

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI EKSTRAK DAUN ALPUKAT
(*Persea americana M.*) SEBAGAI INHIBITOR PADA BAJA TAHAN
KARAT SS-304 DALAM MEDIUM KOROSIF HCl 1M**

(Skripsi)

Oleh

Windy Mustika Sari



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2019**

ABSTRACT

THE EFFECT OF VARIATION CONCENTRATION TO AVOCADO LEAVES (*Persea americana M.*) AS INHIBITOR SS-304 STAINLESS STEEL IN HCL 1M CORROSIVE MEDIUM

By

WINDY MUSTIKA SARI

Avocado leaves extract (Persea americana M.) is used as an inhibitor to the sample of SS-304 Stainless steel which cures in HCl 1M Corrosive Medium for 168 hours, the inhibitor concentration variation added 0%, 2%, 4%, 6%, 8% and 10% respectively. The rate sample is measured by using lose-weight method. The results show the lowest samples is 0,37 mm/y of 6% and the highest 10,75 mm/y of 0%. Inhibitor efficiency to the sample SS-304 Stainless steel portrays the effectively progress to 96,55% with 6% concentration. X-Ray Diffaraction Results acquired BCC and FCC with Fe- γ dan Fe- α phase along with SEM that forms agglomeration, cracked, and hole which result on its corrosion. In addition EDS contains Oxygen (O) and Chlorine (Cl) Element which indicate that stainless still has affected by corrotion. The result of characterized and measured show that avocadoleaves effectively as an inhibitor to the samples SS-304 stainless steel in HCl 1M corrosive medium.

Keywords: SS-304 Stainless steel, avocado leaves exctract, inhibitor, XRD, SEM-EDS.

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI KONSENTRASI EKSTRAK DAUN ALPUKAT (*Persea americana M.*) SEBAGAI INHIBITOR PADA BAJA TAHAN KARAT SS-304 DALAM MEDIUM KOROSIF HCl 1M

Oleh

WINDY MUSTIKA SARI

Ekstrak daun alpukat (*Persea americana M.*) digunakan sebagai inhibitor pada sampel baja SS-304. Perendaman sampel baja dilakukan dalam medium korosif HCl 1M selama 168 jam dengan variasi konsentrasi inhibitor 0%, 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%. Laju korosi dihitung dengan menggunakan metode kehilangan massa. Diperoleh hasil perhitungan laju korosi terendah pada sampel baja SS-304 dengan konsentrasi inhibitor 6% sebesar 0,37 mm/y dan laju korosi tertinggi pada sampel baja SS-304 dengan konsentrasi inhibitor 0% sebesar 10,75 mm/y. Efisiensi inhibitor paling optimum pada sampel baja SS-304 dengan konsentrasi inhibitor 6% sebesar 96,55%. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa struktur kristal yang terbentuk merupakan BCC dan FCC dengan fasa Fe- α dan Fe- γ . Karakterisasi SEM menunjukkan struktur permukaan sampel baja retakan serta lubang yang merupakan produk korosi. Karakterisasi EDS pada sampel baja terdapat unsur Oksigen (O) dan Clorin (Cl) yang mengindikasikan bahwa sampel baja telah terkorosi. Hasil karakterisasi dan perhitungan laju korosi menunjukkan bahwa ekstrak daun alpukat efektif sebagai inhibitor pada baja SS-304 dalam medium korosif HCl 1M.

Kata kunci: Baja SS-304, ekstrak daun alpukat, inhibitor, XRD, SEM-EDS.

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI EKSTRAK DAUN ALPUKAT
(*Persea americana M.*) SEBAGAI INHIBITOR PADA BAJA TAHAN
KARAT SS-304 DALAM MEDIUM KOROSIF HCl 1M**

Oleh

WINDY MUSTIKA SARI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **PENGARUH VARIASI KONSENTRASI
EKSTRAK DAUN ALPUKAT (*Persea
americana* M.) SEBAGAI INHIBITOR
PADA BAJA TAHAN KARAT SS-304
DALAM MEDIUM KOROSIF HCI 1M**

Nama Mahasiswa : **Windy Mustika Sari**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1317041049

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Syafriadi S.C.', is written over the text.

Drs. Syafriadi, S.Si., M.Si.
NIP. 19610821 199203 1 002

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ediman Ginting Suka', is written over the text.

Drs. Ediman Ginting Suka, S.Si., M.Si.
NIP. 19570825 198603 1 002

2. Ketua Jurusan Fisika

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Arif Surtano', is written over the text.


Arif Surtano, M.Si., M.Eng.
NIP 19710909 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

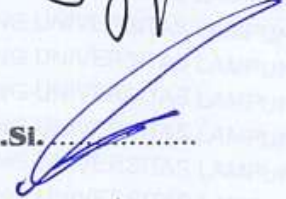
Ketua

: **Drs. Syafriadi, S.Si., M.Si.**




Sekretaris

: **Drs. Ediman Ginting Suka, S.Si., M.Si.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Suprihatin, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Drs. Saratman, M.Sc.
NIP. 19640604 199003 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **17 Mei 2019**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebut dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi itu dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.



Bandar Lampung, Juli 2019

Windy Mustika Sari
Windy Mustika Sari
NPM. 1317041049

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Desa Rajabasa Lama, Kecamatan Labuhan Ratu, Lampung Timur pada tanggal 23 Juni 1995. Penulis merupakan anak ke dua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Mukhlas dan Ibu Sri Hartati. Penulis memulai pendidikan di TK Harapan Ibu Bandar Lampung

pada tahun 2001, SD Al-Kautsar tahun 2007, SMPN 5 Bandar Lampung pada tahun 2010, dan SMA Al-Azhar 3 Bandar Lampung pada tahun 2013.

Selanjutnya pada tahun 2013 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam melalui jalur SNMPTN. Penulis aktif di kegiatan kampus yaitu Himpunan Mahasiswa Fisika sebagai Anggota Bidang Sosial Masyarakat (SOSMAS) dari tahun 2014-2015. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Fisika Dasar, dan Sains Dasar. Penulis melakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Penelitian Metalurgi dan Material (P2MM-LIPI) Serpong, Tangerang Selatan dengan judul “Pengukuran Laju Korosi Baja API 5L dalam Media NaCl 3,5% dengan dan tanpa Inhibitor Daun Talas”. Kemudian penulis melakukan penelitian “Pengaruh Variasi Konsentrasi Ekstrak Daun Alpukat (*Persea americana* M.) sebagai Inhibitor pada Baja Tahan Karat SS-304 dalam Medium Korosif HCl 1M” sebagai tugas akhir di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNILA.

MOTTO

“Kesuksesan bukan seberapa banyak uang yang kamu hasilkan, tapi seberapa besar kamu bisa membawa perubahan untuk hidup orang lain”

(Michelle Obama)

“Saat kita memperbaiki hubungan dengan Allah, niscaya Allah akan memperbaiki segala sesuatunya untuk kita”

(Dr. Bilal Philips)

“Saat kamu berhasil, kamu mendapatkan sesuatu, saat kamu gagal, kamu belajar sesuatu. Kamu butuh keduanya”

(Dr. Bilal Philips)

PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur kepada Allah SWT, saya persembahkan karya kecil ini kepada

BAPAK MUKHLAS

dan

IBU SRI HARTATI

**YANG SELALU MENDO'AKANKU, MENYEMANGATIKU, DAN
SEBAGAI MOTIVATOR DALAM HIDUPKU**

**KAKAK-ADIKKU SERTA KELUARGA BESAR YANG MENJADI
PENYEMANGATKU**

Teman Seperjuanganku dan sahabat Fisika FMIPA UNILA Angkatan 2013

Almamater Tercinta.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI EKSTRAK DAUN ALPUKAT (*Persea americana M.*) SEBAGAI INHIBITOR PADA BAJA TAHAN KARAT SS-304 DALAM MEDIUM KOROSIF HCl 1M**”. Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar S1 dan melatih mahasiswa untuk berpikir cerdas dan kreatif dalam menulis karya ilmiah.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna perbaikan pada masa mendatang. Dalam penulisan skripsi ini juga penulis mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam pengambilan data dan penyelesaian skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Bandar Lampung, Juli 2019

Penulis,

Windy Mustika Sari

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas kuasa-Nya penulis masih diberikan kesempatan untuk mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian penelitian dan skripsi ini, terutama kepada:

1. Bapak Drs. Syafriadi, M.Si., sebagai Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan yang mendukung dari awal sampai akhir penulisan.
2. Bapak Drs. Ediman Ginting Suka, M.Si., sebagai Pembimbing II yang senantiasa sabar dalam mengoreksi skripsi dan memberikan masukan-masukan serta nasehat untuk menyelesaikan skripsi ini dari awal sampai akhir penulisan.
3. Ibu Suprihatin, M.Si., sebagai Penguji yang telah mengoreksi kekurangan, memberi kritik dan saran selama penulisan skripsi.
4. Kedua orangtuaku bapak Mukhlas dan ibu Sri Hartati yang luar biasa selalu menyemangatiku serta kakak dan adikku. Terimakasih untuk senantiasa memberikan dukungan, do'a dan semangat yang luar biasa, serta kebersamaan sampai penulis menyelesaikan skripsi.
5. Bapak Prof. Dr. Warsito, D.E.A., sebagai Pembimbing Akademik, yang telah memberikan bimbingan serta nasehat dari awal perkuliahan sampai menyelesaikan tugas akhir.

6. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng., selaku Ketua Jurusan dan para dosen serta karyawan di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
7. Bapak Gurum Ahmad Fauzi, S.Si., M.T., selaku Sekretaris Jurusan dan para dosen serta karyawan di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
8. Sahabat terbaikku, Neta Oktavia, Risca Adriana, Reza Andika dan Herullah. Terimakasih atas bantuan, dukungan serta keceriaan yang telah diberikan kepada penulis selama menyelesaikan penelitian ini.
9. Teman–teman fisika angkatan 2013 yang selama ini memberikan semangat.
10. Kakak-kakak tingkat serta adik-adik tingkat dan semua teman-teman.

Semoga Allah SWT memberikan nikmat sehat kepada kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, Juli 2019

Penulis

Windy Mustika Sari

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xviii

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Batasan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	5

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Baja	6
a. Pengertian Baja	6
b. Klasifikasi Baja.....	7

B. Baja Tahan Karat (<i>Stainless Steel</i>)	9
C. Baja Tahan Karat SS-304	11
D. Korosi	12
a. Pengertian Korosi	12
b. Faktor-faktor yang mempengaruhi korosi	14
c. Jenis-jenis korosi	15
d. Laju Korosi	20
E. Pengaruh Ion Klorida terhadap Korosi pada Baja	22
F. Pengendalian Korosi dengan Inhibitor	22
a. Inhibitor organik.....	23
b. Inhibitor anorganik.....	23
G. Daun Alpukat (<i>Persea americana M.</i>) sebagai Inhibitor Korosi	
a. Gambaran umum tanaman alpukat.....	24
b. Kandungan kimia daun alpukat	25
c. Tanin	25
d. Ekstraksi.....	26
H. Karakterisasi	
a. OES (<i>Optical Emission Spectroscopy</i>)	27
b. XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	28
c. SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	32

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	35
B. Alat dan Bahan	35
C. Prosedur Penelitian.....	36
a. Preparasi sampel baja SS-304	36
b. Pembuatan medium korosif dan larutan inhibitor daun alpukat	36
c. Perhitungan laju korosi	37
d. Karakterisasi dan analisis data	37
e. Kode Sampel	37
f. Diagram alir penelitian	38

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Laju Korosi	41
B. Hasil Analisis XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	45
C. Hasil Analisis SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>) dan EDS (<i>Energy Dispersive X-ray</i>)	
a. Hasil Analisis SEM	50
b. Hasil Analisis EDS	53

