

**PEMBUATAN LAPISAN SUPERHIDROFOBİK PADA
PERMUKAAN BAJA KARBON RENDAH ST 37**

TUGAS SARJANA

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Oleh

Alfado Dhusi Sembiring Milala
13715018



**PROGRAM STUDI TEKNIK MATERIAL
FAKULTAS TEKNIK MESIN DAN DIRGANTARA
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
2019**



INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

FAKULTAS TEKNIK MESIN DAN DIRGANTARA

Gd. Labtek II Lt. 2, Jln. Ganesha 10 Bandung 40132, Telp: +6222 2504243, Fax: +6222 2534099 email: tu@ftmd.itb.ac.id, Website: www.ftmd.itb.ac.id

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Alfado Dhusi Sembiring
NIM : 13715018
Dosen Pembimbing Utama : Ir. Ahmad Nuruddin, M.Sc., Ph.D.
Judul : Pembuatan Lapisan Superhidrofobik pada
Permukaan Baja Karbon Rendah ST 37
Waktu Pengerjaan : 9 (Sembilan) bulan
Isi Tugas :

1. Pembuatan lapisan superhidrofobik pada baja karbon ST 37 menggunakan asam stearat
2. Pengetsaan baja karbon rendah dengan asam klorida (HCl) 6 Molar dengan waktu yang divariasikan.
3. Penentuan besar sudut kontak air pada permukaan baja yang sudah dilapisi asam stearat serta laju korosi baja.

Bandung, 21 Agustus 2019

Pembimbing Utama

Ir. Ahmad Nuruddin, M.Sc., Ph.D.
NIP 196004031986031002

Lembar Pengesahan

Tugas Sarjana

PEMBUATAN LAPISAN SUPERHIDROFOBİK PADA PERMUKAAN BAJA KARBON RENDAH ST 37

Oleh

**Alfado Dhusi Sembiring Milala
13715018**

Program Studi Teknik Material
Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara
Institut Teknologi Bandung

Disetujui pada tanggal 21 Agustus 2019

Pembimbing Utama

Ir. Ahmad Nuruddin, M.Sc., Ph.D.
NIP 196004031986031002

Tugas Sarjana

Judul	Pembuatan Lapisan Superhidrofobik pada Permukaan Baja Karbon Rendah ST37	Alfado Dhusi Sembiring Milala
Program Studi	Teknik Material	13715018
Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara Institut Teknologi Bandung		
<p style="text-align: center;">Abstrak</p> <p>Baja karbon merupakan material teknik yang banyak digunakan dalam kebutuhan industri, kebutuhan bangunan, dan otomotif. Salah satu jenis baja karbon adalah baja karbon rendah. Baja karbon rendah memiliki sifat keuletan yang baik, namun laju korosinya cukup tinggi bila terkena air. Oleh karena itu, material ini harus diberikan perlindungan terhadap air untuk mengurangi timbulnya korosi.</p> <p>Salah satu cara untuk memberi perlindungan terhadap air pada material baja adalah dengan membuat lapisan superhidrofobik pada permukaan baja. Penelitian ini membuat lapisan superhidrofobik pada baja karbon rendah dengan metode <i>chemical etching</i> (pengetsaan kimia). Baja dietsa dengan larutan HCl 6 Molar kemudian direndam di dalam larutan asam stearat untuk memperoleh lapisan superhidrofobik.</p> <p>Lapisan superhidrofobik diteliti dengan cara mengukur sudut kontak air pada permukaan dan didapatkan nilai tertinggi sebesar 163,6°. Kemudian, morfologi permukaan baja diamati menggunakan <i>scanning electron microscopy</i> (SEM). Komposisi kimia yang terbentuk di permukaan baja dianalisa menggunakan <i>fourier transform infrared spectroscopy</i> (FTIR) dan laju korosi baja diukur dengan metode polarisasi menggunakan alat <i>potentiodynamic polarization</i> di dalam larutan NaCl 3,5 wt %. Dari hasil pengujian laju korosi, terbukti bahwa lapisan superhidrofobik ini dapat mengurangi laju korosi baja karbon.</p> <p>Pembuatan lapisan superhidrofobik metode <i>chemical etching</i> tergolong mudah, murah, dan ramah lingkungan sehingga efektif digunakan dalam perlindungan air untuk baja karbon.</p> <p>Kata Kunci: Baja karbon, asam stearat, <i>chemical bath deposition</i>, superhidrofobik, etsa kimiawi, polarisasi.</p>		

Final Project

Title	Fabrication of Superhydrophobic from Low Carbon Steel ST37 Surfaces	Alfado Dhusi Sembiring Milala
Major	Materials Engineering	13715018
Faculty of Mechanical and Aerospace Engineering Bandung Institute of Technology		
<p style="text-align: center;">Abstract</p> <p>Carbon steel is an engineering material that is widely used in industrial, building construction and automotive needs. One type of carbon steel is low carbon steel. Low carbon steel has good ductility, however the corrosion rate is quite high when exposed to water. Therefore, this material must be protected against water to reduce corrosion.</p> <p>One way to provide protection against water in steel materials is to make a superhydrophobic layer on the steel surface. This research makes the superhydrophobic layer on low carbon steel using the chemical etching method. The steel etched by 6 Molar HCl solution then immersed in stearic acid solution to obtain a superhydrophobic layer.</p> <p>The superhydrophobic layer was examined by measuring the contact angle of water on the surface and the highest value reached was 163.6°. Then, the morphology of the steel surface was observed using <i>scanning electron microscopy</i> (SEM). The chemical composition formed on the steel surface was analyzed using <i>fourier transform infrared spectroscopy</i> (FTIR) and the steel corrosion rate measured by the polarization method using a potentiodynamic polarization tool in a 3.5 wt% NaCl solution. From the results of corrosion rate testing, it is proven that this superhydrophobic layer can reduce the corrosion rate of carbon steel.</p> <p>The manufacture of superhydrophobic layers using chemical etching method is considered as facile, inexpensive and environmentally friendly so that it is effectively used in water protection for carbon steel.</p> <p>Keywords: carbon steel, stearic acid, chemical bath deposition, superhydrophobic, chemical etching, polarization.</p>		

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Tugas akhir menjadi salah satu mata kuliah wajib dan menjadi syarat kelulusan mahasiswa program sarjana jurusan teknik material Institut Teknologi Bandung. Seluruh ilmu dan pengetahuan yang telah didapatkan selama berkuliah diimplementasikan di dalam tugas akhir ini.

Selama mengerjakan tugas akhir ini, penulis mendapatkan berbagai pelajaran, pengalaman, dan pengetahuan baru yang bersifat akademik maupun non-akademik guna menunjang kehidupan selanjutnya. Banyak pihak yang telah membantu penulis selama menulis tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yang selalu mendukung penulis dalam bentuk materiil maupun moril
2. Ir. Ahmad Nuruddin, M.Sc.,Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu, ilmu, serta masukan yang sangat berharga untuk mengerjakan tugas akhir ini.
3. Seluruh dosen teknik material Institut Teknologi Bandung yang telah memberikan ilmu serta pengetahuannya selama penulis berkuliah.
4. Seluruh teknisi Laboratorium Teknik Material Institut Teknologi Bandung yang telah membantu penulis dalam membuat spesimen dan pengujian.
5. Seluruh teknisi Laboratorium Teknik Industri Institut Teknologi Bandung yang telah membantu penulis terkait pembuatan spesimen.
6. Seluruh teknisi Laboratorium Teknik Pengecoran Logam Politeknik Manufaktur Bandung yang telah membantu penulis terkait pengujian spesimen.
7. Pak Lanang selaku teknisi Laboratorium Kimia Analitik Institut Teknologi Bandung yang telah membantu penulis terkait pengujian FTIR.
8. Seluruh staff dan karyawan Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara yang telah membantu penulis dalam bidang administrasi.
9. Keluarga Graphina Sahwahita Teknik Material angkatan 2015 selaku keluarga yang selalu ada untuk penulis dalam pengerjaan tugas akhir.
10. Tri Wulandari Barus, sahabat penulis yang selalu menaruh waktu tiap harinya untuk memberikan dukungan dan momen momen terakhir selama kuliah dan yang selalu

membuat keadaan suntuk menjadi menyenangkan.

11. Faisal dan Ikhsan teman teknik material angkatan 2015 khususnya yang telah membantu dan mengajari pengujian polarisasi
12. Bhisma dan Aldi selaku teman bimbingan yang menemani dan menjadi tempat diskusi penulis.
13. Salsabila Faradina Fairuz, teman dari SMA yang masih selalu ada bagi penulis untuk menjadi tempat mencurahkan isi hati dan yang selalu memberikan dukungan dan doa terbaik.
14. Teman-teman Himpunan Mahasiswa Teknik Material Institut Teknologi Bandung yang menjad tempat penulis berhimpun, berkumpul, dan bermain selama kuliah.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekeliruan dalam penulisan laporan ini tugas akhir ini. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang dapat membangun demi keperluan penelitian dan pengetahuan di masa yang akan datang. Penulis berharap agar laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 21 Agustus 2019

Alfado Dhusi Sembiring Milala

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Identifikasi Masalah	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	4
2.1 Material Hidrofobik & Superhidrofobik	4
2.1.1 Teori Young	4
2.1.2 Teori Wenzel.....	5
2.1.3 Teori Cassie & Baxter.....	5
2.2 Baja Karbon Rendah (<i>Low Carbon Steel</i>).....	6
2.3 Korosi	7
2.3.1 Kinetika Korosi	7
2.3.2 Laju Korosi	8
2.3.3 Prediksi Laju Korosi dengan Metode Polarisasi	9
2.3.3 Pengukuran E_{corr} (<i>Corrosion Potential</i>)	12
2.3.4 Pengukuran I_{corr} (<i>Corrosion Current</i>)	13
2.4 Asam Stearat.....	14
2.4.1 Struktur Asam Stearat	14
2.4.2 Mekanisme Pelapisan Hidrofobik Asam Stearat	14
2.5 Jenis-Jenis Lapisan Anti-Korosi (<i>Anti-Corrosion Coating</i>).....	16
Bab 3 Metodologi Penelitian	17
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	17

3.2	Alat dan Bahan Penelitian	18
3.2.1	Alat.....	18
3.2.2	Bahan	18
3.3	Persiapan Substrat Baja Karbon ST37	19
3.4	Pengetsaan Substrat.....	19
3.5	Pembuatan Larutan Asam Stearat	20
3.6	Pembuatan Lapisan Superhidrofobik Asam Stearat.....	20
3.7	Pengukuran Sudut Kontak Air	21
3.8	Pengukuran Sudut Luncur Air.....	22
3.9	Karakterisasi Lapisan Superhidrofobik.....	22
3.9.1	<i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	22
3.9.2	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	22
3.10	Pengujian Laju Korosi.....	23
Bab 4	Data dan Analisis.....	24
4.1	Sudut Kontak dan Sudut Luncur Air yang Terbentuk.....	24
4.2	Morfologi Permukaan Substrat	28
4.3	Komposisi Superhidrofobik Lapisan yang Terbentuk.....	29
4.4	Sifat Korosi Lapisan Permukaan.....	30
Bab 5	Kesimpulan dan Saran.....	33
5.1	Kesimpulan.....	33
5.2	Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN A – GAMBAR SUDUT KONTAK AIR.....		36
LAMPIRAN B – HASIL <i>OPTICAL EMISSION SPECTROSCOPY</i> (OES).....		42
LAMPIRAN C – HASIL <i>FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY</i> (FTIR).		45
LAMPIRAN D – HASIL UJI POLARISASI TAFEL.....		46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Teori Pembasahan (a) Teori Young, (b) Teori Wenzel , dan (c) Teori Cassie & Baxter	6
Gambar 2. 2 Sel elektrokimia	8
Gambar 2. 3 Diagram polarisasi Tafel	10
Gambar 2. 4 Diagram polarisasi konsentrasi	11
Gambar 2. 5 Diagram polarisasi aktivasi dan diagram polarisasi konsentrasi	12
Gambar 2. 6 Skema pengukuran potensial korosi	13
Gambar 2. 7 Diagram polarisasi Tafel aktual dan terukur	13
Gambar 2. 8 Struktur kimia asam stearat	14
Gambar 2. 9 Skema pelapisan asam stearat	15
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	17
Gambar 3. 2 Persiapan Substrat	19
Gambar 3. 3 Pengetsaan substrat	20
Gambar 3. 4 Pelapisan Substrat dengan Asam Stearat	21
Gambar 3. 5 Pengukuran sudut kontak air.....	21
Gambar 3. 6 Pengukuran sudut lancur.....	22
Gambar 3. 7 Spesimen uji polarisasi.....	23
Gambar 4. 1 Perubahan nilai sudut kontak air.....	25
Gambar 4. 2 Perbandingan nilai <i>sliding angle</i>	27
Gambar 4. 3 Gambar SEM dari (a) baja tidak dietsa, (b)(c) dan (d) baja dietsa dengan HCl 6 M, dan (e)(f) dan (g) baja dietsa dengan HCl 6 M dan dilapisi asam stearat.....	28
Gambar 4. 4 Hasil FTIR baja sebelum dilapisi dan yang sudah dilapisi Asam Setarat.....	30
Gambar 4. 5 Diagram hasil uji polarisasi sampel baja karbon yang tidak dilapisi Asam Stearat dan baja karbon dilapisi Asam Stearat.....	31

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi baja karbon rendah	7
Tabel 4. 1 Nilai sudut kontak tetapan air pada sampel 1.....	24
Tabel 4. 2 Nilai sudut kontak tetapan air pada sampel 2.....	24
Tabel 4. 3 <i>Sliding angle</i> tetapan air pada sampel 1	26
Tabel 4. 4 <i>Sliding angle</i> tetapan air pada sampel 2	26
Tabel 4. 5 Perbandingan nilai E_{corr} , I_{corr} , dan laju korosi sampel	31

Bab 1

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Baja karbon rendah merupakan logam yang rentan mengalami korosi. Baja karbon rendah akan mengalami fenomena korosi apabila digunakan pada lingkungan korosif seperti lingkungan berair atau lembab. Permukaan baja karbon rendah akan terkikis sedikit demi sedikit dan menghasilkan produk korosi yang dikenal dengan istilah karat (*rust*).

Baja karbon rendah banyak digunakan di dalam kehidupan manusia, seperti struktur bangunan dan jembatan, *sprocket gear*, *frame* otomotif dan lain-lain. Dalam penggunaannya, kontak baja karbon rendah dengan air sering terjadi. Untuk mengurangi fenomena korosi yang mungkin terjadi, tentunya diperlukan upaya untuk mengurangi kontak baja karbon rendah dengan air. Lapisan superhidrofobik dapat menjadi solusi yang tepat untuk mencegah terjadinya korosi pada baja karbon rendah.

Pada penelitian ini, lapisan superhidrofobik dibuat pada permukaan baja karbon rendah ST 37 dengan menggunakan larutan asam stearat metode *chemical bath deposition* (CBD). Sebelum dilakukan pelapisan asam stearat, permukaan substrat baja harus dikasarkan dengan menggunakan etsa asam klorida (HCl). Lapisan superhidrofobik yang telah terbentuk dilakukan pengamatan dengan menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM). Senyawa kimia yang terbentuk dikarakterisasi dengan menggunakan *fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR). Pengujian laju korosi baja yang telah dilapisi dilakukan menggunakan metode uji polarisasi pada larutan garam NaCl 3,5 wt% dengan menganalisa diagram Tafel yang dihasilkan.

