan juga pengaruh cat epoksi terhadap lingkungan avtur dengan menggunakan material substrat yaitu baja API 5L.



## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun beberapa permasalahan yang akan dikaji didalam penelitian ini antara lain adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi pelarut cat epoksi terhadap daya lekat baja pada API 5L ?
2. Bagaimana pengaruh hasil coating terhadap fluida avtur ?
3. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi pelarut cat epoksi terhadap tingkat *blistering* pada lingkungan Avtur ?
4. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi pealarut cat epoksi terhadap morfologi ?

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam membatasi ruang lingkup penelitian, ditetapkan batasan - batasan penelitian yang dilakukan antara lain :

1. Ketebalan DFT pada semua spesimen uji diabaikan
2. Material *coating* dianggap tercampur merata.
3. Kecepatan ketika pencampuran material *coating* dengan pelarut dan tanpa pelarut dianggap sama.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dilakukan adalah :

1. Menganalisa pengaruh variasi konsentrasi komposisi pelarut cat epoksi terhadap daya lekat baja pada API 5L.
2. Menganalisa reaksi antara hasil *coating* dengan fluida avtur.
3. Menganalisa pengaruh variasi konsentrasi pelarut cat epoksi terhadap tingkat *blistering* pada lingkungan Avtur.
4. Menganalisa pengaruh variasi konsentrasi pealarut cat epoksi terhadap morfologi .

## 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut :



- 
1. Dapat dijadikan referensi di dalam metode penggunaan cat epoksi untuk aplikasi internal coating pada material pipa baja API 5L.
  2. Dapat dijadikan referensi pada aplikasi internal coating menggunakan *airless spray* dengan variasi jum pelarut.
  3. Hasil penelitian ini dapat dijadikan informasi yang saling melengkapi dan komferhensif dengan hasil penelitian-penelitian sebelumnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Korosi di Industri Oil dan Gas**

Pipa digunakan untuk mengangkut minyak dan gas ke pabrik pengolahan, fasilitas penyimpanan dan pabrik kilang. Integritas jaringan pipa sangat penting dalam memastikan operasi yang aman dan menghindari pencemaran lingkungan. Integritas jaringan pipa ladang minyak berada di bawah ancaman serius baik korosi internal maupun eksternal. Oksigen dan klorida (dari lingkungan luar) dan  $H_2S$  /  $CO_2$ , dan asam organik dari cairan produksi (lingkungan internal) mengakibatkan korosi pada berbagai bentuk jaringan pipa ladang minyak yang dapat mengakibatkan kebocoran dan kegagalan bencana jika tidak dimonitor dan dikendalikan dengan benar. Peralatan ladang minyak yang membawa minyak mentah tidak memproyeksikan masalah korosi yang serius sampai usia lapangan dan pemotongan air (volume fasa air ke fase cair total) meningkat sampai titik dimana air cair mulai membasahi permukaan logam (Zhang, 2007). Namun, pipa dan peralatan lain yang mengangkut gas alam cenderung mengalami korosi sejak awal karena kandungan mineral rendah dari air kental yang memungkinkan gas terlarut ( $CO_2$  dan  $H_2S$ ) untuk menurunkan fluida  $pH$  dan mempercepat korosi. Meskipun pemisahan pada platform perawatan, air yang dihasilkan setebal 0,5-2% pemotongan air tidak dapat dihindari dalam jaringan pipa pengangkutan minyak, dan injeksi tersebut kembali ke reservoir (bersama dengan air laut dan karbon dioksida) untuk meningkatkan tekanan reservoir untuk pemulihan sumber minyak, bisa mengakibatkan korosi pada jaringan pipa (Nyoborg, 2007). Tujuan pengendalian korosi terutama untuk mematuhi peraturan Kesehatan dan Keselamatan Nasional sehingga baik personil dan lingkungan aman dari konsekuensi korosi karena kedua gas  $CO_2$  dan  $H_2S$  yang merupakan komponen umum dari fluida yang diproduksi bersifat beracun untuk manusia (Zhang, 2007). Upaya pertama untuk menilai biaya



korosi pada suatu negara dipelopori pada tahun 1950 di Amerika Serikat (Vitse, 2003). Inggris dan Jepang pada tahun 1970 (Vitse,2003), kemudian penelitian serupa dilakukan dan dipublikasikan di Australia dan AS, 70% kegagalan jaringan pipa di industri minyak dan gas bumi disebabkan oleh korosi pada semua jenis dan 58% di antaranya terjadi secara internal (S.Nesic,2007).

Survei yang dilakukan oleh Britoil, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2.1** memberikan analisis menyeluruh tentang kegagalan ladang minyak dengan 33% dari semua peralatan di minyak dan gas gagal karena korosi (F. Vitse, 2002).

**Tabel 2.1 Frekuensi Kegagalan di Oil dan Gas (Vitse, 2002)**

| Jenis Kegagalan      | Frekuensi (%) |
|----------------------|---------------|
| Korosi( semua jenis) | 33            |
| Fatigue              | 18            |
| Mechanical damage    | 14            |
| Brittle Fracture     | 9             |
| Fabrication defect   | 9             |
| Welding defect       | 7             |
| Lainnya              | 10            |

Salah satu hasil yang luar biasa dari semua penelitian yang berkaitan dengan korosi jaringan pipa adalah bahwa biaya korosi ke negara industri relatif konstan sekitar 3,5% dari produk domestik bruto (*GDP*) (Vitse,2002). Akibatnya, biaya korosi ke negara manapun adalah selalu sangat memprihatinkan. Menurut laporan pemerintah AS, lebih dari \$ 1,372 miliar per tahun adalah biaya korosi pada operasi hulu dan jaringan pipa dengan biaya terbesar yang terkait dengan jaringan pipa (Zhang,2007). Rinciannya menunjukkan bahwa \$ 589 dan \$ 463million adalah biaya korosi pada pipa permukaan dan pipa downhole masing-masing, sementara \$ 320million berada dihabiskan untuk belanja modal terkait dengan masalah korosi (Pots,2000).



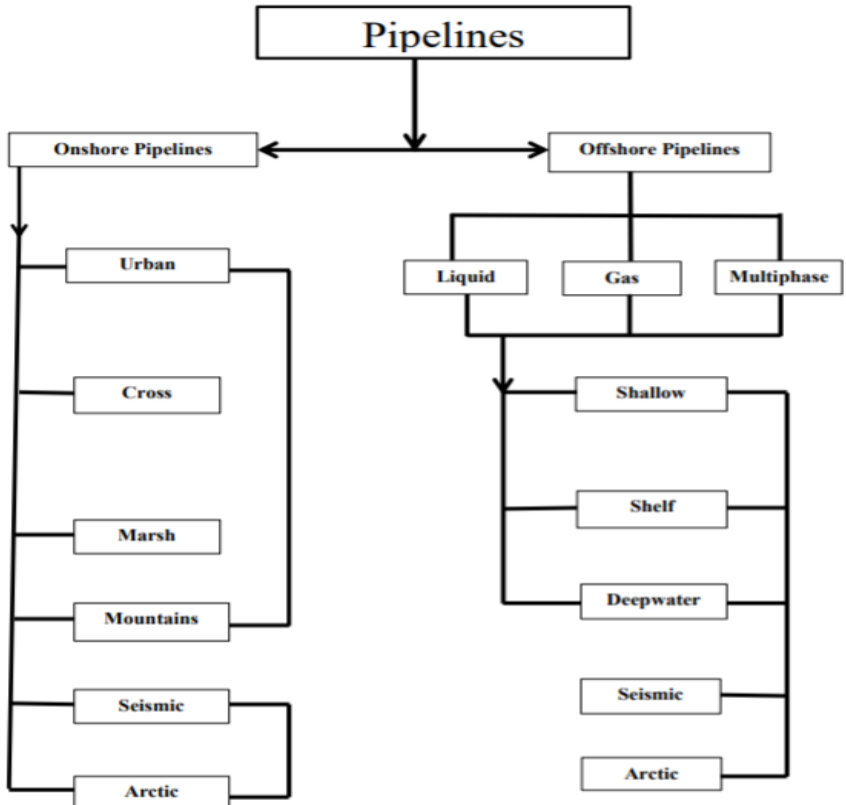
Penting bagi insinyur material dan korosi untuk bekerja bergandengan tangan dengan insinyur desain untuk memastikan bahwa risiko korosi ditangani secara memadai selama tahap perancangan. Ini akan berpengaruh secara keseluruhan terhadap efisiensi produksi, kesehatan dan keselamatan personil dan mengurangi biaya pemeliharaan. Yang terpenting, pemantauan korosi dan pemeriksaan pipeline harus dilakukan secara teratur untuk memastikan integritas layanan mereka. Penting untuk dicatat bahwa jumlah kegagalan korosi pada jaringan pipa lepas pantai terus mengalami penurunan baru-baru ini karena diperkenalkannya strategi pengelolaan korosi oleh operator pipa untuk menentukan tingkat korosi yang akurat dari jaringan pipa dan tindakan pencegahan yang mendalam untuk mencegah bencana (Nordsveen, 2003).

## 2.2 Jaringan Pipa dan Korosi

Pipa sangat penting bagi industri minyak dan gas dunia karena berperan cukup besar dalam mengangkut minyak dan gas bumi dari produksi hulu ke kilang hilir, pembangkit listrik dan pasar, melintasi negara-negara, samudra dan benua (Nesic, 2003). Departemen Keamanan Dalam Negeri (*DHS*), Amerika Serikat menggambarkan sistem pipa sebagai infrastruktur transportasi kritis karena menghasilkan sekitar dua pertiga kebutuhan energi Amerika, dan ini penting untuk kedua standar kehidupan dan ekonomi. *DHS* juga memperkirakan bahwa permintaan minyak global akan meningkat sekitar 1,6% per tahun, dari 75 juta barel minyak per hari pada tahun 2000 menjadi 120 pada tahun 2030 sementara konsumsi gas primer akan menjadi dua kali antara waktu yang sama dan 2030 (Rose, 1973). Survei 2013 juga menunjukkan bahwa 116.837 mil pipa direncanakan dan sedang dibangun di seluruh dunia. Hal yang menarik dari survei ini adalah bahwa pengendalian *TLC* telah diidentifikasi sebagai salah satu tantangan utama yang harus ditangani pada tahap perencanaan (Rose, 1988). Lingkungan di mana jaringan pipa beroperasi benar-benar mempengaruhi integritas dan kapasitas



produksi selanjutnya karena keduanya eksternal (di mana jaringan pipa beroperasi) dan lingkungan internal (cairan minyak) sangat korosif bila ada air untuk membentuk reaksi elektrokimia. Berbagai jenis jaringan pipa yang berlaku untuk aplikasi lepas pantai dan darat disajikan pada



**Gambar 2.1** Type Hydrocarbon Pipeline (Rose, 1988)



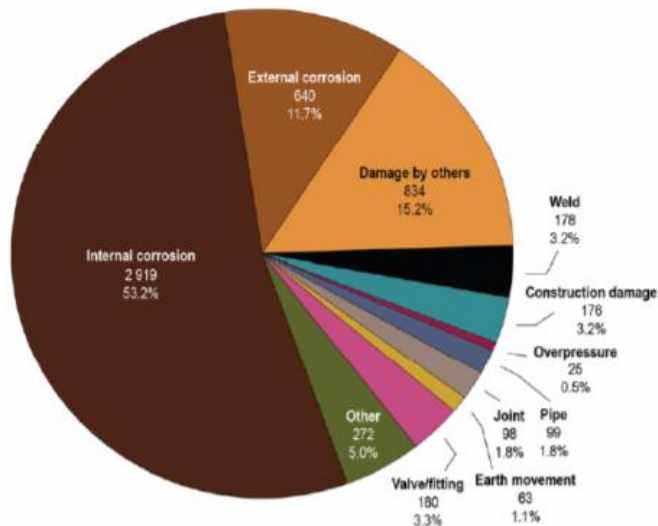


### 2.3 Internal Korosi di Oil dan Gas

Korosi internal pada jaringan pipa dipengaruhi oleh suhu, kandungan gas korosif ( $CO_2$  dan  $H_2S$ ), kimia air, kecepatan aliran, pembasahan dan komposisi minyak atau air, bakteri pereduksi sulfat dan kondisi permukaan baja. Setiap perubahan pada parameter ini dapat mempengaruhi tingkat korosi secara signifikan karena akan mempengaruhi sifat / integritas produk korosi yang terbentuk pada permukaan logam. Baru-baru ini, tantangan korosi internal telah menjadi perhatian utama jaringan pipa minyak dan gas bumi karena peningkatan pemangkasan air dari waktu ke waktu dan sebagian besar permukaan pipa minyak yang sebelumnya dibasahi telah menjadi air yang membasahi proses elektrokimia (korosi), dan juga karena meningkatnya aktivitas bakteri dalam sistem produksi (Abu-Orabi,1998). Menurut laporan Canadian Association of Petroleum Producers pada tahun 2009, dinyatakan bahwa korosi internal menyumbang kegagalan pipa terbesar di industri minyak dan gas (Graham,1973). Laporan Regulator Energi Alberta (Sun, 2006) yang disajikan pada **Gambar 2.2** menunjukkan bahwa korosi internal telah menjadi perhatian utama industri minyak dan gas bumi. Laporan lain mengkonfirmasi bahwa korosi internal menyebabkan sekitar 15% dari daratan dan sampai 50% dari kegagalan pipa lepas pantai, yang membuatnya sangat memprihatinkan industri minyak dan gas (Nafday,2005). Adanya air bebas yang dikombinasikan dengan  $CO_2$  dan hidrogen sulfida,  $H_2S$  dapat menyebabkan masalah korosi yang parah pada jaringan pipa minyak dan gas bumi. Dalam pipa yang mengandung  $CO_2$ , karbonat besi;  $FeCO_3$  dapat mengendap pada permukaan baja dan membentuk lapisan pelindung yang lebat (produk korosi) yang dapat mengurangi laju korosi dengan membentuk penghalang migrasi dan difusi ion agresif ke permukaan logam. Presipitasi dan pembentukan produk korosi terjadi dengan mudah pada suhu tinggi dan / atau tinggi  $pH$  dalam fase air. Namun, bila ladang minyak mengandung gas  $CO_2$  dan  $H_2S$ , lapisan besi sulfida ( $FeS$ ) dapat dibentuk daripada  $FeCO_3$  karena dapat terbentuk pada suhu



yang lebih rendah, dan  $FeS$  mengendap lebih mudah dari pada  $FeCO_3$  (Shayegeni,2009). Namun proses korosi masih bisa berlanjut pada lapisan  $FeS$  karena film ini bersifat elektrik konduktif dan bisa keropos. Perlindungan katodik bukanlah pilihan tepat untuk mengurangi korosi internal; Sebagai gantinya, korosi internal pipa dapat dikendalikan dengan perlakuan kimia baik dengan menggunakan penghambat kimia untuk korosi atau menggunakan biosida untuk mencegah aktivitas mikrobiologis dalam cairan.



**Gambar 2.2 Kegagalan Jaringan Pipa Oil dan Gas**  
(Shayegeni, 2009)

## 2.4 Dampak Korosi

Korosi merupakan proses atau reaksi elektrokimia yang bersifat alamiah dan berlangsung secara spontan, oleh karena itu korosi tidak dapat dicegah atau dihentikan sama sekali. Korosi hanya dapat dikendalikan atau diperlambat lajunya sehingga



memperlambat proses kerusakannya. Banyak sekali dampak yang diakibatkan oleh korosi ini, berikut beberapa dampak negatif yang bisa ditimbulkan oleh proses korosi diantaranya adalah :

1. Patahnya peralatan yang berputar karena korosi, yang merugikan dari segi materil dan mengancam keselamatan jiwa.
2. Pecahnya peralatan bertekanan dan/atau bersuhu tinggi karena korosi, yang selain merusak alat juga membahayakan keselamatan.
3. Hancurnya peralatan karena lapuk oleh korosi sehingga tidak bisa dipakai lagi sebagai bahan konstruksi, dan harus diganti dengan yang baru.
4. Hilangnya keindahan konstruksi karena produk korosi yang menempel padanya.
5. Bocornya peralatan, seperti : tangki, pipa dan sebagainya, sehingga tidak bisa berfungsi optimal. Peralatan yang bocor/rusak juga mengakibatkan produk ataupun fluida kerja terkontaminasi oleh fluida atau bahan-bahan lain, maupun oleh senyawa-senyawa hasil korosi. Bocor/rusaknya peralatan juga merugikan dari segi produksi, akibat hilangnya produk berharga. Kebocoran/kerusakan bisa mengakibatkan terhentinya operasi pabrik, bahkan membahayakan lingkungan akibat terlepasnya bahan berbahaya ke lingkungan.