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	59
B. Saran	59

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Proses Korosi (Sumber: Gogot haryono, 2010).....	13
Gambar 2. Korosi merata (Sumber: Priyotomo, 2008)	16
Gambar 3. Korosi Galvanik (Sumber: ASM Handbook, 1991)	16
Gambar 4. Korosi sumuran (Sumber: Chatterjee <i>et al.</i> , 2001)	17
Gambar 5. Korosicelahpadastainless steel (Sumber :Chatterjee <i>et al.</i> , 2001).....	18
Gambar 6. Korosi antar batas butir (Sumber: Chatterjee <i>et al.</i> , 2001)	20
Gambar 7. Korosi retak tegangan (Sumber: Priyotomo, 2008).....	20
Gambar 8. TanamanAlpukat.....	25
Gambar 9. Gugus FungsiTanin.....	26
Gambar 10. Prinsip kerja alat <i>Optical Emission Spectroscopy</i>	28
Gambar 11. Difraksisinar-X pada kisi kristal (Sumber: Waseda <i>et al.</i> ,2011).....	29
Gambar 12. Diagram SEM(Reed, 1993)	33
Gambar 13. Bentuk sampel baja SS-304	36
Gambar 14. Diagram alir preparasi sampel baja SS-304	38
Gambar 15. Diagram alir preparasi inhibitor ekstrak daun alpukat	39
Gambar 16. Diagram alirpenelitian dan karakterisasi sampel.....	40
Gambar 17. Laju korosi baja SS-304 dengan konsentrasi inhibitor dalam medium korosif HCl	43

Gambar 18. Grafik hubungan konsentrasi inhibitor dengan efisiensi inhibitor ekstrak daun alpukat.....	45
Gambar 19. Hasil difraktogram analisis XRD.....	46
Gambar 20. Foto SEM baja SS-304 <i>raw</i>	50
Gambar 21. Foto SEM baja SS-304 dengan inhibitor 0% dan 6%.....	51
Gambar 22. Grafik hasil analisis EDS baja <i>raw</i> SS-304	53
Gambar 23. Grafik hasil analisis EDS baja SS-304 dengan inhibitor 0%	54
Gambar 24. Grafik hasil analisis EDS sampel baja SS-304 dengan inhibitor 6%	56

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Klasifikasi Baja Tahan Karat	10
Tabel 2. Komposisi unsur kimia baja tahan karat tipe 304	12
Tabel 3. Konstanta Laju Korosi	21
Tabel 4. Kode Sampel	38
Tabel 5. Hasil pengukuran baja SS-304 dalam larutan HCl 1M	41
Tabel 6. Hasil perhitungan laju korosi baja SS-304	42
Tabel 7. Perhitungan efektivitas inhibitor ekstrak daun alpukat	44
Tabel 8. Perbandingan hasil penelitian baja SS-304 <i>raw</i> dengan data standar <i>X'pert HighScore</i>	47
Tabel 9. Perbandingan hasil penelitian baja SS-304 inhibitor 0% dengan data standar <i>X'pert HighScore</i>	47
Tabel 10. Perbandingan hasil penelitian baja SS-304 inhibitor 6% dengan data standar <i>X'pert HighScore</i>	48
Tabel 11. Unsur dan senyawa baja <i>raw</i> SS-304 dengan EDS	54
Tabel 12. Unsur dan senyawa baja SS-304 inhibitor 0% dengan EDS	55
Tabel 13. Unsur dan senyawa baja SS-304 inhibitor 6% dengan EDS	56
Tabel 14. Perbandingan unsur dan senyawa baja SS-304 pada medium HCl dengan inhibitor 0% dan 6%	57

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Baja tahan karat (*stainless steel*) merupakan satu material yang banyak digunakan dalam bidang industri. Hal ini disebabkan karena memiliki kekuatan mekanik dan ketahanan korosinya cukup baik serta harganya relatif murah. Namun penggunaan baja dalam industri menyebabkan baja sering kontak langsung dengan cairan maupun gas bertekanan tinggi sehingga lama kelamaan menyebabkan timbulnya karat pada permukaan baja.

Kata korosi berasal dari bahasa latin “*corrodere*” yang artinya perusakan logam atau berkarat. Korosi adalah perusakan material (khususnya logam) akibat lingkungannya. Pada logam terjadinya akibat reaksi kimia yaitu pada temperatur yang tinggi antara logam dan gas atau terjadi korosi elektrokimia dalam lingkungan air atau udara basah.

Pada konstruksi yang terbuat dari logam maupun non logam, korosi dapat menimbulkan kerugian yang sangat besar. Kerugian yang dapat ditimbulkan tidak hanya biaya langsung seperti pergantian peralatan industri, perawatan konstruksi dan sebagainya, tetapi juga kerugian biaya secara tidak langsung seperti terganggunya proses produksi yang umumnya lebih besar dibandingkan dengan biaya langsung.

Proses korosi merupakan fenomena alam yang tidak dapat dihentikan, namun dapat dicegah dengan banyak cara yaitu pelapisan pada permukaan logam, perlindungan katodik, penambahan inhibitor korosi dan lain-lain. Sejauh ini, penambahan inhibitor merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mencegah korosi karena dalam penggunaannya memerlukan biaya relatif murah dan prosesnya sederhana.

Inhibitor korosi merupakan zat atau bahan yang bila ditambahkan dalam konsentrasi kecil ke dalam medium korosif dapat menurunkan atau mencegah laju korosi logam. Umumnya inhibitor korosi berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang mengandung gugus-gugus yang memiliki pasangan elektron bebas, seperti nitrit, kromat, fosfat dan senyawa-senyawa amina. Inhibitor organik diklasifikasikan dalam dua jenis, yaitu sintetik dan alami. Inhibitor sintetik seringkali digunakan dalam menghambat laju korosi logam, namun inhibitor ini selain mahal juga ternyata berbahaya bagi manusia dan lingkungan karena bersifat toksik.

Oleh karena itu saat ini sedang dikembangkan *green inhibitor* (inhibitor yang ramah lingkungan) yang bersifat non-toksik, murah, sudah tersedia di alam, mudah diperbaharui dan tidak merusak lingkungan. *Green inhibitor* ini berasal dari tumbuh-tumbuhan atau biji-bijian. Tumbuh-tumbuhan yang digunakan biasanya yang mengandung tanin, asam-asam organik maupun asam-asam amino, dan alkaloid yang diketahui mempunyai kemampuan menghambat korosi. Tanaman alpukat (*Persea americana M.*) merupakan tanaman berkayu yang biasanya dimanfaatkan daun hingga bijinya. Pada umumnya tanaman ini cocok pada iklim yang sejuk dan basah, tidak tahan suhu rendah maupun suhu tinggi.

Daun alpukat mengandung senyawa flavonoid, tanin katekat, kuinon, saponin, dan steroid atau triterpenoid. Kandungan tanin dalam daun alpukat yaitu 22,07% (Lestari *dkk.*, 2014). Berdasarkan kandungan tersebut diharapkan daun alpukat dapat berfungsi sebagai inhibitor korosi.

Sejumlah penelitian tentang ekstrak tumbuhan yang memiliki sifat inhibisi korosi baja SS-304 dalam larutan asam. Soltani *et al.*, (2012) telah melakukan penelitian tentang Ekstrak daun *Salvia officinalis* (*S. officinalis*) telah dievaluasi sebagai inhibitor korosi untuk *stainless steel* 304 pada HCl 1M dengan cara pengukuran kehilangan berat, polarisasi potensiodinamik, elektrokimia impedansi spektroskopi (EIS). Sulfi dan Harmami (2014) melakukan penelitian menggunakan inhibitor kinina dalam media HCl dengan cara pengukuran polarisasi potensidinamik. Victor *et al.*, (2016) telah melakukan penelitian menggunakan inhibitor ekstrak daun nipah dalam media H₂SO₄ dengan cara pengukuran kehilangan berat.

Pada penelitian ini baja yang digunakan adalah baja SS-304 sebagai sampel uji korosi. Baja SS-304 banyak digunakan sebagai bahan pembuatan mesin-mesin produksi di berbagai bidang industri. Sampel baja SS-304 direndam dalam media korosi HCl 1M dengan variasi konsentrasi dari ekstrak inhibitor daun alpukat. Waktu perendaman yang dilakukan adalah 168 jam. Sedangkan untuk penambahan ekstrak inhibitor adalah 0%, 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%. Selanjutnya Sampel baja hasil korosi akan dikarakterisasi dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk melihat struktur mikro permukaan, XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk melihat struktur kristal dan fasa pada sampel baja, dan EDS (*Energy*

Dispersive Spectroscopy) untuk melihat unsur- unsur kimia dan menentukan laju korosi menggunakan metode kehilangan berat.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi inhibitor ekstrak daun alpukat dalam medium korosif HCl 1M terhadap laju korosi pada baja SS-304?
2. Berapakah efisiensi inhibisi dari ekstrak daun alpukat pada baja SS-304 ?
3. Bagaimana struktur mikro, fasa, dan produk korosi yang dihasilkan pada baja SS-304 setelah ditambahkan inhibitor dalam medium korosif HCl 1M?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Baja yang digunakan adalah baja SS-304.
2. Inhibitor korosi yang digunakan adalah ekstrak daun alpukat dengan penambahan konsentrasi inhibitor yaitu 0%, 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%.
3. Medium korosif yang digunakan yaitu larutan HCl dengan konsentrasi 1M.
4. Waktu perendaman sampel 168 jam.
5. Pengujian laju korosi dilakukan dengan metode kehilangan berat.
6. Karakterisasi yang dilakukan menggunakan SEM-EDS dan XRD.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi inhibitor ekstrak daun alpukat dalam medium korosif HCl 1M terhadap laju korosi pada baja SS-304.
2. Mengetahui efisiensi inhibisi dari ekstrak daun alpukat sebagai inhibitor korosi.
3. Mengetahui struktur mikro, fasa, dan produk korosi yang dihasilkan pada baja SS-304 setelah ditambahkan inhibitor dalam medium korosif HCl 1M.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi tentang manfaat daun alpukat sebagai inhibitor korosi pada baja SS-304.
2. Memberikan informasi mengenai pengaruh variasi konsentrasi inhibitor ekstrak daun alpukat pada baja SS-304 di medium korosif HCl 1M.
3. Dapat menjadi tambahan referensi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, terutama di Jurusan Fisika.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Baja

a. Pengertian Baja

Baja adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2% hingga 2,1% berat sesuai *grade*-nya. Kandungan besi (Fe) pada baja sekitar 97% dan karbon (C) sekitar 0,2% hingga 2,1% sesuai *grade*-nya. Selain unsur besi (Fe) dan karbon (C), baja mengandung unsur lain seperti mangan (Mn) dengan kadar maksimal 1,65%, silikon (Si) dengan kadar maksimal 0,6%, tembaga (Cu) dengan kadar maksimal 0,6%, sulfur (S), fosfor (P) dan lainnya dengan jumlah yang dibatasi dan berbeda-beda (Wulandari, 2011). Pengaruh utama dari kandungan karbon dalam baja adalah pada kekuatan, kekerasan, dan sifat mudah dibentuk. Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*). Kandungan karbon yang besar dalam baja mengakibatkan meningkatnya kekerasan tetapi baja tersebut akan rapuh dan tidak mudah dibentuk.

b. Klasifikasi Baja

Berdasarkan komposisi baja dibedakan menjadi baja karbon (*Carbon Steel*) dan baja paduan (*Alloy Steel*).