Pembuatan lapisan superhidrofobik pada baja karbon rendah sudah pernah dilakukan sebelumnya. Namun, pembuatan lapisan superhidrofobik pada baja yang sebelumnya dilakukan tergolong cukup rumit dan mahal. Oleh karena itu, penelitian tugas akhir ini akan melakukan pembuatan lapisan superhidrofobik pada baja karbon rendah yang mudah dan murah dengan melakukan *chemical etching* menggunakan HCl dan asam stearat dengan memvariasikan parameter lama waktu pengetsaan serta konsentrasi asam stearat.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan yaitu:

1. Membuat lapisan superhidrofobik pada permukaan baja karbon rendah ST37
2. Menentukan pengaruh waktu pengetsaan HCl terhadap sudut kontak tetesan air
3. Menentukan laju korosi sebelum dan setelah pelapisan permukaan

1.3 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dibuat, rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lapisan superhidrofobik dapat mengurangi luas permukaan kontak antara permukaan baja dan air.
2. Lapisan superhidrofobik dapat mengurangi laju korosi.
3. Peningkatan konsentrasi asam stearat dapat meningkatkan sudut kontak tetesan air.
4. Penambahan waktu pengetsaan substrat dapat meningkatkan kekasaran permukaan baja.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah yaitu:

1. Baja karbon rendah yang digunakan adalah tipe ST37 dengan bentuk pelat datar.
2. Metode yang digunakan adalah *chemical bath deposition* (CBD).
3. Larutan pelapis yang digunakan adalah asam stearat.
4. Larutan etsa yang digunakan adalah asam klorida 6 Molar (HCl).
5. Volume tetesan air yang digunakan untuk menguji sudut kontak air adalah 10 μL .

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat pelapis (*coating*) sederhana pada baja karbon rendah guna mengurangi laju korosinya.
2. Menentukan pengaruh konsentrasi asam stearat dan lamanya waktu pengetsaan pada kualitas lapisan superhidrofobik.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sistematika sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN terdiri dari latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.
2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA terdiri dari teori mengenai mampu basah dan sudut kontak air, teori mengenai baja karbon rendah, teori mengenai asam stearat, teori mengenai fenomena korosi, dan teori pengujian korosi polarisasi.
3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN terdiri dari diagram alir penelitian, proses persiapan spesimen, proses persiapan larutan pelapis, proses pelapisan lapisan superhidrofobik, proses karakterisasi yang digunakan, dan proses pengujian laju korosi.
4. BAB IV DATA DAN ANALISIS terdiri dari hasil percobaan dan analisa data yang telah diperoleh
5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN terdiri dari kesimpulan hasil penelitian dan saran atau rekomendasi untuk penelitian berikutnya bila dilanjutkan.

Bab 2

Tinjauan Pustaka

2.1 Material Hidrofobik & Superhidrofobik

Hidrofobik merupakan suatu sifat suatu permukaan material yang memiliki kemampuan menolak air. Pada awalnya, sifat permukaan material ini ditemukan di alam, yaitu pada daun talas (*lotus*). Air pada daun talas cenderung untuk tidak menempel dan membasahi permukaan daun talas. Hal ini menunjukkan bahwa daun talas tersebut memiliki kemampuan untuk menolak air yang baik.

Hidrofobitas dari suatu permukaan material dapat ditentukan dari sudut kontak (*contact angle*) tetesan air pada permukaan tersebut. Sudut kontak air tersebut akan mempengaruhi mampu basah (*wettability*) suatu material [1]. Suatu permukaan dikatakan hidrofobik saat sudut kontak air (θ) bernilai $90^\circ < \theta < 150^\circ$, sedangkan superhidrofobik $150^\circ < \theta < 180^\circ$. Terdapat tiga teori yang menjelaskan mampu basah permukaan material. Teori tersebut adalah teori Young, teori Wenzel, dan teori Cassie & Baxter.

2.1.1 Teori Young

Teori Young menjelaskan tentang mampu basah permukaan pada permukaan yang halus dan datar. Sudut kontak air (θ) dinyatakan dengan persamaan (2.1) berikut.

$$\cos\theta = \frac{\gamma_{SV} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LV}} \quad (2.1)$$

γ_{SL} , γ_{SV} , γ_{LV} merupakan nilai tegangan permukaan pada fasa S, L, dan V sebagai padat (*solid*), cair (*liquid*), dan gas/uap (*vapour*) secara berurutan. Permukaan tersebut hanya berlaku pada permukaan yang datar dan halus. Semakin datar dan halus permukaan, mampu basah suatu permukaan material akan meningkat. Hal ini ditunjukkan dengan besar sudut kontak air yang rendah $\theta < 90^\circ$. Skema dari teori Young ditunjukkan oleh Gambar 2.1a.

2.1.2 Teori Wenzel

Pada kenyataanya, permukaan yang memiliki sifat datar dan halus sulit ditemukan [1]. Mayoritas permukaan datar memiliki cacat dan ketidaksempurnaan. Hal tersebut dapat meningkatkan tingkat kekasaran suatu permukaan. Oleh karena itu, dibutuhkan teori lain untuk menjelaskan mampu basah permukaan pada permukaan yang kasar. Teori ini disebut teori Wenzel.

Teori Wenzel menjelaskan bahwa tetesan air pada permukaan substrat yang kasar akan masuk atau terpenetrasi ke dalam celah-celah permukaan yang kasar tersebut [1]. Wenzel memperkenalkan faktor kekasaran, r , yang bernilai sama dengan 1 atau lebih. Faktor r tersebut ditambahkan pada persamaan Young.

$$\cos \theta_w = r \left(\frac{\gamma_{SV} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LV}} \right) = r \cos \theta \quad (2.2)$$

θ_w merupakan sudut kontak pada permukaan kasar, θ merupakan sudut kontak Young pada permukaan ideal (rata dan halus), dan r merupakan faktor kekasaran yang diartikan sebagai rasio antara luas permukaan aktual dan luas permukaan yang diproyeksikan ($r=1$ untuk permukaan datar sempurna, $r>1$ untuk permukaan kasar).

Teori tersebut menyatakan bahwa permukaan hidrofobik ($\theta > 90^\circ$) akan menjadi lebih hidrofob seiring peningkatan derajat kekasaran (r), sedangkan permukaan hidrofilik ($\theta < 90^\circ$) akan menjadi lebih hidrofilik dengan derajat kekasaran yang sama. Skema dari Teori Wenzel digambarkan oleh Gambar 2.1b.

2.1.3 Teori Cassie & Baxter

Dalam teori Cassie & Baxter, tetesan air tidak terpenetrasi ke dalam celah-celah permukaan yang kasar [1]. Permukaan terdiri dari dua material yang berbeda, 1 dan 2, dengan fraksi permukaan f_1 dan f_2 . Tetesan air yang berada di atas permukaan memiliki sudut kontak yang dapat ditunjukkan dalam relasi sudut kontak θ_1 dan θ_2 . Persamaan Cassie & Baxter ditunjukkan oleh persamaan (2.3)

$$\cos \theta_{CB} = f_1 \cos \theta_1 + f_2 \cos \theta_2 \quad (2.3)$$

Nilai f merupakan fraksi permukaan air yang membasahi permukaan padat, sehingga nilai $(1-f)$ merupakan fraksi udara. Tetesan air memiliki sudut kontak dengan udara sebesar 180° . Sudut kontak tersebut dijelaskan oleh persamaan (2.4)

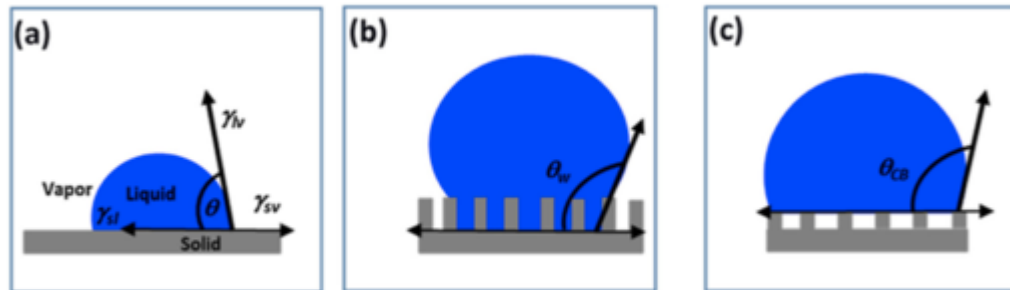
$$\cos \theta_{CB} = f(1 + \cos \theta) - 1 \quad (2.4)$$

Parameter f dapat memiliki nilai variasi yang berbeda dan memiliki rentang dari 0 sampai dengan 1. Bila $f=0$, cairan dapat dianggap tidak menyentuh sama sekali dengan permukaan baja [1]. Sedangkan, saat $f=1$, seluruh permukaan terbasahi oleh cairan. Permukaan akan terlihat lengket jika dibasahi menurut teori Wenzel dan akan terlihat licin jika dibasahi menurut teori Cassie & Baxter. Persamaan Cassie & Baxter ditunjukkan oleh persamaan (2.5)

$$\cos \theta_{CW} = fr \cos \theta + f - 1 \quad (2.5)$$

Model pembasahan teori Cassie-Baxter dapat dilihat pada Gambar 2.1c.

Kekasaran permukaan menjadi suatu faktor yang penting bagi teori Wenzel dan Cassie & Baxter [2]. Untuk memperoleh sudut kontak air yang tinggi, diperlukan kombinasi antara energi permukaan yang rendah dan nilai kekasaran yang tinggi.



Gambar 2. 1 Teori Pembasahan (a) Teori Young, (b) Teori Wenzel , dan (c) Teori Cassie & Baxter [1]

2.2 Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon merupakan logam paduan besi dan karbon yang mungkin mengandung beberapa unsur paduan lainnya. Baja karbon digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu baja karbon rendah, baja karbon medium, dan baja karbon tinggi. Baja karbon rendah merupakan baja karbon dengan kandungan karbon di dalamnya di bawah 0,25 wt% [3].

Baja karbon rendah kurang optimum bila diberi perlakuan panas (pembentukan martensit) untuk meningkatkan kekerasan [3]. Oleh karena itu, metode peningkatan kekerasan baja karbon rendah biasanya menggunakan *cold work* atau pengerjaan dingin.

Struktur mikro baja karbon rendah terdiri dari ferrite dan pearlite. Akibatnya, baja karbon jenis ini relatif lemah dan lembut. Baja karbon rendah memiliki ketahanan korosi yang buruk. Hal ini disebabkan kandungan karbon yang rendah memicu laju korosi yang tinggi. Namun demikian, baja karbon rendah memiliki sifat keuletan dan ketangguhan yang baik. Selain itu, mampu las dan mampu mesin baja karbon ini juga sangat baik. Bila dibandingkan dengan jenis baja karbon lainnya, baja karbon rendah tergolong murah untuk diproduksi.

Baja karbon rendah pada umumnya digunakan sebagai bahan baku komponen bodi mobi, baja tulangan atau struktural, lembaran baha bahan bangunan, pembangunan jembatan, dan pembuatan pipa.

Secara sifat mekanik, baja karbon rendah memiliki *yield strength* sebesar 275 MPa, kekuatan tarik sebesar 550 MPa dan keuletan sebesar 25 %El [3]. Komposisi baja karbon rendah ditunjukkan oleh Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Komposisi baja karbon rendah [3]

Nomor ASTM	Nomor UNS	Komposisi (wt%)		
		C	Mn	Lainnya
1010	G10100	0,10	0,45	
1020	G10200	0,20	0,45	
A36	K02600	0,29	1,00	0,20 Cu (min)
A516 Grade 70	K02700	0,31	1,00	0,25 Si

2.3 Korosi

Korosi adalah kerusakan destruktif yang terjadi pada material logam dan meleibatkan reaksi elektrokimia, reaksi reduksi dan oksidasi [3]. Kerusakan pada logam ini dapat menyebabkan kerugian yang cukup besar. Menurut penelitian, sebesar 5% dari pendapatan suatu perusahaan digunakan hanya untuk pengendalian korosi [3]. Namun demikian, korosi juga memiliki keuntungan, salah satunya adalah untuk melakukan pengetsaan pada proses metalografi.

2.3.1 Kinetika Korosi

Proses korosi merupakan reaksi elektrokimia. Pada reaksi ini, terjadi perpindahan elektron dari suatu material ke material lain. Proses pelepasan elektron disebut dengan reaksi oksidasi. Reaksi oksidasi dijelaskan oleh persamaan (2.6) berikut



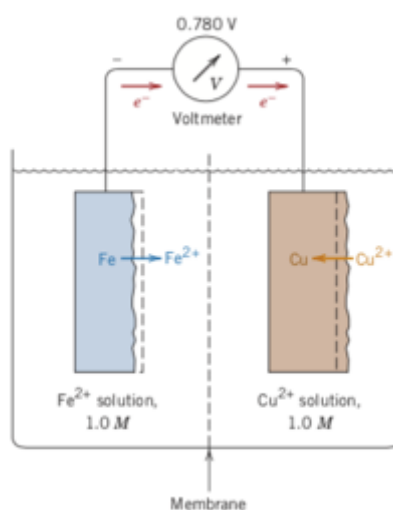
M merupakan atom logam, M^{n+} merupakan ion logam, dan e^{-} adalah elektron. Reaksi oksidasi terjadi di anoda. Elektron dari anoda akan dialirkan menuju katoda dan akan bereaksi dengan atom zat kimia lainnya. Proses ini disebut reduksi. Reaksi reduksi ditunjukkan oleh persamaan (2.7) berikut



Secara keseluruhan, reaksi reduksi dan oksidasi ditunjukkan oleh contoh persamaan berikut



Dari persamaan di atas, suatu material yang teroksidasi akan berkurang terus menerus. Hal ini merupakan ciri-ciri dari logam yang terkorosi. Skema sel elektrokimia di dalam larutan 1 M ditunjukkan oleh Gambar 2.2



Gambar 2. 2 Sel elektrokimia [3]

2.3.2 Laju Korosi

Laju korosi atau laju degradasi suatu material merupakan suatu parameter yang penting dalam perawatan (*maintenance*) material. Laju ini dapat ditunjukkan dengan *corrosion penetration rate* (CPR) atau laju pengurangan berat material dalam waktu tertentu [3].

CPR ditunjukkan dengan persamaan (2.11) di bawah ini:

$$CPR = \frac{KW}{\rho At} \quad (2.11)$$

K merupakan konstanta, W adalah pengurangan berat setelah terjadi korosi, t merupakan waktu korosi, ρ merupakan densitas benda kerja, sedangkan A adalah luas spesimen yang terkena korosi. CPR biasanya dijelaskan dalam satuan *mils per year* (mpy) atau *millimeter per year* (mm/yr).