## **2.5 Pengendalian Korosi**

Proses korosi merupakan keadaan yang tidak dapat dihindari, namun dapat dikendalikan dan menekan laju korosi sehingga struktur atau komponen baja akan memiliki umur pakai yang lebih panjang. Walaupun demikian pengendalian korosi harus dilakukan semaksimal mungkin, karena apabila tahap pengendalian korosi tidak berhasil maka akan mengakibatkan kegagalan dini yang dari segi ekonomi dan keamanan merupakan hal yang tidak mungkin ditinggalkan (Widharto, 2004). Secara prinsip pengendalian korosi dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain :



---

### 1. Memodifikasi Desain Rancangan

Usaha pengendalian korosi sebaiknya sudah dilakukan sejak tahapan desain perancangan. Oleh karena itu, perlunya menganalisis dalam proses desain sejak pemulihan proses, penentuan kondisi-kondisi prosesnya, pemulihan *lay-out* saat konstruksi hingga tahap *star-up*nya.

### 2. Pemulihan Material

Pemulihan baha anti korupsi merupakan tinjauan dalam setiap perancangan konstruksi. Ketahanan korosi pada setiap material yang digunakan tentunya tidak sama. Semakin tinggi sifat anti korosi dalam suatu material tentunya memiliki faktor ekonomi yang lebih tinggi.

### 3. Perlakukan Lingkungan

Perlakuan lingkungan sangat penting dalam pengendalian korosi dalam suatu industri. Lingkungan yang korosif harus diubah menjadi kurang korosif bahkan hingga tidak bersifat korosif. Ada dua macam cara mengurangi lingkungan yang korosif yaitu pengubahan media (elektrolit) seperti penurunan suhu, penurunan kecepatan air, penghilang oksigen, hingga perubahan konsentrasi. Yang kedua dengan menggunakan inhibitor.

### 4. Pelapisan (*Coating*)

Metode pelapisan atau coating biasanya diterapkan pada suatu permukaan material logam. Pada pelapisannya terdapat cara pelapisan yaitu pelapisan dengan bahan logam dan pelapisan dengan bahan non logam. Proses pelapisan atau *coating* merupakan proteksi material terhadap korosi yang paling efektif dan ekonomis. Selain itu coating juga bertujuan memberi efek keindahan pada suatu material.

### 5. Proteksi Katodik Anodik

Pengendalian korosi dengan metode katodik merupakan metode pencegahan korosi pada logam yang ingin dilindungi dijadikan bersifat katodik dengan mengorbankan logam lain sebagai anoda. Proteksi katodi dengan efektif melindungi korosi eksternal pada pipa saluran dibawah tanah atau dibawah



air laut. Kekurangan metode ini adalah adanya arus sesat yang meningkatkan laju korosi logam lain yang berada disekitar logam yang dilindungi.

## 2.6 Pelapisan (*Coating*)

*Coating* merupakan proses pelapisan permukaan logam dengan cairan atau serbuk, yang akan melekat secara kontinu pada logam yang akan dilindungi. Adanya lapisan pada permukaan logam akan meminimalkan kontak antara logam dengan lingkungannya, yang kemudian akan mencegah proses terjadinya korosi pada logam. Pelapisan yang paling umum digunakan adalah dengan cat. Pelapisan biasanya dimaksudkan untuk memberikan suatu lapisan padat dan merata sebagai bahan isolator atau penghambat aliran listrik diseluruh permukaan logam yang dilindungi. Fungsi dari lapisan tersebut adalah untuk mencegah logam dari kontak langsung dengan elektrolit dan lingkungan sehingga reaksi logam dan lingkungan terhambat.

Menurut Korb dkk (1992) *coating* dibagi menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Pelapisan Logam: *electroplating, electroless-plating, hot dip galvaning, pack cementation, cladding, thermal spraying*, dan *physical vapor deposition*.
2. Pelapisan Anorganik: *anodizing, chromate filming, phosphate coating, nitriding*, dan lapisan pasif.
3. Pelapisan Organik, dengan tiga metode proteksi, yaitu *barrier effect, sacrificial effect*, dan *inhibition effect*.

### 2.6.1 Sistem Dasar *Coating*

Pada dasarnya untuk mencegah timbulnya korosi *coating* harus berperan sebagai hambatan yang kuat untuk memisahkan permukaan material yang ingin dilindungi dengan akses paling luar atau kondisi dengan lingkungan sekitar. Pada umumnya system dasar *coating* terdiri dari 3 lapis yaitu :



1. Cat Dasar (*Primer Coating/Anti Corrosive*)  
Fungsi utama dari cat dasar yaitu untuk melindungi permukaan logam agar tidak berkarat. Cat dasar merupakan kunci kekuatan adhesi dari seluruh sistem *coating*. Cat dasar bukan hanya harus mengikat kuat material dibawah dan lapisan atasnya, tetapi harus menekankan unsur anti korosi yang terdapat pada bahan pewarnanya. (*Pigment*)
2. Cat Tengah (*Intermediate Coating*)  
Cat tengah berfungsi sebagai body coat yaitu penebal dan penahan terhadap serangan yang datang dari luar (*excess*). Umumnya cat tengah memiliki ketebalan yang lebih tinggi daripada cat dasar dan cat akhir. Cat tengah juga harus menjadi pengikat kuat antara cat dasar dan cat akhir, sehingga memiliki ketahanan yang kuat terhadap senyawa kimia dan uap air.
3. Cat Akhir (*Top Coat*)  
Cat akhir diberikan setelah Cat Dasar (*Primer Coating/Anti Corrosive*) dan Cat Tengah (*Intermediate Coating*) diaplikasikan. Tujuan utama dan cat akhir ini sebagai pelindung paling luar terhadap akses lingkungan seperti air, cuaca, dan senyawa kimia lain, memuat permukaan menjadi tangguh, tahan arus dan tetap menekankan pada ketahanan warna dan keindahan.

### 2.6.2 Metode Aplikasi Pengecatan

Pemilihan metode atau alat aplikasi dalam pengecatan sangatlah berpengaruh bukan hanya pada kapasitas produksi namun juga kualitas hasil pengecatan itu sendiri.

1. Kuas (*Brush*)  
Pengerjaan *coating* dengan menggunakan kuas merupakan metode yang sangat sederhana dan ekonomis. Pengecatan dengan kuas dapat digunakan pada area-area yang sulit, alur-alur pengelasan yang kasar dan area-area yang sangat kompleks dimana dengan semprotan tidak dapat menjangkau sasaran. Namun, disisi lain penggunaan kuas terhitung sangat



lambat sehingga memerlukan jam kerja dan personil yang banyak apabila area yang akan diaplikasikan sangat luas.

## 2. *Roll*

Pengerjaan pengecatan dengan *roll* lebih mudah diaplikasikan apabila memiliki area yang luas, sehingga penggunaan *roller* juga lebih cepat dibanding dengan menggunakan kuas. Namun dalam pengaplikasiannya penggunaan *roller* tidak dapat digunakan pada area-area yang sempit dan cenderung lebih boros dalam penggunaan cat.

## 3. Semprot (*Spray*)

Pengerjaan *coating* dengan menggunakan metode *spray* akan menghasilkan permukaan yang sangat halus dan merata. Penggunaan metode ini sangat cocok halus dan merata. Penggunaan metode ini sangat cocok diaplikasikan pada area dan kapasitas produksi yang besar. Kelemahannya diperlukan tenaga yang mahir dalam mengaplikasiannya yang dapat mengontrol tekanan semburan dan jarak ujung pistol terhadap material yang akan diberi *coating*. Apabila tekanan tinggi dan jarak pengecatan terlalu jauh, akibatnya cat kelihatan berdebu dan banyak cat yang terbuang.

### 2.6.3 Pembersihan Permukaan (*Surface Preparation*)

Bagian penting yang perlu diperhatikan sebelum melakukan proses *coating* adalah mempersiapkan permukaan material yang akan diaplikasikan cat atau disebut *Surface Preparation* (Hudson, 1982). Tingkat keberhasilan penanggulangan korosi dengan menggunakan coating bergantung pada kebersihan dan kekasaran permukaan material sebelum diaplikasi coating. 85% kegagalan dalam pengecatan diakibatkan oleh ketidaksempurnaan pembersih permukaan (*Surface preparation*) adalah membersihkan permukaan dari semua jenis kotoran dan menciptakan kekasaran pada permukaan material sehingga cat dapat melekat dengan baik. Oleh karena itu, *surface preparation* dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut :



1. Pencucian  
Menghilangkan kontaminasi minyak yang gemuk yang paling efektif adalah dengan menggunakan bahan pencuci, yang kemudian dibilas dengan air tawar.
2. Menghilangkan larutan garam  
Dengan menyemprotkan air tawar bertekanan/tanpa bertekanan sambil menyikat permukaan dengan rata.
3. Menyemprotkan udara  
Menyemprotkan udara kering dan bersih dilakukan untuk membersihkan material dari debu.
4. *Abrasive Blasting*  
*Abrasive Blasting* merupakan pembersihan yang paling efektif guna menghilangkan karat, kulit besi, dan cat lama. Dengan cara menyemprotkan bahan *abrasive* dengan bertekanan tinggi yang diarahkan langsung pada permukaan material yang akan dibersihkan. Selain itu kegunaan pembersihan ini yaitu untuk mendapatkan hasil kekasaran permukaan tertentu, tergantung ukuran partikel *abrasive*, kekerasan partikel *abrasive*, karakteristik ketahanan partikel *abrasive*, jenis dan bentuk partikel *abrasive*.

Dalam *surface preparation* ada lima tingkat hasil kebersihannya, dimana tingkatan ini mengindikasikan semakin tinggi hasil *surface preparation* maka akan semakin tinggi perlindungannya terhadap korosi (ISO 8501, 2011).

**Tabel 2.2 Indeks *Surface Preparation* (ISO 8501, 2011)**

| Deskripsi           | American SSPC<br>– SP | International ISO -<br>8501 - 1 |
|---------------------|-----------------------|---------------------------------|
| White Metal         | SSPC – SP 5           | Sa 3                            |
| Near White Metal    | SSPC – SP 10          | Sa 2.5                          |
| Commercial Blast    | SSPC – SP 6           | Sa 2                            |
| Power Tool Cleaning | SSPC – SP 3           | St 3                            |
| Hand Tool Cleaning  | SSPC – SP 2           | St 2                            |





Sebutan setiap tingkat perlakuan *surface preparation* ditunjukkan dengan singkatan *Blast Celaning* (Sa). Berikut adalah penjelasan tentang tingkat kebersihan dari *surface preparation Blasting* :

1. Sa 3 (*White Metal Cleaning* (SSPC SP - 5))

Tingkat kebersihan Sa 3 merupakan yang paling baik dibandingkan dengan tingkat kebersihan lainnya. Pada Sa 3 ini, spesimen akan memunculkan warna asli, bebas mill scale karat, dan cacat akibat pengikisan. Namun untuk mendapatkan tingkat kebersihan ini harus ditempuh dengan sangat lama dan mengeluarkan biaya yang besar.

2. Sa 2.5 (*Near White Metal Cleaning* (SSPC SP-10))

Pada tingkat kebersihan SA 2.5 dilakukan penyemprotan hingga permukaan spesimen mendekati putih. Sehingga permukaan spesimen juga bebas dari grease, debu dan kelupasan-kelupasan Mill Scale, karat, dan bekas cat lama, yang tertinggal hanya 5% kotoran dari total permukaan yang dibersihkan.

3. Sa 2 (*Commercial Blast* (SSPC SP-6))

Pada tingkat kebersihan Sa 2, hasil pembersihan permukaan spesimen yang sudah bebas dari minyak, mill scale karat, cacat setelah melalui pengikisan dengan mesin atau alat lainnya jika dilihat kasat mata. Sa 2 ini merupakan tingkat kebersihan permukaan pipa yang masih tidak boleh proses aplikasi coating, karena sisa-sisa karat masih sedikit ada.

#### **2.6.4 Kekasaran Permukaan**

Kekasaran permukaan material akibat proses *blasting* memiliki tujuan utama yaitu untuk mengikat lapisan coating yang berada di atasnya. Sehingga lapisan coating yang diaplikasikan memiliki ikatan yang kuat terhadap permukaan material. Semakin halus permukaan material, maka daya ikat antara permukaan material dengan lapisan *coating* semakin lemah. Sebaliknya apabila semakin kasar permukaan material, maka daya ikatnya pun semakin kuat.



Kekasaran permukaan material dapat diukur dengan melakukan perbandingan (comperator) dari ASTM D4417A yang kemudian kita ukur dengan alat yang bernama Roughness meter sesuai dengan ASTM D4417D. Nilai kekasaran permukaan material umumnya dinyatakan dalam microinch atau mikron berdasarkan unit standart nasional Amerika.

## 2.7 Pengertian Cat

Cat adalah suatu cairan yang dipakai untuk melapisi permukaan suatu bahan dengan tujuan memperindah, memperkuat, atau melindungi bahan tersebut. Setelah dikenakan pada permukaan dan mengering, cat akan membentuk lapisan tipis yang melekat kuat pada permukaan tersebut. Pelekatan cat ke permukaan dapat dilakukan dengan banyak cara : diusapkan, dilumurkan, dikuas, diseprotkan, dan sebagainya (Fajar, 2009).

Emulsi merupakan suatu jenis koloid dengan fase terdispersi berupa zat cair dalam medium pendispersi padat, cair, dan gas. Dalam emulsi pada masing-masing komponen pembentuknya sudah terdapat emulsifer berupa *surfactan*. Komponen atau bahan penyusun dari cat terdiri dari binder (resin), pigmen, *solvent* dan *additive* (Fajar, 2009).

### 1. Binder

Zat pengikat atau binder merupakan bahan yang mengikat antara partikel pigmen cat, sehingga cat dapat membentuk lapisan tipis yang rapat ketika digunakan. Binder bertugas merekatkan partikel-partikel pigmen kedalam lapisan film cat dan membuat cat merekat pada permukaan. Tipe binder dalam suatu formula cat menentukan banyak hal dari performa cat. Binder dibuat dari material bernama resin yang biasa dari bahan alam juga sintetis. Cat dapat berbinder *natural oil*, *alkyd*, nitro sellulosik, poliester, melamin, akrilik, epoksi, poliurethane, silikon, fluorokarbon, vinil, sellulosik, dan lain-lain.



## 2. Pigmen

Pigmen berperan sebagai zat pemberi warna utama pada cat. Pigmen dapat dibagi menjadi 2 yaitu organik dan non organik. Pigmen non organik dibuat dari beberapa logam (oksida logam) sedangkan pigmen organik dibuat dari bahan minyak bumi (*carbon based*). Pigmen lebih jauh lagi dapat dibagi menjadi pigmen utama dan *pigmen extender*. Pigmen utama memberikan cat dengan daya tutup dan warna. Sedangkan *pigmen extender* membantu memperkuat pigmen utama.

## 3. Solvent

*Solvent* atau pelarut berfungsi untuk menjaga kekentalan cat agar tetap cair saat digunakan, selain itu juga sebagai media pendispersi. Sebuah cat membutuhkan bahan cair agar partikel pigmen, binder dan material padat lainnya dapat mengalir. Cairan pada suatu cat disusun oleh solvent minyak dan atau *diluent*. Keduanya adalah suatu cairan yang dapat melarutkan (*dissolve*) suatu material. Keduanya juga disebut *thinner* karena keduanya mempunyai kemampuan untuk mengencerkan cat ke kekentalan yang diinginkan.

## 4. Additive

*Additive* merupakan bahan yang ditambahkan dalam cat untuk menambahkan *property* atau sifat-sifat cat sehingga dapat meningkatkan kualitas cat. Sebagai tambahan selain *liquid*, pigmen dan binder, suatu cat dapat mengandung satu atau lebih aditif (zat tambahan) yang berfungsi untuk meningkatkan performansi, dan biasanya digunakan dalam jumlah yang sangat kecil. Hal ini mempengaruhi fitur vital dari tergantung penggunaan akhir cat terutama kemampuan *flow* dan *leveling* dari cat.

## 2.8 Pengertian Epoksi

Epoksi mulai dikenal sejak tahun 1936 ketika Dr Pirre Castan dari Switzerland berhasil melakukan sintesa epoksi resin berbasis bisphenol A yang dikeraskan dengan menggunakan Phthalic Acid Anhydride. Kemudian temuan tersebut dipatenkan





Sifat dari epoksi resin tergantung dari beberapa faktor seperti struktur pra-polimer, curing agent, stokiometri antara resin dan pengerasnya (*hardener*), waktu curing, serta temperature curing. Secara umum, tanpa memperhatikan jenis dan jumlah hardener, waktu dan temperature curing, epoksi resin menunjukkan kekuatan dan modulus yang tinggi, serta memiliki sifat ketahanan aus dan ketahanan retak yang tinggi. Epoksi resin juga memiliki sifat listrik yang baik, dengan resistivitas yang tinggi, kekuatan dielektrik dan track resistance yang baik terutama pada kelembaban yang tinggi. Stabil pada temperature yang tinggi dan tahan lama. Pada umumnya epoksi resin digunakan sebagai bahan pelapis permukaan karena sifat ketahanan terhadap zat kimia, kekuatan mekanik dan memiliki sifat adhesive yang baik pada temperature tinggi.

