

**PENGARUH PENAMBAHAN INHIBITOR EKSTRAK KOPI DAN
WAKTU PERENDAMAN TERHADAP LAJU KOROSI PADA BAJA
KARBON AISI 1020 DALAM LARUTAN NaCl 3%**

Skripsi

Oleh

HARTONO SIMANJUNTAK



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

ABSTRAK

Pengaruh Penambahan Inhibitor Ekstrak Kopi Dan Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon AISI 1020 Dalam Larutan NaCl 3%

Oleh

Hartono Simanjuntak

Ekstrak kopi yang digunakan sebagai inhibitor pada sampel baja karbon AISI 1020, direndam dalam medium korosif NaCl 3%. Dengan memvariasikan waktu perendaman 4 hari dan 8 hari, dan juga konsentrasi inhibitor 0%, 3%, 5% dan 7%. Setelah perlakuan pada sampel diperoleh hasil perhitungan laju korosi yang paling lambat pada sampel AISI 1020 8.7 dan yang paling cepat pada sampel AISI 1020 4.0. Inhibitor yang digunakan mempunyai nilai efisiensi paling tinggi pada sampel AISI 1020 4.7. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa struktur kristal yang terbentuk merupakan fasa Fe murni. Karakterisasi SEM menunjukkan morfologi permukaan sampel, terlihat gumpalan pada sampel. Karakterisasi EDS pada sampel terlihat unsur Oksigen (O) yang mengindikasikan bahwa sampel telah terkorosi.

Kata kunci. AISI 1020, ekstrak kopi, inhibitor korosi, dan NaCl.

ABSTRACT

The Added Inhibitor Coffee Extract And Ingrate Of Corrosion In AISI 1020 Carbon Steel In A 3% NaCl Solution

By

Hartono Simanjuntak

***Abstract.** Coffee extract used as an inhibitor in carbon steel samples AISI 1020, soaked in 3% NaCl corrosive medium. By varying the immersion time by 4 days and 8 days, as well as the inhibitor concentrations of 0%, 3%, 5% and 7%. After the treatment of the sample, the results of the calculation of the corrosion rate were the slowest in the sample AISI 1020 8.7 and the fastest in the sample AISI 1020 4.0. The inhibitor used has the highest efficiency value in the sample AISI 1020 4.7. The XRD characterization results showed that the crystal structure formed was pure Fe phase. SEM characterization shows the surface morphology of the sample, visible clumps in the sample. The characterization of EDS in the sample shows oxygen (O) which indicates that the sample has been corroded.*

Key words. AISI 1020, coffee extract, corrosion inhibitor, and NaCl.

**PENGARUH PENAMBAHAN INHIBITOR EKSTRAK KOPI DAN
WAKTU PERENDAMAN TERHADAP LAJU KOROSI PADA BAJA
KARBON AISI 1020 DALAM LARUTAN NaCl 3%**

Oleh

HARTONO SIMANJUNTAK

Skripsi

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

Pada

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung



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

Judul Skripsi : **PENGARUH PENAMBAHAN INHIBITOR
EKSTRAK KOPI DAN WAKTU
PERENDAMAN TERHADAP LAJU
KOROSI PADA BAJA KARBON AISI 1020
DALAM LARUTAN NaCl 3%**

Nama Mahasiswa : **Hartono Simanjuntak**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1417041031

Jurusan : **Fisika**

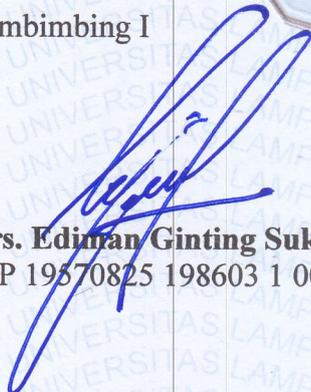
Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

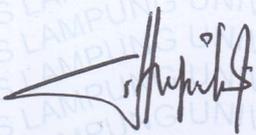


1. **Komisi Pembimbing**

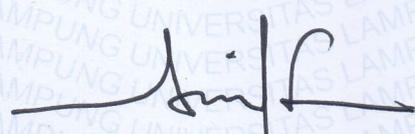
Pembimbing I

Pembimbing II


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


Suprihatin, M.Si.
NIP 19730414 199702 2 001

2. **Ketua Jurusan Fisika**


Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.
NIP 19710909 200012 1 001

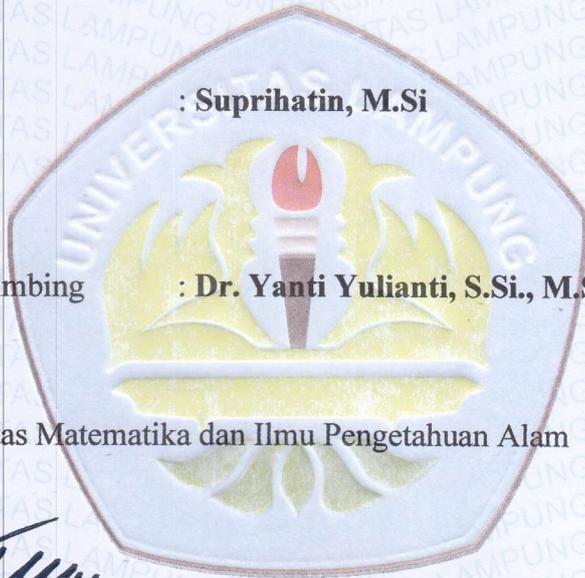
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Drs. Ediman Ginting Suka, M.Si

Sekretaris : Suprihatin, M.Si

**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Yanti Yulianti, S.Si., M.Si**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 09 Oktober 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 ini dibuat oleh saya sendiri.

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

Bandar Lampung, 09 Oktober 2019



Hartono Simanjuntak
NPM. 1417041031

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sumatera Utara, Dusun VII Pintu air Sei Belutu Kecamatan Sei Bamban pada tanggal 09 November 1996. Penulis merupakan anak Pertama dari lima bersaudara pasangan Bapak Togi Simanjuntak dan Ibu Dorma Agnes Sianturi. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 107452 Parsaoran tahun 2008, SMPN 2 Kelapa Tinggi Sei Bamban pada tahun 2011, dan SMAN 1 Siantar Narumonda pada tahun 2014.

Selanjutnya pada tahun 2014 penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di kegiatan kampus yaitu Unit Kegiatan Mahasiswa Kristen sebagai Anggota Divisi I pada tahun 2014-2015. Penulis melakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Balai Besar Kulit, Karet, dan Plastik (BBKKP) Yogyakarta dengan judul “Uji Ketebalan Kulit pada Proses Penyamakan Kulit Kambing. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Sains Dasar. Kemudian penulis melakukan penelitian “Pengaruh Penambahan Inhibitor Ekstrak Kopi dan Waktu Perendaman terhadap Laju Korosi pada Baja Karbon AISI 1020 dalam Larutan NaCl 3%” sebagai tugas akhir di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNILA.

MOTTO

**“ Serahkanlah segala kekuatiranmu kepadaNya, sebab Ia yang memelihara
kamu”
1 Petrus 5:7**

**“Segala perkara dapat kutanggung didalam Dia yang memberi kekuatan
kepadaku”
Filipi 4:13**

Aku persembahkan karya kecilku ini kepada

TUHAN YANG MAHA ESA

**KEDUA ORANG TUAKU YANG SELALU MENGASIHIKU
MENDOAKANKU, MENDUKUNGKU, MENYEMANGATIKU,
DAN SEBAGAI MOTIVATOR TERBESAR DALAM
HIDUPKU**

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

TEMAN SEPERJUANGANKU DAN ANGKATAN '14

ALMAMATER TERCINTA.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan kesehatan dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“PENGARUH PENAMBAHAN INHIBITOR EKSTRAK KOPI DAN WAKTU PERENDAMAN TERHADAP LAJU KOROSI PADA BAJA KARBON AISI 1020 DALAM LARUTAN NaCl 3%”**. 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. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua. Amin.

Bandar Lampung, 09 Oktober 2019

Penulis,

Hartono Simanjuntak

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, 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. Suratman, M.Sc., sebagai Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
2. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng., sebagai Ketua Jurusan dan para dosen serta karyawan di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
3. Bapak Drs. Ediman Ginting Suka, M.Si., sebagai Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan yang mendukung dari awal sampai akhir penulisan skripsi.
4. Ibu Suprihatin, 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.
5. Ibu Dr. Yanti Yulianti, S.Si., M.Si., sebagai Penguji yang telah mengoreksi kekurangan, memberi kritik dan saran selama penulisan skripsi.

