TUGAS AKHIR – TL 141584

PENGARUH VARIASI JUMLAH LAYER CAT EPOKSI TERHADAP DAYA LEKAT DAN TINGKAT *BLISTERING* PADA MATERIAL API 5L DI LINGKUNGAN AVTUR

HAKIMUL WAFDA
NRP. 02511440000065

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

Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

TUGAS AKHIR – TL 141584

PENGARUH VARIASI JUMLAH LAYER CAT EPOKSI TERHADAP DAYA LEKAT DAN TINGKAT *BLISTERING* PADA MATERIAL API 5L DI LINGKUNGAN AVTUR

HAKIMUL WAFDA
NRP. 02511440000065

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

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

FINAL PROJECT – TL 141584

THE EFFECT OF EPOXY COATING LAYER ON ADHESION STRENGTH AND BLISTERING ON THE API 5L MATERIAL IN AVTUR ENVIRONMENT

HAKIMUL WAFDA
NRP. 02511440000065

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

DEPARTMENT OF MATERIAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

PENGARUH VARIASI JUMLAH LAYER CAT EPOKSI TERHADAP DAYA LEKAT DAN TINGKAT *BLISTERING* PADA MATERIAL API 5L DI LINGKUNGAN AVTUR

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Korosi dan Pengendalian Korosi
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Hakimul Wafda
NRP 02511440000065

Disetujui oleh tim penguji tugas akhir :

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

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

SURABAYA
JUNI 2018

Pengaruh Variasi Jumlah Layer Cat Epoksi Terhadap Daya Lekat dan Tingkat *Blistering* pada Material Api 5l di Lingkungan Avtur

Nama Mahasiswa : Hakimul Wafda
NRP : 02511440000099
Dosen Pembimbing : Ir. Moh. Farid, DEA
Dr. Agung Purniawan, ST, M. Eng

ABSTRAK

Pipa baja karbon adalah salah satu jenis pipa yang memiliki fungsi sentral di berbagai jenis industri, contohnya sebagai penyalur pada industri migas. Meski begitu, pipa baja karbon memiliki beberapa kelemahan antara lain kekerasannya rendah, tidak tahan aus, dan memiliki ketahanan korosi yang tidak begitu baik pada berbagai lingkungan. Pada umumnya proses korosi tidak dapat dihentikan sama sekali karena merupakan suatu proses alami yang akan terjadi saat suatu logam kontak dengan lingkungannya. Namun, ada alternatif pencegahan korosi yang penggunaannya disesuaikan dengan jenis peralatan, tempat, serta jenis lingkungan korosif. Salah satu metodenya adalah dengan pelapisan (*coating*) organik. *Coating* memiliki fungsi utama untuk memberikan perlindungan yaitu penghalang antara substrat dan lingkungan. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi fungsi *coating* dengan perlakuan variasi lapisan ketebalan. Variasi lapisan ketebalan yang digunakan yaitu 3 layer, 6 layer, 9 layer, dan 12 layer. *Coating* yang digunakan menggunakan 2 komponen yaitu cat primer sebagai komponen A dan binder (*curing agent)* sebagai komponen B. Pelarut (*solvent*) menggunakan *thinner* khusus. *Epoxy* dicampur hardenernya dengan perbandingan (4:1) serta menambahkan pelarut atau *thinner* kemudian akan digunakan untuk menutupi bahan substrat

baja karbon API 5L Grade B pada kondisi lingkungan pipa sesungguhnya yaitu lingkungan fluida avtur. Semprotan konvensional digunakan dalam aplikasi cat. Morfologi lapisan diselidiki dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy-E*). Untuk mengevaluasi fungsi *coating* pengujian *immersion, adhesion*, dan GC-MS (*gas chromatography-mass spectoscopy*) diterapkan. Dari pengujian dan analisa didapatkan jumlah layer paling sedikit yaitu 3 layer memiliki nilai daya lekat yang paling tinggi dengan nilai yaitu 13,38 MPa. Nilai daya lekat terendah didapatkan pada jumlah layer paling banyak yaitu 12 layer dengan besar 7,30 MPa hal ini menunjukan bahwa semakin tinggi jumlah layer cat mengakibatkan daya lekat cat akan semakin menurun dan tingkat *blistering* dari cat akan semakin banyak.

Kata Kunci: avtur, *blistering*, daya lekat, layer, pelapisan.

The Effect Of Epoxy Coating Layer On Adhesion Strength and Blistering On The Api 5l Material In Avtur Environment

Name : Hakimul Wafda
NRP : 02511440000065
Department : Material Engineering
Advissor : Ir. Moh. Farid, DEA
Dr. Agung Purniawan, ST, M. Eng

ABSTRACT

Carbon steel pipe is one type of pipe that has a central function in various types of industries, for example as a pipeline in the oil and gas industry. However, carbon steel pipes have some weaknesses, among others, low hardness, not wear resistance, and have poor corrosion resistance in various environments. In general, the corrosion process can not be stopped completely because it is a natural process that will occur when there is contact between a metal with its environment. However, there are alternatives to corrosion prevention adjusted to the type of equipment, place, and type of corrosive environment. One of the methods is organic coating. Coating has a primary function to provide protection as a barrier between the substrate and the environment. This study aims to evaluate the function of the coating with the treatment of thickness layer variation. The variations of the thickness layer are 3 layers, 6 layers, 9 layers, and 12 layers. Coating that used consist of two component that is primer paint as component A and binder (curing agent) as component B. Solvent (solvent) using special thinner. Epoxy mixed with hardener with a ratio of (4: 1) and added a solvent or thinner then the mixture applied to cover the substrate material of API 5L Grade B at the actual pipe environment condition that is avtur fluid environment. Conventional sprays are used in paint applications. The morphology of the coating is investigated by SEM (Scanning Electron Microscopy-E). Immersion, adhesion,

and GC-MS (gas chromatography-mass spectroscopy) testing was applied to evaluate the function of coating. From the testing and analysis found the number of layers 3 has the highest adhesive value with a value of 13.38 MPa. The lowest adhesive value is obtained on the number of layers 12 with a value of 7.30 MPa. This indicates that the higher the number of layers will decrease the adhesion and increase the blistering

Keywords : *avtur, blistering,adhesion strength, layer, coating.*

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 Jumlah Layer Cat Epoksi Terhadap Daya Lekat dan Tingkat *Blistering* pada Material 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. Keluarga penulis, Kedua orang tua penulis, Amir Mahmud dan Evin Nurbiyati dan adik penulis, Muchammad Alfi Karom yang telah memberikan segala hal dimiliki untuk membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini
4. Bapak Ir. Moh. Farid, DEA selaku dosen pembimbing yang selalu memberi masukan dan saran kepada penulis agar menghasilkan penelitian yang lebih berkualitas

5. Bapak Dr. Agung Purniawan, ST., M.Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Material FTI-ITS, sekaligus dosen pembimbing penulis yang selalu menyempatkan waktu denga penuh perhatian kepada penulis.
6. Isti Mudalifah teman, sahabat, dan kekasih penulis yang telah memberikan segalanya dalam proses penelitian ini, tiada kata cukup dalam terima kasih untukmu.
7. Ibu Dr. Widyastuti, S.Si., M.Si selaku dosen wali yang senantiasa memberi motivasi dan saran selama masa perkuliahan
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. Seluruh saudara penulis yang tidak bosan mengingatkan dan memberikan dukungan penuh atas terselesaikannya laporan tugas akhir
12. Bapak Agus Prihadi dan Bapak Nur Agus dari PT. PAL Indonesia yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menggunakan salah satu produk cat terbaiknya digunakan dalam penelitian, terima kasih banyak.
13. Octaviyan Adi Nugroho sebagai teman penulis sekaligus partner TA

14. Angkatanku MT16, terima kasih kepada kalian semua tanpa terkecuali, suatu kebanggan 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

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN v
ABSTRAK vii
ABSTRACT.....ix
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xiv
DAFTAR GAMBAR xvi
DAFTAR TABEL xviii
BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 2
1.5 Manfaat Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Pengertian Korosi..... 5
2.1.1 Mekanisme Korosi pada *Pipeline*.....6
2.1.2 Laju Korosi.....10
2.1.3 Metode Perlindungan Korosi Korosi.....11
2.2 Organik *Coating* 13
2.2.1 Pelapisan Organik.....13
2.2.2 Komponen Lapisan Organik.....13
2.2.3 Pengikat (*binder*).....13
2.2.4 Pigmen (*pigment*).....14
2.2.5 Pelarut (*Solvent*).....14
2.2.6 Aditif (*Additive*).....14
2.3 Preparasi Permukaan 15
2.4 *Epoxy Coating* 17
2.5 Epoksi Resin.....17
2.6 Kegagalan Pada Lapisan Organik.....18
2.6.1 Korosi di bawah Lapisan Organik.....20
2.6.2 *Blistering*.....20
2.6.3 Delaminasi Katodik.....21

2.6 Avtur (*Aviation Turbine Fuel*) 22
2.7 Baja.....23
2.8 *State Of The Art* (Penelitian Sebelumnya) 24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN
3.1 Diagram Alir 34
3.2 Metode Penelitian 35
3.3 Bahan Penelitian 35
3.4 Prosedur Penelitian.....37
3.4.1 Preparasi Substrat.....37
3.4.2 Preparasi Fluida Avtur.....38
3.4.3 Pengujian Immers.....39
3.4.4 Pengujian Daya Lekat.....40
3.4.5 *Scanning Electron Microscopy-E* (SEM).....41
3.4.6 Pengujian *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS).....41
3.5 Rancanngan Penelitian 42
BAB IV ANALISA DATA
4.1 Analisa Pengujian Daya Lekat 43
4.2 Analisa Pengujian Daya Lekat *Immersion* Avtur Selama 20 Hari..... 46
4.3 Analisa Morfologi 49
4.4 Analisa Pengujian *Blistering* 53
4.5 Analisa Pengujian GC-MS sampel Avtur 56
BAB V KESIMPULAN
5.1 Kesimpulan..... 61
5.2 Saran 62
DAFTAR PUSTAKA xix
LAMPIRAN
BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Beberapa Jenis Korosi yang Menyerang Pipa (UK HSE OTR, 2001) 7
Gambar 2.2 Batasan *Sour Service* untuk Gas yang Mengandung H_2S dengan Tingkat Kebahayaan *Sulphide Stress Cracking* Terhadap Baja Karbonatau Baja Paduan Rendah (NACE *International*, 2005) 10
Gambar 2.3 Struktur Cincin *Epoxy* atau *Oxirane* (Petrie, 2006) 17
Gambar 2.4 Struktur Resin Bisphenol-F (ASM International, 1992) 18
Gambar 2.5 Kerusakan pada *Coating*. (a) *Mechanical*, (b) T*hermal*, (c) *Chemical Bond Failure* (Philip, 2006) ...20
Gambar 2.6 Mekanisme Delaminasi Katodik yang Diawali dari Cacat pada Lapisan Organik dan juga *Blister* (Philippe, 2002) 21
Gambar 2.7 Grafik *Surface* Daya Lekat Terhadap Ketebalan dengan Perbedaan Komposisi Pelarut (Muhammad, dkk) 25
Gambar 2.8 Hasil Pengujian SEM Komposisi Penambahan Pelarut 20% dengan perbesaran 1000x dan 4000x a)0%, b)10%, dan c)20% (Muhammad, dkk) 26
Gambar 2.8 Grafik 3D *Pull off adhesion test* (Pratama dan Sudiyono, 2016) 28
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian..... 34
Gambar 3.2 Tingkatan Blistering yang dapat terjadi pada permukaan 39
Gambar 3.3. *Elcometer model 106 adhesion tester scale 1* 40
Gambar 3.4 Mesin uji SEM 41
Gambar 4.1 Grafik Scatter Daya Lekat Terhadap Variasi Jumlah Layer 44
Gambar 4.2 Foto Hasil Pengamatan Visual Daya Lekat.....45

Gambar 4.3 Hasil Pengujian Daya Lekat dan Pengamatan Visual pada sampel setelah dilakukan *immersion* selama 20 hari 47
Gambar 4.4 Grafik 2D Perbandingan Hasil Pengujian Daya Lekat Sebelum dan Sesudah *Immersion* 48
Gambar 4.5 Hasil Pengujian SEM Top View dengan Variasi Jumlah Layer 3 Perbesaran 1000x dan 4000x 50
Gambar 4.6 Hasil Pengujian SEM Top View dengan Variasi Jumlah Layer 6 Perbesaran 1000x dan 4000x 51
Gambar 4.7 Hasil Pengujian SEM Top View dengan Variasi Jumlah Layer 9 Perbesaran 1000x dan 4000x 51
Gambar 4.8 Hasil Pengujian SEM Top View dengan Variasi Jumlah Layer 12 Perbesaran 1000x dan 4000x 51
Gambar 4.9 Hasil Pengujian SEM *Cross Section* dengan Variasi Jumlah Layer 3 Perbesaran 1000x dan 4000x 52
Gambar 4.10 Hasil Pengujian SEM *Cross Section* dengan Variasi Jumlah Layer 6 Perbesaran 1000x dan 4000x 52
Gambar 4.11 Hasil Pengujian SEM *Cross Section* dengan Variasi Jumlah Layer 9 Perbesaran 1000x dan 4000x 52
Gambar 4.12 Hasil Pengujian SEM *Cross Section* dengan Variasi Jumlah Layer 12 Perbesaran 1000x dan 4000x 53
Gambar 4.13 Hasil Pengamatan Tingkat *Blistering* Jumlah Layer 3 Sampel (a), (b), dan (c) 54
Gambar 4.14 Hasil Pengamatan Tingkat *Blistering* Jumlah Layer 6 Sampel (a), (b), dan (c) 55
Gambar 4.15 Hasil Pengamatan Tingkat *Blistering* Jumlah Layer 9 Sampel (a), (b), dan (c) 55
Gambar 4.16 Hasil Pengamatan Tingkat *Blistering* Jumlah Layer 12 Sampel (a), (b), dan (c) 55
Gambar 4.17 Hasil Pengujian Gc-Ms untuk Avtur Sebelum Dilakukan Immers 57
Gambar 4.18 Hasil Pengujian GC-MS untuk Avtur yang Telah Dilakukan Pengujian Immers Selama 20 Hari 58
Gambar 4.19 Fragmen Karakteristik dari Epoksi Resin pada Pengujian Py-Gcms (*Adelab Scientific*) 59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bentuk Bentuk Korosi Sesuai Klasifikasi *ASM International* (ASM International, 1992) 8
Tabel 2.2 Tabel hubungan laju korosi dan ketahanan korosi (Jones, 1992) 11
Tabel 2.3 Ringkasan Standar Preparasi Permukaan SSPC (Philip, 2006) 16
Tabel 2.4. Komposisi Avtur (ASTM D1655, 2017) 23
Tabel 2.5 Hasil Pengujian Pull Off Adhesion Test C3 (Struktur Jembatan) (Pratama dan Sudiyono, 2016) 27
Tabel 2.6 Hasil Pengujian Pull Off Adhesion Test C4 (Industri Pengolahan Kimia) (Pratama dan Sudiyono, 2016) 28
Tabel 2.7 Hasil Pengujian Pull Off Adhesion Test C5 (Struktur Lingkungan Laut) (Pratama dan Sudiyono, 2016) 28
Tabel 2.8 Hasil Pengujian Pull-off Test.....29
Tabel 2.9 Hasil Pengujian Daya Lekat Terhadap Spesimen Setelah di *Salt Spray* 72 Jam.....30
Tabel 2.9 Hasil Pengujian Daya Lekat Terhadap Spesimen Setelah di *Salt Spray* 168 Jam.....30
Tabel 3.1 Komposisi Kimia API 5L Grade B 36
Tabel 3.2 Komposisi Cat *Epoxy* Komponen A (*Tankguard HB*) 36
Tabel 3.3 Komposisi Cat *Epoxy* Komponen B (*Tankguard HB*) 37
Tabel 3.4 Komposisi Pelarut (*Thinner* Jotun No.21) 37
Tabel 3.5 Rancangan Penelitian 42
Tabel 4.1 Hasil pengujian DFT 45
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Daya Lekat Setelah 20 hari masa *immersion* Avtur 38
Tabel 4.3 Hasil Pengamatan Visual Daya Lekat setelah 14 hari masa *immersion*……..39
Tabel 4.4 Hasil pengamatan tingkat *blistering* setelah 20 hari masa *immersion* pada avtur……54
Tabel 4.5 Nama Fragment Pembentuk Epoxy Resin……...59

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Gc-ms untuk cairan Avtur yang dilakukan immers 20 hari……60

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pipa baja karbon adalah salah satu jenis pipa yang memiliki fungsi sentral di berbagai jenis industri. Pipa jenis ini paling banyak digunakan untuk sistem pipeline pada industri minyak dan gas, *power plant* atau pembangkit energi, industri hidrokarbon dan kimia, industri otomotif, industri *furniture* dan industri-industri lainnya. Pipa baja karbon memiliki beberapa kelebihan dari jenis-jenis pipa lain seperti pipa galvanis, *pipa stainless steel* (SS), *polivinil klorida* dan lainnya. Kelebihan pipa baja karbon antara lain adalah harga yang relatif tidak mahal, kemudahan dalam proses instalasi dan sifat mekaniknya yang mampu menahan sifat panas, tekanan tinggi dan sifat merusak lainnya. Namun, pipa baja karbon memiliki beberapa kelemahan, antara lain kekerasannya rendah dan tidak tahan aus. Selain itu pipa baja karbon memiliki ketahanan korosi yang tidak begitu baik pada berbagai lingkungan. (Tezar, 2011).

Pada umumnya proses korosi tidak dapat dihentikan sama sekali karena merupakan suatu proses alami yang akan terjadi saat suatu logam kontak dengan lingkungannya. Hal ini akan mengakibatkan berkurangnya nilai logam secara teknis dan penurunan kualitas logam yang dapat menyebabkan berkurangnya umur pakai (*lifetime*) dari logam. Salah satu contohnya adalah pada material baja yang banyak digunakan pada industri migas sebagai penyalur. Ada beberapa alternatif pencegahan korosi yang penggunaannya disesuaikan dengan jenis peralatan, tempat serta jenis lingkungan yang korosif. Alternatif tersebut adalah sebagai berikut: pelapisan dengan cat (*organic coating*), pelapisan anorganik dengan *Portland Cement*, inhibisi (*inhibition*), proteksi katodik, dan pelapisan (*coating*). (Fontana, 1987)

Coating organik adalah campuran kompleks dari zat kimia yang dapat dibagi menjadi empat kategori besar: (1) pengikat, (2) komponen volatil, (3) pigmen, dan (4) aditif. Binder

adalah bahan yang membentuk film kontinu yang menempel pada substrat (permukaan yang dilapisi), yang mengikat bersama zat lainnya dalam lapisan untuk membentuk film, dan akan menghasilkan permukaan luar yang cukup keras. (Wicks, 2007)

Salah satu hal yang menentukan hasil pelapisan cat tidak hanya ditentukan oleh jenis cat yang digunakan, tetapi juga oleh parameter aplikasi cat seperti ketebalan lapisan cat permukaan substrat yang dihasilkan, faktor kondisi lingkungan dimana substrat ditempatkan dan persiapan permukaan sebelum pelapisan juga perlu diperhatikan (Rishad, 2016). Oleh sebab itu, pada penelitian ini akan dievaluasi pengaruh ketebalan lapisan cat terhadap daya lekat cat pada pipa baja karbon sehingga dapat memberi solusi yang baik untuk mendapatkan daya lekat cat yang optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang dikaji dalam penelitian kali ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi jumlah layer terhadap daya lekat cat epoksi?
2. Bagaimana pengaruh variasi jumlah layer terhadap tingkat *blistering* pada lingkungan avtur?
3. Bagaimana Pengaruh variasi jumlah layer terhadap morfologi cat epoksi?
4. Bagaimana pengaruh material *coating* terhadap fluida avtur?

1.3 Batasan Masalah

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

1. Komposisi substrat dianggap homogen dan bebas cacat.
2. Material coating dianggap tercampur merata.
3. Tingkat kekasaran dan kebersihan substrat dianggap sama.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penlitian ini yaitu:

1. Menganalisa pengaruh variasi jumlah layer terhadap daya lekat cat epoksi.
2. Menganalisa pengaruh variasi jumlah layer terhadap tingkat *blistering* pada lingkungan avtur.
3. Menganalisa pengaruh variasi jumlah layer cat terhadap morfologi cat epoksi.
4. Menganalisa reaksi antara material *coating* dan fluida avtur.

1.5 Manfaat Penelitan

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Memberi informasi mengenai jumlah layer yang dapat menghasilkan daya lekat cat epoksi optimal pada pipa baja karbon.
2. Memberi informasi mengenai tingkat *blistering* pada lingkungan avtur akibat jumlah layer yang berbeda.
3. Memberi informasi mengenai reaksi antara material *coating* dan fluida avtur.
4. Menjadi referensi bagi peneliti lain yang akan mengangkat tema yang sama namun dengan sudut pandang yang berbeda.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Korosi

Korosi merupakan degradasi dari material yang diakibatkan karena suatu proses alami yang akan terjadi saat suatu logam bereaksi dengan lingkungannya. Adanya reaksi korosi akan menyebabkan material mengalami perubahan sifat kearah yang lebih rendah atau kemampuan material tersebut akan berkurang. Dalam ilmu metalurgi, peristiwa korosi dapat dipandang sebagai suatu peristiwa reaksi senyawa kembali ke bentuk asalnya atau disebut sebagai kebalikan dari proses metalurgi ekstraksi. Peristiwa korosi terjadi karena adanya reaksi kimia dan elektrokimia. Beberapa elemen utama yang harus dipenuhi agar reaksi tersebut dapat terjadi adalah sebagai berikut:

a. Material

Dalam suatu peristiwa korosi, suatu material akan bersifat sebagai anoda. Anoda adalah suatu bagian dari suatu reaksi yang akan mengalami oksidasi. Akibat reaksi oksidasi, suatu logam akan kehilangan elektron, dan senyawa logam tersebut ion berubah menjadi ion-ion bebas.

b. Lingkungan

Dalam suatu peristiwa korosi, suatu lingkungan akan bersifat sebagai katoda. Katoda adalah suatu bagian dari rekasi yang akan mengalami reduksi. Akibat reaksi reduksi, lingkungan yang bersifat katoda akan membutuhkan elekron yang akan diambil dari anoda. Beberapa lingkungan yang dapat bersifat katoda adalah lingkungan air, atmosfer, gas, mineral *acid*, tanah, dan minyak.

c. Reaksi material dengan lingkungan

Adanya reaksi antara suatu material dengan lingkungannya merupakan suatu persyaratan yang sangat penting dalam terjadinya suatu peristiwa korosi. Reaksi

korosi hanya akan terjadi jika terdapat hubungan atau kontak langsung antara material dan lingkungan. Akibat adanya hubungan tersebut, akan terjadi reaksi reduksi dan oksidasi yang berlangsung secara spontan.

d. Elektrolit

Elektrolit adalah untuk mendukung suatu reaksi reduksi dan oksidasi dan melengkapi sirkuit elektrik, antara anoda dan katoda. Elektrolit menghantarkan listrik karena mengandung ion-ion yang mampu menghantarkan *elektroequivalen force* sehingga reaksi dapat berlangsung.

Reaksi korosi logam melibatkan dua reaksi setengah sel, yaitu reaksi oksidasi pada anoda dan reaksi reduksi pada katoda. Reaksi katoda dan anoda yang terjadi dalam proses korosi adalah sebagai berikut:

Anoda: $M \longrightarrow M^{n+} + ne^-$ (2.1)

Katoda:

a. Evolusi hidrogen (asam): $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$ (2.2)

b. Reduksi air (netral/basa): $H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$ (2.3)

c. Reduksi oksigen (asam): $O_2 + 4H^+ + 4\ e^- \longrightarrow 2H_2O$ (2.4)

d. Reduksi oksigen (netral/basa): $O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$ (2.5)

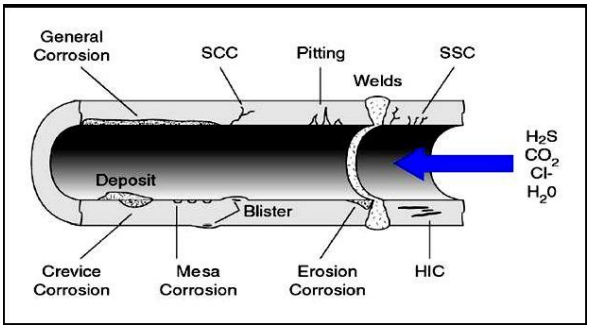
e. Reduksi ion logam: $M^{3+} + e^- \longrightarrow M^{2+}$ (2.6)

Berdasarkan bentuk kerusakan yang dihasilkan, penyebab korosi, lingkungan tempat terjadinya korosi, maupun jenis material yang diserang, korosi teragi menjadi beberapa macam, diantaranya adalah korosi merata (*uniform corrosion*), korosi galvanic (*galvanic corrosion*), korosi celah (*crevice corrosion*), korosi sumuran (*pitting corrosion*), korosi batas butir (*intergranular corrosion*), korosi erosi (*erosion corrosion*), *fretting*, *dealloying*, *hydrogen damaged* dan *environmentally induced corrosion* (Jones, 1992).

2.1.1 Mekanisme Korosi pada *Pipeline*

Bentuk-bentuk kerusakan yang sering terjadi pada *pipeline* diantaranya berupa penipisan, pembentukan

retakan/sumuran, perubahan penampilan dan penggetasan, sebagaimana diilustrasikan **Gambar 2.1.**



Gambar 2.1 Ilustrasi Beberapa Jenis Korosi yang Menyerang Pipa (UK HSE OTR, 2001)

Pada industri minyak dan gas korosi sangat penting untuk dikendalikan karena korosi dapat menyebabkan penurunan kemampuan menerima beban suatu logam bahkan dapat menyebabkan terjadinya kegagalan atau *failure* sehingga memiliki dampak pada keamanan manusia dan lingkungan sekitar, selain kerugian ekonomi. Pengenalan bentuk-bentuk korosi diperlukan untuk mengetahui teknik pengendalian korosi yang sesuai.

Walaupun klasifikasi korosi dapat tumpang tindih dan saling mempengaruhi satu sama lainnya, ASM International telah mengklasifikasi bentuk-bentuk korosi yang diperlukan bagi desainer, sebagai berikut:

Tabel 2.1 Bentuk-Bentuk Korosi Sesuai Klasifikasi *ASM International* (ASM International, 1992)

Korosi General	**Korosi lokal**	**Korosi yang dipengaruhi Metalurgi**	**Degradasi yang diakibatkan oleh Mesin**	***Crack* Akibat dari Lingkungan**
Serangan korosif didominasi oleh penipisan yang seragam	Tingginya penetrasi logam di lokasi tertentu	Terkena paduan kimia dan perlakuan panas	Korosi dengan komponen mekanis	*Crack* dihasilkan oleh korosi dengan adanya tegangan
-Korosi Atmosfir -Korosi Galvanik -Korosi *Stray-current* -Korosi *General Biological* -Korosi *Molten Salt* -Korosi di	-Korosi Celah -Korosi Filliform -Korosi *Biological*	-Korosi Intergranular -Korosi *Dealloying*	-Korosi Erosi -Korosi *Fretting* -*Cavitation and Water Drop Impingement* -Korosi Fatigue	-*Stress Corrosion Cracking* -Kerusakan Akibat Hydrogen -*Liquid Metal Embrittlement* -*Solid Metal Induced Embrittlement*

Liquid Metal -Korosi Temperatur Tinggi				

Tipe korosi yang umum dikenal pada pipa penyalur minyak dan gas adalah:

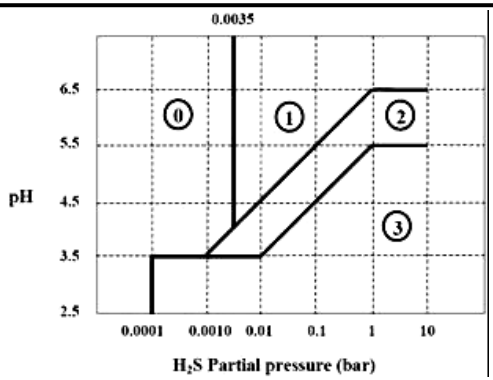
1. Korosi CO_2 (*sweet corrosion*)

   Korosi ini terjadi karena adanya CO_2 yang dominan dalam fluida, ditunjukkan oleh region 0 dalam diagram domain pH–tekanan parsial H_2S (lih. **Gambar 2.2**)

2. Korosi H_2S (*sour corrosion*)

   Korosi ini terjadi karena adanya H_2S yang dominan dalam fluida, ditunjukkan oleh region 1, 2, atau 3 dalam diagram domain pH–tekanan parsial H_2S.

Selain kedua tipe ini, dikenal pula fenomena korosi pada posisi sekitar jam dua belas (*top-of-line corrosion*). Korosi ini terjadi karena adanya spesi-spesi korosif seperti CO_2, asam-asam organik dan H_2S yang terkandung dalam gas disertai pengembunan uap air pada bagian langit-langit pipa.



Gambar 2.2 Batasan *Sour Service* untuk Gas yang Mengandung H_2S dengan Tingkat Kebahayaan *Sulphide Stress Cracking* Terhadap Baja Karbonatau Baja Paduan Rendah (NACE *International*, 2005)

2.1.2 Laju Korosi

Pengukuran laju korosi (*corrosion rate*) secara eksperimen dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu:

1. Metode pengukuran kehilangan berat
2. Metode elektrokimia (metode tafel dan polarisasi)
3. Metode perubahan tahanan listrik

Pada metode pengukuran kehilangan berat, besarnya korosi dinyatakan sebagai besarnya kehilangan berat kupon logam yang diuji persatuan luas permukaan persatuan waktu. Secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$CR = \frac{87{,}6\,W}{DAT} \qquad (2.7)$$

Dimana :
CR = Laju korosi (mm/year)
D = Densitas (gram/cm^3)
A = Luas permukaan (cm^2)
T = Waktu (jam)

Banyak cara yang telah dilakukan untuk menjelaskan satuan laju korosi yang terjadi pada suatu material contohnya gram per inchi kuadrat per jam, persen pengurangan berat dan yang paling banyak dipergunakan adalah *mills per year* (mpy). Satu *mils* adalah setara dengan 0,001 inchi. Pada **tabel 2.2** berikut dapat dilihat hubungan laju korosi dengan ketahanan korosinya (relatif).

Tabel 2.2 Tabel hubungan laju korosi dan ketahanan korosi (Jones, 1992)

Ketahanan Korosi Relatif	Laju Korosi				
	mpy	mm/yr	μm/yr	mm/hr	pm/s
Sangat baik	<1	<0.02	<25	<2	<1
Baik	1-5	0,02-0,1	25-100	2-10	1-5
Cukup	5-20	0,1-0,5	100-500	10-50	20-50
Kurang	20-50	0,5-1	500-1000	50-150	20-50
Buruk	50-200	1-5	1000-5000	150-500	50-200

2.1.3 Metode Perlindungan 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 menganalisan dalam proses desain sejak pemulihan proses, penentuan kondisi-kondisi prosesnya, pemulihan *lay-out* saat kontruksi hingga tahap *star-up*nya.
2. Pemulihan Material
   Pemulihan baha anti korupsi merupakan tinjauan dalam setiap perancangan kontruksi. 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.
   1. Pelapisan *(Coating)*
      Metode pelapisan atau *coating* biasanya diterapkan pada suatu permukaan material logam. Pada pelapiasannya 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 tertujuan memberi efek keindahan pada suatu material.
   2. 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 ekternal 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.

2.2 Organik *Coating*

2.2.1 Pelapisan Organik

Coating organik merupakan penghalang tipis organik antara material (substrat) dengan lingkungannya. *Coating* Organik biasa diaplikasikan berbentuk cairan dengan menggunakan kuas, rol, dan penyemprotan (Forsgren, 2006). *Coating* yang terdiri dari *binder, pigment, additive,* dan *solvent*, adalah zat lapis organik yang biasa digunakan untuk proteksi korosi. (Philip, 2006).