1. Baja Karbon (*Carbon Steel*)

Baja karbon didefinisikan sebagai campuran karbon (C) dan besi (Fe), umumnya sebagian besar baja hanya mengandung karbon dengan sedikit paduan lainnya. Berdasarkan konsentrasi karbonnya, baja karbon digolongkan menjadi:

a. Baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja jenis ini memiliki kandungan karbon di bawah 0,25%. Baja karbon rendah tidak merespon pada perlakuan panas (*heat treatment*) yang bertujuan untuk mengubah struktur mikronya menjadi martensit. Struktur mikro dari baja karbon rendah terdiri dari unsur ferit dan perlit, sehingga baja ini relatif lunak dan lemah, tetapi sangat bagus pada kelenturan dan kekerasannya, serta *machinable* dengan kemampuan yang baik. Baja karbon rendah dalam perdagangan dibuat dalam plat baja, baja strip dan baja batangan untuk konstruksi.

b. Baja karbon sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon sedang memiliki kandungan karbon antara 0,25 dan 0,6%. Baja jenis ini dapat diberi perlakuan panas *austenizing*, *quenching*, dan *tempering* untuk memperbaiki sifat-sifat mekaniknya. Baja karbon sedang memiliki kekerasan yang rendah, sehingga perlakuan panas hanya pada bagian-bagian yang sangat tipis dengan rasio *quenching* yang sangat cepat. Baja karbon sedang ini banyak digunakan untuk berbagai keperluan alat-

alat perkakas bagian mesin, keperluan industri kendaraan, roda gigi, pegas dan sebagainya.

c. Baja karbon tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi biasanya memiliki kandungan karbon antara 0,60 dan 1,40%. Baja karbon tinggi merupakan baja yang paling keras dan kuat, serta paling rendah kelenturannya diantara baja karbon lainnya. Komposisi baja karbon tinggi ditambahkan nikel atau kobalt, krom atau tungsten. Baja ini mempunyai tegangantarik paling tinggi dan banyak digunakan untuk material *tools* seperti untuk membuat mesin bubut dan alat-alat mesin.

2. Baja Paduan (*Alloy Steel*)

Baja paduan merupakan suatu baja yang tercampur dengan satu atau lebih unsur campuran, pembuatan baja paduan ini dikarenakan adanya keterbatasan baja karbon dengan sifat-sifat yang spesial dari logam terutama baja. Sifat-sifat spesial yang dimiliki oleh baja paduan ini meliputi sifat kelistrikan, magnetis, koefisien spesifik, serta pemuaian panas pada pemanasan yang berhubungan dengan pemotongan logam. Baja paduan terbagi dalam 3 jenis yaitu:

a. Baja Paduan Rendah (*Low Alloy Steel*)

Baja paduan rendah merupakan baja paduan yang elemen paduannya kurang dari 2,5% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.

b. Baja Paduan Menengah (*Medium Alloy Steel*)

Baja paduan menengah merupakan baja paduan yang elemen paduannya 2,5% - 10% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.

c. Baja Paduan Tinggi (*High Alloy Steel*)

Baja paduan tinggi merupakan baja paduan yang elemen paduannya lebih dari 10% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain Contohnya baja tahan karat (*stainless steel*), baja perkakas dan baja mangan. Aplikasinya digunakan pada bearing, bejana tekan, baja pegas, *cutting tools*, frog rel kereta api dan lain sebagainya.

Pada umumnya, baja paduan mempunyai sifat yang unggul dibandingkan dengan baja karbon biasa diantaranya adalah :

- a. Keuletan yang tinggi tanpa pengurangan kekuatan tarik.
- b. Tahan terhadap korosi dan keausan yang tergantung pada jenis paduannya.
- c. Tahan terhadap perubahan suhu, ini berarti bahwa sifat fisisnya tidak banyak berubah.
- d. Memiliki butiran yang halus dan homogen.

B. Baja Tahan Karat (*Stainless Steel*)

Stainless steel merupakan baja paduan yang mengandung sedikitnya 11,5% krom berdasar beratnya. Stainless steel memiliki sifat tidak mudah terkorosi sebagaimana logam baja yang lain. Stainless steel berbeda dari baja biasa dari kandungan kromnya. Baja karbon akan terkorosi ketika pada udara yang lembab. Besi oksida yang terbentuk bersifat aktif dan akan mempercepat korosi dengan adanya pembentukan oksida besi yang lebih banyak lagi. Stainless steel memiliki persentase jumlah krom yang memadai sehingga akan membentuk suatu lapisan pasif kromium oksida yang akan mencegah terjadinya korosi lebih lanjut

(Sumarji, 2011). Secara garis besar baja tahan karat dapat dikelompokkan dalam tiga jenis, yaitu jenis austenite, ferit, dan martensit seperti yang ditunjukkan dalam tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Klasifikasi baja tahan karat

Klasifikasi	Komposisi Utama (%)			Sifatmampukeras	Sifattahankorosi	Sifat Mampu las
	Cr	Ni	C			
Baja Tahan Karat martensit	(11-15)	-	$\leq 1,20$	Mengerassendiri	Kurangbaik	Tidakbaik
Baja Tahan Karat ferrit	(16-27)	-	$\leq 0,35$	baik	baik	Kurangbaik
Baja Tahan Karat austenit	≤ 16	≤ 7	$\leq 0,25$	baik	Baiksekali	Baiksekali

a. *Ferrite*

Baja tahan karat *ferrite* yang paling sederhana hanya mengandung besi dan kromium dengan struktur kristal BCC. Hal ini disebabkan karena klorida magnetik dan kekuatan luluhnya sangat tinggi tetapi rendah keuletannya atau getas. Secara umum baja tahan karat *ferritic* memiliki beberapa properti yang dibutuhkan dalam bidang keteknikan dibanding jenis baja tahan karat yang lain. Tetapi, disamping itu jenis baja tahan karat ini memiliki tingkat ketahanan korosi yang kurang karena lebih sedikitnya kandungan nikel dan kromium yaitu sekitar 10,5 - 27% kadar kromium. *Ferritic* secara umum memiliki jenis yaitu 18Cr-2Mo, 26Cr-1Mo, 29Cr-4Mo, and 29Cr-4Mo-2Ni.

b. *Austenite*

Baja tahan karat *austenitic* memiliki struktur kristal FCC didapatkan dari fase *ferrite stainless steel* dengan penambahan nikel, mangan, dan nitrogen pada suhu ruang. *Austenitic* ini memiliki kekuatan luluh yang agak rendah, tetapi ketangguhannya lebih tinggi (Davis, 2001). Baja tahan karat jenis ini sangat umum hampir 70% baja tahan karat adalah jenis ini. Baja jenis ini memiliki kandungan 0,15% karbon, 16% kromium, dan beberapa mangan atau nikel untuk menahan struktur pada saat temperature dari *cryogenic* sampai titik leleh. *Stainless Steel* 304, 304L, 316, 316L termasuk ke dalam tipe ini.

c. *Martensite*

Baja tahan karat *martensitic* memiliki struktur kristal *body centered tetragonal* dengan tingkat krom yang rendah dan tingkat karbonnya tinggi, dengan mendapatkan struktur *austenitic* pada temperature tinggi kemudian didinginkan secara tiba-tiba untuk mengubah fase *austenitic* ke *martensite* (Davis, 2001). Pada baja tahan karat jenis ini, tidak begitu memiliki ketahanan karat yang begitu baik tetapi memiliki sifat yang kuat dan tangguh, dan tingkat *machineable* yang sangat baik, dan juga dapat diberi perlakuan panas. Jenis ini memiliki paduan yaitu kromium (12-14%), *molybdenum* (0,2 - 1%), nikel (<2%), dan karbon (0,1 - 1%).

C. Baja Tahan Karat SS-304

Baja tahan karat austenit tipe 304 merupakan baja paduan dengan kandungan Cr 18 – 20%, dan Ni 8 – 10,5%. Baja jenis ini biasa digunakan sebagai bahan konstruksi utama dalam beberapa industri seperti industri nuklir, kimia, dan makanan. Baja ini memiliki ketahanan korosi yang baik karena terdapat lapisan

kromium oksida pada permukaannya (Riszki dan Harmami, 2015). Ketahanan korosi SS-304 akan menurun jika direndam secara terus menerus dalam larutan asam maupun air laut. Semakin lama baja tersebut direndam dalam medium korosif, laju korosinya akan semakin menurun (Iliyasu *et al.*, 2012). SS-304 merupakan baja yang memiliki tingkat kekerasan rendah sekitar 123 HB dan kekuatan tarik sebesar 505 N/mm² (Nasir, 2014). Tabel 2 menunjukkan komposisi unsur kimia penyusun baja SS-304.

Tabel 2. Komposisi unsur kimia baja tahan karat tipe 304 (Yunaidi, 2016)

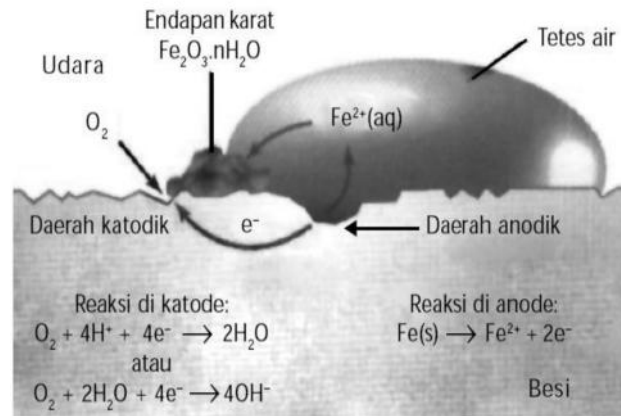
Unsur	Fe	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	S	P
Kadar (%)	72,07	0,0423	0,57	1,1973	17,289	0,0241	8,4	0,0008	0,04

D. Korosi

a. Pengertian Korosi

Kata korosi berasal dari bahasa Latin, yaitu *corrodere* yang artinya perusakan logam atau berkarat. Korosi adalah perusakan suatu material karena adanya reaksi suatu lingkungannya. Korosi merupakan proses elektro kimia yang terjadi pada logam, atau proses perusakan material karena bereaksi dengan lingkungannya (Fontana, 1987). Dalam industri logam, biasanya zat pengisi (campuran) atau impurities diusahakan tersebar merata didalam logam. Logam diusahakan agar tidak kontak langsung dengan oksigen atau air, dengan cara mengecat permukaan logam dan dapat pula dengan melapisi permukaan logam tersebut dengan logam

lain yang lebih mudah mengalami oksidasi. Gambar 1 menunjukkan proses peristiwa korosi pada besi.

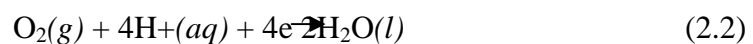


Gambar 1. Proses Korosi

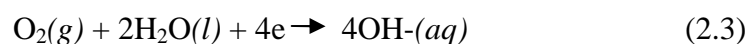
Pada peristiwa korosi, logam mengalami *oksidasi*, sedangkan oksigen(udara) mengalami reduksi. Dalam hal ini kita akan menggunakan contoh pada besi. Rumus kimia karat besi adalah $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, suatu zat padat yang berwarna coklat-merah. Korosi merupakan proses elektrokimia. Pada korosi besi, bagian tertentu dari besi itu berlaku sebagai anode, dimana besi mengalami oksidasi. seperti pada persamaan 2.1



Elektron yang dibebaskan di anode mengalir ke bagian lain dari besi itu yang bertindak sebagai *katode*, dimana oksigen tereduksi seperti pada persamaan 2.2 dan 2.3.



Atau



Ion besi (I) yang terbentuk pada anode selanjutnya teroksidasi membentuk ion besi (II) yang kemudian membentuk senyawa oksida terhidrasi, yaitu karat besi.

Mengenai bagian mana dari besi itu yang bertindak sebagai anode dan bagian mana yang bertindak sebagai katode bergantung pada berbagai faktor, misalnya zat pengotor, atau perbedaan rapat logam itu.

b. Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Korosi

Beberapa faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi proses korosi secara umum antara lain, yaitu :

1. Suhu

Kenaikan suhu akan menyebabkan bertambahnya kecepatan reaksi korosi. Hal ini terjadi karena makin tinggi suhu maka energi kinetik dari partikel-partikel yang bereaksi akan meningkat sehingga melampaui besarnya harga energi aktivasi dan akibatnya laju kecepatan reaksi korosi juga akan makin cepat, begitu juga sebaliknya.