6. Kedua orangtuaku Bapak Togi Simanjuntak dan Ibu Dorma Agnes Sianturi yang luar biasa selalu menyemangatiku. Terimakasih untuk kehadirannya dalam hidupku yang senantiasa memberikan dukungan, do'a dan semangat yang luar biasa, serta kebersamaan sampai penulis menyelesaikan skripsi.
7. Bapak Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc., sebagai Pembimbing Akademik, yang telah memberikan bimbingan serta nasehat dari awal perkuliahan sampai menyelesaikan tugas akhir.
8. Teman-teman fisika angkatan 2014 yang selama ini memberikan semangat.
9. Adik-adikku yang selalu memberikan semangat Lestari Simanjuntak, Josua Simanjuntak, Anjasmara Simanjuntak, Rahmat Simanjuntak, Annie Nelson, Maruli kieren Nelson.
10. Sahabat-sahabat seperjuanganku Alfin Edo Lubis, Ramon Sanjaya, Repangga dan Sarah yang selalu bersama dalam suka maupun duka.
11. Sahabat-sahabatku yang melengkapi setiap kekuranganku, Tri Agustinus Sianipar, Wendy Purba, Dewi Simamora, Swita, Sandy, Rasinta, Angel, dan Bobi yang selalu mendoakan dan memberi dukungan.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberkati kita semua. Amin.

Bandar Lampung, 09 Oktober 2019

Penulis

Hartono Simanjuntak

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACK	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	xv
DAFTAR TABEL	xvi
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
1. Pengertian Baja.....	6
2. Klasifikasi Baja	7
B. Korosi	9
1. Pengertian Korosi	9
2. Faktor Korosi	12
3. Jenis-jenis Korosi	14
4. Pencegahan Korosi.....	18
5. Laju Korosi.....	19
C. Inhibitor Korosi	20
1. Pengertian Inhibitor.....	20
2. Pembagian Inhibitor Korosi	20
D. Ekstrak Kopi sebagai Bahan Inhibitor Korosi	20
1. Metode Ekstraksi.....	20
2. Kopi (<i>Coffea spp</i>).....	21
3. Kafein.....	23
E. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	23
F. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	24
G. Metode Kehilangan Berat (<i>Gravimetri</i>).....	27

III. METODELOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	29
B. Alat dan Bahan	29
C. Kode Sampel	30
D. Prosedur Penelitian	38
1. Preparasi Sampel Baja.....	30
2. Pembuatan Larutan Inhibitor dari Biji Kopi	31
3. Penimbangan Massa Awal Sampel	31
4. Pembuatan Medium Korosif	31
5. Perendaman	32
6. Pembersihan dan Penimbangan Massa Akhir Sampel	32
7. Uji SEM dan EDS	32
E. Diagram Alir Penelitian	33

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan	34
B. Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	39
C. Karakterisasi <i>Energy Dispersive Spectroscopy</i> (EDS) dan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	45
1. Hasil Karakterisasi SEM	45
2. Hasil Karakterisasi EDS.....	48

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	54
B. Saran	55

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Korosi seragam pada pipa	15
Gambar 2.2. Korosi galvanik	15
Gambar 2.3. Korosi celah.....	16
Gambar 2.4. Korosi sumuran	16
Gambar 2.5. Tanaman kopi.....	22
Gambar 2.6. Diagram SEM	25
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian	33
Gambar 4.1. Pengaruh konsentrasi inhibitor dalam medium korosif NaCl 3% terhadap laju korosi pada baja karbon AISI 1020 .	36
Gambar 4.3. Pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap efisiensi inhibitor dalam medium korosif NaCl 3%	38
Gambar 4.4. Difraktogram hasil XRD pada baja perendaman 4 hari	39
Gambar 4.5. Difraktogram hasil XRD pada baja perendaman 8 hari	40
Gambar 4.6. Foto hasil SEM permukaan baja AISI 1020 dengan perbesaran 1000 x	45
Gambar 4.7. Grafik hasil karakterisasi EDS sampel baja AISI 1020 4.3 ..	48
Gambar 4.9. Grafik hasil karakterisasi EDS sampel baja AISI 1020 4.7 ..	50
Gambar 4.11 Grafik hasil karakterisasi EDS sampel baja AISI 1020 8.3. .	51
Gambar 4.12 Grafik hasil karakterisasi EDS sampel baja AISI 1020 4.7 ..	27

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Kode sampel.....	30
Tabel 4.1. Hasil pengukuran baja karbon AISI 1020 dalam medium korosif NaCl 3%	34
Tabel 4.2. Hasil pengujian komposisi	35
Tabel 4.3 Hasil perhitungan laju korosi baja karbon AISI 1020.....	36
Tabel 4.4. Efisiensi inhibitor ekstrak kopi dalam medium korosif NaCl 3%	38
Tabel 4.5 Selisih nilai $2\theta/d(\text{\AA})$ antara data XRD sampel AISI 1020 4.0 dan data standar.....	42
Tabel 4.6 Selisih nilai $2\theta/d(\text{\AA})$ antara data XRD sampel AISI 1020 4.7 dan data standar	43
Tabel 4.7 Selisih nilai $2\theta/d(\text{\AA})$ antara data XRD sampel AISI 1020 8.0 dan data standar	43
Tabel 4.8 Selisih nilai $2\theta/d(\text{\AA})$ antara data XRD sampel AISI 1020 8.7 dan data standar.....	44
Tabel 4.9 Hasil karakterisasi EDS sampel AISI 1020 4.3.	49
Tabel 4.10 Hasil karakterisasi EDS sampel AISI 1020 4.7	50
Tabel 4.11 Hasil karakterisasi EDS sampel AISI 1020 8.3	51
Tabel 4.12 Hasil karakterisasi EDS sampel AISI 1020 8.7	52

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Baja atau besi banyak digunakan di masyarakat, mulai dari peralatan rumah tangga, sekolah, gedung, mobil, motor, dan lain-lain. Tidak hanya dalam masyarakat, penggunaan baja atau besi dalam suatu industri memegang peranan penting. Alat dan mesin serta instalasi dalam industri hampir 90% berasal dari bahan logam. Akan tetapi logam memiliki kelemahan yaitu mudah terkorosi, sehingga dapat mengakibatkan kegagalan produksi pada komponen industri (Budianto dkk,2009).

Baja merupakan bahan logam yang mudah mengalami kerusakan dan kehilangan fungsi akibat proses alam, tetapi mempunyai popularitas tinggi karena logam ini mempunyai kemampuan untuk dipergunakan dalam berbagai macam kebutuhan, mudah dibuat, mudah dilas, dan harganya relatif murah (Handani dan Megi, 2012).

Baja AISI 1020 adalah baja karbon rendah yang memiliki harga jual murah dibandingkan baja karbon sedang, baja karbon tinggi, dan baja paduan. Material ini digunakan sebagai bahan konstruksi umum, bahan poros(*shaft*), roda gigi (*gear*) dan lain-lain. Baja AISI 1020 mempunyai keuletan tinggi dan mudah dibentuk, tetapi kekerasannya rendah (Irianty dan Khairat, 2013). Pada umumnya

baja karbon rendah sangat rentan terhadap korosi atau karat apabila berinteraksi dengan air laut.

Korosi merupakan masalah besar bagi bangunan dan peralatan yang menggunakan material dasar logam seperti gedung, jembatan, mesin, pipa, mobil, kapal, dan lain sebagainya (Rieger, 1992). Kerusakan yang ditimbulkan akibat korosi akan sangat besar pengaruhnya terhadap kehidupan manusia. Dari segi ekonomi akan mengakibatkan tingginya biaya perawatan, dari segi keamanan akan menyebabkan robohnya bangunan atau jembatan, dan dari segi lingkungan akan menimbulkan adanya proses pengkaratan besi yang berasal dari berbagai konstruksi sehingga dapat mencemarkan lingkungan (Trethewey and Chamberlain, 1991).

Korosi tidak dapat dihindari, namun laju korosi ini dapat dikurangi. Pengurangan laju korosi dapat dilakukan dengan proteksi katodik, proteksi anodik, pelapisan (*coating*), dan penambahan inhibitor. Inhibitor korosi terdiri dari inhibitor anorganik dan inhibitor organik. Inhibitor anorganik antara lain arsenat, kromat, silikat, dan fosfat yang merupakan jenis bahan kimia yang mahal, berbahaya, dan tidak ramah lingkungan, sehingga akan memberi efek buruk bila berinteraksi langsung dengan tubuh manusia. Oleh karena itu, saat ini sedang dikembangkan penggunaan bahan organik yang lebih alami untuk dijadikan bahan inhibitor korosi yang lebih aman dan biokompatibel dengan tubuh (Machfudzah, dkk. 2014).