### 2.8.1 Epoksi Sebagai Material Coating

Epoksi adalah jenis polimer yang biasa digunakan untuk pelapisan dalam bentuk liquid maupun *powder*. Cat epoksi terdiri dari dua komponen, yaitu *base paint* dan *curing agent*. *Curing agent* berfungsi sebagai pembentuk ikatan molekul tiga dimensi. Epoksi memiliki padatan dan daya adhesi yang tinggi sehingga mempengaruhi ketahanan korosi pada baja yang pelapisnya (Havlik, 2007).

Epoksi adalah coating yang sering digunakan karena banyak kebutuhannya. Pertama, mudah dalam proses aplikasi coating karena memiliki sifat *surface tolerant* (tidak membutuhkan kekerasan atau tingkat keberdihan yang spesifik pada substrat). Kedua, bisa dicampur dengan bermacam curing agents, Pigment dan Binder lain untuk mendapatkan sifat khusus yang diinginkan. Epoksi dapat digunakan dalam lapisan manapun dalam *coating system* (Primer, Intermediate dan Top coat). Umumnya epoksi resin memiliki ketahanan yang baik serta stabilitas dimensi yang baik, akan tetapi aromatik resin rentan terhadap degradasi sinar UV dan mengakibatkan *Chalking*



(pengapuran) sehingga mengalami penipisan (Louis D. Vincent, 2010).

## 2.9 Kegagalan Pada Lapisan Coating

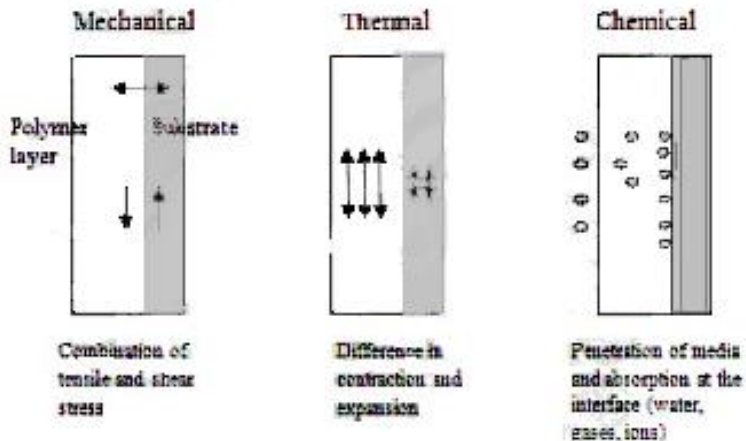
Kegagalan pada ikatan *coating* dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti preparasi permukaan yang kurang baik, pengaplikasian lapisan organik pada substrat yang kurang baik, efek lingkungan, cacat pada lapisan organik, serta korosi. Kegagalan yang terjadi pada coating dapat berupa *cohesive failure* serta *stress* dan *chemical failure*. (Philip, 2006)

### 1. *Cohesive failure*

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

### 2. *Stress* dan *thermal failure*

Adanya gaya mekanik dari luar, baik itu tegak lurus maupun sejajar dengan lapisan *interface*, dapat merusak *coating* maupun ikatan yang terjadi antara *coating* dengan substrat. Adanya perubahan temperatur yang dialami *coating* akan menimbulkan *stress concentration* pada lapisan *interface*. Dan adanya zat kimia pada suatu lingkungan yang berpenetrasi ke dalam *coating* sehingga mencapai lapisan *interface* akan membuat *coating* kehilangan adesinya pada substrat logam. Gambaran dari kerusakan tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2.4** berikut ini.



**Gambar 2.4 Kerusakan pada Coating. (a) Mechanical, (b) Thermal, (c) Chemical Bond Failure (Philip, 2006)**

### 2.9.1 Korosi di Bawah Lapisan Organik

Bilamana lapisan organik berada pada lingkungan lembab ataupun larutan encer, air akan berpenetrasi ke dalam lapisan *interface* antara substrat dan lapisan organik. Penetrasi air tersebut akan mengganggu ikatan antara substrat dan lapisan organik sehingga menyebabkan hilangnya adesi, dan terjadinya inisiasi korosi. Korosi di bawah lapisan organik diantaranya ialah *blistering* (pelepuhan) serta delaminasi katodik (Philip, 2006)

#### 2.9.1.1 Blistering

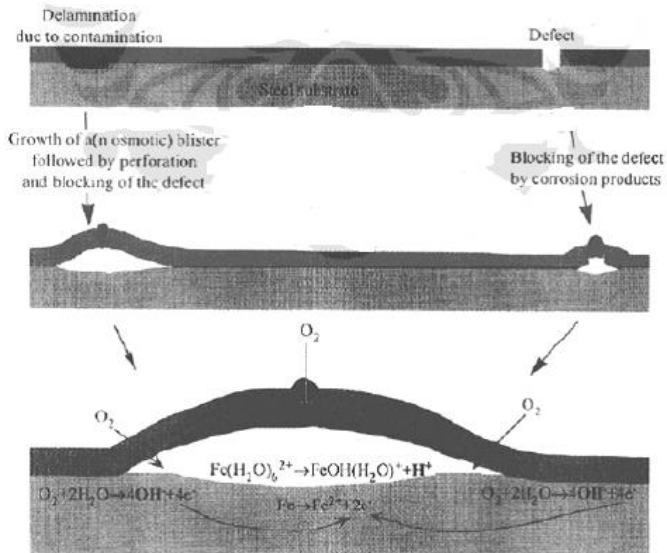
Mekanisme blistering berawal dari uap air dan oksigen dapat berdifusi ke dalam lapisan film dan berakhir pada lapisan *interface* antara substrat dan lapisan film. Akibatnya, pada *interface* akan terkumpul molekul air, dan akan terus meningkat sehingga pada bagian *interface* yang adhesinya kurang baik. Reaksi korosi dimulai pada bagian tersebut karena adanya elektrolit yang terakumulasi. Reaksi tersebut menyebabkan



terbentuknya *blister* (pelepuhan), di mana adesi antara *coating* dan substrat menjadi rusak. *Blister* tersebut nantinya dapat tumbuh dan berkembang, sehingga menyebabkan peristiwa delaminasi katodik (Philip, 2006)

### 2.9.1.2 Delaminasi Katodik

Saat proteksi katodik diberikan pada logam yang terlapis *organic coating*, maka peristiwa delaminasi katodik (*cathodic delamination*) dapat terjadi. Delaminasi katodik merupakan peristiwa hilangnya adesi antara substrat dan lapisan film. Peristiwa tersebut juga dapat terjadi tanpa adanya proteksi katodik yang diberikan pada substrat logam. Hilangnya adesi *coating* pada substrat dapat terjadi pada daerah lapisan organik yang mengandung cacat maupun yang masih baik. Mekanisme delaminasi katodik dapat dilihat pada **Gambar 2.5** berikut ini.







---

**Gambar 2.5 Mekanisme Delaminasi Katodik yang Diawali dari Cacat pada Lapisan Organik dan juga *Blister* (Philippe, 2002)**

Pada kondisi lapisan organik yang mengandung cacat, ada bagian substrat yang langsung terpapar oleh lingkungan korosif sehingga menghasilkan produk korosi. Produk korosi tersebut terus terbentuk sehingga menutupi bagian *coating* yang cacat, dan merusak ikatan antara *coating* dengan substrat sehingga terjadi *blistering*. Pada daerah lepuhan tersebut terjadi perbedaan konsentrasi oksigen, di mana konsentrasi oksigen di daerah bawah produk karat lebih kecil dibandingkan di daerah tepi kerusakan pada *coating*. Sehingga proses korosi akan terus berjalan di bawah lapisan film. Sedangkan pada lapisan film yang masih terlihat baik, delaminasi katodik terjadi pada daerah yang memiliki adesi yang kurang baik. Di mana daerah tersebut merupakan awal mula terjadinya korosi. Sehingga saat korosi berpropagasi ke daerah sekitarnya, adesi antara substrat dan *coating* akan hilang (Philippe, 2002)

## **2.10 Baja API 5L**

Di pasaran, baja telah diklasifikasikan dengan standart khusus. Standart ini dikeluarkan oleh badan internasional, seperti Deutsches Institute fur Norming (DIN), Japanese Industrial Standart (JIS), American Iron and Steel Institute (API). Semua badan tersebut membuat standart yang mengenai baja. Khusus untuk API, badan ini hanya mengeluarkan standart baja untuk aplikasi didunia perminyakan. Selain itu, API juga merupakan lembaga yang menyediakan produk dan melakukan pengembangan untuk produk dengan spesifikasi khusus untuk bidang yang sama. Salah satu standart buatan API yang banyak dijadikan rujukan adalah standart untuk perpipaan, yakni *Spesification for Line Pipe* : API 5L.

*Spesification for Line Pipe* : API 5L dibuat untuk menentukan spesifikasi bahan yang akan digunakan pada system perpipaan di industry perminyakan. Spesifikasi ini ditentukan



oleh apa yang akan diantar melalui pipa tersebut, baik air, gas, atau minyak. API 5L meliputi pipa tanpa sambungan maupun baja pipa lasan. Pipa API 5L ditunjukkan pada **Gambar 2.6** dibawah ini.



**Gambar 2.6** Pipa baja API 5L Grade B (API, 2004)

Spesifikasi API 5L ditetapkan untuk dua level spesifikasi produk atau *Product Specification Level* (PSL), yakni PSL, 1 dan PSL 2. Kedua PSL ini disusun berdasarkan pada standart perbedaan teknis. PSL 2 harus memiliki kesesuaian atau kebutuhan untuk karbon yang setara, ketangguhan, kekuatan yield berdasarkan standart yang ada adalah grade A25, A, B, X42, X46, X52, X56, X60, X65, X70 dan X80. Untuk pipa PSL 1 pada grade A25 sampai X70, dan ppa PSL 2 ada pada grade B sampai X80.

### 2.11 Defenisi Avtur

*Avtur* (*aviation turbine fuel*) adalah bahan bakar penerbangan untuk jenis pesawat bermesin gas turbine dan pesawat jet yang banyak digunakan baik di bidang militer



maupun komersial. Bahan bakar ini berasal dari proses pengolahan minyak bumi fraksi kerosine atau campuran kerosin/naptha yang mempunyai sifat pembakaran dan energi tinggi. Jenis kerosin telah dipilih sebagai bahan bakar untuk generasi pertama kali sebab mempunyai sifat pembakaran yang baik, rendah terhadap kebakaran, sehingga digunakan sebagai pengganti gasoline pada waktu perang dunia.

Sebagai bahan bakar jet militer, sangat luas digunakan oleh militer Inggris. Grade antara militer dan komersial mempunyai sifat- sifat dasar yang sama, dan berbeda pada jenis aditif yang digunakan.

Kualitas bahan bakar tidak hanya ditentukan oleh disain dan unjuk kerja mesin, serta nilai ekonomi, akan tetapi juga keselamatan dalam penerbangan. Bahan bakar ini diperoleh berasal dari proses pengolahan minyak bumi dengan komposisi tertentu baik dari proses distilasi maupun proses perengkahan . Karena *avtur* dituntut harus mempunyai nilai pembakaran yang tinggi, kualitas pembakaran tinggi, *freezing point* rendah, kandungan panas/berat tinggi, serta kandungan panas/volume rendah.

Meskipun mesin turbin lebih tahan terhadap bahan bakar daripada mesin reciprocating bensin dan diesel, komponen dan kontrol sistem mesin dan bahan bakar di mesin jet sensitif terhadap sifat fisik dan kimia dari bahan bakar. Oleh karena itu, kualitas bahan bakar penerbangan sangat penting untuk keselamatan dan spesifikasi digunakan untuk membatasi jangkauan sifat bahan bakar penerbangan untuk memastikan kinerja yang tepat dari komponen/kontrol sistem mesin dan bahan bakar selama semua tahap penerbangan. Bahan bakar penerbangan adalah produk yang paling kompleks dan terkontrol dengan ketat yang diproduksi oleh penyuling minyak karena sejumlah besar sifat fisik dan kimia harus dikendalikan agar menghasilkan bahan bakar yang akan tampil secara konsisten.



Standarisasi bahan bakar turbin penerbangan militer telah dipelihara melalui Komite Koordinasi Standardisasi Udara (ASCC), yang terdiri dari Amerika Serikat, Inggris, Kanada, Australia, Selandia Baru, dan North Atlantic Treaty Organization (NATO). Penggunaan pesawat terbang dan mesin Amerika, Inggris, Kanada, Belanda, dan barat lainnya di seluruh dunia telah membantu lebih lanjut dalam standarisasi bahan bakar jet militer. Asosiasi Transportasi Udara Internasional dan organisasi serupa telah membantu standarisasi bahan bakar jet komersial, yang sangat mirip dengan bahan bakar jet militer.

*Avtur* merupakan bahan bakar yang di peroleh dari hasil pengolahan minyak bumi, yang mempunyai trayek didih antara 150-300°C, terdiri dari molekul *hydrocarbon* (C11-C 15) dan titik beku (*freezing point*) dibatasi maksimum - 47°C (Haidir, A. 2001). Berikut adalah spesifikasi sifat dari avtur yang terlihat pada **Tabel 2.3** berikut ini.

**Tabel 2.3 Spesifikasi Avtur (ASTM D-1655, 2000)**

| Property                       | Jet A or Jet A-1 | Jet B |
|--------------------------------|------------------|-------|
| Composition                    |                  |       |
| • Acidity, total mg KOH/g, max | 0.10             | -     |
| • Aromatics, vol %, max        |                  |       |
| • Sulfur, mercaptan, wt%, max  | 25               | 25    |
| • Sulfur, totl . wt %, max     | 0.003            | 0.003 |
|                                | 0.3              | 0.3   |
| Volatility                     |                  |       |
| • Destilation Temp., °C        |                  |       |
| 10% recovered, temp.,max       | 205              | -     |
| 20% Recovered, temp., max      | -                | 145   |
| 50% recovered , temp., max     | Report           | 190   |
| 90% recovered temp., max       | Report           | 245   |
| Final boiling point, temp.,max | 300              | -     |
| • Distillation resdue, %, max  | 1.5              | 1.5   |
| • Destilation loss,%, max      | 1.5              | 1.5   |



| Property  | Jet A or Jet A-1           | Jet B       |
|---|----------------------------|-------------|
| • Flash point°C, min  | 38                         | -           |
| • Density at 15°C, kg/m <sup>3</sup>                          | 775-840                    | 751-802     |
| • Vapor pressure, 38°C,kPa, max                               | -                          | 21          |
| Fluidity  |                            |             |
| • Freezing point, °C, max                                     | -40 jet A*<br>-47 jet A-1* | -50*        |
| • Viscosity -20°C, mm <sup>2</sup> /s, max                    | 8.0                        |             |
| Combustion  |                            |             |
| • Net heat of combustion, MJ/kg, min                          | 42.8                       | 42.8        |
| • One of the following Requirement Shall be met :             |                            |             |
| Luminometer number,min  | 45                         | 45          |
| Smoke point, mm,min   | 25                         | 25          |
| Naphthalenes,vol%,max   | 18                         | 18          |
|   | 3                          | 3           |
| Corrosion   |                            |             |
| Copper strip, 2 h at 100°C                                    | No.1                       | No.1        |
| Thermal stability JFTOT (2.5 h at control temp. of 260°C min) |                            |             |
| • Fliter pressure drop, mm Hg, ma                             | 25                         | 25          |
|   | 3                          | 3           |
| Tube deposits less than                                       | No peachock                | No peachock |
| Contaminants  |                            |             |
| • Existent gum,mg/100ml,max                                   | 7                          | 7           |
| • Water reaction : interface rating, max                      | 1b                         | 1b          |

Catatan :

Jet A-1 atau Jet A adalah bahan bakar pesawat biasa yang murni dari kerosin.



Jet B adalah bahan bakar pesawat militer yang terbuat dari campuran bensin dan kerosin.