Laju korosi juga bisa ditentukan dengan menggunakan hukum Faraday [4]. Hukum Faraday menyatakan laju korosi berbanding lurus dengan massa molar dan arus yang masuk, sehingga dapat dibuat persamaan seperti persamaan (2.12) berikut:

$$r = C \cdot \frac{Mi}{n\rho} \quad (2.12)$$

dengan r merupakan laju korosi, C merupakan sebuah konstanta yang sudah termasuk F (bilangan Faraday) dan satuan konversi lainnya dan memiliki nilai $C = 0,129$ saat laju korosi dalam mpy dan $C = 3,27$ saat laju korosi dalam mm/year, M merupakan massa molar, i merupakan rapat arus yang masuk, n merupakan jumlah elektron yang terlibat dalam reaksi, dan ρ merupakan densitas material.

2.3.3 Prediksi Laju Korosi dengan Metode Polarisation

Nilai potensial elektroda sel elektrokimia tidak sama dengan nilai potensial standar (*emf series*) karena tidak dalam kondisi setimbang [3]. Adanya pemindahan atau pergantian nilai potensial pada elektroda yang disebabkan nilai potensial tidak dalam kondisi setimbang ini disebut dengan polarisasi. Besarnya pergantian nilai tersebut disebut *over-voltage* dan memiliki simbol η dengan satuan millivolts (mv). Terdapat dua jenis polarisasi, yaitu aktivasi dan konsentrasi.

2.3.3.1 Polarisation Aktivasi

Polarisasi aktivasi merupakan kondisi laju reaksi yang ditentukan oleh deret dengan laju reaksi terendah [3]. Untuk mengilustrasikan proses ini, dapat dilihat dari reaksi pembentukan gas hidrogen pada sebuah elektroda. Langkah-langkah dari reaksi tersebut adalah

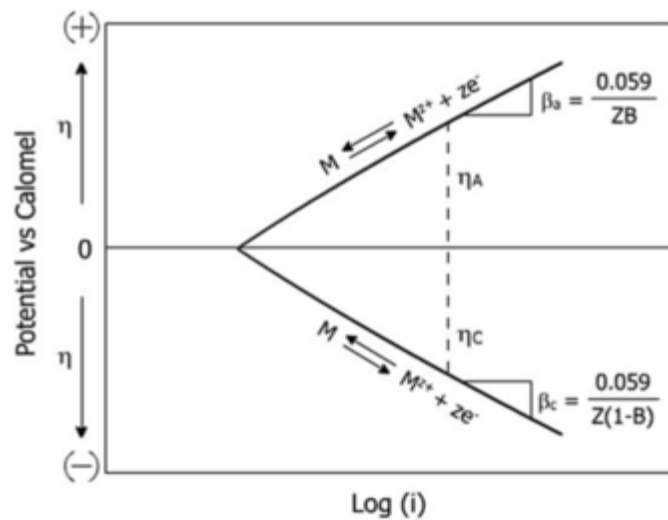
1. Adsorpsi ion H^+ dari larutan pada permukaan seng
2. Transfer elektron dari seng menjadi atom hidrogen
3. Penggabungan dua atom hidrogen menjadi molekul hidrogen
4. Adanya tubrukan dari beberapa molekul hidrogen membentuk gelembung gas hidrogen

Hubungan antara polarisasi aktivasi dan laju reaksi ditunjukkan oleh persamaan Tafel di bawah ini.

$$\eta_A = \pm \beta_a \log \frac{i_a}{i_o} \quad (2.13)$$

$$\eta_C = \pm \beta_c \log \frac{i_c}{i_o} \quad (2.14)$$

η merupakan *over voltage* , β_a dan β_c merupakan kemiringan Tafel (*Tafel slopes*), dan i_0 merupakan rapat arus. Dari persamaan (2.13) dan (2.14) di atas, dapat dibuat sebuah diagram yang menunjukkan hubungan *over voltage* , η , dengan rapat arus, i , dalam skala logaritmik. Diagram tersebut dapat dilihat di Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Diagram polarisasi Tafel [4]

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi polarisasi aktivasi [4]. Faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut:

1. Rapat arus

Polarisasi aktivasi akan meningkat seiring kenaikan rapat arus, i .

2. Material

Polarisasi aktivasi bergantung pada suatu jenis material yang disebabkan oleh perbedaan rapat arus setiap material.

3. Kekasaran permukaan

Polarisasi aktivasi akan bernilai tinggi pada permukaan yang halus daripada permukaan kasar.

4. Temperatur

Peningkatan temperatur dapat menurunkan laju polarisasi aktivasi.

5. Tekanan

Potensial hidrogen meningkat pesat dengan penurunan tekanan.

6. pH

Nilai *over-voltage* awal akan meningkat kemudian akan menurun dengan peningkatan nilai pH.

7. Adsorpsi ion

Over-voltage hidrogen akan menurun akibat adsorpsi ion anion dan akan meningkat akibat adsorpsi ion kation.

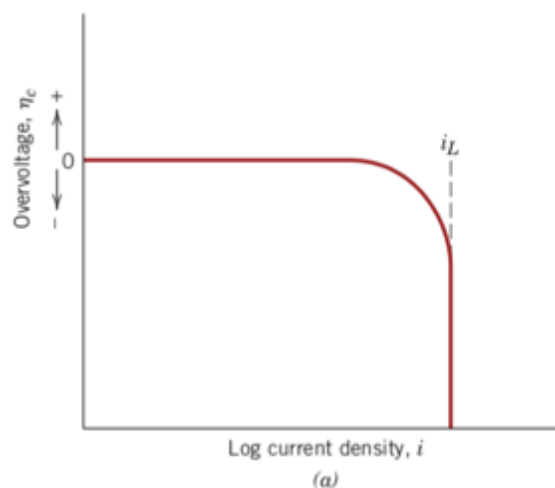
Hubungan antara *over-voltage* dan rapat arus sangat penting. Hubungan ini menjelaskan perbedaan potensial yang terukur dari keadaan setimbang ($E=0$). Oleh karena itu, untuk dapat menjelaskan hubungan tersebut dibuat sebuah persamaan yang disebut persamaan Tafel. Persamaan Tafel tersebut dicantumkan dengan persamaan (2.15).

$$\eta = \pm \beta \log \frac{i}{i_0} \quad (2.15)$$

dengan η merupakan *over-voltage*, β merupakan konstanta Tafel yang bernilai positif untuk anoda dan negatif untuk katoda, i_0 merupakan rapat arus, dan i merupakan laju reaksi keseluruhan.

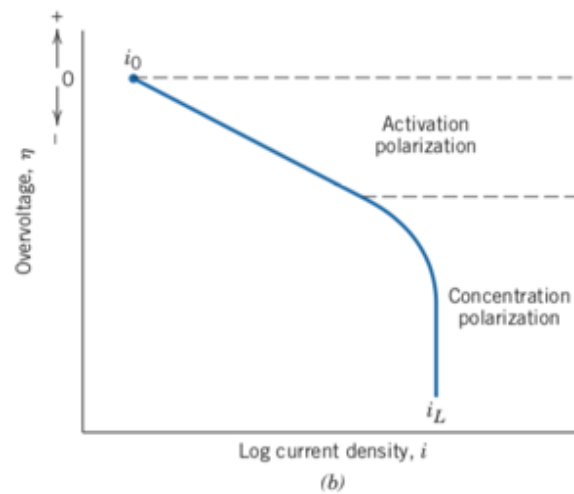
2.3.3.2 Polarisasi Konsentrasi

Polarisasi konsentrasi terjadi ketika laju reaksi dibatasi oleh difusi di dalam larutan [3]. Data polarisasi konsentrasi biasanya diplot dalam diagram *overvoltage* terhadap rapat arus dalam skala logaritma seperti polarisasi aktivasi. Diagram polarisasi konsentrasi ditunjukkan oleh Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Diagram polarisasi konsentrasi [3]

Bila diagram polarisasi aktivasi dan polarisasi konsentrasi digabung, gambarnya adalah seperti Gambar 2.5.

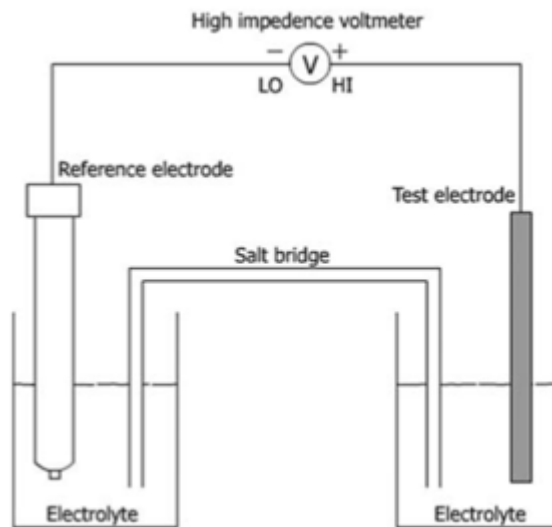


Gambar 2. 5 Diagram polarisasi aktivasi dan diagram polarisasi konsentrasi [3]

2.3.3 Pengukuran E_{corr} (*Corrosion Potential*)

Nilai potensial dari elektroda logam diukur dengan menggunakan elektroda *calomel* standar yang tidak dapat dipolarisasi [4]. Elektroda *calomel* ini diletakan terpisah dari elektroda kerja dan dicelupkan ke dalam elektrolit melewati jembatan garam (*salt bridge*). Voltmeter dihubungkan di antara elektroda kerja dan *calomel*. Terminal negatif dihubungkan ke elektroda kerja sedangkan yang positif ke *calomel*. Setelah itu, nilai potensial korosi dapat diamati.

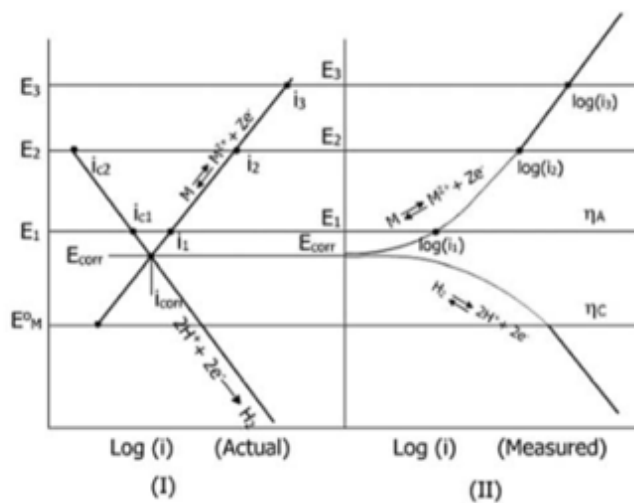
Nilai potensial korosi dapat juga diartikan sebagai beda tegangan saat permukaan logam terkorosi secara bebas [4]. Sebuah logam akan memiliki nilai potensial korosi yang sama ketika *salt bridge* dan voltmeter dihilangkan. Skema pengujian potensial korosi ini ditunjukkan oleh Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Skema pengukuran potensial korosi [4]

2.3.4 Pengukuran I_{corr} (Corrosion Current)

Pengukuran i_{corr} tidak dapat dilakukan hanya dengan menggunakan alat pengukur amperemeter seperti yang dilakukan untuk mengukur E_{corr} . Untuk mendapatkan nilai i_{corr} , upaya yang dapat dilakukan adalah dengan menganalisis diagram Tafel. Gambar 2.7 menunjukkan dua diagram Tafel yang berupa garis linear (I) dan garis melengkung (II). Diagram yang memiliki garis linear (I) merupakan diagram garis singgung dari diagram yang terukur atau garis melengkung (II). Nilai i_{corr} dapat ditentukan dari titik potong kedua garis linear, (garis reaksi anodik dan katodik) yang sudah dibuat. Titik potong tersebut ditarik lurus ke arah axis x yang merupakan axis $\log i$ sehingga didapatkan nilai rapat arus atau i .



Gambar 2. 7 Diagram polarisasi Tafel aktual dan terukur [4]

2.4 Asam Stearat

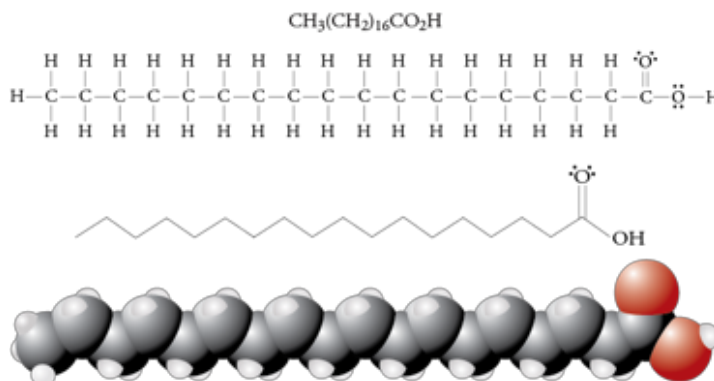
Asam stearat adalah asam lemak jenuh yang mudah diperoleh dari lemak hewani serta minyak masak dan memiliki rumus kimia $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ [6].

Pada umumnya, asam stearat digunakan sebagai bahan pembuatan lilin, plastik, kosmetik, dan pembuatan karet. Titik lebur asam stearat $69,6^\circ\text{C}$ dan titik didihnya 361°C .

Untuk membuat larutan asam stearat, dapat dilakukan dengan cara melarutkan serbuk asam stearat ke dalam larutan etanol. Kelarutan asam stearat di dalam etanol adalah sekitar 2,25 gram / 100 gram etanol.

2.4.1 Struktur Asam Stearat

Asam stearat tersusun atas rantai hidrokarbon ($-\text{CH}$) yang sangat panjang. Rantai ini memiliki dua ujung dengan sifat yang berlawanan. Ujung kepala (*head*) merupakan gugus fungsi karboksil (*carboxyl group*) $-\text{COOH}$ yang bersifat polar dan hidrofilik. Ujung yang lainnya merupakan ikatan CH_3 yang bersifat non polar dan hidrofobik. Struktur kimia asam stearat ditunjukkan oleh Gambar 2.8.

