

**EFEKTIVITAS EKSTRAK DAUN GAMBIR SEBAGAI INHIBITOR
PADA BAJA KARBON API 5L DENGAN PERLAKUAN PANAS
MENGUNAKAN LARUTAN NaCl 3%**

(Skripsi)

Oleh

**ILWAN PUSAKA
1317041018**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2017**

ABSTRAK

EFEKTIVITAS EKSTRAK DAUN GAMBIR SEBAGAI INHIBITOR PADA BAJA KARBON API 5L DENGAN PERLAKUAN PANAS MENGUNAKAN LARUTAN NaCl 3%

Oleh

ILWAN PUSAKA

Telah dilakukan penelitian mengenai efektivitas ekstrak daun gambir sebagai inhibitor pada baja karbon API 5L dengan perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas dalam larutan NaCl 3%. Pengujian dilakukan dengan metode kehilangan berat. Laju korosi pada baja karbon API 5L dengan perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas diuji dalam larutan NaCl 3% dengan ditambahkan inhibitor ekstrak daun gambir selama 168 jam dengan konsentrasi 0%, 2%, 4%, dan 6%. Hasil penelitian baja API 5L dengan dan tanpa perlakuan panas menunjukkan laju korosi terbesar adalah pada konsentrasi inhibitor 0% , yaitu sebesar 0,051 dan 0,03 mm/y. Laju korosi terendah yaitu pada konsentrasi inhibitor 2% , yaitu 0,019 dan 0,011 mm/y. sehingga efisiensi yang paling besar pada baja API 5L dengan dan tanpa perlakuan panas terjadi pada konsentrasi 2% pada lingkungan NaCl 3% dengan efisiensi adalah 61,63% dan 66,43%. Hasil karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) memperlihatkan bahwa pada baja API 5L dengan perlakuan panas fasa yang terbentuk adalah martensit, sedangkan pada baja API 5L tanpa perlakuan panas fasa yang terbentuk adalah besi murni. Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) baja API 5L dengan perlakuan panas memperlihatkan gumpalan dengan ukuran yang besar, retakan, lubang, dan juga terbentuknya batas butir yang merata hampir merata pada permukaan. Pada baja API 5L tanpa perlakuan panas memperlihatkan gumpalan dengan ukuran kecil, retakan dan lubang yang lebih sedikit serta tidak terbentuk batas butir pada permukaan sampel. Karakterisasi *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) pada sampel dengan inhibitor 0% didapatkan unsur Cl dan oksigen yang lebih besar daripada sampel 2%.

Kata kunci. Baja karbon API 5L, ekstrak daun gambir, inhibitor korosi, NaCl dan perlakuan panas.

ABSTRACT

THE EFFECTIVENESS UNCARIA GAMBIR LEAVES EXTRACT AS INHIBITORS ON CARBON STEEL API 5L WITH HEAT TREATMENT IN NaCl 3%

By

ILWAN PUSAKA

The effectiveness of uncaria gambir leaves extract as inhibitor on carbon steel API 5L with heat treatment in NaCl 3% had been researched. The research was done by weight loss. Corrosion rate had been tested on carbon steel API 5L with heat treatment and carbon steel without heat treatment in NaCl 3% added by soursop leaves extract inhibitor for 168 hours with concentrations of 0%, 2%, 4%, and 6%. The result showed at carbon steel API 5L with and without heat treatment corrosion rate higher at concentration inhibitor 0% that is 0,051 mm/y. While corrosion rate lower at concentration inhibitor 2% that is 0,03%. Until, Efficiency higher at carbon steel API 5L with and without heat treatment in concentration inhibitor 2% that is 61,63% and 66,43%. The X-Ray Diffraction (XRD) characterization result showed at carbon steel API 5L with heat treatment that the phase formed is martensite. At carbon steel API 5L with heat treatment that the phase formed is pure Fe. Scanning Electron Microscopy (SEM) characterization at carbon steel API 5L with heat treatment showed even clusters and larger size, holes, cracks and grain boundary in the surface. At carbon steel API 5L without heat treatment showed uneven clusters and smaller size, holes, cracks, but grain boundary not showed in the surface. Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) characterization on sample with inhibitor 0% obtained Cl element and Oxygen larger than inhibitor 2%.

Key words: Carbon steel API 5L, soursop leaves extract, corrosion inhibitor, NaCl and heat treatment.

**EFEKTIVITAS EKSTRAK DAUN GAMBIR SEBAGAI INHIBITOR
PADA BAJA KARBON API 5L DENGAN PERLAKUAN PANAS
MENGUNAKAN LARUTAN NaCl 3%**

Oleh

ILWAN PUSAKA

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
2017**

**Judul Skripsi : EFEKTIVITAS EKSTRAK DAUN GAMBIR
SEBAGAI INHIBITOR PADA BAJA KARBON
API 5L DENGAN PERLAKUAN PANAS
MENGUNAKAN LARUTAN NaCl 3%**

Nama Mahasiswa : Ilwan Pusaka

Nomor Pokok Mahasiswa : 1317041018

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Dr. Yanti Yullianti, S.Si., M.Si.
NIP 19751219 200012 2 003

Ketua Jurusan Fisika

Arif Surtono, M.Si., M.Eng.
NIP. 197109092000121001

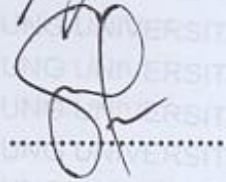
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

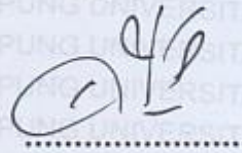
Ketua : Drs. Ediman Ginting Suka, M.Si



Sekretaris : Dr. Yanti Yulianti, M.Si



Penguji Bukan Pembimbing : Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Dr. Warsito, D.E.A.
NIP. 19710212 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 09 MEI 2017

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 Mei 2017



Ilwan Pusaka
NPM. 1317041018

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Muara Jaya 1, Kecamatan Kebun Tebu pada tanggal 14 Juni 1995. Anak kedua dari pasangan Bapak Junaidi (Alm) dan Ibu Erna Juwita. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 1 Muara jaya 1 tahun 2007, SMPN 2 Sumber Jaya pada tahun 2010, dan SMAN 1 Sumber Jaya pada tahun 2013.

Selanjutnya pada tahun 2013 penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di kegiatan kampus yaitu Himpunan Mahasiswa Fisika sebagai anggota bidang kaderisasi tahun (2014-2015) dan Kepala Biro Dana dan Usaha (DANUS) dari tahun 2015-2016. Penulis melakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Serpong, dengan judul “Sintesis dan Karakterisasi Graphene Sebagai Bahan Aditif Katoda Untuk Baterai Lithium Isi Ulang”. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Fisika Dasar, Sol Gel, Sains Dasar Fisika, Elektronika Dasar I, Fisika Komputasi, Pemrograman komputer dan Fisika Eksperimen. Kemudian penulis melakukan penelitian “Efektivitas Ekstrak Daun Gambir Sebagai Inhibitor Pada Baja Karbon API 5L dengan Perlakuan Panas Menggunakan Larutan NaCl 3%” sebagai tugas akhir di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNILA.