### 2.12 *State of The Art*

Dalam memudahkan penelitian diperlukan beberapa referensi dari penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini. Adapun beberapa referensi penelitian sebelumnya yaitu :

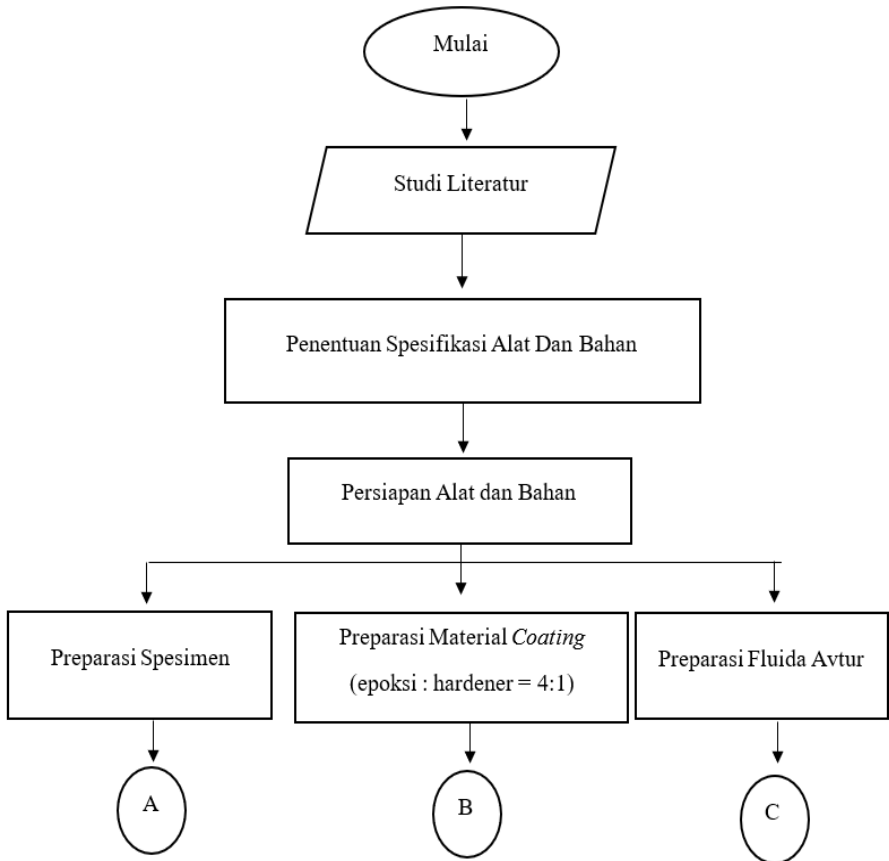
1. Pada penelitian sebelumnya yang ditulis oleh Maulana Mufti pada tahun 2015 dengan judulnya “Pengaruh Komposisi Pelarut dan Ketebalan Cat Epoksi Terhadap Daya Lekat dan Tingkat Pelepuhan (*Blistering*) pada Lingkungan NaCl yang di Aplikasikan pada Baja Karbon”. Pada penelitian tersebut didapatkan hasil dengan penambahan 0% pelarut dengan ketebalan 50 mikron memiliki daya lekat paling tinggi. Semakin banyaknya penambahan pelarut menurunkan sifat daya lekat coating pada substrat. Hal tersebut dikarenakan adanya pori pada komposisi pelarut terbanyak yaitu 20% serta semakin tebalnya cat mengakibatkan pori tersebut menjadi lebih banyak, pori tersebut membuat ikatan (*bonding*) dalam cat menurun. Untuk pengujian blistering dengan penambahan 0% pelarut dengan ketebalan 250 mikron memiliki tingkat *blistering* paling tinggi. Hal itu disebabkan oleh berkurangnya nilai daya lekat *coating* terhadap interface dari substrat yang disebabkan adanya kontaminan atau korosi pada daerah interface tersebut. Proses blistering diawali dengan adanya udara kosong pada daerah tersebut lalu terisinya daerah kosong tersebut oleh kontaminan.
2. Pada penelitian sebelumnya yang ditulis oleh L. Lopes pada tahun 2011 dengan judulnya “*Corrosion of Carbon Steel in Presence of Hydrocarbon*” menunjukkan bahwa dengan adanya hydrocarbon akan berpengaruh dalam peningkatan laju korosi karena hydrocarbon mengubah sistem korosi lebih kearah system H<sub>2</sub>S yang mencegah perumbuhan lapisan pasif produk korosi.



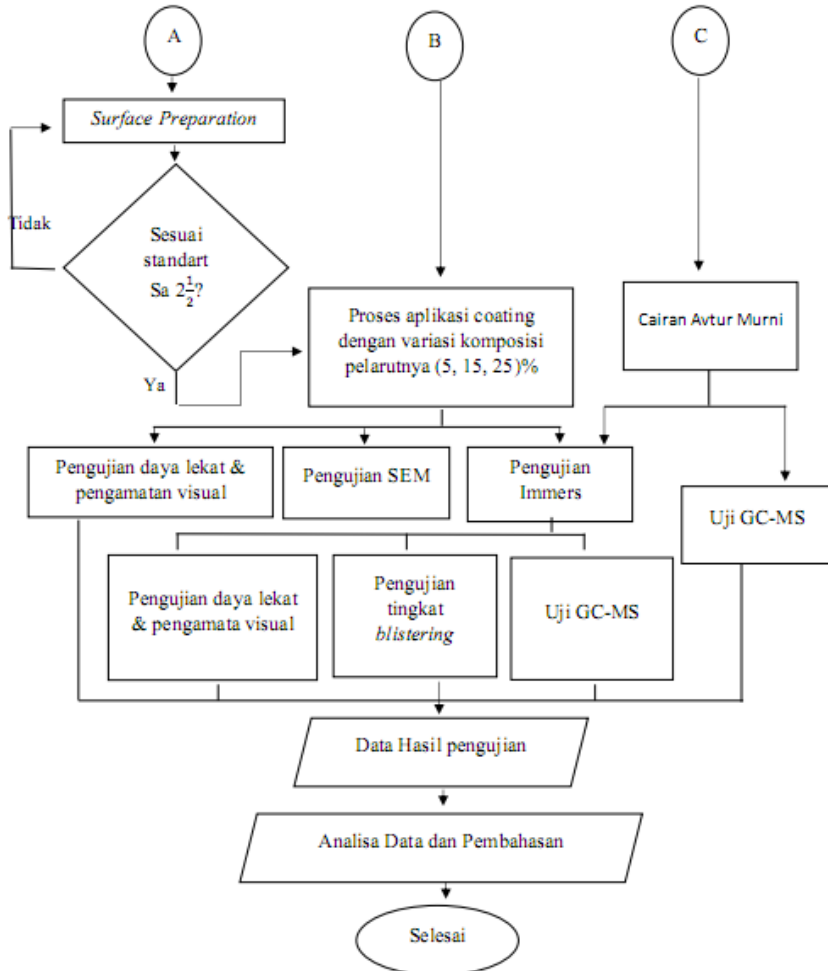
## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penjelasan metodologi dalam penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada diagram alir pada **Gambar 3.1** berikut ini.







**Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian**



### 3.2 Metode Penelitian

Pada tahap ini menjelaskan beberapa tindakan yang dilakukan untuk menjalankan penelitian. Metode penelitian yang dilakukan sebagai berikut :

#### 1. Studi Literatur

Melakukan studi literatur dengan cara mencari , mempelajari dan memahami berbagai sumber pustaka atau media elektronik untuk mendapatkan referensi yang diperlukan terutama mengenai korosi hingga metode pencegahan coating pada lingkungan oil and gas. Selain itu ASTM juga menjadi acuan dalam melakukan penelitian ini.

#### 2. Eksperimental

Ada beberapa eksperimen yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian *immersion*, *SEM*, *adhesion*, dan pengujian GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*).

#### 3. Penentuan Spesifikasi Material dan Bahan

Material uji yang akan dianalisa harus sesuai standart yang telah ditentukan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Untuk jenis material yang digunakan yaitu jenis baja karbon rendah API 5L sebanyak 9 buah spesimen. Sedangkan *coating* yang dipilih menggunakan cat epoksi.

### 3.3 Persiapan Alat dan Bahan

#### 3.3.1 Bahan Penelitian

##### 1. Material Substrat

Substrat sebagai bahan specimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon API 5L Grade B sesuai tertera pada table 3.1 Komposisi API 5L. Pipa yang digunakan dengan ketebalan 6 mm dengan ukuran sesuai dengan ketentuan penelitian, pemotongan dilakukan dengan cutting tool dan dilakukan penyelesaian akhir dengan gerinda. Setelah itu dilakukan persiapan permukaan sesuai dengan yang disyaratkan yaitu Sa 21/2 Sebelum dilapisi dengan material coating. Bahan cat yang digunakan adalah *organic coating*



*solvent base* yang berfungsi sebagai *Barrier protection*, dengan komposisi sesuai pada **Tabel 3.1** dan Komposisi kimia API 5L Grade B. Dalam aplikasi dilakukan dilakukan variasi penambahan solvent (5%, 15%, 25%) diaplikasikan dengan *conventional spray*. Tebal lapisan *coating* setiap spesimen dibuat sama yaitu 8 layer, diperkirakan tebal WFT nya 1 layer 25 mikron. Pengukuran ketebalan layer dilakukan setelah kering (DFT). *Coating* diaplikasikan pada kondisi atmosfer dan kelembaban yang cukup.

**Tabel 3.1 Komposisi Kimia API 5L Grade B (API,2004)**

| Standart | Kelas | Komposisi Kimia |       |          |        |        |       |       |       |       |       |
|----------|-------|-----------------|-------|----------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |       | C               | Si    | Mn       | P      | S      | Cr    | Mo    | Cu    | Ni    | V     |
| API 5L   | Gr. B | ≤0.25           | ≤0.10 | 0.270.93 | ≤0.035 | ≤0.035 | ≤0.40 | ≤0.15 | ≤0.40 | ≤0.40 | ≤0.08 |

## 2. Material Coating

Penelitian yang dilakukan material *coating* yang digunakan adalah *epoxy* dari produsen Jotun dengan jenis *Tankguard HB* dengan menggunakan komponen A sebagai binder dan komponen B sebagai Curing Agent. Pelarut (*solvent*) menggunakan Thinner Jotun No.21. Berikut ini adalah spesifikasi dari komponen A Tankguard HB, komponen B Tankguard HB dan Thinner Jotun no. 21.

**Tabel 3.2 Komposisi Cat Epoxy Komponen A (Tankguard HB)**

| Nama Bahan                               | Komposisi (%) |
|--|---------------|
| epoxy resin (MW 700-1200)                | 10 – 25       |
| Xylene                                   | 10 – 25       |
| n-Butanol                                | 2.5 – 10      |
| Solvent naphtha (petroleum), light arom. | 2.5 – 10      |
| Propilen glikol monometil eter           | 2.5 – 10      |
| Etil benzen                              | 2.5 – 10      |



**Tabel 3.3 Komposisi Cat Epoxy Komponen B (Tankguard HB)**

| <b>Nama Bahan</b>                           | <b>Komposisi (%)</b> |
|---|----------------------|
| n-Butanol                                   | $\geq 25 - \leq 50$  |
| Xylene                                      | $\geq 10 - \leq 25$  |
| Solvent naphtha (petroleum),<br>light arom. | $\geq 10 - < 25$     |
| Etil benzen                                 | $\leq 5$             |

**Tabel 3.4 Komposisi Pelarut (Thinner Jotun No.21)**

| <b>Nama Bahan</b>                           | <b>Komposisi (%)</b> |
|---|----------------------|
| Solvent naphtha (petroleum),<br>heavy arom. | 50 – 100             |
| Naftalen                                    | 0 – 1                |

### 3. Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit yang digunakan pada penelitian ini adalah cairan avtur murni yang telah memenuhi spesifikasi dalam penggunaannya. Jadi cairan avtur dilakukan pengujian GC-MS posisi avtur yang telah memenuhi standart. Dalam pengujian immers menggunakan cairan avtur yang telah dimasukkan ke dalam botol aqua bekas.

## 3.4 Prosedur Penelitian

### 3.4.1 Preparasi Spesimen Uji

#### 1. Persiapan Permukaan

Menyiapkan spesimen untuk pengujian immersion dan untuk pengujian SEM yang memiliki ukuran spesimen yang berbeda. Dalam pengujian immersion spesimen memiliki dimensi 30×40 mm. Sedangkan untuk pengujian SEM spesimen memiliki dimensi 10×10 mm, permukaan dari baja karbon dibersihkan terlebih dahulu sebelum di coating, standart yang digunakan adalah SSPC (*Steel Structures Painting Council*). Tahapan dalam tindakan pembersihan permukaan spesimen yaitu pertama pembersihan permukaan dari karat , mill scale



dan pengotor lain dengan hand tool cleaning dan power tool cleaning dan kemudian dilanjutkan dengan pembersihan slag, spatter, atau scrap hasil pemotongan yang sesuai standar SSPC SP3. Kedua dilakukan perlakuan degreasing untuk menghilangkan minyak, debu dan pengotor yang menempel dengan menggunakan air sabun dan kemudian dikeringkan (SSPC SP 1). Ketiga dilakukan pembersihan sesuai standar SSPC SP 10 (near white blast cleaning) dilakukan dengan aluminium oxide berbentuk kristal sampai mendapatkan nilai Sa  $2^{1/2}$ . Sehingga menghasilkan kekasaran 20-200 mikron sesuai ISO 8503.

## 2. Persiapan Kondisi Lingkungan

Hal ini dilakukan untuk memastikan keadaan lingkungan saat pengaplikasian coating agar sesuai dengan rekomendasi dari manufacturing. Dimana tahapannya yaitu pertama dilakukan pengukuran, pemeriksaan dan pencatatan temperature udara menggunakan Alat Sling Psychrometer, dan temperatur permukaan spesimen dengan magnetic surface thermometer. Yang kedua pengukuran kelembaban udara dengan digital electronic hygrometer (Relative Humidity) yang diperbolehkan maksimal 85%. Yang ketiga pengukuran dew point, dew point yang direkomendasikan haruslah  $3^{\circ}\text{C}$  di atas temperature permukaan substrat.

### 3.4.2 Preparasi Material Coating

Untuk preparasi material coating dilakukan dengan mencampur cat epoksi dan hardenernya dengan perbandingan (4:1) serta menambahkan pelarut atau thinner dengan ketentuan variasi (5%, 15% dan 25%). Pengadukan campuran cat beserta pelarutnya menggunakan mechanical stirrer dengan kecepatan 1000 rpm selama 60 menit (Nikraves, 2011).



### 3.4.3 Preparasi Larutan Elektrolit

Pada tahap ini larutan yang digunakan adalah avtur untuk pengujian immers, avtur yang digunakan untuk pengujian harus avtur murni dan telah memenuhi standart spesifikasi avtur. Hal tersebut dibuktikan dengan melakukan pengujian komposisi avtur sebelum pengujian immers dilakukan.

### 3.4.4 Pengaplikasian Material Coating

Proses pelapisan atau coating dilakukan dengan menggunakan *conventionals spray*. Alat conventional spray harus memiliki nozzle tip 0.46 – 0.58 mm dan memastikan udara yang dihasilkan bersih menggunakan blotter test. Spray yang dilakukan memiliki sudut 40-80 derajat. Pengujian ketebalan basah menggunakan WFT *gauge* sesuai dengan standar ASTM D4414 dan ketebalan kering menggunakan DFT *electromagnetic gauge* sesuai dengan standar ASTM D1186.

### 3.4.5 Pengujian Daya Lekat

Pengujian daya lekat menggunakan alat Portable Adhesion Testers sesuai dengan standar ASTM D4541. Pengujian ini dilakukan ketika cat pada sample telah memasuki tahap hard dry sesuai pada PDS masing-masing cat. Kemudian probe dari Portable Adhesion Testers diberi lem kuat dan ditempelkan pada sample dan ditunggu hingga mengering sampai 1 hari, baru kemudian ditarik oleh Portable Adhesion Testers. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui seberapa besar daya lekat (adhesi) cat terhadap material substratnya.

Hal ini dilakukan dengan kondisi:

- Menempelkan elcometer 106 memiliki diameter 10 mm yang direkomendasikan untuk pipa dan kekuatan 22 MPa ke material yang telah di cat dengan lem yang cukup kuat sehingga daya lekat antara probe dengan cat lebih besar daya lekat antara cat dengan material, lalu menunggu sekitar dua hari sampai lem tersebut benar-benar kering dan memiliki kekuatan yang cukup.



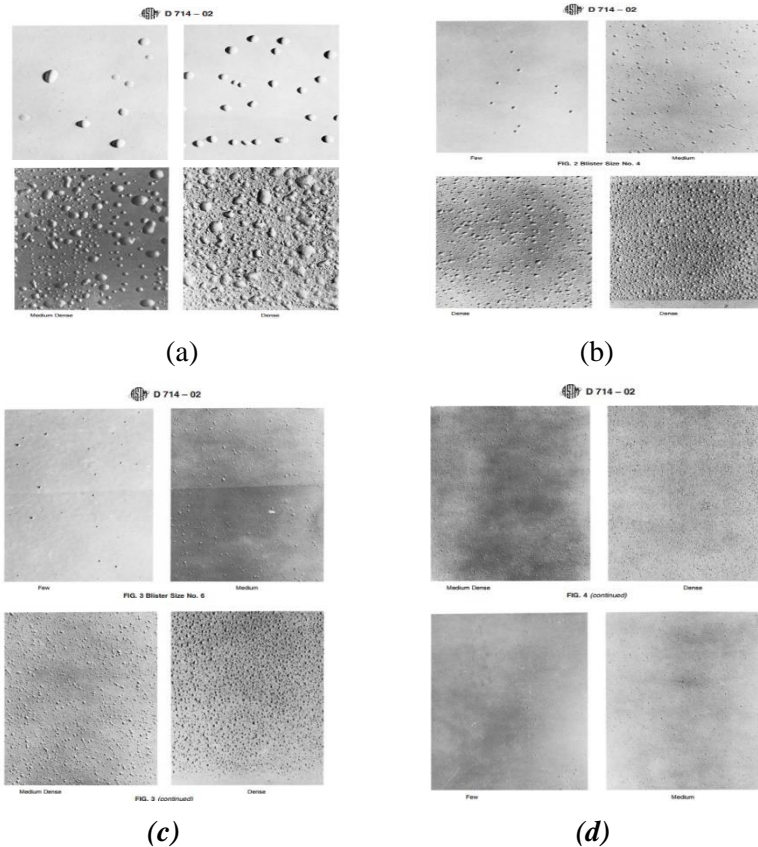
- Menyangkutkan probe dolly ke alat penguji dolly testing, mengeset pengukuran ke titik nol dan memutar alat dolly testing secara perlahan tetapi terus menerus hingga probe mencabut lapisan cat yang ada pada material.
- Membaca dan mencatat nilai yang terlihat dalam indikator alat, baik dalam lb/inch<sup>2</sup> maupun dalam Mpa.