2.2.2 Komponen Lapisan Organik

Komponen pada lapisan organik terdiri dari binder, pigmen, additif, dan solvent. Sistem pelapisan organik diklasifikasikan berdasarkan jenis binder atau resin. Meskipun binder atau resin yang biasanya merupakan polimer organik merupakan elemen yang memberikan efek yang lebih berpengaruh terhadap ketahanan dan sifat dari lapisan organik, namun jenis dan jumlah dari pigment, solvent, dan additif dapat mempengaruhi sifat dan kemampuan proteksi dari lapisan organic. (Philip, 2006)

2.2.3 Pengikat (*Binder*)

Binder adalah unsur pembentuk lapisan (*film*) pada pelapisan organik, di mana *binder* berfungsi mengikat komponen

lain sehingga dapat membentuk lapisan keras. Sebagian besar *binder* pada pelapisan organik menggunakan bahan polimer organik atau biasa disebut resin. (Wicks, 1999)

Contoh *binder* adalah, *epoxy, acrylic, polyurethane, polyester, alkyd*, dll. Masing-masing memiliki sifat yang berbeda. Maka dari itu dalam menentukan jenis pelapisan organik yang akan digunakan harus memperhatikan lingkungan operasi dan sifat yang dimiliki oleh *binder* itu sendiri. (Phillip, 2006)

2.2.4 Pigmen (*pigment*)

Tujuan utama adanya pigmen dalam lapisan organik adalah untuk memberikan warna pada lapisan film. Selain itu pigmen juga dapat meningkatkan sifat ketahanan korosi, ketahanan *ultra violet* dan dapat menambah sifat adhesif dari lapisan organik.

Pigmen dalam melindungi substrat logam dari korosi, pigmen dapat bekerja sebagai zat inhibitor, zat yang dikorbankan (*sacrificial*) seperti seng, serta zat penghalang (*barrier*) seperti kaca (*glass*). (Forsgren, 2006)

2.2.5 Pelarut (*solvent*)

Komponen *solvent* (pelarut) dibutuhkan untuk mengurangi kekentalan dari resin dan komponen lainnya sehingga memudahkan dalam pengaplikasian. Pelarut dibutuhkan saat pengaplikasian zat lapis organik pada substrat. Tetapi setelah pengaplikasian, pelarut akan menguap dari lapisan organik yang masih basah. Jika ada pelarut yang tidak menguap, maka hal tersebut mengakibatkan kegagalan pada lapisan organik, seperti *blistering* dan *pinhole*. (Philip, 2006)

2.2.6 Aditif (*additive*)

Untuk tujuan proteksi korosi, komponen paling utama pada lapisan organik ialah *binder* dan pigmen. Fungsi dari *additive* ialah sebagai pengontrol aliran dan dispersi, reagen yang reaktif, dan zat kimia yang tahan terhadap lingkungan tertentu.

Sebagai pengontrol aliran dan dispersi, *additive* membuat lapisan organic dapat mengontrol sifatnya saat dalam keadaan basah, yaitu pada saat pencampuran, pengaplikasian maupun proses *curing*. Sebagai reagen yang reaktif, *additive* membantu dalam pembentukan film, membentuk ikatan pada substrat, proses *crosslinking*, dan *curing*. Dan sebagai zat kima yang tahan terhadap lingkungan, *additive* dapat memberikan perlindungan terhadap suatu lingkungan tertentu seperti lingkungan laut dan sinar UV. (Forsgren, 2006)

2.3 Preparasi Permukaan

Sifat penting dari suatu lapisan organik adalah kemampuan untuk melekat pada substrat. Maka dari itu substrat harus bebas dari kotoran dan kontaminan seperti minyak dan produk-produk korosi. Maka dari itu dibutuhkan proses preparasi permukaan. Keberhasilan dari proses coating tergantung pada proses preparasi permukaan, dimana preparasi permukaan ini akan mempengaruhi kekuatan adhesi dari material. (Trijatmiko, 2016)

Preparasi permukaan adalah tahap awal yang sangat penting pada substrat sebelum dilakukannya penerapan pelapisan. Tahapan ini mempengaruhi kemampuan material dalam mengikat lapisan *coating*. Adanya pengotor pada permukaan seperti minyak, karat, bekas cat akan mengurangi kekuatan adhesi lapisan pada substrat. (Hudson, 1982)

Karena preparasi permukaan memegang peranan penting untuk mendapatkan kekuatan adhesi yang diinginkan, maka terdapat suatu standar yang mengatur metode preparasi permukaan. Metode tersebut dikeluarkan oleh *Steel Structures Painting Council* (SSPC). **Tabel 2.3** berikut ini merangkum metode standar preparasi permukaan yang dikeluarkan oleh SSPC.

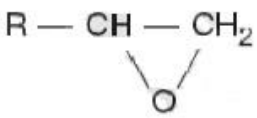
Tabel 2.3 Ringkasan Standar Preparasi Permukaan SSPC (Philip, 2006)

Spesifikasi	Deskripsi
SP 1: Solvent Cleaning	Penghilangan minyak, minyak pelumas, kotoran, sosil, garam, dan kontaminan dengan cara membersihkan dengan pelarut, uap, alkali, emulsi, atau uap
SP 2: Hand-tool Cleaning	Penghilangan karat longgar, *mill scale*, dan cat sampai tingkat ditentukan dengan *hand chipping*, *scraping*, *sanding*, dan *wire brushing*
SP 3: Power-tool Cleaning	Penghilangan karat longgar, *mill scale*, dan cat sampai tingkat ditentukan dengan *power tool chipping*, *scraping*, *sanding*, *wire brushing*, dan *grinding*
SP 5: White-metal Blast Cleaning	Penghapusan semua karat, *mill scale*, cat, dan benda asing dengan *blast cleaning* menggunakan roda atau nosel (kering atau basah), menggunakan pasir, kerikil, atau tembakan
SP 6: Commercial Blast	*Blast cleaning* sampai dua pertiga dari luas permukaan bebas dari semua residu yang terlihat
SP 7: Brush-off Blast Cleaning	*Blast cleaning* semua kecuali residu yang melekat dari *mill scale*, karat, dan pelapis, memperlihatkan banyak bintik-bintik yang merata dari logam

	yang mendasarinya
SP 8: Pickling	Penghilangan lengkap karat dan *mill scale* dengan *acid pickling, duplex pickling, or electrolytic pickling*
SP 10: Near-white Blast Cleaning	*Blast cleaning* hampir sampai kebersihan *white-metal cleanliness*, sampai setidaknya 95% luas permukaan bebas dari semua residu yang terlihat

2.4 *Epoxy Coating*

Coating epoksi banyak digunakan di konstruksi untuk meningkatkan ketahanan korosi. (Miller, dkk., 2003). Memliki sifat yang sangat kuat, tahan terhadap zat kimia, dan memiliki adesi yang baik pada substrat, maka *epoxy coating* merupakan jenis pelapisan antikorosi yang paling penting. *Epoxy, epoxy resin*, atau *epoxide* adalah kelompok senyawa yang memiliki ciri adanya cincin *oxirane* atau *epoxy*, seperti pada gambar 2.3 berikut:



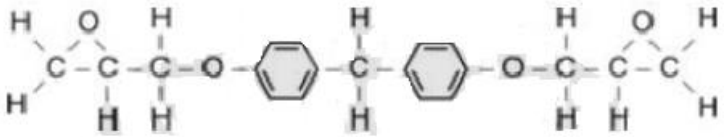
Gambar 2.3 Struktur Cincin *Epoxy* atau *Oxirane* (Petrie, 2006)

2.5 Epoksi Resin

Epoksi resin merupakan kelompok epoksida memiliki banyak reaksi yang berguna dalam resin kimia, khususnya yang mengandung karboksil, hidroksil, fenol, dan amina. Reaksi ini tidak memerlukan temperatur tinggi, bersifat eksotermik dan

mudah dikatalisis. Mereka biasa digunakan dalam perakitan polimer dan dalam teknologi pelapisan. (Lambourne, 1999) Epoksi resin juga banyak digunakan dalam melindungi struktur baja (Talo, 1999)

Epoxy resin adalah senyawa yang memiliki cincin *epoxy*. Bisphenol-F resin adalah salah satu *epoxy resin* yang terbentuk dari hasil reaksi antara *phenol* dengan *formaldehyde*. Resin ini memiliki ketahanan kimia dan panas yang baik serta berat molekul yang rendah (Petrie, 2006). Struktur resin dari Bisphenol-F dapat dilihat pada **Gambar 2.4** berikut ini:



Gambar 2.4 Struktur Resin Bisphenol-F (ASM International, 1992)

Kelompok epoksi memiliki berbagai bentuk, tergantung pada jenis resin epoksi (yang mengandung gugus epoksida) bereaksi dengan *carboxyl, hydroxyl, phenol,* atau *amine* sebagai *curing agent*. *Curing agent* yang paling umum digunakan adalah :

1. Aliphatic polyamines
2. Polyamine adducts
3. Ketimines
4. Polyamides/amidoamines
5. Aromatic amines
6. Cycloaliphatic amines
7. Polyisocyanates

2.6 Kegagalan Pada Lapisan Organik

Kegagalan pada ikatan *coating* dapat disebabkan oleh faktor seperti pengaplikasian yang kurang baik, preparasi

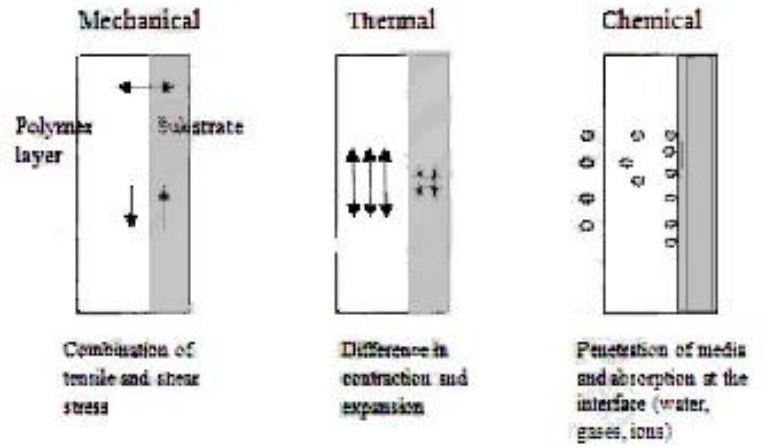
permukaan yang kurang baik, efek lingkungan, cacat pada lapisan organik, serta korosi. Kegagalan yang terjadi pada coating biasa berupa *cohesive failure* serta *stress* dan *chemical failure.* (Philip, 2006)

1. *Cohesive failure*

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

2. *Stress* dan *thermal failure*

   Stress dan *thermal failure* disebabkan adanya gaya mekanik dari luar, hal ini dapat merusak *coating* maupun ikatan yang terjadi antara *coating* dengan permukaannya (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 2.5.**



Gambar 2.5 Kerusakan pada *Coating*. (a) *Mechanical*, (b) T*hermal*, (c) *Chemical Bond Failure* (Philip, 2006)

2.6.1 Korosi di Bawah Lapisan Organik

Saat lapisan organik berada pada lingkungan lembab ataupun pada larutan encer, air akan berpenetrasi ke dalam lapisan *interface* antara substrat dan lapisan organik. Penetrasi air tersebut dapat merusak ikatan antara substrat dan lapisan organik sehingga dapat mengakibatkan hilangnya adesi atau daya lekat dari lapisan organik tersebut, kemudian mengakibatkan inisiasi korosi. Korosi di bawah lapisan organik diantaranya adalah *blistering* (pelepuhan) dan delaminasi katodik. (Philip, 2006)

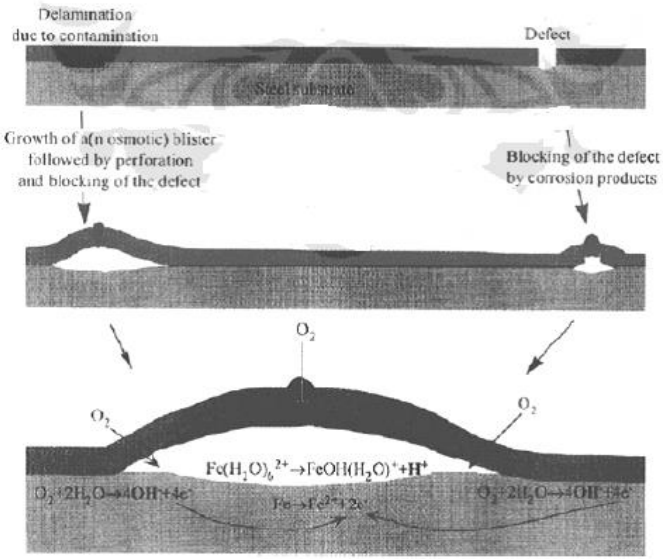
2.6.2 Blistering

Uap air dan oksigen dapat berdifusi ke dalam lapisan organik dan berakhir pada lapisan antarmuka antara substrat dan lapisan film. Akibatnya, pada antarmuka akan terdapat molekul air, dan akan terus meningkat sehingga pada bagian antarmuka yang daya lekatnya kurang baik. Reaksi korosi dimulai pada bagian tersebut karena adanya elektrolit yang terakumulasi.

Reaksi tersebut dapat menyebabkan pembentukan *blister* (pelepuhan), di mana adesi antara *coating* dan substrat menjadi tidak baik atau rusak. *Blister* tersebut nantinya akan tumbuh dan berkembang, sehingga menyebabkan adanya peristiwa delaminasi katodik. (Philip, 2006)

2.6.3 Delaminasi Katodik

Saat proteksi katodik diberikan pada logam yang terlapisi *coating* organik, maka peristiwa delaminasi katodik (*cathodic delamination*) dapat terjadi, Delaminasi katodik adalah peristiwa hilangnya daya lekat antara substrat dan lapisan *coating*. Hilangnya adesi *coating* pada substrat dapat terjadi pada daerah lapisan organik yang terdapat cacat maupun yang masih baik. Mekanisme delaminasi katodik dapat dilihat pada **Gambar 2.6.**



Gambar 2.6 Mekanisme Delaminasi Katodik yang Diawali dari Cacat pada Lapisan Organik dan juga *Blister* (Philippe, 2002)

Pada lapisan organik yang terdapat cacat, ada bagian substrat yang langsung terkena atau terpapar oleh lingkungan yang korosif sehingga menghasilkan produk korosi. Produk korosi tersebut akan terus terbentuk sehingga akan menutupi bagian *coating* yang cacat, dan merusak ikatan antara *coating* dengan substrat sehingga hal ini akan menyebab *blistering* (pelepuhan). Pada daerah pelepuhan tersebut terjadi perbedaan konsentrasi oksigen, yaitu konsentrasi oksigen di daerah bawah produk korosi lebih kecil dibandingkan di daerah tepi kerusakan pada *coating*. Sehingga proses korosi tersebut akan terus menerus berjalan di bawah lapisan film. Sedangkan pada kondisi 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 menyebabkan daya lekat antara substrat dan *coating* akan hilang. (Philippe, 2002)

2.7 Avtur (*Aviation Turbine Fuel*)

Aviation Turbine Fuel (AVTUR) atau secara internasional lebih dikenal dengan nama Jet A-1 adalah bahan bakar untuk pesawat terbang jenis jet (baik tipe jet propusion atau propeller.) Avtur adalah minyak tanah dengan spesifikasi yang diperketat, terutama mengenai titik uap, dan titik beku. Secara umum, avtur memiliki kualitas yang lebih tinggi dibandingkan bahan bakar yang digunakan untuk pemakaian yang kurang ‘genting’ seperti pemanasan atau transportasi darat. (Ginting, 2014)

Berikut ini merupakan standard komposisi avtur menurut ASTM D1655 di tunjukan pada **tabel 2.4**.

Tabel 2.4. Komposisi Avtur (ASTM D1655, 2017)

Acidity, mg KOH/g	0.10 Max.
Aromatics, Vol. %	25.0 Max.ax.
Sulphur, mercaptan, Wt. %	0.003 Max.
10% Distillation, ºC	205.0 Max.
Final Boiling Point, ºC	300.0 Max
Distillation Residue, %	1.5 Max.
Distillation Loss, %	1.5 Max.
Flash Point, ºC	38.0 Min.
Density @ 15ºC, kg/m3	775/840.0
Freeze Point, ºC	-47.0 Max
Viscosity @ -20ºC, mm/s	8.0000 Max.
Net Heat of Combustion, MJ/kg	42.80 Min

2.8 Baja

Besi murni (ferit) tentulah tidak mengandung karbon. Besi ini relatif lunak dan liat serta mampu tempa, tetapi tidak kuat. Hampir semua besi murni mempunyai suatu kekuatan tarik batas sekitar 40.000 psi. Penambahan karbon ke dalam besi murni dalam jumlah yang berkisar dari 0,05 sampai 1,7 persen, menghasilkan apa yang dikenal sebagai baja. (Afandi, dkk., 2015)Bila satu atau lebih logam ditambahkan kedalam baja karbon dalam jumlah yang cukup maka akan diperoleh sifat-sifat baja yang baru, hasil ini dikenal dengan baja paduan. Logam paduan yang umum digunakan adalah nikel, mangan, khrom, vanad, dan molibden. Baja karbon biasanya diklasifikasikan seperti ditunjukkan di bawah ini :

1. Baja karbon rendah

   Mengandung karbon antara 0,05 hingga 0,30 wt% C. Memiliki kekuatan luluh (*yield strength*) 275 MPa (40.000 psi), kekuatan tarik (*tensile strength*) antara 415 dan 550 MPa (60.000 dan 80.000 psi), dan keuletan (d*uctility*) dari 25% EL. Relatif lunak dan lemah tetapi memiliki ketangguhan dan

keuletan yang luar biasa. Di samping itu, baja karbon rendah memiliki sifat mudah ditempa, mudah di mesin, dan mudah di las.

2. Baja karbon menengah

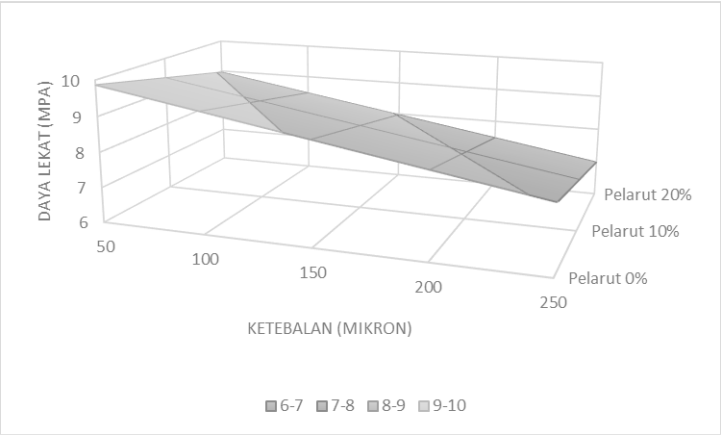
Memiliki konsentrasi karbon berkisar antara 0,30 hingga 0,60 wt% C. Memiliki tingkat kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan baja karbon rendah. Mempunyai sifat yang sulit dibengkokkan, di las, dan dipotong.

3. Baja karbon tinggi

Biasanya mengandung karbon sebesar 0,60 hingga 1,4 wt% C. Merupakan baja karbon yang paling sulit untuk dibentuk, ditempa, di las, dan dipotong tetapi memiliki tingkat keuletan paling tinggi. Memiliki sifat yang sangat keras dan tahan aus. Baja karbon tinggi ini biasa digunakan untuk mesin pemotong, pisau, pisau gergaji besi, per (*spring*), dan kawat baja berkekuatan tinggi. (Afandi, dkk., 2015)

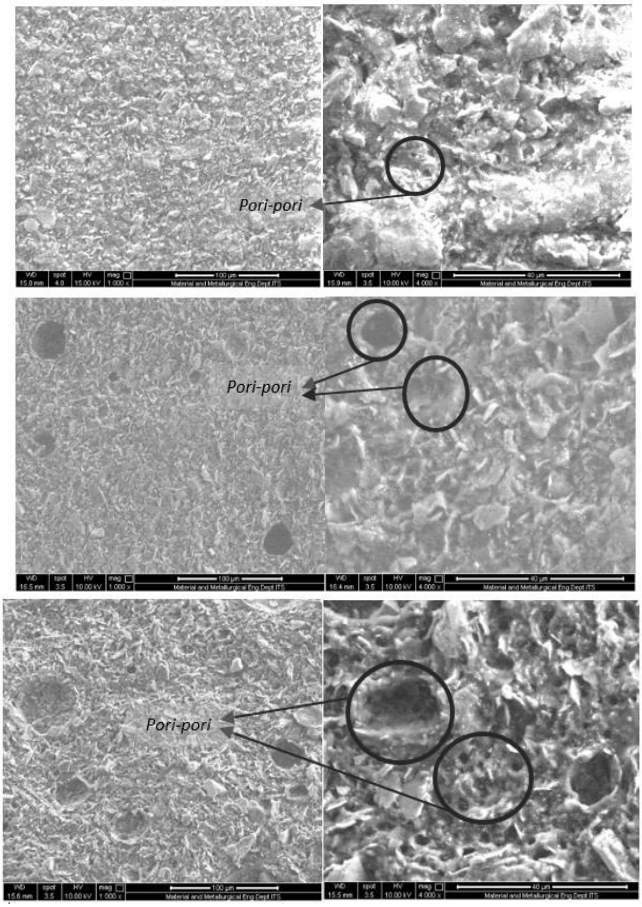
2.9 *State Of The Art* (Penelitian Sebelumnya)

Penelitian mengenai pengaruh ketebalan cat epoksi dan penambahan pelarut terhadap daya lekat dan tingkat blistering dilakukan oleh Maulana dkk, 2015. Dalam penelitian tersebut proses pelapisan dengan resin epoksi dengan variasi ketebalan DFT 50,100,150,200,250 mikron dan variasi pelarut 0, 10, dan 20 %. Substrat yang digunakan adalah baja karbon ASTM A36 Grade B. Hasil yang didapatkan adalah daya lekat terbaik didapatkan saat ketebalan 50 mikron dengan tanpa penambahan pelarut atau komposisi pelarut 0%. Dan yang terendah terdapat pada komposisi pelarut 20% dengan kerebalan 250 mikron dengan komposisi pelarut 20%. Hal tersebut dapat dilihat pada **gambar 2.7** dari hasil uji daya lekat.



Gambar 2.7 Grafik *Surface* Daya Lekat Terhadap Ketebalan dengan Perbedaan Komposisi Pelarut (Muhammad, dkk)

Hal tersebut dikarenakan adanya pori pada komposisi pelarut terbanyak yaitu 20% serta semakin tebalnya cat mengakibatkan pori tersebut menjadi lebih banyak. Jumlah dan besarnya pori ditunjukan pada pengujian morfologi dengan SEM pada **gambar 2.8**



Gambar 2.8 Hasil Pengujian SEM Komposisi Penambahan Pelarut 20% dengan perbesaran 1000x dan 4000x a)0%, b)10%, dan c)20% (Muhammad, dkk)

Beradarkan hasil pengujian dengan menggunakan SEM, dengan menggunakan tiga sampel perbedaan komposisi penambahan pelarut 0%, 10%, dan 20 % dengan perbesaran 1000x dan 4000x didapatkan gambar 5 a, b, dan c. Pada hasil pengamatan dan anlisa SEM dari gambar-gambar di bawah diketahui bahwa penambahan pelarut ternyata menyebabkan adanya pori-pori.

Pada gambar 4a komposisi penambahan pelarut 0% dengan perbesaran 4000x terlihat adanya pori yang sangatlah kecil dengan persebaran yang merata. Pada penambahan pelarut 10% terdapat adanya pori yang berbeda dengan ukuran yang lebih besar dibeberapa bagian. Dan pada penambahan pelarut 20% memperlihatkan penambahan pori yang signifikan dengan persebaran pori yang cukup besar dan ada beberapa bagian yang terdapat pori sangatlah besar daripada pori pada penambahan pelarut 10%. Dari analisa tersebut dapat dikatakan bahwa penambahan pelarut dapat menyebabkan adanya pori dan semakin besar penambahan pelarut mengakibatkan pori semakin besar karena proses penguapan dari *solvent* lebih lambat dari proses crosslinking pada epoksi itu sendiri menyebabkan pori itu terbentuk. Semakin banyak penambahan pelarut mengakibatkan semakin banyak dan besar pori yang terbentuk. Namun hingga ketebalan 250 mikron tidak terjadi *crack* pada *coating*. Selain itu semakin tebal cat akan mengakibatkan adanya crack pada *coating* namun hingga ketebalan 250 mikron *coating* mampu berperan paling baik dan tidak terjadi kerusakan seperti *crack.* (Muhammad, dkk. 2015)

Penelitian mengenai pengaruh ketebalan cat epoxy terhadap daya lekat pada pelat baja karbon rendah dilakukan oleh Afandi dan Sudiyono, 2016. Dengan hasil pengujian sebagai berikut:

Tabel 2.5 Hasil Pengujian Pull Off Adhesion Test C3 (Struktur Jembatan) (Pratama dan Sudiyono, 2016)

Tebal Cat	R(Pengulangan)	Nilai Kekasaran		
		30-50 µm	50-70 µm	70-85 µm
min. 200 µm	1	14.67	13.63	11.08
	2	12.02	11.32	10.49
	3	12.65	10.09	9.96

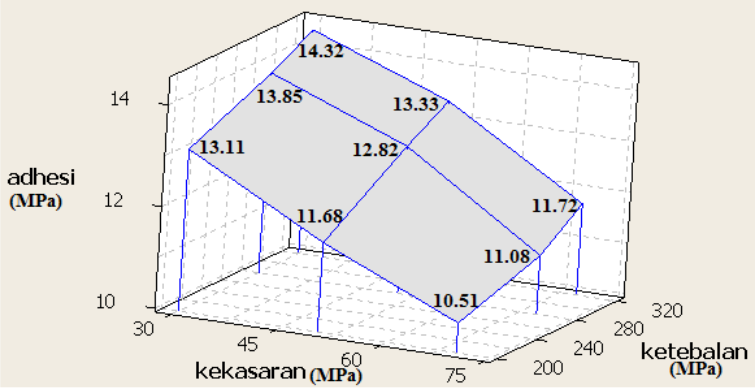
Tabel 2.6 Hasil Pengujian Pull Off Adhesion Test C4 (Industri Pengolahan Kimia) (Pratama dan Sudiyono, 2016)

Tebal Cat	R(Pengulangan)	Nilai Kekasaran		
		30-50 µm	50-70 µm	70-85 µm
min. 280 µm	1	12.89	12.55	10.77
	2	15.10	12.62	10.56
	3	13.57	13.29	11.92

Tabel 2.7 Hasil Pengujian Pull Off Adhesion Test C5 (Struktur Lingkungan Laut) (Pratama dan Sudiyono, 2016)

Tebal Cat	R(Pengulangan)	Nilai Kekasaran		
		30-50 µm	50-70 µm	70-85 µm
min. 320 µm	1	15.65	14.07	12.21
	2	13.11	12.74	11.66
	3	14.20	13.19	11.30

Dari hasil *pull off adhesion test* tersebut dapat direpresentasikan melalui grafik seperti berikut:



Gambar 2.8. Grafik 3D *Pull off adhesion test* (Pratama dan Sudiyono, 2016)

Dari **Gambar 2.8** diperoleh bahwa pengujian yang memiliki daya lekat tertinggi untuk struktur jembatan adalah 13.11 MPa pada kekasaran 30-50 μm dengan ketebalan cat 200 μm, daya lekat tertinggi untuk industri pengolahan kimia adalah 13.85 MPa pada kekasaran 30-50 μm dengan ketebalan cat 280 μm, dan daya lekat tertinggi untuk struktur di lingkungan laut adalah 14.32 MPa pada kekasaran 30-50 μm dengan ketebalan cat 320 μm. Terjadi penurunan nilai daya lekat karena ketebalan yang rendah, walaupun demikian nilai daya lekat berada di atas standar yaitu 5 MPa. Selain itu penurunan daya lekat cat terlihat saat kekasaran semakin tinggi. (Rishad, 2016)

Penelitian mengenai pengaruh material abrasif pada *blasting* terhadap kekuatan daya lekat cat dilakukan oleh Trijatmiko, dkk. 2016

Tabel 2.8 Hasil Pengujian Pull-off Test

Jenis Material Abrasif	Jenis Cat	Pull-off Test (Mpa)			Raya-rata (MPa)
		1	2	3	
Aluminium Oxide	Epoxy	15.88	17.83	20.49	18.07
	Zinc Rich	21.68	20.15	20.10	20.64
Steel Grit	Epoxy	21.23	19.40	19.50	20.04
	Zinc Rich	22.53	20.48	21.38	21.46
Volcanic Sand	Epoxy	15.40	17.60	15.60	16.20
	Zinc Rich	16.20	15.08	18.20	16.49

Tabel 2.9 Hasil Pengujian Daya Lekat Terhadap Spesimen Setelah di *Salt Spray* 72 Jam

Jenis Material Abrasif	Jenis Cat	Pull-off Test (Mpa)			Raya-rata (MPa)
		1	2	3	
Aluminium Oxide	Epoxy	13.24	12.95	13.54	13.24
	Zinc Rich	13.99	13.26	14.84	14.03
Steel Grit	Epoxy	14.28	15.49	12.68	14.15
	Zinc Rich	14.02	16.44	14.67	15.04
Volcanic Sand	Epoxy	11.64	9.68	12.11	11.14
	Zinc Rich	11.27	10.40	12.40	11.36

Tabel 2.9 Hasil Pengujian Daya Lekat Terhadap Spesimen Setelah di *Salt Spray* 168 Jam

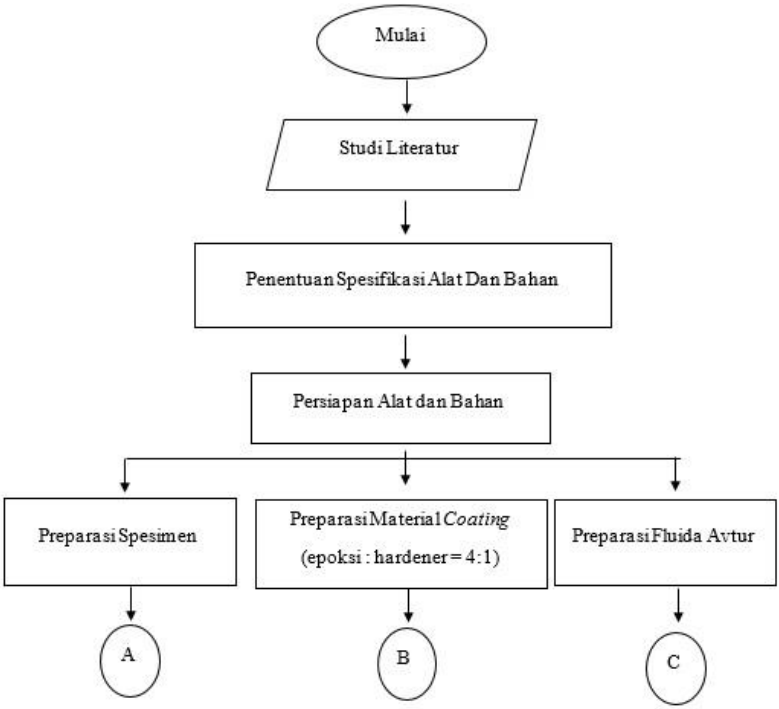
Jenis Material Abrasif	Jenis Cat	Pull-off Test (Mpa)			Raya-rata (MPa)
		1	2	3	
Aluminium Oxide	Epoxy	9.63	8.88	12.18	10.23
	Zinc Rich	10.76	12.58	10.50	11.28
Steel Grit	Epoxy	12.27	9.96	13.50	11.91
	Zinc Rich	14.06	11.66	12.67	12.80
Volcanic Sand	Epoxy	9.58	9.09	8.40	9.02
	Zinc Rich	9.13	9.84	9.65	9.54

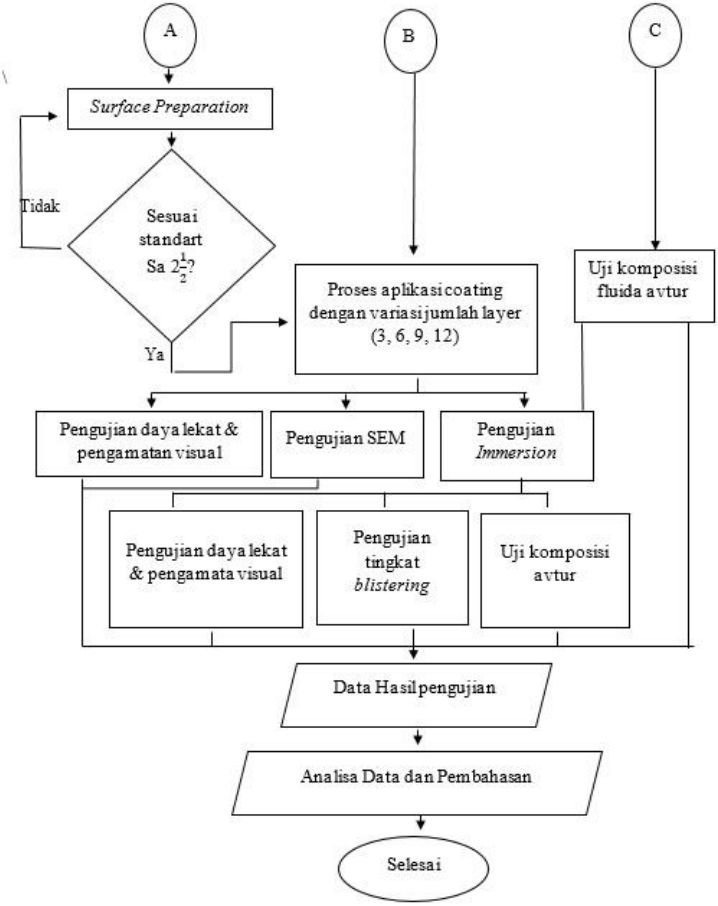
Pengujian daya lekat dilakukan untuk mengukur kekuatan daya lekat cat dengan antara lapisan cat dengan substrat. Standart yang digunakan untuk pengujian ini adalah ASTM D4541-02. Standar NORSOK M-501 dari hasil diatas terlihat bahwa spesimen yang di blasting menggunakan material abrasif steel grit memiliki nilai daya lekat yang paling tinggi baik spesimen yang di coating menggunakan cat primer epoxy maupun spesimen yang di coating menggunakan cat primer zinc rich. Hal ini terjadi karena permukaan spesimen yang di blasting menggunakan material abrasif steel grit, memiliki struktur permukaan yang lebih kasar dibandingkan dengan spesimen yang di blasting menggunakan material abrasif alumunium oxide, maupun spesimen yang di blasting menggunakan material abrasif volcanic sand. Semakin kasar suatu permukaan material akan menambah area kontak antara cat dan substrat, sehingga akan menambah kekuatan lekat cat, ketika permukaan lebih halus maka cat akan kehilangan mechanical interlocking dengan substrat yang akan mengurangi kekuatan lekatnya. Sehingga material abrasif *Steel Grit* merupakan material yang paling baik diantara material lain. (Trijatmiko,dkk. 2016)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Metode Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan dengan metode penelitian sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur pada penelitian ini mengacu pada jurnal dan buku dari situs-situs penelitian yang membahas mengenai permasalahan korosi dan pengendaliannya, yaitu *protective coating*. Khususnya jurnal dan buku yang membahas mengenai permeabilitas coating, aplikasi pengendalian korosi dengan menggunakan *coating* organik pada lingkungan oil and gas, serta pencegahan korosi menggunakan *coating* organik akibat jumlah layer *coating*.