MOTTO

*“Don’t wait until tomorrow because that’s still a
mystery”*

**“Siapa yang bersungguh-sungguh maka dialah
yang akan menang”**

“If the chance never comes, builds it”

**“Kerjakanlah,
Wujudkanlah,
Raihlah cita-citamu
Dengan memulainya
Dari bekerja
Bukan hanya
Menjadi beban
Didalam hidupmu”**

Aku persembahkan karya kecilku ini kepada

ALLAH SWT

**KEDUA ORANG TUA KU, YANG SELALU
MENDO'AKANKU, MENGASIHIKU, Mendukungku,
MENYEMANGATIKU, DAN SEBAGAI MOTIVATOR
TERBESAR DALAM HIDUPKU**

**KAKAKKU SERTA KELUARGA BESAR YANG MENJADI
PENYEMANGATKU**

TEMAN SEPERJUANGANKU DAN ANGKATAN '13

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 **“EFEKTIVITAS EKSTRAK DAUN GAMBIR SEBAGAI INHIBITOR PADA BAJA KARBON API 5L DENGAN PERLAKUAN PANAS MENGGUNAKAN 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.

Bandar Lampung, Mei 2017

Penulis,

Ilwan Pusaka

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. Ediman Ginting Suka, M.Si, sebagai Pembimbing I serta pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan yang mendukung dari awal sampai akhir penulisan, serta bimbingan dari awal perkuliahan sampai akhir perkuliahan.
2. Ibu Dr. Yanti Yulianti, 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 Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D., sebagai Penguji yang telah mengoreksi kekurangan, memberi kritik dan saran selama penulisan skripsi.
4. Kedua orangtua bapakku Junaidi (Alm) dan ibuku Erna Juwita, kakakku Rici Mahelda Sari, Davis Saputra, serta ponakanku Clara Audrey Anindya. Terimakasih untuk kehadirannya dalam hidupku yang senantiasa memberikan dukungan, doa dan semangat yang luar biasa serta material sampai penulis menyelesaikan skripsi.

5. Bapak Arif Surtono M.Si., M.Eng., selaku Ketua Jurusan dan para dosen serta karyawan di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
6. Ismatul Lisa, Seseorang yang mengasihi dan yang 'ku kasihi, terimakasih atas dukungan, doa, serta semangatnya.
7. Teman KK: Rio Adithya Putra, Mardianto, Fauza Ramadhan Nekola, Ridho Gustiantama, Doni Mailana P, Randi Setiawan, Agung Gumelar, Rizky Fadlillah, Inda Robbihi M, Prima Aprilliana, Arta Baiti B, Ratna Noviyana, Aisiah Putri S, Sinta Setiani P, Maria Sova, Siti Isma, Nia apriliani, Azmi Prilly N, Elissa Puspita, Tasya Marina, Veni Yulia, Verdinan Pradana, Leo Candra P dll yang tidak bisa disebutkan satu per satu, dan HIMAFI FMIPA UNILA. Terima kasih untuk semangat, bantuan dan Doanya.
8. Teman-teman seperjuangan angkatan 2013 yang selama ini memberikan semangat.
9. Kakak-kakak tingkat serta adik-adik tingkat dan semua teman-teman.
Semoga Tuhan melimpahkan kasih karunianya kepada kita semua. Amin.

Bandar Lampung, Mei 2017

Penulis

Ilwan Pusaka

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
PENGESAHAN SARJANA	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
MENGESAHKAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
SAN WACANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	7
C. Batasan Masalah	7
D. Tujuan Penelitian	8
E. Manfaat Penelitian	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Baja	9
1. Pengertian Baja	9

2. Klasifikasi Baja	10
B. Perlakuan Panas	13
1. Definisi Perlakuan Panas	13
2. Proses Perlakuan Panas	14
C. Korosi	23
1. Pengertian Korosi	23
2. Faktor Korosi	26
3. Jenis-jenis Korosi	27
4. Pencegahan Korosi	33
D. Mekanisme Terbentuknya Sel Korosi	34
1. Laju Korosi	35
2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi	36
E. Inhibitor	37
F. Pengaruh Konsentrasi NaCl terhadap Laju Korosi	38
G. Tanin	40
H. Daun Gambir (<i>Uncaria Gambir</i>).....	41
I. Metode Kehilangan Berat	42
J. XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	43
K. SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	46

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat penelitian	50
B. Alat dan Bahan	50
C. Preparasi Bahan	51

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Laju Korosi	59
B. Analisa XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	64
C. Analisis SEM dan EDS	72

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	82
B. Saran	83

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Diagram <i>tempering</i>	23
Gambar 2.2. Syarat terjadinya korosi.....	25
Gambar 2.3. Korosi merata	28
Gambar 2.4. Korosi dwi logam	28
Gambar 2.5. Korosi celah	29
Gambar 2.6. Korosi sumuran	29
Gambar 2.7. Korosi retak-tegangan	30
Gambar 2.8. Korosi selektif	30
Gambar 2.9. Korosi erosi	31
Gambar 2.10. Korosi mikroba	31
Gambar 2.11. Penggetasan hidrogen	31
Gambar 2.12. Batas butir logam	32
Gambar 2.13 Struktur mikro logam dalam perlakuan panas.....	33
Gambar 2.14. Mekanisme korosi	35
Gambar 2.15. Pengaruh konsentrasi NaCl terhadap laju korosi	39
Gambar 2.16. Daun gambir.....	41
Gambar 2.17. Sinar-X yang dihamburkanoleh atom-atom Kristal yang berjarak d.....	44
Gambar 2.18. Diagram SEM.....	47

Gambar 3.1. Diagram alir penelitian preparasi baja dengan perlakuan Panas	51
Gambar 3.2. Diagram alir pembuatan ekstrak daun gambir	52
Gambar 3.3. Diagram alir penelitian dan pengujian	53
Gambar 4.1. Hubungan konsentrasi inhibitor terhadap laju korosi baja karbon API 5L dengan dan tanpa perlakuan panas	62
Gambar 4.2. Hubungan efesiensi terhadap konsentrasi inhibitor ekstrak daun gambir	64
Gambar 4.3. Diffractogram sampel API 5L X0 dan API 5L X2.....	65
Gambar 4.4. Diffractogram sampel API 5L Y0 dan API 5L Y2.....	69
Gambar 4.5. Hasil SEM sampel perbesaran 500x (a) API 5L Z, (b) API 5L X0, (c)API 5L X2,(d)API 5L Y0 (e)API 5L Y0.	73
Gambar 4.6. EDS sampel baja dengan perbesaram 200x (a) API 5L Z, (b) API 5L X0, (c)API 5L X2,(d)API 5L Y0 (e)API 5L Y0 .	76