**Gambar 3.2 Elcometer Model 106 Adhesion Tester Scale 1**

### 3.4.6 Pengujian Immers

Pengujian immers bertujuan untuk mengetahui kualitas coating terhadap avtur. Metode menggunakan tanpa scratch. Wadah elektrolit yang digunakan dari botol aqua bekas 600 ml yang dipotong dan diambil wadah alasnya dengan tinggi 40 mm. Untuk elektrolitnya dibutuhkan 50 ml avtur setiap wadahnya. Pengecekan dilakukan setelah sampel di immers selama 15 hari dan hasil pengecekan dilakukan perbandingan dengan standar ASTM D714 “*Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints*”. Dari perbandingan tersebut akan didapatkan hasil perbandingan antara foto yang ada di standar dengan hasil kemudian menggolongkan hasil tersebut sesuai dengan tingkat *blistering* yang ada.



**Gambar 3.3** Evaluasi blister pada Permukaan dengan Ukuran (a) No 2, (b) No 4, (c) No 6, (d) No 8 (ASTM D174)

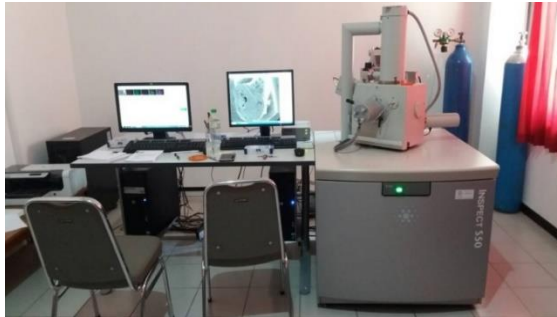
### 3.4.7 Scanning Electron Microscopy-E (SEM)

Pengujian SEM dilakukan di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) tipe FEI INSPECT 550. Prinsip dasar dari SEM adalah dengan menembakkan *electron beam* melalui *electron gun* ke arah sampel dan mendeteksi interaksi antara specimen dengan *electron*





*beam* dengan tujuan untuk mengetahui morfologi permukaan. Sampel yang digunakan adalah sampel API 5L Grade B dengan dimensi 10 x 10 mm yang telah dilapisi dengan material *coating* epoksi. Sampel diamati pada permukaan untuk mengetahui morfologi partikel yang terdeposit pada permukaan sampel.



**Gambar 3.4 Mesin Uji SEM**

### **3.4.8 Pengujian Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC MS)**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui komposisi avtur sebelum dan sesudah melakukan pengujian immers. Tujuan dilakukan pengujian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *coating* terhadap fluida avtur. Prinsip dasar dari GC MS adalah dengan sampel yang diinjeksikan ke dalam Kromatografi Gas akan diubah menjadi fasa uap dan dialirkan melewati kolom kapiler dengan bantuan gas pembawa. Pemisahan senyawa campuran menjadi senyawa tunggal terjadi berdasarkan perbedaan sifat kimia dan waktu yang diperlukan bersifat spesifik untuk masing-masing senyawa. Pendeteksian berlangsung di dalam Spektroskopi Massa dengan mekanisme penembakan senyawa oleh elektron menjadi molekul terionisasi dan pencatatan pola fragmentasi yang terbentuk dibandingkan dengan pola fragmentasi senyawa standard yang diindikasikan dengan prosentase Similarity Index (SI).



### 3.5 Rancangan Pengambilan Data Penelitian

**Tabel 3.5 Rancangan Penelitian**

| Material       | Sampel          | SEM | Imers | Daya Lekat        |                   | Uji Komposisi Avtur |                   | Blisteri<br>-ng |
|----------------|-----------------|-----|-------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-----------------|
|                |                 |     |       | Sebelum<br>immers | Sesudah<br>immers | Sebelum<br>immers   | Sesudah<br>Immers |                 |
| Baja API<br>5L | Ep-Pel<br>(5%)  | ✓   | ✓     | ✓                 | ✓                 | ✓                   | ✓                 | ✓               |
|                | Ep-Pel<br>(15%) | ✓   | ✓     | ✓                 | ✓                 | ✓                   | ✓                 | ✓               |
|                | Ep-Pel<br>(25%) | ✓   | ✓     | ✓                 | ✓                 | ✓                   | ✓                 | ✓               |

Keterangan :

Ep-Pel yaitu *percentage* penambahan pelarut didalam cat epoxy



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

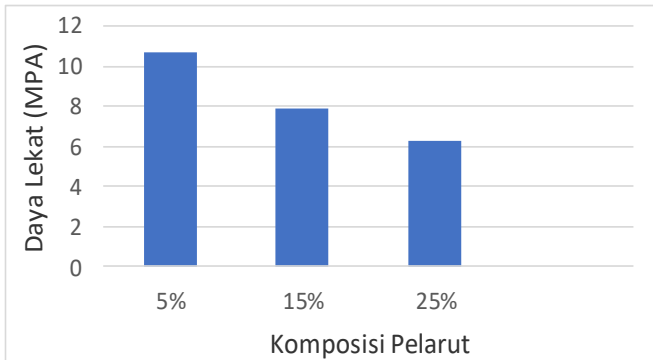
## **BAB IV**

### **ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Pengujian Daya Lekat**

Dalam uji daya lekat atau *adhesion test* yang telah dilakukan, diketahui nilai daya lekat lapisan epoxy primer dipengaruhi oleh komposisi penambahan pelarut (5%, 15%, dan 25%). Di dalam pengambilan nilai daya lekat, setiap variasi terdiri dari 3 sampel. Jadi sampel yang digunakan berjumlah 9 sampel untuk semua variasi. Pada pengaplikasian *coating* sebelumnya dilakukan *blasting* pada lapisan substrat yang ingin di *coating* dan didapatkan nilai kekerasan substrat sebesar 96  $\mu\text{m}$ . Hal tersebut bertujuan agar mendapatkan tingkat kekasaran yang diinginkan yang berpengaruh terhadap daya lekat *coating*. Setelah itu dilakukan penyemprotan ke masing masing sampel sebanyak 8 kali atau layer. Hal tersebut dilakukan agar pengujian DFT (*Dry Film Thickness*) memiliki nilai ketebalan yang diinginkan sesuai dengan data sheet dari cat epoxy. Dari hasil pengujian DFT nilai ketebalan masih sesuai range ketebalan yang di rekomendasikan oleh data sheet cat epoxy dengan besar range yaitu antara 80-160 $\mu\text{m}$ .

Dalam mendapatkan nilai dari daya lekat yang baik, dilakukan preparasi dengan pembersihan lapisan *coating* dari *dust* dan kontaminan, serta dilakukan penempelan *pin dolly* satu hari sebelum dilakukan pengujian daya lekat. Dalam pengujian ini dilakukan standar ASTM D-4541. Hasil dari pengujian daya lekat ditunjukkan oleh **Gambar 4.1** berikut ini.



**Gambar 4.1** Grafik Hasil Pengujian Daya Lekat Sebelum Immers di Lingkungan Avtur

Dari analisa grafik **Gambar 4.1** menunjukkan bahwa nilai daya lekat terbaik terdapat pada sampel dengan penambahan pelarut 5% dengan nilai daya leaknya sebesar 10,69 MPa Dan yang terendah terdapat pada komposisi pelarut 25 % dengan nilai daya lekat sebesar 6,26 MPa. Semakin banyak penambahan pelarut mempengaruhi kemampuan *bonding* antar cat semakin rendah dan mengakibatkan munculnya pori. Hal tersebut juga didukung dengan hasil pengujian SEM morfologi coating epoxy primer untuk sampel dengan penambahan pelarut 25% diketahui muncul pori dan pengujian SEM morfologi *cross section* antara coating dan substrat terlihat adanya rongga yang terbentuk yang berarti menandakan bahwa *bonding* di daerah tersebut sangat rendah.

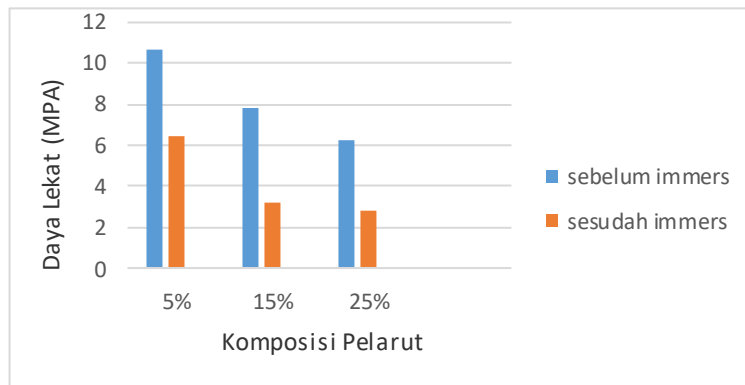
Selanjutnya dilakukan pengelihatian secara visual dari hasil pengujian daya lekat, kerusakan terjadi pada daerah *cohesion failure* (ikatan cat - cat) bukan *adhesive failure* (ikatan cat - substrat). Hal ini menandakan terjadinya *mechanical interlocking* antara *coating* dengan substrat yang baik (Schweitzer, 2006). Selain itu penyebab terjadinya *cohesion failure* dikarenakan adanya pori yang membuat *bonding* (ikatan)



dalam cat menurun. *Mechanical interlocking* ini terjadi karena proses persiapan permukaan terbebas dari kontaminan dan kekasaran serta kebersihan dengan perlakuan blasting menggunakan aluminium oxide dengan ukuran 24 mesh menghasilkan kekasaran permukaan 64 mikron dengan kebersihan SA  $2\frac{1}{2}$ . Selain itu hal ini disebabkan antara ikatan *crosslinking* yang terdapat pada *coating* lebih rendah daripada ikatan yang terjadi antara substrat dengan *coating*.

#### 4.2 Pengujian Daya Lekat Immersion di Lingkungan AVTUR selama 20 hari

Pengujian daya lekat atau adhesion test dilakukan setelah *immersion* atau celup dilingkungan avtur selama 20 hari. Pengaplikasian metode *immersion* atau celup ini untuk mengetahui perubahan daya lekat pada lapisan epoksi primer yang dipengaruhi oleh komposisi penambahan pelarut 5%, 15%, dan 25%. Pengujian ini dilakukan dengan spesimen hasil *immersion* avtur pada sampel A1, B2, dan C3 dengan setiap variasi diwakili 3 sampel uji. Nilai daya lekat berdasarkan ASTM D-4541 didapatkan sesuai pada **Gambar 4.2** berikut ini.



**Gambar 4.2 Grafik Hasil Perbandingan Pengujian Daya Lekat Sebelum dan Sesudah Immers di Lingkungan Avtur**



Dari data yang dianalisa, didapatkan bahwa lingkungan avtur mempengaruhi nilai dari daya lekat. Setelah dilakukan pengujian daya lekat setelah di celup di avtur selama 20 hari didapatkan nilai daya lekat turun dibandingkan nilai daya lekat sebelum di immers dengan nilai daya lekat tertinggi tetap dimiliki oleh sampel dengan penambahan pelarut 5% dengan nilai daya lekat sebesar 6,47 MPA dan terendah yaitu sampel dengan penambahan pelarut 25% dengan nilai daya lekat sebesar 2,84 MPA. Hasil tersebut sesuai dengan hasil pengujian daya lekat pada penelitian sebelumnya oleh Maulana pada tahun 2014 bahwa semakin tinggi penambahan pelarut maka kekuatan daya lekat akan semakin berkurang. Hal ini disebabkan oleh adanya kontaminan yang masuk ke dalam *coating* mengakibatkan ikatan pada *coating* dengan substrat menurun. Kontaminan memasuki *coating* terlihat dengan adanya blistering atau pelepuhan. Penambahan pelarut memperlihatkan adanya perambatan kontaminan yang masuk dengan terlihat dari penurunan daya lekat. Kontaminan tersebut merupakan molekul yang sangat kecil. Menurut (Liu, 2014) *blistering* terjadi akibat adanya kehilangan atau/ dan berkurangnya nilai daya lekat *coating* terhadap *interface* dari substrat yang disebabkan adanya kontaminan atau/ dan daerah korosi pada daerah *interface* tersebut. Hal tersebut dapat dipercepat dengan adanya kontaminan pada daerah *interface substrat* dengan *coating*. Pada proses blistering diawali dengan adanya udara kosong atau daya lekat yang paling rendah dan mengakibatkan kontaminan masuk ke dalamnya.

Dari hasil penjelasan di atas, didapatkan bahwa kontaminan ini dapat masuk ke dalam *coating* disebabkan adanya pori-pori pada *coating*. Keberadaan pori-pori tersebut mengakibatkan kecepatan daya serap terhadap molekul yang lebih kecil akan meningkat.

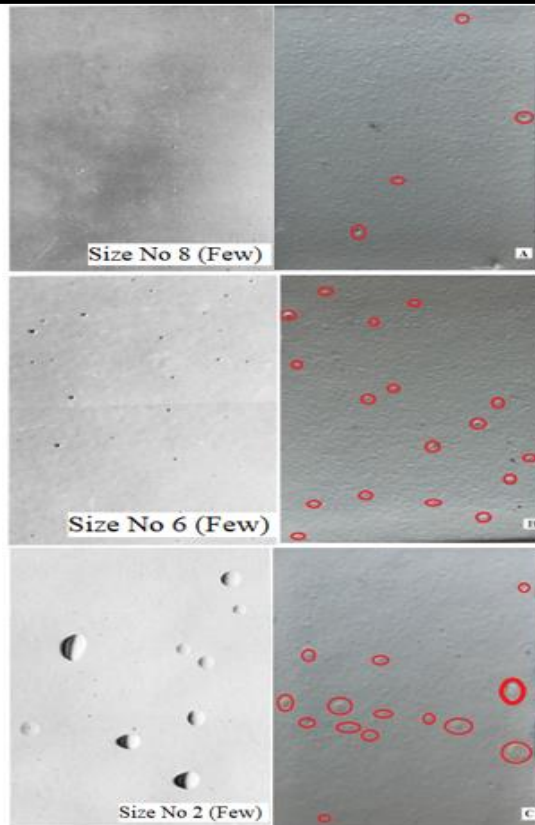


---

### 4.3 Pengujian Immersion di Lingkungan Avtur

Uji *immersion* dilakukan selama 20 hari dengan metode unscratch. Pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui kualitas coating berdasarkan tingkat blistering yang terjadi. Blister muncul karena adanya air, pelarut, gas, karat dan kotaminan yang terperangkap dalam lapisan lapisan dimana gas dari uapan avtur dapat masuk ke pori-pori lapisan dan akhirnya terbentuk suatu pelepuhan dan membentuk blister. Untuk mengetahui seberapa parah kerusakan yang dapat ditimbulkan oleh blister dapat dilakukan dengan pengukuran tingkat blistering yang terjadi. Pengukuran ini dilakukan dengan membandingkan hasil penelitian dengan standar ASTM D714 “*Standart Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paint*”. Menurut standar dikatakan bahwa terdapat beberapa dan tingkatan ukuran 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 sekali).





**Gambar 4.3 Perbandingan Tingkatan Blister yang Terbentuk Setelah Pengujian Immersion dengan Standard D-714 terhadap Penambahan Komposisi (A) 5%, (B) 15%, (C) 25%.**

Dari evaluasi dengan standard yang ditujukan pada **Gambar 4.3** didapatkan bahwa penambahan pelarut penambahan pelarut 5% memiliki tingkat blistering paling rendah dengan ukuran blister nya dikategorikan nomor 8 dan persebaran blisternya sangat sedikit (few). Pada penambahan pelarut 25 %



tingkat blister yang muncul semakin banyak dan memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan yang lain dengan persebarannya tergolong sedikit (*few*). Hasil dari pengamatan pada **Tabel 4.2** didapatkan nilai rating dari semua spesimen uji. Menurut rating pengamatan tingkat blister masih tergolong aman atau tidak terjadi kerusakan yang parah pada *coating*.