2. Diskusi

Pada tahapan ini dilakukan diskusi untuk menambah wawasan agar lebih memahami permasalan dan solusi pada penelitian. Diskusi ini dilakukan dengan pihak – pihak terkait dengan penelitian.

3. Eksperimental

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

3.3 Bahan Penelitian

1. Bahan

Substrat sebagai bahan *specimen* yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon API 5L Grade B sesuai tertera pada **Tabel 3.1** Komposisi API 5L. Pipa yang digunakan dengan ketebalan 5 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 2½ 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 dengan *conventional spray*. Tebal lapisan berbeda-beda

yaitu 3, 6, 9, 12 layer sesuai dengan yang maksud penelitian. Pengukuran setelah kering (DFT). Coating diaplikasikan pada kondisi atmosfer dan kelembaban yang cukup.

Tabel 3.1 Komposisi Kimia API 5L Grade B

STANDAR	**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 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	%
Epoxy resin (MW 700-1200)	10-25
Xylene	10-25
n-Butanol	2.5-10
Solvent naphta (petroleum), light arom	2.5-10
Propilen glikol monometil eter	2.5-10
Etil benzene	2.5-10

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

Nama Bahan	%	
n-Butanol	≥25 - ≤50	
Xylene	≥10 - ≤25	
Solvent naphtha (petroleum), light arom.	≥10 - ≤25	
Etil benzene	≤5	

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

Nama Bahan	%
Solvent naphtha (petroleum), heavy arom.	50 – 100
Naftalen	0 – 1

3.4 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini terdapat bebarapa prosedur yang harus dilakukan yaitu:

3.4.1 Preparasi Substrat

1. Persiapan Permukaan

Setelah dipotong menggunakan cutting tool, permukaan dari baja karbon dibersihkan terlebih dahulu sebelum *coating*, standard yang digunakan adalah SSPC (*Steel Structures Painting Council*).

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 sesuai dengan standard SSPC SP3**.**

Perlakuan *degreasing* untuk menghilangkan minyak, debu dan pengotor yang menempel dengan menggunakan air sabun dan kemudian dikeringkan (SSPC SP1)**.**

Pemblastingan sesuai dengan standard SSPC SP 10 (near white blast cleaning) dilakukan dengan Steel Grit berbentuk sampai mendapat nilai Sa 2½ Dan menghasilkan kekasaran permukaan 20-200 mikron sesuai ISO 8503.

2. Pengecekan Kondisi Lingkungan

Hal ini dilakukan untuk memastikan lingkungan saat pengaplikasian *coating* sesuai dengan standard atau sesuai dengan rekomendasi dari *manufacturing*. Tahapan pada proses ini adalah:

- Pengukuran, pemeriksaan dan pencatatan temperature udara menggunakan alat *sling psychrometer*, dan temperatur permukaan plat dengan *magnetic surface thermometer.*
- Pengukuran, periksa dan catat kelembaban udara dengan digital electronic hygrometer (RH (*Relative Humidity*) yang diperbolehkan maksimal 85%)
- Pengukuran, pemeriksaan dan pencatatan dew point dan dew point, dan dew point yang direkomendasikan adalah 3^0C diatas temperature permukaan.

3. Preparasi Material Coating

Preparasi material coating dilakukan dengan mencampurkan cat epoksi dengan hardenernya dengan perbandingan (4:1) serta menambahkan pelarut atau *thinner*. Kemudian pengandukan campuran cat beserta pelarutnya menggunakan *mechanical stirrer* dengan kecepatan 1000 rpm selama 60 menit.

4. Pengaplikasian Coating

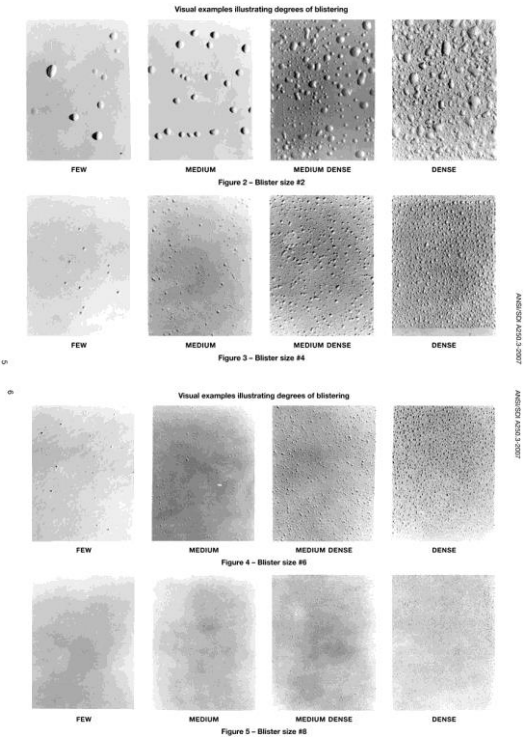
Proses pengaplikasian cat dilakukan dengan menggunakan alat *conventional spray* dan kemudian akan didapatkan jumlah layer yang diinginkan. Pengujian ketebalan kering menggunakan DFT *electromagnetic gauge* sesuai dengan standar ASTM D1186.

3.4.2 Preparasi Fluida Avtur

Fluida yang digunakan pada pengujian ini adalah dengan menggunakan fluida avtur. Sesuai dengan kondisi lingkungan pipa sesungguhnya. Kemudian dilakukan pengujian avtur untuk mengetahui komposisinya dan memastikan komposisi avtur sudah sesuai dengan standard.

3.4.3 Pengujian Immers

Pengujian immers bertujuan untuk mengetahui kualitas coating terhadap avtur. Metode menggunakan tanpa scratch. Pengecekan dilakukan setelah sampel di immers selama 15 hari dan hasil pengecekan dilakukan pembandingan dengan standar ASTM D714 "*Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints*". Dari pembandingan tersebut akan didapatkan hasil perbandingan antara foto yang ada di standard dengan hasil kemudian menggolongkan hasil tersebut sesuai dengan tingkat *blistering* yang ada.



Gambar 3.2 Tingkatan Blistering yang dapat terjadi pada permukaan

3.4.4 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.

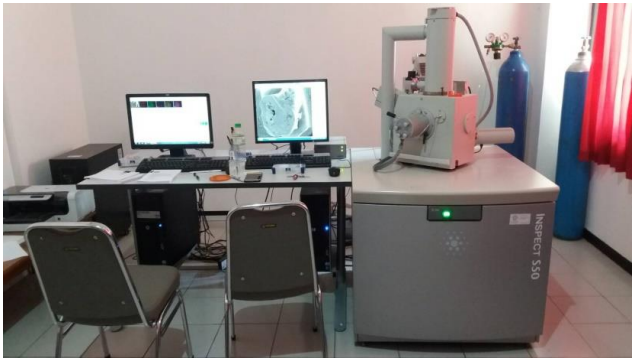
Hal ini dilakukan dengan kondisi:

- Menempelkan probe dolly ke material yang telah di cat dengan lem yang cukup kuat sehingga daya lekat antara probe dengan cat > 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/inch2 maupun dalam Mpa.

Gambar 3.3. *Elcometer model 106 adhesion tester scale 1*

3.4.5 *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* kearah 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 15 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

3.4.6 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 Penelitian

Rancangan Penelitian ditunjukkan pada **tabel 3.5**

Tabel 3.5 Rancangan Penelitian

Rancangan Penelitian							
Spesimen	Variasi Layer	Pengujian					
		Immerse	Adhesi		Blistering	SEM	Uji GC MS
			Sebelum Immerse	Sesudah Immerse			
Coating Epoxy	1 layer	√	√	√	√	√	–
		√	√	√	√	–	–
		√	√	√	√	–	–
	2 layer	√	√	√	√	√	–
		√	√	√	√	–	–
		√	√	√	√	–	–
	3 layer	√	√	√	√	√	–
		√	√	√	√	–	–
		√	√	√	√	–	–
	4 layer	√	√	√	√	√	√
		√	√	√	√	–	–
		√	√	√	√	–	–

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Pengujian Daya Lekat

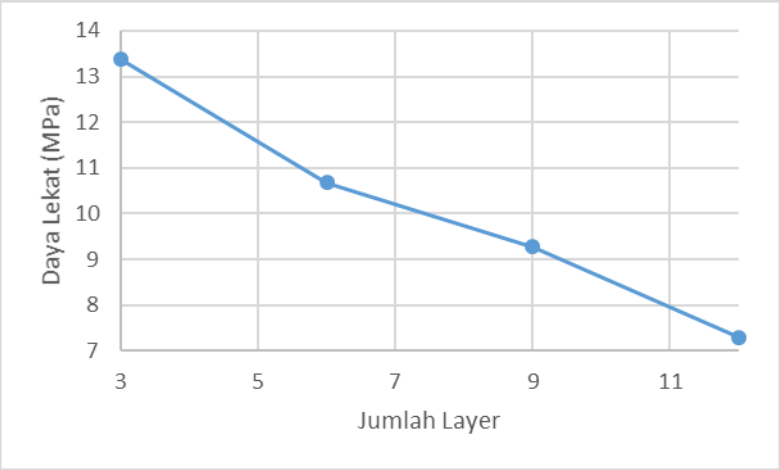
Sebelum dilakukan pengujian daya lekat, telah dilakukan pengujian DFT (*Dry Film Thickness*) pada lapisan cat epoksi untuk mengetahui ketebalan pada sampel. Pengujian DFT (*Dry Film Thickness*) dilakukan pada satu titik di permukaan sampel. Tabel 4.1 Merupakan hasil pengujian DFT pada sampel. Dalam uji daya lekat (*adhesion test*) yang telah dilakukan diketahui daya lekat lapisan epoksi dipengaruhi oleh jumlah layer dari cat epoksi.

Dilakukan preparasi dan pembersihan lapisan *coating* dari debu dan kontaminan serta dilakukan penempelan *pin dolly* satu hari sebelum dilakukan *adhesion test* untuk mendapatkan nilai daya lekat yang baik. Dalam pengujian ini dilakukan sesuai standard ASTM D-4541 dan didapatkan hasil grafik seperti pada gambar 4.1 yang merupakan grafik hubungan antara jumlah layer cat dan daya lekat dari sampel menggunakan *Software* Microsoft Excel 2016.

Dari analisa grafik menunjukan bahwa daya lekat terbaik adalah jumlah layer 3 dan yang terendah terdapat pada jumlah layer 12. Hal tersebut dikarenakan adanya pori pada jumlah layer paling banyak atau paling tebal, semakin tebal lapisan cat akan mengakibatkan pori semakin banyak.

Selanjutnya dilakukan penglihatan secara visual dari hasil pengujian daya lekat kerusakan yang terjadi pada daerah *cohesive failure* (Ikatan cat-cat) bukan *adhesive failure* (Ikatan cat-substrat). Hal ini menunjukan bahwa terjadi *mechanical interlocking* antara *coating* dengan substrat yang baik. Selain itu penyebab terjadinya *cohesive failure* dikarenakan adanya pori yang membuat bonding (ikatan) dalam cat menurun. *Mechanical interlocking* ini terjadi karena proses persiapan permukaan yang dilakukan terbebas dari kontaminan dan kekasaran serta kebersihan dengan perlakuan blasting menggunakan *Steel Grit* menghasilkan kekasaran permukaan 106 mikron dengan

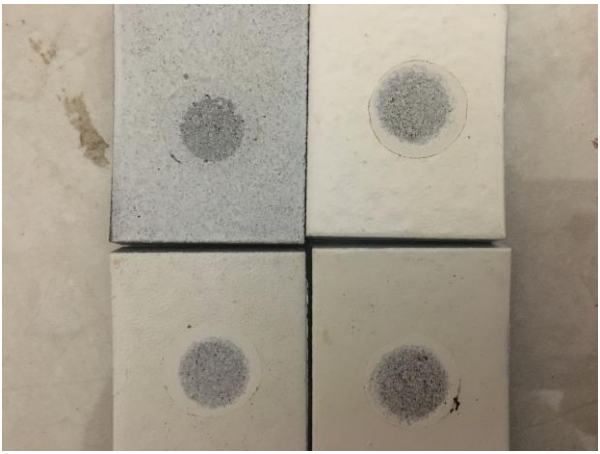
kebersihan SA 2 ½. *Steel Grit* digunakan dalam penelitian ini karena menurut (Trijatmiko, 2016) semakin tinggi nilai kekerasan partikel material abrasif yang digunakan untuk proses blasting, maka akan semakin tinggi nilai kekasaran permukaan yang diperoleh dan semakin tinggi pula nilai daya lekatnya.



Gambar 4.1 Grafik Scatter Daya Lekat Terhadap Variasi Jumlah Layer

Tabel 4.1 Hasil pengujian DFT

	Sampel	DFT	Rata-rata
3	A	47	49,7
	B	50,7	
	C	51,5	
6	A	102,7	103,5
	B	102,5	
	C	105,3	
9	A	165	153,3
	B	150	
	C	145	
12	A	205	209
	B	208	
	C	214	



Gambar 4.2 Foto Hasil Pengamatan Visual Daya Lekat

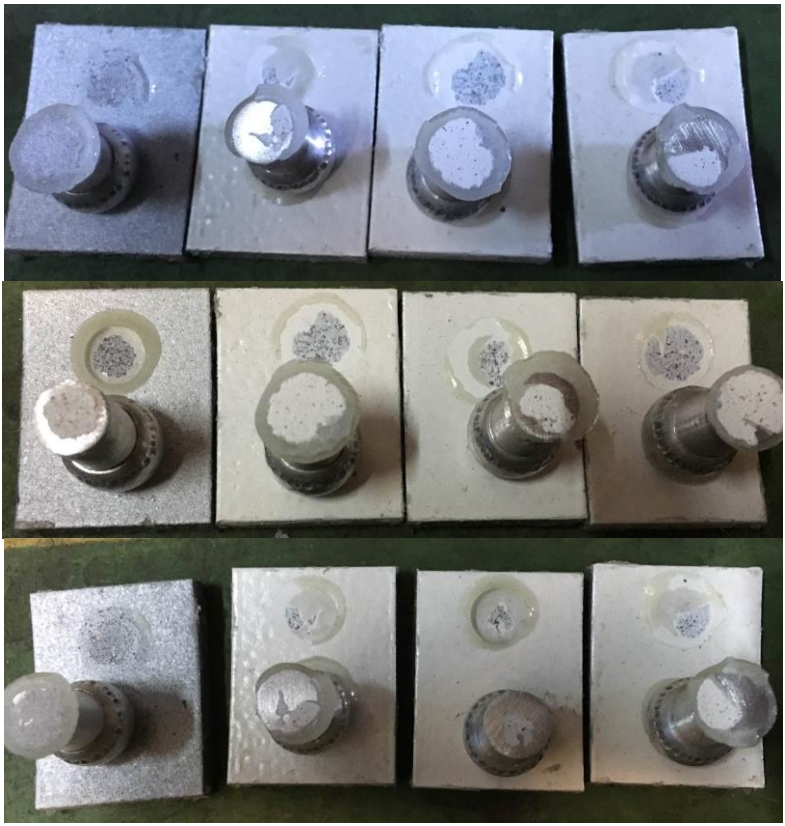
4.2 Analisa Pengujian Daya Lekat *Immersion* Avtur selama 20 hari

Uji daya lekat (*adhesion test*) setelah dilakukan *immersion test* atau uji dengan metode celup dilakukan untuk mengetahui adanya perubahan daya lekat lapisan epoksi yang dipengaruhi oleh jumlah layer. Pengujian ini dilakukan pada spesimen hasil *immersion test* avtur pada sampel A, B, dan C. Nilai daya lekat berdasarkan standar ASTM D-4541 didapatkan hasil sesuai pada **Tabel 4.1** dan hasil pengamatan visual untuk mengevaluasi kerusakan yang ada pada sampel terdapat pada 4.2.

Dari hasil analisa data, didapatkan bahwa semakin banyak jumlah layer cat dapat menurunkan daya lekat material *coating* pada substrat. Pada **Tabel 4.3** memperlihatkan adanya *glue failure* tetapi tidak ada *adhesive failure* yang dimana pengujian sebelum di *immersion* menyatakan keseluruhan sampel pengujian daya lekat adalah *cohesive failure*. *Glue Failure* disebabkan karena kesalahan pada proses pemasangan *dolly* untuk *pull-off test.* Sedangkan *Cohesive failure* adanya pori yang membuat bonding (ikatan) dalam cat menurun selain itu disebabkan adanya kontaminan yang ada di permukaan *coating*. Kontaminan ini kemudian memasuki *coating* ditandai dengan terjadinya *blistering* yang diperlihatkan pada subbab 4.4 Pengujian tingkat *blistering* dengan metode *immersion* avtur. *Blistering* tersebut disebabkan karena berkurangnya nilai daya lekat *coating* terhadap *interface* dan substrat yang disebabkan adanya kontaminan atau korosi pada daerah *interface* tersebut. Hal tersebut dipercepat dengan adanya kontaminan pada daerah *interface coating* dengan substrat. Selain itu proses terjadinya *blistering* diawali dengan adanya udara kosong atau daya lekat paling rendah dan mengakibatkan kontaminan masuk kedalamnya.

Kontaminan ini dapat masuk ke dalam *coating* disebabkan adanya pori pada *coating*. Pori ini disebabkan karena proses penguapan dari *solvent* lebih lambat dari proses *crosslinking* pada epoksi itu sendiri. Semakin banyak

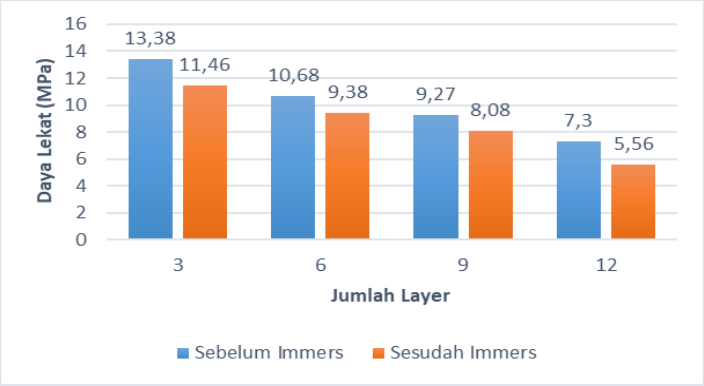
penambahan jumlah layer semakin banyak pori yang terbentuk. Keberadaan pori ini menyebabkan kecepatan daya serap *coating* meningkat sehingga fluida yang ada dapat dengan mudah masuk ke dalam *coating*.



Gambar 4.3 Hasil Pengujian Daya Lekat dan Pengamatan Visual pada sampel setelah dilakukan *immersion* selama 20 hari

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Daya Lekat Setelah 20 hari masa *immersion* Avtur

Jumlah Layer	Sampel	Daya lekat (Mpa)	Rata-rata
3	A	12,07	11,46
	B	12,07	
	C	10,25	
6	A	14,03	9,38
	B	7,06	
	C	7,19	
9	A	7,03	8,08
	B	8,33	
	C	8,88	
12	A	5,94	5,56
	B	4,46	
	C	6,28	



Gambar 4.4 Grafik 2D Perbandingan Hasil Pengujian Daya Lekat Sebelum dan Sesudah *Immersion*

Tabel 4.3 Hasil Pengamatan Visual Daya Lekat setelah 14 hari masa *immersion*

Keterangan				
Variasi Jumlah Layer	Sampel	Adhesive Failure (%)	Cohesive Failure(%)	Glue Failure(%)
3	A	0	55,60	44,40
	B	0	38,98	61,02
	C	0	55,35	44,65
6	A	0	15,17	84,83
	B	0	50,58	49,42
	C	0	18,81	71,19
9	A	0	67,50	32,50
	B	0	25,98	74,02
	C	0	18,10	81,90
12	A	0	27,99	72,01
	B	0	58,59	42,41
	C	0	30,56	69,44

4.3 Analisa Morfologi

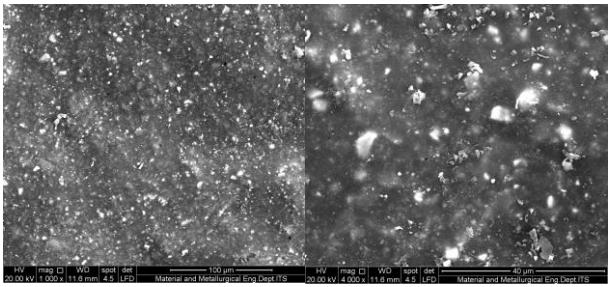
Pengujian morfologi dilakukan menggunakan SEM yaitu top view dan cross-section. Pengujian top view dilakukan menggunakan 4 sampel yaitu jumlah layer 3, 6, 9, dan 12 dengan perbesaran 1000x dan 4000x didapatkan gambar. Keempat gambar tersebut merupakan morfologi hasil pengujian SEM top view. Kemudian pengujian cross-section dilakukan dengan menggunakan 4 sampel yaitu dengan jumlah layer 3, 6, 9,dan 12 dengan perbesaran 500x dan 2500x didapatkan gambar. Keempat gambar tersebut merupakan hasil gambar SEM cross section.

Hasil pengamatan SEM *top view* dari gambar-gambar di bawah diketahui bahwa penambahan jumlah layer ternyata menyebabkan adanya pori. Pada gambar 4.7 degan perbesaran 4000x terlihat adanya pori-pori namun tidak terlalu banyak.

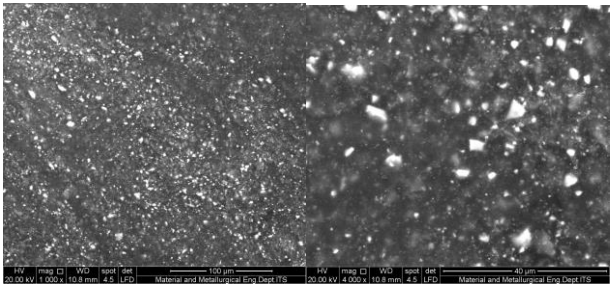
Pada hasil pengamatan SEM *cross-section* gambar-gambar dibawah ini diketahui bahwa penambahan jumlah layer dapat menyebabkan adanya celah antara cat epoksi dengan

substrat. Pada gambar 4.8 dan 4.9 terlihat adanya celah namun sangat kecil dan sedikit. Pada jumlah layer 9 terdapat adanya celah yang berbeda besarnya dan merata disemua bagian yang terlihat. Pada jumlah layer 12 memperlihat penambahan besar celah yang cukup signifikan dan juga merata disemua bagian yang terlihat.

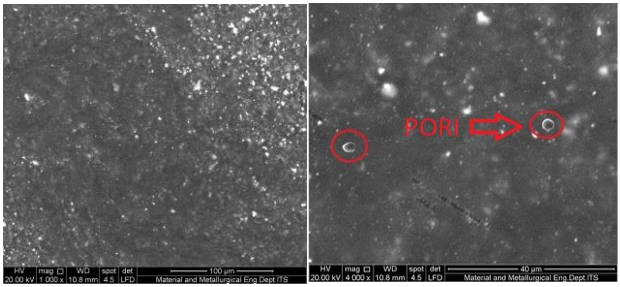
Dari analisa tersebut dapat dikatakan bahwa penambahan jumlah layer cat dapat menyebabkan adanya pori dan juga menyebabkan adanya celah antara cat dan substrat sehingga akan menurunkan daya lekat dari cat tersebut. Hal ini sesuai (Muhammad, 2015) bahwa semakin tebalnya cat akan mengakibatkan semakin banyak pori.



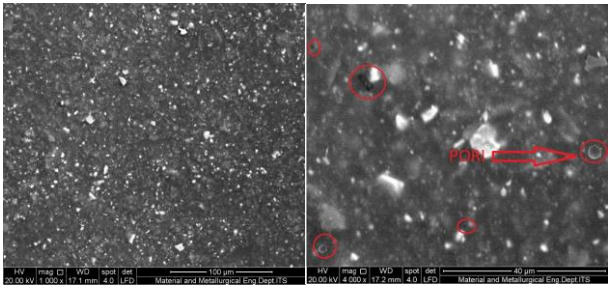
Gambar 4.5 Hasil Pengujian SEM Top View dengan Variasi Jumlah Layer 3 Perbesaran 1000x dan 4000x



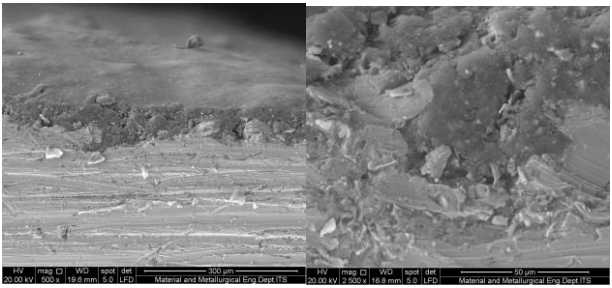
Gambar 4.6 Hasil Pengujian SEM Top View dengan Variasi Jumlah Layer 6 Perbesaran 1000x dan 4000x



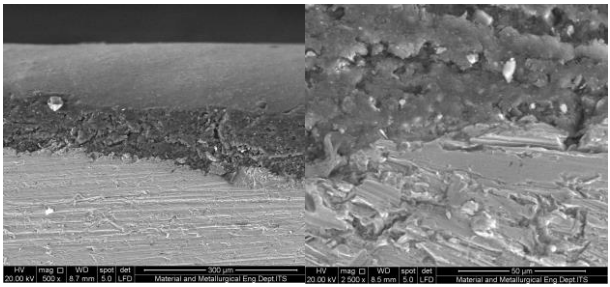
Gambar 4.7 Hasil Pengujian SEM Top View dengan Variasi Jumlah Layer 9 Perbesaran 1000x dan 4000x



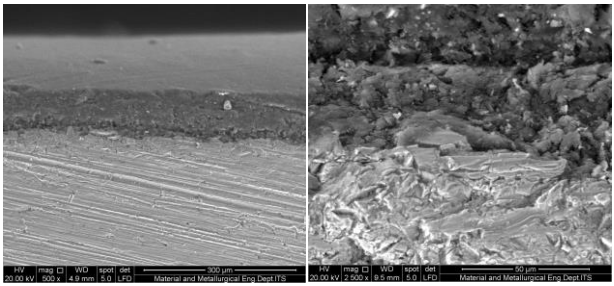
Gambar 4.8 Hasil Pengujian SEM Top View dengan Variasi Jumlah Layer 12 Perbesaran 1000x dan 4000x



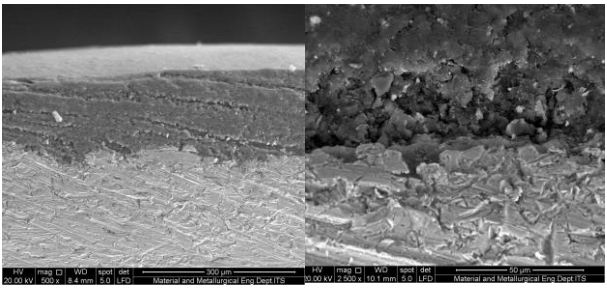
Gambar 4.9 Hasil Pengujian SEM *Cross Section* dengan Variasi Jumlah Layer 3 Perbesaran 1000x dan 4000x



Gambar 4.10 Hasil Pengujian SEM *Cross Section* dengan Variasi Jumlah Layer 6 Perbesaran 1000x dan 4000x



Gambar 4.11 Hasil Pengujian SEM *Cross Section* dengan Variasi Jumlah Layer 9 Perbesaran 1000x dan 4000x



Gambar 4.12 Hasil Pengujian SEM *Cross Section* dengan Variasi Jumlah Layer 12 Perbesaran 1000x dan 4000x

4.4 Analisa Pengujian *Blistering* dengan Metode *Immersion* Avtur.

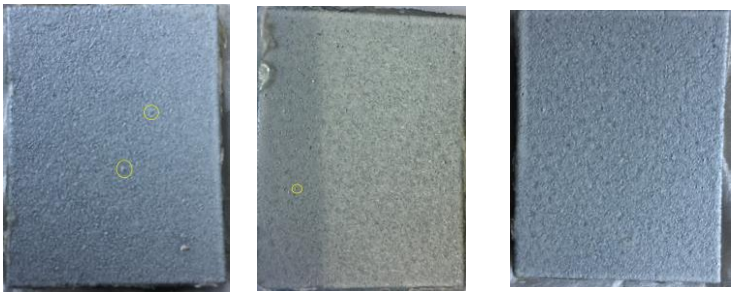
Pengujian *immersion* atau pencelupan dengan metode *unscratch* dilakukan selama 20 hari bertujuan untuk mengetahui kualitas dari material *coating* berdasarkan tingkat *blistering* yang ada. *Blister* muncul karena adanya avtur yang terperangkap dalam lapisan dimana avtur dapat masuk ke pori-pori lapisan dan akhirnya akan membentuk pembengkakan dan terbentuk *blister*. Untuk mengetahui kerusakan yang terjadi karena *blister* dapat dilakukan pengukuran tingkat *blister*. Pengukuran ini dilakukan dengan membandingkan hasil penelitian dengan standar ASTM D714 "*Standard Test Method for Evaluating Degree of Blisterings of Paints*". Menurut standar terdapat beberapa tingkatan ukuran dan besaran tingkat *blister* yang ada. Tingkatan ukuran *blister* dimulai dari skala sepuluh hingga nol dimana pada ukuran sepuluh menandakan bahwa 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). Tingkatan *blister* yang dapat terjadi pada permukaan ditunjukkan pada gambar.