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Komposisi kimia baja API 5L.....	12
Tabel 2.2. Komponen-komponen dalam daun gambir secara umum	41
Tabel 3.1. Kode-kode sampel	53
Tabel 3.2. Konstanta laju korosi	57
Tabel 4.1. Data penelitian baja karbon API 5L dalam larutan NaCl 3%..	60
Tabel 4.2. Hasil perhitungan laju korosi baja karbon API 5L	61
Tabel 4.3. Hasil perhitungan efektivitas baja karbon API 5L.....	63
Tabel 4.4. Perbandingan hasil sampel API 5L X0 dengan data <i>HighScore</i>	66
Tabel 4.5. Perbandingan hasil sampel API 5L X2 dengan data <i>HighScore</i>	67
Tabel 4.6. Perbandingan hasil sampel API 5L Y0 dengan data <i>HighScore</i>	69
Tabel 4.7. Perbandingan hasil sampel API 5L Y2 dengan data <i>HighScore</i>	70
Tabel 4.8. Unsur dan senyawa baja API 5L Z dengan EDS.	78
Tabel 4.9. Unsur dan senyawa baja API 5L X0 dengan EDS.....	78
Tabel 4.10. Unsur dan senyawa baja API 5L X2 dengan EDS.....	78
Tabel 4.11. Unsur dan senyawa baja API 5L Y0 dengan EDS.....	78
Tabel 4.12. Unsur dan senyawa baja API 5L Y2 dengan EDS.....	79

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. Industri-industri yang ada di Indonesia menggunakan logam baik dalam bentuk jadi maupun setengah jadi, contohnya seperti baja. Baja diantaranya digunakan sebagai komponen-komponen mesin, bahan kerja, konstruksi bangunan, baik dalam bentuk pelat, lembaran pipa, batang profil dan sebagainya.

Struktur logam dalam aplikasinya akan terkena pengaruh gaya luar berupa tegangan-tegangan gesek sehingga menimbulkan deformasi atau perubahan bentuk. Usaha untuk menjaga logam agar lebih tahan gesekan atau tekanan adalah dengan cara perlakuan panas (*heat-treatment*). Proses ini meliputi pemanasan baja pada suhu tertentu, dipertahankan pada waktu tertentu dan didinginkan pada media tertentu pula. Umumnya proses perlakuan panas terhadap baja akan melibatkan transformasi atau dekomposisi austenit. Struktur dan bentuk dari hasil transformasi atau dekomposisi austenit inilah yang nantinya akan menentukan sifat fisik dan mekanik baja yang mengalami proses perlakuan panas. Perlakuan panas mempunyai tujuan untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan

internal, menghaluskan butir kristal, meningkatkan tegangan tarik logam dan lainnya. Tujuan ini akan tercapai seperti apa yang diinginkan jika memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhinya seperti suhu pemanasan dan media pendingin (Djaprie, 1990). Akan tetapi bagaimanapun bentuk struktur pada logam, logam memiliki kelemahan yaitu mudah terkorosi, sehingga dapat mengakibatkan kegagalan produksi pada komponen industri (Budianto dkk, 2009).

Kata korosi berasal dari bahasa latin yaitu *corrodere* yang artinya perusakan logam atau berkarat (Supardi, 1997). Korosi adalah suatu proses degradasi material atau hilangnya suatu material baik secara kualitas maupun kuantitas akibat adanya proses reaksi kimia dengan lingkungannya. Lingkungannya dapat berupa air, udara, larutan, tanah, dan biologikal yang sering disebut sebagai media korosif. Secara termodinamika peristiwa korosi terjadi ketika lingkungannya memiliki potensial elektroda standar lebih positif dari suatu logam (Trethewey and Chamberlain, 1991). Korosi juga dapat disebabkan oleh adanya anoda dan katoda yang ada pada logam itu sendiri. Biasanya hal ini terjadi ketika adanya beberapa fasa-fasa pada korosi seperti *pearlite* dan *ferrite*, sehingga dari kedua fasa ini akan ada yg menjadi anoda dan juga ada yang menjadi katoda. Sehingga korosi akan semakin cepat terjadi (Vlack, 1994).

Korosi merupakan masalah besar bagi bangunan dan peralatan yang menggunakan material dasar logam seperti gedung, jembatan, mesin, pipa, mobil, kapal, dan lain sebagainya. Dampak yang dapat ditimbulkan akibat kerusakan oleh 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).

Proses korosi merupakan fenomena alam yang tidak dapat dihentikan, namun dapat dicegah dengan banyak cara yaitu pelapisan pada permukaan logam, perlindungan katodik, penambahan inhibitor 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 (Ilim dan Hermawan, 2008).

Inhibitor korosi dapat didefinisikan sebagai suatu zat yang apabila ditambahkan ke dalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi lingkungan terhadap logam. Umumnya inhibitor korosi berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik (Aidil, 1972). Penggunaan inhibitor dari senyawa anorganik seperti nitrit (NO_2), kromat (CrO_4), fosfat (PO_4) telah banyak digunakan. Tetapi penggunaan inhibitor tersebut tidak ramah lingkungan, karena dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan yang digunakan sebagai inhibitor, seperti pencemaran pada air laut jika inhibitor digunakan pada baja perkapalan seperti baja API 5L (Ameer dkk, 2000), sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan inhibitor korosi yang ramah lingkungan. Inhibitor organik yaitu inhibitor yang berasal dari bagian tumbuhan yang mengandung tanin, karena merupakan zat kimia mengandung atom N, O, P, S dan atom-atom yang memiliki pasangan elektron bebas yang dapat berfungsi sebagai ligan yang akan

membentuk senyawa kompleks dengan logam (Ilim dan Hermawan, 2008). Tanin biasanya terdapat pada daun, akar, kulit, buah dan batang tumbuhan (Haryati, 2008).

Salah satu bahan alam yang banyak mengandung tanin dan berpotensi digunakan sebagai inhibitor korosi adalah daun gambir. Selain harganya yang murah dan jumlahnya yang berlimpah di Indonesia, banyaknya kandungan tanin pada daun gambir ini membuatnya berpotensi digunakan untuk menghambat laju korosi pada logam. Kadar tanin pada daun gambir mencapai 20-55% (Dhalimi, 2006). Kardel dkk, 2013, melakukan penelitian untuk melihat kadar tanin pada beberapa tanaman salah satunya gambir, mereka mengekstrak dengan alat HPLC-MS pada metode ekstraksi yang dibantu dengan air, methanol, acetone. Kemudian hasil ekstrak di analisa dengan Agilent Technologies Chem Station software for LC 3D systems, dan di dapatkan nilai tannin pada gambir sebesar 43.1%.