Dari penelitian sebelumnya, diketahui bahwa ekstrak daun tembakau, teh, dan kopi dapat berfungsi sebagai inhibitor pada logam besi, tembaga, dan aluminium

dalam medium larutan garam, karena memiliki gugus nitrogen yang baik (Andy, A, 2012).

Kopi mengandung kafein ($C_8H_{10}N_4O_2$), merupakan alkaloid yang mempunyai cincin purin dan merupakan derivat dari *metil xanthine*. Senyawa kafein dapat dijadikan inhibitor karena terdapat gugus nitrogen yang mengandung pasangan elektron bebas sebagai pendonor elektron terhadap besi untuk membentuk senyawa kompleks. Inhibitor kafein merupakan inhibitor organik, sehingga proses penginhibisiannya disebabkan adsorpsi molekul dalam permukaan logam (Andy, A, 2012).

Penelitian tentang inhibitor ekstrak kopi dalam media korosi NaCl 0,2% dan 1% dilakukan oleh Pradhini dan Irfan Purnawan(2015) dengan memvariasi waktu perendaman selama 0,5; 1; 2; 3; dan 4 hari dengan konsentrasi 8 ppm. Ekstraksi kopi dilakukan dengan metode maserasi dan laju korosi dihitung dengan metode kehilangan berat. Hasil penelitian menunjukkan inhibitor dapat menurunkan laju korosi besi sebesar $0,0042 \text{ gr/m}^2$ per hari dengan waktu perendaman optimal 1 hari dan efisiensi inhibisi sebesar 54,56%. Sedangkan dalam media NaCl 1%, laju korosi sebesar $0,05 \text{ gr/m}^2$ per hari dengan waktu perendaman optimal 0,5 hari dan efisiensi inhibisi sebesar 52,48%.

Pada penelitian kali ini, baja yang digunakan adalah baja karbon AISI 1020 direndam dalam medium korosif NaCl 3% pada konsentrasi inhibitor 0%; 3%; 5%; dan 7% dengan waktu perendaman selama 4 hari dan 8 hari. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inhibitor ekstrak kopi dan waktu perendaman terhadap laju korosi pada baja karbon AISI 1020 dalam

medium korosif NaCl 3% dan mengetahui efisiensi inhibisi dari ekstrak kopi pada baja karbon AISI 1020. Sampel baja hasil korosi dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffraction (XRD)* untuk melihat fasa pada baja, *Scanning Electron Microscopy (SEM)* dan *Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)* untuk melihat produk korosi. Untuk menentukan laju korosi dilakukan menggunakan metode kehilangan berat.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor ekstrak kopi dan waktu perendaman terhadap laju korosi pada baja karbon AISI 1020 dalam medium korosif NaCl 3%?
2. Berapakah efisiensi inhibisi dari ekstrak kopi pada baja karbon AISI 1020 dalam medium korosif NaCl 3%?
3. Bagaimana struktur mikro dan produk korosi yang terbentuk pada baja karbon AISI 1020 setelah ditambahkan inhibitor ekstrak kopi dalam medium korosif NaCl 3%?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Sampel yang digunakan adalah baja karbon AISI 1020.
2. Medium korosif yang digunakan adalah NaCl dengan konsentrasi 3%.
3. Perendaman baja pada medium korosif menggunakan inhibitor ekstrak kopi dengan variasi konsentrasi 0%, 3%, 5% dan 7% dan variasi waktu perendaman selama 4 hari dan 8 hari.
4. Laju korosi dihitung dengan metode kehilangan berat.

5. Karakterisasi yang dilakukan menggunakan XRD, SEM dan EDS.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor ekstrak kopi dan waktu perendaman terhadap laju korosi pada baja karbon AISI 1020 dalam medium korosif NaCl 3%.
2. Mengetahui efisiensi inhibisi dari ekstrak kopi pada baja karbon AISI 1020 dalam medium korosif NaCl 3%.
3. Mengetahui struktur mikro dan produk korosi yang terbentuk pada baja karbon AISI 1020 setelah ditambahkan inhibitor ekstrak kopi dalam medium korosif NaCl 3%.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi tentang manfaat ekstrak kopi sebagai inhibitor korosi pada baja karbon.
2. Memberikan informasi mengenai pengaruh konsentrasi larutan inhibitor ekstrak kopi pada baja karbon AISI 1020 dalam medium korosif NaCl 3%.
3. Menjadi tambahan referensi tentang inhibitor korosi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, terutama di Jurusan Fisika.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Baja

1. Pengertian Baja

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai salah satu dasar campurannya. Disamping itu, baja juga mengandung unsur-unsur lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi. Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh persentase karbon dan struktur mikro. Struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja. Karbon dengan unsur campuran lain dalam baja membentuk karbid yang dapat menambah kekerasan, tahan gores dan tahan suhu. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguatan pada kisi kristal atom besi. Perbedaan persentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara mengklasifikasikan baja. Menurut ASM Handbook (1993), penambahan unsur-unsur dalam baja karbon dengan satu unsur atau lebih, tergantung dari pada karakteristik baja karbon yang akan dibuat.

2. Klasifikasi Baja

Menurut ASM Handbook (1993), klasifikasi baja berdasarkan komposisi kimianya adalah:

a. Baja Karbon

Baja karbon terdiri dari besi dan karbon. Oleh karena itu, pada umumnya sebagian besar baja hanya mengandung karbon dengan sedikit unsur paduan lainnya. Perbedaan persentase kandungan karbon dalam campuran logam baja menjadi salah satu pengklasifikasian baja. Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi ke dalam tiga macam, yaitu:

- Baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah adalah baja yang mengandung karbon kurang dari 0,3%. Baja karbon rendah merupakan baja yang paling murah biaya produksi diantara baja karbon lainnya, mudah dilas, serta keuletan dan ketangguhannya sangat tinggi tetapi kekerasannya rendah dan tahan aus. Baja jenis ini dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen bodi mobil, struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, kaleng, pagar dan lain-lain.

- Baja karbon sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon sedang adalah baja yang mengandung karbon dengan persentase sebesar 0,3%-0,6%. Baja karbon sedang memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan baja karbon rendah yaitu kekerasannya lebih tinggi daripada baja karbon rendah, kekuatan tarik dan batas regang yang tinggi, tidak mudah dibentuk oleh mesin, lebih sulit dilakukan pengelasan

dan dapat dikeraskan dengan *quenching*. Baja karbon sedang banyak digunakan untuk poros, rel kereta api, roda gigi, pegas, baut, komponen mesin yang membutuhkan kekuatan tinggi dan lain-lain.

- Baja karbon tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi merupakan baja yang mengandung karbon sebesar 0,6%-1,7% dan memiliki tahanan panas yang tinggi, kekerasan tinggi, tetapi keuletannya lebih rendah. Baja karbon tinggi mempunyai kuat tarik paling tinggi dan banyak digunakan untuk material perkakas (*tools*). Salah satu aplikasi dari baja tersebut adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung di dalam baja maka karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas dan alat-alat perkakas seperti palu, gergaji atau pahat potong. Selain itu, baja jenis ini banyak digunakan untuk keperluan industri lain seperti pembuatan kikir, pisau cukur, mata gergaji dan lainnya (ASM Handbook, 1993).

b. Baja Paduan

Baja paduan didefinisikan sebagai suatu baja yang dicampur dengan satu atau lebih unsur campuran seperti nikel, mangan, molibdenum, kromium, vanadium dan wolfram yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat baja yang dikehendaki, seperti sifat kekuatan, kekerasan dan keuletannya. Paduan dari beberapa unsure yang berbeda memberikan sifat khas dari baja. Misalnya baja yang dipadu dengan nikel, mangan dan krom akan menghasilkan baja yang mempunyai sifat keras dan ulet. Berdasarkan paduannya baja paduan dibagi menjadi tiga macam yaitu:

- Baja paduan rendah (*Low Alloy Steel*)

Baja paduan rendah merupakan baja paduan dengan kadar unsur paduan kurang dari 2,5%, mempunyai kekuatan dan ketangguhan lebih tinggi dari pada baja karbon dengan kadar karbon yang sama atau mempunyai keuletan lebih tinggi daripada baja karbon dengan kekuatan yang sama. Baja jenis ini biasanya digunakan untuk perkakas seperti pahat kayu, poros dan gergaji.