Untuk menganalisa dilakukan perbandingan standar dengan hasil pengujian untuk diketahui seberapa besar tingkat

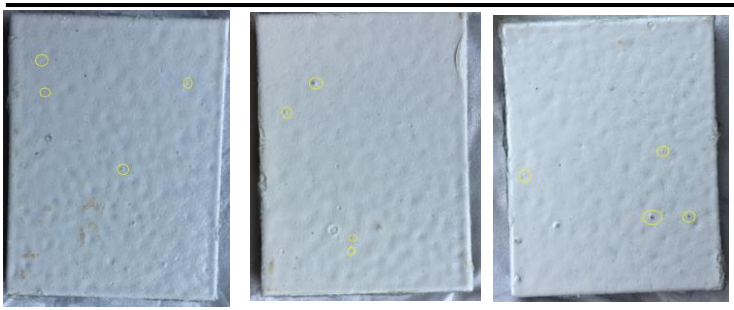
blistering yang ada. Dari foto visual gambar 4.12 sampai 4.16 dibandingkan dengan gambar standar dengan memberikan tanda (lingkaran) seperti pada gambar 4.12 sampai 4.16 dan hasil dari perbandingan didapatkan sesuai dengan tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil pengamatan tingkat *blistering* setelah 20 hari masa *immersion* pada avtur

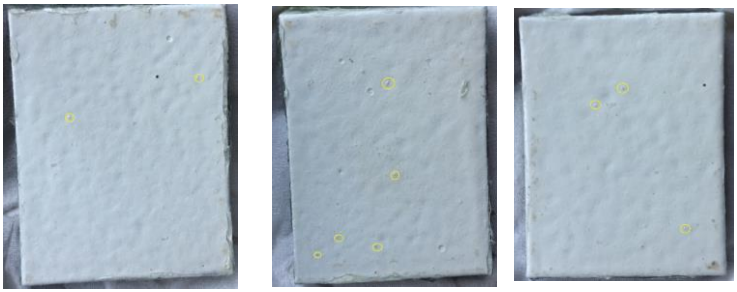
Jumlah Layer	Sampel	Rating	Jumlah
3	a	8	Few
	b	8	Few
	c	10	-
6	a	6	Few
	b	8	Few
	c	6	Few
9	a	6	Few
	b	4	Few
	c	6	Few
12	a	2	Medium
	b	2	Medium
	c	2	Medium



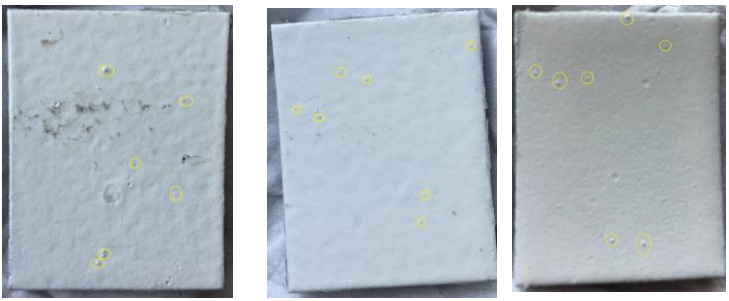
Gambar 4.13 Hasil Pengamatan Tingkat *Blistering* Jumlah Layer 3 Sampel (a), (b), dan (c)



Gambar 4.14 Hasil Pengamatan Tingkat *Blistering* Jumlah Layer 6 Sampel (a), (b), dan (c)



Gambar 4.15 Hasil Pengamatan Tingkat *Blistering* Jumlah Layer 9 Sampel (a), (b), dan (c)

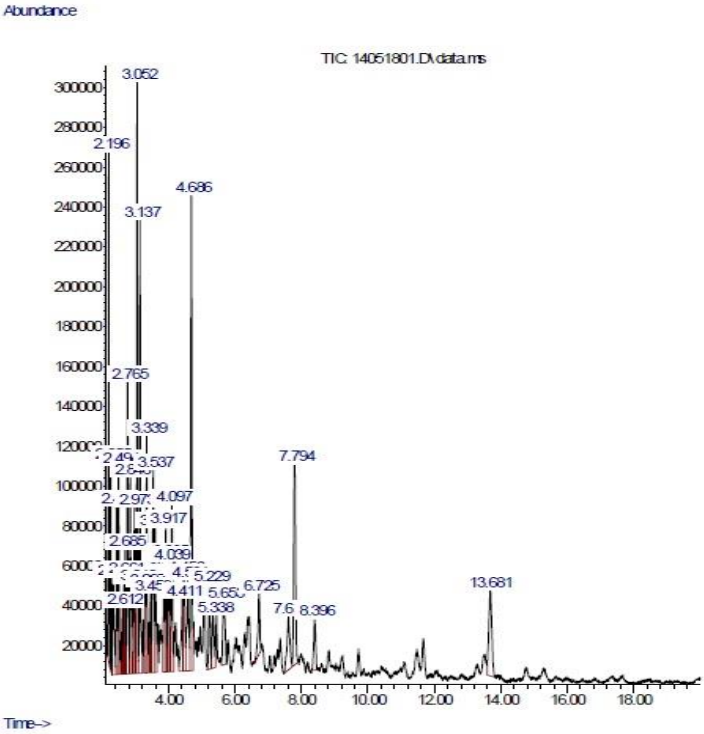


Gambar 4.16 Hasil Pengamatan Tingkat *Blistering* Jumlah Layer 12 Sampel (a), (b), dan (c)

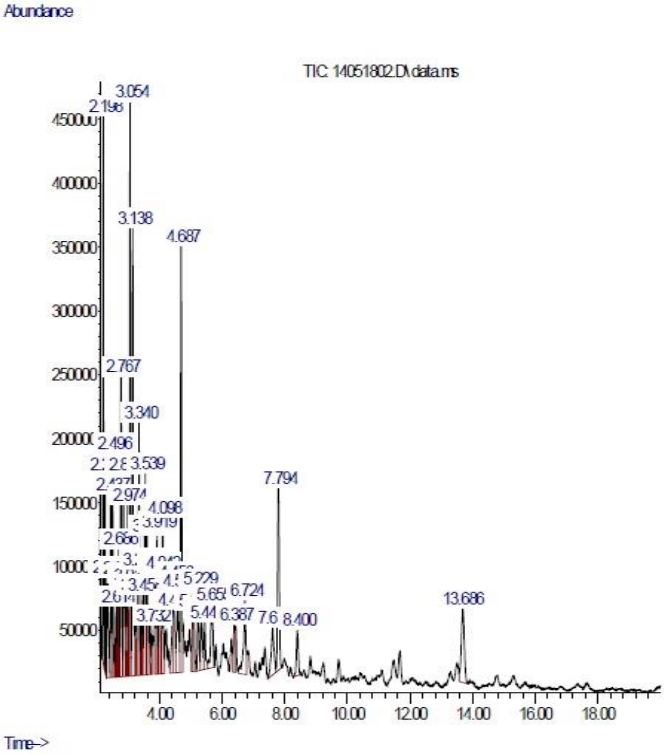
Dari penjelasan diatas melalui tabel 4.3 Hasil pengujian daya lekat setelah 20 hari masa *immersion* avtur dengan membandinghkan hasil visualisasi dengan standar didapatkan bahwa penambahan jumlah layer 12 memiliki tingkat *blistering* paling tinggi, kemudian *blistering* tidak terjadi pada jumlah layer 3 sampel c, kemudian didapatkan tingkat *blistering* paling banyak pada jumlah layer 12. Dari keseluruhan perbandingan yang memiliki rating paling terendah atau paling mudah terjadi *blistering* adalah pada sampel jumlah layer 12. Sampel jumlah layer 12 paling mudah terjadi *blistering* dikarenakan sampel tersebut memiliki daya lekat yang paling rendah sehingga memudahkan kontaminan dari avtur masuk kedalam lapisan cat sehingga terbentuk *blister*.

4.5 Analisa Pengujian GC-MS Sampel Avtur

Pada penelitian ini pengujian GC-MS dilakukan untuk melihat apakah epoksi resin dari *coating* terlarut didalam avtur setelah dilakukannya pengujian *immersion* selama 20 hari. Pada pengujian GC-MS ini dilakukan dengan membandingkan antara hasil GC-MS sebeleum dilakukan immers (avtur murni) dengan avtur yang telah dilakukan immers selama 20 hari. Hasil pengujian GC-MS dapat dilihat pada **Gambar 4.17** dibawah ini:



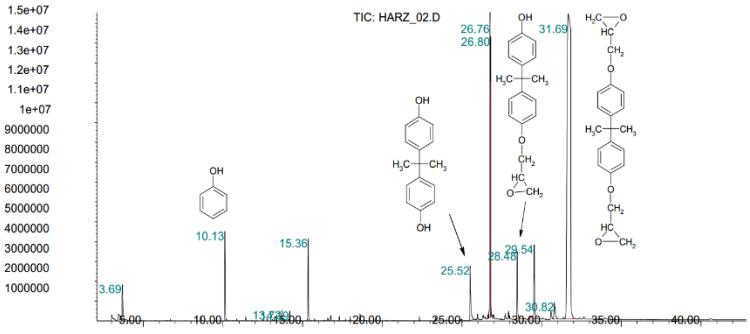
Gambar 4.17 Hasil Pengujian Gc-Ms untuk Avtur Sebelum Dilakukan Immers



Gambar 4.18 Hasil Pengujian GC-MS untuk Avtur yang Telah Dilakukan Pengujian Immers Selama 20 Hari

Kedua gambar diatas merupakan grafik hubungan antara waktu retensi (RT) dengan kelimpahan relatif (*abundance*). Waktu retensi (RT) merupakan waktu yang digunakan senyawa tertentu untuk bergerak melalui kolom menuju detektor. Waktu ini diukur berdasarkan waktu dari saat sampel diinjeksikan pada titik dimana tampilan menunjukkan tinggi puncak maksimum untuk senyawa itu. Lama waktu retensi tidak dapat disetting pada alat, waktu ini akan otomatis berhenti jika seluruh senyawa sudah berubah menjadi fase gas.

Dari hasil data pada **Gambar 4.18** di atas dapat dianalisa bahwa senyawa yang terbetuk yang dapat dilihat di lampiran antara avtur murni tanpa immners dan avtur murni dengan immers 20 hari hasilnya hampir sama dan tidak menunjukkan adanya senyawa epoksi resin yang terbentuk. Hal tersebut dilakukan dengan cara melihat peak yang terbentuk dari hasil pengujian GC-MS untuk avtur dengan immers selama 20 hari yang tidak ada peak pembentuk senyawa epoksi resin. Dalam penelitian epoky yang dilakukan oleh Adelab Scientific menghasilkan peak pembentuk seyawa epoksi resin yang dapat dilihat pada **Gambar 4.19**



Gambar 4.19 Fragmen Karakteristik dari Epoksi Resin pada Pengujian Py-Gcms (*Adelab Scientific*)

Tabel 4.5 Nama Fragment Pembentuk Epoxy Resin

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

Epoksi resin terbentuk pada peak yang menunjukkan waktu retensi atau Rt (10,13, 25,52, 29,54), peak-peak tersebut merupakan pembentuk fragmen eposki resin. Setelah

dibandingkan dengan pengujian GC-MS pada avtur yang telah di immes tidak ada peak-peak yang nilai nya seperti gambar **4.18**. sehingga dpat disimpulkan bahwa avtur yang dilakukan pengujian immers selama 20 hari tidak didapatkan senyawa epoksi yang terlarut didalamnya.

Tabel 4.6 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

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

1. Dari hasil dan analisa daya lekat sebelum imers didapatkan variasi dengan penambahan jumlah layer paling sedikit yaitu 3 layer memiliki nilai daya lekat yang paling tinggi dengan nilai yaitu 13,38 MPa. Nilai daya lekat terendah didapatkan pada jumlah layer paling banyak yaitu 12 layer dengan besar 7,30 MPa. Hal tersebut dikarenakan terjadinya cohesive failure yang diakibatkan oleh pori yang terbentuk dan membuat ikatan (bonding) antar coating semakin rendah.
2. Dari hasil dan analisa tingkat blistering didapatkan variasi jumlah layer 3 memiliki tingkat blistering yang paling rendah atau kecil. Untuk variasi jumlah layer 12 memiliki tingkat blistering yang paling besar. Hal tersebut dikarenakan sampel tersebut memiliki daya lekat yang paling rendah sehingga memudahkan kontaminan dari avtur masuk kedalam lapisan cat sehingga terbentuk blister.
3. Dari hasil dan analisa morfologi menggunakan SEM didapatkan bahwa variasi jumlah layer 3 tidak dtemukannya pori yang terbentuk dan ikatan antar muka antara coating dan substrat paling baik. Pada variasi jumlah layer 9 ditemukan adanya pori yang terbentuk namun dengan jumlah yang sedikit. Pada variasi jumlah layer 12 ditemukan adanya pori yang terbentuk dengan jumlah yang lebih banyak dan ikatan antar muka antara coating dan substrat yang paling rendah.

4. Pada hasil pengujian GC-MS didapatkan hasil bahwa tidak ditemukan adanya senyawa epoxy resin pada avtur yang telah dilakukan *immers* selama 20 hari. Jadi dapat disimpulkan bahwa material coating epoksi resin tidak larut di dalam avtur tersebut.

5.2 Saran

1. Proses preparasi sampel untuk melihat morfologi mrnggunakan SEM harus lebih hati-hati karena sangat mempengaruhi analisa yang dilakukan.
2. Preparasi *coating* harus lebih diperhatikan lagi kebersihannya karena sangat mempengaruhi hasil *coating*.

DAFTAR PUSTAKA

_____.2002. **ASTM D4541. Standard Test Method for pull-Off Strength of Coating Using Portable Adhesion Testers.** Washington, DC: ASTM International.

_____.2009. **ASTM D714. Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints.** Washington, DC: ASTM International.

_____. 1992. **ASM Vol 13. American Society for Metal Corrosion**. USA: ASM International.

_____. 2017. **ASTM D1655** ***Standard Specification for Aviation Turbine Fuels.*** Washington DC: ASTM International.

Afandi, Yudha Kurniawan Afandi, Irfan Syarif Arief, dan Amiadji. 2015. **Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating.** Surabaya: Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, FTK-ITS Surabaya.

Finanda, Ferdyano. 2010. **Pengaruh Perbedaan Pigmen dan Binder pada *Organic Coating* Terhadap Ketahanan Korosi dan Daya Lekat Pelapisan yang Diaplikasikan pada Pelat Baja Karbon Rendah.** Depok: Teknik Metalurgi dan Material, FT-UI.

Fontana, Mars G. 1987. ***Corrosion Engineering. Third edition***. Singapore: McGraw-Hill Book Co.

Forsgren, Amy. 2006. ***Corrosion Control through Organic Coatings***. USA: Taylor and Francis Group

Ginting, Jadinta, Ubaidillah Anwar Prabu, dan M. Akib Abro. 2014. **Evaluasi Proses Pembuatan Avtur *(Aviation Turbine)* Berdasarkan Analisa Sifat Fisik Dan Kimia Minyak Mentah *(Crude Oil)* Di Pt Pertamina Ru Ii Dumai.** Palembang: Jurusan Teknik Pertambangan FT UNSRI.

Hudson, R. 1982. ***Surface Preparation for Coating.*** The National Physical Laboratory

International Standard, NACE MR0175 ISO 15156. 2005. ***Petrolium and Natural Gas Industries – Material for Use in H2S-containing Environments in Oil and Gas Production.*** NACE International.

Jones, A. Denny. 1996. ***Principles and Prevention of Corrosion. Second edition***. Singapore: Prentice Hall.

Lambourne, R and T A Strivens. 1999. ***Paint and Surface Coatings: Theory and Practice***. UK: Woodhead Publishing Limited.

Marcus, Philippe. 2002. ***Corrosion Mechanisms in Theory and Practice.*** York: Marcel Dekker, Inc.

Miller, Gerald G., Jennifer L. Kepler, and David Darwin. 2003 ***Effect of Epoxy Coating Thickness on Bond Strength of Reinforcing Bars.*** ACI Structural Journal.

Muhammad, Maulana Mufti, Agung Purniawan, dan Hosta Ardhyananta. 2015. **Pengaruh Komposisi Pelarut dan Ketebalan Cat Epoksi Terhadap Daya Lekat dan Tingkat Pelepuhan (*Blistering*) pada Lingkungan NaCl yang Diaplikasikan pada Baja Karbon.** Surabaya: Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS Surabaya.

Nurhamzah, Tezar Prima, 2011. **Studi Laju Korosi Pada Sampel Pipa Baja Api 5l X-52 dengan Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran dan Gas Co2 Pada Ph 6 Dalam Larutan Nacl 3.5%.** Depok: FT UI.

Petrie, Edward M. 2006. ***Epoxy Adhesive Formulation***. USA: McGraw-Hill.

Pratama, Rishad Antony dan Sudiyono Kromodiharjo.2016. **Studi Eksperimen Pengaruh Tebal Cat dan Kekasaran pada Pelat Baja Karbon Rendah Terhadap Kerekatan Cat dan Biaya Proses di PT. Swadaya Graha.** Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS Surabaya.

Schweitzer, Philip A. 2006. **P*aint and Coatings: Applications and Corrosion Resistance***. New York: Taylor and Francis

Talo,A. 1999. ***Corrosion protective polyaniline epoxy blend coatings on mild steel***. Finland : Elsevier

Trijatmiko, Carolus, Herman Pratikno, dan Agung Purniawan. **Analisa Pengaruh Material Abrasif Pada *Blasting* Terhadap Kekuatan Lekat Cat dan Ketahanan Korosi di Lingkungan Air Laut.** Surabaya: Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS Surabaya.

UK HSE OTR No. 044. 2001. **Review of Corrosion Management for Offshore Oil and Gas Processing**. UK: Capcis Limited.

Wicks, Zeno W, Jones Frank and Papas S. Peter. 1999. ***Organic Coatings: Science and Technology 2nd Edition***. Willey International.

Widharto, Sri. 2004. **Inspeksi Teknik Buku 4**. Jakarta: Pradya Pramita.

`LAMPIRAN A

HASIL PENGUJIAN DFT

Tabel A.1 Hasil Pengujian DFT Sampel Uji Pull-Off sebelum immers

Jumlah Layer	Sampel	DFT	Rata- rata
3	A	47	49,7
	B	50,7	
	C	51,5	
6	A	102,7	103,5
	B	102,5	
	C	105,3	
9	A	165	153,3
	B	150	
	C	145	
12	A	205	209
	B	208	
	C	214	

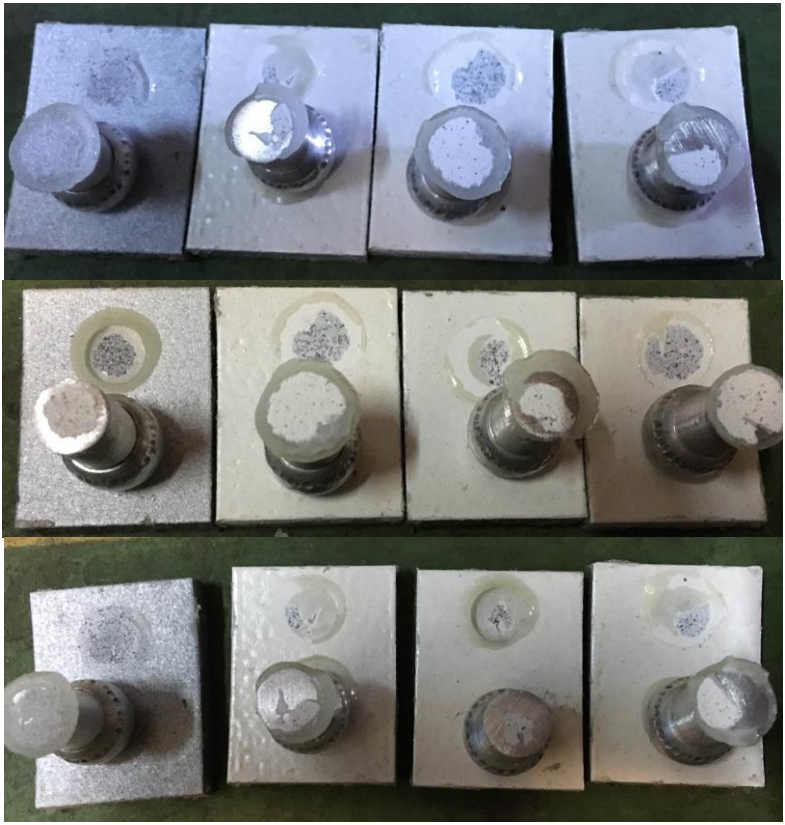
Tabel A.2 Hasil Pengujian DFT Sampel Uji Pull-Off sebelum immers

Jumlah Layer	Sampel	DFT	Rata-rata
3	A	50,4	50,8
	B	51,1	
	C	51,1	
6	A	103,2	102,7
	B	104,4	
	C	100,5	
9	A	148	151,6
	B	160	
	C	147	
12	A	203	206,6
	B	210	
	C	207	

LAMPIRAN B

HASIL PENGAMATAN DAN PENGUJIAN DAYA LEKAT

Gambar B.1 Pengamatan Visual Hasil Uji Daya Lekat dengan Perbedaan Jumlah Layer Cat sebelum Immers



Gambar B.2 Pengamatan Visual Hasil Uji Daya Lekat dengan Perbedaan Jumlah Layer Cat Setelah Immers

Tabel B.2 Hasil Pengujian Daya Lekat Sebelum *Immersion*

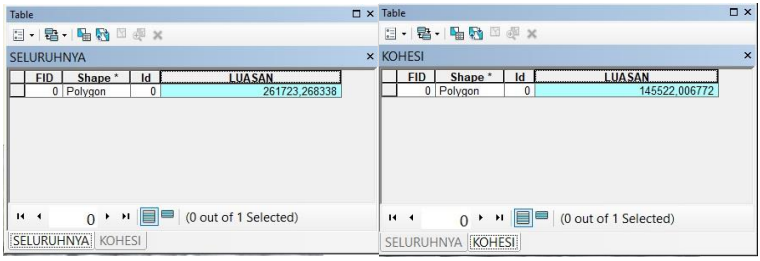
Jumlah Layer	Sampel	Daya lekat (MPa)	Rata-rata (MPa)
3	A	12,46	13,38
	B	16,43	
	C	11,25	
6	A	14,36	10,68
	B	9,34	
	C	8,35	
9	A	8,36	9,27
	B	8,76	
	C	10,7	
12	A	6,36	7,3
	B	7,43	
	C	8,12	

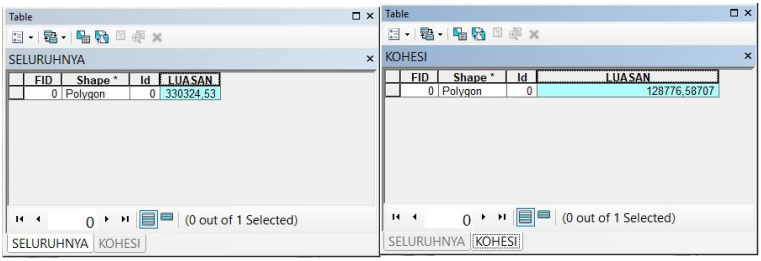
Tabel B.2 Hasil Pengujian Daya Lekat Sesudah *Immersion*

Jumlah Layer	Sampel	Daya lekat (MPa)	Rata-rata (Mpa)
3	A	12,07	11,46
	B	12,07	
	C	10,25	
6	A	14,03	9,38
	B	7,06	
	C	7,19	
9	A	7,03	8,08
	B	8,33	
	C	8,88	
12	A	5,94	5,56
	B	4,46	
	C	6,28	

Tabel B.3 Hasil Pengamatan Visual Kegagalan *Pull-off Test* setelah 14 hari masa *immersion* dengan menggunakan *software ArcMap* 10.3

Keterangan				
Variasi Jumlah Layer	Sampel	Adhesive Failure(%)	Cohesive Failure(%)	Glue Failure(%)
3	A	0	55,60	44,40
	B	0	38,98	61,02
	C	0	55,35	44,65
6	A	0	15,17	84,83
	B	0	50,58	49,42
	C	0	18,81	71,19
9	A	0	67,50	32,50
	B	0	25,98	74,02
	C	0	18,10	81,90
12	A	0	27,99	72,01
	B	0	58,59	42,41
	C	0	30,56	69,44





Table

SELURUHNYA

FID	Shape *	Id	LUASAN
0	Polygon	0	330324,53

0 (0 out of 1 Selected)

SELURUHNYA KOHESI

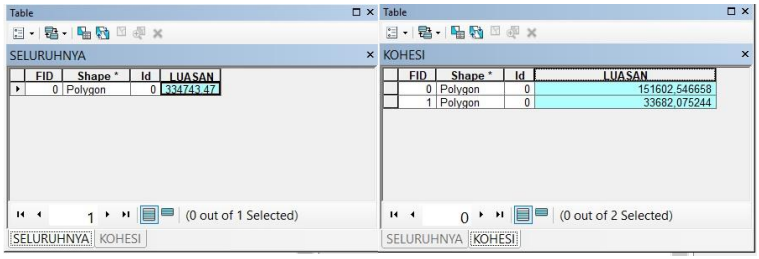
Table

KOHESI

FID	Shape *	Id	LUASAN
0	Polygon	0	128776,58707

0 (0 out of 1 Selected)

SELURUHNYA KOHESI



Table

SELURUHNYA

FID	Shape *	Id	LUASAN
0	Polygon	0	334743,47

1 (0 out of 1 Selected)

SELURUHNYA KOHESI

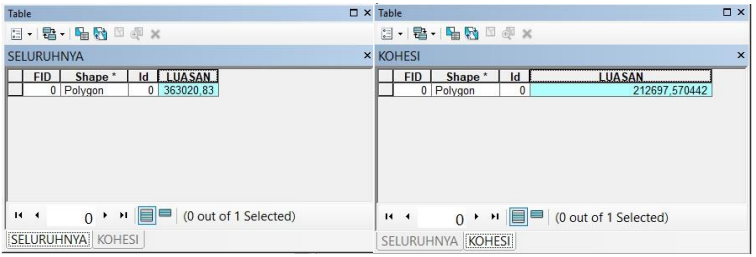
Table

KOHESI

FID	Shape *	Id	LUASAN
0	Polygon	0	151602,546658
1	Polygon	0	33682,075244

0 (0 out of 2 Selected)

SELURUHNYA KOHESI



Table

SELURUHNYA

FID	Shape *	Id	LUASAN
0	Polygon	0	363020,83

0 (0 out of 1 Selected)

SELURUHNYA KOHESI

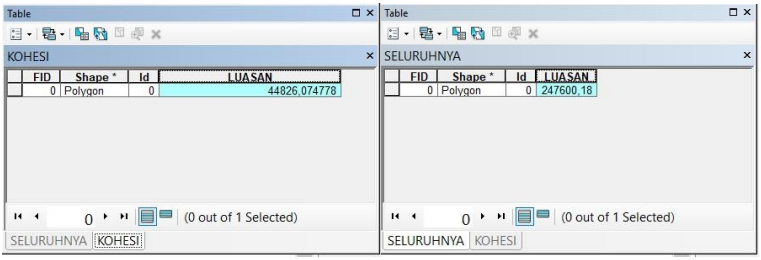
Table

KOHESI

FID	Shape *	Id	LUASAN
0	Polygon	0	212697,570442

0 (0 out of 1 Selected)

SELURUHNYA KOHESI



Table

KOHESI

FID	Shape *	Id	LUASAN
0	Polygon	0	44826,074778

0 (0 out of 1 Selected)

SELURUHNYA KOHESI

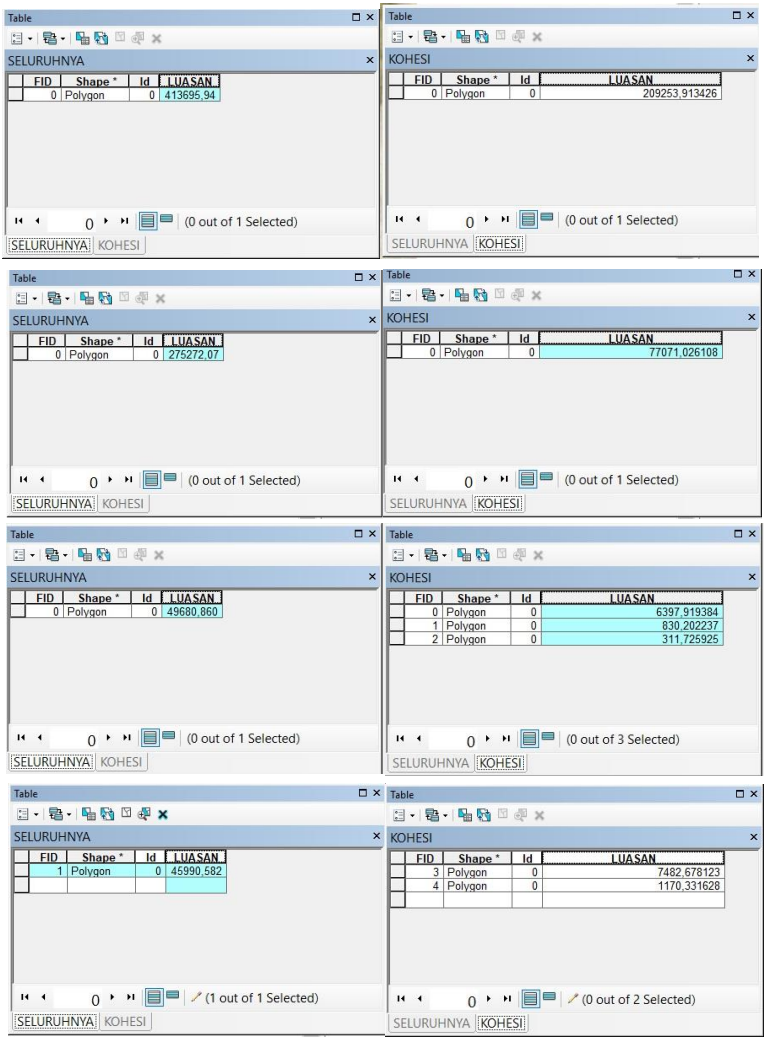
Table

SELURUHNYA

FID	Shape *	Id	LUASAN
0	Polygon	0	247600,18

0 (0 out of 1 Selected)

SELURUHNYA KOHESI



Table

SELURUHNYA

FID	Shape *	Id	LUASAN
0	Polygon	0	413695,94

0 (0 out of 1 Selected)

SELURUHNYA KOHESI

Table

KOHESI

FID	Shape *	Id	LUASAN
0	Polygon	0	209253,913426

0 (0 out of 1 Selected)

SELURUHNYA KOHESI

Table

SELURUHNYA

FID	Shape *	Id	LUASAN
0	Polygon	0	275272,07

0 (0 out of 1 Selected)

SELURUHNYA KOHESI

Table

KOHESI

FID	Shape *	Id	LUASAN
0	Polygon	0	77071,026108

0 (0 out of 1 Selected)

SELURUHNYA KOHESI

Table

SELURUHNYA

FID	Shape *	Id	LUASAN
0	Polygon	0	49680,860

0 (0 out of 1 Selected)

SELURUHNYA KOHESI

Table

KOHESI

FID	Shape *	Id	LUASAN
0	Polygon	0	6397,919384
1	Polygon	0	830,202237
2	Polygon	0	311,725925

0 (0 out of 3 Selected)

SELURUHNYA KOHESI

Table

SELURUHNYA

FID	Shape *	Id	LUASAN
1	Polygon	0	45990,582

0 (1 out of 1 Selected)

SELURUHNYA KOHESI

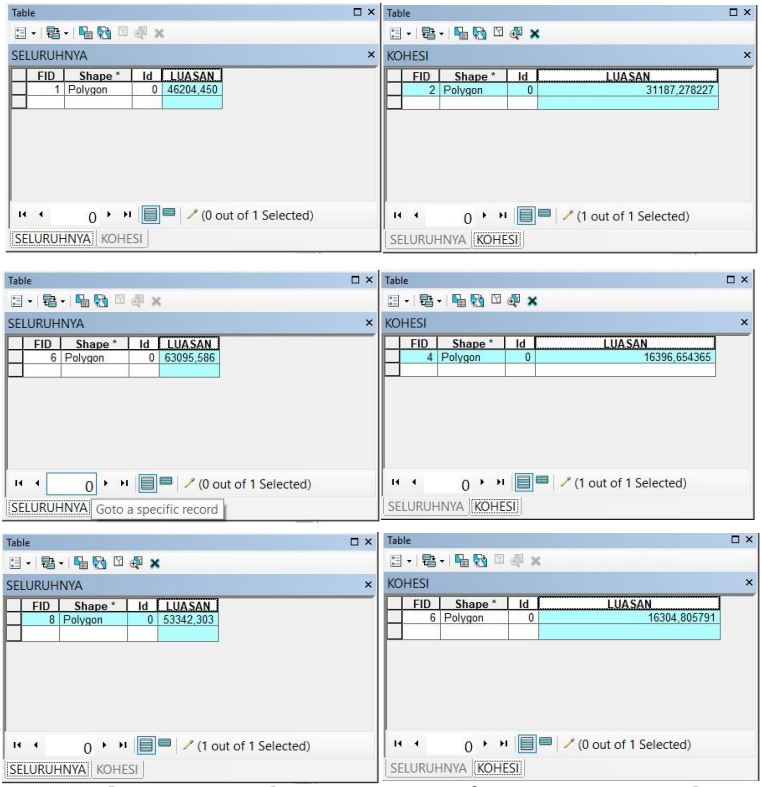
Table

KOHESI

FID	Shape *	Id	LUASAN
3	Polygon	0	7482,678123
4	Polygon	0	1170,331628

0 (0 out of 2 Selected)

SELURUHNYA KOHESI



Gambar B.3 Hasil Penggunaan Software ArcGis untuk menentukan persentase antara kohesi, adesi dan *glue failure*.