Penelitian tentang inhibitor korosi dilakukan oleh Yetri dkk (2014), pada penelitian ini menjelaskan tentang pengendalian laju korosi pada baja ringan dengan menggunakan inhibitor ekstrak daun cokelat, dengan media asam. Pada proses penelitian cokelat diekstrak dengan metode maserasi dan untuk laju korosi dihitung dengan metode kehilangan berat, kemudian perendaman dilakukan selama 48, 96, 192, 384 dan 768 jam dengan konsentrasi inhibitor 0 %, 1%, 1,5 %, 2% dan 2.5%. Dari hasil penelitian didapatkan hasil efisiensi laju korosi mencapai 83,91 % pada konsentrasi inhibitor sebesar 2.5%.

Peneilitian selanjutnya dilakukan oleh Atria dkk, (2016). Pada penelitian ini dilakukan pembuatan inhibitor korosi menggunakan ekstrak daun pandan untuk

pengendalian laju korosi, baja yang digunakan adalah baja API 5L dengan media korosif NaCl 3.5%. Metode percobaan untuk mengekstrak daun pandan menggunakan metode mesarasi. Konsentrasi inhibitor yaitu 100-500 mg/L. Hasil yang didapatkan adalah efisiensi laju korosi tertinggi sebesar 91,41 % pada konsentrasi 400mg/L.

Penelitian sebelumnya oleh Eri (2016) mengenai pengendalian laju korosi pada Baja API 5L Grade B N menggunakan ekstrak daun gambir (*Uncaria gambir*) pada media korosif NaCl dan H₂SO₄ 1 mol dan waktu perendaman selama 1, 5, 10 dan 15 hari untuk melihat kemampuan inhibitor menghambat laju korosi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai efisiensi inhibisi (persentase suatu inhibitor dalam menghambat laju korosi) tertinggi mencapai 94,65% pada medium korosif NaCl 1 mol dan 89,79% pada medium korosif H₂SO₄ 1 mol dengan kenaikan konsentrasi inhibitor 2%.

Penelitian selanjutnya oleh Saliu (2013), pada penelitian ini dilakukan penelitian untuk melihat laju korosi pada baja karbon rendah dengan perlakuan panas pada media korosif. Dalam prosesnya baja di panaskan pada suhu austenite 920°C dengan penahanan 30 menit, kemudian baja di *quenching*, *normalizing* dan *annealing*. Selanjutnya baja yang telah diperlakukan panas tersebut di lakukan uji korosi di media korosif dengan konsentrasi yang 0,3 M dan konsentrasi yang 0,5 M selama 504 jam, untuk melihat laju korosi digunakan metode penurunan berat. Hasil yang didapat pada media korosif *sodium chlorida* dengan konsentrasi 0,3 M, yaitu besar penurunan berat untuk sampel yang di *annealing* sebesar 0,05 gram, lebih baik dari pada sampel yang *quenching* dan *normalizing* yaitu penurunan

berat sebesar 0,055 gram dan 0,07 gram. Sedangkan pada konsentrasi 0,5 M penurunan berat pada sampel yang *quenching* sebesar 0,05 gram dan sampel yang *annealing* dan *normalizing* yaitu penurunan berat sebesar 0,065 gram dan 0,06 gram. Sehingga dari hasil percobaan ini sampel yang *quenching* sangat relatif untuk terkena korosi.

Pada penelitian kali ini, baja yang digunakan adalah baja karbon rendah yang dipakai pada industri penghasil minyak bumi dan gas yaitu API 5L. Selanjutnya API 5L diperlakukan dengan perlakuan panas, kemudian direndam dalam larutan ekstrak daun gambir dengan konsentrasi 0%, 2%, 4%, 6% dengan penambahan larutan NaCl dengan konsentrasi 3%. Dan untuk pembandingan di rendam juga baja API 5L yang tidak diperlakukan panas dan di rendam dalam larutan ekstrak daun gambir dengan konsentrasi 0%, 2%, 4%, 6% dengan penambahan larutan NaCl dengan konsentrasi 3%. Penelitian ini bertujuan untuk melihat laju korosi pada API 5L dengan menggunakan perlakuan panas dan API 5L yang tidak menggunakan perlakuan panas dalam medium korosi NaCl dengan penambahan inhibitor 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan lama perendaman selama 7 hari. Sampel baja hasil korosi akan dikarakterisasi dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk melihat struktur mikro, XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk melihat fasa pada baja, dan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) untuk melihat produk-produk korosi yang terjadi dan menentukan laju korosi menggunakan metode penurunan berat.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor ekstrak daun gambir dalam medium korosif NaCl 3% terhadap laju korosi pada baja karbon API 5L yang menggunakan perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas?
2. Apakah ekstrak daun gambir efisien dalam menghambat korosi pada baja karbon API 5L yang menggunakan perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas?
3. Bagaimana struktur mikro, fasa, dan produk-produk korosi yang dihasilkan pada baja karbon API 5L yang menggunakan perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas setelah direndam dalam larutan NaCl 3%?

C. Batasan Masalah

Pada penelitian ini, batasan masalah yang digunakan adalah:

1. Sampel yang digunakan adalah baja karbon API 5L yang menggunakan perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas.
2. Medium korosif yang digunakan adalah NaCl dengan konsentrasi 3%.
3. Perendaman baja pada medium korosif menggunakan inhibitor ekstrak daun gambir dengan konsentrasi 0%, 2%, 4% dan 6%, selama 168 jam.
4. Laju korosi dihitung dengan metode kehilangan berat
5. Karakterisasi yang dilakukan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*), XRD (*X-Ray Diffraction*), dan EDS (*Energi Dispersive Spectroscopy*).

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang akan dilaksanakan ini adalah:

1. Mengetahui laju korosi yang dihasilkan pada baja karbon API 5L yang menggunakan perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas dengan penambahan inhibitor ekstrak daun gambir pada medium korosif NaCl 3%.
2. Mengetahui efisiensi dari ekstrak daun gambir pada baja karbon API 5L dengan perlakuan yang diberikan.
3. Mengetahui struktur mikro, fasa, dan produk-produk korosi yang dihasilkan pada baja setelah direndam dalam medium korosif dengan penambahan inhibitor.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini yaitu:

1. Untuk memberikan informasi mengenai pengaruh konsentrasi larutan inhibitor ekstrak daun gambir pada baja karbon API 5L pada medium korosif.
2. Dapat menjadi tambahan referensi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, terutama di Jurusan Fisika.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Baja

1. Pengertian Baja

Baja adalah salah satu logam ferro yang banyak digunakan dalam dunia teknik dan industri. Kandungan baja yang utama diantaranya yaitu besi dan karbon. 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).

Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi. Baja karbon ini dikenal sebagai baja hitam karena berwarna hitam, banyak digunakan dari peralatan dapur, transportasi, generator, sampai kerangka gedung dan jembatan. Kandungan karbon dan unsur paduan lainnya yang divariasikan berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*) namun disisi lain

membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*) (Ashby dkk, 1992).

2. Klasifikasi Baja

Menurut ASM Handbook (1993), baja dapat diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimianya seperti kadar karbon dari paduan yang digunakan. Berikut ini klasifikasi baja berdasarkan komposisi kimianya:

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:

1. 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.

2. 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.

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

Baja karbon tinggi merupakan baja yang mengandung karbon sebesar 0,6%-1,7% dan memiliki tahan 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: mesin, lebih sulit dilakukan pengelasan dan dapat dikeraskan dengan *quenching* (pendinginan cepat) Baja karbon sedang banyak digunakan untuk poros, rel kereta api, roda gigi, pegas, baut, komponen mesin yang membutuhkan kekuatan tinggi dan lain-lain.

1. Baja paduan rendah (*Low Alloy Steel*)

Low alloy steel merupakan baja paduan dengan kadar unsur paduan rendah (kurang dari 2,5%), mempunyai kekuatan dan ketangguhan lebih tinggi daripada 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.

2. 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.

3. 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).

Baja API 5L adalah baja yang digunakan untuk perpipaan dan diproduksi berdasarkan standar API (*American Petroleum Institute*). Baja API 5L mempunyai kadar karbon sebesar 0,3% dan tergolong dalam baja karbon sedang. Komposisi kimia untuk baja API 5L dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi kimia baja API 5L.

No	Unsur	Komposisi (%)
1	Karbon (C)	0,3
2	Mangan (Mn)	1,20
3	Silikon (Si)	0,40
4	Fosfor (P)	0,025
5	Sulfur (S)	0,015
6	<i>Cuprum</i> (Cu)	0,01
7	Nikel (Ni)	0,01
8	Molibden (Mo)	0,005
9	Krom (Cr)	0,02
10	Vanadium (V)	0,06
11	Titanium (Ti)	0,004
12	Niobium + Vanadium (Nb+V)	0,06

Sumber: SEAPI *Laboratory*, 2016.

Baja API 5L dapat dilakukan perlakuan panas dengan menggunakan perlakuan *normalizing*, *quenching* dan *tempering*. Sedangkan untuk suhu kritisnya yaitu 800° C.

B. Perlakuan Panas

1. Definisi Perlakuan Panas

Perlakuan panas (*heat treatment*) merupakan kombinasi suatu proses pemanasan dan pendinginan yang dilakukan secara terkontrol yang diterapkan pada logam tertentu atau paduan dalam keadaan padat untuk mendapatkan struktur mikro dan sifat-sifat mekanik tertentu sesuai dengan yang diinginkan (Fadare dkk, 2011).

Pada perlakuan panas baja, struktur mikro memegang peranan yang cukup penting. Perubahan yang terjadi pada struktur mikro karena selama pemanasan dan pendinginan akan mempengaruhi perubahan sifat pada baja tersebut (Mizhar dan Suherman, 2011).

2. Proses Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Proses perlakuan panas dibedakan menjadi 2 macam yaitu, perlakuan panas *equilibrium* (keseimbangan) yang merupakan proses perlakuan panas yang menghasilkan struktur yang seimbang, contohnya: *annealing* (pemanasan pada suhu kritis) dan *normalizing* (pendinginan secara lambat). Serta perlakuan panas *non-equilibrium* (tidak seimbang) yang menghasilkan struktur yang tidak seimbang, contohnya *hardening* (pengerasan).

Berikut beberapa proses perlakuan panas pada baja dijelaskan seperti di bawah ini:

a. *Full annealing* (pemanasan pada suhu kritis dengan pendinginan lambat)

Proses pemanasan pada suhu kritis dengan pendinginan lambat untuk baja *hypoeutektoid* (baja dengan kadar karbon 0,02% - 0.76%) dilakukan dengan memanaskan sampai suhu sedikit di atas suhu kritisnya A_3 dan ditahan beberapa saat pada suhu tersebut, kemudian didinginkan dengan laju pendinginan lambat di dalam *furnace*. Sifat baja hasil proses ini adalah menjadi lebih lunak dan ulet.

b. *Normalizing* (pendinginan secara lambat)

Proses pendinginan secara lambat untuk baja dengan kadar karbon 0,02% - 0.76% dilakukan dengan memanaskan suhu sedikit di atas suhu *annealing*

yaitu mencapai 500°C di atas suhu kritis A_3 dengan menggunakan udara terbuka. Hasil proses ini baja akan berbutir lebih halus, lebih homogen dan lebih keras dari hasil pemanasan pada suhu kritis dengan pendinginan lambat (Wardoyo, 2005).

c. *Quenching* (pendinginan cepat)

Pendinginan cepat merupakan suatu proses perlakuan panas terhadap baja. Proses ini dilakukan dengan memanaskan baja sampai suhu austenit dan dipertahankan dalam jangka waktu tertentu pada suhu austenit tersebut, lalu didinginkan secara cepat di dalam media pendingin berupa air, air + larutan garam, oli, larutan alcohol dan sebagainya. Pada umumnya baja yang telah mengalami proses pendinginan cepat memiliki kekerasan yang tinggi serta dapat mencapai kekerasan yang maksimum tetapi agak rapuh. Adanya sifat yang rapuh, maka kita harus mengurangi dengan melakukan proses lebih lanjut seperti *tempering* (pemanasan dibawah suhu kritis logam) (Mulyadi dan Sunitra, 2010).