- Baja paduan menengah (*Medium Alloy Steel*)

Baja paduan menengah merupakan baja dengan paduan elemen 2,5%-10%. Unsur-unsur yang terdapat pada baja jenis ini diantaranya Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.

- Baja paduan tinggi (*High Alloy Steel*)

Baja paduan tinggi merupakan baja paduan dengan kadar unsur paduan lebih dari 10%. Unsur-unsur yang terdapat pada baja jenis ini diantaranya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, dan P (Mulyanti, 1996).

B. Korosi

1. Pengertian Korosi

Korosi adalah salah satu proses perusakan material khususnya logam karena adanya suatu reaksi antara logam tersebut dengan lingkungan. Proses perusakan material yang terjadi menyebabkan turunnya kualitas material logam tersebut. Korosi yang terjadi pada benda logam merupakan sebuah hal yang akan selalu terjadi dan tidak dapat dihindarkan. Korosi merupakan proses yang terjadi secara alami dan tidak akan bisa berhenti selama logam tersebut masih berada di

lingkungan yang bersifat korosif. Proses ini akan merusak logam dengan cara mengikis logam yang kemudian akan menurunkan sifat-sifat mekanis yang dimiliki oleh logam tersebut. Pada umumnya reaksi korosi yang terjadi merupakan reaksi elektrokimia (Yanuar, dkk. 2016).

Bila suatu logam dicelupkan dalam larutan elektrolit, terjadi dua lokasi yang disebut daerah anoda dan katoda. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi dan pada katoda terjadi reaksi reduksi. Korosi logam terjadi karena adanya reaksi oksidasi reduksi (redoks) yang tidak reversibel antara logam dengan zat pengoksidasi (oksidator) di lingkungan (Landolt, 2006). Ion dari senyawa-senyawa yang bersifat asam, seperti ion Cl^- yang merupakan ion agresif dari golongan asam kuat mampu merusak lapisan film oksida logam. Besi dan paduannya mempunyai lapisan oksida Fe_2O_3 sebagai lapisan pasif yang melekat pada permukaan logam yang melindungi besi dari korosi. Lapisan oksida ini akan semakin hancur oleh adanya konsentrasi ion klorida yang semakin tinggi (Fontana dan Greene, 1986).

Korosi hanya akan terjadi jika ada tiga komponen utama dalam sel korosi, yaitu:

a. Logam

Di dalam logam atau bahan terdapat dua komponen penting dalam penentuan terjadinya reaksi korosi, yaitu:

- **Anoda**

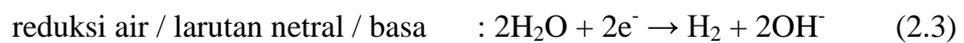
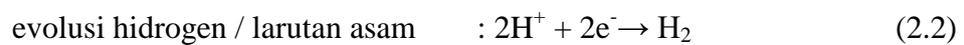
Anoda adalah bagian permukaan yang mengalami reaksi oksidasi atau terkorosi. Pada anoda ini logam terlarut dalam larutan dan melepaskan elektron untuk membentuk ion logam yang bermuatan positif. Reaksi korosi suatu logam M dinyatakan dalam persamaan berikut:



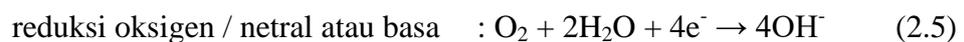
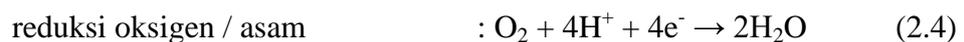
- **Katoda**

Katoda adalah elektroda yang mengalami reaksi reduksi menggunakan elektron yang dilepaskan oleh anoda. Pada lingkungan air alam, proses yang sering terjadi adalah pelepasan H₂ dan reduksi O₂.

a). Pelepasan H₂ dalam larutan asam dan netral



b). Reduksi oksigen terlarut dalam larutan asam dan netral



c). Reduksi ion logam yang lebih elektronegatif



b. Elektrolit

Untuk mendukung suatu reaksi reduksi dan oksidasi, serta melengkapi rangkaian elektrik, antara anoda dan katoda harus dilengkapi dengan elektrolit. Elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan arus listrik akibat adanya ion-ion yang terurai di dalam larutan. Dalam peristiwa korosi terdapat anoda, katoda, elektrolit dan konduktor, yang pada dasarnya sama dengan sel elektrokimia (Ali, dkk. 2014). Elektrolit menghantarkan arus listrik karena mengandung ion-ion yang mampu menghantarkan *electroequivalen force* sehingga reaksi dapat berlangsung. Semakin banyak kandungan ion-ion dalam elektrolit maka semakin cepat

elektrolit menghantarkan arus listrik. Elektrolit ini sendiri terdapat pada lingkungan dari suatu rangkaian elektrik. Beberapa lingkungan yang dapat bersifat katoda adalah lingkungan air, atmosfer, gas, asam mineral, tanah, dan minyak.

c. Rangkaian listrik

Antara anoda dan katoda haruslah terdapat suatu hubungan atau kontak agar elektron dapat mengalir dari anoda menuju katoda.

2. Faktor Korosi

Menurut Trethewey dan Chamberlin (1991), ada beberapa faktor penyebab terjadinya korosi antara lain adalah udara, air, tanah dan zat-zat kimia.

a. Udara

Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan bumi dan komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konsisten. Adanya oksigen yang terdapat di dalam udara dapat bersentuhan dengan permukaan logam yang lembab sehingga kemungkinan terjadi korosi lebih besar.

b. Air

Air dapat dibedakan atas air laut dan air tawar. Air laut merupakan larutan yang mengandung berbagai macam unsur yang bersifat korosif. Jumlah garam dapat dinyatakan dengan salinitas, yaitu jumlah bahan-bahan padat yang terlarut dalam satu kilogram air laut. Karena banyaknya bahan-bahan padat yang terdapat dalam air laut maka akan mempengaruhi laju korosi suatu bahan logam.

Air laut sangat mempengaruhi laju korosi dari logam yang dilalui atau yang kontak langsung dengannya. Hal ini dikarenakan air laut mempunyai

konduktivitas yang tinggi dan memiliki ion klorida yang dapat menembus permukaan logam (Kirk dan Othmer, 1965).

Air tawar seperti air sungai, air danau atau air tanah dapat mengandung berbagai macam garam alami, asam, oksigen, dan zat-zat kimia lain yang berasal dari susunan geologi dan mineral dari daerah yang bersangkutan. Biasanya zat terlarut yang membentuk asam, misalnya belerang dioksida, karbon dioksida dan sebagainya akan mempercepat laju korosi (Sulaiman, 1978).

c. Tanah

Di dalam tanah, korosi terjadi pada pipa, kabel dan pada pondasi logam yang terendam di dalamnya. Tiang baja yang dikubur jauh di dalam tanah yang sudah lama tidak digali akan terkena korosi karena kurangnya oksigen dalam tanah. Pada pemasangan pipa di dalam tanah memungkinkan adanya oksigen terkurung di dalam tanah sehingga dapat menyebabkan korosi. Korosi elektrokimia dapat terjadi dalam tanah akibat adanya arus listrik yang disebabkan oleh kebocoran arus listrik dari kabel jalan rel kereta api atau sumber-sumber lain. Tanah harus dianalisis terlebih dahulu sebelum logam-logam dimasukkan ke dalamnya, karena tanah dapat mengandung berbagai macam zat kimia dan mineral yang korosif. Setelah dianalisis, kita dapat menentukan usaha perlindungan yang tepat terhadap logam-logam tersebut dari serangan korosi di dalam tanah

d. Zat-zat kimia

Zat kimia yang dapat menyebabkan korosi antara lain asam, basa dan garam, baik dalam bentuk cair, padat maupun gas. Pada umumnya, korosi oleh zat kimia dapat

terjadi bila material mengalami kontak langsung dengan zat kimia tersebut (Trethewey dan Chamberlain, 1991).

e. Suhu

Korosi pada suhu ruang berlangsung lama. 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 (Fogler, 1992).

f. pH

Kenaikan laju korosi pada logam terjadi pada pH di bawah 4 (bersifat asam) dan di atas 12 (bersifat basa), hal ini disebabkan karena lapisan pelindung pada logam tidak terbentuk (Roberge, 2008).

g. Waktu kontak

Aksi inhibitor diharapkan dapat membuat ketahanan logam terhadap korosi lebih besar. Dengan adanya penambahan inhibitor kedalam larutan, maka akan menyebabkan laju reaksi menjadi lebih rendah dan 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 (Uhlig, 1961).