LAMPIRAN C

Technical Data Sheet

JOTUN
Jotun Protects Property

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.jotunprl.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.

This Technical Data Sheet supersedes those previously issued.
The Technical Data Sheet (TDS) is recommended to be read in conjunction with the Safety Data Sheet (SDS) and the Application Guide (AG) for this product. For your nearest local Jotun office, please visit our website at www.jotun.com

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^2/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)

This Technical Data Sheet supersedes those previously issued.

The Technical Data Sheet (TDS) is recommended to be read in conjunction with the Safety Data Sheet (SDS) and the Application Guide (AG) for this product. For your nearest local Jotun office, please visit our website at www.jotun.com

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

This Technical Data Sheet supersedes those previously issued.
The Technical Data Sheet (TDS) is recommended to be read in conjunction with the Safety Data Sheet (SDS) and the Application Guide (AG) for this product. For your nearest local Jotun office, please visit our website at www.jotun.com

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.

This Technical Data Sheet supersedes those previously issued.

The Technical Data Sheet (TDS) is recommended to be read in conjunction with the Safety Data Sheet (SDS) and the Application Guide (AG) for this product. For your nearest local Jotun office, please visit our website at www.jotun.com

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.

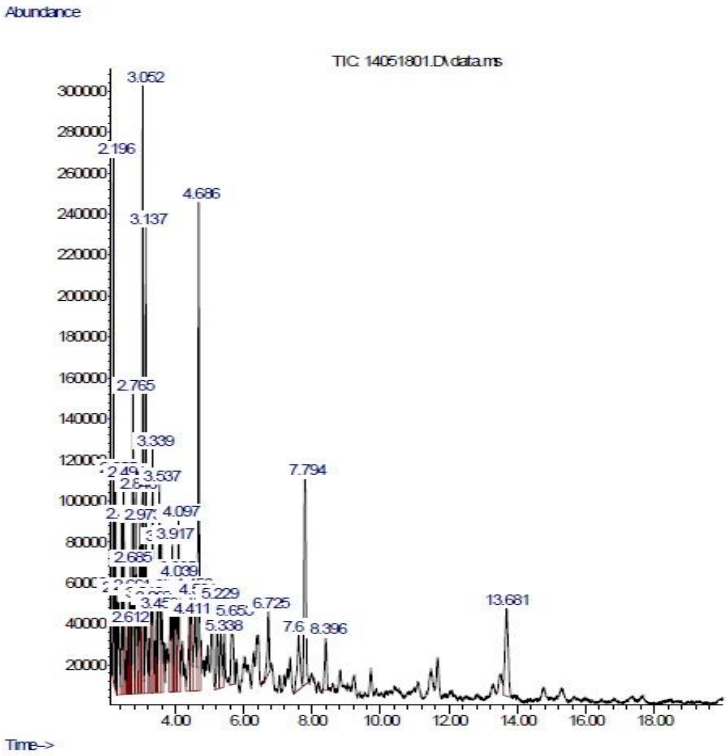
Disclaimer

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.

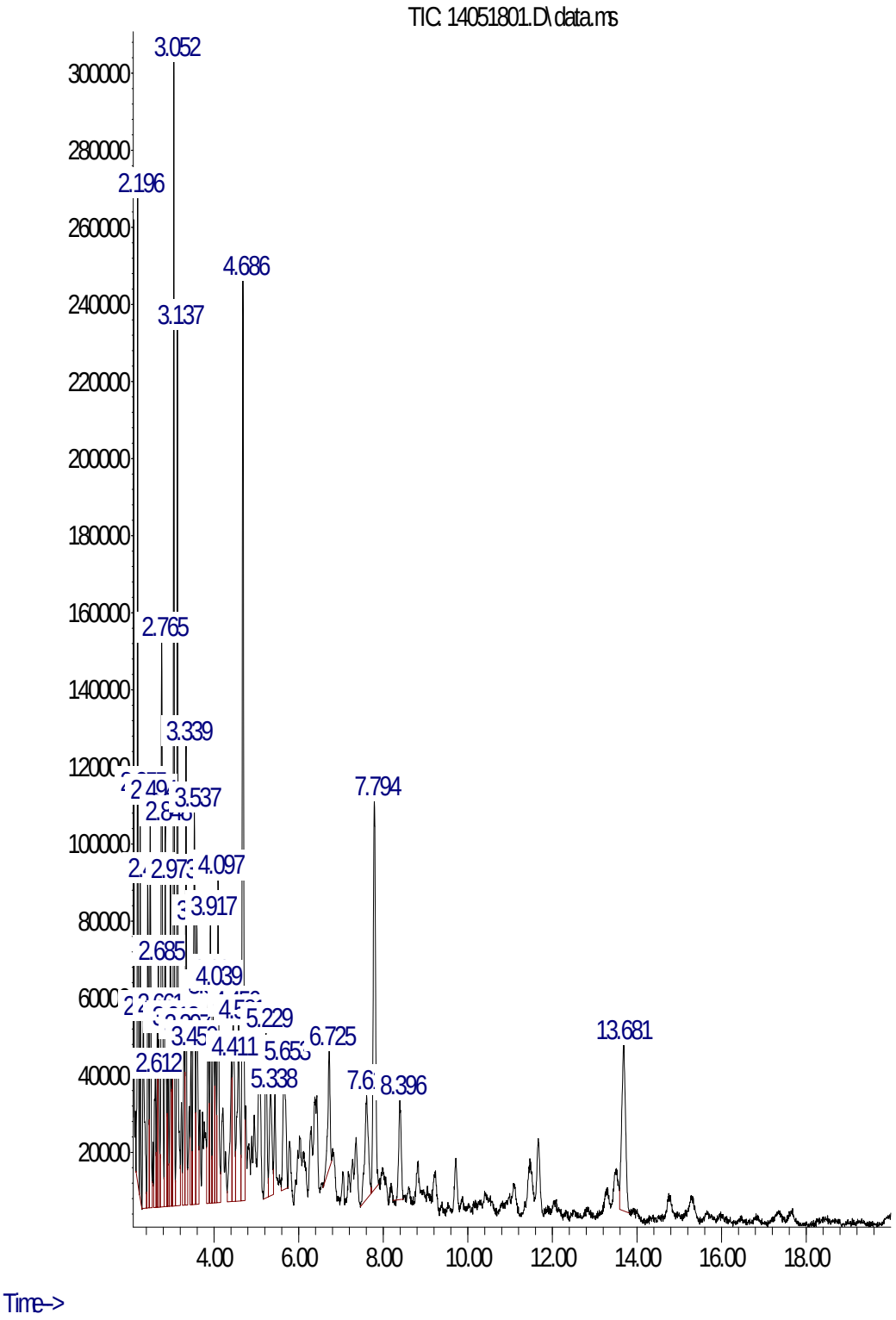
If there is any inconsistency between different language issues of this document, the English (United Kingdom) version will prevail.

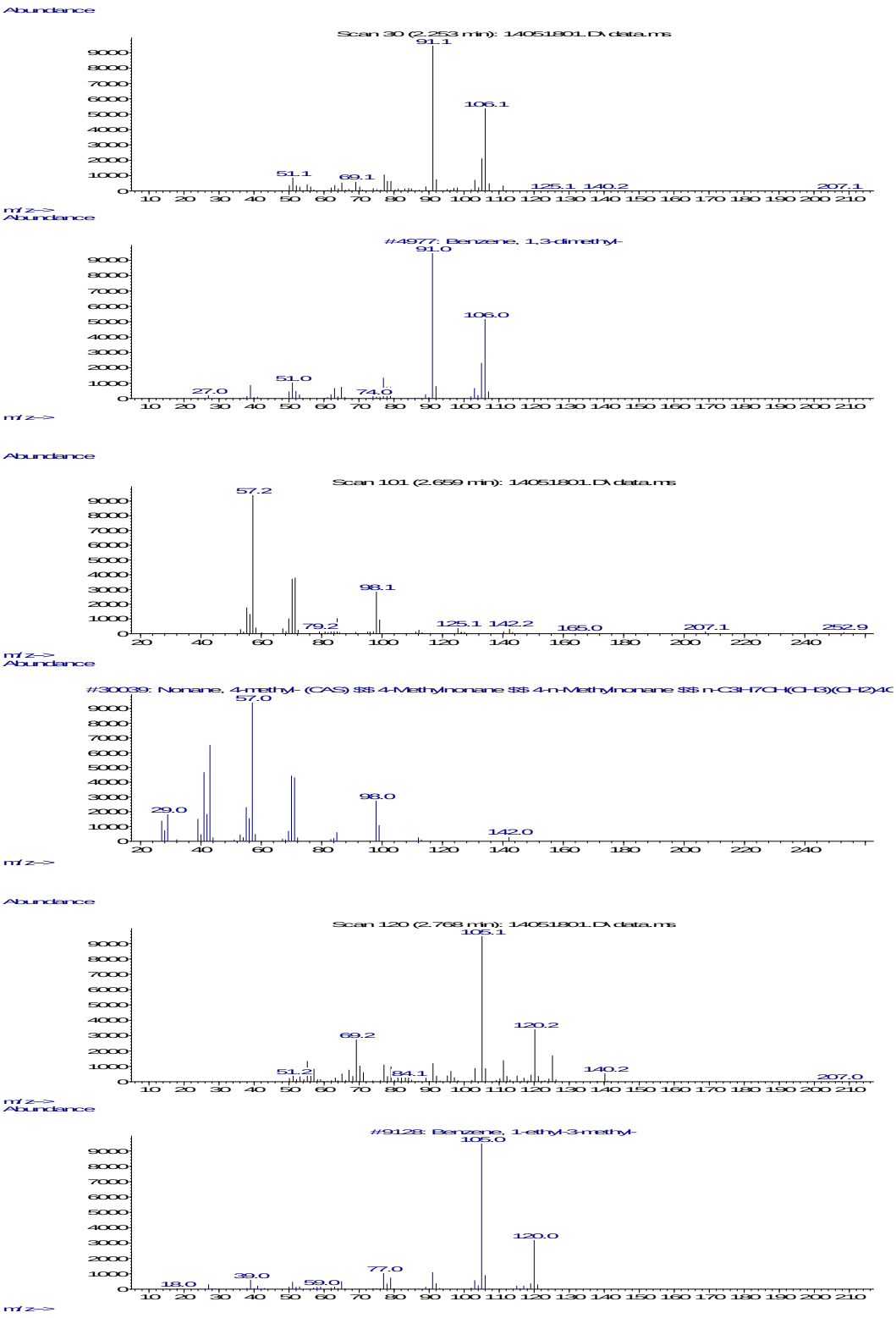
LAMPIRAN D

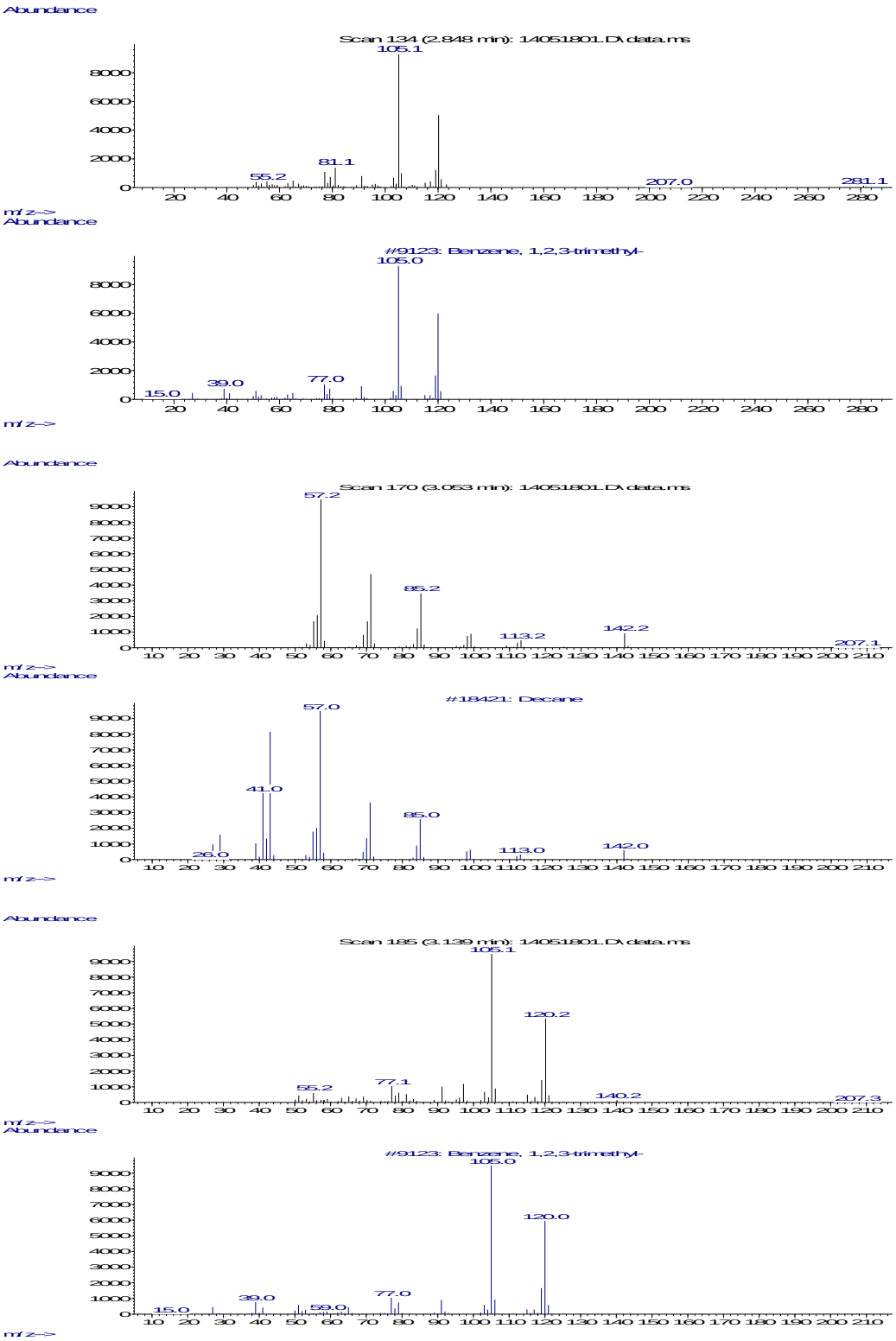


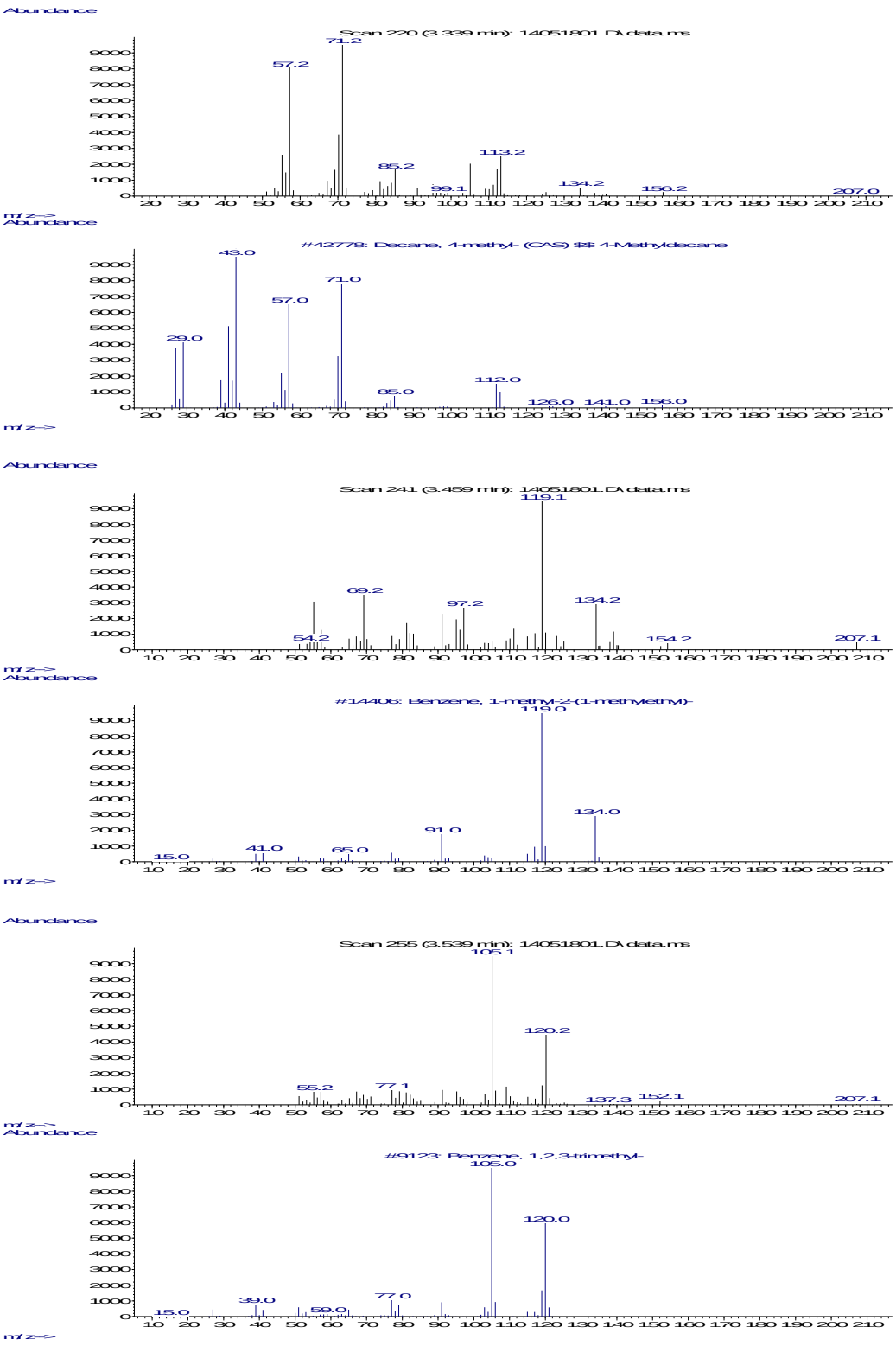
Gambar D.1 Hasil Pengujian Gc-Ms untuk Avtur Sebelum Dilakukan Immers

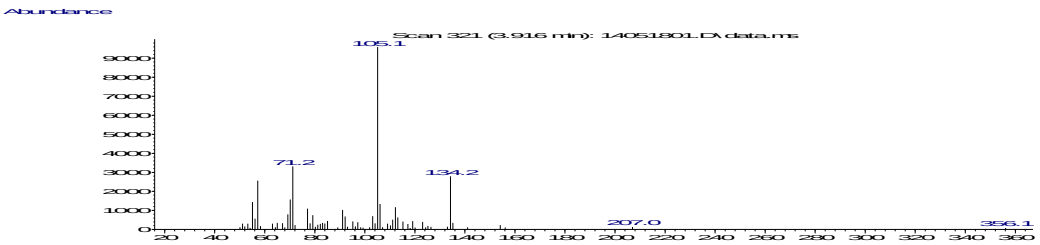
Laboratorium PT. Gelora Djaja

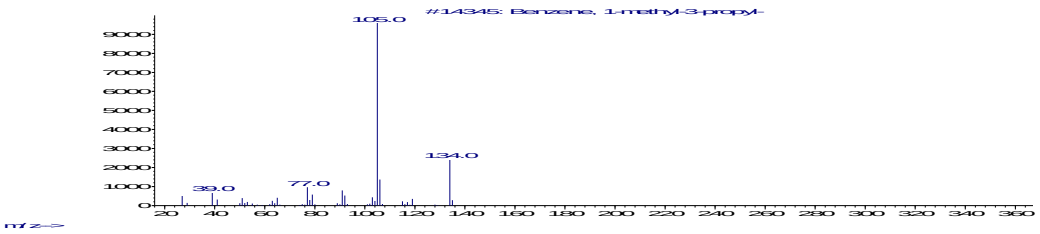


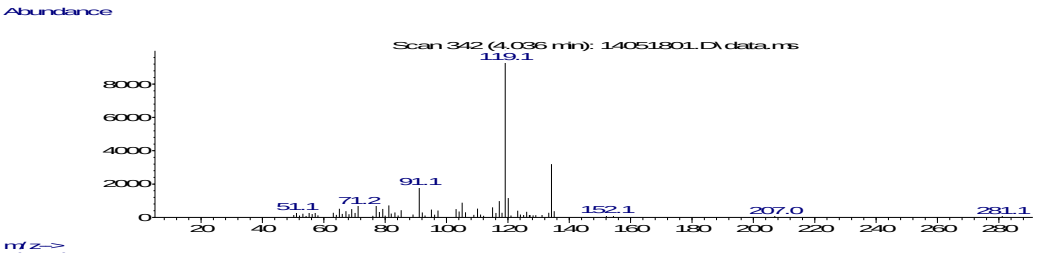

Abundance
Scan 30 (2.253 min): 14051801.D\ data.ms
91.1
106.1
51.1
69.1
125.1
140.2
207.1
m/z-->
Abundance
#4977: Benzene, 1,3-dimethyl-
91.0
106.0
51.0
27.0
74.0
m/z-->
Abundance
Scan 101 (2.659 min): 14051801.D\ data.ms
57.2
98.1
79.2
125.1
142.2
165.0
207.1
252.9
m/z-->
Abundance
#30039: Nonane, 4-methyl- (CAS) $$$ 4-Methylnonane $$$ 4-n-Methylnonane $$$ n-C3H7CH(CH3)(CH2)4C
57.0
98.0
29.0
142.0
m/z-->
Abundance
Scan 120 (2.768 min): 14051801.D\ data.ms
105.1
120.2
69.2
51.2
84.1
140.2
207.0
m/z-->
Abundance
#9128: Benzene, 1-ethyl-3-methyl-
105.0
120.0
77.0
39.0
18.0
59.0
m/z-->

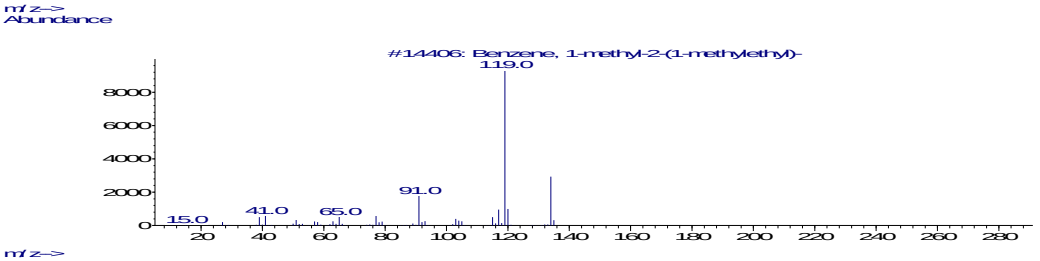

Abundance
Scan 134 (2.848 min): 14051801.D\ data.ms
105.1
81.1
55.2
207.0
281.1
m/z-->
Abundance
#9123: Benzene, 1,2,3-trimethyl-
105.0
77.0
39.0
15.0
m/z-->
Abundance
Scan 170 (3.053 min): 14051801.D\ data.ms
57.2
85.2
113.2
142.2
207.1
m/z-->
Abundance
#18421: Decane
57.0
41.0
85.0
113.0
142.0
26.0
m/z-->
Abundance
Scan 185 (3.139 min): 14051801.D\ data.ms
105.1
120.2
77.1
55.2
140.2
207.3
m/z-->
Abundance
#9123: Benzene, 1,2,3-trimethyl-
105.0
120.0
77.0
39.0
59.0
15.0
m/z-->

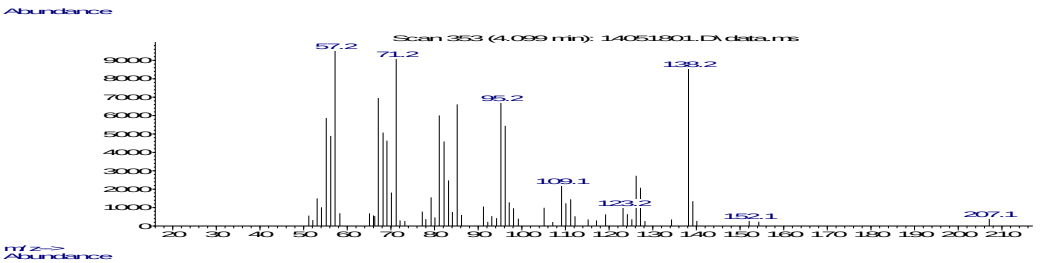

Abundance
Scan 220 (8.339 min): 14051801.D\ data.ms
71.2
57.2
85.2
113.2
99.1
134.2
156.2
207.0
m/z-->
Abundance
#42778: Decane, 4-methyl- (CAS) 4-Methyldecane
43.0
71.0
57.0
29.0
85.0
112.0
126.0
141.0
156.0
m/z-->
Abundance
Scan 241 (8.459 min): 14051801.D\ data.ms
119.1
69.2
97.2
134.2
54.2
154.2
207.1
m/z-->
Abundance
#14406: Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-
119.0
134.0
91.0
41.0
65.0
15.0
m/z-->
Abundance
Scan 255 (8.539 min): 14051801.D\ data.ms
105.1
120.2
55.2
77.1
137.3
152.1
207.1
m/z-->
Abundance
#9123: Benzene, 1,2,3-trimethyl-
105.0
120.0
39.0
77.0
15.0
59.0
m/z-->

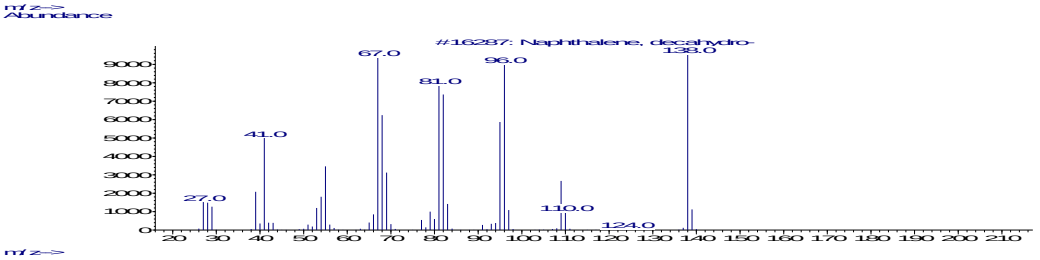

Abundance
Scan 321 (8.916 min): 14051801.D\ data.ms
105.1
71.2
134.2
207.0
356.1
m/z-->