**Tabel 4.1 Hasil Pengamatan Tingkatan Blister yang Terbentuk Setelah *Immersion* 20 Hari**

| Komposisi Pelarut | Sampel | Rating | Keterangan |
|-------------------|--------|--------|------------|
| 5%                | A1     | 8      | Few        |
|                   | A2     | 8      | Few        |
|                   | A3     | 6      | Few        |
| 15%               | B1     | 6      | Few        |
|                   | B2     | 6      | Few        |
|                   | B3     | 6      | Few        |
| 25%               | C1     | 2      | Few        |
|                   | C2     | 2      | Few        |
|                   | C3     | 2      | Few        |

Blister yang terbentuk saat 20 hari dilingkungan avtur disebabkan oleh mekanisme *osmotic blistering* yang disebabkan karena adanya bahan kimia seperti *solvent* yang dapat larut, *solvent* ini dapat merupakan bagian dari formulasi *coating* atau *thinner* yang ditambahkan ke *coating*. Uap dari avtur yang memiliki ukuran partikel yang lebih kecil menembus daerah *coating* yang memiliki nilai daya lekat yang rendah dan partikel akan terakumulasi di daerah antara *coating* dan substrat untuk mendapatkan kesetimbangan, hal tersebut mengakibatkan terjadinya pelepuhan atau blister dimana didalam blister terdapat partikel dari uap avtur yang lebih kecil hasil perpindahan melewati *coating*. Faktor utama terjadinya *osmotic blistering* yaitu *permeabilitas coating*, *impermeabilitas substrat*, konsentrasi



avtur yang terlarut dan konsentrasi gradient (Petrie, 2011). Konsentrasi gradient merupakan kekuatan pendorong berupa tekanan osmosis untuk terjadi *blistering*. Kekuatan pendorong disini adalah bahan yang larut baik di antarmuka atau di dalam antarmuka. Bahan yang larut menyebabkan *gradient osmotic* umumnya berupa garam anorganik, produk korosi atau pelarut yang tetap dipertahankan (Hare, 1998).

#### 4.4 Pengujian Morfologi

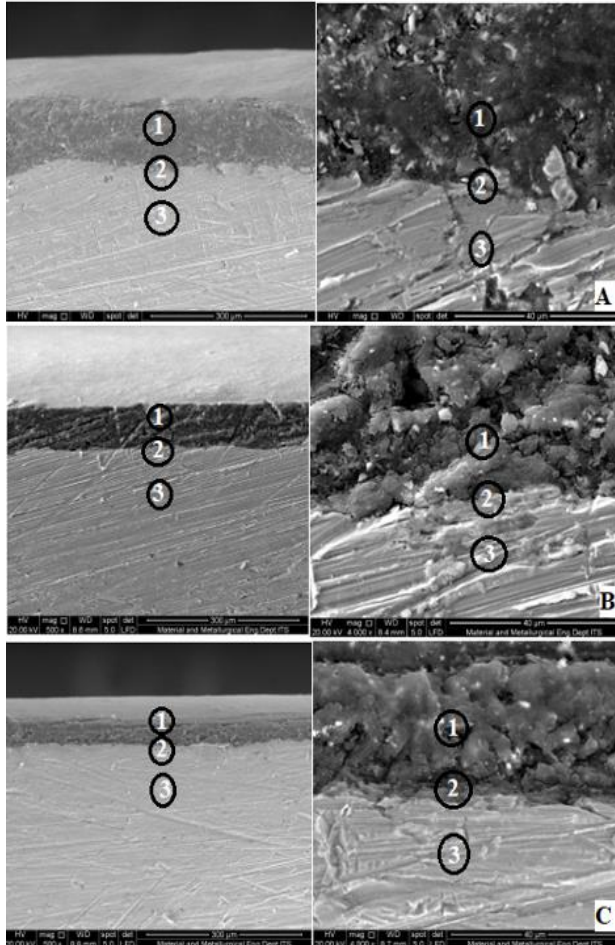
Pengujian morfologi dilakukan dengan 2 cara pengambilan yaitu *cross section* dan morfologi dari coating epoxy primer. *cross section* yang bertujuan melihat morfologi antara substrat dan *coating* epoxy primer yang diperlihatkan pada **Gambar 4.4**. Tiga sampel yang digunakan terdiri dari komposisi penambahan pelarut 5%, 15%, dan 25% dengan perbesaran 500x dan 4000x untuk SEM *cross section* dan perbesaran 1000x untuk SEM *coating* Epoxy primer.

Pada hasil pengamatan SEM *cross section* pada **Gambar 4.4** antara coating dan substrat terlihat bahwa adanya lekukan lekukan pada daerah antar muka yang menandakan adanya *mechanical interlocking* antara coating dan substrat. Hal ini diakibatkan oleh proses shot blasting sebelum proses penyemprotan *coating* yang menimbulkan kekasaran pada permukaan material cetakan yang diidi oleh material coating dan akan saling berikatan secara mekanis (Vincent, 2010).

Penambahan pelarut 5% terlihat antara *coating* dan substrat berikatan sempurna dengan struktur yang halus terlihat pada posisi 2 antar muka . Untuk penambahan pelarut paling besar yaitu 25% di posisi 2 yang terlihat pada **Gambar 4.4** didapatkan adanya ikatan yang tidak sempurna dengan ikatan antara *coating* dan substrat yang hancur dengan struktur kasar. Hal tersebut timbul karena ikatan adhesive dan kohesive cat semakin melemah, dengan penambahan pelarut mengakibatkan binder atau cat epoxy yang memiliki kekuatan rekat akan berkurang



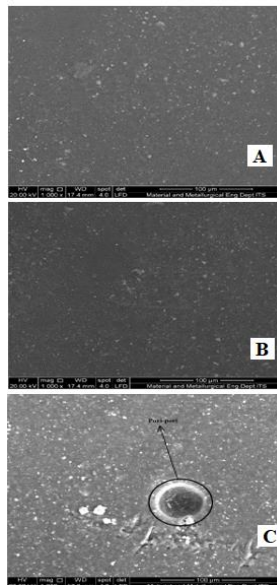
kerekatannya. Oleh karena itu ikatan antara substrat dan *coating* juga akan menurun atau tidak terjadi ikatan yang sempurna.



**Gambar 4.4 Struktur Mikro Daerah Antar Muka Substrat dan Coating Epoxy. Posisi 1 : Coating ; Posisi 2 : Antar Muka; Posisi 3 : Substrat. Pada Penambahan Pelarut (A) 5%, (B) 15%, (C) 25%**



Hasil pengujian SEM pada *coating* epoxy primer terlihat pada **Gambar 4.5**. Untuk penambahan pelarut 5% dan 15% terlihat gambarnya hampir sama dengan struktur yang halus dan juga tidak didapatkan pori di kedua gambar tersebut. Tetapi pada penambahan pelarut 25% didapatkan adanya pori yang terbentuk. Dari hasil analisa tersebut dapat dikatakan bahwa penambahan pelarut dapat menyebabkan adanya pori. Hal tersebut dikarenakan, terjadi proses penguapan dari *solvent* yang lebih lambat dari proses *crosslinking* pada epoksi itu sendiri sehingga menyebabkan pori itu terbentuk. Hal ini sesuai dengan pernyataan oleh Arda (2012) bahwa semakin banyak penambahan pelarut maka mengakibatkan semakin banyak dan besar pori yang terbentuk.

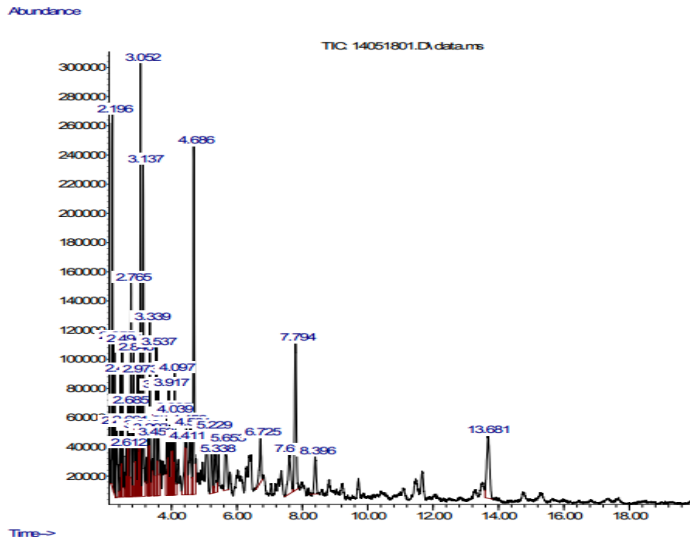


**Gambar 4.5 Hasil Pengujian SEM Lapisan Epoxy Primer dengan Penambahan Pelarut (A) 5%, (B) 15%, (C) 25% dengan Perbesaran 1000x**



## 4.5 Pengujian Gc-MS

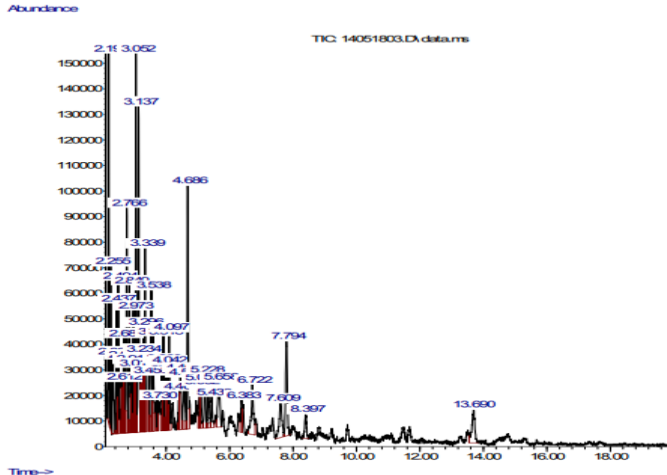
Pada penelitian ini pengujian GC-MS berfungsi untuk melihat apakah epoxy resin dari coating terlarut didalam avtur setelah dilakukannya pengujian immers selama 20 hari. Pada pengujian GC-MS ini dilakukan dengan membandingkan hasil dari GC-MS avtur murni dan avtur yang telah dilakukan pengujian immers selama 20 hari. Hasil dari pengujian gc-ms berupa grafik dimana sumbu x yaitu time dan sumbu y yaitu abundance. Sehingga dari hasil grafik akan menghasilkan Rt (waktu retensi). Dari penjelasan kepala laboratorium GC-MS Bapak Oki PT. Gelora Djaja bahwa waktu retensi ini keluar secara otomatis ke dalam grafik dimana jika cairan yang diuji sudah menjadi uap sepenuhnya waktu retensi akan otomatis berhenti. Dari waktu retensi nantinya akan bisa dibaca senyawa apa yang muncul. Grafik hasil pengujian GC-MS dapat dilihat



pada gambar berikut ini.

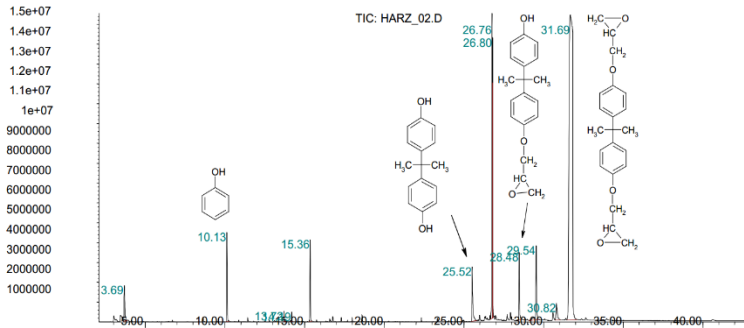


### Gambar 4.6 Hasil Pengujian GC-MS untuk Avtur Murni tanpa Immers



### Gambar 4.7 Hasil Pengujian GC-MS untuk Avtur Murni yang telah Dilakukan Pengujian Immers 20 Hari

Dari hasil data pada **Gambar 4.7** di atas dapat dianalisa bahwa senyawa yang terbentuk yang dapat dilihat di lampiran antara avtur murni tanpa immers dan avtur murni dengan immers 20 hari hasilnya hampir sama dan tidak menunjukkan adanya senyawa epoxy resin yang terbentuk. Hal tersebut dilakukan dengan cara melihat peak yang terbentuk dari hasil pengujian GC-MS untuk avtur dengan immers selama rentang waktu 20 hari yang tidak ada peak pembentuk senyawa epoxy resin. Dalam penelitian epoxy yang dilakukan oleh Adelab Scientific menghasilkan peak pembentuk senyawa epoxy resin yang dapat dilihat pada **Gambar 4.8** berikut ini.



**Gambar 4.8** Fragmen Karakteristik dari Epoxy Resin pada Pengujian Py-Gcms (*Adelab Scientific*)

**Tabel 4.2** Nama Fragment Pembentuk Epoxy Resin

| Waktu Retensi (Rt) | Senyawa   |
|--------------------|-----------|
| 10.13              | Fenol     |
| 25.52              | Bifenol A |
| 29.54              | Bifenol F |

Epoxy resin terbentuk pada peak yang menunjukkan waktu retensi atau Rt (10.13, 25.52, 29.54), peak-peak tersebut merupakan pembentuk fragmen epoxy resin. Keterangan dari nama senyawa senyawa pembentuk epoxy resin terlihat pada **Tabel 4.3** diatas. Setelah dibandingkan dengan pengujian gcms pada avtur yang telah di immers 20 hari tidak ada senyawa epoxy resin yang muncul yang terlihat pada **Tabel 4.4**. sehingga dapat





disimpulkan bahwa avtur yang dilakukan pengujian immers selama 20 hari tidak didapatkan senyawa epoxy yang terlarut didalamnya.

**Tabel 4.3 Hasil Pengujian Gc-ms untuk Cairan Avtur yang dilakukan Immers 20 Hari**

| Waktu Retensi (Rt) | Senyawa                         |
|--------------------|---------------------------------|
| 2.253              | Benzene, 1,3-dimethyl           |
| 2.767              | Benzene, 1-ethyl-2-methyl       |
| 2.847              | Benzene, 1,2,3-trimethyl-       |
| 3.139              | Benzene, 1,3,5-trimethyl-       |
| 3.053              | Decane                          |
| 3.236              | Tetradecane                     |
| 3.459              | Benzene, 1-methyl-4             |
| 3.539              | 1,3,5-Trimethylbenzene          |
| 3.596              | Cyclohexane, pentyl             |
| 3.865              | Heptane, 4-ethyl                |
| 3.916              | Benzene, 1-methyl-3-propyl      |
| 4.042              | Benzene, 1-methyl-2             |
| 4.099              | Naphthalene, decahydro-         |
| 4.408              | Benzene, 1-ethyl-2,3-dimethyl   |
| 4.453              | Benzene, methyl(1-methylethyl)  |
| 4.579              | Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethyl   |
| 5.225              | Naphthalene, decahydro-2-methyl |
| 5.659              | Naphthalene, decahydro-2-methyl |



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisa hasil dari penelitian, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

1. Penambahan pelarut paling sedikit sebesar 5% memiliki nilai daya lekat yang paling tinggi dengan nilai yaitu 10,69 MPa. Nilai daya lekat terendah didapatkan pada penambahan pelarut 25% dengan besar 6,26 MPa. Hal tersebut dikarenakan terjadinya cohesive failure yang mengakibatkan pori yang terbentuk dan membuat ikatan (*bonding*) antar coating semakin rendah.
2. Penambahan pelarut 5 % memiliki tingkat *blistering* yang paling rendah atau kecil. Untuk penambahan pelarut 25% memiliki tingkat *blistering* yang paling besar. Hal tersebut terjadi karena pelarut yang ditambahkan ke dalam cairan *coating* mengakibatkan terjadinya mekanisme osmotik *blistering*.
3. Penambahan pelarut 5% tidak ditemukannya pori yang terbentuk dan ikatan antar muka antara *coating* dan substrat paling baik. Pada penambahan pelarut 25% ditemukan adanya pori yang terbentuk dan ikatan antar muka antara coating dan substrat yang paling rendah.
4. Dari analisa hasil uji GC-MS tidak didapatkan waktu retensi pembentuk senyawa epoksi resin di cairan avtur yang digunakan untuk pengujian immers selama 20 hari.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat disampaikan berdasarkan analisis data dan pembahasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :



- 
1. Proses preparasi sampel untuk melihat morfologi menggunakan SEM harus hati-hati karena sangat mempengaruhi analisa yang dilakukan.
  2. Dalam preparasi sebelum proses coating harus benar benar dijaga kebersihannya agar hasil coating lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adelab Scientific. Pyrolysis GC/MS of Synthetic Resins <URL: [http://adelab.com.au/oldpdf/Pyromat\\_app002\\_resin1.pdf](http://adelab.com.au/oldpdf/Pyromat_app002_resin1.pdf)
- Augustsson C. 2004. *Epoxy Handbook*. Sweden : Ytterby.
- A. O. Nafday and S. Nestic. 2005. *Iron Carbonate Scale Formation and CO<sub>2</sub>-Corrosion in The Presence of Acetic Acid*. NACE International, Paper No : 05295.
- API 5L. 2004. *Specification for Line Pipe*. American. Petroleum Institute, 1220 L Street, N.W., Washington D.C.
- ASTM D-1655. 2000. *Standard Specific for Aviation Turbine Fuels*. ASTM.
- B. F. M. Pots and E. L. J. A. Hendriksen. 2000. *CO<sub>2</sub> Corrosion Under Scaling Conditions The Special Case of Top-of-Line Corrosion in Wet Gas Pipelines*. NACE International, Paper No : 00031.
- B. S. Liu. 2014. *Blistering failure analysis of organic coating on AZ91D Mg-alloy component*. Engineering failure Analisis. China:
- B. Singh and K. Krishnathasan. 2009. *Pragmatic Effects of Flow on Corrosion Prediction*. NACE International, Paper No : 09275.
- C. Graham and P. Griffith. 1973. *Drop Size Distributions and Heat Transfer in Dropwise Condensation, Int. J. Heat Mass Transf.*, pp. 337–346, 1973.
- El B. S. Liu. “Blistering failure analysis of organic coating on AZ91D Mg-alloy components”. Engineering failure Analisis (2014). China: Elseviersevier.
- E. M. Petrie. *Osmotic Blisters in Coating*. Elsevier 28 (2011)
- E. W. J. Van Hunnik, B. F. M. Pots, and E. L. J. A. Hendriksen. 1996. *The Formation of Protective FeCO<sub>3</sub> Corrosion Product Layer in CO<sub>2</sub> Corrosion*. NACE International, Paper No : 96006.