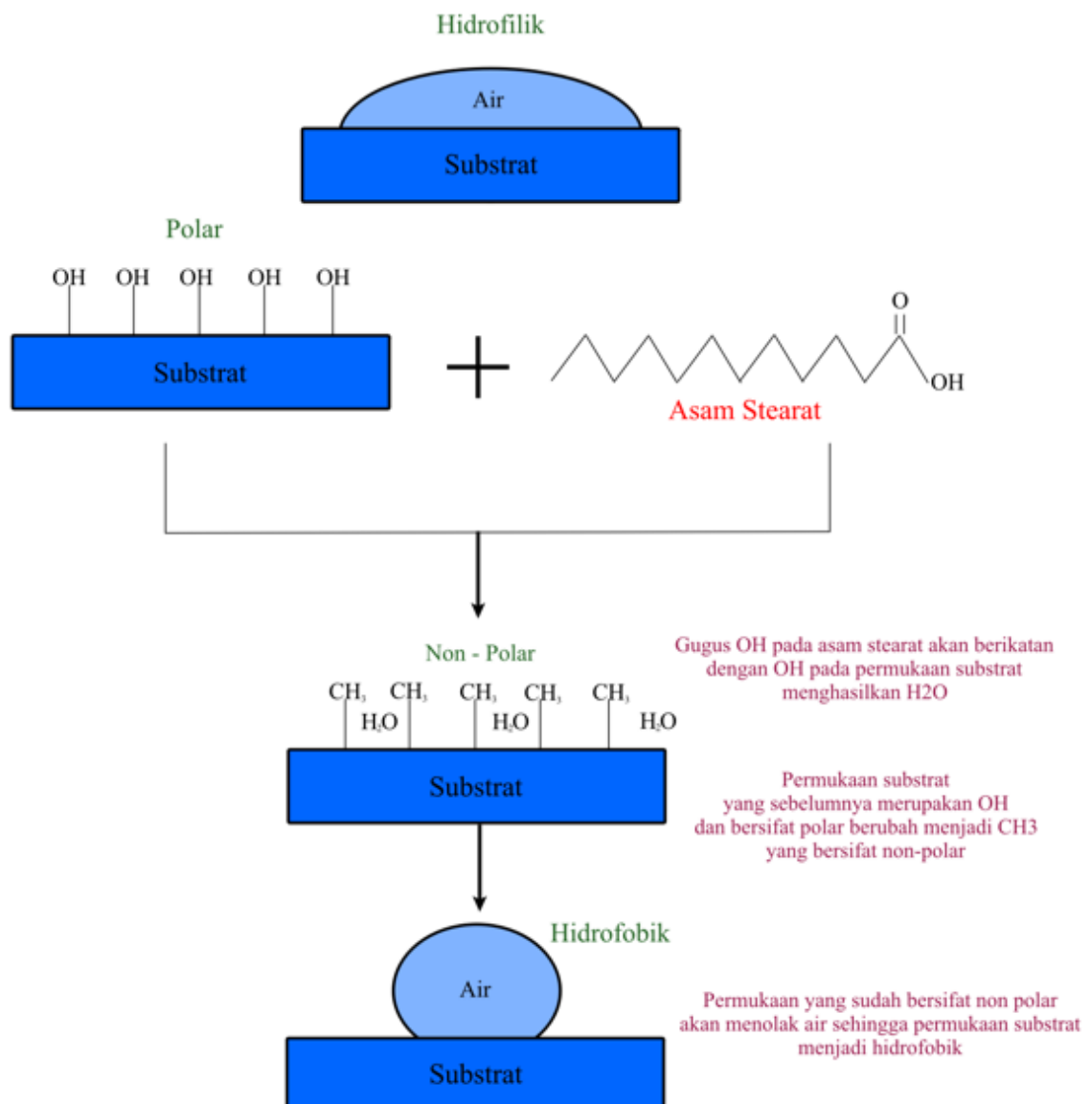


Gambar 2. 8 Struktur kimia asam stearat [6]

2.4.2 Mekanisme Pelapisan Hidrofobik Asam Stearat

Asam stearat dapat menjadi lapisan yang membuat suatu material menjadi bersifat hidrofobik. Sifat ini diperoleh dari peran kedua ujung rantai asam stearat tersebut. Ujung yang bersifat polar (*head*) akan menempel atau mengikat pada substrat, sedangkan ujung yang non polar (*tail*) akan menjulang untuk menolak air yang menempel yang berada di permukaan. Hal ini membuat sudut kontak air menjadi tinggi sehingga tidak membasahi permukaan substrat.

Namun demikian, jumlah rantai asam stearat tidak boleh terlalu banyak. Semakin banyak jumlah rantai yang menempel pada substrat, rantai yang baru tidak dapat menempel pada substrat lagi, melainkan saling menempel satu rantai dengan yang lain. Akibatnya, substrat yang sifatnya hidrofobik menjadi hidrofilik kembali [6]. Oleh karena itu, konsentrasi asam stearat yang digunakan akan sangat mempengaruhi hidrofobisitas suatu material. Ilustrasi mekanisme ini ditunjukkan oleh Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Skema pelapisan asam stearat

2.5 Jenis-Jenis Lapisan Anti-Korosi (*Anti-Corrosion Coating*)

Korosi merupakan suatu masalah yang harus dicegah di dalam sebuah industry. Oleh karena itu, diperlukannya upaya untuk mencegah terjadinya fenomena korosi. Salah satu cara untuk mengatasinya adalah dengan membuat lapisan anti-korosi. Saat ini, terdapat tiga jenis lapisan anti korosi [7]. Jenis-jenis lapisan anti korosi tersebut adalah sebagai berikut.

1. *Barrier Coating*

Barrier coating merupakan lapisan yang dapat melindungi substrat logam dengan cara memberikan perlindungan berupa lapisan tipis. Lapisan ini tidak memiliki poros dan dapat melindungi substrat dari kondisi lingkungan sekitar [7]. Apabila lapisan ini rusak akibat impact atau serangan kimiawi, substrat menjadi tidak terlindungi lagi. Ketebalan lapisan dan kandungan senyawa kimia lapisan ini akan mempengaruhi umur dari lapisan jenis ini. Untuk membuat lapisan ini, diperlukan adanya kecocokan antara substrat dan senyawa pelapis agar senyawa pelapis dapat berikatan dengan substrat. Contoh dari lapisan jenis ini adalah lapisan asam stearat pada logam dan lapisan polimer epoxy pada logam [8].

2. *Inhibitive Coating*

Inhibitive coating merupakan lapisan anti-korosi yang berupa lapisan pasif (*passivation layer*) pada permukaan substrat logam [7]. Lapisan ini memiliki pori-pori (*porous*) yang akan membuat lapisan pasif sehingga reaksi elektrokimia korosi tidak terjadi. Perlindungan oleh lapisan ini akan berkurang seiring waktu dan akan rusak apabila diberikan beda potensial yang melebihi kekuatan lapisan [7]. Contoh dari lapisan ini adalah anodisasi aluminium.

3. *Sacrificial Coating*

Sacrificial coating merupakan lapisan yang berperan sebagai material korban (*sacrificially*) untuk melindungi substrat logam [7]. Lapisan ini akan terkikis apabila terjadi reaksi korosi sehingga substrat logam dapat terlindungi. Beda halnya dengan *barrier coating*, lapisan ini akan tetap bekerja untuk melindungi substrat walaupun sudah rusak. Kemampuan dari lapisan ini dipengaruhi oleh kadar atau komposisi dan jenis senyawa kimia lapisan pelindung. Contoh dari lapisan jenis ini adalah penumbuhan benih ZnO pada logam.

Bab 3

Metodologi Penelitian

3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur mengenai pembuatan lapisan superhidrofobik dengan menggunakan metode pengetsan pada suatu material logam. Setelah melakukan studi literatur, material substrat yang digunakan ditentukan, yaitu baja karbon rendah ST 37. Tahap berikutnya adalah melakukan persiapan alat dan bahan untuk melakukan percobaan. Substrat dipotong dengan menggunakan gergaji tangan sehingga memiliki ukuran $4,5 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} \times 0,3 \text{ cm}$. Kemudian, substrat dibersihkan menggunakan air dan etanol untuk menghilangkan kotoran dan dilakukan pengamplasan dengan kertas amplas. Substrat yang telah diampelas dicelupkan ke dalam larutan HCl untuk melakukan pengetsan yang bertujuan untuk meningkatkan kekasaran permukaan. Setelah pembuatan lapisan selesai, substrat dikarakterisasi dengan SEM dan FTIR serta melakukan pengukuran sudut kontak air di permukaan menggunakan *software ImageJ*. Apabila sudut kontak air lebih besar dari 150° , spesimen siap untuk dilakukan uji laju korosi. Pengujian laju korosi menggunakan metode polarisasi dengan elektrolit NaCl 3,5 wt%. Semua data yang sudah terkumpul dilakukan analisis dan penarikan kesimpulan.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

1. *Beaker Glass* 500ml
2. Gelas ukur 250 ml
3. Spatula
4. Pipet mikro
5. *Heater*
6. Timbangan digital
7. Alat SEM
8. Alat FTIR
9. Kamera dengan lensa makro
10. Kertas Amplas
11. Gergaji Potong

3.2.2 Bahan

1. Baja Karbon Rendah ST37 berbentuk pelat tipis
2. Asam stearat terdapat di Laboratorium Pemrosesan Material

3. Etanol dibeli dari Sakura Lab
4. Asam Klorida (HCl) 6 Molar dibeli dari Rofa Kimia
5. Larutan NaCl 3,5% dibeli dari Rofa Kimia merek Pudak

3.3 Persiapan Substrat Baja Karbon ST37

Substrat ini dibersihkan dengan menggunakan air dan etanol hingga bersih. Kemudian, substrat diampas dengan kertas ampas *grid* 60, 80, 220, dan 600 secara berurutan. Pengamplasan substrat ini bertujuan untuk menghilangkan karat dan pengotor yang ada di permukaan.



Gambar 3. 2 Persiapan Substrat

3.4 Pengetsaan Substrat

Larutan esta yang digunakan adalah asam klorida (HCl) 6 Molar dengan waktu lama perendaman yang divariasikan menjadi 5 menit, 10 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit, 30 menit, dan 60 menit. Penggunaan waktu yang berbeda ini dilakukan untuk memperlihatkan pengaruh dari kekasaran yang dihasilkan terhadap sudut kontak air yang terbentuk. Asam klorida dimasukan ke dalam gelas kimia 400 mL kemudian subsrat baja dicelupkan ke dalamnya dengan menggunakan pinset. Setelah waktu yang ditentukan, substrat dikeluarkan dan dicuci dengan air bersih.



Gambar 3. 3 Pengetsaan substrat

3.5 Pembuatan Larutan Asam Stearat

Larutan asam stearat dibuat dengan melarutkan asam stearat berbentuk bubuk ke dalam etanol 95%. Konsentrasi larutan yang dibuat pada percobaan ini adalah 20 mM dan 30 mM. Perhitungan massa asam stearat yang diperlukan untuk membuat larutan dengan 200 ml pelarut dilakukan sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Konsentrasi larutan (M)} &= \frac{\text{mol zat}}{1 \text{ Liter Pelarut}} \\
 &= 0,030 \text{ M} = \frac{\text{mol zat}}{0,2 \text{ L}} \\
 &= \text{mol zat} = 0,003 \text{ M} \times 0,2 \text{ L} = 0,006 \text{ mol} \\
 &= \text{mol zat} = \frac{\text{massa zat}}{\text{massa molar zat}} = 0,006 \text{ mol} \\
 &= \text{massa zat} = 0,006 \text{ mol} \times 284,5 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = \mathbf{1,707 \text{ gram}}
 \end{aligned}$$

untuk membuat larutan asam stearat 30 mM dengan pelarut etanol 200 ml dibutuhkan 1,707 gram bubuk asam stearat.

3.6 Pembuatan Lapisan Superhidrofobik Asam Stearat

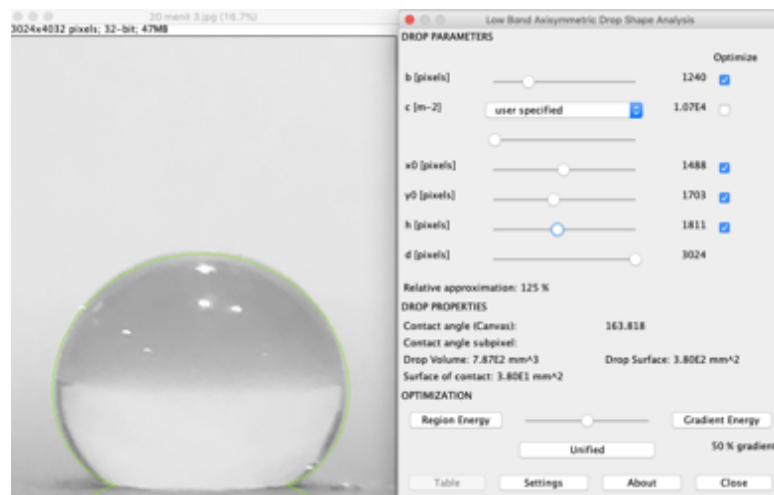
Pembuatan lapisan asam stearat dilakukan dengan metode *chemical bath deposition* (CBD). Substrat yang sudah dietsa dengan HCl dicelupkan ke dalam larutan asam stearat dan direndam selama 20 jam di dalam *beaker glass* yang ditutup oleh aluminium foil supaya larutan asam stearat tidak menguap. Setelah perendaman, substrat dibersihkan dengan air dan dikeringkan di udara.



Gambar 3. 4 Pelapisan Substrat dengan Asam Stearat

3.7 Pengukuran Sudut Kontak Air

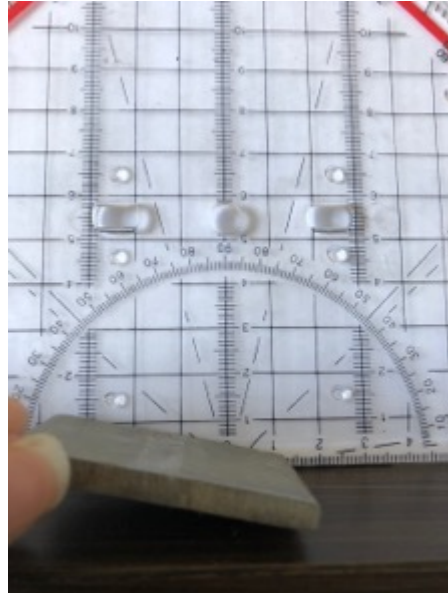
Sudut kontak air diukur dengan cara meneteskan air di permukaan substrat menggunakan *pipet* sebanyak 10 μL . Gambar diambil dengan menggunakan kamera *handphone* dengan tambahan lensa makro. Gambar yang telah diambil dimasukan ke komputer dan diolah dengan menggunakan *software ImageJ* dan *plug in drop analysis*. Melalui *software* tersebut, ukuran sudut kontak air dapat dilihat. Apabila sudut kontak masih kurang dari 150° , percobaan diulang dari tahap persiapan substrat.



Gambar 3. 5 Pengukuran sudut kontak air

3.8 Pengukuran Sudut Luncur Air

Sudut luncur air diukur menggunakan busur sederhana. Air diteteskan di atas permukaan baja lalu dimiringkan dengan cara mengangkatnya secara perlahan. Sudut kemiringan yang diukur adalah sudut saat tetesan air mulai meluncur di permukaan baja.



Gambar 3. 6 Pengukuran sudut luncur

3.9 Karakterisasi Lapisan Superhidrofobik

3.9.1 *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Scanning electron microscopy digunakan untuk mengamati perbedaan permukaan baja sebelum dan sesudah dilakukan pelapisan asam stearat. Pengamatan ini dilakukan dengan perbesaran $2500-10000\times$. Dengan melakukan pengamatan ini, morfologi permukaan baja karbon rendah sebelum dan sesudah pelapisan dapat diteliti. Pengujian SEM penelitian ini dilakukan di Laboratorium Politeknik Manufaktur Bandung (POLMAN Bandung).

3.9.2 *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

FTIR digunakan untuk melihat senyawa kimia yang terbentuk pada lapisan superhidrofobik. Adanya senyawa kimia ini menunjukkan bahwa lapisan superhidrofobik sudah terbentuk. Sampel yang diuji merupakan lapisan asam stearat yang terbentuk di baja. Untuk mempersiapkan sampel FTIR, baja dikerik terlebih dahulu untuk mendapatkan lapisan yang terbentuk. Senyawa kimia yang digunakan untuk melarutkan sampel adalah KBr (*Potassium*

Bromide). Pengujian FTIR pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Institut Teknologi Bandung.