2. Kecepatan Alir Fluida Atau Kecepatan Pengadukan

Laju korosi cenderung bertambah jika laju atau kecepatan aliran fluida bertambah besar. Hal ini karena kontak antara zat pereaksi dan logam akan semakin besar sehingga ion-ion logam akan makin banyak yang lepas sehingga logam akan mengalami kerapuhan.

3. Konsentrasi Bahan Korosif

Hal ini berhubungan dengan pH atau keasaman dan kebasaan suatu larutan. Larutan yang bersifat asam sangat korosif terhadap logam dimana logam yang berada didalam media larutan asam akan lebih cepat terkorosi karena merupakan reaksi anoda. Sedangkan larutan yang bersifat basa dapat menyebabkan korosi pada reaksi katodanya karena reaksi katoda selalu serentak

dengan reaksi anoda.

4. Oksigen

Adanya oksigen yang terdapat di dalam udara dapat bersentuhan dengan permukaan logam yang lembab. Sehingga kemungkinan menjadi korosi lebih besar. Di dalam air (lingkungan terbuka), adanya oksigen menyebabkan korosi.

5. Waktu Kontak

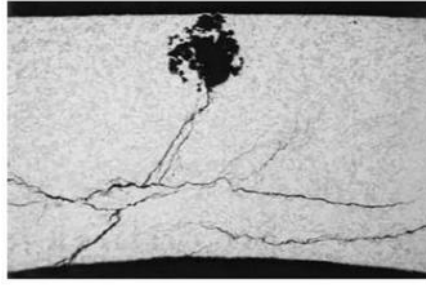
Reaksi inhibitor diharapkan dapat membuat ketahanan logam terhadap korosi lebih besar. Dengan adanya penambahan inhibitor kedalam larutan, maka akan menyebabkan laju reaksi menjadi lebih rendah, sehingga waktu kerja inhibitor untuk melindungi logam menjadi lebih lama. Kemampuan inhibitor untuk melindungi logam dari korosi akan hilang atau habis pada waktu tertentu, hal itu dikarenakan semakin lama waktunya maka inhibitor akan semakin habis terserang oleh larutan.

c. Jenis-jenis korosi

Jenis-jenis korosi secara umum dapat dibedakan sebagai berikut:

a. Korosi merata (*Uniform corrosion*)

Korosi merata merupakan korosi yang disebabkan oleh reaksi kimia atau elektrokimia yang terjadi secara seragam pada permukaan logam. Efeknya adalah terjadi penipisan pada permukaan dan akhirnya menyebabkan kegagalan karena ketidakmampuan untuk menahan beban. Korosi ini dapat dicegah atau dikendalikan dengan pemilihan material termasuk *coating*, penambahan inhibitor korosi pada fluida atau menggunakan *cathodic protection*. Gambar 2 menunjukkan korosi merata.



Gambar 2. Korosi merata (Sumber: Priyotomo, 2008).

b. Korosi dwi logam (*Galvanic corrosion*)

Korosi dwi logam terjadi jika dua logam berbeda jenis yang dialiri listrik berada dalam elektrolit yang sama, salah satu logam mengalami korosi sedangkan satunya tidak mengalami korosi. Ketika kedua logam ditempatkan dalam medium korosif yang sama maka kedua logam dapat mengalami korosi dalam tingkat yang berbeda (Chatterjee *et al.*, 2001), hal ini disebabkan karena beda potensial. Akibatnya, logam dengan ketahanan terhadap korosi yang rendah akan mengalami laju korosi lebih tinggi dibandingkan dengan logam yang memiliki ketahanan terhadap korosi tinggi. Gambar 3 menunjukkan korosi galvanik.

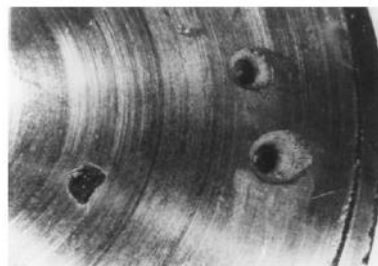


Gambar 3. Korosi Galvanik (Sumber: ASM Handbook, 1991).

d. Korosi sumuran (*pitting corrosion*)

Bentuk dari korosi ini berhubungan dengan pembentukan lubang, seperti lubang atau rongga dengan diameter permukaan sama atau kurang dari kedalaman. Kedalaman yang meningkat menyebabkan pengurangan pada ketebalan bagian

logam. Lebar lubang korosi juga meningkat seiring dengan waktu, akan tetapi tidak mempengaruhi kedalaman lubang korosi. Kebanyakan pinggiran lubang masih ditutupi dengan produk korosi, yang mempersulit pendeteksian selama pemeriksaan. Lubang korosi dapat menyebabkan terjadinya kebocoran tidak terduga pada pipa atau tangki, lubang korosi juga menyebabkan patah getas, kerusakan *fatigue* (Chatterjee *et al.*, 2001). Gambar 4 menunjukkan korosi sumuran.



Gambar 4. Korosi sumuran (Sumber: Chatterjee *et al.*, 2001).

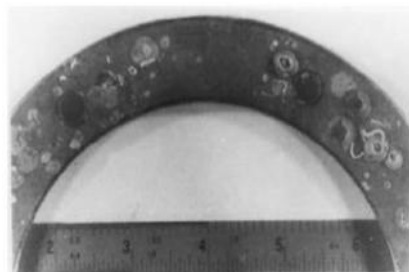
Karakteristik korosi sumuran adalah:

1. Serangan korosi tersebar ke seluruh daerah yang kecil. Lubang–lubang korosi terkadang terisolasi dan terkadang dekat antara satu sama lain, sehingga memberikan tampilan yang kasar pada daerah yang terkena korosi.
2. Lubang korosi atau korosi sumuran biasanya bereaksi pada permukaan yang lebih tinggi pada bagian yang diletakkan secara horizontal dan tumbuh searah dengan arah gravitasi.
3. Lubang korosi atau korosi sumuran biasanya membutuhkan waktu yang sangat panjang sebelum akhirnya muncul lubang korosi.
4. Lubang korosi dipengaruhi oleh autokatalik di alam. Oleh karena itu, korosi tersebar sendiri meskipun tidak ada rangsangan eksternal sehingga lubang korosi terus tumbuh.

5. Larutan dalam keadaan stagnan atau diam akan menyebabkan terbentuknya lubang korosi, bahkan material yang dalam medium yang bergerak juga rentan terhadap lubang korosi.
6. Baja tahan karat dan paduannya sangat rentan terhadap lubang korosi. Korosi pada baja tahan karat sering terjadi dalam larutan netral ke asam klorida. Baja karbon lebih tahan terhadap lubang korosi dibandingkan baja tahan karat (Chatterjee *et al.*, 2001).

e. Korosi celah (*Crevice corrosion*)

Korosi celah biasanya disebabkan oleh kontak material dengan material lain. Area celah logam bersentuhan dengan material lain, baik logam atau non logam. Area celah lebih mudah terkorosi dalam medium korosif dibandingkan dengan daerah di luar celah. Jenis peristiwa ini dikenal dengan korosi celah. Contoh korosi celah terjadi di daerah bawah baut dan paku kelingan, sekrup, di sela-sela gasket yang terbentuk oleh kotoran atau endapan yang timbul dari produk-produk karat. Korosi celah dapat terjadi pada logam dalam lingkungan korosif. Bagaimanapun, seperti aluminium atau *stainless steel* sangat rentan terhadap korosi celah terutama di lingkungan yang mengandung ion klorida, seperti air laut (Chatterjee *et al.*, 2001). Gambar 5 menunjukkan korosi celah.



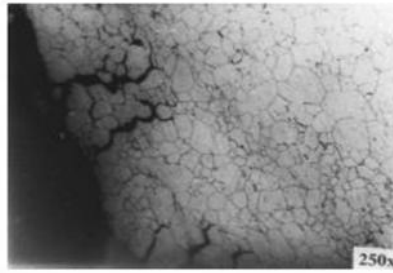
Gambar 5. Korosi celah pada *stainless steel* (Sumber: Chatterjee *et al.*, 2001).

Mekanisme korosi celah dapat dijelaskan sebagai berikut:

Mula-mula elektrolit mempunyai komposisi seragam. Korosi terjadi perlahan-lahan di seluruh permukaan logam baik di luar maupun di dalam celah. Pengambilan oksigen yang terlarut menyebabkan lebih banyak lagi difusi oksigen dari permukaan elektrolit yang kontak langsung dengan atmosfer. Akibatnya proses katodik di dalam celah terhambat sehingga pembangkitan ion hidroksil berkurang. Produksi ion-ion positif dalam celah menyebabkan ion-ion negatif dari elektrolit terdifusi ke dalam celah. Ion-ion negatif seperti Cl^- menyebabkan penurunan pH, sehingga mempercepat dan merusak selaput bahan. Peningkatan ion hidrogen mempercepat proses pelarutan logam sehingga peristiwa korosi lebih hebat.

f. Korosi antar batas butir (*Intergranular corrosion*)

Korosi antar batas butir adalah peristiwa korosi yang terjadi pada daerah batas butir dan daerah yang berdekatan dengan batas butir. Di daerah batas butir memiliki sifat yang lebih reaktif. Banyak sedikitnya batas butir akan mempengaruhi kegunaan logam tersebut. Semakin sedikit batas butir pada suatu material, maka akan menurunkan kekuatan material tersebut. Jika logam terkena karat, maka di daerah batas butir akan terkena korosi terlebih dahulu dibandingkan daerah yang jauh dari batas butir. *Intergranular corrosion* dapat terjadi karena adanya kotoran pada batas butir, penambahan pada salah satu unsur paduan atau penurunan unsur di daerah batas butir. Sebagai contoh paduan besi dan aluminium, dimana kelarutan besi lambat sehingga terjadi peristiwa korosi pada batas butir (Chatterjee *et al.*, 2001). Gambar 6 menunjukkan korosi antar batas butir.



Gambar 6. Korosi antar batas butir (Sumber: Chatterjee *et al.*, 2001).

g. Korosi retak tegangan (*Stress corrosion cracking*)

Korosi retak tegangan adalah peristiwa pembentukan dan perambatan retak dalam logam yang terjadi secara simultan antara tegangan tarik yang bekerja pada bahan tersebut dengan lingkungan korosif. Korosi retak tegangan dapat terjadi dalam lingkungan korosif. Hal ini terjadi karena adanya peristiwa korosi terhadap bahan. Korosi retak tegangan merupakan kerusakan yang paling berbahaya, Karena, tidak ada tanda–tanda sebelumnya (Badaruddin *et al.*, 2006). Gambar 7 menunjukkan korosi retak tegangan.