- Fajar Anugrah. 2009. *Pengertian Cat, Komponen Penyusun Cat, Jenis-Jenis Cat, Kualitas Cat.* (Artikel). <http://hunter-science.com/2011/06/pengertian-cat.html>. diakses pada 26 Januari 2018.
- F. Vitse, K. Alam, and Y. Gunaltun. 2002. *Semi-Empirical Model for Prediction of the TopOf-the-Line Corrosion Risk.* NACE International, Paper No : 02245.
- Hudson, R. 1982. *Surface Preparation For Coating.* The National Physical Laboratory.
- Hare, C.H (1998). *Mecanism of Corrosion Protection With Surface Treated Wollastonite Pigments.* Lakeville; Clive H. Hare Inc.
- I. Jevremovic, A. Debeljkovic, M. Singer, M. Achour, S. Nestic, and V. MiskovicStankovic. *A Mixture of Dicyclohexilamine and Oleylamine as Corrosion Inhibitor.*
- ISO 8501. 2011. *Corrosion Protection of Steel Structure by Painting.* International Organization for Standartization.
- J. Gerstmann and P. Griffith. 1967. *Laminar Film Condensation on the Underside of Horizontal and Inclined Surfaces.* Int. J. Heat Mass Transf., vol. I, pp. 567 – 580.
- J.M. Keijman.. *Achieving Quality in Coatings Work: The 21st Century Challenge. Proceeding Inorganic and Organic Coatings – The Difference.* England: The Brighton Centre (1999).
- J. Serbian Chem. 2012. *for Mild Steel in NaCl Solution Saturated with CO2 Under Both Continual Immersion and Top of the Line Corrosion.* Soc., vol. 77, no. 8, pp. 1047 – 106.
- J. W. Rose and L. R. Gilcksman. 1973. *Dropwise Condensation : The Distribution of Drop Sizes.* Int. J. Heat Mass Transf., pp. 411–425.
- J. W. Rose. 1998. *Some Aspects of Condensation Heat Transfer Theory.* Int. Commun. Heat Mass Transf., pp. 449 – 473, 1988.

- Korb. Lawrence J. & David L. Olson. 1992. *Etals Handbook Volume 13: Corrosion*. Philadelphia, ASM International.
- M. Abu - Orabi, 1998. *Modeling of Heat Transfer in Dropwise Condensation*. Int. J. Heat Mass Transf., pp. 81 – 87.
- M. Johnson and M. Tomson. 1991. *Ferrous carbonate Precipitation Kinetics and Its Impact on CO<sub>2</sub> Corrosion*. NACE International, Paper No : 0268.
- M. Nordsveen, S. Nestic, and R. Nyborg. 2003. *A Mechanistic Model for Carbon Dioxide Corrosion of Mild Steel in the Presence of Protective Iron Carbonate Films- Part 1: Theory and Verification*. J. Sci. Eng., pp. 443 – 456.
- M. Shayegani, M. Ghorbani, A. Afshar, and M. Rahmaniyan. 2009. *Modelling of Carbon Dioxide Corrosion of Steel with Iron Carbonate Precipitation*. Corros. Eng. Sci. Technol., vol. 44, no. 2, pp. 128 – 136.
- Muhammmad, Maulana Mufti, Agung Purniawan dan Hosta Ardhyanta. 2014. *Pengaruh Komposisi Pelarut dan Ketebalan Cat Epoksi Terhadap Daya Lekat dan Tingkat Pelepuhan (Blistering) pada Lingkungan NaCl Diaplikasikan pada Baja Karbon*. Surabaya: Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS Surabaya
- Mohammad Arda DH. 2012. *Studi pengaruh pelarut cat epoksi primer yang diaplikasikan pada substrat baja karbon rendah terhadap terbentuknya pori serta ketahanan korosi pada lingkungan NaCl 5%*. Depok: FT UI
- P. C. Okafor and S. Nestic. 2007. *Effect of Acetic Acid on CO<sub>2</sub> Corrosion of Carbon Steel in Vapor-Water Two - Phase Horizontal Flow*. Chem. Eng. Commun., vol. 194, no. 2, pp. 141 – 157.
- R. Nyborg, A. Dugstad, and L. Lunde. 1993. *Top of Line Corrosion and distribution of Glycol in Large Wet Gas Pipelines*. NACE International, Paper No : 00077.
- R. Nyborg and A. Dugstad. 2007. *Top of Line Corrosion and Water Condensation Rates in Wet Gas Pipelines*. NACE International, Paper No : 07555.

- Schweitzer, Philip A. 2006. *Paint and Coatings Applications and Corrosion Resistance*. New York: Taylor & Francis Group.
- S. Netic and K. Lee. 2003. *A Mechanistic Model for Carbon Dioxide Corrosion of Mild Steel in the Presence of Protective Iron Carbonate Films- Part 3 : Film Growth Model*. *J. Sci. Eng.*, pp. 616 – 628.
- S. Netic, J. Postlethwaite, and S. Olsen. 2007. *An Electrochemical Model for Prediction of Corrosion of Mild Steel in Aqueous Carbon Dioxide Solutions*. *CORROSION*, pp. 280 – 294.
- Vincent, Louis D. 2010. *The Protective Coating User's Handbook*. Texas : NACE International.
- Widharto, S. 2004. *Karat dan Pencegahannya, Edisi Ketiga*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita,
- W. Sun. 2006. *Kinetics of Iron Carbonate and Iron Sulfide Scale Formation in CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>S Corrosion*. USA : Ohio University.
- Z. Zhang, D. Hinkson, M. Singer, H. Wang, and S. Netic. 2007. *A Mechanistic Model of Top of the Line Corrosion,*” *CORROSION*, vol. 63, no. 11, pp. 1051 – 1062.
- Z. Zhang. 2008. *A Study of Top of the Line Corrosion Under Dropwise Condensation*. USA : Ohio University.



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**LAMPIRAN A**  
**HASIL PENGUJIAN DFT**

**Tabel A.1 Hasil Pengujian DFT (Dry Film Thickness) Sampel**

**Uji Daya Lekat**

| No. | Komposisi pelarut | Kode spesimen uji | DFT (Mikron) | rata rata DFT (Mikron) | rata rata total (Mikron) |
|-----|-------------------|-------------------|--------------|------------------------|--------------------------|
| 1   | 5%                | A1                | 127          | 137.16                 | 143.05                   |
| 2   |                   |                   | 125          |                        |                          |
| 3   |                   |                   | 150          |                        |                          |
| 4   |                   |                   | 136          |                        |                          |
| 5   |                   |                   | 140          |                        |                          |
| 6   |                   |                   | 145          | 142.28                 |                          |
| 7   |                   | A2                | 130          |                        |                          |
| 8   |                   |                   | 140          |                        |                          |
| 9   |                   |                   | 129          |                        |                          |
| 10  |                   |                   | 146          |                        |                          |
| 11  |                   |                   | 154          | 149.71                 |                          |
| 12  |                   |                   | 152          |                        |                          |
| 13  |                   | A3                | 162          |                        |                          |
| 14  |                   |                   | 154          |                        |                          |
| 15  |                   |                   | 143          |                        |                          |
| 16  |                   |                   | 151          |                        |                          |
| 17  |                   |                   | 146          |                        |                          |
| 19  |                   |                   | 140          |                        |                          |
| 20  |                   | 15%               | B1           | 111                    |                          |
| 21  |                   |                   | 113          |                        |                          |
| 22  |                   |                   | 122          |                        |                          |

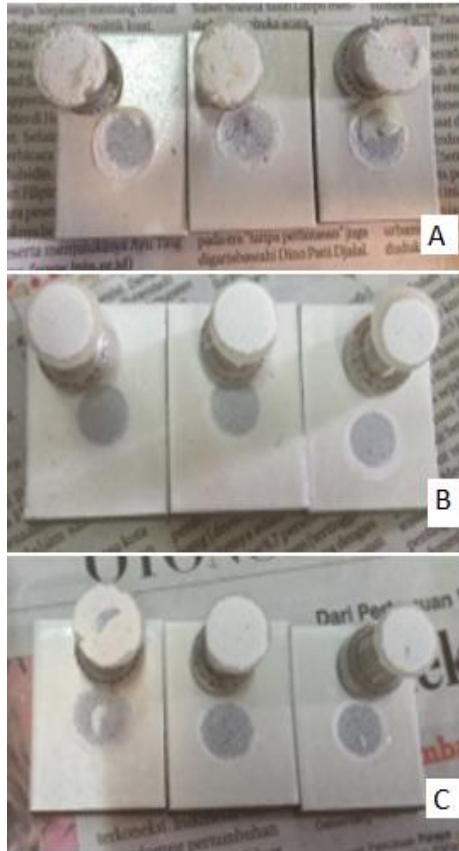
| No. | Komposisi pelarut | Kode spesimen uji | DFT (Mikron) | rata rata DFT (Mikron) | rata rata total (Mikron) |        |
|-----|-------------------|-------------------|--------------|------------------------|--------------------------|--------|
| 23  |                   |                   | 122          |                        |                          |        |
| 24  |                   |                   | 123          |                        |                          |        |
| 25  |                   |                   | 126          |                        |                          |        |
| 26  |                   | B2                | 122          |                        |                          | 119.83 |
| 27  |                   |                   | 121          |                        |                          |        |
| 28  |                   |                   | 122          |                        |                          |        |
| 29  |                   |                   | 109          |                        |                          |        |
| 30  |                   |                   | 119          |                        |                          |        |
| 31  |                   |                   | 126          | 127                    |                          |        |
| 32  |                   | B3                | 126          |                        |                          |        |
| 33  |                   |                   | 143          |                        |                          |        |
| 34  |                   |                   | 138          |                        |                          |        |
| 35  |                   |                   | 112          |                        |                          |        |
| 36  |                   |                   | 119          | 130.83                 |                          |        |
| 37  |                   |                   | 124          |                        |                          |        |
| 38  | C1                | 116               |              |                        |                          |        |
| 39  |                   | 131               |              |                        |                          |        |
| 40  |                   | 151               |              |                        |                          |        |
| 41  |                   | 128               | 134.16       |                        |                          |        |
| 42  |                   | 124               |              |                        |                          |        |
| 43  |                   | 135               |              |                        |                          |        |
| 44  | C2                | 130               |              |                        |                          |        |
| 45  |                   | 124               |              |                        |                          |        |
| 46  |                   | 111               | 145.83       |                        |                          |        |
| 47  |                   | 145               |              |                        |                          |        |
| 48  |                   | 151               |              |                        |                          |        |
| 49  |                   | 144               |              |                        |                          |        |
| 50  | C3                | 120               |              |                        |                          |        |

| <b>No.</b> | <b>Komposisi pelarut</b> | <b>Kode spesimen uji</b> | <b>DFT (Mikron)</b> | <b>rata rata DFT (Mikron)</b> | <b>rata rata total (Mikron)</b> |
|------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 51         |                          |                          | 159                 |                               |                                 |
| 52         |                          |                          | 161                 |                               |                                 |
| 53         |                          |                          | 139                 |                               |                                 |
| 54         |                          |                          | 144                 |                               |                                 |
| 55         |                          |                          | 152                 |                               |                                 |

## LAMPIRAN B

### HASIL PENGUJIAN KEKUATAN DAYA LEKAT

#### 1. Hasil Uji Daya Lekat dan Pengatan Visual Sebelum Immers

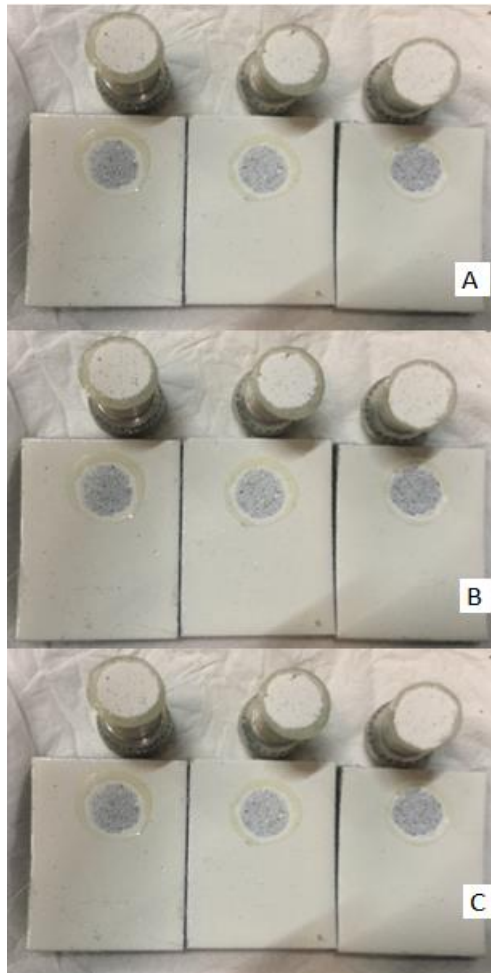


**Gambar B.1** Pengamatan Visual Daya Lekat Sebelum Immers dengan Variasi Pelarut (A) 5%, (B) 15%, dan (C) 25%

**Tabel B.1** Hasil Uji Daya Lekat Sebelum Immers

| <b>No.</b> | <b>Komposisi</b> | <b>Spesimen</b> | <b>Adhesi</b> | <b>Kohesi</b> | <b>Glue</b> | <b>MPA</b> | <b>Rata - Rata</b> |
|------------|------------------|-----------------|---------------|---------------|-------------|------------|--------------------|
| 1.         | 5%               | A1              | 0%            | 48%           | 52%         | 7.39       | 10.69              |
| 2.         |                  | A2              | 0%            | 100%          | 0%          | 10.92      |                    |
| 3.         |                  | A3              | 0%            | 58%           | 42%         | 13.76      |                    |
| 4.         | 15%              | B1              | 0%            | 100%          | 0%          | 8.60       | 7.86               |
| 5.         |                  | B2              | 0%            | 100%          | 0%          | 7.91       |                    |
| 6.         |                  | B3              | 0%            | 100%          | 0%          | 7.06       |                    |
| 7.         | 25%              | C1              | 0%            | 100%          | 0%          | 4.99       | 6.26               |
| 8.         |                  | C2              | 0%            | 62%           | 38%         | 8.1        |                    |
| 9.         |                  | C3              | 0%            | 100%          | 0%          | 5.7        |                    |

## 2. Hasil Uji Daya Lekat dan Pengamatan Visual Setelah Immers



**Gambar B.2** Pengamatan Visual Daya Dekat Sesudah Immers dengan Variasi Pelarut (A) 5%, (B) 15%, dan (C) 25%

**Tabel B.2 Hasil Uji Daya Lekat Sesudah Immers**

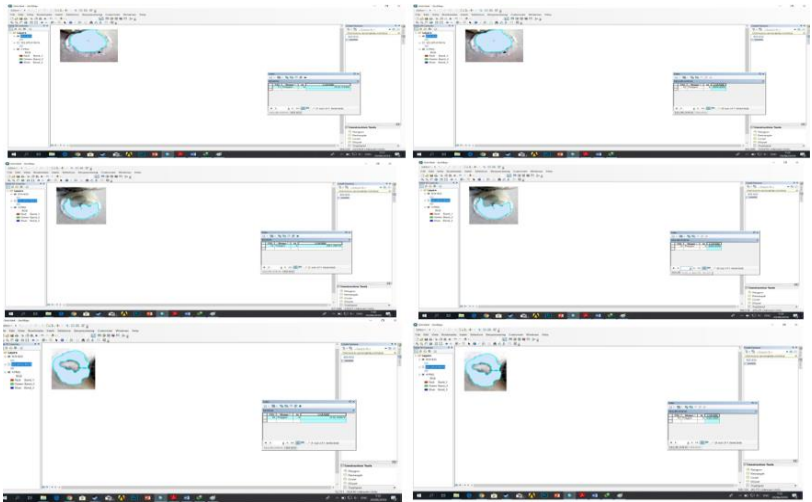
| <b>No.</b> | <b>Komposisi</b> | <b>Spesimen</b> | <b>Adhesi</b> | <b>Kohesi</b> | <b>Glue</b> | <b>MPA</b> | <b>Rata - Rata</b> |
|------------|------------------|-----------------|---------------|---------------|-------------|------------|--------------------|
| 1.         | 5%               | A1              | 0%            | 100%          | 0%          | 10.23      | 6.47               |
| 2.         |                  | A2              | 0%            | 100%          | 0%          | 4.59       |                    |
| 3.         |                  | A3              | 0%            | 100%          | 0%          | 4.6        |                    |
| 4.         | 15%              | B1              | 0%            | 100%          | 0%          | 2.70       | 3.18               |
| 5.         |                  | B2              | 0%            | 100%          | 0%          | 3.10       |                    |
| 6.         |                  | B3              | 0%            | 100%          | 0%          | 3.75       |                    |
| 7.         | 25%              | C1              | 0%            | 100%          | 0%          | 2.7        | 2.84               |
| 8.         |                  | C2              | 0%            | 100%          | 0%          | 2.92       |                    |
| 9.         |                  | C3              | 0%            | 100%          | 0%          | 2.9        |                    |