3. Jenis Jenis Korosi

a. Korosi Seragam (*Uniform Corrosion*)

Korosi seragam merupakan korosi dengan serangan merata pada seluruh permukaan logam akibat reaksi kimia karena pH air yang rendah dan udara yang lembab, sehingga semakin lama logam akan semakin menipis. Korosi terjadi pada permukaan logam yang terekspos pada lingkungan korosif. Biasanya ini terjadi pada pelat baja. Untuk contoh korosi seragam dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Korosi seragam pada pipa (ASM Handbook, 1993).

b. Korosi Galvanik

Korosi galvanik terjadi jika dua logam yang berbeda jenis dan komposisi dihubungkan melalui elektrolit. Sehingga salah satu dari logam yang bersifat anodik akan terkorosi, sedangkan logam lainnya yang lebih katodik terlindungi dari korosi. Untuk memprediksi logam yang terkorosi pada korosi galvanik dapat menggunakan deret volta. Posisi logam pada deret volta akan menentukan apakah suatu logam lebih anodik atau katodik. Bentuk korosi galvanik dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Korosi Galvanik (ASM Handbook, 1993)

c. Korosi Celah

Korosi celah biasanya terjadi pada sela-sela sambungan logam yang sejenis atau pada retakan di permukaan logam. Hal ini disebabkan akibat perbedaan konsentrasi ion atau oksigen diantara celah dengan lingkungannya. Celah atau ketidak teraturan permukaan lainnya seperti celah paku keling (*rivet*), baut, *washer*, gasket, deposit dan sebagainya, yang bersentuhan dengan media korosi dapat menyebabkan korosi terlokalisasi. Bentuk korosi celah dapat dilihat pada Gambar 2.3.

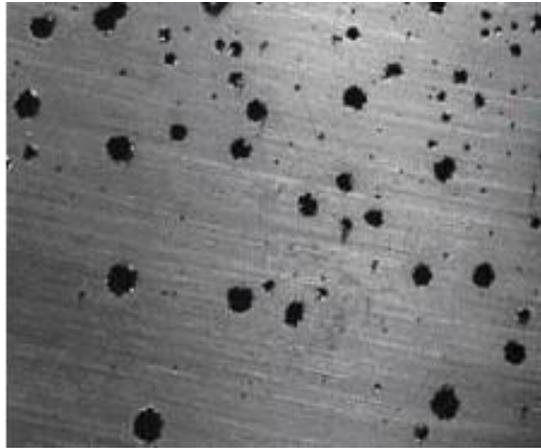


Gambar 2.3. Korosi celah (Priyotomo, 2008).

d. Korosi Sumuran

Korosi sumuran terjadi karena adanya serangan korosi lokal pada permukaan logam, sehingga membentuk cekungan atau lubang pada permukaan logam. Korosi logam pada baja tahan karat terjadi karena rusaknya lapisan pelindung

(*passive film*) akibat komposisi logam yang tidak homogen, dimana pada daerah batas timbul korosi yang berbentuk sumur dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Korosi sumuran

e. Korosi Batas Butir (*intergranular corrosion*)

Korosi batas butir menyerang pada batas butir akibat adanya segregasi dari unsur pasif, seperti krom yang meninggalkan batas butir sehingga pada batas butir bersifat anodik.

f. *Dealloying*

Dealloying adalah lepasnya unsur-unsur paduan yang lebih aktif (anodik) dari logam paduan, sebagai contoh: lepasnya unsur seng atau Zn pada kuningan (Cu – Zn) dan dikenal dengan istilah *dezincification*.

g. Korosi Erosi

Korosi erosi disebabkan oleh kombinasi fluida korosi dan kecepatan aliran yang tinggi. Bagian fluida yang kecepatannya rendah akan mengalami laju korosi rendah, sedangkan fluida kecepatan tinggi menyebabkan terjadinya erosi dan dapat menggerus lapisan pelindung, sehingga mempercepat korosi.

h. Korosi Aliran (*Flow Induced Corrosion*)

Korosi Aliran digambarkan sebagai efek dari aliran terhadap terjadinya korosi. Meskipun mirip, antara korosi aliran dan korosi erosi adalah dua hal yang berbeda. Korosi aliran adalah peningkatan laju korosi yang disebabkan oleh turbulensi fluida dan perpindahan massa akibat dari aliran fluida di atas permukaan logam. Korosi erosi adalah naiknya korosi dikarenakan benturan secara fisik pada permukaan oleh partikel yang terbawa fluida (Jones, 1996).

4. Pencegahan Korosi

Korosi dapat dicegah dengan melihat berbagai aspek yang mempengaruhi terjadinya korosi. Aspek-aspek yang perlu diperhatikan dalam pencegahan korosi yaitu:

a. Seleksi Material

Metode yang sering digunakan dalam pencegahan korosi yaitu seleksi material dengan pemilihan logam atau paduan yang ditempatkan dalam suatu lingkungan korosif tertentu. Logam atau material memiliki sifat tertentu, terutama untuk tahan terhadap korosi.

b. Proteksi katodik

Proteksi katodik adalah jenis perlindungan korosi dengan menghubungkan logam yang mempunyai potensial lebih tinggi ke struktur logam sehingga tercipta suatu sel elektrokimia dengan logam berpotensi rendah bersifat katodik dan terproteksi.

c. Pelapisan (*coating*)

Prinsip umum dari pelapisan yaitu melapisi logam induk dengan suatu bahan atau material pelindung. Jenis-jenis pelapisan sebagai pelindung proses korosi dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu pelapisan organik, anorganik dan logam.

d. Perubahan media dan inhibitor

Perubahan media lingkungan bertujuan untuk mengurangi dampak korosi.

Parameter-parameter umum yaitu:

- Penurunan temperatur
- Penurunan laju alir larutan elektrolit
- Menghilangkan unsur oksigen atau oksidiser
- Perubahan konsentrasi
- Inhibitor (Priyotomo, 2008).

5. 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:

$$CR = \frac{K\Delta m}{At\rho} \quad (2.7)$$

dengan:

CR = Laju korosi (*mmpy*)

K = Konstanta laju korosi ($8,76 \times 10^4$ mm/year)

Δm = Selisih massa (mg)

t = Waktu perendaman (year)

A = Luas permukaan (mm^2)

ρ = Massa jenis (mg/cm^3)

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

$$\eta(\%) = \frac{(CR_{uninhibited} - CR_{inhibited})}{CR_{uninhibited}} \times 100\% \quad (2.8)$$

dengan :

η = Efisiensi inhibitor (%)

$CR_{uninhibited}$ = Laju korosi tanpa inhibitor (mm/y)

$CR_{inhibited}$ = Laju korosi dengan inhibitor (mm/y) (Roberge, 2000)

C. Inhibitor Korosi

1. Pengertian Inhibitor

Inhibitor korosi adalah senyawa kimia yang apabila ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan dapat mengurangi laju korosi pada logam (Fontana and Greene, 1986). Inhibitor bekerja dengan cara membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam. Lapisan molekul pertama yang terbentuk mempunyai ikatan yang sangat kuat yang disebut *chemis option*. Inhibitor korosi umumnya berbentuk fluida atau cairan yang diinjeksikan pada *production line*. Karena inhibitor tersebut merupakan masalah yang penting dalam menangani kororsi maka perlu dilakukan pemilihan inhibitor yang sesuai dengan kondisinya

(Trethewey dan Chamberlain, 1991). Secara umum mekanisme kerja inhibitor adalah:

- a. Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam sehingga membentuk lapisan tipis pada permukaan logam dengan ketebalan beberapa molekul sehingga tidak dapat dilihat oleh mata biasa
- b. Inhibitor melakukan korosi terlebih dahulu terhadap logam kemudian menghasilkan produk korosi dan mengalami proses adsorpsi sehingga membentuk lapisan pasif pada permukaan logam
- c. Inhibitor menghilangkan konstituen yang agresif dari lingkungannya (Dalimunthe, 2004).

Fontana dan Greene (1986) menjelaskan sejumlah *inhibitor* menghambat korosi melalui cara modifikasi polarisasi katodik dan anodik, mengurangi pergerakan ion ke permukaan logam, menambah hambatan listrik pada permukaan logam dan menangkap atau menjebak zat korosif dalam larutan melalui pembentukan senyawa tidak agresif.