Gambar 7. Korosi retak tegangan (Sumber: Priyotomo, 2008).

d. Laju Korosi

Logam dikatakan mengalami korosi ketika terserang secara kimiawi, serangan ini akan terjadi secara spesifik. Laju korosi adalah kecepatan penembusan logam atau kehilangan berat persatuan luas tergantung pada teknik pengukuran yang

digunakan dan dinyatakan dalam satuan *mmpy* (*millimeter per year*) dan besarnya laju dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$CR = \frac{KW}{AT\rho} \quad (2.4)$$

dengan:

CR = Laju korosi (*mmpy*)

K = Konstanta laju korosi

W = Selisih massa (*gram*)

T = Waktu perendaman (*jam*)

A = Luas permukaan (*cm²*)

ρ = Massa jenis (*gram/cm³*)

Efisiensi inhibitor mengindikasikan sejauh mana laju korosi diperlambat oleh kehadiran inhibitor. Efisiensi inhibitor dapat ditulis dalam persamaan berikut :

$$\eta(\%) = \frac{(CR_{uninhibited} - CR_{inhibited})}{CR_{uninhibited}} \times 100\% \quad (2.5)$$

dengan :

= Efisiensi inhibitor (%)

CR_{uninhibited} = Laju korosi tanpa inhibitor (*mmpy*)

CR_{inhibited} = Laju korosi dengan inhibitor (*mmpy*)

Konstanta laju korosi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 3. Konstanta laju korosi

No	KonstantaLajuKorosi	K
1	<i>Mils per year</i> (mpy)	$3,45 \times 10^6$
2	<i>Inches per year</i> (ipy)	$3,45 \times 10^3$
3	<i>Inches per month</i> (ipm)	$2,87 \times 10^2$
4	<i>Millimeters per year</i> (mmpy)	$8,76 \times 10^4$
5	<i>Micrometers per year</i> (μ mmpy)	$8,76 \times 10^7$

Penggunaan ungkapan *inches per year*, *inches per month*, *millimeter per year*, dan *mils per year* dapat menunjukkan secara langsung ketahanan korosi dalam bentuk penembusan. Dari segi ketepatan *mils per year* lebih dipilih ketika laju korosi berkisar 1–200 *mpy* sehingga dengan ungkapan ini akan menunjukkan data–data korosi menggunakan angka kecil dan menghindari angka desimal. Penunjukan satuan *inches per year* dan *inches per month* akan melibatkan titikdesimal (Fontana, 1978).

E. Pengaruh Ion Klorida terhadap Korosi pada Baja

Salah satu faktor yang mempengaruhi korosi pada baja karbon adalah adanya ion agresif seperti ion klorida (Cl^-). Konsentrasi ion klorida yang makin tinggi akan meningkatkan kecenderungan terjadinya korosi. Ion klorida biasanya bertindak sebagai ion agresif karena kemampuannya untuk menghancurkan lapisan pasif pada permukaan baja karbon dan mempercepat laju korosi (Ardhiansyah, 2014). Ion klorida dalam elektrolit akan meningkatkan konduktivitas larutan, sehingga aliran arus korosi akan lebih meningkat.

F. Pengendalian Korosi dengan Inhibitor

Pengendalian korosi dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya adalah menggunakan inhibitor. Inhibitor berasal dari kata “inhibisi” yang memiliki arti menghambat, sehingga inhibitor dapat diartikan sebagai suatu zat yang apabila ditambahkan ke dalam sistem reaksi kimia dapat menghambat reaksi antarmuka antara material dengan lingkungan, sehingga dapat mengurangi laju korosi dari material tersebut. Secara umum mekanisme kerja inhibitor adalah:

1. Pembentukan lapisan tipis pada permukaan dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor pada permukaan logam karena permukaan logam mengadsorpsi inhibitor
2. Melalui pengaruh lingkungan atau pH dari lingkungan menyebabkan inhibitor mengendap pada permukaan logam, dan teradsorpsi, sehingga membentuk lapisan yang melindungi dari serangan korosi
3. Inhibitor melakukan korosi terlebih dahulu terhadap logam kemudian menghasilkan produk korosi dan mengalami proses adsorpsi sehingga membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan logam
4. Penghilangan konstituen yang agresif dari lingkungannya. Berdasarkan bahan dasarnya, inhibitor korosi dibagi menjadi dua yaitu inhibitor dari senyawa organik dan senyawa anorganik.

a. Inhibitor organik

Inhibitor dari bahan organik membentuk senyawa kompleks yang mengendap pada permukaan logam sebagai lapisan pelindung yang dapat menghambat reaksi logam dengan lingkungannya. Reaksi yang terjadi dapat berupa reaksi anodik, reaksi katodik, atau keduanya bergantung dari reaksi pada permukaan dan potensial logam tersebut. Penggunaan inhibitor organik dengan konsentrasi yang tepat dapat mengoptimalkan perlindungan pada seluruh logam.

b. Inhibitor anorganik

Inhibitor anorganik merupakan inhibitor yang terbuat dari bahan kimia yang bersifat toksik (Ameer *et al*, 2000). Inhibitor anorganik memiliki gugus aktif berupa anion negatif yang bersifat sebagai inhibitor anodik, sehingga mampu mengurangi korosi.

G. Daun Alpukat (*Persea americana M.*) sebagai Inhibitor Korosi

a. Gambaran Umum Tanaman Alpukat

Tanaman alpukat merupakan tanaman yang berasal dari daratan tinggi Amerika Tengah dan memiliki banyak varietas yang tersebar di seluruh dunia. Tanaman alpukat merupakan salah satu tanaman yang memiliki manfaat sebagai obat tradisional. Alpukat secara umum terbagi atas tiga tipe yaitu tipe *West Indian*, tipe *Guatemalan*, dan tipe *Mexican*. Daging buah berwarna hijau di bagian bawah kulit dan menguning kearah biji. Warna kulit buah bervariasi, warna hijau karena kandungan klorofil atau hitam karena pigmen antosiasin. Tanaman alpukat termasuk tanaman hutan yang tingginya mencapai 20 meter. Bentuk pohonnya seperti kubah sehingga dari jauh tampak menarik. Daunnya panjang (lonjong) dan tersusun seperti pilin. Pohonnya berkayu, umumnya percabangan jarang dan arahnya horizontal. Bunga alpukat keluar pada ujung cabang atau ranting dalam tangkai panjang. Warna bunga putih dan setiap bunga akan mekar sebanyak dua kali. Adapun tanaman alpukat (*Persea americana Mill.*) diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Dicotyledoneae</i>
Bangsa	: <i>Ranales</i>
Keluarga	: <i>Lauraceae</i>
Marga	: <i>Persea</i>
Spesies	: <i>Persea americana Mill.</i>



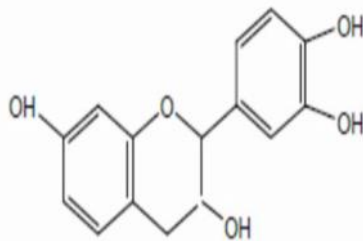
Gambar 8. Tanaman Alpukat

b. Kandungan Kimia Daun alpukat

Daun alpukat mengandung senyawa flavonoid, tanin katekat, kuinon, saponin, dan steroid atau triterpenoid. Kandungan kimia dari daun alpukat yaitu tanin sebesar 15,08-22,07% (Lestari dkk., 2014), flavonoid 8,11%, alkaloid 0,51%, fenol 3,41%, steroid 1,21% (Arukwe *et al.*, 2012).

c. Tanin

Tanin merupakan zat organik yang sangat kompleks, terdiri dari senyawa fenolik dan termasuk kelompok polifenol yang memiliki berat molekul antara 500-3000 g/mol (Risnasari, 2001). Tanin terdapat dalam tumbuhan pada bagian buah, daun, dan kulit batang. Tanin memiliki sifat yang mampu mengendapkan alkaloid, gelatin dan protein lainnya. Selain itu, sifat kimia senyawa fenol pada tanin mempunyai aksi adstrigensia, antiseptik, dan sebagai pemberi warna alami. Berdasarkan strukturnya, tanin dibedakan menjadi dua kelas yaitu tanin terkondensasi (*condensed tannins*) dan tanin terhidrolisis (*hydrolysable tannins*). Struktur dasar tanin dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Gugus Fungsi Tanin

d. Ekstraksi

Alur awal untuk mendapatkan senyawa aktif dari suatu tumbuhan adalah proses ekstraksi. Ekstraksi adalah proses pemisahan suatu zat berdasarkan perbedaan kelarutannya terhadap dua cairan tidak saling larut yang berbeda. Prinsip ekstraksi adalah melarutkan senyawa polar dalam pelarut polar dan senyawa non polar dalam senyawa non polar. Secara umum ekstraksi dilakukan secara berturut-turut mulai dengan pelarut non polar (n-heksan) lalu pelarut yang kepolarannya menengah (diklor metan atau etil asetat) kemudian pelarut yang bersifat polar (metanol atau etanol).

Ekstraksi digolongkan ke dalam dua bagian besar berdasarkan bentuk fasa yang diekstraksi yaitu ekstraksi cair-cair dan ekstraksi cair-padat. Untuk ekstraksi cair-cair dapat menggunakan corong pisah, sedangkan ekstraksi cair-padat terdiri dari beberapa cara yaitu maserasi, perkolasi dan sokletasi. Keuntungan metode ekstraksi ini, adalah metode dan peralatan yang digunakan sederhana dan mudah diusahakan (Cheong, dkk, 2005). Maserasi merupakan proses ekstraksi dengan cara perendaman menggunakan pelarut organik pada suhu ruang. Proses ini sangat menguntungkan dalam proses isolasi senyawa organik bahan alam karena dengan

perendaman sampel akan terjadi pemecahan dinding dan membran sel akibat perbedaan tekanan di dalam dan di luar sel, sehingga metabolit sekunder yang ada dalam sitoplasma akan terlarut dalam pelarut organik serta struktur senyawa tidak akan mudah rusak.

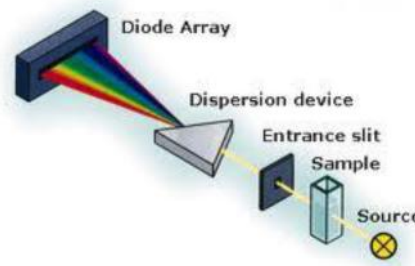
H. Karakterisasi

Baja yang berinteraksi dengan medium korosif akan mengalami pengkaratan atau korosi. Korosi yang dihasilkan dapat berupa korosi seragam, korosi sumuran, dan lain-lain. Selain itu, kekerasan pada baja juga akan berkurang akibat adanya korosi. Korosi dan kekerasan pada logam dipengaruhi oleh komposisi unsur kimia penyusun bahan. Untuk mengetahui hal tersebut, perlu dilakukan analisis dan karakterisasi bahan. Dalam penelitian ini dilakukan analisis dan karakterisasi menggunakan OES, XRD, dan SEM-EDS.

a. OES (*Optical Emission Spectroscopy*)

Alat uji *Optical Emission Spectroscopy* mendeteksi komposisi atau kadar unsur-unsur yang terkandung dalam suatu logam, hasil dapat diketahui melalui panjang gelombang dan intensitas sinar yang terpancar. Sinar yang terpancar memiliki panjang gelombang tertentu sesuai dengan jenis atom unsurnya dan intensitas sinar yang terpancar sebanding dengan kadar konsentrasi unsurnya. Dalam prinsip pelaksanaannya, sinar radioaktif dan gas argon ditembakkan terhadap sampel yang akan mengakibatkan terbakarnya sampel sehingga memancarkan cahaya dan panjang gelombang serta intensitas tertentu. Cahaya yang timbul akibat pembakaran diubah menjadi cahaya monokromatik yang kemudian dilewatkan

pada kaca prisma sehingga terdifraksi menjadi cahaya dengan panjang gelombang dan intensitas tertentu dan akan dideteksi oleh detektor unsur, sehingga dapat diketahui unsur yang terdapat pada sampel tersebut. Berikut prinsip kerja dari OES (*Optical Emission Spectroscopy*) dapat dilihat pada Gambar 10.