3.10 Pengujian Laju Korosi

Setelah lapisan superhidrofobik terbentuk, substrat diuji laju korosinya. Laju korosi diuji dengan menggunakan metode polarisasi (Tafel) menggunakan alat *potentiodynamic polarization* dan cairan elektrolit NaCl 3,5%. Dari pengujian ini didapatkan nilai E_{corr} , I_{corr} , dan laju korosi sampel. Sampel dipotong dengan ukuran 1 cm \times 1cm lalu disambungkan dengan kawat *stainless steel* dengan cara dilas metode *spot welding*. Setelah dilas, spesimen dimounting menggunakan resin.

Pengujian laju korosi menggunakan *chamber* yang terbuat dari akrilik sebagai wadah pengujian. *Chamber* ini terdapat, *calomel (reference electrode)*, elektroda karbon, *salt bridge* menggunakan garam KCl, dan juga ruang untuk meletakkan spesimen. Rangkaian ini dihubungkan dengan arus listrik dengan arus sebesar 10 mA.

Untuk membuat grafik dan mengukur data yang diperlukan, *software* yang digunakan adalah *versastudio*. Setelah pengujian dilakukan, data diolah menggunakan *software OriginLab* untuk membuat grafik yang digunakan sebagai pembanding.



Gambar 3. 7 Spesimen uji polarisasi

Bab 4

Data dan Analisis

4.1 Sudut Kontak dan Sudut Luncur Air yang Terbentuk

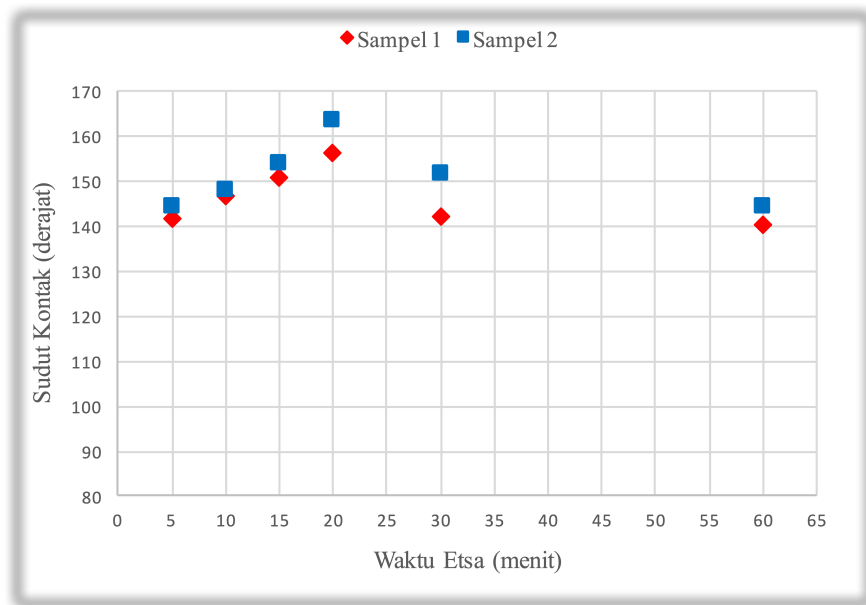
Sudut kontak air yang terbentuk diukur dengan cara meneteskan air menggunakan *micropipette* 10 μL lalu diukur dengan *software ImageJ (plug-in drop analysis)*. Tabel 4.1 menunjukkan data percobaan sudut kontak tetesan air pada baja yang direndam di dalam asam stearat 20 mM, sampel 1, dan yang telah direndam dengan menggunakan asam stearat 30 mM, sampel 2, ditunjukkan oleh Tabel 4.2.

Tabel 4. 1 Nilai sudut kontak tetesan air pada sampel 1

Sampel 1 : Asam Stearat 20 mM (20 jam)				
Waktu Etsa (menit)	Sudut Kontak (°)			
	I	II	III	Rata-Rata
5	145,0	139,4	140,7	141,7
10	149,0	144,5	147,3	147,0
15	145,4	153,0	154,4	151,0
20	147,2	159,4	162,6	156,4
30	143,4	139,8	143,0	142,1
60	139,4	142,4	139,8	140,5

Tabel 4. 2 Nilai sudut kontak tetesan air pada sampel 2

Sampel 2 : Asam Stearat 30 mM (20 jam)				
Waktu Etsa (menit)	Sudut Kontak (°)			
	I	II	III	Rata-Rata
5	147,2	140,5	145,6	144,4
10	150,3	147,2	147,4	148,3
15	153,9	153,1	155,6	154,2
20	164,1	163,0	163,8	163,6
30	152,1	149,8	153,3	151,8
60	143,7	143,4	145,9	144,3



Gambar 4. 1 Perubahan nilai sudut kontak air

Gambar 4.1 menunjukkan perbedaan nilai sudut kontak air pada baja yang dietsa dengan waktu yang berbeda dan dengan perendaman asam stearat yang memiliki konsentrasi berbeda pula, namun dengan lama perendaman yang sama yaitu 20 jam. Nilai sudut kontak air pada material yang direndam asam stearat dengan konsentrasi 30 mM lebih tinggi daripada konsentrasi asam stearat 20 mM. Perbedaan ini menunjukkan adanya pengaruh konsentrasi asam stearat pada nilai sudut kontak yang terbentuk. Asam stearat dapat menurunkan energi permukaan material baja. Hal ini disebabkan karena susunan senyawa kimia asam stearat yang memiliki dua ujung (*head and tail*). Kedua ujung rantai ini memiliki sifat yang berlawanan. Ujung pertama memiliki sifat hidrofilik, sedangkan ujung yang lain hidrofobik. Ujung hidrofobik ini yang akan menolak air sehingga air memiliki sudut kontak yang lebih tinggi. Semakin tinggi konsentrasi asam stearat, rantai senyawa kimia penyusun asam stearat semakin banyak pula sehingga sudut kontak air yang dihasilkan oleh asam stearat 30 mM lebih besar daripada 20 mM.

Perbedaan nilai sudut kontak yang terbentuk disebabkan juga oleh lamanya pengetsaan material. Larutan etsa menyebabkan permukaan baja menjadi lebih kasar. Tingkat kekasaran ini berbanding lurus dengan lama waktu pengetsaan. Kekasaran menjadi faktor yang penting dalam merekayasa sifat mampu basah material. Sesuai dengan teori pembasahan, material yang kasar memiliki pori atau celah yang membuat udara terperangkap. Akibatnya, tetesan air memiliki sudut kontak yang lebih tinggi. Berdasarkan Gambar 4.1, nilai sudut kontak

meningkat pada pengetsaan 5 menit hingga 20 menit yang memiliki sudut kontak paling optimal. Data tersebut menunjukkan kekasaran yang dihasilkan oleh pengetsaan selama 20 menit merupakan yang paling baik. Setelah 20 menit, nilai sudut kontak menurun. Hal ini menunjukkan adanya degradasi permukaan yang menyebabkan turunnya sudut kontak air.

Sesuai dengan teori superhidrofobisitas, kondisi yang menghasilkan lapisan superhidrofobik merupakan lapisan yang memiliki sudut kontak air lebih besar dari 150° , yaitu pengetsaan selama 20 menit dengan perendaman asam stearat 20 mM dan pengetsaan selama 10, 15, 20, 30, 60 menit dengan perendaman asam stearat 30 mM.

Sudut luncur air (*sliding angle*) diukur dengan menggunakan sebuah busur sudut. Air ditetaskan di atas permukaan baja lalu dimiringkan secara perlahan. Sudut luncur ditentukan saat tetesan air mulai bergerak. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, hasil *sliding angle* air ditunjukkan oleh Tabel 4.3 (untuk sampel 1) dan Tabel 4.4 (untuk sampel 2).

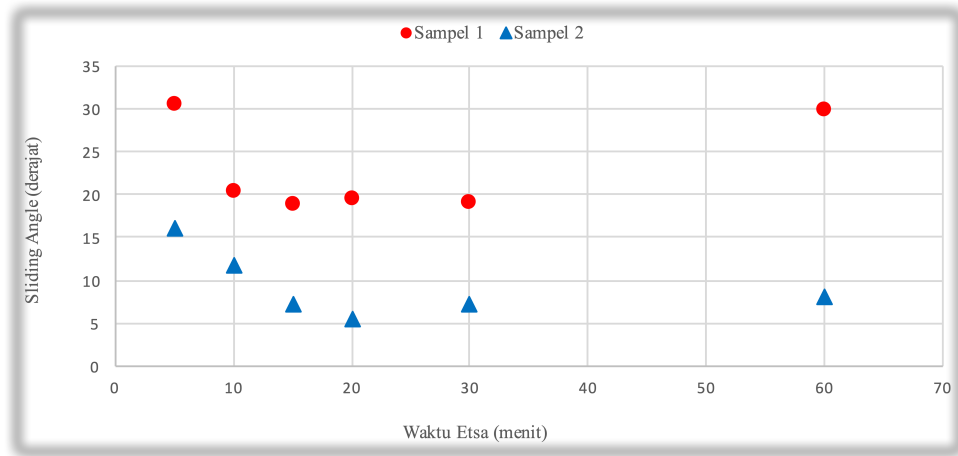
Tabel 4. 3 *Sliding angle* tetesan air pada sampel 1

Sampel 1 :Asam Stearat 20 mM (20 jam)				
Waktu Etsa (menit)	<i>Sliding Angle</i> (°)			
	I	II	III	Rata-Rata
5	29	32	30	30,3
10	20	21	20	20,3
15	19	19	18	18,7
20	21	19	18	19,3
30	20	18	19	19,0
60	30	28	31	29,7

Tabel 4. 4 *Sliding angle* tetesan air pada sampel 2

Sampel 2 : Asam Stearat 30 mM (20 jam)				
Waktu Etsa (menit)	<i>Sliding Angle</i> (°)			
	I	II	III	Rata-Rata
5	15	17	16	16,0
10	11	12	12	11,7
15	7	8	6	7,0
20	5	6	5	5,3
30	7	8	6	7,0
60	8	9	7	8,0

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Tabel 4.4, dibuat sebuah diagram yang menunjukkan perbandingan nilai sudut luncur dengan sampel 1 dan sampel 2. Diagram tersebut ditunjukkan oleh Gambar 4.2.



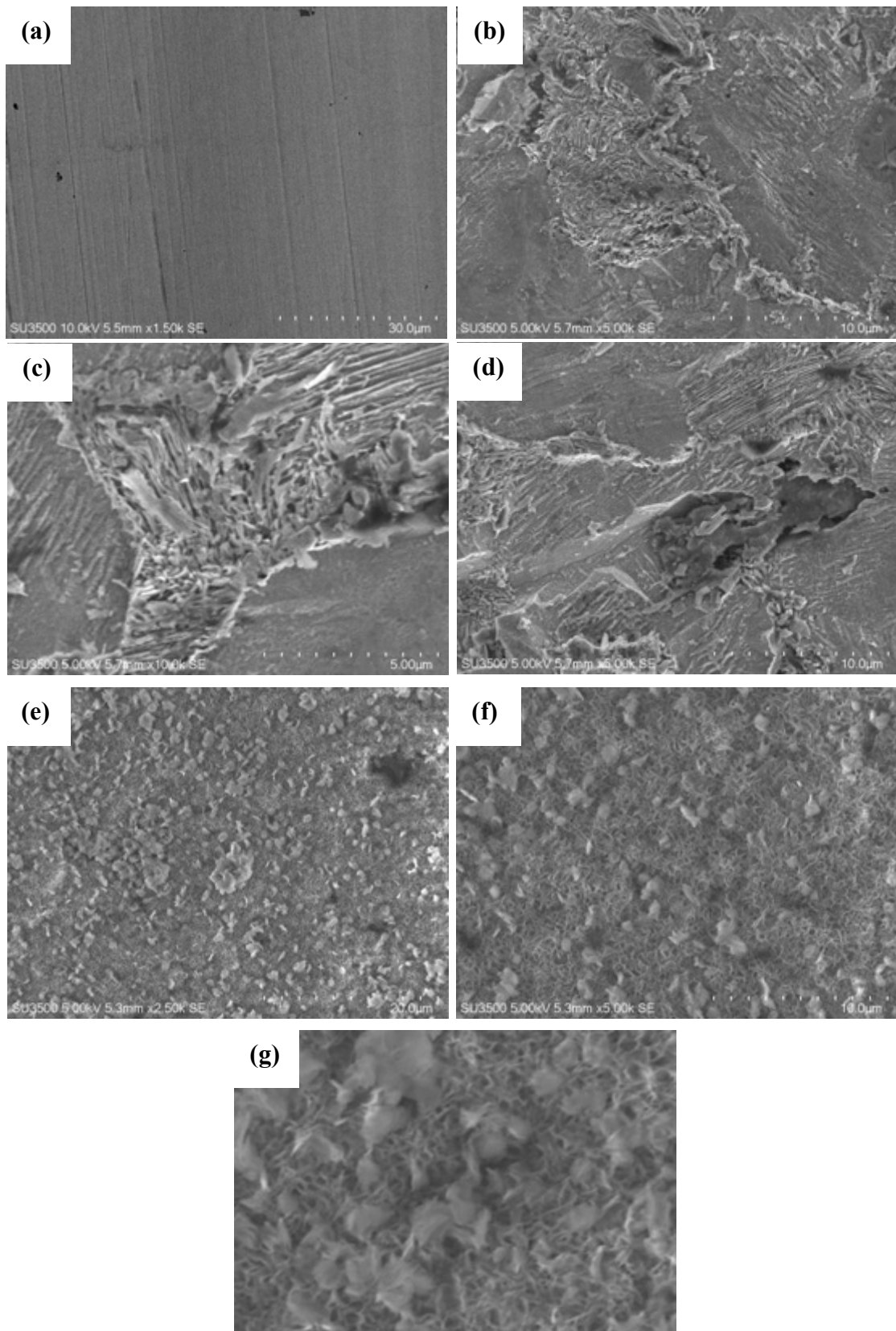
Gambar 4. 2 Perbandingan nilai *sliding angle*

Nilai *sliding angle* akan menentukan sifat pembasahan material tersebut. Bila nilai *sliding angle* lebih besar dari 10° , permukaan tersebut mengikuti teori pembasahan Wenzel, sedangkan lebih kecil dari 10° mengikuti teori pembasahan Cassie-Baxter.

Gambar 4.2 menunjukkan perbandingan nilai *sliding angle* air pada waktu pengetsaan dan konsentrasi asam stearat yang berbeda. *Sliding angle* dipengaruhi oleh gaya gesek permukaan material. Nilai *sliding angle* dengan asam stearat 30 mM relatif lebih rendah daripada asam stearat 20 mM. Hal ini menunjukkan konsentrasi asam stearat yang lebih tinggi menghasilkan permukaan dengan gaya gesek yang rendah. Akibatnya, tetesan air dapat bergerak ketika ada sedikit perubahan kemiringan.