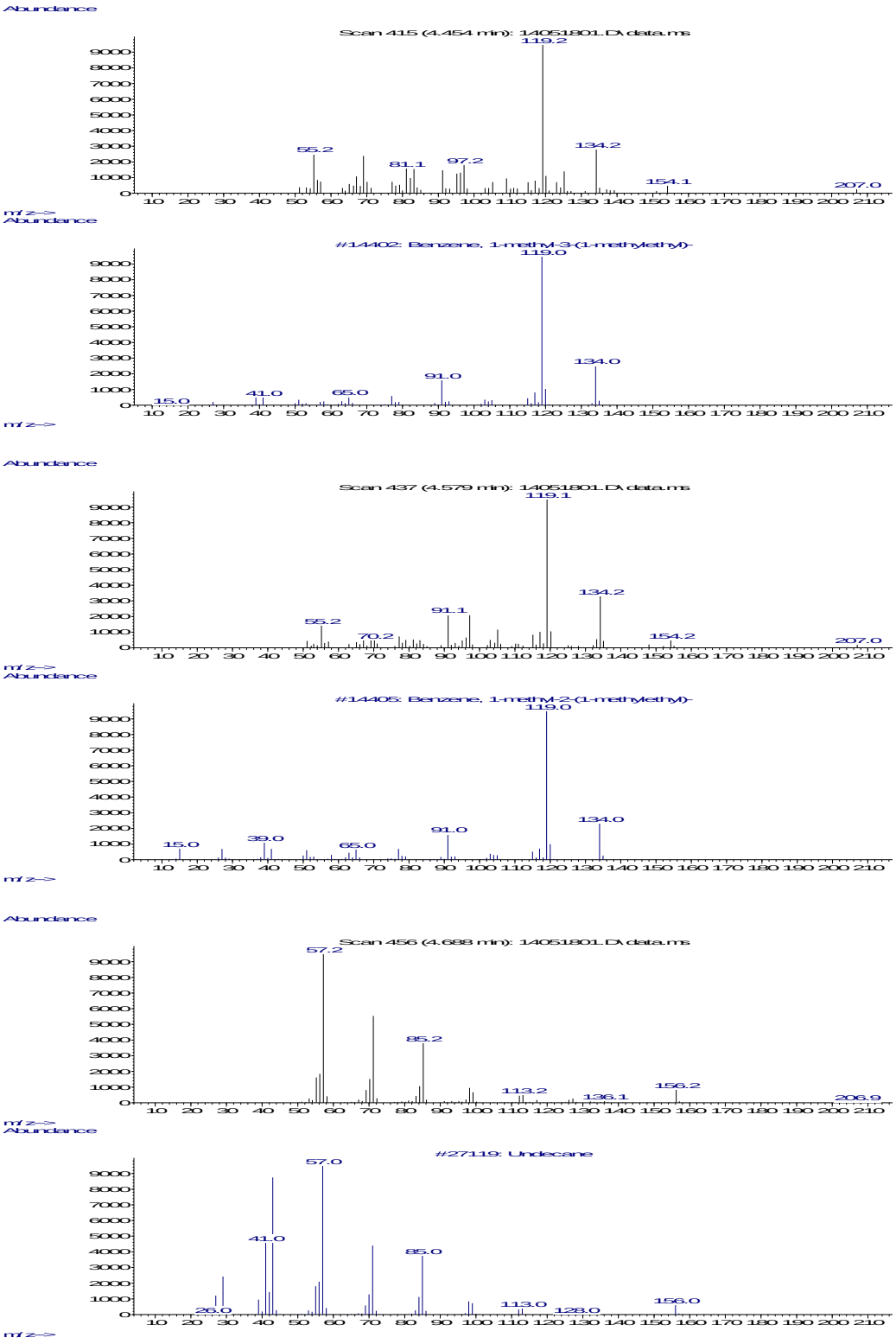

Abundance
#14345: Benzene, 1-methyl-3-propyl-
105.0
134.0
39.0
77.0
m/z-->

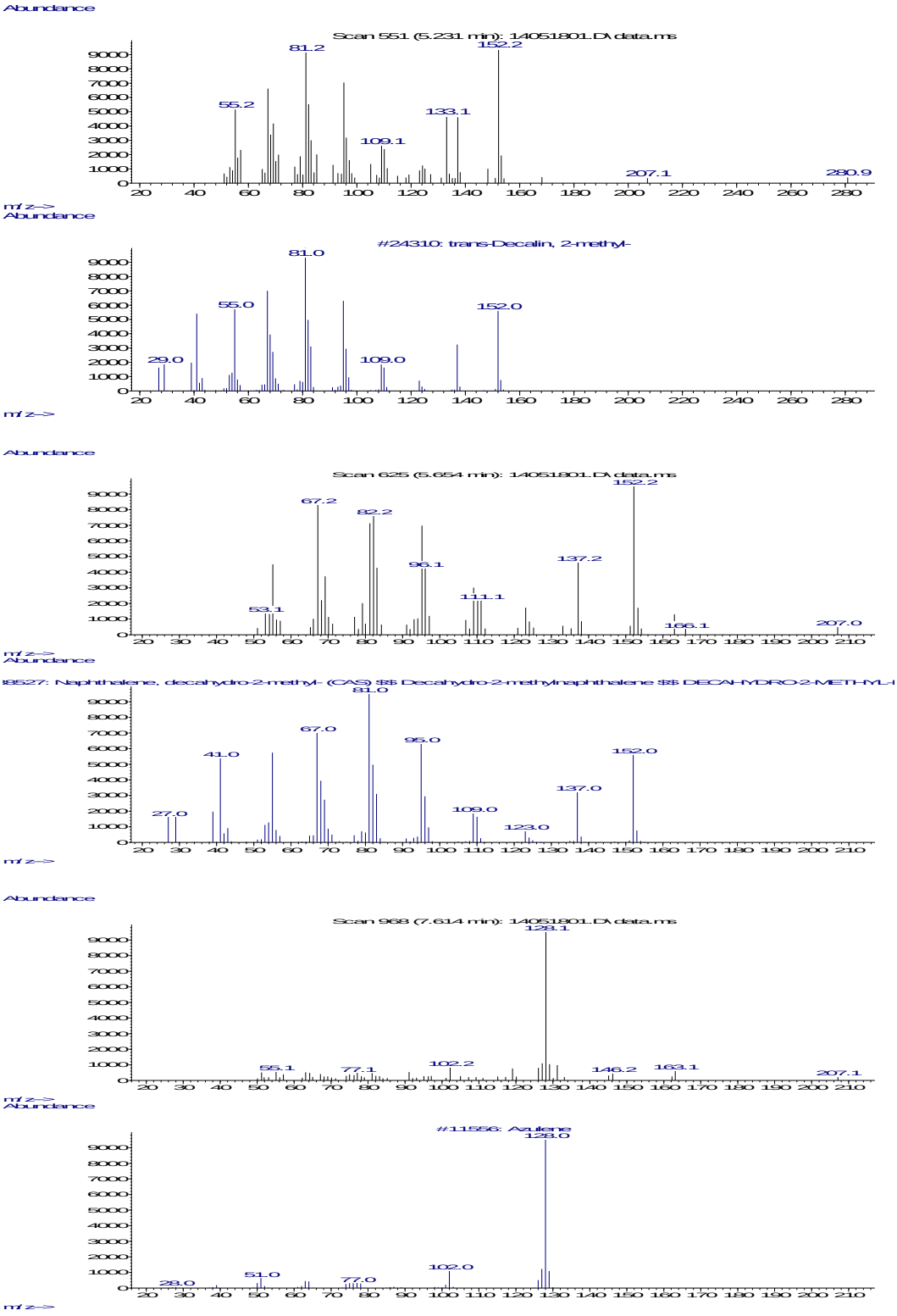

Abundance
Scan 342 (4.036 min): 14051801.D\ data.ms
119.1
91.1
51.1
71.2
152.1
207.0
281.1
m/z-->

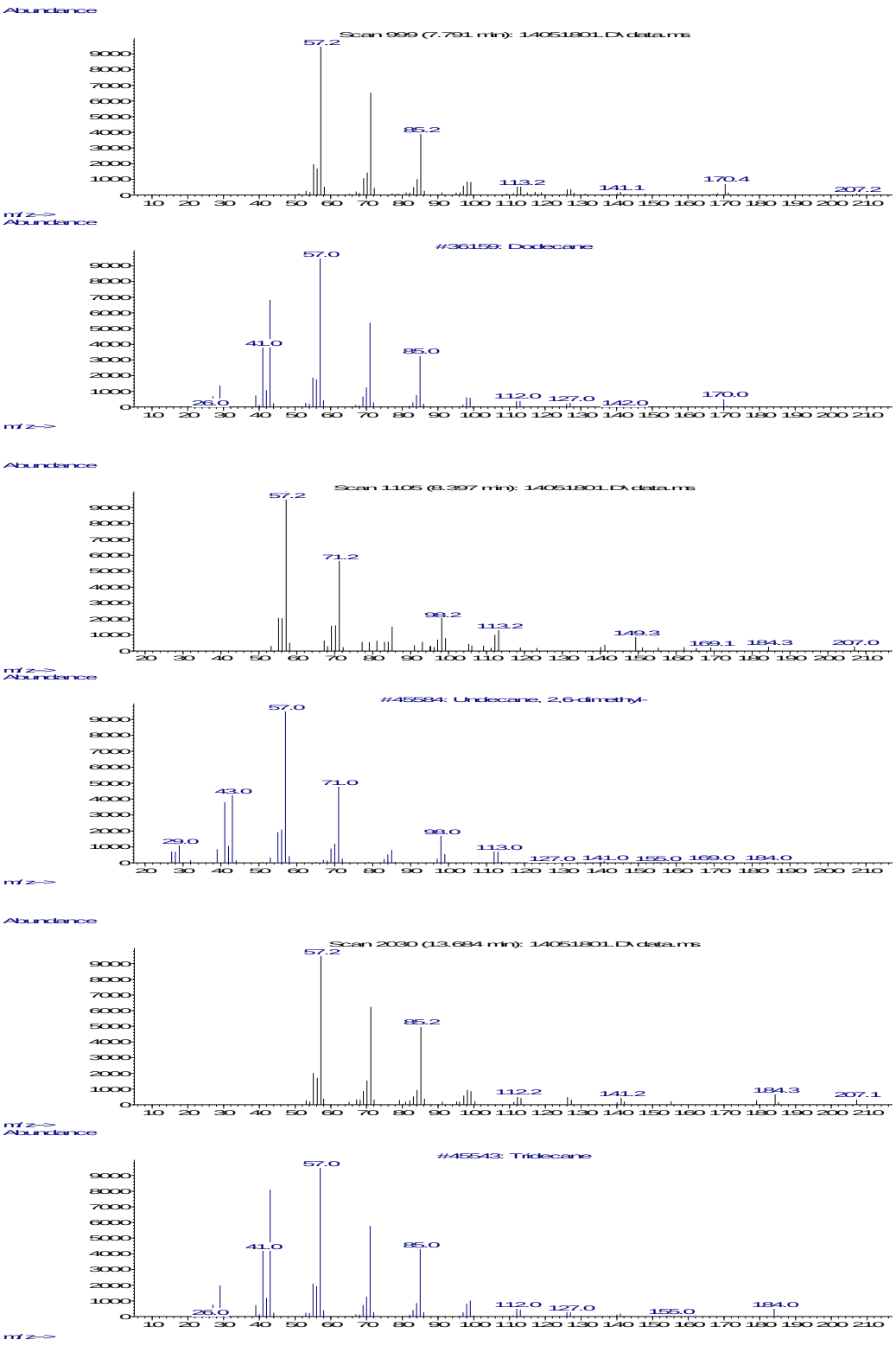

Abundance
#14406: Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-
119.0
91.0
15.0
41.0
65.0
m/z-->


Abundance
Scan 353 (4.099 min): 14051801.D\ data.ms
57.2
71.2
138.2
95.2
109.1
123.2
152.1
207.1
m/z-->


Abundance
#16287: Naphthalene, decahydro-
67.0
96.0
133.0
81.0
41.0
27.0
110.0
124.0
m/z-->


Abundance
Scan 415 (4.454 min): 14051801.D\ data.ms
119.2
55.2
81.1
97.2
134.2
154.1
207.0
m/z-->
Abundance
#14402: Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-
119.0
134.0
91.0
41.0
65.0
15.0
m/z-->
Abundance
Scan 437 (4.579 min): 14051801.D\ data.ms
119.1
134.2
91.1
55.2
70.2
154.2
207.0
m/z-->
Abundance
#14405: Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-
119.0
134.0
91.0
15.0
39.0
65.0
m/z-->
Abundance
Scan 456 (4.688 min): 14051801.D\ data.ms
57.2
85.2
113.2
136.1
156.2
206.9
m/z-->
Abundance
#27119: Undecane
57.0
41.0
85.0
26.0
113.0
128.0
156.0
m/z-->


Abundance
Scan 551 (5.231 min): 14051801.D\ data.ms
81.2
152.2
55.2
133.1
109.1
207.1
280.9
m/z-->
Abundance
#24310: trans-Decalin, 2-methyl-
81.0
55.0
152.0
29.0
109.0
m/z-->
Abundance
Scan 625 (5.654 min): 14051801.D\ data.ms
152.2
67.2
82.2
96.1
137.2
111.1
53.1
166.1
207.0
m/z-->
Abundance
#8527: Naphthalene, decahydro-2-methyl- (CAS) $$ Decahydro-2-methylnaphthalene $$ DECAHYDRO-2-METHYL-I
81.0
67.0
95.0
41.0
152.0
137.0
109.0
27.0
123.0
m/z-->
Abundance
Scan 968 (7.614 min): 14051801.D\ data.ms
128.1
55.1
77.1
102.2
146.2
163.1
207.1
m/z-->
Abundance
#11556: Azulene
128.0
28.0
51.0
77.0
102.0
m/z-->


Abundance
Scan 999 (7.791 min): 14051801.D\ data.ms
57.2
85.2
113.2
141.1
170.4
207.2
m/z-->
Abundance
#36159: Dodecane
57.0
41.0
85.0
26.0
112.0
127.0
142.0
170.0
m/z-->
Abundance
Scan 1105 (8.397 min): 14051801.D\ data.ms
57.2
71.2
98.2
113.2
149.3
169.1
184.3
207.0
m/z-->
Abundance
#45584: Undecane, 2,6-dimethyl-
57.0
43.0
71.0
29.0
98.0
113.0
127.0
141.0
155.0
169.0
184.0
m/z-->
Abundance
Scan 2030 (13.684 min): 14051801.D\ data.ms
57.2
85.2
112.2
141.2
184.3
207.1
m/z-->
Abundance
#45543: Tridecane
57.0
41.0
85.0
26.0
112.0
127.0
155.0
184.0
m/z-->

Laboratorium PT. Gelora Djaja

Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\
Data File : 14051801.D
Acq On : 14 May 2018 13:22
Operator : SRA
Sample : 111/LU15 Avtur A
Misc : Octavian - ITS
ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST02.L Minimum Quality: 85
C:\Database\Wiley275.L Minimum Quality: 85

Unknown Spectrum: Apex
Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	2.196	4.58	C:\Database\Wiley275.L			
			Nonane (CAS) $$ n-Nonane $$ Shells ol 140 $$ n-C9H20 $$ UN 1920	19787	000111-84-2	70
			Nonane (CAS) $$ n-Nonane $$ Shells ol 140 $$ n-C9H20 $$ UN 1920	19794	000111-84-2	58
			Nonane (CAS) $$ n-Nonane $$ Shells ol 140 $$ n-C9H20 $$ UN 1920	19795	000111-84-2	58
2	2.253	1.71	C:\Database\NIST02.L			
			Benzene, 1,3-dimethyl-	4977	000108-38-3	97
			p-Xylene	4954	000106-42-3	95
			o-Xylene	4952	000095-47-6	95
3	2.333	2.17	C:\Database\Wiley275.L			
			DIMETHYL-3,5 HEPTENE-3	18223	000000-00-0	80
			2-Hexene, 3,4,4-trimethyl- (CAS) $ $ 3,4,4-Trimethyl-2-hexene	18238	053941-19-8	72
			1H-Pyrazole, 4,5-dihydro-3-methyl- 1-propyl- (CAS) $$ 3-Methyl-1-n-pr opyl-.DELTA.[2]-pyrazoline	17851	026964-49-8	64
4	2.436	2.37	C:\Database\Wiley275.L			
			Octane, 2,6-dimethyl- (CAS) $$ 2,6 -Dimethyloctane	30055	002051-30-1	64
			Octane, 2,6-dimethyl- (CAS) $$ 2,6 -Dimethyloctane	30052	002051-30-1	41
			Octane, 2,6-dimethyl- (CAS) $$ 2,6 -Dimethyloctane	30054	002051-30-1	38

5 2.493 2.92 C:\Database\Wiley275.L
Cyclohexane, propyl- (CAS) $$ Prop 18271 001678-92-8 72
ylcyclohexane $$ n-Propylcyclohexa
ne
Cyclohexanone, 2,3-dimethyl- (CAS) 18032 013395-76-1 72
$$ 2,3-Dimethylcyclohexanone
Cyclohexane, propyl- (CAS) $$ Prop 18269 001678-92-8 72
ylcyclohexane $$ n-Propylcyclohexa
ne

6 2.613 1.15 C:\Database\Wiley275.L
Decane, 3,8-dimethyl- (CAS) $$ 3,8 55974 017312-55-9 47
-Dimethyldecane
Undecane, 2,9-dimethyl- (CAS) 69491 017301-26-7 47
Decane, 2,5,6-trimethyl- (CAS) 69528 062108-23-0 47

7 2.659 1.10 C:\Database\Wiley275.L
Nonane, 4-methyl- (CAS) $$ 4-Methy 30039 017301-94-9 90
lnonane $$ 4-n-Methylnonane $$ n-C
3H7CH(CH3)(CH2)4CH3
Heptane, 3-ethyl- (CAS) $$ 3-Ethyl 19812 015869-80-4 59
heptane
Heptane, 3-ethyl-2-methyl- (CAS) $ 30073 014676-29-0 53
$ 2-Methyl-3-ethylheptane $$ 3-Eth
yl-2-methylheptane

8 2.682 1.74 C:\Database\Wiley275.L
Nonane, 2-methyl- (CAS) $$ 2-Methy 30028 000871-83-0 53
lnonane $$ 2-Methyl-nonane
Octane, 4-ethyl- (CAS) $$ 4-Ethylo 30046 015869-86-0 53
ctane
Nonane, 2-methyl- (CAS) $$ 2-Methy 30027 000871-83-0 52
lnonane $$ 2-Methyl-nonane

9 2.768 5.00 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1-ethyl-3-methyl- 9128 000620-14-4 92
Benzene, 1-ethyl-2-methyl- 9127 000611-14-3 91
Benzene, 1-ethyl-3-methyl- 9131 000620-14-4 91

10 2.848 2.81 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1,2,3-trimethyl- 9123 000526-73-8 95
Benzene, 1,2,4-trimethyl- 9126 000095-63-6 94
Benzene, 1,3,5-trimethyl- 9114 000108-67-8 94

11 2.910 1.19 C:\Database\Wiley275.L
3-Octyne, 2,2-dimethyl- (CAS) $$ 2 26664 019482-57-6 43
,2-Dimethyl-3-octyne
Cyclohexene, 3-(2-methylpropyl)- (26741 004104-56-7 38
CAS) $$ 3-(2-METHYLPROPYL)CYCLOHEX
ENE $$ Cyclohexene, 3-isobutyl- $$
3-Isobutyl-1-cyclohexene $$ 3-Iso
butylcyclohexene
4-METHYL-4-(2'-BUTEN-2'-YL)CYCLOBU 26381 041597-03-9 38
TANONE $$ Cyclobutanone, 2-methyl-
2-(2-methyl-1-propenyl)-

12 2.973 2.21 C:\Database\Wiley275.L
Benzene, 1-ethyl-2-methyl- (CAS) $ 14950 000611-14-3 56
$ o-Ethyltoluene $$ 1-Methyl-2-eth
ylbenzene $$ 2-Ethyltoluene $$ Tol
uene, o-ethyl- $$ o-Methylethylben
zene $$ o-Ethyl methyl benzene $$
1-Ethyl-2-methylbenzene $$ o-Ethyl
methylbenzene $$ ortho-Ethyltoluen
Benzene, 1-ethyl-2-methyl- (CAS) $ 14949 000611-14-3 53
$ o-Ethyltoluene $$ 1-Methyl-2-eth
ylbenzene $$ 2-Ethyltoluene $$ Tol
uene, o-ethyl- $$ o-Methylethylben
zene $$ o-Ethyl methyl benzene $$
1-Ethyl-2-methylbenzene $$ o-Ethyl
methylbenzene $$ ortho-Ethyltoluen
Benzene, 1-ethyl-2-methyl- (CAS) $ 14951 000611-14-3 53
$ o-Ethyltoluene $$ 1-Methyl-2-eth
ylbenzene $$ 2-Ethyltoluene $$ Tol
uene, o-ethyl- $$ o-Methylethylben
zene $$ o-Ethyl methyl benzene $$
1-Ethyl-2-methylbenzene $$ o-Ethyl
methylbenzene $$ ortho-Ethyltoluen

13 3.013 0.89 C:\Database\Wiley275.L
Cyclohexane, 1-methyl-4-(1-methyle 28383 001678-82-6 38
thyl)-, trans- (CAS) $$ 1-Methyl-t
rans-4-isopropylcyclohexane $$ CYC
LOHEXANE, 1-ISOPROPYL-4-METHYL-, T
RANS $$ trans-p-Menthane $$ p-Ment
hane, trans- $$ trans-1-Methyl-4-i
sopropylcyclohexane $$ trans-1-Iso
propyl-4-methylcy

3-Heptene, 4-propyl- (CAS) $$ 4-N- 28323 004485-13-6 38
PROPYL-3-HEPTENE $$ 4-Propyl-3-hep
tene
Cyclohexane, 1-(cyclohexylmethyl)- 79010 054823-95-9 38
3-methyl-, trans- (CAS) $$ 3-METHY
LDICYCLOHEXYLMETHANE (HIGH BOILING

14 3.053 6.44 C:\Database\NIST02.L
Decane 18421 000124-18-5 94
Decane 18418 000124-18-5 91
Decane 18420 000124-18-5 91

15 3.139 6.02 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1,2,3-trimethyl- 9123 000526-73-8 95
Benzene, 1,2,4-trimethyl- 9126 000095-63-6 94
Benzene, 1,3,5-trimethyl- 9121 000108-67-8 94

16 3.299 1.44 C:\Database\Wiley275.L
3-Methyl-2-(2-oxopropyl)furan 26213 000000-00-0 50
Bicyclo[3.1.1]heptan-3-one, 2,6,6- 38408 015358-88-0 43
trimethyl-, (1.alpha.,2.beta.,5.al
pha.)- (CAS) $$ Isopinocamphone $$
Isopinocamphon $$ Isocamphopinone
$$ 3-Pinanone $$ cis-3-Pinanone
Rose oxide $$ 2H-Pyran, tetrahydro 40137 016409-43-1 43
-4-methyl-2-(2-methyl-1-propenyl)-
(CAS) $$ 4-METHYL-2-(2-METHYL-1-P
ROPENYL)TETRAHYDROPYRAN $$ Rosoxid
e $$ 2H-Pyran, tetrahydro-4-methyl
-2-(2-methylpropenyl)- $$ cis Rose
oxide $$ Pyran, tetrahydro-2-(2-m
ethyl-1-propenyl)

17 3.339 3.07 C:\Database\Wiley275.L
Decane, 4-methyl- (CAS) $$ 4-Methy 42778 002847-72-5 81
ldecane
Decane, 4-methyl- (CAS) $$ 4-Methy 42780 002847-72-5 81
ldecane
Decane, 4-methyl- (CAS) $$ 4-Methy 42781 002847-72-5 81
ldecane

18 3.459 1.07 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl 14406 000527-84-4 91
)-
Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl 14405 000527-84-4 91
)-
Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl 14404 000527-84-4 91
)-

19 3.539 4.03 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1,2,3-trimethyl- 9123 000526-73-8 95
Benzene, 1,3,5-trimethyl- 9121 000108-67-8 93
Benzene, 1,2,4-trimethyl- 9124 000095-63-6 90

20 3.596 2.66 C:\Database\Wiley275.L
Cyclohexane, butyl- (CAS) $$ n-But 28354 001678-93-9 83
ylcyclohexane $$ BUTYL-CYCLOHEXANE
$$ Butylcyclohexane $$ 1-Cyclohex
ylbutane $$ Butane, 1-cyclohexyl-
Cyclohexane, butyl- (CAS) $$ n-But 28356 001678-93-9 74
ylcyclohexane $$ BUTYL-CYCLOHEXANE
$$ Butylcyclohexane $$ 1-Cyclohex
ylbutane $$ Butane, 1-cyclohexyl-
Cyclohexane, undecyl- (CAS) $$ Und 124585 054105-66-7 64
ecylcyclohexane $$ cyclohexylundec
ane $$ Undecycyclohexane $$ Undeca
ne, 1-cyclohexyl- $$ n-Undecylcycl
ohexane $$ 1-Cyclohexylundecane

21 3.859 1.80 C:\Database\Wiley275.L
1-ethyl-2,2,6-trimethylcyclohexane 40927 000000-00-0 49
$$ 2-ETHYL-1,1,3-TRIMETHYLCYCLOHE
XANE
1-Ethyl-2,2,6-trimethylcyclohexane 40935 000000-00-0 49
Heptane, 4-ethyl- (CAS) $$ 4-Ethyl 19816 002216-32-2 47
heptane

22 3.916 2.23 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1-methyl-3-propyl- 14345 001074-43-7 90
Benzene, 1-methyl-3-propyl- 14340 001074-43-7 87
Benzene, 1-methyl-2-propyl- 14342 001074-17-5 55

23 3.985 2.13 C:\Database\Wiley275.L
Hexadecane, 2,6,11,15-tetramethyl- 163897 000504-44-9 38
(CAS) $$ 2,6,11,15-Tetramethylhex
adecane $$ Crocetane

Docosane (CAS) $$ n-Docosane $$ C2 186056 000629-97-0 38
2H46 STANDARD $$ Normal-docosane
N-NONADECANE 152007 000629-92-5 30

24 4.036 1.55 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl 14406 000527-84-4 95
)-
Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl 14405 000527-84-4 94
)-
Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethyl- 14376 000934-80-5 94

25 4.099 3.00 C:\Database\NIST02.L
Naphthalene, decahydro- 16287 000091-17-8 95
Naphthalene, decahydro- 16286 000091-17-8 89
1,1'-Bicyclopentyl 16259 001636-39-1 87

26 4.414 1.58 C:\Database\Wiley275.L
Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethyl- (CA 23378 000934-80-5 60
S) $$ 4-Ethyl-o-xylene $$ 1,2-Dime
thyl-4-ethylbenzene $$ o-Xylene, 4
-ethyl- $$ 2-Methyl-p-ethyltoluene
$$ 4-Ethyl-1,2-dimethylbenzene $$
3,4-Dimethyl-1-ethylbenzene $$ 1-
Ethyl-3,4-dimethylbenzene
Benzene, 1-ethyl-3,5-dimethyl- (CA 23386 000934-74-7 60
S) $$ 5-Ethyl-m-xylene $$ 1,3-Dime
thyl-5-ethylbenzene $$ m-Xylene, 5
-ethyl- $$ 1-Ethyl-3,5-dimethylben
zene $$ 3,5-Dimethylethylbenzene
Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl- (CA 23362 001758-88-9 60
S) $$ 1,4-Dimethyl-2-ethylbenzene
$$ 2-ETHYL-1,4-DIMETHYL-BENZENE $$
2-Ethyl-p-xylene $$ p-Xylene, 2-e
thyl- $$ 2,5-Dimethylethylbenzene
$$ 2-Ethyl-1,4-dimethylbenzene $$
1-Ethyl-2,5-dimethylbenzene

27 4.454 2.43 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl 14402 000535-77-3 91
)-
Benzene, 1-ethyl-2,4-dimethyl- 14366 000874-41-9 91
Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl 14406 000527-84-4 91
)-

28 4.579 2.73 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl 14405 000527-84-4 95
)-
Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl 14404 000527-84-4 95
)-
Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl 14397 000535-77-3 94
)-

29 4.688 7.90 C:\Database\NIST02.L
Undecane 27119 001120-21-4 94
Undecane 27120 001120-21-4 94
Dodecane 36159 000112-40-3 90

30 5.231 1.86 C:\Database\NIST02.L
trans-Decalin, 2-methyl- 24310 1000152-47-3 95
Naphthalene, decahydro-2-methyl- 24328 002958-76-1 89
1-Methyldecahydronaphthalene 24317 002958-75-0 55

31 5.339 1.64 C:\Database\Wiley275.L
Benzene, 1,2,3,4-tetramethyl- (CAS 23393 000488-23-3 50
) $$ Prehnitol $$ 1,2,3,4-Tetramet
hylbenzene $$ Prehnitene $$ 1,2,3,
4-TETRAMETHYLBENZENE (PREHNITENE)
1,2,3,4-Tetramethylbenzene 23441 000488-23-3 50
Benzene, 1,2,3,5-tetramethyl- (CAS 23396 000527-53-7 50
) $$ 1,2,3,5-Tetramethylbenzene $$
Isodurene $$ 1,3,4,5-Tetramethylb
enzene

32 5.654 2.07 C:\Database\Wiley275.L
Naphthalene, decahydro-2-methyl- (38527 002958-76-1 91
CAS) $$ Decahydro-2-methylnaphthal
ene $$ DECAHYDRO-2-METHYL-NAPHTHAL
ENE
2-METHYLDECALIN (PROBABLY TRANS) 38526 002958-76-1 83
Naphthalene, decahydro-2-methyl- (38531 002958-76-1 83
CAS) $$ Decahydro-2-methylnaphthal
ene $$ DECAHYDRO-2-METHYL-NAPHTHAL
ENE

33 6.723 1.63 C:\Database\NIST02.L
Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro- 13612 000119-64-2 93
Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro- 13601 000119-64-2 89
Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro- 13613 000119-64-2 89

34 7.614 2.25 C:\Database\NIST02.L
Azulene 11556 000275-51-4 94
Naphthalene 11560 000091-20-3 81
Naphthalene 11562 000091-20-3 76

35 7.791 5.39 C:\Database\NIST02.L
Dodecane 36159 000112-40-3 97
Dodecane 36158 000112-40-3 95
Dodecane 36156 000112-40-3 95

36 8.397 1.44 C:\Database\NIST02.L
Undecane, 2,6-dimethyl- 45584 017301-23-4 86
Octane, 2,6-dimethyl- 18443 002051-30-1 53
Heptadecane, 2,6-dimethyl- 99490 054105-67-8 53

37 13.684 3.82 C:\Database\NIST02.L
Tridecane 45543 000629-50-5 97
Tetradecane 55008 000629-59-4 80
Tridecane 45541 000629-50-5 76