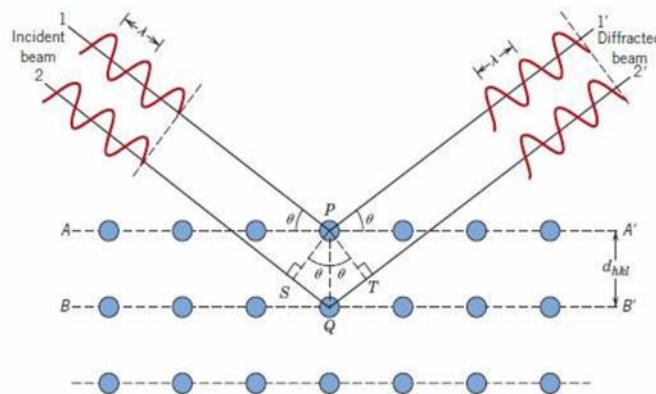
Gambar 10. Prinsip kerja alat *Optical Emission Spectroscopy*

b. XRD (*X-Ray Diffraction*)

Sinar-X telah ditemukan pada tahun 1985 oleh fisikawan Jerman Roentgen. Sinar-X merupakan radiasi elektromagnetik mirip dengan sinar tampak, namun sinar-X memiliki panjang gelombang yang lebih pendek. Secara keseluruhan besar panjang gelombang sinar-X adalah dalam angstrom (\AA) yaitu sama dengan 10^{-8}cm , dan sinar-X digunakan dalam difraksi dengan besar panjang gelombang antara $0,5 - 2,5 \text{ \AA}$. Pola interferensi tersebut yang kemudian diolah sehingga diketahui struktur kristal, komposisi kimia serta sifat-sifat bahan.

XRD merupakan salah satu teknik analisis tak merusak pada material yang digunakan untuk mengetahui struktur kristal dan jarak antar atom. Metode difraksi sinar-X merupakan metode analisis kualitatif yang sangat penting karena kristalinitas dari material pola difraksi serbuk yang karakteristik, oleh karena itu

metode ini disebut juga metode sidik jari serbuk (*powder fingerprint method*). Penyebab utama yang menghasilkan bentuk pola-pola difraksi serbuk tersebut, yaitu ukuran dan bentuk dari setiap selnya serta nomor atom dan posisi atom-atom di dalam sel.



Gambar 11. Difraksi sinar- X pada kisi kristal (Sumber: Waseda et al, 2011).

Kristal merupakan susunan atom-atom atau kumpulan atom yang teratur dan berulang dalam ruang tiga dimensi. Keteraturan susunan tersebut disebabkan oleh kondisi geometris yang dipengaruhi oleh ikatan atom yang memiliki arah. Kisi ruang kristal (*space lattice*) didefinisikan sebagai susunan titik dalam ruang tiga dimensi yang memiliki lingkungan identik antara satu dengan lainnya. Titik dengan lingkungan yang serupa itu disebut simpul kisi (*lattice points*). Kesatuan yang berulang di dalam kisi ruang disebut sel unit (*unit cell*) struktur kristal. Bidang kristal merupakan bidang yang terbentuk dari susunan atom yang berulang dalam sebuah sistem kristal. Jarak yang terdapat antara bidang yang saling berdekatan disebut dengan jarak antar bidang atau *spacing* (d). Jarak antar bidang merupakan hal yang penting untuk diketahui ketika melakukan analisa struktur kristal, diantaranya untuk mengetahui dimensi atau ukuran dari kristal yang terbentuk. Cara yang dapat dilakukan untuk menghitung besarnya jarak antar

bidang (*d-spacing*) adalah dengan menentukan nilai “Index Miller” kemudian nilai yang diperoleh dari hasil indeksing tersebut digunakan dalam rumus untuk masing-masing sistem kristal (kubus, tetrahedral, hexagonal, dll). Indeks Miller menunjukkan posisi atom yang membentuk bidang pada sebuah sistem kristal. Setelah diketahui indeks Miller (nilai hkl) dari bidang kristal yang terbentuk, langkah selanjutnya adalah menentukan besarnya jarak antar bidang kristal. Perhitungan besarnya jarak antar bidang dapat dilakukan dengan memperhatikan sistem kristal yang terbentuk.

- a. Untuk sistem kristal orthogonal, jarak antar bidang kristal yang memiliki indeks Miller (hkl) dengan dimensi a, b, c dimana nilai a ≠ b ≠ c, dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} \quad (2.6)$$

- b. Sedangkan untuk sistem kubus, memiliki indeks Miller (hkl) dan dimensi a, b, c dimana nilai a=b=c, sehingga untuk sistem kristal kubus, penentuan jarak antar bidang dapat diturunkan dari rumus di atas menjadi:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \quad (2.7)$$

- c. Untuk sistem kristal tetragonal dengan indeks Miller (hkl), memiliki dimensi a=b ≠ c, sehingga penentuan jarak antar bidang dapat diturunkan dari rumus di atas menjadi:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2}{a^2} + \frac{l^2}{c^2} \quad (2.8)$$

- d. Untuk sistem kristal hexagonal, penentuan jarak antar bidang dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4}{3} \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} + \frac{l^2}{c^2} \quad (2.9)$$

Seperti halnya sistem kristal yang diuraikan di atas, sistem kristal yang lain pun memiliki rumus tersendiri untuk menghitung jarak antara bidang kristalnya. Sinar-X dapat terbentuk apabila suatu logam sasaran ditembaki dengan berkas elektron berenergi tinggi. Dalam eksperimen digunakan sinar-X yang monokromatis. Kristal akan memberikan hamburan yang kuat jika arah bidang kristal terhadap berkas sinar-X (sudut θ) memenuhi persamaan Bragg. Peristiwa pembentukan sinar-X dapat dijelaskan yaitu pada saat menumbuk logam, elektron yang berasal dari katoda (elektron datang) menembus kulit atom dan mendekati kulit inti atom. Pada waktu mendekati inti atom, elektron ditarik mendekati inti atom yang bermuatan positif, sehingga lintasan elektron berbelok dan kecepatan elektron berkurang atau diperlambat. Karena perlambatan ini, maka energi elektron berkurang. Energi yang hilang ini dipancarkan dalam bentuk sinar-X.

Sinar-X tersebut kemudian menembak sampel padatan kristalin, kemudian mendifraksikan sinar ke segala arah dengan memenuhi Hukum Bragg. Detektor bergerak dengan kecepatan sudut yang konstan untuk mendeteksi berkas sinar-X yang didifraksikan oleh sampel. Sampel serbuk atau padatan kristalin memiliki bidang-bidang kisi yang tersusun secara acak dengan berbagai kemungkinan orientasi, begitu pula partikel-partikel kristal yang terdapat di dalamnya. Setiap kumpulan bidang kisi tersebut memiliki beberapa sudut orientasi sudut tertentu, sehingga difraksi sinar-X memenuhi Hukum Bragg:

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (2.10)$$

dengan: d = jarak antar bidang dalam kristal

θ = sudut difraksi

n = orde difraksi (0,1,2,3,.....)

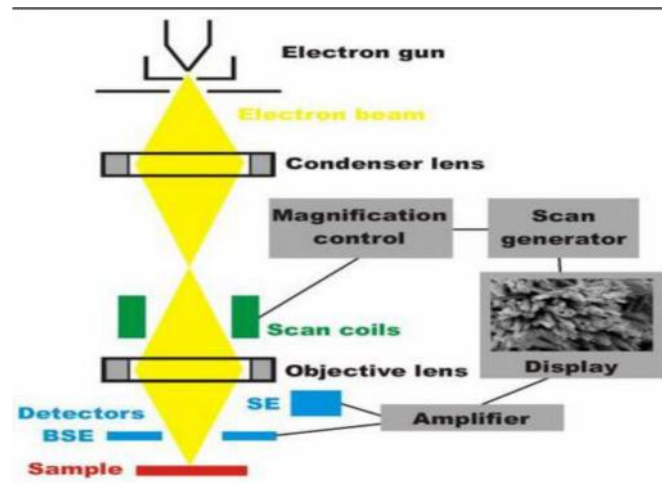
= panjang gelombang

Hukum Bragg merupakan perumusan matematik mengenai proses difraksi yang terjadi sebagai hasil interaksi antara sinar-X yang dipantulkan oleh material. Pantulan tersebut terjadi tanpa mengalami kehilangan energi sehingga menghasilkan pantulan elastis atau *elastic scattering*. Bragg menunjukkan bahwa bidang yang berisi atom-atom di dalam kristal akan memantulkan radiasi dengan cara yang sama persis dengan peristiwa pemantulan cahaya di bidang cermin.

c. SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

SEM (*Scanning Electron Microscopy*) merupakan mikroskop elektron yang banyak digunakan dalam ilmu pengetahuan material. Pertama kali SEM dideskripsikan oleh Fisikawan Jerman Dr. Max Knoll pada tahun 1935. Kemudian perkembangan SEM pada tahun 1942 dipelopori oleh tiga orang Ilmuwan Amerika yaitu Dr. Vladimir Kosma Zworykin, Dr. James Hillier, dan Dr. Snijder. Mereka mengembangkan pemindai dari SEM dengan resolusi hingga 50 nm dan magnifikasi 8.000 kali, sehingga dengan cara ini sinar elektron dapat difokuskan terhadap permukaan objek dan mendeteksi elektron yang muncul pada gambar permukaan objek.

SEM digunakan pada sampel yang tebal dan memungkinkan untuk analisis permukaan. Pancaran berkas yang jatuh pada sampel akan dipantulkan dan didifaksikan. Akibat adanya elektron yang terdifraksi, sehingga dapat teramati dalam bentuk pola-pola difraksi yang tampak bergantung pada bentuk dan ukuran sel satuan dari sampel. Prinsip kerja pada SEM ditunjukkan dalam skema pada Gambar 12.



Gambar 12. Diagram SEM.

Prinsip kerja SEM dapat dilihat pada Gambar 12. Dua sinar elektron digunakan secara simultan. Satu *strike specimen* digunakan untuk menguji dan *strike* yanglain adalah CRT (*Cathode Ray Tube*) memberi tampilan yang dapat dilihat oleh operator. Akibat tumbukan pada spesimen dihasilkan satu jenis elektron dan emisi foton. Sinyal yang terpilih dikoleksi, dideteksi dan dikuatkan untuk memodulasi tingkat keterangan dari sinar elektron yang kedua, maka sejumlah besar sinar akan menghasilkan bintik gelap.

SEM menggunakan prinsip *scanning*, maksudnya berkas elektron diarahkan dari titik ke titik pada objek. Gerakan berkas elektron dari satu titik ke titik yang lain pada suatu daerah objek menyerupai gerakan membaca. Gerakan membaca ini disebut dengan *scanning*. Komponen utama SEM terdiri dari dua unit, yaitu *electron column* dan *display consule*. *Electron column* merupakan model *electron beam scanning*, sedangkan *display consule* merupakan elektron sekunder yang di dalamnya terdapat CRT. Pancaran elektron energi tinggi dihasilkan oleh *electron gun* yang kedua tipenya berdasar pada pemanfaatan arus. Yang pertama pistol termionik dimana pancaran elektron tercapai dengan pemanasan tungsten atau

filamen katoda pada suhu 1500K sampai 3000 K. Katoda adalah kutub negatif yang dibutuhkan untuk mempercepat tegangan E_0 (KeV). Pistol termionik sangat luas penggunaannya karena relatif aman untuk digunakan dalam tabung vakum 10^{-9} Torr, atau lebih kecil dari itu. Sumber alternatif lain dari pistol *field emission* dimana ujung kawat wolfram yang tajam dihubungkan tertutup dengan anoda ekstraksi dan diterapkan potensial sampai beberapa ribu volt. Elektron yang keluar dari kawat wolfram tidak membutuhkan pemanasan yang dapat dilakukan pada suhu kamar, menuju tabung vakum yang dipercepat seperti pada pistol termionik ke arah anoda. Pistol *field emission* tergantung dari permukaan emitter yang secara otomatis bersih, sehingga harus bekerja pada operasi kevakuman yang ultra tinggi kira-kira 10^{-9} Torr, namun jika lebih besar maka akan lebih baik. Jarak panjang dari emitter *electron column*. Pemancaran elektron dari elektron column pada *chamber* harus dipompacukup vakum menggunakan *oil-diffusion*, *turbo molecular*, atau pompa ion.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2017 sampai Maret 2019 di Laboratorium Fisika Dasar Universitas Lampung, Laboratorium Kimia Organik Universitas Lampung, Laboratorium Teknik Mesin SMK 2 Bandar Lampung, Laboratorium Metalurgi LIPI Tanjung Bintang Lampung Selatan, karakterisasi SEM dan EDS dan karakterisasi XRD dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro.