Walaupun material baja yang dietsa selama 20 menit dan direndam di asam stearat 20 mM memiliki rata-rata sudut kontak $156,4^\circ$ dan bersifat superhidrofobik, tetesan air di permukaan tersebut terjebak atau menempel di permukaan karena memiliki *sliding angle* lebih besar dari 10° . Kondisi ini merupakan lapisan superhidrofobik dengan kualitas yang rendah. Di lain sisi, baja yang dietsa selama 15, 20, 30, dan 60 menit dengan perendaman asam stearat 30mM merupakan permukaan superhidrofobik dengan kualitas yang baik karena memiliki sudut kontak air yang lebih tinggi dari 150° serta *sliding angle* lebih rendah dari 10° .

4.2 Morfologi Permukaan Substrat



Gambar 4. 3 Gambar SEM dari (a) baja tidak dietsa, (b)(c) dan (d) baja dietsa dengan HCl 6 M, dan (e)(f) dan (g) baja dietsa dengan HCl 6 M dan dilapissi asam stearat

Seperti yang dijelaskan oleh teori Wenzel dan Cassie-Baxter, permukaan substrat material hidrofobik harus memiliki permukaan yang kasar dan celah untuk perangkap udara. Gambar 4.3 (a)-(g) menunjukkan perbandingan morfologi permukaan baja sebelum dietsa dengan HCl 6 Molar, setelah dietsa dengan HCl 6 Molar, dan substrat yang dietsa HCl 6 Molar serta dilapisi asam stearat.

Permukaan baja yang tidak dietsa (a) terlihat halus, sedangkan baja yang telah dietsa (b) (c) (d) terlihat kasar dan tidak rata. Permukaan ini memiliki bentuk seperti “bukit-bukit” akibat larutan HCl yang mengikis permukaan baja ini. Pada permukaan ini juga, dapat dilihat adanya porositas atau lubang di permukaan. Porositas inilah yang dapat menerangkap udara agar tidak keluar.

Permukaan baja yang kasar menjadi acuan utama teori Wenzel dan juga Cassie-Baxter. Baja yang dietsa dan dilapisi oleh asam stearat (e) (f) (g) memiliki permukaan yang kasar dan terdapat butiran asam stearat pada permukaannya. Butiran asam stearat ini berperan untuk menurunkan energi permukaan baja sehingga tetesan air tidak membasahi permukaan. Akibatnya, sudut kontak air pada permukaan yang telah dilapisi asam stearat menjadi lebih besar. Gambar ini menunjukkan bahwa lapisan superhidrofobik asam stearat berhasil dibuat pada permukaan baja.

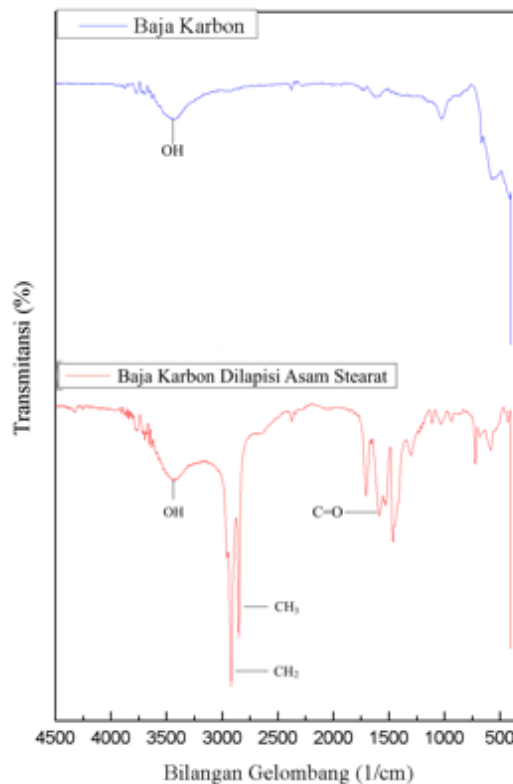
4.3 Komposisi Superhidrofobik Lapisan yang Terbentuk

Komposisi lapisan superhidrofobik dianalisa menggunakan *Fourier - Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Gambar 4.4 menunjukkan hasil uji FTIR sampel baja karbon sebelum dilapisi dan yang sudah dilapisi asam stearat.

Hasil FTIR baja karbon yang belum dilapisi asam stearat, garis warna biru, terlihat relatif datar dan tidak menghasilkan *peak* yang signifikan. Kondisi ini menunjukkan bahwa tidak adanya kandungan senyawa organik pada baja karbon yang tidak dilapisi asam stearat. Namun, terdapat *peak* pada nomor gelombang 3249,3/cm. *Peak* ini merupakan gugus fungsi OH yang berada pada permukaan baja karbon rendah. Gugus OH ini akan berikatan dengan gugus OH pada asam stearat sehingga asam stearat dapat melekat pada permukaan baja.

Bila dibandingkan dengan hasil FTIR baja yang dilapisi asam stearat, garis warna merah, dapat dilihat adanya berbagai *peak* yang terbentuk. *Peak* pada nomor gelombang 2918,3/cm menunjukkan adanya ikatan CH₂ (*stretch*), sedangkan pada nomor gelombang 2848,86/cm menunjukkan ikatan CH₃ (*stretch*). *Peak* yang lebar (*broad*) yang terbentuk pada nomor gelombang 3249,43/cm menunjukkan adanya ikatan –OH pada sampel. Bila diamati pada

frekuensi rendah, terdapat *peak* pada nomor gelombang 1705,05/cm. *Peak* ini menunjukkan adanya ikatan C=O pada sampel. Dari pengamatan tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa lapisan superhidrofobik asam stearat berhasil terbentuk pada permukaan baja yang berkontribusi untuk menurunkan energi permukaan baja tersebut.



Gambar 4. 4 Hasil FTIR baja sebelum dilapisi dan yang sudah dilapisi Asam Setarat

4.4 Sifat Korosi Lapisan Permukaan

Untuk menganalisa sifat korosi dari sampel, dilakukan pengujian korosi dengan metode polarisasi menggunakan alat *potentiodynamic polarization* pada baja karbon yang tidak dilapisi asam stearat dan baja karbon yang dilapisi asam stearat. Larutan elektrolit yang digunakan pada pengujian ini adalah larutan NaCl 3,5 wt%. Hasil pengujian korosi dibuat menjadi diagram tafel dan ditunjukkan oleh Gambar 4.5.

Diagram tersebut memiliki dua grafik, warna biru dan merah. Grafik warna biru menunjukkan hasil polarisasi baja karbon yang tidak dilapisi asam stearat, sedangkan grafik

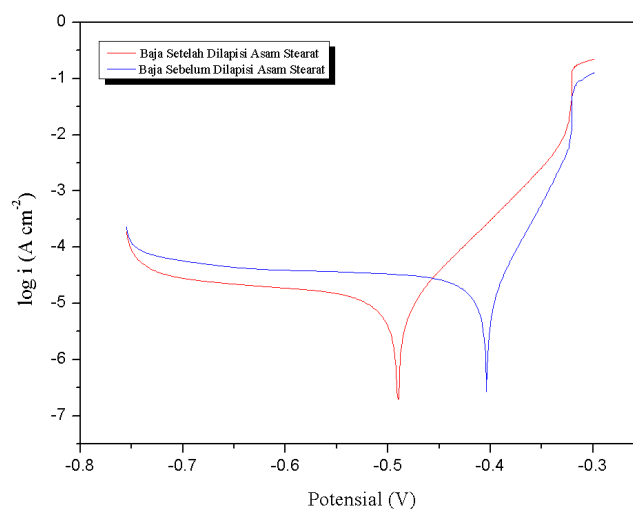
merah baja yang dilapisi asam stearat. Jika dua grafik tersebut dibandingkan, terlihat adanya pergeseran nilai potensial dan rapat arus kedua material tersebut.

Dilihat dari Tabel 4.5, nilai E_{corr} material baja karbon tanpa perlakuan bernilai -449,656 mV lebih besar dari pada E_{corr} baja karbon yang dilapisi, -490,592 mV. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan pasivasi baja karbon tanpa perlakuan lebih kuat daripada lapisan pasivasi baja karbon dengan lapisan asam stearat. Namun demikian, nilai I_{corr} baja karbon tanpa perlakuan lebih kecil daripada baja karbon yang dilapisi asam stearat, yaitu $19,747 \mu\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$ berbanding $10,341 \mu\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$. Nilai I_{corr} yang lebih rendah menunjukkan baja karbon rendah yang dilapisi asam stearat memiliki ketahanan korosi yang lebih baik daripada baja karbon yang tidak dilapisi.

Dengan menggunakan persamaan (2.7), nilai laju korosi dapat dihitung menggunakan nilai I_{corr} yang didapatkan dari diagram Tafel. Setelah melakukan perhitungan, nilai laju korosi (v_{corr}) baja karbon yang dilapisi asam stearat bernilai 2,39 mpy lebih rendah daripada baja karbon tanpa perlakuan sebesar 4,57 mpy.

Tabel 4. 5 Perbandingan nilai E_{corr} , I_{corr} , dan laju korosi ampel

Sampel	E_{corr} (mV)	I_{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	v_{corr} (mpy)
Baja karbon tanpa perlakuan	-449,656	19,747	4,57
Baja karbon dilapisi asam stearat	-490,592	10,341	2,39



Gambar 4. 5 Diagram hasil uji polarisasi sampel baja karbon yang tidak dilapisi Asam Stearat dan baja karbon dilapisi Asam Stearat

Dengan melakukan perhitungan penurunan laju korosi berikut.

$$\begin{aligned}\text{Penurunan laju korosi} &= \frac{\text{Laju korosi awal} - \text{laju korosi akhir}}{\text{laju korosi awal}} \times 100 \% = \\ &= \frac{4,57 \text{ mpy} - 2,39 \text{ mpy}}{4,57 \text{ mpy}} \times 100 \% = 47,8 \%\end{aligned}$$

didapatkan nilai penurunan laju korosi setelah pelapisan asam stearat sebesar 47,8%. Dari hasil perhitungan laju korosi ini, dapat diambil kesimpulan bahwa pelapisan asam stearat pada baja karbon rendah dapat menurunkan laju korosi baja.

Lapisan asam stearat pada permukaan baja karbon rendah ini berperan dalam mengurangi laju korosi dengan cara melindungi permukaan baja dari kontak langsung dengan air dan lingkungan. Penurunan nilai E_{corr} akibat pelapisan ini menunjukkan bahwa perlindungan dengan asam stearat tidak membentuk lapisan pasivasi yang baik. Lapisan ini juga tidak bekerja secara efektif ketika sudah rusak. Oleh karena itu, berdasarkan kondisi tersebut, lapisan asam stearat pada permukaan baja karbon dapat digolongkan menjadi jenis *barrier coating*.

Bab 5

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah.

1. Lapisan superhidrofobik asam stearat pada baja karbon rendah ST37 berhasil dibuat dengan sudut kontak maksimum $163,6^{\circ}$.
2. Semakin lama pengetsan HCl, sudut kontak akan semakin meningkat. Namun, mulai waktu tertentu, yaitu 30 menit, sudut kontak mulai menurun.
3. Lapisan superhidrofobik asam stearat dapat menurunkan laju korosi baja karbon rendah sebesar 47,8%.

5.2 Saran

Untuk melanjutkan penelitian ini dengan kualitas yang lebih baik, saran yang penulis ajukan adalah.



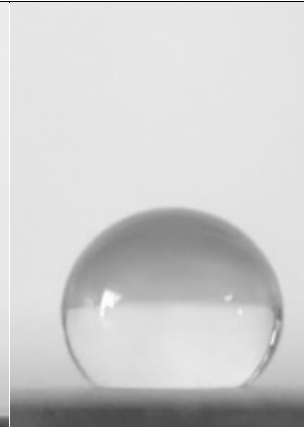
1. Gunakan senyawa kimia lain selain asam stearat sebagai pembanding.
2. Gunakan konsentrasi asam stearat yang lebih tinggi sebagai pembanding.
3. Lakukan pengujian lain seperti uji *durability*, sinar UV, dan uji abrasi untuk mengetahui kekuatan lapisan.



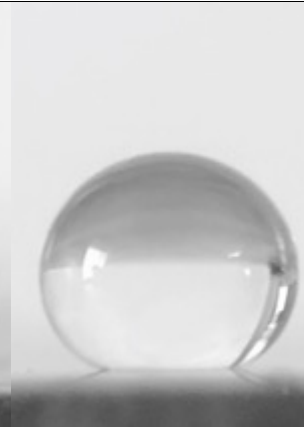
DAFTAR PUSTAKA

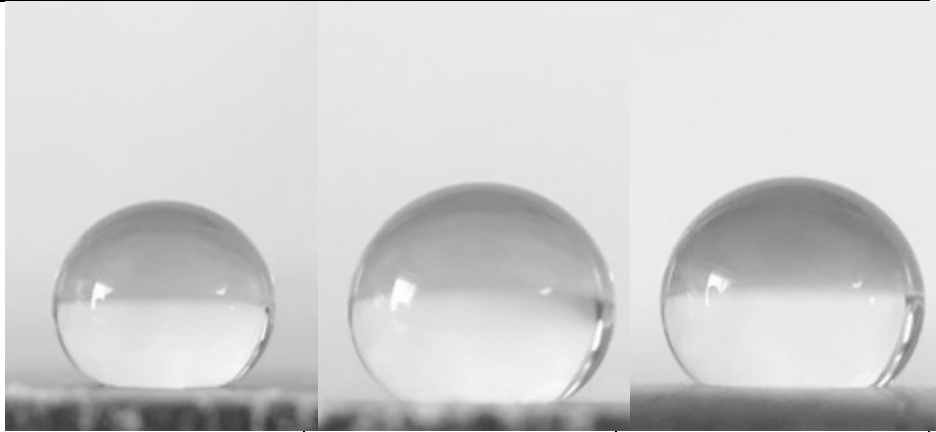
- [1]. Fihri, Azis, *Recent progress in superhydrophobic coatings used for steel protection: A review*, Elsevier (2017).
- [2]. Vazirinasab, *Application of superhydrophobic coatings as a corrosion barrier: A review*, Elsevier (2017).
- [3]. Callister, *Materials Science and Engineering 8th Edition*, John Wiley & Sons (2010).
- [4]. Ahmad Zaki, *Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control 1st Edition*, Elsevier (2006).
- [5]. www.jeol.co.jp diakses pada tanggal 20 Juli 2019.
- [6]. https://en.wikipedia.org/wiki/Stearic_acid diakses pada tanggal 20 Juli 2019.
- [7]. <http://www.surfacetechology.co.uk/blog-18-the-three-types-of-anti-corrosion-coatings-explained/> diakses pada tanggal 21 Agustus 2019.
- [8]. <https://www.corrosionpedia.com/definition/1411/barrier-coating> diakses pada tanggal 20 Agustus 2019.
- [9]. <https://calce.umd.edu/fourier-transform-infrared-spectroscopy> diakses pada tanggal 20 Juli 2019.
- [10]. Fang Cao, *Formation of a hydrophobic and corrosion resistant coating on manganese surface via stearic acid and oleic acid diethanolamide*, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Physics 55 (2018):372-380.
- [11]. A.C, Uzorh, *Corrosion Properties of Plain Carbon Steels*, The International Journal of Engineering 2.11 (2013): 18-24.
- [12]. Dwivedi, Deepak, *Carbon Steel Corrosion: a review of key surface properties and characterization methods*, RSC Advances (2017).
- [13]. Jain, R, *Fabrication and characterization of zinc based superhydrophobic coatings*, Surface and Coatings Technology (2018).
- [14]. Dey, Sunjuta, *Development of superhydrophobic corrosion resistance coating on mild steel by electrophoretic deposition*, Surface and Coatings Technology (2017).
- [15]. Osarolube, *Corrosion behaviour of mild and high carbon steels in various acidic media*, Scientific Research and Essay 3 (2008): 224-228.