AVTUR.M Mon May 14 16:06:51 2018

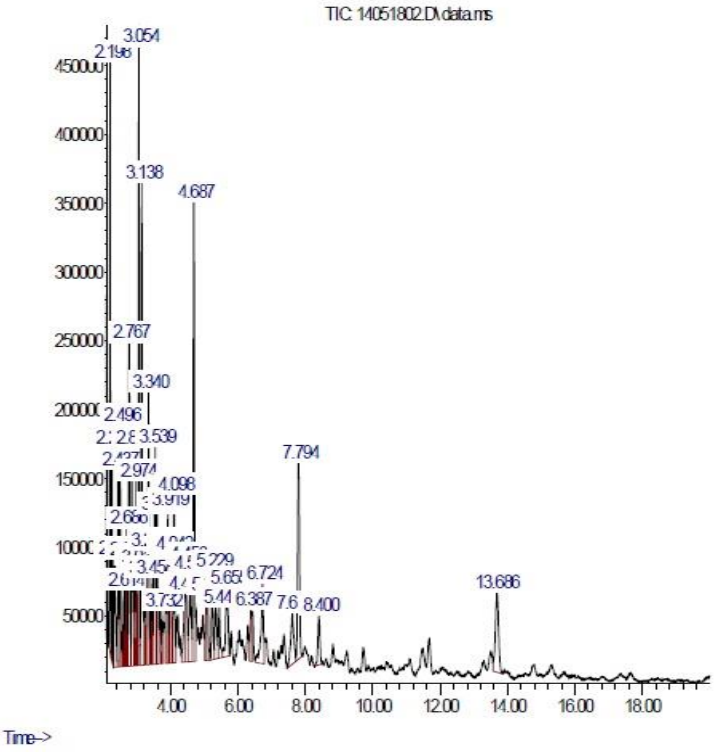
Surabaya, 15 Mei 2018

Mengetahui,

Penanggung jawab Pengujian,

Dr. Mohammad Holil
Factory Lab. Manager

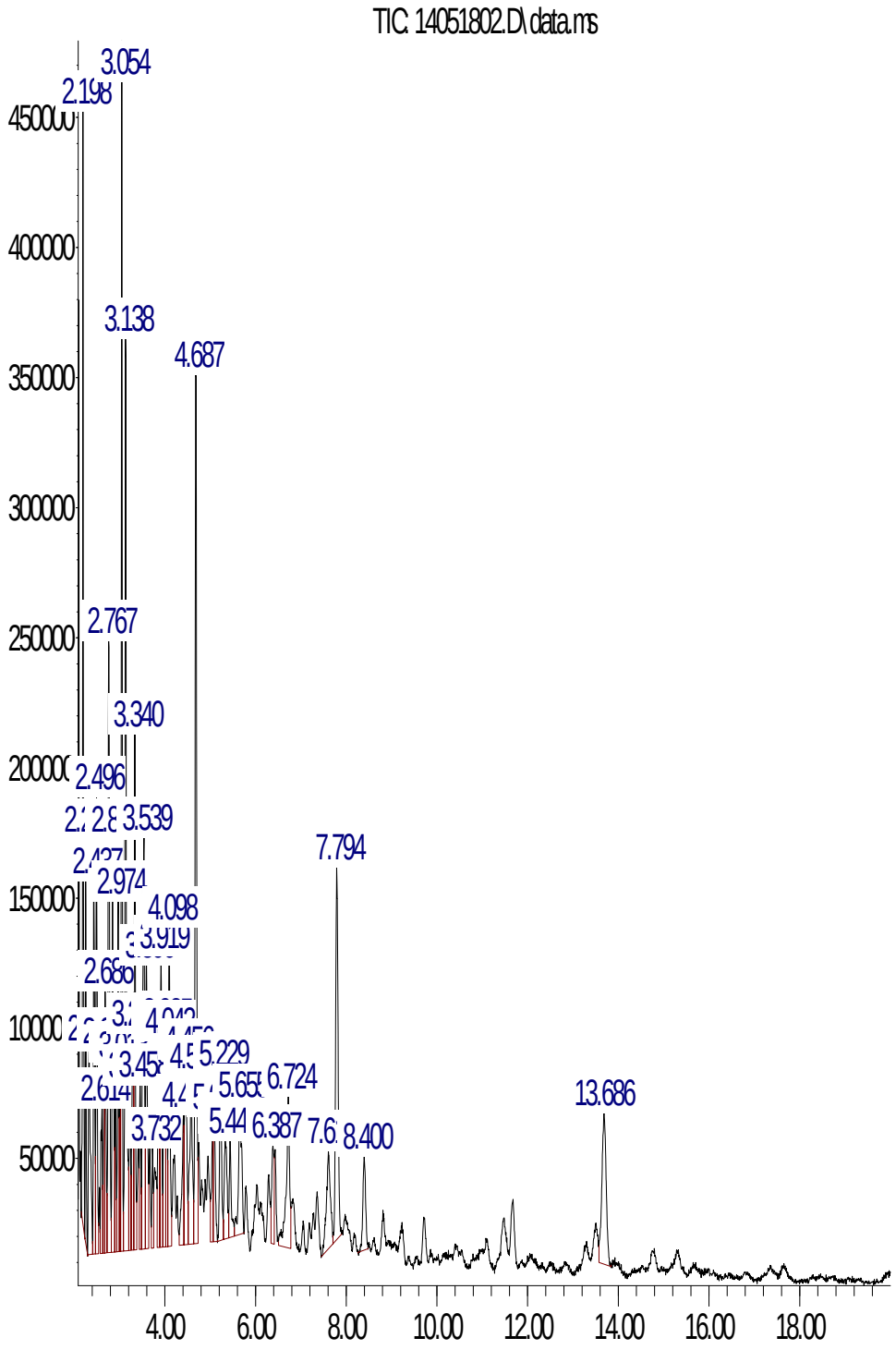
Reo Dewa Kembara, S.Si
Lab. Testing Technical Manager



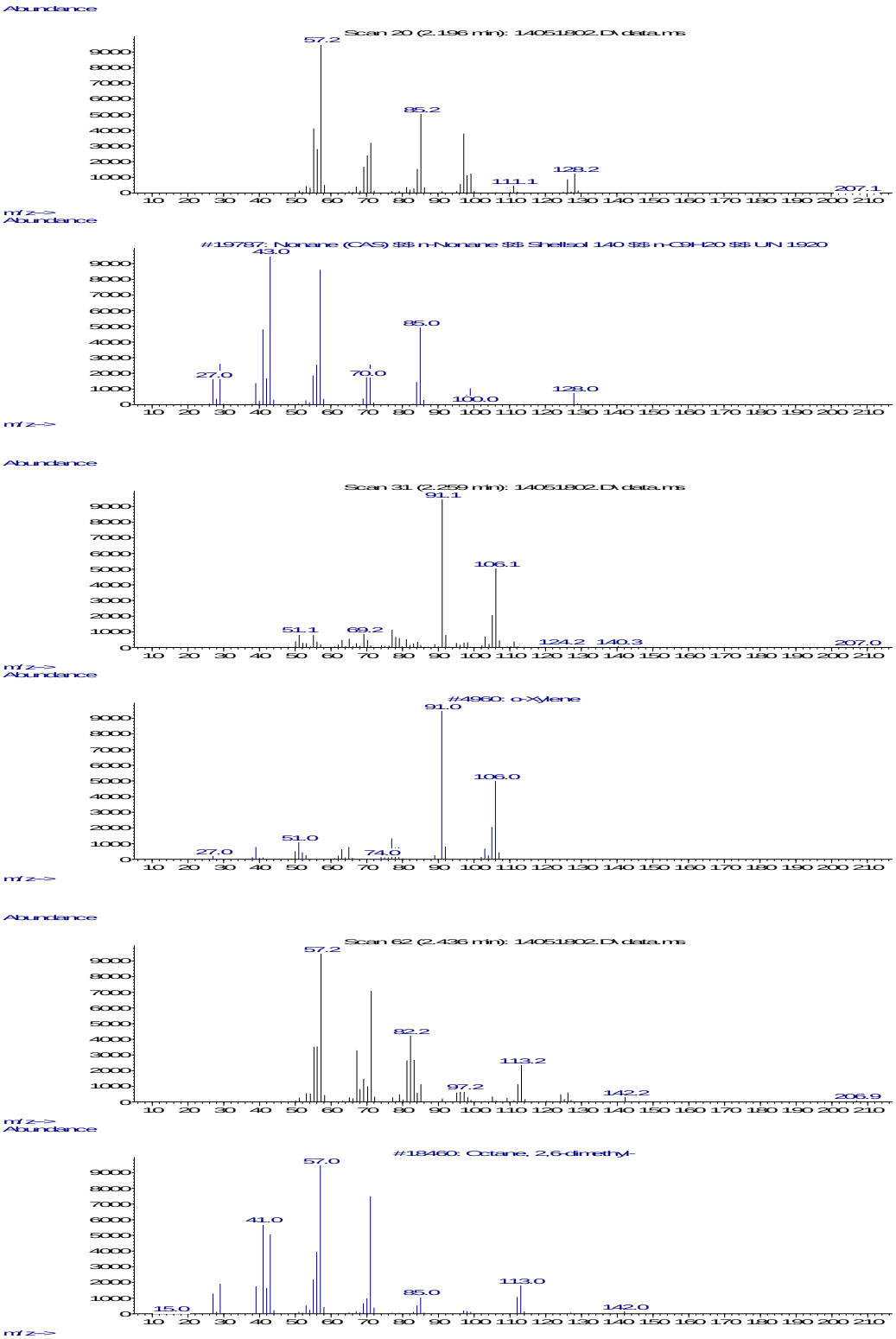
Gambar 4.D2 Hasil Pengujian Gc-Ms untuk Avtur Setelah Dilakukan Immers

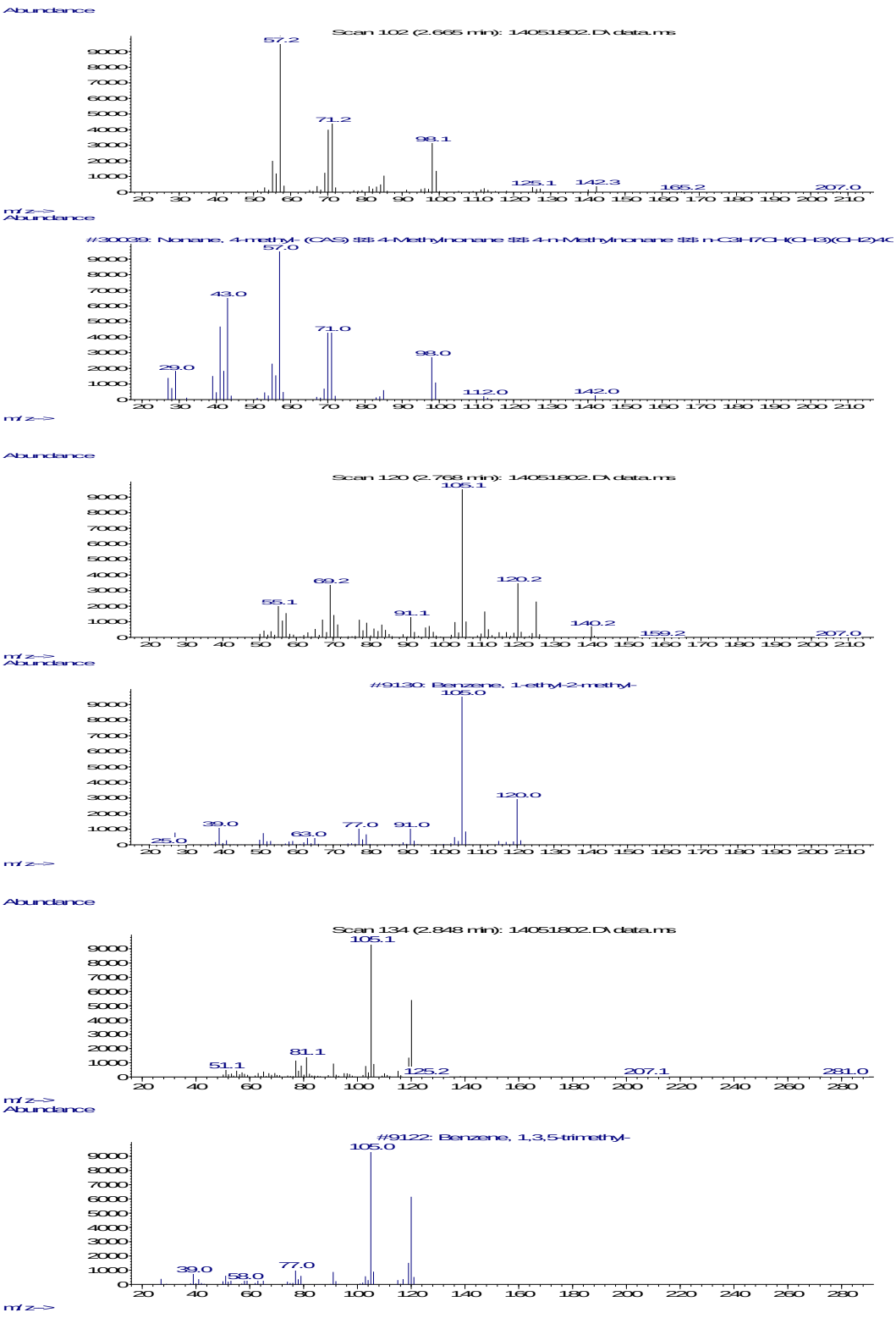
Laboratorium PT. Gelora Djaja

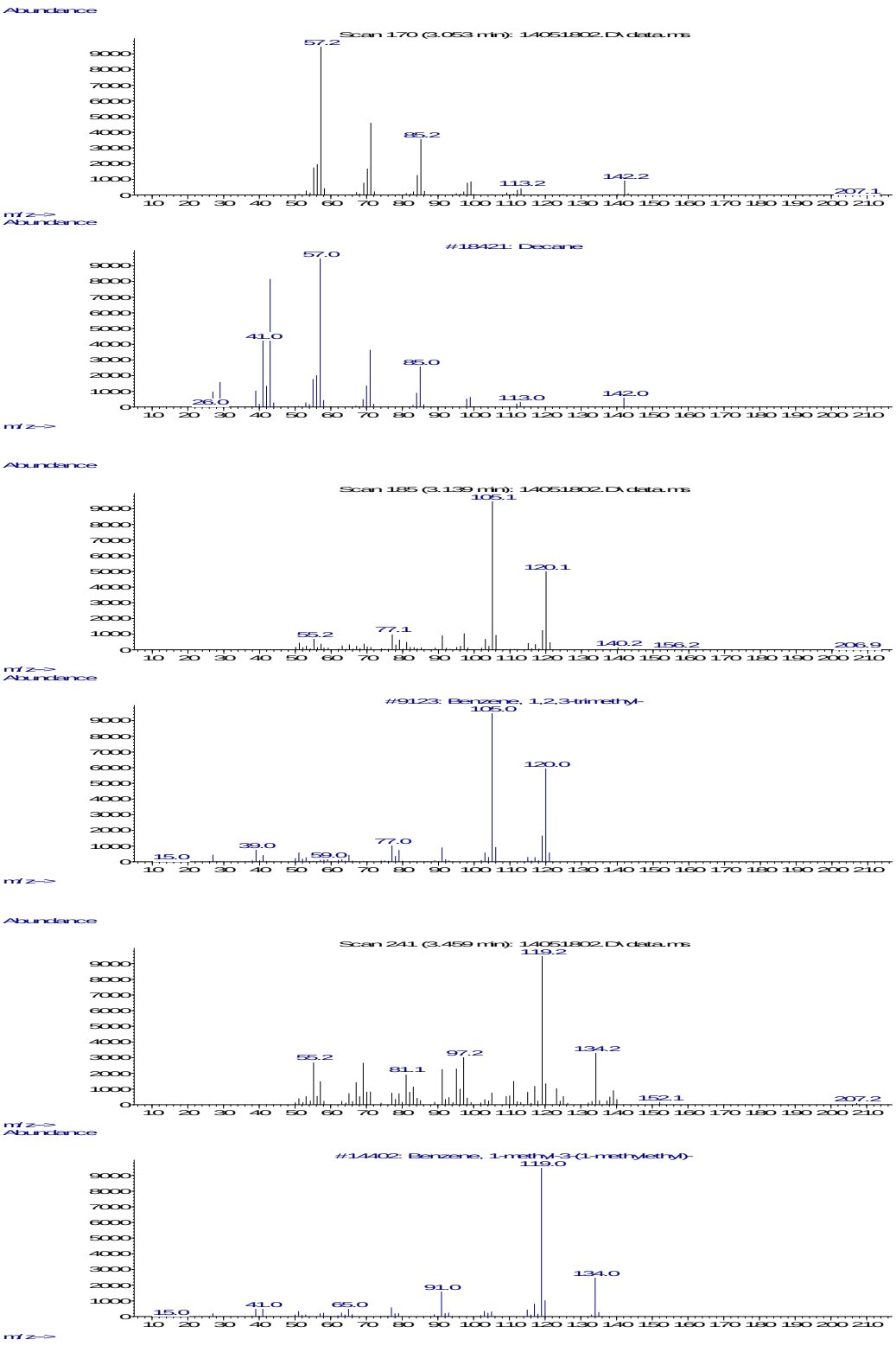
Abundance

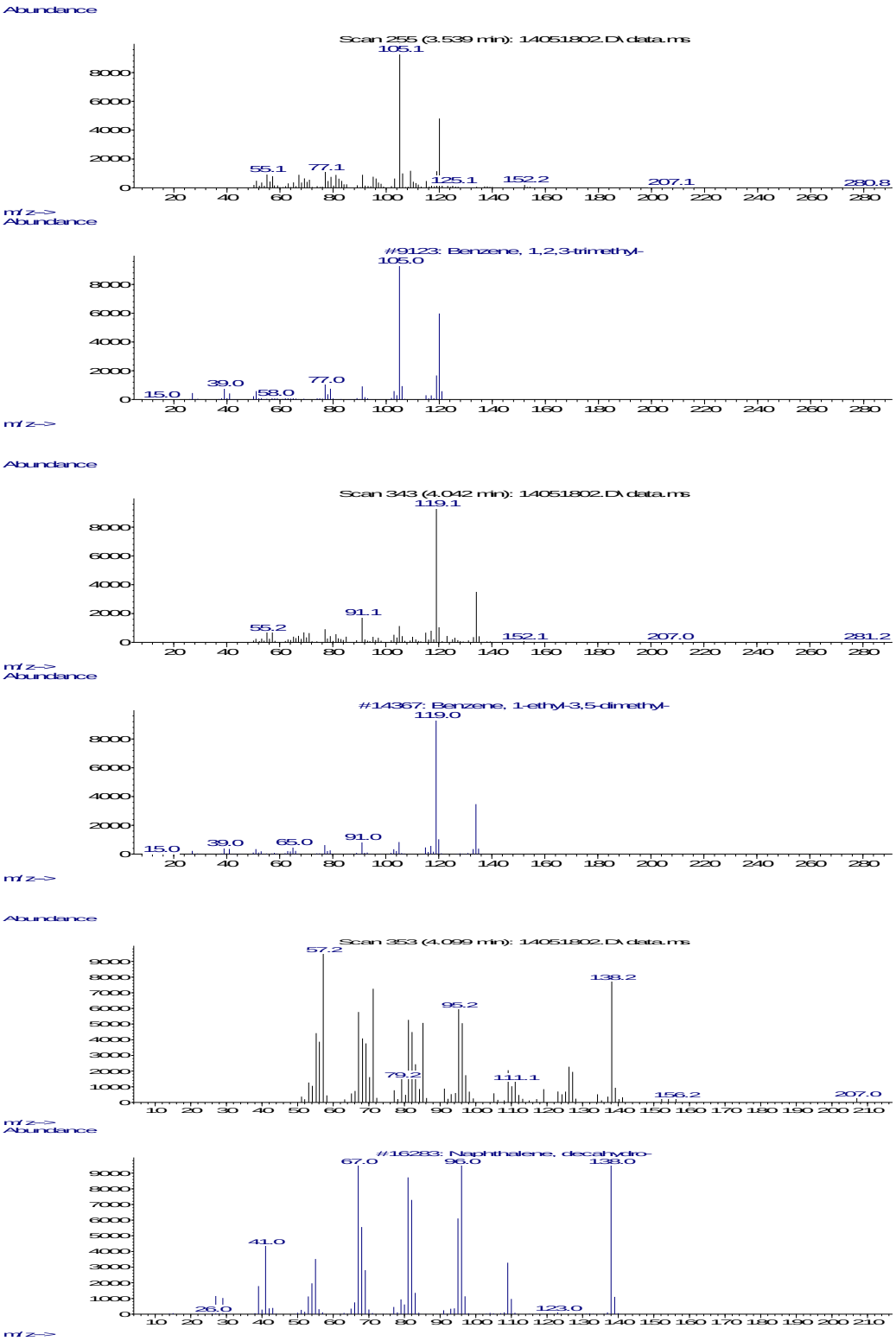


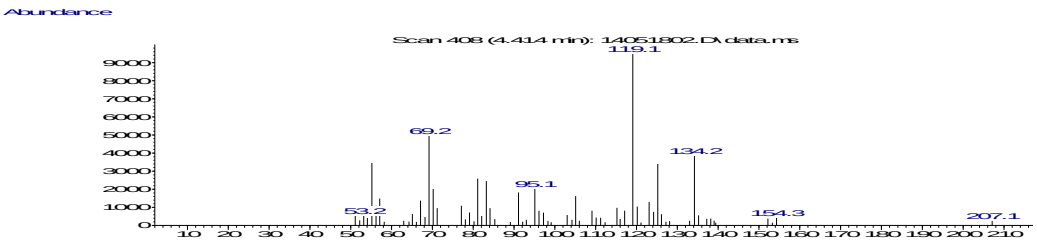
Time-->

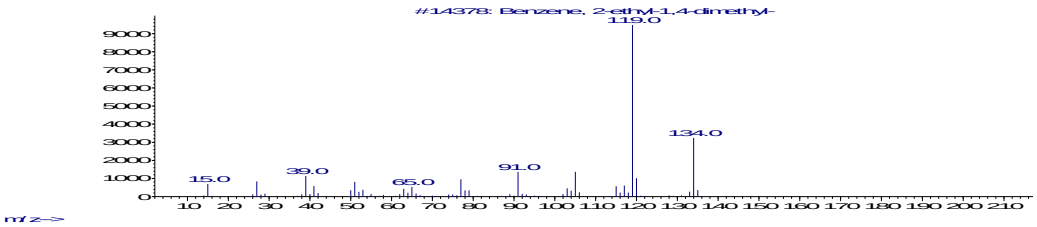

Abundance
Scan 20 (2.196 min): 14051802.D\data.ms
57.2
85.2
111.1
128.2
207.1
m/z-->
Abundance
#19787: Nonane (CAS) $$ n-Nonane $$ Shellsol 140 $$ n-C9H20 $$ UN 1920
43.0
85.0
27.0
70.0
100.0
128.0
m/z-->
Abundance
Scan 31 (2.259 min): 14051802.D\data.ms
91.1
106.1
51.1
69.2
124.2
140.3
207.0
m/z-->
Abundance
#4960: o-Xylene
91.0
106.0
51.0
27.0
74.0
m/z-->
Abundance
Scan 62 (2.436 min): 14051802.D\data.ms
57.2
82.2
113.2
97.2
142.2
206.9
m/z-->
Abundance
#18460: Octane, 2,6-dimethyl-
57.0
41.0
85.0
113.0
15.0
142.0
m/z-->

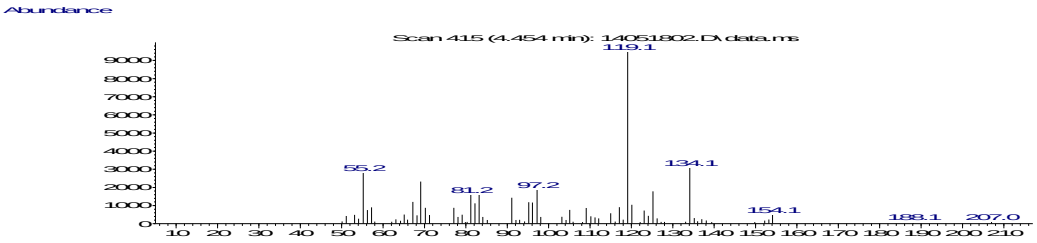

Abundance
Scan 102 (2.665 min): 14051802.D\ data.ms
57.2
71.2
98.1
125.1
142.3
165.2
207.0
m/z-->
Abundance
#30039: Nonane, 4-methyl- (CAS) 4-Methylnonane 4-n-Methylnonane n-C3H7CH(CH3)(CH2)4C
57.0
43.0
71.0
98.0
29.0
112.0
142.0
m/z-->
Abundance
Scan 120 (2.768 min): 14051802.D\ data.ms
105.1
69.2
120.2
55.1
91.1
140.2
159.2
207.0
m/z-->
Abundance
#9130: Benzene, 1-ethyl-2-methyl-
105.0
120.0
39.0
77.0
91.0
63.0
25.0
m/z-->
Abundance
Scan 134 (2.848 min): 14051802.D\ data.ms
105.1
81.1
51.1
125.2
207.1
281.0
m/z-->
Abundance
#9122: Benzene, 1,3,5-trimethyl-
105.0
39.0
77.0
58.0
m/z-->

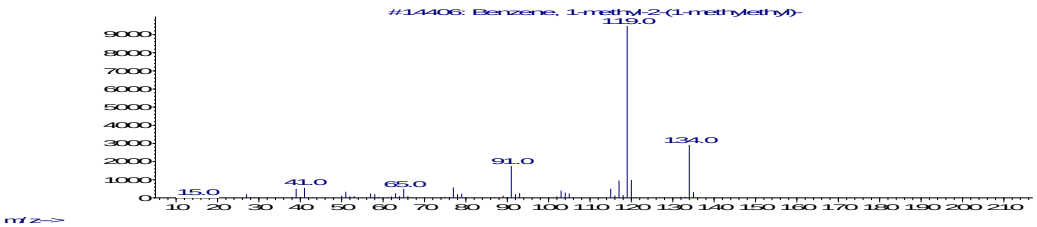

Abundance
Scan 170 (3.053 min): 14051802.D\ data.ms
57.2
85.2
113.2
142.2
207.1
m/z-->
Abundance
#18421: Decane
57.0
41.0
85.0
26.0
113.0
142.0
m/z-->
Abundance
Scan 185 (3.139 min): 14051802.D\ data.ms
105.1
120.1
55.2
77.1
140.2
156.2
206.9
m/z-->
Abundance
#9123: Benzene, 1,2,3-trimethyl-
105.0
120.0
39.0
77.0
15.0
59.0
m/z-->
Abundance
Scan 241 (3.459 min): 14051802.D\ data.ms
119.2
55.2
97.2
134.2
81.1
152.1
207.2
m/z-->
Abundance
#14402: Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-
119.0
134.0
91.0
41.0
65.0
15.0
m/z-->

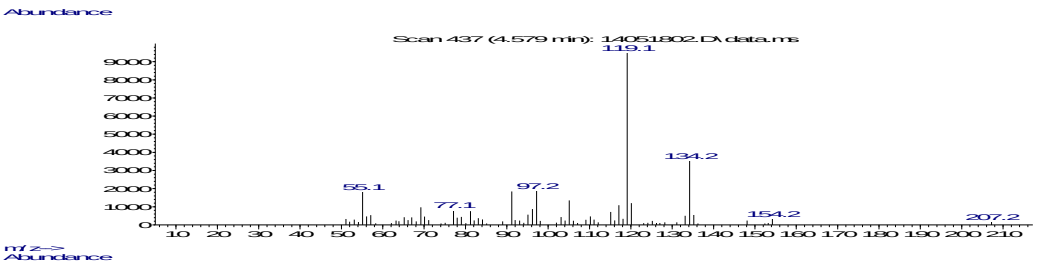

Abundance
Scan 255 (3.539 min): 14051802.D\ data.ms
105.1
55.1
77.1
125.1
152.2
207.1
280.8
m/z-->
Abundance
#9123: Benzene, 1,2,3-trimethyl-
105.0
15.0
39.0
58.0
77.0
m/z-->
Abundance
Scan 343 (4.042 min): 14051802.D\ data.ms
119.1
55.2
91.1
152.1
207.0
281.2
m/z-->
Abundance
#14367: Benzene, 1-ethyl-3,5-dimethyl-
119.0
15.0
39.0
65.0
91.0
m/z-->
Abundance
Scan 353 (4.099 min): 14051802.D\ data.ms
57.2
95.2
138.2
79.2
111.1
156.2
207.0
m/z-->
Abundance
#16283: Naphthalene, decahydro-
67.0
96.0
138.0
41.0
28.0
123.0
m/z-->

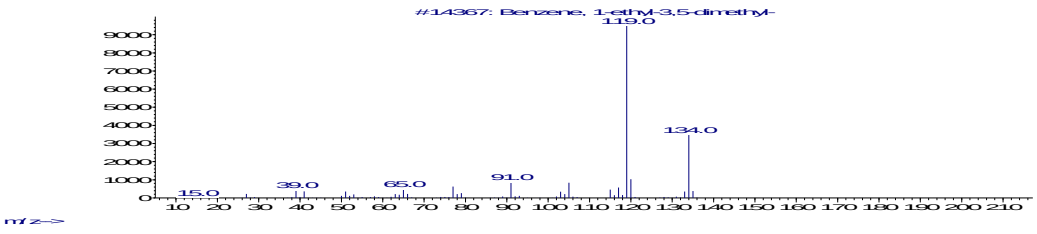

Abundance
Scan 408 (4.414 min): 14051802.D\ data.ms
119.1
69.2
134.2
95.1
53.2
154.3
207.1
m/z-->

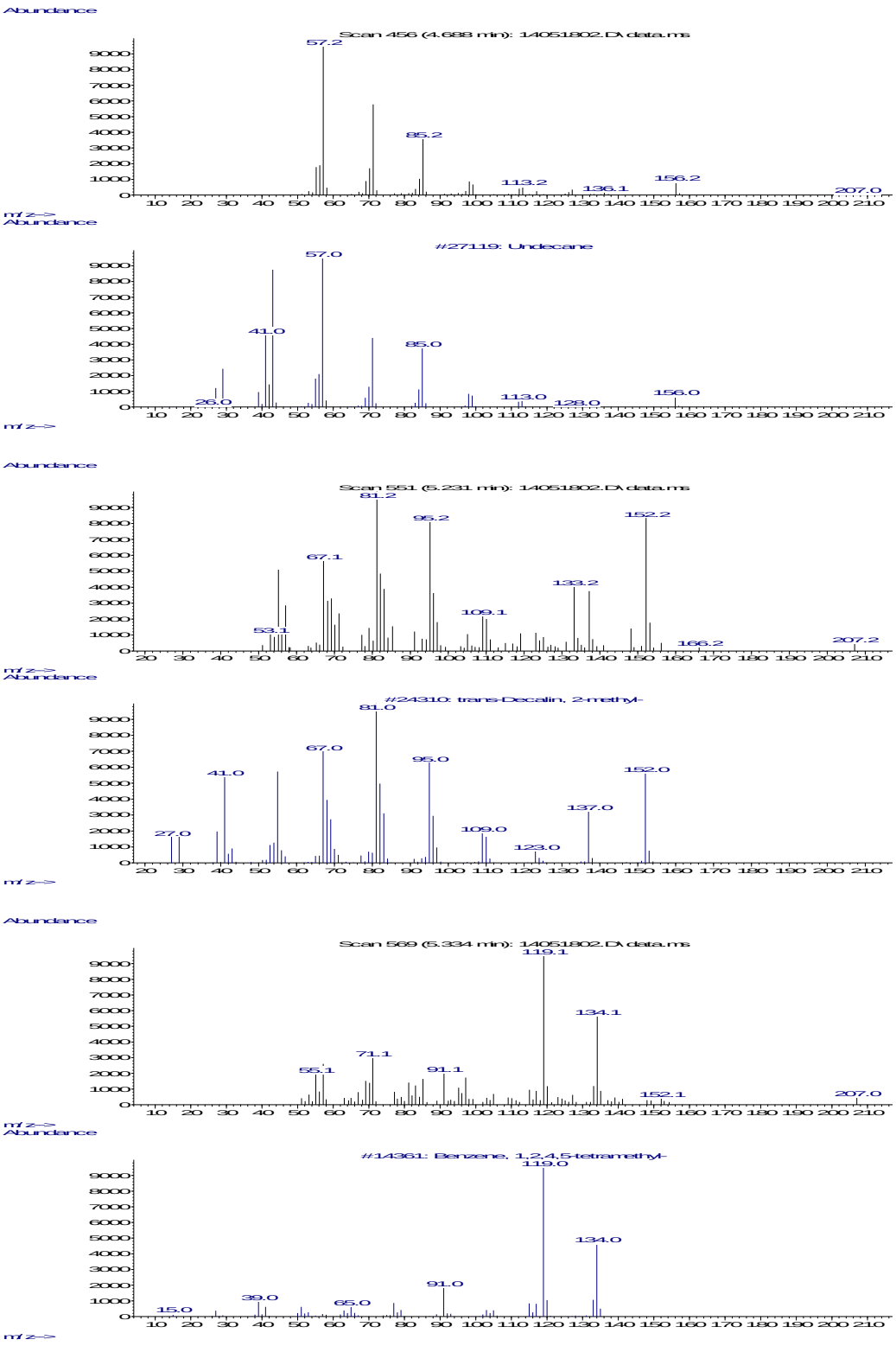

Abundance
#14378: Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl-
119.0
134.0
15.0
39.0
91.0
65.0
m/z-->