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin penggiling, penguap putar vakum (*rotary evaporator*), spatula, pipet tetes, alumunium foil, jangka sorong, erlenmeyer, tissu, corong, neraca digital, alat pemotong baja, gergaji mesin, gelas ukur, benang, kayu kecil, kertas amplas, plastik kecil untuk tempat sampel, SEM-EDS dan XRD.

Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun alpukat, baja SS-304, larutan HCl, etanol 96%, dan aquades.

Gambar sampel baja SS-304 dapat ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Bentuk sampel baja SS-304.

C. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dibagi menjadi 3 tahap, pertama yaitu pembuatan sampel baja SS-304, pembuatan ekstrak daun alpukat, kemudian melakukan prosedur percobaan untuk melihat laju korosi pada baja yang telah di preparasi.

a. Preparasi sampel baja SS-304

Preparasi sampel dengan memotong baja SS-304 dengan ukuran 20 x 20 x 10 mm sebanyak 7 buah. Membersihkan dan menghaluskan permukaan baja menggunakan kertas amplas 200, 400, 600, 800, 1000, 2000 dan 5000 grid untuk menghilangkan kotoran dan bekas goresan pada saat pemotongan. Mencelupkan baja kedalam aseton untuk membersihkan kotoran yang menempel pada baja.

b. Pembuatan medium korosif dan larutan inhibitor daun alpukat

Pembuatan larutan HCl 1M yaitu dengan metode pengenceran, yaitu 83 ml HCl dilarutkan dengan aquades sampai volume 1000 ml. Sedangkan pembuatan larutan inhibitor ekstrak daun alpukat yaitu dengan mengeringkan daun pepaya sebanyak 4000 gram dalam suhu kamar selama 30 hari untuk menghilangkan kadar air. Menghaluskan daun alpukat yang telah kering dengan blender untuk

memudahkan dan memaksimalkan proses ekstraksi. Mengekstrak daun alpukat yang telah halus dengan metode maserasi. Memasukkan hasil maserasi daun alpukat kedalam botol yang berisi etanol 96% selama 1 hari. Menyaring hasil perendaman menggunakan kertas saring hingga diperoleh filtrat. Menguapkan filtrate dari hasil maserasi menggunakan alat penguap putar vakum (*rotary evaporator*) dengan kecepatan 200 rpm pada suhu 50 °C hingga menghasilkan ekstrak pekat.

c. Perhitungan laju korosi

Perhitungan laju korosi dilakukan menggunakan metode kehilangan berat (Kayadoe dan Turalely, 2016). Dengan cara menimbang terlebih dahulu massa awal sampel sebelum direndam kemudian membersihkan dan mengeringkan sampel yang telah direndam lalu menimbang massa akhir sampel.

d. Karakterisasi dan analisis data

Sampel baja yang telah mengalami pengkorosian kemudian diuji menggunakan XRD yang bertujuan untuk mengetahui struktur dan fasa kristal yang terbentuk pada sampel dan SEM yang dilengkapi dengan EDS untuk mengetahui struktur mikro pada permukaan sampel dan mengetahui unsur-unsur kimia yang ada pada sampel.

e. Kode Sampel

Kode sampel yang digunakan untuk memudahkan penyajian dan analisis data ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kode Sampel

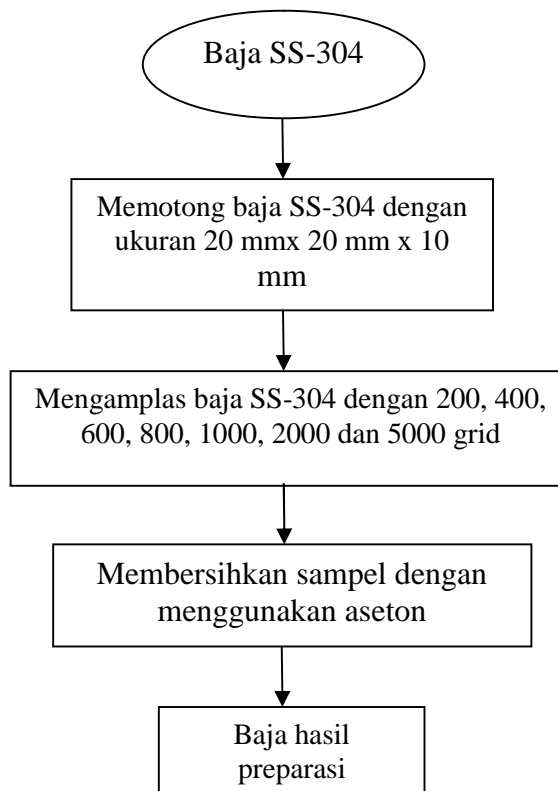
No	Kode	Keterangan
1	SS304 <i>raw</i>	Sampel baja SS-304 <i>raw</i>
2	SS304-0	Perendaman selama 168 jam dengan inhibitor 0%
3	SS304-2	Perendaman selama 168 jam dengan inhibitor 2%
4	SS304-4	Perendaman selama 168 jam dengan inhibitor 4%
5	SS304-6	Perendaman selama 168 jam dengan inhibitor 6%
6	SS304-8	Perendaman selama 168 jam dengan inhibitor 8%
7	SS304-10	Perendaman selama 168 jam dengan inhibitor 10%

f. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian digunakan untuk memudahkan pembaca memahami metodologi yang dilakukan. Diagram alir pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 14, 15 dan 16.

1. Preparasi Sampel Baja SS-304

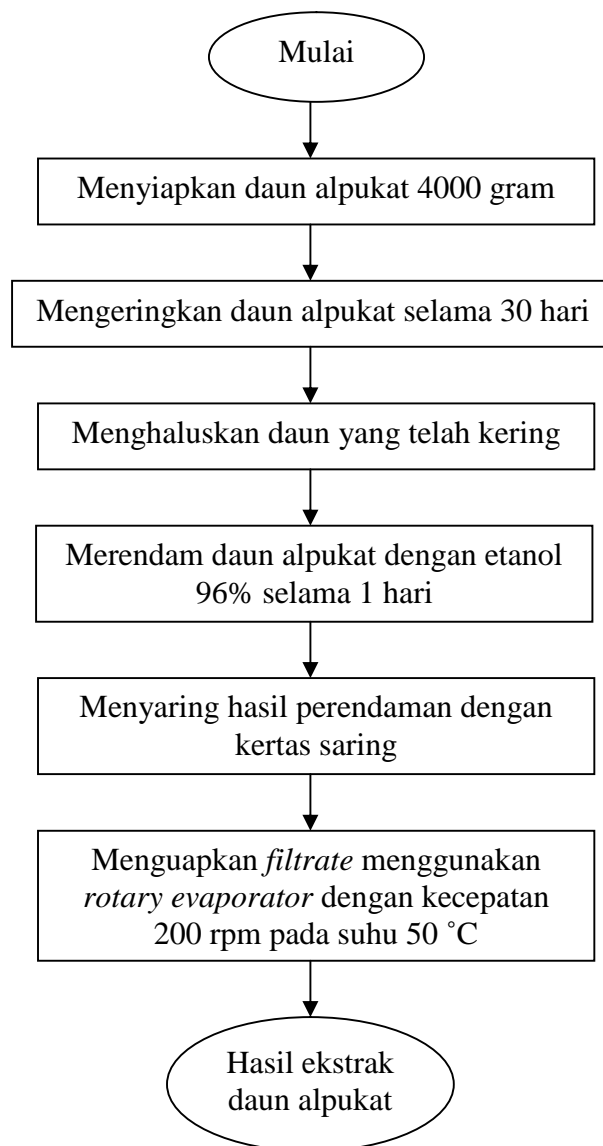
Prosedur kerja preparasi sampel baja ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Diagram alir preparasi sampel baja SS-304.

2. Preparasi Inhibitor Ekstrak Daun Alpukat

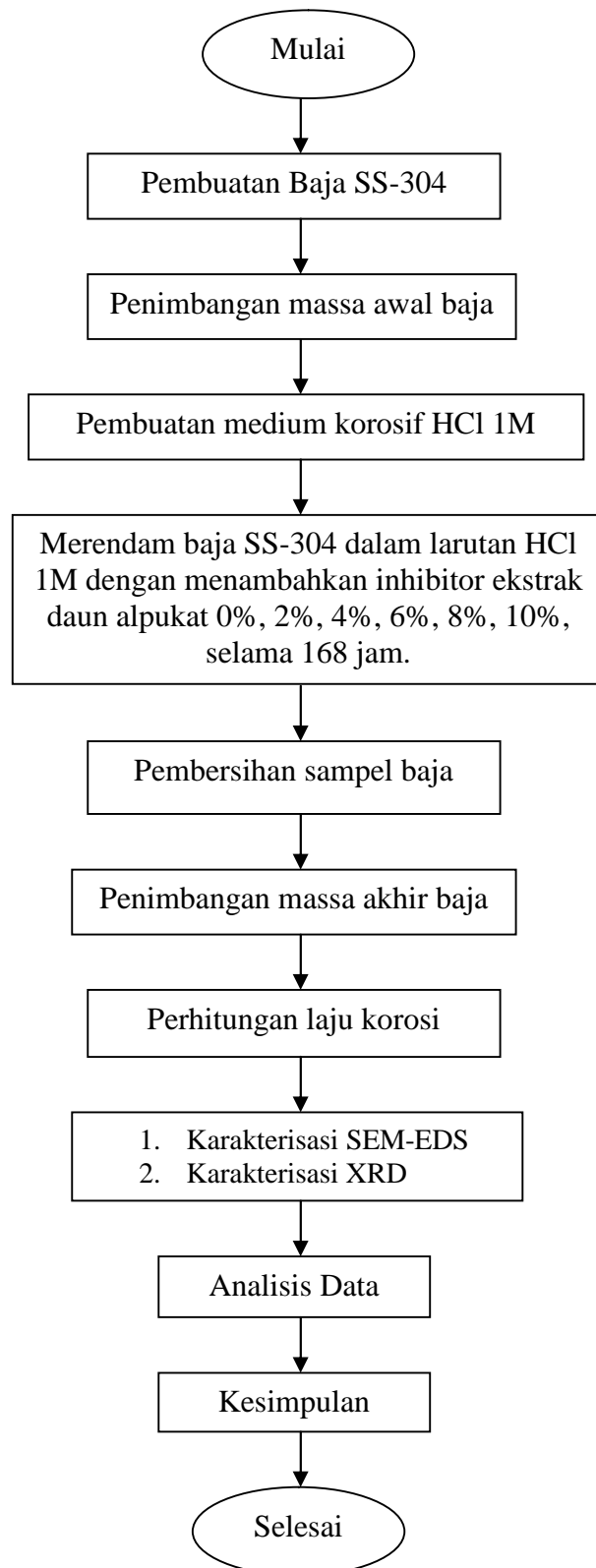
Prosedur pembuatan larutan inhibitor ekstrak daun alpukat ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar15. Diagram alir preparasi inhibitor ekstrak daun alpukat.

3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian untuk melihat laju korosi pada baja SS-304 dengan inhibitor ekstrak daun alpukat ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar16. Diagram alir penelitian dan karakterisasi sampel.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Laju korosi baja SS-304 pada konsentrasi inhibitor 0%, 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% secara berturut-turut adalah 10,75 mm/y , 5,64 mm/y, 3,17 mm/y, 0,37 mm/y, 1,88 mm/y dan 6,07 mm/y. Sehingga laju korosi terendah adalah pada konsentrasi inhibitor 6% sebesar 0,37 mm/y.
2. Efisiensi paling optimum terdapat pada baja SS-304 dengan konsentrasi inhibitor 6% dalam medium korosif HCl 1M yaitu sebesar 96,55%.
3. Hasil analisis XRD dan SEM-EDS pada baja SS-304 dengan konsentrasi inhibitor 6% struktur kristal yang terbentuk adalah BCC dan FCC dengan fasa Fe- α dan Fe- γ . lubang dan retakan lebih sedikit dibandingkan dengan konsentrasi inhibitor 0% dan senyawa yang terbentuk yaitu FeO lebih dominan.