Pendinginan cepat merupakan salah satu teknik perlakuan panas yang diawali dengan proses pemanasan sampai temperatur *austenite* (austenisasi) diikuti pendinginan secara cepat, sehingga fasa austenit langsung bertransformasi secara parsial membentuk struktur martensit. Temperatur pemanasan hingga fasa austenit untuk proses pendinginan cepat disebut juga sebagai temperatur pengerasan (*hardening temperatur*). Proses selanjutnya setelah mencapai temperatur pengerasan, yaitu penahanan selama beberapa menit untuk menghomogenisasikan energi panas yang diserap selama pemanasan, kemudian didinginkan secara cepat dalam media pendingin. Tujuan utama

pendinginan cepat adalah menghasilkan baja dengan sifat kekerasan tinggi. Sekaligus terakumulasi dengan kekuatan tarik dan kekuatan luluh, melalui transformasi austenit ke martensit. Proses pendinginan cepat akan optimal jika selama proses transformasi, struktur austenite dapat dikonversi secara keseluruhan membentuk struktur martensit. Hal-hal penting untuk menjamin keberhasilan pendinginan cepat dan menunjang terbentuknya martensit ialah temperatur pengerasan, waktu tahan laju pemanasan, metode pendinginan, media pendingin, dan *hardenability* (mengeraskan). Mengeraskan merupakan fungsi dari komposisi kimia dan ukuran butir pada temperatur tertentu. Selain itu, dimensi dari logam juga berpengaruh terhadap hasil proses pendinginan cepat, karena cenderung akan terjadi pembentukan lapisan uap pada bagian-bagian tertentu yang akan mengakibatkan laju pendinginan yang tidak seragam dan terbentuknya struktur mikro yang berbeda pada beberapa bagian tersebut (Nugroho dan Haryadi, 2005).

Media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan baja bermacam-macam. Berbagai bahan pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas antara lain:

1. Air

Air adalah media yang paling banyak digunakan untuk pendinginan cepat karena biayanya yang murah dan mudah digunakan serta pendinginannya yang cepat. Air memberikan pendinginan yang sangat cepat yang menyebabkan tegangan dalam, distorsi dan retakan. Air merupakan senyawa dengan rumus kimia H_2O yang berarti pada setiap molekul air ada dua atom hidrogen yang terikat dengan atom oksigen. Air membeku pada suhu $273^{\circ}K$

= 0°C dan menguap dibawah tekanan normal pada suhu $373^{\circ}\text{K} = 100^{\circ}\text{C}$ (Gary, 2011).

2. Minyak atau oli

Minyak yang digunakan sebagai fluida pendingin dalam perlakuan panas adalah yang dapat memberikan lapisan karbon pada kulit (permukaan) benda kerja yang diolah. Selain minyak yang khusus digunakan sebagai bahan pendingin pada proses perlakuan panas dapat juga digunakan oli, minyak bakar atau solar. Oli sebagai media pendingin lebih lunak jika dibandingkan dengan air. Oleh karena itu medium oli tidak menghasilkan baja sekeras yang dihasilkan pada medium air. Pendinginan lambat bertujuan agar didapat struktur mikro yang lebih stabil dikarenakan perubahan bentuk butir terjadi secara perlahan, sehingga menghasilkan baja yang lunak dan ulet. Oli atau biasa disebut dengan pelumas berfungsi sebagai pendingin, dimana pelumas tersebut mampu menghilangkan panas yang dihasilkan baik dari gesekan atau sumber lain seperti pembakaran atau kontak dengan zat tinggi (Sukirno, 2010).

3. Udara

Pendinginan udara dilakukan untuk perlakuan panas yang membutuhkan pendinginan lambat. Untuk keperluan tersebut udara yang disirkulasikan ke dalam ruangan pendingin dibuat dengan kecepatan yang rendah. Udara sebagai pendingin akan memberikan kesempatan kepada logam untuk membentuk Kristal-kristal dan kemungkinan mengikat unsur-unsur lain dari udara (Wibowo, 2006).

4. Garam

Garam dipakai sebagai bahan pendingin disebabkan memiliki sifat mendinginkan yang teratur dan cepat. Bahan yang didinginkan di dalam cairan garam akan mengakibatkan ikatannya menjadi lebih keras karena pada permukaan benda kerja tersebut akan meningkat zat arang (Wibowo, 2006).

d. Waktu Penahanan (*Holding Time*)

Waktu penahanan merupakan waktu penahanan yang dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses *hardening* (pengerasan) dengan menahan pada suhu pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang homogen sehingga struktur austenitnya homogen atau terjadi kelarutan karbida ke dalam austenit dan difusi karbon dan unsur paduannya. Pada baja umumnya perlu dilakukan waktu penahanan, karena pada saat austenit masih merupakan butiran halus dan kadar karbon serta unsur paduannya belum homogen dan terdapat karbida yang belum larut. Baja perlu dipanaskan pada temperatur tetap (temperatur austenit) untuk memberikan kesempatan larutnya karbida dan lebih homogenya austenit. Waktu pemanasan suhu dapat dilakukan pada saat suhu dapur atau *furnace* telah mencapai suhu panas yang dikehendaki guna memberi kesempatan penyempurnaan bentuk kristal yang terbentuk pada suhu transformasi. Tujuan waktu pemanasan suhu untuk proses pemanasan di bawah suhu kritis adalah agar struktur mikro yang dicapai setelah proses akan lebih homogen (Nur dkk, 2005). Pada pemanasan baja, berdasarkan jenis-jenis bajanya, pedoman waktu tahan pada proses perlakuan panas diklasifikasikan menjadi beberapa jenis.

Berikut pembagiannya adalah sebagai berikut:

1. Baja konstruksi dari baja karbon dan baja paduan rendah yang mengandung karbida yang mudah larut, biasanya pada baja jenis ini diperlukan waktu penahanan yang singkat dan tidak terlalu lama yaitu 5-15 menit setelah suhu pemanasannya dianggap sudah memadai.
2. Baja konstruksi dari baja paduan menengah, biasanya pada baja jenis ini disarankan untuk menggunakan waktu penahanan 15-25 menit tidak tergantung ukuran benda kerja.
3. Baja campuran rendah, biasanya pada baja jenis ini diperlukan waktu penahanan yang tepat, agar kekerasan yang diinginkan pada baja tersebut dapat tercapai. waktu penahanan yang digunakan yaitu 0,5 menit permilimeter tebal benda atau 10 sampai 30 menit.
4. Baja krom campuran tinggi, biasanya pada baja jenis ini diperlukan waktu penahanan yang paling panjang diantara semua baja perkakas dan juga tergantung pada suhu pemanasannya. Selain itu diperlukan kombinasi suhu dan waktu waktu penahanan yang tepat. Biasanya waktu waktu penahanan yang digunakan yaitu 0,5 menit permilimeter tebal benda dengan minimum 10 menit dan maksimum 1 jam.
5. *Hot-Work Tool Steel*, biasanya pada baja jenis ini mengandung karbida yang sulit larut dan baru akan larut pada suhu 1000°C. Pada suhu ini kemungkinan terjadinya pertumbuhan butir sangat besar, karena itu waktu penahanan harus dibatasi yaitu berkisar antara 15-30 menit.
6. Baja kecepatan tinggi, biasanya pada baja jenis ini memerlukan suhu pemanasan yang sangat tinggi yaitu berkisar antara 1200-1300°C. Hal

tersebut dilakukan untuk mencegah terjadinya pertumbuhan butir dengan waktu hanya beberapa menit saja (Dalil dkk, 1999).