2. Pembagian Inhibitor Korosi

Inhibitor korosi menurut bahan dasarnya, dapat dibagi menjadi dua, yaitu inhibitor dari senyawa organik dan dari senyawa anorganik (Widharto,1999). Inhibitor organik pada umumnya berasal dari ekstrak bahan alami yang mengandung atom N, O, P, S dan atom-atom yang mempunyai pasangan elektron bebas. Inhibitor anorganik yang saat ini biasa digunakan adalah sodium nitrit, kromat, fosfat, dan garam seng (Hatch,1984).

D. Ekstrak Kopi sebagai Inhibitor Korosi

1. Metode Ekstraksi

Alur mula 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. Secara umum ekstraksi dilakukan secara berturut-turut mulai dengan pelarut non polar (n-heksana) 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 meserasi, perkolasi dan sokletasi (Harborne, 1987).

Meserasi 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 (Harborne, 1987).

2. Kopi (*Coffea spp*)

Kopi (*Coffea spp*) merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang sudah lama dibudidayakan dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Kopi berasal dari Afrika, yaitu daerah pegunungan di Etiopia. Kopi sendiri baru dikenal oleh masyarakat dunia setelah tanaman tersebut dikembangkan di luar daerah asalnya yaitu Yaman di bagian Selatan Arab melalui para saudagar Arab (Rahardjo, 2012).

Kopi mulai dikenal di Indonesia pada tahun 1696, yang dibawa oleh VOC (*Vereenigde Oostindische Compagnie*). Pada awalnya kopi hanya diproduksi di pulau Jawa, dan bersifat coba-coba, tetapi karena hasilnya memuaskan dan dipandang oleh VOC cukup menguntungkan sebagai komoditi perdagangan maka VOC menyebarkannya ke berbagai daerah agar para penduduk menanamnya (Najiyati dan Danarti, 2004).

Tanaman kopi adalah spesies tanaman berbentuk pohon yang termasuk dalam *family Rubiaceae* dan *genus Coffea*. Tanaman kopi ada sekitar 60 spesies di dunia. Tanaman kopi dapat dilihat pada Gambar 2.5. Sistematika tanaman kopi menurut Rahardjo (2012) adalah :

Kingdom	: Plantae
Sub kingdom	: Tracheobionta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Sub Kelas	: Asteridae
Ordo	: Rubiaceae

Genus : Coffea
Spesies : Coffea spp.



Gambar 2.5. Tanaman Kopi (Rahardjo, 2012).

3. Kafein

Kafein merupakan senyawa kimia alkaloid yang terkandung secara alami pada lebih dari 60 jenis tanaman, terutama teh (1- 4,8 %), kopi (1-1,5 %), dan biji kola, (2,7-3,6 %). Kafein diproduksi secara komersial dengan cara ekstraksi dari tanaman tertentu serta diproduksi secara sintetis. Kebanyakan produksi kafein bertujuan untuk memenuhi kebutuhan industri minuman. Kafein juga digunakan sebagai penguat rasa atau bumbu pada berbagai industri makanan (Misra *et al*, 2008).

Kadar kafein dalam biji kopi (*Coffea spp*) ialah 0,2% – 2,2 %. Untuk bermacam-macam kopi kadar kafeinnya berbeda-beda. Misalnya kadar kafein pada kopi robusta 1,5% – 2,5% , kopi arabika 1,0% – 1,2% , kopi leberia 1,4% – 1,6% dan kopi mukka 1,4% – 1,6 %. Pada suhu 25°C kafein larut dalam campuran 45,6 bagian air, yang kelarutannya meningkat dengan makin tingginya suhu air,

misalnya pada suhu 25°C dapat larut 2,13 gram kafein/100 gram air sedangkan pada suhu 100°C pelarutannya 50 gram kafein/100gram air (sativa, 2014).

E. X-Ray Diffraction (XRD)

Sinar-X pertama kali ditemukan oleh Wilhelm Rontgen pada tahun 1895. Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang 0,01 nm – 10 nm (Smallman, 2000). Panjang gelombang sinar-X ini merupakan dasar digunakannya teknik difraksi

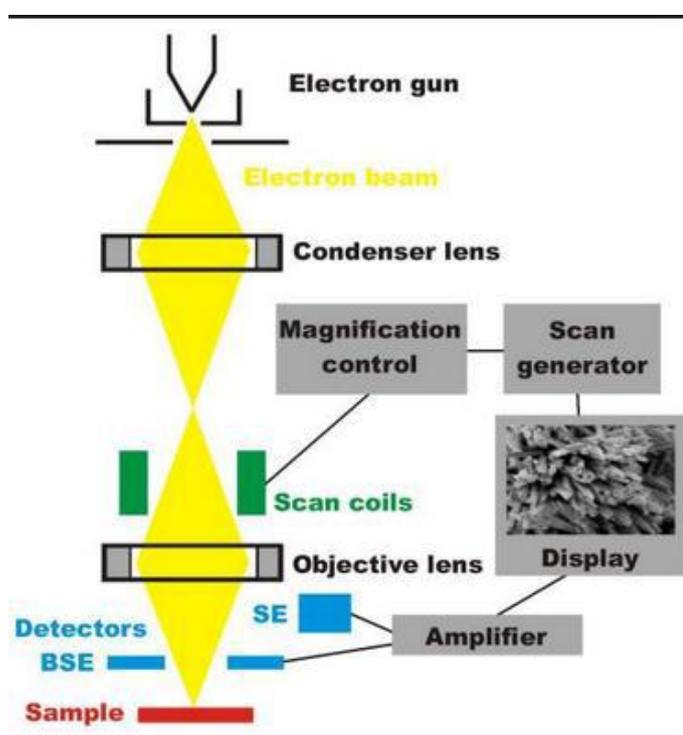
Metode difraksi sinar-X memegang peran yang sangat penting untuk analisis padat kristalin, yaitu untuk meneliti ciri utama struktur (parameter kisi dan tipe struktur), dan untuk mengetahui rincian lain misalnya susunan berbagai jenis atom dalam kristal, keberadaan cacat, ukuran butiran, orientasi, ukuran dan kerapatan-presipitat. Bila seberkas sinar-X dengan panjang gelombang λ diarahkan pada permukaan kristal dengan sudut datang θ , maka sinar tersebut akan dihamburkan oleh bidang atom kristal dan menghasilkan puncak-puncak difraksi yang dapat diamati dengan peralatan difraksi sinar-X (Cullity, 1978).

Sistem kerja difraktometer sinar-X didasarkan pada hukum Bragg. Pola difraksi, intensitas dan sudut difraksi 2θ berbeda-beda untuk setiap bahan. Interferensi berupa puncak-puncak intensitas diperoleh sebagai hasil proses difraksi dimana terjadi interaksi antara sinar-X dengan atom-atom pada bidang kristal (Vlack, 1994).

F. Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan mikroskop elektron yang banyak digunakan dalam ilmu pengetahuan material. SEM banyak digunakan karena memiliki kombinasi yang unik, mulai dari persiapan spesimen yang simpel dan mudah, kapabilitas tampilan yang bagus serta fleksibel.

SEM digunakan pada sampel yang tebal dan memungkinkan untuk analisis permukaan. Pancaran berkas yang jatuh pada sampel akan dipantulkan dan didifraksikan. Adanya elektron yang terdifraksi dapat diamati dalam bentuk pola-pola difraksi. Pola-pola difraksi yang tampak sangat bergantung pada bentuk dan ukuran sel satuan dari sampel. SEM juga dapat digunakan untuk menyimpulkan data-data kristalografi, sehingga hal ini dapat dikembangkan untuk menentukan elemen atau senyawa (Reed, 1993).



Gambar 2.6. Diagram SEM (Reed, 1993).

Prinsip kerja SEM dapat dilihat pada Gambar 2.6. Dua sinar elektron digunakan secara simultan. Satu *strike specimen* digunakan untuk menguji dan *strike* yang lain adalah *Cathode Ray Tube* (CRT) 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 1500 K sampai 3000 K.

Katoda adalah kutub negatif yang dibutuhkan untuk mempercepat tegangan E_0 kali elektron volt (KeV). Pistol termionik sangat luas penggunaannya karena relatif aman untuk 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 *fieldemission* 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 coulumb*. Pemancaran elektron dari elektron column pada *chamber* harus dipompa cukup vakum menggunakan *oil-difussion*, *turbo molecular*, atau pompa ion (Chan dan Beck, 1993).