B. SARAN

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan perendaman dalam medium korosif yang berbeda dengan konsentrasi yang lebih bervariasi untuk membandingkan laju korosi, produk korosi, dan jenis korosi yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriawan, G. 2011. Pengaruh Diameter Slag Ball Sebagai Media Sandblasting terhadap Struktur Mikro Kekasaran dan Ketahanan Korosi Pada Baja AISI 316L. *Skripsi*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. P. 12-14.
- Amanto, H. dan Daryanto. 1999. *Ilmu Bahan*. Bumi Aksara. Jakarta. P. 63-87.
- Ameer, M. A., Khamis, E., and Al-Senani, G. 2000. Effect of Thio semi carbozones on Corrosion of Steel of Phoporic Acid Produced by Wet Process: Ads. *Science Technologies*. Vol. 2. P. 127-138.
- Amstead, B.H. 1993. *Teknologi Mekanik Jilid 1 Edisi 7*. Erlangga. Jakarta. P. 152.
- Ardhiansyah, M Reza. 2014. Pemanfaatan ekstrak daun belimbing wuluh (*Averrhoa belimbi L.*) sebagai bioinhibitor korosi pada logam baja karbon. *Skripsi*. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang. P. 16-20.
- Arukwe, U., Amadi, B.A., Duru, M.K.C., Agomuo, E.N., Adindu, E. A., and Odika, P.C. 2012. Chemical Composition of *Persea americana* leaf, fruit and seed. *Heat Treating*. Vol.4. P. 346-348.
- ASM handbook. 1991. *Heat Treating*. Tenth Edition. ASM International. New York. Vol.4. P. 1012.
- Badaruddin, M., A. Suudi., dan A. Hamni. 2006. Perilaku korosi retak tegangan stainless steel 304 dalam lingkungan asam sulfat akibat prestrain. *Teknologi Makara*. Vol. 10 . No. 2. P. 1-5.
- Beiser, A. 1992. *Konsep Fisika Modern*. Erlangga. Jakarta. P. 357.
- Baldenebro, F. J., Gomez, C. D., Ramon, C., Susana, P. A., Manuel, J. P., Jose, E. L., Roberto, M and Jose, M. H. 2015. Influence of Size on the Microstructure and Mechanical Properties of an AISI 304L Stainless Steel – A Comparison between Bulk and Fiber. *Materials*. Vol. 4. P. 451 – 461.
- Boucher, A., Ducey, M. and McNeff, N. 2012. Synthesis, Characterization and Electrochemical Performance of $\text{Li}_2\text{FexMn}_{1-x}\text{SiO}_4/\text{C}$ as Cathode Material for Thin-Film Lithium-Ion Batteries. *Journal Material Science and Engineering*. Vol. 1.No.3. P. 120-127.

- Chandra., Andy., Hie I. M dan Verawati. 2013. Pengaruh pH dan Jenis Pelarut pada Perolehan dan Karakterisasi Pati dari Biji Alpukat. *Engineering Science*. Vol. 2. P. 1-8.
- Chatterjee, U.K., S.K. Bose and S.K. Roy. 2001. *Environmental Degradation of Metals Corrosion Technology*. Series 4. Marcel Dekker Inc. New York. P. 353.
- Callister and William, D. 2001. *Fundamentals of Materials Science and Engineering*. John Wiley & Sons, Inc. New York. P. 247.
- Chan, S. G., Beck, T. R., 1993. *Electrochemical Technology Corp*. Seattle Washington. United State of America. P. 125-12.
- Cheong, W.J., Moon, H.P., Gyoung, W.K., Joung, H.K., You, J.S. 2005. Determination of Catechin Compounds in Korea Green Tea Infusions Under Various Extraction Conditions by High Performance Liquid Chromatography. *Department of Chemistry and Institute of Basic Research*. Vol. 26. No. 5. P. 1-8.
- Cullity, B. D. 1978. *Elements of X-Rays Diffraction*. Second Edition. Adison-Wesley Publishing Company Inc, USA. P. 1-87.
- Dalimunthe, I. S. 2004. *Kimia dari Inhibitor Korosi*. Universitas Sumatera Utara. Medan. P. 45-48.
- Dalimartha, S. 2008. *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia*. Jilid 5. Pustaka Bunda. Jakarta. P. 3-6.
- Dasuki, U.A. 1991. *Sistemik Tumbuhan Tinggi*. Institut Teknologi Bandung. Bandung. P. 7-8.
- Davis, H. 1982. *The Testing of Engineering Materials*. 4th Edition. Mc Graw-Hill Book Company. New York. P. 14-17.
- Davis, J.R. 2001. *Alloying Understanding the Basics. Material Park*. United States of America. ASM International. P. 27.
- Djaprie, S. 1995. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Edisi 5. Erlangga. Jakarta. P. 101-104.
- El-Etre, A.Y., and Abdallah, M. 2000. Natural Honey as Corrosion Inhibitor for Metals and Alloys II C-steel in High Saline Water. *Corrosion Science*. Vol 42. P. 731-738.
- Fogler. 1992. *Element of Chemical Reaction Engineering*. Second Edition Prentice Hall International Inc. Washington D.C. P. 58-62.
- Fontana, M. C., dan Greene, M. D. 1986. *Corrosion Engineering Hand Book*. Mc Graw Hill Book Company. New York. P. 144-147.

- Fontana, M. 1987. *Corrosion Engineering*. 3rd Edition McGraw Hill. New York. P. 5-30.
- Harborne, J.B. 1984. *Metode Fitokimia Penuntun Cara Modern Menganalisa Tumbuhan Terbitan Kedua*. Penerbit ITB. Bandung. P. 152-153.
- Harsono, Wiryosumarto. 2004. *Teknologi Pengelasan Logam*. Pradnya Paramita. Jakarta. P. 13.
- Haryono, G. dan Sugiarto, B. 2010. *Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi*. UPN Veteran. Yogyakarta. P. 125.
- Hoffman, U., Hoffman, T., Jurasinski, G., Glatzel, S and Kuhn, N. J. 2014. Assesing the spatial variability of soil organic carbon stocks in alpine setting (Grindelwald, Swiss Alps). *Geoderma*. Vol. 232. P. 270-283.
- Ilim dan Hermawan, B. 2008. Study Penggunaan Ekstrak Buah Lada, Buah Pinang dan Daun Teh sebagai Inhibitor Korosi Baja Lunak dalam Air Laut Buatan yang Jenuh GasCO₂. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi II*. Universitas Lampung. Lampung. P. 257-256.
- Ilyasu, I., D. S. Yawas and Aku, S. Y. 2012. Corrosion Behaviour of Austenitic Stainless Steel in Sulphuric Acid at Various Concentrations. *Advanced in Applied Science Research*. Vol. 3. P. 3909 – 3915.
- Jones, A. 1996. *Principles and Prevention of Corrosion*. Prentice Hall.Inc. Newark. P. 514.
- Kirk and Othmer. 1965. *Encyclopedia of Chemical Technology Second Edition*. John Willey and Sons. New York. P. 320.
- Lestari. P., wijama. S And Putri. W.I. 2014. Tannin Extraction from Avocado Leaves (*Persea americana* Mill.) as Natural Colorant (Study of Solute Ratio and Extraction Time). *Skripsi*. Universitas Brawijaya. Malang. P. 1-6.
- Lister, D.H. and W.G. Cook. 2011. *Reactor Chemistry and Corrosion*. Section 5. Crevice Corrosion. Paris.
- Manitto, P. 1992. *Biosintesis Produk Alami*. IKIP Semarang Press. Semarang. P. 597.
- McMullan, D. 1988. Von Ardenne and The Scanning Electron Microscopy. *ProcRoy Micrisc*. Vol. 23. P. 283-288.
- Nasir, N. I. 2014. The Effect of Heat Treatment on the mechanical Properties of Stainless Steel Type 304. *International Journal of Scientific Engineering and Research*. Vol. 3. No.8. P. 87- 93.

- Oguzie, E. E. 2007. Corrosion Inhibition of Aluminium in Acidic and Alkaline Media by Sansevieria Trifas-Ciata Extract. *Corrosion Science*. Vol. 49. P. 402-417.
- Priyotomo, G. 2008. *Kamus Saku Korosi Material*. Metalurgi LIPI. Tangerang. P. 4-14.
- R. E. Smallman and R. J. Baishop. 2000. *Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering*. Hill International Book Company. New York. P. 298.
- Richman, M. H. 1967. *An Introduction to The Science of Metals*. Blaisdell Publishing Company. USA. P. 78-79.
- Riszki, T. I dan Harmami. 2015. Pengaruh Suhu Terhadap Kualitas Coating (Pelapisan) Stainless Steel Tipe 304 dengan Kitosan secara Elektroforesis. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. Vol. 4. No.1. P. 25-28.
- Roberge, P.R. 2000. *Handbook of Corrosion Engineering*. Mc Graw-Hill. New York. P. 333-351.
- Roberge, P.R. 2008. *Corrosion Engineering-Principles and Practice*. The Mc Graw-Hill Companies Inc. New York. P. 23-28.
- Soltani, N., Tavakkoli, N., Khayat Kashani, M and Jalali, M. R. 2012. Green Approach To Corrosion Inhibition of 304 Stainless Steel in Hydrochloric Acid Solution by The Extract of Salvia Officinalis Leaves. *Corrosion Science*. No. 62 P.122-135.
- Sulfi, N. T. dan Harmami. 2013. Inhibisi Korosi Baja SS 304 dalam Media 1M H₂SO₄ oleh Kinina dengan Penambahan 1 Mm Natrium sitrat. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. Vol. 2. No.2. P. 2337-3520.
- Sumarji. 2011. Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Stainless Steel Tipe SS 304 dan SS 201 menggunakan Metode U-Bend Test secara Siklik dengan Variasi Suhu dan PH. *Jurnal ROTOR*. Vol. 4. No. 1. P. 1-8.
- Supardi, R. 1997. *Korosi Edisi Pertama*. Tarsito. Bandung. P. 56-58.
- Trethewey, K. R. and Chamberlain, J. 1991. *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasa*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. P. 27-28.
- Vlack, V. L. H. 1994. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam)*. Edisi 5. Erlangga. Jakarta. P. 101-104.
- Victor, K. and Turalely, R. 2016. Ekstrak Daun Nipah sebagai Inhibitor Korosi Baja SS-304 dalam Larutan H₂SO₄. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya*. Pp. 1-7.

- Wibowo, S.A. dan Setianingrum, E. 2015. Pengaruh Perlakuan Shot Peening dan Elektroplating Ni-Cr pada AISI 304 Terhadap Laju Korosi Dalam Larutan Synthetic Body Fluid (SBF). *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*. Vol. 2. P.1846-2407.
- Widharto, S. 2001. *Petunjuk Kerja Las*. Pradnya Paramita. Jakarta. P. 227.
- Wiston, R. 2000. *Uhlig's Corrosion Handbook*. 2nd edition. John willey and sons Inc. New York. P.109.
- Wulandari, A. 2011. Studi Ketahanan Korosi H₂ pada Baja Karbon Rendah yang Mengalami Canai Hangat 600 °C. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Jawa Barat. P. 6-7.
- Yunaidi. 2016. Perbandingan Laju Korosi pada Baja Karbon Rendah dan Stainless Steel Seri 201, 304, dan 430 dalam Media Nira. *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal*. Vol. 1. P. 1 – 6.
- Zaenal, H. dan George, B. E. 1997. *Aplikasi Metalurgical Spectrometer*. Balai Besar Industri Logam dan Mesin. Bandung. P. 28-29.