e. *Hardening*

Hardening (pengerasan) dilakukan dengan memanaskan suatu bahan di atas suhu transformasi (723°C) kemudian didinginkan secara cepat, melalui media pendingin seperti air, oli atau media pendingin lainnya. Tujuannya adalah untuk mengeraskan bahan. Pengertian pengerasan ialah perlakuan panas terhadap baja dengan sasaran meningkatkan kekerasan baja alami. Faktor penting yang dapat mempengaruhi proses pengerasan terhadap kekerasan baja yaitu oksidasi udara. Selain berpengaruh terhadap besi, oksigen dalam udara berpengaruh terhadap karbon terikat sebagai sementit atau yang larut dalam austenit. Oleh karena itu, pada benda kerja dapat terbentuk lapisan oksidasi selama proses pengerasan. Pencegahan kontak dengan udara selama pemanasan atau pengerasan dapat dilakukan dengan jalan menambah temperatur yang tinggi karena bahan yang terdapat dalam baja akan bertambah kuat terhadap oksigen. Jadi semakin tinggi temperatur, semakin mudah untuk melindungi besi terhadap oksidasi (Schonmetz, 1985).

Pada perlakuan panas, panas merambat dari luar ke dalam dengan kecepatan tertentu. Bila pemanasan terlalu cepat, bagian luar akan jauh lebih panas dari bagian dalam sehingga dapat diperoleh struktur yang merata. Melalui perlakuan panas yang tepat, tegangan dalam dihilangkan, besar butir diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet (Haryadi, 2006).

e. *Tempering*

Proses *tempering* (pemanasan di bawah suhu kritis) adalah pemanasan kembali hasil proses pengerasan. Perlakuan panas pada proses pemanasan di bawah suhu kritis dilakukan dengan memanaskan sampel kembali antara suhu 500-700°C di bawah temperatur kritis A_1 dan membiarkannya atau menahan suhu tersebut beberapa saat, kemudian didinginkan dengan pendinginan lambat yaitu pada media udara terbuka (Wardoyo, 2005). Pemanasan di bawah suhu kritis untuk menghilangkan tegangan sisa dan mengembalikan sebagian keuletan dan ketangguhan bahan secara bertahap meskipun kekerasannya menurun. Selain itu, mikrostruktur yang dihasilkan pada proses pemanasan di bawah suhu kritis berupa bainit atau karbida yang mengendap dalam matriks ferit yang bergantung pada suhu pemanasan di bawah suhu kritis yang digunakan tersebut (Motagi and Bhosle, 2012). Pemanasan di bawah suhu kritis dilaksanakan dengan cara mengkombinasikan waktu dan temperatur. Proses pemanasan di bawah suhu kritis tidak cukup hanya dengan memanaskan baja yang dikeraskan sampai pada temperatur tertentu saja. Benda kerja harus ditahan pada temperature pemanasan di bawah suhu kritis untuk jangka waktu tertentu. Proses pemanasan di bawah suhu kritis dikaitkan dengan proses difusi, karena itu siklus penemperan terdiri dari memanaskan benda kerja sampai dengan temperatur dibawah A_1 dan menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu sehingga perubahan sifat yang diinginkan dapat dicapai. Jika temperatur pemanasan di bawah suhu kritis yang digunakan relatif rendah maka proses difusinya akan berlangsung lambat. Baja karbondan baja paduan medium pada saat dipanaskan sekitar 200°C kekerasannya akan menurun 1-3

HRC akibat adanya penguraian martensit tetragonal menjadi martensit lain (martensit temper) dan karbida epsilon. Umumnya makin tinggi temperatur pemanasan di bawah suhu kritis, makin besar penurunan kekerasan dan kekuatannya dan makin besar pula peningkatan keuletan dan ketangguhannya. pemanasan di bawah suhu kritis pada temperatur rendah 150-230°C bertujuan meningkatkan kekenyalan atau keuletan tanpa mengurangi kekerasan. pemanasan di bawah suhu kritis pada temperatur tinggi 300-675°C meningkatkan kekenyalan atau keuletan dan menurunkan kekerasan (Amstead, 1997).

Menurut tujuannya proses pemanasan di bawah suhu kritis dibedakan sebagai berikut:

1. Pemanasan di bawah suhu kritis pada suhu rendah (150°C-250°C)

Pemanasan di bawah suhu kritis ini untuk mengurangi tegangan dan kerapuhan baja, biasanya untuk alat yang tidak mengalami beban berat seperti alat potong, mata bor dan lainnya.

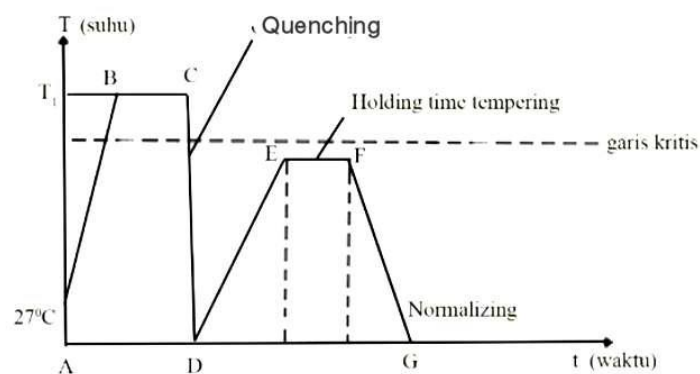
2. Pemanasan di bawah suhu kritis pada suhu menengah (350°C-450°C)

Pemanasan di bawah suhu kritis ini bertujuan menambah keuletan dan kekerasannya sedikit berkurang. Biasanya untuk alat yang mengalami beban berat seperti palu, pahat dan pegas.

3. Pemanasan di bawah suhu kritis pada suhu tinggi (500°C-650°C)

Pemanasan di bawah suhu kritis ini bertujuan untuk memberikan daya keuletan yang besar dan kekerasannya menjadi agak rendah, misalnya pada roda gigi, poros, batang penggerak dan sebagainya (Setiadji, 2007).

Proses perlakuan pemanasan di bawah suhu kritis biasanya juga digambarkan kedalam diagram perlakuan panas pemanasan di bawah suhu kritis Gambar 2.1 menunjukkan diagram perlakuan panas pemanasan di bawah suhu kritis, dimana pada diagram pemanasan tersebut menunjukkan baja yang dipanaskan hingga mencapai suhu austenisasi kemudian didinginkan secara cepat. Baja yang telah didinginkan secara pendinginan cepat kemudian dilakukan pemanasan lanjutan yaitu pemanasan pemanasan di bawah suhu kritis dan disusul dengan pendinginan secara lambat.