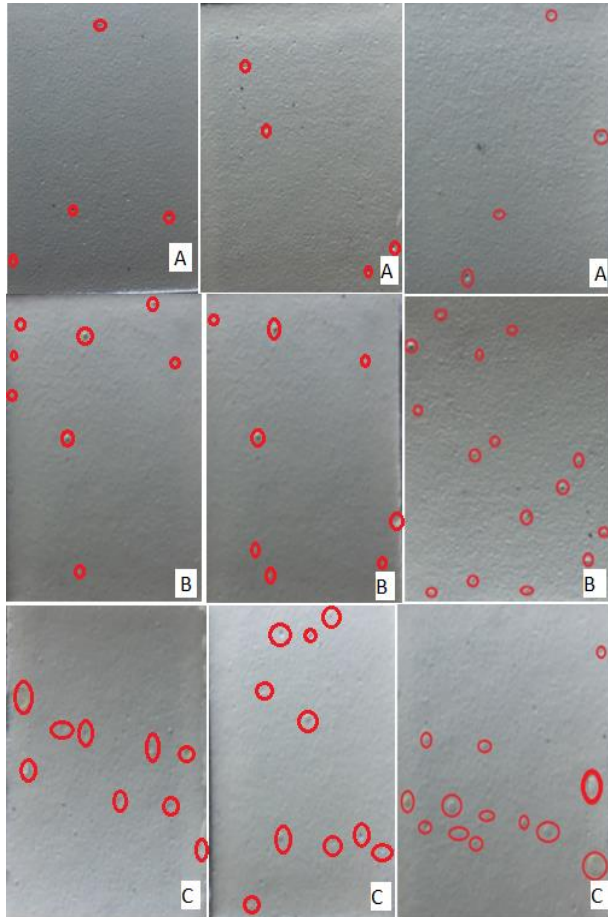
**Tabel B.3** Hasil Pengamatan Visual Kegagalan *Pull-off Test* Setelah 14 Hari Masa *Immersion* dengan Menggunakan *Software Arcmap 10.3*

| <b>Keterangan</b>             |               |                             |                             |                         |
|-------------------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| <b>Variasi Jumlah Pelarut</b> | <b>Sampel</b> | <b>Adhesive Failure (%)</b> | <b>Cohesive Failure (%)</b> | <b>Glue Failure (%)</b> |
| 5%                            | A1            | 0                           | 48                          | 52                      |
|                               | A2            | 0                           | 100                         | 0                       |
|                               | A3            | 0                           | 58                          | 42                      |
| 15%                           | B1            | 0                           | 100                         | 0                       |
|                               | B2            | 0                           | 100                         | 0                       |
|                               | B3            | 0                           | 100                         | 0                       |
| 25%                           | C1            | 0                           | 100                         | 0                       |
|                               | C2            | 0                           | 62                          | 38                      |
|                               | C3            | 0                           | 100                         | 0                       |

## Gambar pendukung :



**LAMPIRAN C**  
**HASIL PENGUJIAN TINGKAT BLISTERING**



**Gambar C.1** Hasil Uji Tingkat Blistering Setelah Dilakukan Immers dengan Variasi Penambahan Pelarut (A) 5%, (B) 15 %, Dan (C) 25%

# LAMPIRAN D

## DATA SHEET CAT EPOXY

### Tankguard HB

#### Product description

This is a two component polyamine cured epoxy coating. It has good chemical resistance. Can be used as primer, mid coat or finish coat, in atmospheric and immersed environments. Suitable for properly prepared carbon steel, galvanised steel, stainless steel and concrete substrates.

#### Typical use

##### Marine:

Designed as an internal tank coating for chemical tanks. This coating has good resistance to a wide range of products. Refer to Marine Product Resistance List on [www.jotunpri.com](http://www.jotunpri.com). Can be used as a coating for grey water, drilling mud, brine and crude oil tanks.

##### Protective:

Recommended as an internal lining for offshore, onshore and buried tanks and pipes. Refer to Protective Product Resistance List.

#### Approvals and certificates

Approved for PSPC for Crude Oil Tanks according to IMO Res. MSC 288(87)

Tested in accordance with API recommended practice 5L2

Additional certificates and approvals may be available on request.

#### Colours

light grey, pink, greyish green, grey, red

#### Product data

| Property              | Test/Standard                          | Description |
|-----------------------|--|-------------|
| Solids by volume      | ISO 3233                               | 50 ± 2 %    |
| Gloss level (GU 60 °) | ISO 2813                               | matt (0-35) |
| Flash point           | ISO 3679 Method 1                      | 25 °C       |
| Density               | calculated                             | 1,4 kg/l    |
| VOC-US/Hong Kong      | US EPA method 24 (tested)              | 390 g/l     |
| VOC-EU                | IED (2010/75/EU) (calculated)          | 483 g/l     |
| VOC-China             | GB/T 23985-2009 (ISO 11890-1) (tested) | 420 g/l     |

The provided data is typical for factory produced products, subject to slight variation depending on colour.

All data is valid for mixed paint.

Gloss description: According to Jotun Performance Coatings' definition.

## Film thickness per coat

### Typical recommended specification range

|                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| Dry film thickness         | 80 - 160 µm                 |
| Wet film thickness         | 160 - 320 µm                |
| Theoretical spreading rate | 6,3 - 3,1 m <sup>2</sup> /l |

Maximum recommended film thickness is often exceeded in overlap zones and in difficult-to-spray areas. This product can be applied up to 50 % higher than maximum specified film thickness without loss of technical properties.

## Surface preparation

To secure lasting adhesion to the subsequent product all surfaces shall be clean, dry and free from any contamination.

### Surface preparation summary table

| Substrate        | Surface preparation  |   |
|------------------|--|---|
|                  | Minimum  | Recommended   |
| Carbon steel     | Sa 2½ (ISO 8501-1)   | Sa 2½ (ISO 8501-1)  |
| Coated surfaces  | Clean, dry and undamaged compatible coating (ISO 12944-4 6.1)  | Clean, dry and undamaged compatible coating (ISO 12944-4 6.1)   |
| Concrete         | Dry abrasive blast cleaning to SSPC-SP 13/NACE No. 6.  | Dry abrasive blast cleaning to SSPC-SP 13/NACE No. 6.   |
| Stainless steel  | The surface shall be hand or machine abraded with non-metallic abrasives or bonded fibre machine or hand abrasive pads to impart a scratch pattern to the surface and to remove all polish from the surface. | Abrasive blast cleaning to achieve a surface profile using approved non-metallic abrasive media which is suitable to achieve a sharp and angular surface profile. |
| Galvanised steel | The surface shall be clean, dry and appear with a rough and dull profile.  | Light brush blasting using non-metallic abrasive leaving a clean, rough and even pattern.   |

## Application

### Application methods

The product can be applied by

|         |   |
|---------|---|
| Spray:  | Use airless spray.  |
| Brush:  | Recommended for stripe coating and small areas. Care must be taken to achieve the specified dry film thickness. |
| Roller: | Roller application only to be used for scallops, ratholes, small pipes etc.                                     |

### Product mixing ratio (by volume)

## Technical Data Sheet Tankguard HB



|                     |           |
|---------------------|-----------|
| Tankguard HB Comp A | 4 part(s) |
| Tankguard HB Comp B | 1 part(s) |

### Thinner/Cleaning solvent

Thinner: Jotun Thinner No. 23

### Guiding data for airless spray

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Nozzle tip (inch/1000):       | 17-23            |
| Pressure at nozzle (minimum): | 150 bar/2100 psi |

## Drying and Curing time

| Substrate temperature                  | 5 °C | 10 °C | 23 °C | 40 °C |
|--|------|-------|-------|-------|
| Surface (touch) dry                    | 12 h | 7 h   | 3.5 h | 1.5 h |
| Walk-on-dry                            | 36 h | 24 h  | 6 h   | 4 h   |
| Dry to over coat, minimum              | 36 h | 24 h  | 6 h   | 4 h   |
| Dry to over coat, maximum, atmospheric | 40 d | 25 d  | 21 d  | 7 d   |
| Dried/cured for service                | 28 d | 14 d  | 7 d   | 3 d   |
| Dried/cured for immersion              | 14 d | 7 d   | 4 d   | 2 d   |

Drying and curing times are determined under controlled temperatures and relative humidity below 85 %, and at average of the DFT range for the product.

Surface (touch) dry: The state of drying when slight pressure with a finger does not leave an imprint or reveal tackiness.

Walk-on-dry: Minimum time before the coating can tolerate normal foot traffic without permanent marks, imprints or other physical damage.

Dry to over coat, minimum: The shortest time allowed before the next coat can be applied.

Dry to over coat, maximum, atmospheric: The longest time allowed before the next coat can be applied.

Dried/cured for service: Minimum time before the coating can be permanently exposed to the intended environment/medium.

Dried/cured for immersion: Minimum time before the coating can be permanently immersed in sea water.

## Induction time and Pot life

| Paint temperature | 23 °C  |
|-------------------|--------|
| Induction time    | 20 min |
| Pot life          | 8 h    |

Reduced at higher temperatures

## Heat resistance

|                     | Temperature |        |
|---------------------|-------------|--------|
|                     | Continuous  | Peak   |
| Dry, atmospheric    | 120 °C      | 140 °C |
| Immersed, sea water | 50 °C       | 60 °C  |
| Immersed, crude oil | 70 °C       | 70 °C  |

Further resistance information can be found in Marine Product Resistance List and/or in Protective Product Resistance List available on Jotun's website, or contact your local Jotun office.

Peak temperature duration max. 1 hour.

The temperatures listed relate to retention of protective properties. Aesthetic properties may suffer at these temperatures.

Note that the coating will be resistant to various immersion temperatures depending on the specific chemical and whether immersion is constant or intermittent. Heat resistance is influenced by the total coating system. If used as part of a system, ensure all coatings in the system have similar heat resistance.

## Product compatibility

Depending on the actual exposure of the coating system, various primers and topcoats can be used in combination with this product. Some examples are shown below. Contact Jotun for specific system recommendation.

Previous coat: epoxy  
Subsequent coat: epoxy

## Packaging (typical)

|                     | Volume (litres) | Size of containers (litres) |
|---------------------|-----------------|-----------------------------|
| Tankguard HB Comp A | 16              | 20                          |
| Tankguard HB Comp B | 4               | 5                           |

The volume stated is for factory made colours. Note that local variants in pack size and filled volumes can vary due to local regulations.

## Storage

The product must be stored in accordance with national regulations. Keep the containers in a dry, cool, well ventilated space and away from sources of heat and ignition. Containers must be kept tightly closed. Handle with care.

### Shelf life at 23 °C

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| Tankguard HB Comp A | 24 month(s) |
| Tankguard HB Comp B | 24 month(s) |

In some markets commercial shelf life can be dictated shorter by local legislation. The above is minimum shelf life, thereafter the paint quality is subject to re-inspection.

---

## Caution

This product is for professional use only. The applicators and operators shall be trained, experienced and have the capability and equipment to mix/stir and apply the coatings correctly and according to Jotun's technical documentation. Applicators and operators shall use appropriate personal protection equipment when using this product. This guideline is given based on the current knowledge of the product. Any suggested deviation to suit the site conditions shall be forwarded to the responsible Jotun representative for approval before commencing the work.

---

## Health and safety

Please observe the precautionary notices displayed on the container. Use under well ventilated conditions. Do not inhale spray 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.

---

## Colour variation

When applicable, products primarily meant for use as primers or antifoulings may have slight colour variations from batch to batch. Such products may fade and chalk when exposed to sunlight and weathering.

---

## Disclaimer

The information in this document is given to the best of Jotun's knowledge, based on laboratory testing and practical experience. Jotun's products are considered as semi-finished goods and as such, products are often used under conditions beyond Jotun's control. Jotun cannot guarantee anything but the quality of the product itself. Minor product variations may be implemented in order to comply with local requirements. Jotun reserves the right to change the given data without further notice.

Users should always consult Jotun for specific guidance on the general suitability of this product for their needs and specific application practices.

If there is any inconsistency between different language issues of this document, the English (United Kingdom) version will prevail.

---



# LAMPIRAN E

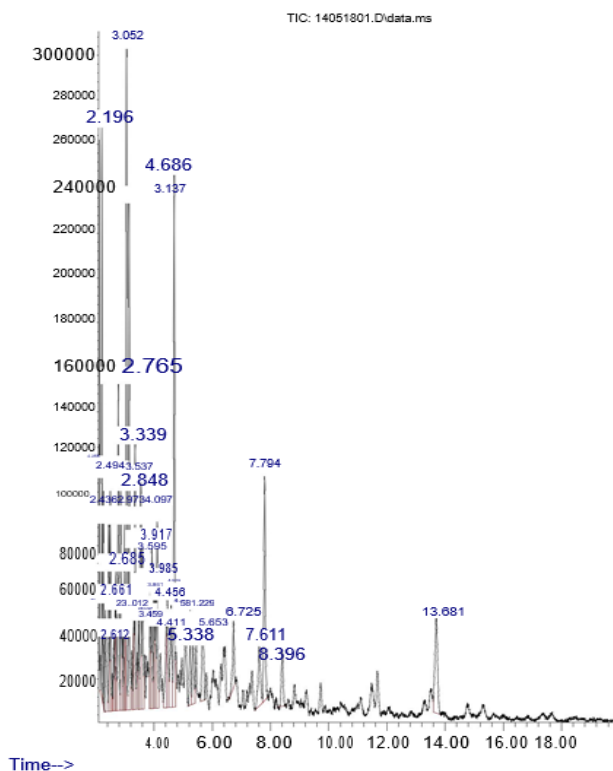
## HASIL PENGUJIAN GC-MS

### 1. Pengujian GC-MS pada Avtur Murni Tanpa Melalui Immers



Laboratorium PT. Gelora Djaja

Abundance



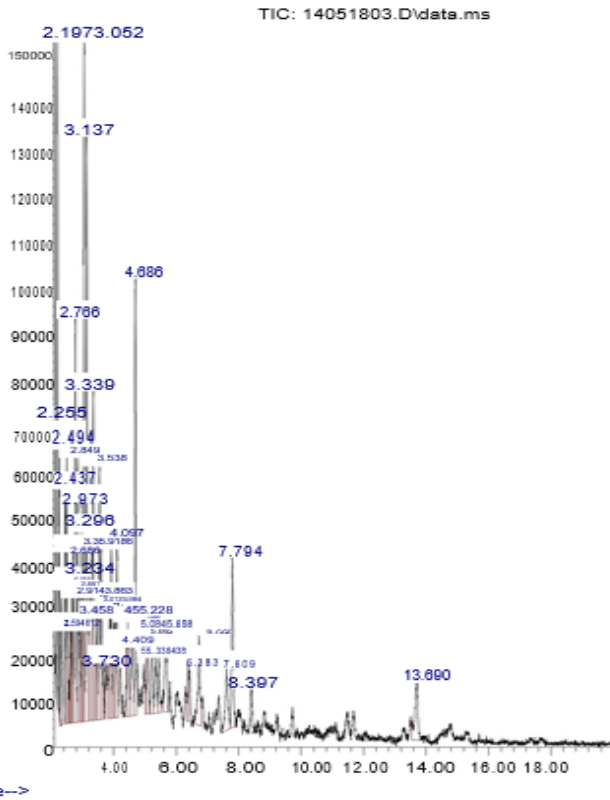
**Gambar E.1** Hasil Pengujian Gc-Ms untuk Avtur Murni yang Tidak Mengalami Immers

## 2. Pengujian GC-MS pada Avtur Murni yang Melalui Immers



Laboratorium PT. Gelora Djaja

Abundance



**Gambar E.2** Hasil Pengujian Gc-MS untuk Avtur Murni yang Mengalami Immers

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kota Pati, 29 Oktober 1995, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Pertiwi, SDN Dadirejo 01, kemudian SMP Negeri 3 Pati dan SMA Negeri 1 Pati. Setelah lulus dari SMA penulis melanjutkan studinya melalui jalur SNMPTN di Departemen Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2014 terdaftar dengan NRP. 02511440000013. Di Teknik Material dan Metalurgi penulis memilih bidang Korosi dan Pengendalian Korosi. Penulis sejak kuliah aktif mengikuti organisasi di Teknik Material dan Metalurgi sebagai Staff dan Organisasi luar IKMP. Berbagai pelatihan seperti LKMM Pra TD dan LKMM TD pernah diikuti oleh penulis. Penulis dapat dihubungi melalui email ke [Octaviyan.adi@gmail.com](mailto:Octaviyan.adi@gmail.com).

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*