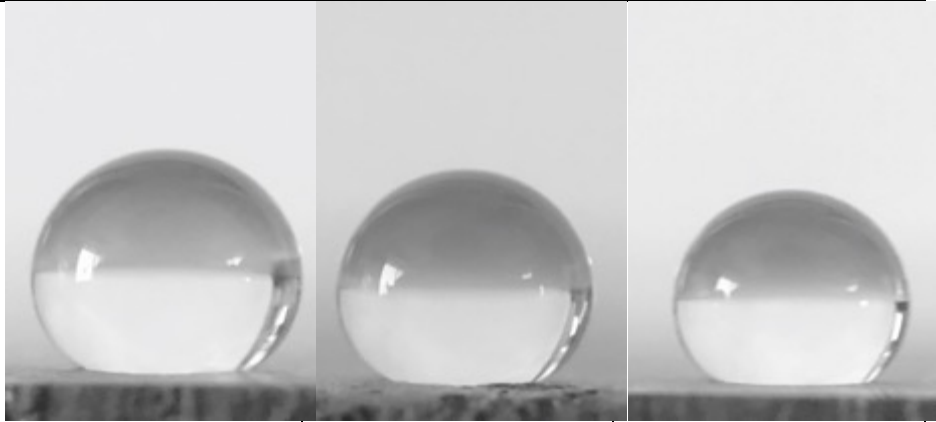
- [16]. Tlemcani, Taoufik Slimani, *Deposition Time and Annealing Effects of ZnO Seed Layer on Enhancing Vertical Alignment of Piezoelectric ZnO Nanowires*, Chemosensors (2019).
- [17]. E. Pourshaban, *ZnO Nanorods Array Synthesized by Chemical Bath Deposition: Effect of Seed Layer Sol Concentration*, 5th International Biennial Conference on Ultrafine Grained and Nanostructured Materials, *UFGNSM15* (2015).
- [18]. Li, Lester, *Creation of Superhydrophobic Stainless Steel Surfaces by Acid Treatments and Hydrophobic Film Deposition*, Applied Materials and Interfaces (2012).
- [19]. Feng, Zhang Hai, *Fabrication of Super-hydrophobic Surface on Stainless Steel using Chemical Etching Method*, Key Engineering Materials 562-565 (2013): 33-38.
- [20]. Kim, Jae Hun, *Facile fabrication of superhydrophobic surfaces from austenitic stainless steel (AISI 304) by chemical etching*, Applied Surface Science (2017).
- [21]. Wang, Liping, *Superhydrophobic Surface Fabricated on Carbon Steel Substrate by Zinc Electrodeposition for Prevention of Corrosion*, Web of Confrences (2018).
- [22]. Natarajan, *Polarization Techniques – Corrosion Rate Determination*, Natarajan. Advances in Corrosion Engineering. Bangalore: NPTEL Web Course, n.d.
- [23]. Floyd, F. Louis, *Using DC electrochemical techniques to assess the relative corrosiveness of water-based coatings and their ingredients*, Coating Technology (2017).

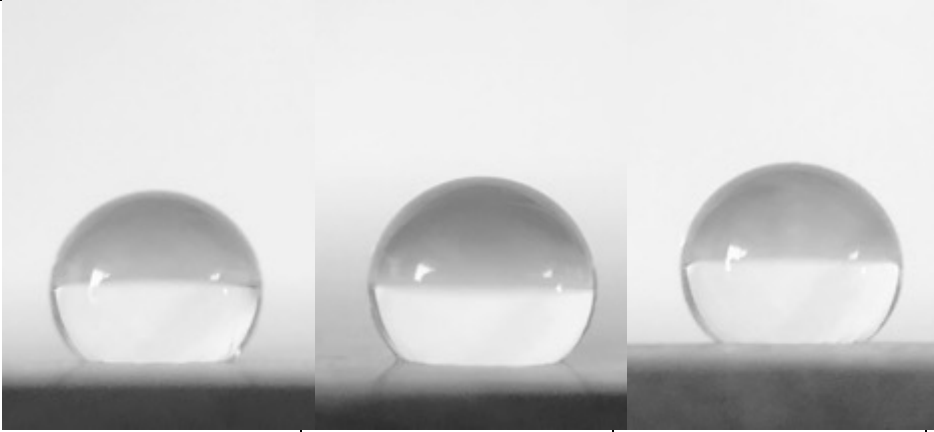
LAMPIRAN A – GAMBAR SUDUT KONTAK AIR

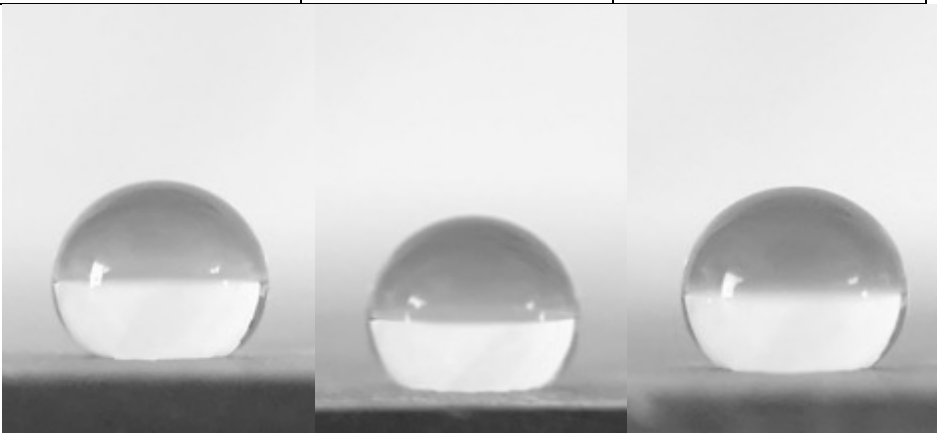
Asam Stearat 20mM	Etsa HCl 5 menit		
Titik	i	ii	iii
Gambar			
Sudut Kontak	139,40	140,7	145

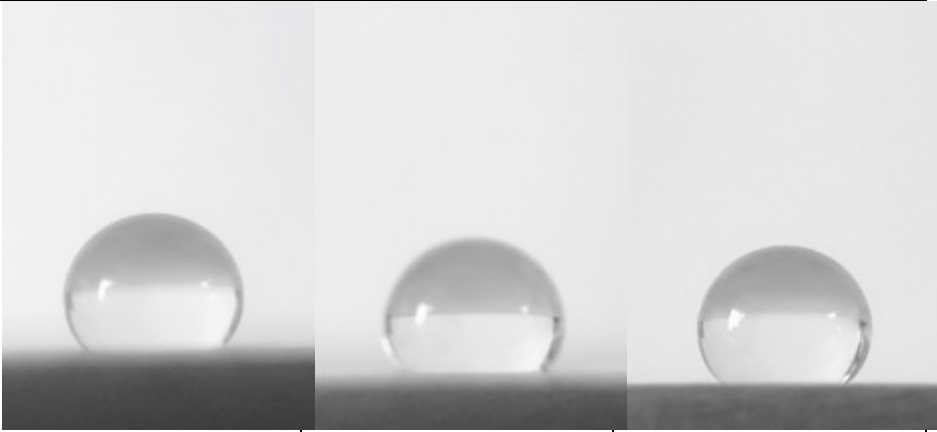
Asam Stearat 20mM	Etsa HCl 10 menit		
Titik	i	ii	iii
Gambar			
Sudut Kontak	144,5	147,3	149

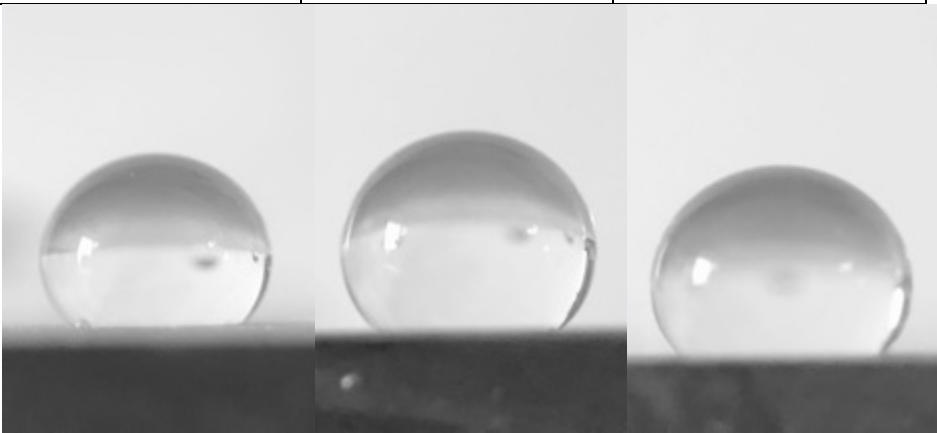
Asam Stearat 20mM	Etsa HCl 15 menit		
Titik	i	ii	iii
Gambar			
Sudut Kontak	153	154,43	145,4

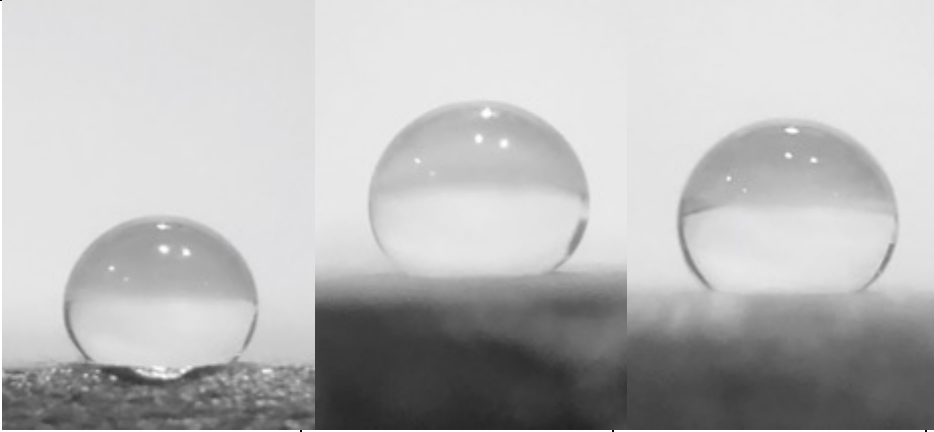
Asam Stearat 20mM	Etsa HCl 20 menit		
Titik	i	ii	iii
Gambar			
Sudut Kontak	159,36	162,6	147,15

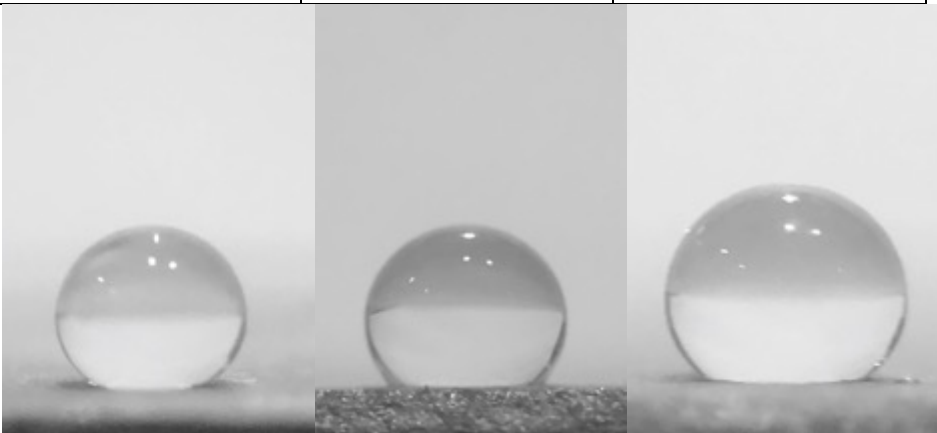
Asam Stearat 20mM	Etsa HCl 30 menit		
Titik	i	ii	iii
Gambar			
Sudut Kontak	139,76	143	143,4

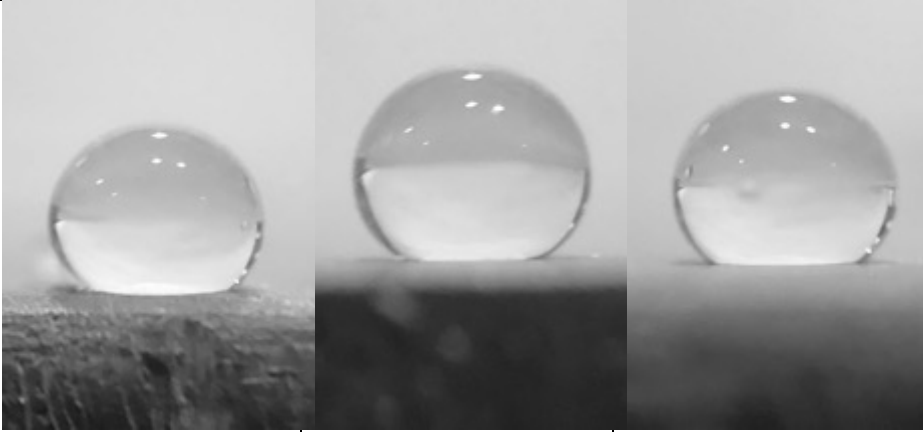
Asam Stearat 20mM	Etsa HCl 60 menit		
Titik	i	ii	iii
Gambar			
Sudut Kontak	142,4	139,76	139,44

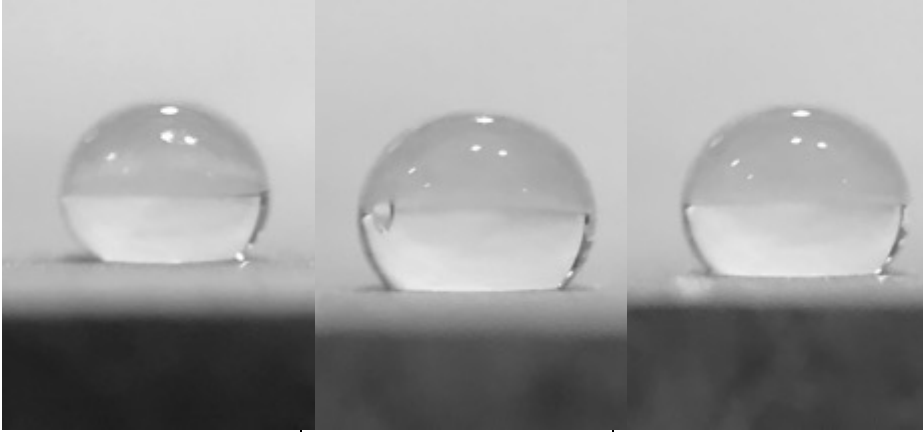
Asam Stearat 30mM	Etsa HCl 5 menit		
Titik	i	ii	iii
Gambar			
Sudut Kontak	140,5	145,57	147,2

Asam Stearat 30mM	Etsa HCl 10 menit		
Titik	i	ii	iii
Gambar			
Sudut Kontak	147,2	147,38	150,3