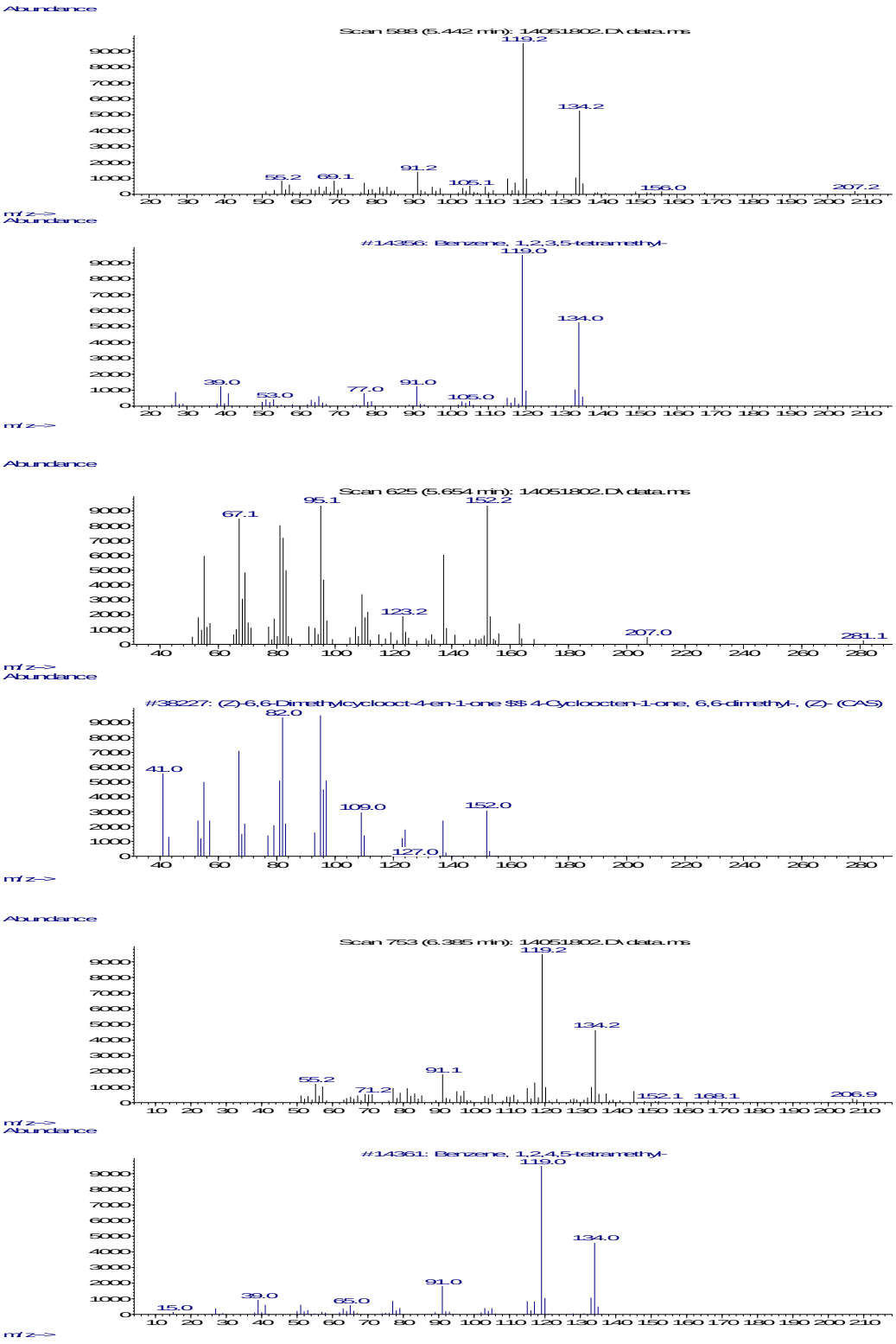

Abundance
Scan 415 (4.454 min): 14051802.D\ data.ms
119.1
55.2
134.1
81.2
97.2
154.1
188.1
207.0
m/z-->

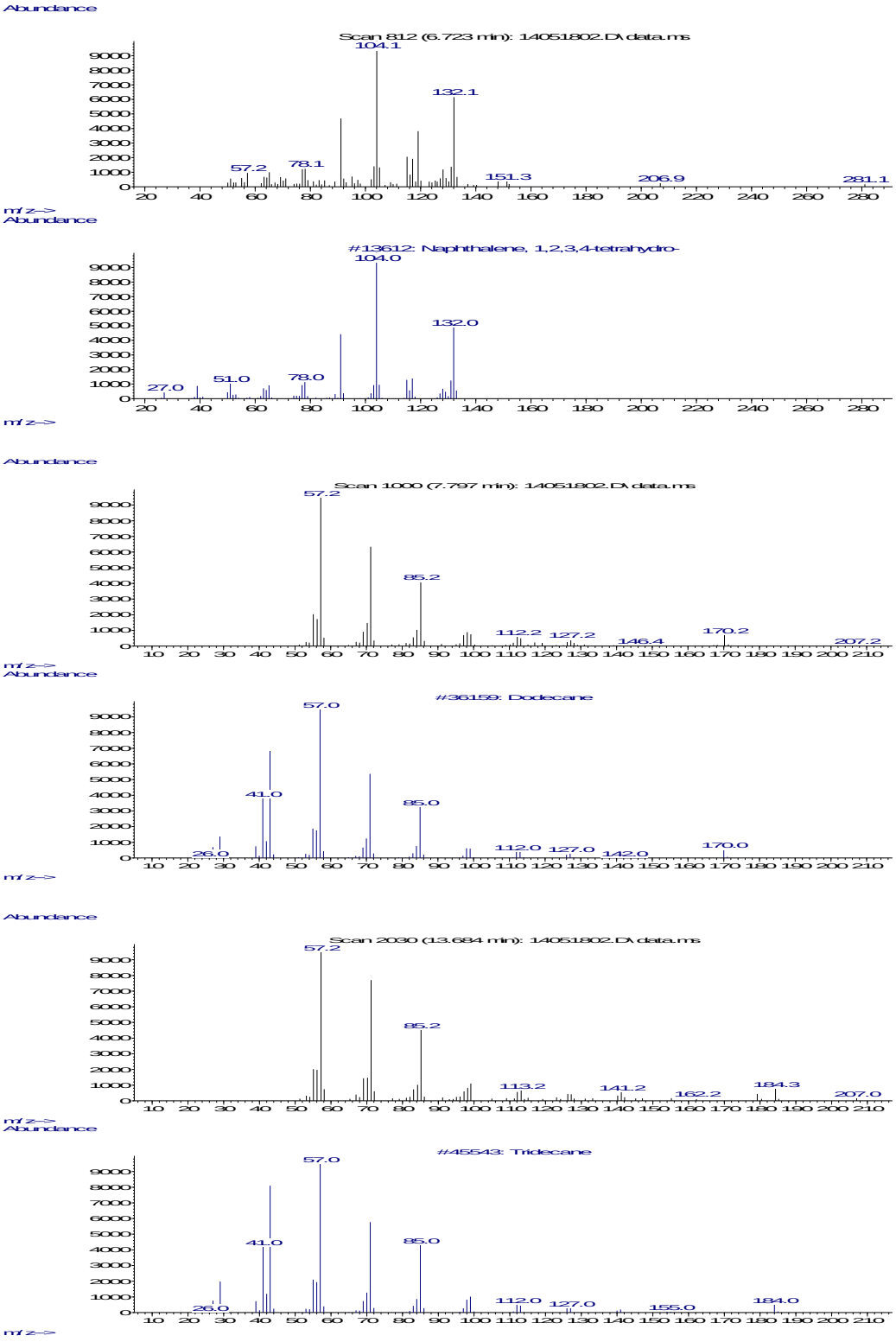

Abundance
#14408: Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-
119.0
134.0
91.0
41.0
65.0
15.0
m/z-->


Abundance
Scan 437 (4.579 min): 14051802.D\ data.ms
119.1
134.2
55.1
97.2
77.1
154.2
207.2
m/z-->


Abundance
#14367: Benzene, 1-ethyl-3,5-dimethyl-
119.0
134.0
15.0
39.0
65.0
91.0
m/z-->


Abundance
Scan 456 (4.688 min): 14051802.D\ data.ms
57.2
85.2
113.2
136.1
156.2
207.0
m/z-->
Abundance
#27119: Undecane
57.0
41.0
85.0
26.0
113.0
128.0
156.0
m/z-->
Abundance
Scan 551 (5.231 min): 14051802.D\ data.ms
81.2
95.2
152.2
67.1
133.2
109.1
53.1
166.2
207.2
m/z-->
Abundance
#24310: trans-Decalin, 2-methyl-
81.0
67.0
95.0
41.0
152.0
137.0
27.0
109.0
123.0
m/z-->
Abundance
Scan 569 (5.334 min): 14051802.D\ data.ms
119.1
134.1
71.1
55.1
91.1
152.1
207.0
m/z-->
Abundance
#14361: Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-
119.0
134.0
91.0
39.0
65.0
15.0
m/z-->


Abundance
Scan 598 (5.442 min): 14051802.D\ data.ms
119.2
134.2
91.2
55.2
69.1
105.1
156.0
207.2
m/z-->
Abundance
#14356: Benzene, 1,2,3,5-tetramethyl-
119.0
134.0
39.0
53.0
77.0
91.0
105.0
m/z-->
Abundance
Scan 625 (5.654 min): 14051802.D\ data.ms
67.1
95.1
152.2
123.2
207.0
281.1
m/z-->
Abundance
#38227: (Z)-6,6-Dimethylcyclooct-4-en-1-one $$ 4-Cycloocten-1-one, 6,6-dimethyl-, (Z)- (CAS)
82.0
41.0
109.0
152.0
127.0
m/z-->
Abundance
Scan 753 (6.385 min): 14051802.D\ data.ms
119.2
134.2
91.1
55.2
71.2
152.1
168.1
206.9
m/z-->
Abundance
#14361: Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-
119.0
134.0
91.0
39.0
65.0
15.0
m/z-->


Abundance
Scan 812 (6.723 min): 14051802.D\ data.ms
104.1
132.1
57.2
78.1
151.3
206.9
281.1
m/z-->
Abundance
#13612: Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-
104.0
132.0
27.0
51.0
78.0
m/z-->
Abundance
Scan 1000 (7.797 min): 14051802.D\ data.ms
57.2
85.2
112.2
127.2
146.4
170.2
207.2
m/z-->
Abundance
#36159: Dodecane
57.0
41.0
85.0
26.0
112.0
127.0
142.0
170.0
m/z-->
Abundance
Scan 2030 (13.684 min): 14051802.D\ data.ms
57.2
85.2
113.2
141.2
162.2
184.3
207.0
m/z-->
Abundance
#45543: Tridecane
57.0
41.0
85.0
26.0
112.0
127.0
155.0
184.0
m/z-->

Laboratorium PT. Gelora Djaja

Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\
Data File : 14051802.D
Acq On : 14 May 2018 13:43
Operator : SRA
Sample : 112/LU15 Avtur B
Misc : Octavian - ITS
ALS Vial : 2 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST02.L Minimum Quality: 85
C:\Database\Wiley275.L Minimum Quality: 85

Unknown Spectrum: Apex
Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	2.196	4.44	C:\Database\Wiley275.L			
			Nonane (CAS) $$ n-Nonane $$ Shells ol 140 $$ n-C9H20 $$ UN 1920	19787	000111-84-2	87
			Nonane (CAS) $$ n-Nonane $$ Shells ol 140 $$ n-C9H20 $$ UN 1920	19792	000111-84-2	81
			NONANE	19895	000000-00-0	81
2	2.259	1.59	C:\Database\NIST02.L			
			o-Xylene	4960	000095-47-6	95
			p-Xylene	4954	000106-42-3	95
			Benzene, 1,3-dimethyl-	4977	000108-38-3	95
3	2.333	2.15	C:\Database\Wiley275.L			
			1H-Pyrazole, 4,5-dihydro-3-methyl- 1-propyl- (CAS) $$ 3-Methyl-1-n-pr opyl-.DELTA.[2]-pyrazoline	17851	026964-49-8	72
			1-Ethyl-3-methylcyclohexane (c,t)	18360	003728-55-0	68
			Cyclohexane, 1-ethyl-2-methyl-, tr ans- (CAS) $$ 1-Methyl-trans-2-eth ylcyclohexane $$ trans-1-Ethyl-2-m ethyl-cyclohexane $$ cis-1-Methyl- 2-ethylcyclohexane $$ Methyl-trans -2-ethylcyclohexane	18287	004923-78-8	68
4	2.436	2.38	C:\Database\NIST02.L			
			Octane, 2,6-dimethyl-	18460	002051-30-1	90
			Octane, 3,6-dimethyl-	18461	015869-94-0	55
			Octane, 2,6-dimethyl-	18455	002051-30-1	55

5 2.493 2.86 C:\Database\Wiley275.L
Cyclohexane, propyl- (CAS) $$ Prop 18268 001678-92-8 72
ylcyclohexane $$ n-Propylcyclohexa
ne
Cyclohexane, propyl- (CAS) $$ Prop 18269 001678-92-8 64
ylcyclohexane $$ n-Propylcyclohexa
ne
Cyclohexane, propyl- (CAS) $$ Prop 18267 001678-92-8 64
ylcyclohexane $$ n-Propylcyclohexa
ne

6 2.613 1.11 C:\Database\Wiley275.L
3,4,5-TRIMETHYL-HEPTANE $$ Heptane 30091 020278-89-1 47
, 3,4,5-trimethyl- $$ 3,4,5-Trimet
hylheptane
Octane, 4-ethyl- (CAS) $$ 4-Ethylo 30045 015869-86-0 43
ctane
Decane (CAS) $$ n-Decane $$ Isodec 30004 000124-18-5 43
ane $$ n-C10H22 $$ UN 2247

7 2.665 1.06 C:\Database\Wiley275.L
Nonane, 4-methyl- (CAS) $$ 4-Methy 30039 017301-94-9 90
lnonane $$ 4-n-Methylnonane $$ n-C
3H7CH(CH3)(CH2)4CH3
Octane, 2,5-dimethyl- (CAS) $$ 2,5 30050 015869-89-3 64
-Dimethyloctane
Heptane, 2,3,4-trimethyl- (CAS) $$ 30079 052896-95-4 59
2,3,4-Trimethylheptane

8 2.688 1.64 C:\Database\Wiley275.L
Undecane, 2,9-dimethyl- (CAS) 69491 017301-26-7 47
Undecane, 3,9-dimethyl- (CAS) 69499 017301-31-4 47
Octane, 2,7-dimethyl- (CAS) $$ 2,7 30059 001072-16-8 43
-Dimethyloctane $$ Diisoamyl $$ Di
isopentyl

9 2.768 4.76 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1-ethyl-2-methyl- 9130 000611-14-3 91
Benzene, 1-ethyl-3-methyl- 9128 000620-14-4 91
Benzene, 1-ethyl-2-methyl- 9127 000611-14-3 91

10 2.848 2.71 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1,3,5-trimethyl- 9122 000108-67-8 95
Benzene, 1,3,5-trimethyl- 9114 000108-67-8 95
Benzene, 1,2,3-trimethyl- 9123 000526-73-8 95

11 2.916 1.15 C:\Database\Wiley275.L
trans-4-Methyl-5-isopropylcyclopen 26392 081825-21-0 38
t-2-en-1-one $$ 2-Cyclopenten-1-on
e, 4-methyl-5-(1-methylethyl)-, tr
ans- (CAS)
Cyclohexene, 1-methyl- (CAS) $$ 1- 5270 000591-49-1 38
Methylcyclohexene $$ 1-METHYL-CYCL
OHEXENE $$ .alpha.-Methylcyclohexe
ne $$ 1-Methylcyclohex-1-ene $$ 1-
Methyl-1-cyclohexene
1,4-Pentadiene, 2,3,3-trimethyl- (9981 000756-02-5 25
CAS) $$ 2,3,3-Trimethyl-1,4-pentad
iene $$ 2,3,3-trimehtyl-1,4-pentan
-diene

12 2.973 2.10 C:\Database\Wiley275.L
Benzene, 1-ethyl-2-methyl- (CAS) $ 14950 000611-14-3 56
$ o-Ethyltoluene $$ 1-Methyl-2-eth
ylbenzene $$ 2-Ethyltoluene $$ Tol
uene, o-ethyl- $$ o-Methylethylben
zene $$ o-Ethyl methyl benzene $$
1-Ethyl-2-methylbenzene $$ o-Ethyl
methylbenzene $$ ortho-Ethyltoluen
2-ETHYLTOLUENE 15082 000000-00-0 56
Benzene, 1-ethyl-4-methyl- (CAS) $ 14964 000622-96-8 53
$ p-Ethyltoluene $$ 1-Methyl-4-eth
ylbenzene $$ 4-Ethyltoluene $$ Tol
uene, p-ethyl- $$ p-Ethylmethylben
zene $$ p-Methylethylbenzene $$ 4-
Methylethylbenzene $$ 1-Ethyl-4-me
thylbenzene $$ para-Ethyltoluene

13 3.013 0.91 C:\Database\Wiley275.L
6,6-(D2)MENTH-2-ENE 26763 000000-00-0 43
3-Heptene, 4-propyl- (CAS) $$ 4-N- 28323 004485-13-6 42
PROPYL-3-HEPTENE $$ 4-Propyl-3-hep
tene
R(+)5,7-DIMETHYL-1,6-OCTADIENE 26877 000000-00-0 38

14 3.053 5.99 C:\Database\NIST02.L
Decane 18421 000124-18-5 91
Decane 18420 000124-18-5 91
Decane 18418 000124-18-5 90

15 3.139 6.15 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1,2,3-trimethyl- 9123 000526-73-8 95
Benzene, 1,2,4-trimethyl- 9126 000095-63-6 94
Benzene, 1,3,5-trimethyl- 9114 000108-67-8 94

16 3.230 1.17 C:\Database\Wiley275.L
Octadecane, 1-chloro- (CAS) $$ 1-C 168746 003386-33-2 64
hlorooctadecane $$ Octadecyl chlor
ide $$ n-Octadecyl chloride $$ Chl
orooctadecane
Undecane (CAS) $$ n-Undecane $$ He 42752 001120-21-4 43
ndecane $$ n-C11H24 $$ UN 2330
Undecane (CAS) $$ n-Undecane $$ He 42750 001120-21-4 43
ndecane $$ n-C11H24 $$ UN 2330

17 3.299 1.72 C:\Database\Wiley275.L
6-Octenal, 3,7-dimethyl-, (R)- $$ 40793 002385-77-5 35
(R)-(+)-Citronellal $$ (+)-Citrone
llal $$ d-Citronellal $$ R-(+)-Cit
ronellal $$ (R)-Citronellal $$ (R)-3,7-Dimethyloct-6-enal
1-Tetradecanol (CAS) $$ Alfol 14 $ 100059 000112-72-1 27
$ Tetradecanol $$ Loxanol V $$ Lan
ette K $$ Lanette Wax KS $$ n-Tetr
adecanol $$ Myristic alcohol $$ My
ristyl alcohol $$ n-Tetradecan-1-o
l $$ Tetradecyl alcohol $$ n-Tetra
decyl alcohol $$ Lanette Waxd sub
1 $$ n-Tetradecan
Decanedioic acid, didecyl ester $$ 256920 002432-89-5 27
Didecyl sebacate

18 3.339 3.17 C:\Database\Wiley275.L
Decane, 4-methyl- (CAS) $$ 4-Methy 42778 002847-72-5 64
ldecane
Decane, 4-methyl- (CAS) $$ 4-Methy 42781 002847-72-5 62
ldecane
Nonane, 2,6-dimethyl- (CAS) $$ 2,6 42788 017302-28-2 59
-Dimethylnonane

19 3.459 1.08 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl 14402 000535-77-3 92
)-
Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl 14406 000527-84-4 92
)-
Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl 14404 000527-84-4 91
)-

20 3.539 3.78 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1,2,3-trimethyl- 9123 000526-73-8 94
Benzene, 1,3,5-trimethyl- 9114 000108-67-8 94
Benzene, 1,2,4-trimethyl- 9126 000095-63-6 93

21 3.596 2.46 C:\Database\Wiley275.L
Cyclohexane, butyl- (CAS) $$ n-But 28356 001678-93-9 74
ylcyclohexane $$ BUTYL-CYCLOHEXANE
$$ Butylcyclohexane $$ 1-Cyclohex
ylbutane $$ Butane, 1-cyclohexyl-
Cyclohexane, butyl- (CAS) $$ n-But 28355 001678-93-9 64
ylcyclohexane $$ BUTYL-CYCLOHEXANE
$$ Butylcyclohexane $$ 1-Cyclohex
ylbutane $$ Butane, 1-cyclohexyl-
Cyclohexane, butyl- (CAS) $$ n-But 28353 001678-93-9 64
ylcyclohexane $$ BUTYL-CYCLOHEXANE
$$ Butylcyclohexane $$ 1-Cyclohex
ylbutane $$ Butane, 1-cyclohexyl-

22 3.733 0.64 C:\Database\Wiley275.L
Cyclooctane, methyl- $$ Methylcycl 18361 001502-38-1 43
ooctane
CITRONELLA $$ 6-Octenal, 3,7-dimet 39945 000106-23-0 38
hyl- (CAS) $$ Citronellal $$ Rhodi
nal $$ .beta.-Citronellal $$ 3,7-D
imethyl-6-octenal $$ 2,3-Dihydroci
tral $$ Levo-citronellal $$ Citron
ellel $$ Citronellol,(d) $$ Poly((
1,3a,4,6,7,7a-hexahydro-1,3-dioxo-
3H-furo(3,4-c)pyr
CITRONELLA $$ 6-Octenal, 3,7-dimet 39940 000106-23-0 38
hyl- (CAS) $$ Citronellal $$ Rhodi
nal $$ .beta.-Citronellal $$ 3,7-D
imethyl-6-octenal $$ 2,3-Dihydroci
tral $$ Levo-citronellal $$ Citron
ellel $$ Citronellol,(d) $$ Poly((
1,3a,4,6,7,7a-hexahydro-1,3-dioxo-
3H-furo(3,4-c)pyr

23 3.865 1.58 C:\Database\Wiley275.L
Cyclooctane, methyl- $$ Methylcycl 18361 001502-38-1 41
ooctane
1-ethyl-2,2,6-trimethylcyclohexane 40927 000000-00-0 41
$$ 2-ETHYL-1,1,3-TRIMETHYLCYCLOHE
XANE

1-Ethyl-2,2,6-trimethylcyclohexane 40935 000000-00-0 41

24 3.916 2.04 C:\Database\Wiley275.L
Benzene, 1-methyl-3-propyl- (CAS) 23281 001074-43-7 83
$$ m-Propyltoluene $$ 1-Methyl-3-p
ropylbenzene $$ Toluene, m-propyl-
$$ 3-Propyl-toluene $$ 1-Methyl-3
-n-propylbenzene $$ 3-n-Propyltolu
ene $$ m-Methylpropylbenzene $$ 1-
Propyl-3-methylbenzene
Benzene, 1-methyl-3-propyl- (CAS) 23280 001074-43-7 83
$$ m-Propyltoluene $$ 1-Methyl-3-p
ropylbenzene $$ Toluene, m-propyl-
$$ 3-Propyl-toluene $$ 1-Methyl-3
-n-propylbenzene $$ 3-n-Propyltolu
ene $$ m-Methylpropylbenzene $$ 1-
Propyl-3-methylbenzene
Benzene, 1-methyl-2-propyl- (CAS) 23274 001074-17-5 46
$$ 2-Propyltoluene $$ 1-Methyl-2-n
-propylbenzene $$ o-Propyltoluene
$$ Toluene, o-propyl- $$ 1-Methyl-
2-propylbenzene $$ 2-Propyl-toluen
e $$ 2-n-Propyltoluene $$ o-Methyl
propylbenzene $$ 1-Propyl-2-methyl
benzene

25 3.985 1.87 C:\Database\Wiley275.L
Decane, 2-methyl- (CAS) $$ 2-Methy 42772 006975-98-0 78
ldecane $$ 2-Methyl-decane $$ n-C8
H17CH(CH3)2
Decane, 2-methyl- (CAS) $$ 2-Methy 42765 006975-98-0 49
ldecane $$ 2-Methyl-decane $$ n-C8
H17CH(CH3)2
Decane, 2-methyl- (CAS) $$ 2-Methy 42770 006975-98-0 49
ldecane $$ 2-Methyl-decane $$ n-C8
H17CH(CH3)2

26 4.042 1.42 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1-ethyl-3,5-dimethyl- 14367 000934-74-7 95
Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl- 14365 001758-88-9 95
Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl 14397 000535-77-3 95
)-

27 4.099 2.66 C:\Database\NIST02.L
Naphthalene, decahydro- 16283 000091-17-8 95
Naphthalene, decahydro- 16286 000091-17-8 95

Naphthalene, decahydro- 16287 000091-17-8 91

28 4.414 1.25 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl- 14378 001758-88-9 91
Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl- 14381 001758-88-9 90
Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethyl- 14376 000934-80-5 87

29 4.454 2.25 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl 14406 000527-84-4 93
)-
Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl 14402 000535-77-3 93
)-
Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl 14397 000535-77-3 92
)-

30 4.579 2.28 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1-ethyl-3,5-dimethyl- 14367 000934-74-7 95
Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl 14402 000535-77-3 94
)-
Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl 14404 000527-84-4 93
)-

31 4.688 6.74 C:\Database\NIST02.L
Undecane 27119 001120-21-4 94
Undecane 27117 001120-21-4 94
Undecane 27120 001120-21-4 94

32 5.059 0.96 C:\Database\Wiley275.L
1-methyladamantane $$ Tricyclo[3.3 36307 000768-91-2 35
.1.13,7]decane, 1-methyl- $$ Adama
ntane, 1-methyl-
Phenol, 4-(1,1-dimethylethyl)- (CA 35708 000098-54-4 30
S) $$ p-tert-Butylphenol $$ 4-TERT
-BUTYL-PHENOL $$ 4-(1,1-Dimethylet
hyl)phenol $$ 4-tertiobutylphenol
$$ 4-TERT.BUTYLPHENOL $$ Phenol, p
-tert-butyl- $$ Butylphen $$ 4-ter
t-Butylphenol $$ 4-t-Butylphenol $
$ p-terc.Butylfen
thymol $$ 2-(1-methylethyl)-5-meth 36033 000089-83-8 20
yl-phenol

33 5.088 1.27 C:\Database\Wiley275.L
Benzene, 1-ethyl-2,4-dimethyl- (CA 23357 000874-41-9 80
S) $$ 1,3-Dimethyl-4-ethylbenzene
$$ m-Xylene, 4-ethyl- $$ 1-Ethyl-2
,4-dimethylbenzene $$ 4-Ethyl-m-xy
lene $$ 2,4-Dimethylethylbenzene
Benzene, 1-ethyl-2,3-dimethyl- (CA 23351 000933-98-2 80
S) $$ 3-Ethyl-o-xylene $$ 1,2-Dime
thyl-3-ethylbenzene $$ o-Xylene, 3
-ethyl- $$ 1-Ethyl-2,3-dimethylben
zene $$ 3-Ethyl-1,2-dimethylbenzen
Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethyl 23316 000099-87-6 46
)- (CAS) $$ p-Cymene $$ 1-Methyl-4
-isopropylbenzene $$ p-Cymol $$ p-
Cimene $$ Camphogen $$ Dolcymene $
$ 2-p-Tolylpropane $$ p-Isopropylt
oluene $$ p-Methylisopropylbenzene
$$ 1-Isopropyl-4-methylbenzene $$
4-Isopropyl-1-me

34 5.231 1.67 C:\Database\NIST02.L
trans-Decalin, 2-methyl- 24310 1000152-47-3 96
Naphthalene, decahydro-2-methyl- 24328 002958-76-1 93
Furan, 2-hexyl- 23955 003777-70-6 52

35 5.334 1.44 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl- 14361 000095-93-2 96
Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl- 14355 000095-93-2 96
Benzene, 1,2,3,4-tetramethyl- 14353 000488-23-3 96

36 5.442 0.98 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1,2,3,5-tetramethyl- 14356 000527-53-7 97
Benzene, 1,2,3,4-tetramethyl- 14353 000488-23-3 97
Benzene, 1,2,3,4-tetramethyl- 14357 000488-23-3 97

37 5.654 2.07 C:\Database\Wiley275.L
(Z)-6,6-Dimethylcyclooct-4-en-1-on 38227 091531-64-5 89
e $$ 4-Cycloocten-1-one, 6,6-dimet
hyl-, (Z)- (CAS)
TRANS-ANTI-1-METHYL-DECAHYDRONAPHT 38524 000000-00-0 76
HALENE
Naphthalene, decahydro-2-methyl- (38528 002958-76-1 76
CAS) $$ Decahydro-2-methylnaphthal
ene $$ DECAHYDRO-2-METHYL-NAPHTHAL
ENE

38 6.385 1.13 C:\Database\NIST02.L
Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl- 14361 000095-93-2 95
Benzene, 1,2,3,4-tetramethyl- 14353 000488-23-3 95
Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl- 14355 000095-93-2 93

39 6.723 2.45 C:\Database\NIST02.L
Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro- 13612 000119-64-2 95
Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro- 13613 000119-64-2 86
Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro- 13601 000119-64-2 86

40 7.614 1.93 C:\Database\Wiley275.L
Naphthalene (CAS) $$ White tar $$ 19905 000091-20-3 76
NAPHTALINE $$ Naphthene $$ Albocar
bon $$ Naphthalin $$ Naphthaline $
$ Dezodorator $$ Moth flakes $$ Ta
r camphor $$ Camphor tar $$ Moth b
alls $$ Naftalen $$ NCI-C52904 $$
Mighty 150 $$ Mighty rd1 $$ Naptha
lene, molten $$ R
Naphthalene (CAS) $$ White tar $$ 19909 000091-20-3 76
NAPHTALINE $$ Naphthene $$ Albocar
bon $$ Naphthalin $$ Naphthaline $
$ Dezodorator $$ Moth flakes $$ Ta
r camphor $$ Camphor tar $$ Moth b
alls $$ Naftalen $$ NCI-C52904 $$
Mighty 150 $$ Mighty rd1 $$ Naptha
lene, molten $$ R
1H-Indene, 1-methylene- (CAS) $$ 1 19901 002471-84-3 76
-Methylene-1H-indene $$ Benzofulve
ne $$ Benzo[a]fulvene $$ 1,2-Benzo
fulvene

41 7.797 4.46 C:\Database\NIST02.L
Dodecane 36159 000112-40-3 97
Dodecane 36158 000112-40-3 95
Dodecane 36157 000112-40-3 94

42 8.397 1.26 C:\Database\Wiley275.L
Undecane, 2,6-dimethyl- (CAS) $$ 2 69488 017301-23-4 80
,6-Dimethylundecane $$ 2,6-Dimethy
lundecene
Undecane, 3,6-dimethyl- (CAS) 69496 017301-28-9 64
Pentadecane (CAS) $$ n-Pentadecane 98310 000629-62-9 64
$$ CH3(CH2)13CH3

43 13.684 3.25 C:\Database\NIST02.L

Tridecane	45543	000629-50-5 97
Tridecane	45542	000629-50-5 95
Tridecane	45541	000629-50-5 94

AVTUR.M Tue May 15 14:17:33 2018

Surabaya, 15 Mei 2018

Mengetahui,

Penanggung jawab Pengujian,

Dr. Mohammad Holil
Factory Lab. Manager

Reo Dewa Kembara, S.Si
Lab. Testing Technical Manager

BIODATA PENULIS

Penulis bernama lengkap Hakimul Wafda, lahir di Kabupaten Semarang pada tangga 21 Mei 1996 dari ayah bernama Amir Mahmud dan ibu bernama Evin Nurbiyati. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Dalam jenjang pendidikan, penulis telah menempuh pendidikan formal di MI Pabelan Kab. Semarang, SMP Islam Al-Azhar 18 Salatiga, lalu SMAN 1 Salatiga. Penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di Departemen Teknik Material ITS melalui jalur SNMPTN 2014. Semasa kuliah, penulis aktif dalam berbagai kegiatan organisasi dan kepanitiaan di kampus antara lain menjadi staff Kewirausahaan Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi (HMMT) ITS 2015/2016, Staff Divisi Media dan Humas Swayanaka Surabaya, Panitia EBD, dan beberapa kepanitian di kampus. Penulis juga mengikuti beberapa pelatihan seperti Pelatihan Jurnalistik Tingkat Dasar, Pelatihan Karya Tulis Ilmiah, Pelatihan LKMM pra TD, dan pelatihan lainnya yang diselenggarakan di kampus. Penulis pernah melakukan kerja praktik di PT.Pertamina (persero) selama satu bulan. Dalam Tugas Akhir ini penulis mengambil bidang studi korosi dan pengendalian korosi. Penulis memliki email yang dapat dihubungi yakni hakimulwafda@gmail.com.