Scanning Electron Microscopy (SEM) dilengkapi dengan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) yang dapat menentukan unsur dan analisis komposisi kimia. Bila suatu berkas elektron yang ditembakkan atau dikenai pada sampel akan terjadi interaksi berupa elektron yang keluar dari atomnya, maka elektron tersebut mempunyai tingkat energi yang lebih rendah dari yang lain. Hal ini menyebabkan atom menjadi kurang stabil, sedangkan suatu atom mempunyai kecenderungan ingin menjadi stabil. Oleh karena itu, elektron yang mempunyai tingkat energi yang lebih tinggi akan turun (transisi) ke tingkat yang lebih rendah. (Chan dan Beck, 1993).

G. Metode Kehilangan Berat (*Gravimetri*)

Metode ini dilakukan dengan cara mencelupkan spesimen logam ke dalam media korosif. Pengujian korosi ini dilakukan untuk mengetahui laju korosi berdasarkan kehilangan berat material yang terkorosi dalam medium tertentu. Metode ini adalah mengukur kembali berat awal dari benda uji, kekurangan berat dari pada

berat awal merupakan nilai kehilangan berat. Kekurangan berat dikembalikan ke dalam rumus untuk mendapatkan kehilangan berat (Supardi, 1997).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Desember sampai Maret 2019 di Laboratorium FMIPA Universitas Lampung, Laboratorium Kimia Organik FMIPA Universitas Lampung dan Laboratorium Teknik Permesinan SMK Negeri 2 Bandar Lampung, Laboratorium Jurusan Fisika Universitas Lampung, dan UPT Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro.

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas kimia, gelas ukur, labu takar, botol sampel, spatula, pipet tetes, corong, aluminium foil, jangka sorong, *hot plate*, *stopwatch*, benang nilon, neraca digital, *rotary vacuum evaporator*, alat pemotong baja, kertas amplas, kertas saring, blender, gelas kaca, benang, amplas 400, 800 dan 2000 grid, sarung tangan, mesin pres baja, mesin pemotong baja, bor, *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS). Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji kopi, baja AISI 1020, NaCl 3%, etanol 96 %, aquades, dan aseton.

C. Kode Sampel

Kode sampel yang digunakan untuk memudahkan penyajian dan analisis data ditunjukkan pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Kode Sampel

No	Kode Sampel	Keterangan
1	AISI-1020-4-0	Perendaman 4 hari tanpa inhibitor
2	AISI-1020-4-3	Perendaman 4 hari dengan inhibitor 3 %
3	AISI-1020-4-5	Perendaman 4 hari dengan inhibitor 5%
4	AISI-1020-4-7	Perendaman 4 hari dengan inhibitor 7%
5	AISI-1020-8-0	Perendaman 8 hari tanpa inhibitor
6	AISI-1020-8-3	Perendaman 8 hari dengan inhibitor 3%
7	AISI-1020-8-5	Perendaman 8 hari dengan inhibitor 5%
8	AISI-1020-8-7	Perendaman 8 hari dengan inhibitor 7%

D. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Preparasi Sampel Baja

- Memotong baja AISI 1020 dengan ukuran 20 x 20 x 5 mm³ sebanyak 8 buah.
- Membersihkan dan menghaluskan permukaan baja menggunakan kertas amplas 400, 800 dan 2000 grid.
- Membersihkan pengotor yang ada pada baja menggunakan aseton.

2. Pembuatan Larutan Inhibitor dari Biji Kopi

- Mengeringkan biji kopi sebanyak 1000 gram dalam mesin oven selama 2 jam pada suhu 150°C.
- Menggiling biji kopi dengan mesin penggiling untuk memudahkan dan memaksimalkan proses ekstraksi.
- Mengekstrak biji kopi dengan metode maserasi.
- Memasukkan hasil maserasi biji kopi yang telah halus ke dalam botol yang berisi etanol 96 % selama 24 jam.
- Menyaring hasil perendaman menggunakan kertas saring hingga diperoleh filtrat.
- Menguapkan filtrat dari hasil maserasi menggunakan alat penguap putar vakum (*rotary evaporator*) dengan kecepatan 150 rpm dan suhu 52 °C hingga menghasilkan ekstrak pekat.

3. Penimbangan Massa Awal Sampel

Baja yang akan digunakan ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui massa awal sampel

4. Pembuatan Medium Korosif

Medium korosif adalah larutan yang dapat mengakibatkan terjadinya korosi. Medium korosif pada penelitian ini adalah NaCl 3%. Untuk pengenceran larutan NaCl ditentukan berdasarkan persamaan (3.1)

$$V_1M_1 = V_2M_2 \quad (3.1)$$

dengan:

V_1 = volume mula-mula (ml)

M_1 = konsentrasi mula-mula (%)

V_2 = volume setelah pengenceran (ml)

M_2 = konsentrasi setelah pengenceran (%)

Pembuatan larutan NaCl dengan konsentrasi 3% yaitu 3 gram NaCl ditambahkan dengan aquades sampai volume 100 ml.

5. Perendaman

Dalam tahap perendaman ini sampel yang digunakan sebanyak 8 sampel, dimana 6 sampel ditambahkan inhibitor dan 2 sampel tanpa penambahan inhibitor. Kemudian masing-masing sampel direndam pada medium korosif NaCl 3% selama dua waktu yang berbeda yaitu 4 hari dan 8 hari.

6. Pembersihan dan Penimbangan Massa Akhir Sampel

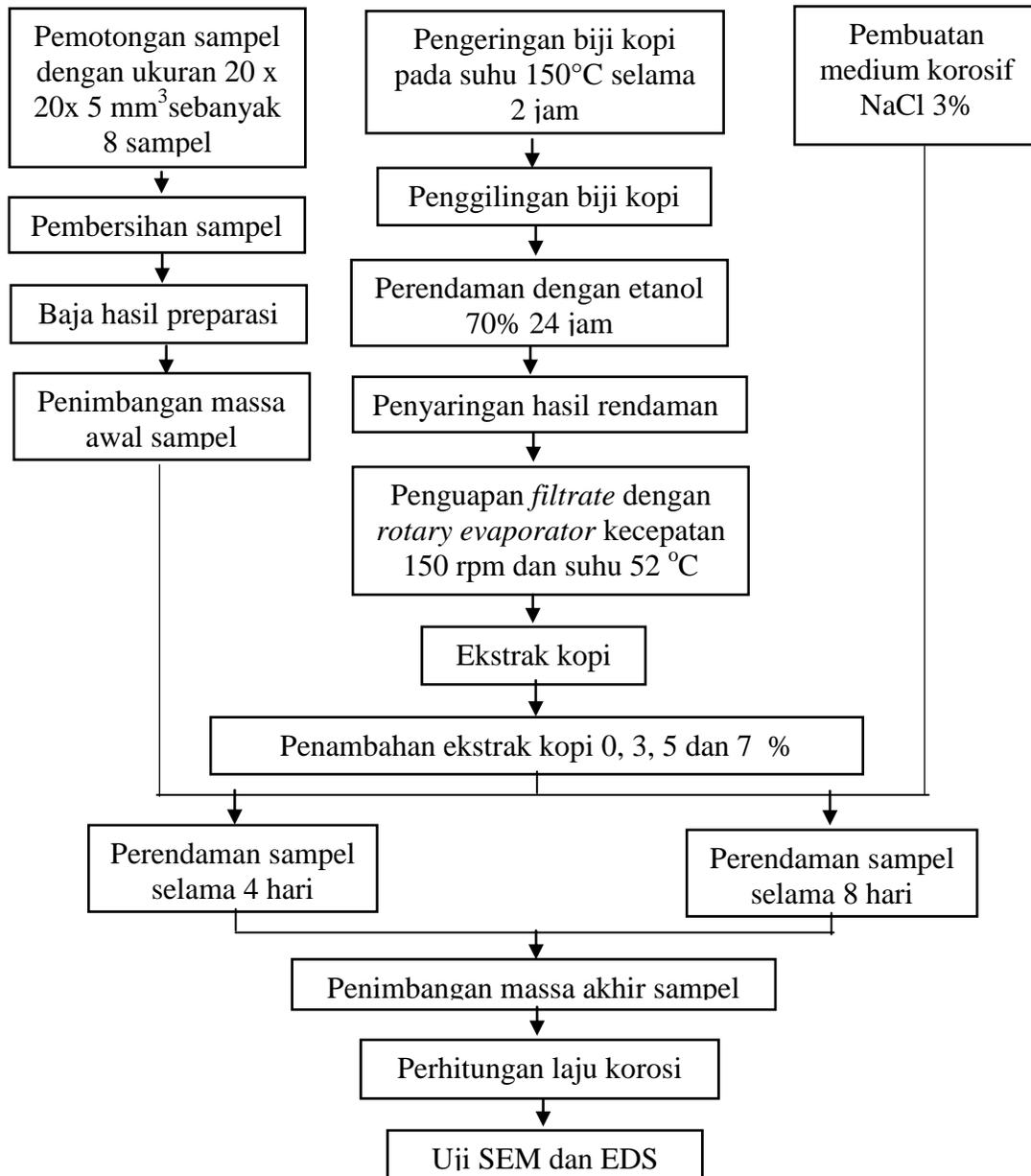
Sampel yang telah direndam dalam medium korosif dengan inhibitor dibiarkan kering, kemudian ditimbang untuk mengetahui massa akhir sampel.

7. Uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS)

Sampel kemudian dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang dilengkapi dengan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) untuk mengetahui struktur permukaan sampel.

E. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini seperti ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

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

1. Pada perendaman 4 hari laju korosi paling rendah terjadi pada konsentrasi inhibitor 7%, dan pada perendaman 8 hari laju korosi paling rendah terjadi pada konsentrasi inhibitor 7%.
2. Efisiensi maksimal dari inhibitor ekstrak kopi dalam medium korosif NaCl 3% terdapat pada konsentrasi 7% dengan waktu perendaman 4 hari yaitu sebesar 16,73%.
3. Pada perendaman 4 hari dengan penambahan inhibitor 7%, laju korosinya lebih besar dibandingkan dengan perendaman selama 8 hari dengan penambahan inhibitor 7% yaitu sebesar 6,82 mmpy dan 4,92 mmpy.
4. Karakterisasi XRD menunjukkan bahwa pada semua sampel terdeteksi tiga puncak yang merupakan fasa besi (Fe) dengan bidang kisi yang sama yaitu 110, 200 dan 211.
5. Karakterisasi SEM menunjukkan mikro struktur permukaan baja pada sampel AISI 4.7 dan AISI 8.7 lebih sedikit terbentuk produk korosi dari pada permukaan baja pada sampel AISI 4.3 dan AISI 8.3.
6. Karakterisasi EDS pada sampel AISI 4.3 dan AISI 8.3 menunjukkan bahwa kandungan unsur oksigen (O) lebih besar dibandingkan pada sampel AISI 4.7

dan AISI 8.7, dimana pada sampel AISI 4.3 sebesar 19,57% dan sampel AISI 8.3 sebesar 17,79%. Sedangkan pada sampel AISI 4.7 sebesar 15,28% dan sampel AISI 8.7 sebesar 17,14%.

B. SARAN

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

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, F., Saputri, D., dan Nugroho, R. F. 2014. Pengaruh Waktu Perendaman Dan Konsentrasi Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* , Linn) Sebagai Inhibitor Terhadap Laju. *Teknik Kimia*. Vol. 20. No. 1, hal 28-37.
- Andy, A., 2012. *Ekstrak Bahan Alam Sebagai Inhibitor Korosi*. Condong catur. Yogyakarta.
- ASM handbook. 1993. *Properties and Selection: Iron Steel and High Performance Alloys*. Tenth Edition. Metals handbook. Vol. 6. No. 2, hal. 249-327.
- Budianto, A., Purwantini, K., dan Sujitno, B. A. T. 2009. Pengamatan Struktur Mikro pada Korosi antar Butir dari material Baja Tahan Karat Austenitik setelah Mengalami Proses Pemanasan. *JFN*. Vol.3, No. 2, hal 107-130.
- Chan, S. G., Beck, T. R., 1993. *Electrochemical Tecnology Corp*. Seattle Washington. United State of America. hal. 125-129.
- Cullity, B. D. 1978. *Elements of X-Rays Diffraction, Second Edition*. Adison-Wesley Publishing Company Inc. United State of America. hal. 1-7.
- Dalimunthe, I. S. 2004. *Kimia dari Inhibitor Korosi*. Universitas Sumatera Utara. Medan. hal. 45-48.
- Fogler, 1992. *Elements of Chemical Reaction Engineering, 4th edition*. Prentice-Hall International. Inc. Amerika.
- Fontana, M, C., and Greene, M. D. 1986. *Corrosion Engineering Hand Book*. Mc Graw Hill Book Company. New York. hal. 144-147.
- Handani, S., dan Megi, S. E. 2012. Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Pepaya Terhadap Korosi Baja Karbon Schedule 40 Grade B ERW Dalam Medium Air Laut Dan Air Tawar. *Jurnal Ris. Kim*. Vol.5. No. 2. hal. 175–179.
- Harborne, J.B. 1987. *Metode Fitokimia Penuntun Cara Modern Menganalisa Tumbuhan*. ITB. Bandung.
- Hatch, C. 1984. *Physical Fitness Centers*. Van Nostrand Reinhold Company Inc. Khodori.London

- Irianty, Rozana Sri dan Khairat. 2013. Ekstrak Daun Pepaya sebagai Inhibitor Korosi pada Baja AISI 4140 dalam Medium Air Laut. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol.4, No 2, hal. 77-82.
- Jones, D. A., 1996. *Principles and Prevention of Corrosion*. Prentice Hall. Inc. New York.
- Kirk, R.E., Othmer,D.F., 1965. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Interscience Encyclopedia. Inc. New York. Vol 12. No. 2, hal 47-54
- Landolt, D. 2006. *Corrosion and Surface Chemistry of Metals*. First Edition. EPFL Press. Lausanne.
- Machfudzoh, P.A., Amin, M.N., Putri, L.S.D., 2014. Efektivitas Ekstrak Daun Belimbing Wuluh sebagai Bahan Inhibitor Korosi pada Kawat Ortodonti Berbahan Dasar Nikel-Titanium, *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa, Fakultas Kedokteran Gigi*. Universitas Jember.
- Misra H, D. Mehta, B.K. Mehta, M. Soni, D.C. Jain. 2008. Study of extraction and HPTLC – UV Method for Estimation of Caffeine in Marketed Tea (Camellia sinensis) Granules. *International Journal of Green Pharmacy*. Vol. 47-51
- Mulyanti, 1996. *Pengaruh Kadar Mangan (Mn) dan Perlakuan Panas terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Paduan Baja Mangan Austenit*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Najiyati dan Danarti, 2004. *Kopi Budidaya dan Penanganan Lepas Panen*. edisi revisi. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Pradhini, N. A., dan Irfan, P. 2015. Pengaruh Waktu Perendaman Ekstrak Kopi untuk Menginhibisi Korosi pada Besi. *Jurnal Teknik Kimia*. Universitas Muhammadiyah. Jakarta.
- Priyotomo, G. 2008. *Kamus Saku Korosi Material*. Metalurgi LIPI. Tangerang. hal. 4-14.
- Rahardjo, Pudji. 2012. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Reed, S. J. B. 1993. *Electron Microprobe Analysis and Scanning Electron Microscopy in Geology*. Cambridge University Press. Florida. hal. 23-24.
- Rieger, H. P. 1992. *Electrochemistry, Second Edition*. Chapman and Hall Inc. New York. hal. 412-421.
- Roberge, P. R. 2008. *Handbook of Corrosion Engineering Library of Congress Cataloging-in-Publication Data*. McGraw-Hill. New York. hal 129-132

- Smallman, R. E. and Bishop, R. J. 2000. *Modern Physical Metallurgy and Material Engineering*. Butterworth-Heinemann. Oxford. hal. 34-35.
- Sulaiman, A. 1978. *Korosi Laut, Lingkungan dan Pengaruhnya terhadap Korosi*. Seminar Nasional Elektrokimia. Publitbang LIPI. Serpong Tangerang. hal.34.
- Supardi, R. 1997. *Korosi Edisi Pertama*. Tarsito. Bandung. hal. 56-58.
- Trethewey, Kenneth R. and Chamberlain, John. 1991. *Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Uhlig, H. H., 1961, *Corrosion Handbook*, John Willey & Sons Inc. London.
- Widharto, S. 1999. *Karat dan Pencegahannya*. Pradnya Paramita. Jakarta. hal.180.
- Vlack, V. L. H. 1994. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam), Edisi kelima*. Erlangga. Jakarta. hal. 101-104.
- Yanuar, A. P., Pratikno, Herman.,Titah, Harmin S. 2016. Pengaruh Penambahan Inhibitor Alami terhadap Laju Korosi pada Material Pipa dalam Larutan Air Laut Buatan. *Jurnal Teknik*. Institut. Vol. 5. No. 2. hal. 1-7.
- Sativa. 2014. Karakteristik Fisik Buah Kopi. *Jurnal Agroindustri*. Vol. 4. No. 2. hal. 65-77