Asam Stearat 30mM	Etsa HCl 15 menit		
Titik	i	ii	iii
Gambar			
Sudut Kontak	153,1	155,64	153,9

Asam Stearat 30mM	Etsa HCl 20 menit		
Titik	i	ii	iii
Gambar			
Sudut Kontak	163	163,82	164,1

Asam Stearat 30mM	Etsa HCl 30 menit		
Titik	i	ii	iii
Gambar			
Sudut Kontak	149,83	153,36	152,12

Asam Stearat 30mM	Etsa HCl 60 menit		
Titik	i	ii	iii
Gambar			
Sudut Kontak	143,38	145,9	143,68

LAMPIRAN B – HASIL *OPTICAL EMISSION SPECTROSCOPY (OES)*



POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG
LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL
JURUSAN TEKNIK PENGECORAN LOGAM

JALAN KANAYAKAN 21, DASO - BANDUNG 40132, TELEPON (022) 2590241, FAKSIMIL (022) 2592649
Homepage : <http://www.polman-bandung.ac.id> ; e-mail : sekretariat@polman-bandung.ac.id



LAPORAN PENGUJIAN

Test Report

<u>JENIS PENGUJIAN</u> <i>Types of Testing</i>	: <u>Spektrometer Emisi Optik</u> <i>Optical Emission Spectrometer</i>
<u>NO. LAPORAN</u> <i>Report No.</i>	: 124/Sp. Lab. Mat./Ext. Polman/III/2019
<u>NO. PESANAN</u> <i>Order No.</i>	: UF-190124
<u>KODE SAMPEL</u> <i>Sample Code</i>	: <u>Terlampir</u> <i>Attached</i>
<u>DIBUAT UNTUK</u> <i>Executed On</i>	: <u>ALFADO DHUSI</u> <i>MHS. ITB</i>
<u>DITERIMA TANGGAL</u> <i>Received On</i>	: 13 Maret 2019
<u>DIUJI TANGGAL</u> <i>Tested On</i>	: 13 Maret 2019
<u>MESIN UJI</u> <i>Testing Machine</i>	: ARL 3460 Optical Emission Spectrometer
<u>SUHU RUANG</u> <i>Room Temperature</i>	: 23°C
<u>KELEMBABAN</u> <i>Humidity</i>	: 48%
<u>STANDAR ACUAN</u> <i>Test Standard</i>	: Manual Book ARL 3460
<u>HASIL PENGUJIAN</u> <i>Test Result</i>	: <u>Terlampir</u> <i>Attached</i>
<u>DITERBITKAN TANGGAL</u> <i>Published On</i>	: 14 Maret 2019



P. Osi Siswanto, ST., MT.

NIP. 197706052003121003

Keterangan :

Pengujian yang dilaporkan telah dilaksanakan sesuai dengan persyaratan registrasi.

Hasil pengujian tidak untuk diumumkan, dan hanya berlaku untuk contoh yang bersangkutan.

Laporan ini tidak boleh diperbanyak kecuali secara keseluruhan

1 dari 3



POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG
LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL
JURUSAN TEKNIK PENGECORAN LOGAM

JALAN KAHAYAKAN 21, DAGO - BANDUNG 40135, TELEPON (022) 2500241, FAKSIMILE (022) 2502649
Homepage : <http://www.polman-bandung.ac.id> ; e-mail : sekretariat@polman-bandung.ac.id

FR 8-5.10-3-38 ed A rev 2



HASIL PENGUJIAN

No. Lab. : 124/Sp. Lab. Mat./Ext. Polman/III/2019
No. Order : UF-190124

Diterima Tanggal : 13 Maret 2019
Diuji Tanggal : 13 Maret 2019

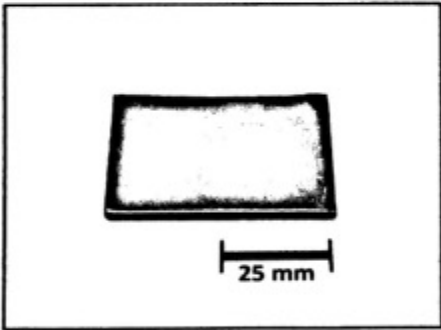
Kode Sample : ST37

Suhu Ruang : 23°C
Kelembaban : 48%

Method : FELAST

Jenis Pengujian : OES
Mesin Uji : ARL 3460

Hasil Pengujian :

SPEKTROMETER EMISI OPTIK			
Foto benda Uji : 	No	Unsur / Element	Nilai (%)
	1	Carbon (C)	0,138
	2	Silicon (Si)	0,374
	3	Sulfur (S)	0,010
	4	Phosphorus (P)	0,028
	5	Manganese (Mn)	0,784
	6	Nickel (Ni)	0,02
	7	Chromium (Cr)	0,08
	8	Molybdenum (Mo)	0,005



14 Maret 2019

Ka. Lab. Material Teknik Pengecoran Logam,

Agus Siantoro, ST., MT.

NIP. 197706052003121003

Keterangan :

- Hasil Pengujian hanya berlaku untuk contoh sample yang bersangkutan



POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG
LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL
JURUSAN TEKNIK PENGECORAN LOGAM

JALAN KANAYAKAN 21, DAGO - BANDUNG 40135, TELEPON (022) 2500241, FAKSIMILE (022) 2502649
Homepage : <http://www.polman-bandung.ac.id> ; e-mail : sekretariat@polman-bandung.ac.id

FR 8-5.10-3-38 ed A rev 2

HASIL PENGUJIAN

No. Order : UF-190124

Kode Sample : ST37

Method : FELAST

Jenis Pengujian : OES
Mesin Uji : ARL 3460

Hasil Pengujian :

SPEKTROMETER EMISI OPTIK		
No	Unsur / Element	Nilai (%)
9	Vanadium (V)	0,002
10	Copper (Cu)	0,043
11	Wolfram/Tungsen (W)	0,005
12	Titanium (Ti)	0,002
13	Tin (Sn)	0,004
14	Aluminium (Al)	0,001
15	Plumbum/Lead (Pb)	0,001
16	Antimony (Sb)	0,003
17	Niobium (Nb)	0,000
18	Zirconium (Zr)	0,000
19	Zinc (Zn)	0,061
20	Ferro/Iron (Fe)	98,435



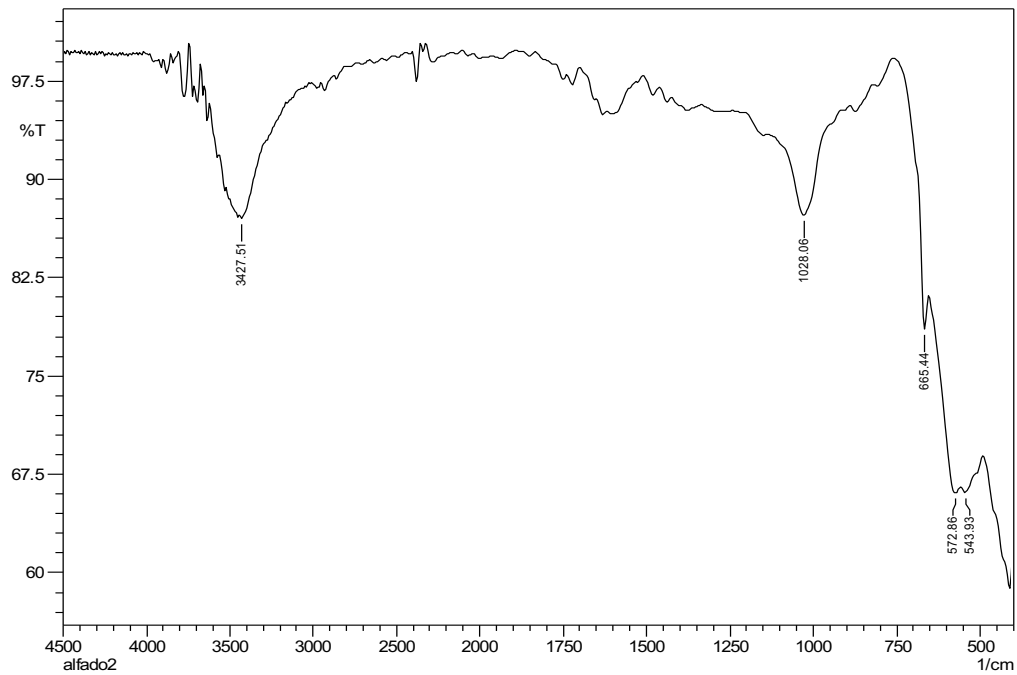
Bandung, 14 Maret 2019
Kepala Laboratorium Teknik Pengecoran Logam,
P. S. Sawanto, ST., MT.
NIP. 197706052003121003

Keterangan :

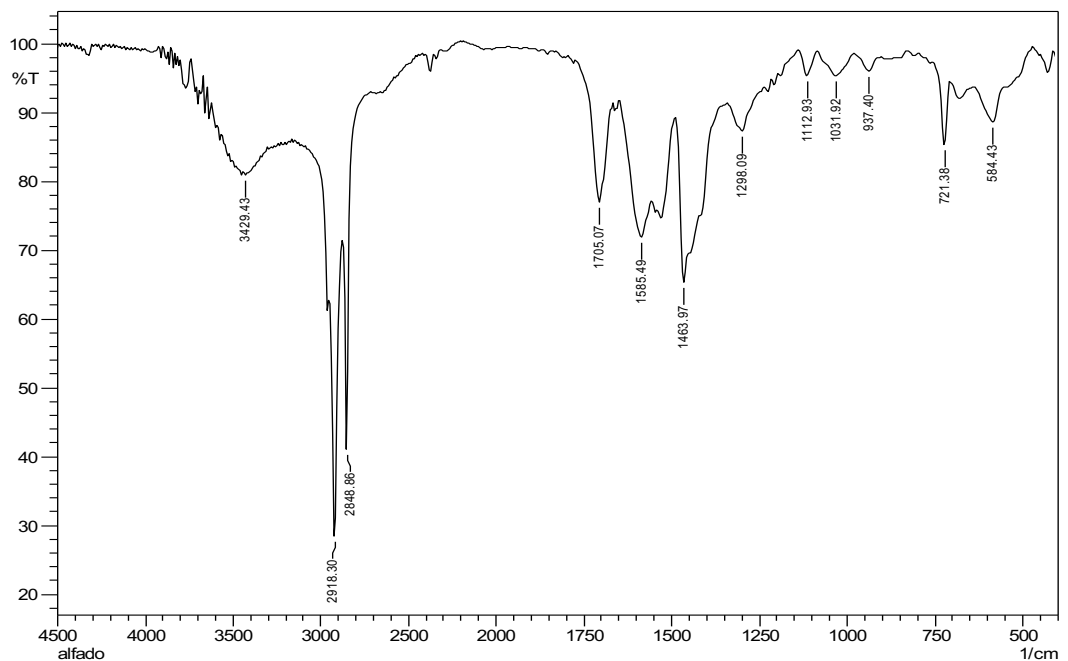
.....

LAMPIRAN C – HASIL *FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY* (FTIR)

- Sampel baja karbon ST 37 tanpa perlakuan

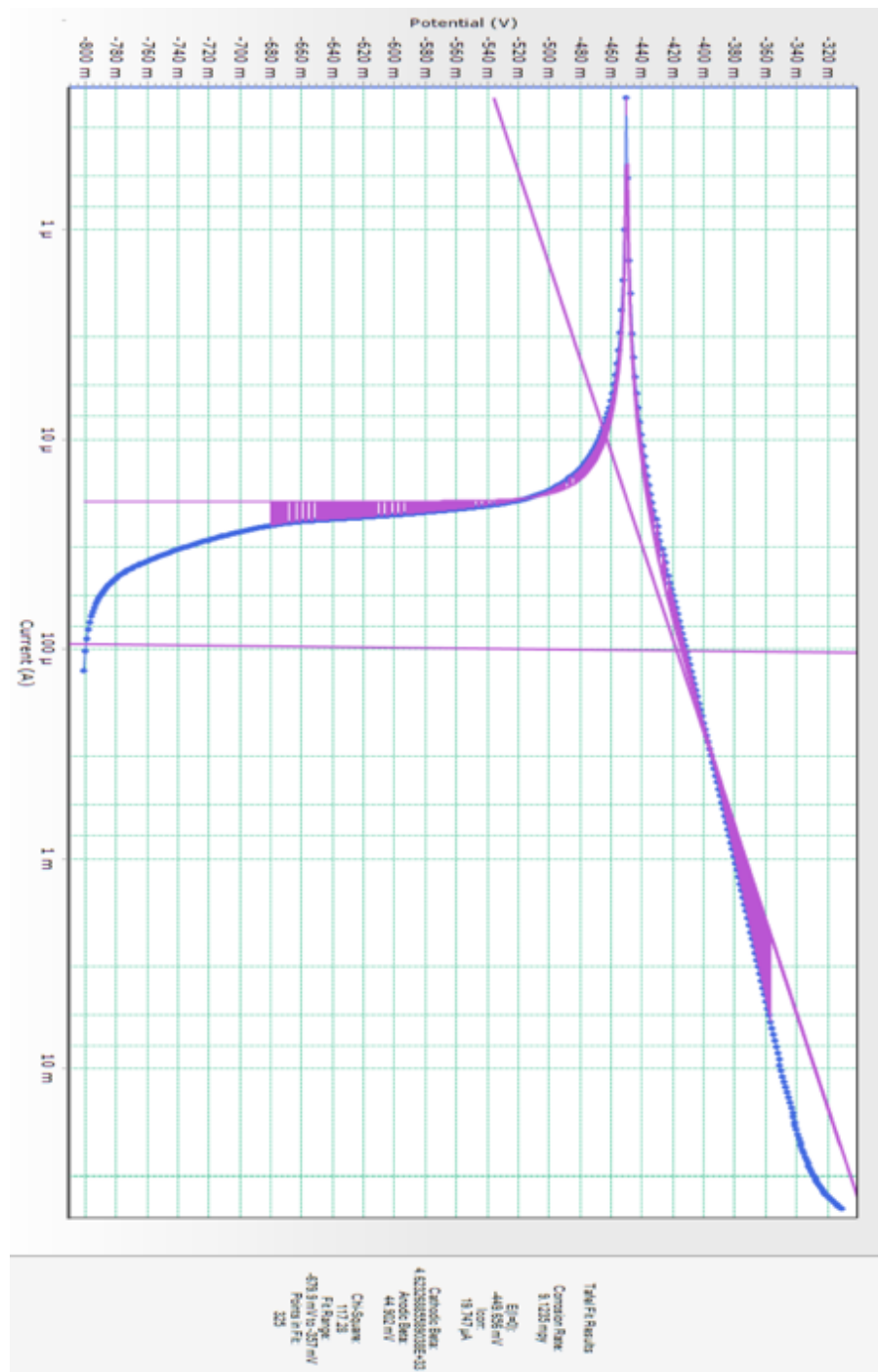


- Sampel baja karbon ST 37 dilapisi asam stearat 30 mM



LAMPIRAN D – HASIL UJI POLARISASI TAFEL

- Sampel baja karbon rendah ST 37 tanpa perlakuan



- Sampel baja karbon rendah ST37 dilapisi asam stearat 30 mM