Gambar 2.1 Diagram *tempering* (Yogantoro, 2010).

C. Korosi

1. Pengertian Korosi

Korosi merupakan suatu kerusakan yang dihasilkan dari reaksi kimia antara sebuah logam paduan pada suatu lingkungan (Jones, 1992). Hasil dari reaksi korosi ini, suatu material atau logam akan mengalami perubahan (baik berupa fisik maupun kimia) sifatnya ke arah yang lebih rendah atau bisa dikatakan kemampuan dari material tersebut akan berkurang. Kondisi lingkungan yang

sering menyebabkan terjadinya korosi pada logam adalah udara dan air (Fontana dan Greene, 1986).

Fenomena korosi merupakan reaksi kimia yang dihasilkan dari dua reaksi setengah sel yang melibatkan elektron sehingga menghasilkan suatu reaksi elektrokimia (Jones, 1992). Dari dua reaksi setengah sel ini terdapat reaksi oksidasi pada anoda dan reaksi reduksi pada katoda. Proses korosi hanya akan terjadi jika ada tiga komponen utama dalam sel korosi, yaitu:

a. Logam

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

1. Anoda

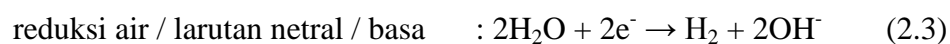
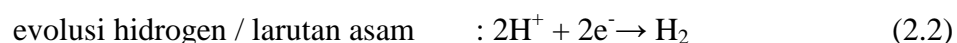
Anoda adalah bagian permukaan yang mengalami reaksi oksidasi atau terkorosi. Pada anoda ini logam terlarut dalam larutan dan melepaskan elektron untuk membentuk ion logam yang bermuatan positif. Reaksi korosi suatu logam M dinyatakan dalam persamaan berikut:



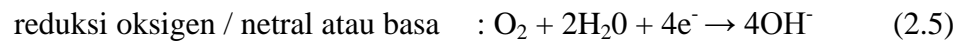
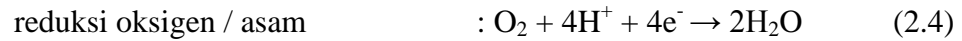
2. Katoda

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.

1). Pelepasan H₂ dalam larutan asam dan netral



2). Reduksi oksigen terlarut dalam larutan asam dan netral



3). Reduksi ion logam yang lebih elektronegatif

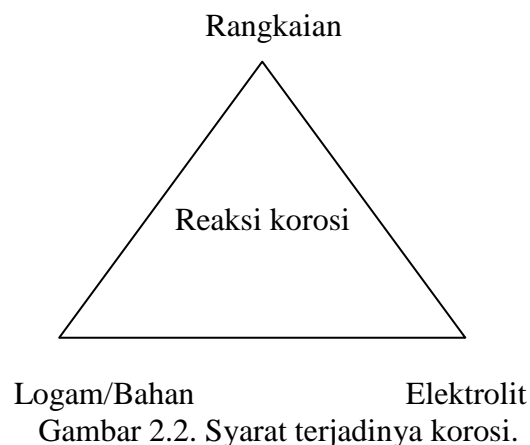


b. Elektrolit

Untuk mendukung suatu reaksi reduksi dan oksidasi, serta melengkapi rangkaian elektrik, antara anoda dan katoda harus dilengkapi dengan elektrolit. Elektrolit 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. Gambar 2.2 menunjukkan syarat terjadinya korosi.



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, tanah yang digali dan kemudian ditutup lagi 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 pada suatu material dapat terjadi bila material mengalami kontak langsung dengan zat kimia tersebut (Trethewey dan Chamberlin, 1991).

3. Jenis korosi

Jenis-jenis korosi sangat banyak, secara umum dapat dibedakan sebagai berikut

a. Korosi merata (*uniform corrosion*)

Korosi merata yaitu korosi yang terjadi pada permukaan logam akibat pengikisan permukaan logam secara merata sehingga ketebalan logam berkurang sebagai akibat permukaan terkonversi oleh produk karat yang biasanya terjadi pada peralatan-peralatan terbuka, misalnya permukaan pipa. Gambar 2.3 menunjukkan korosi merata.



Gambar 2.3. Korosi merata (sumber: Priyotomo, 2008).

b. Korosi Dwi Logam (*galvanic corrosion*)

Korosi jenis ini merupakan hal yang umum terjadi pada kehidupan sehari-hari. Korosi galvanik adalah jenis korosi yang terjadi antara dua buah logam dengan nilai potensial berbeda saat dua buah logam bersatu dalam suatu elektrolit yang korosif. Untuk contoh korosi dwi logam dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Korosi dwi logam (sumber Priyotomo, 2008).

c. Korosi celah (*crevice corrosion*)

Korosi celah yaitu korosi yang terjadi pada permukaan logam secara local. Biasanya terjadi pada logam pasif akibat dari kerusakan lapisan oksida pelindung dari logam. Korosi terjadi akibat dari adanya konsentrasi senyawa

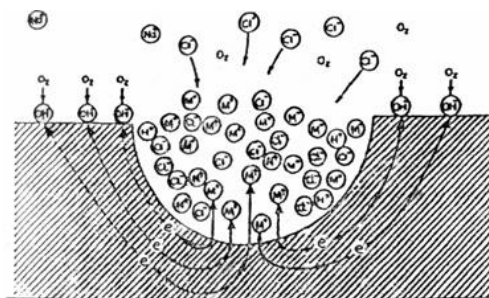
korosif pada bagian permukaan logam. Untuk kasus ini, konsentrasi terjadi akibat dari adanya celah yang sangat kecil antara dua permukaan logam. Gambar 2.5 menunjukkan korosi celah.



Gambar 2.5. Korosi celah (*crevice corrosion*) (sumber Priyotomo, 2008).

d. Korosi sumuran (*pitting corrosion*)

Korosi sumuran yaitu korosi terbentuk lubang-lubang pada permukaan logam karena hancurnya film dari proteksi logam disebabkan oleh laju korosi yang berbeda antara satu tempat dengan tempat lainnya pada permukaan logam tersebut. Kerusakan dimulai akibat komposisi tidak homogen. Gambar 2.6 menunjukkan korosi sumuran.



Gambar 2.6. Korosi sumuran (*pitting corrosion*) (sumber Priyotomo, 2008).

e. Korosi retak-tegangan (*stress corrosion cracking*)

Korosi retak-tegangan yaitu korosi yang berbentuk retakan-retakan yang tidak mudah dilihat, terbentuk dipermukaan logam dan berusaha merembet ke dalam. Ini terjadi pada logam-logam yang banyak mendapatkan tekanan. Hal

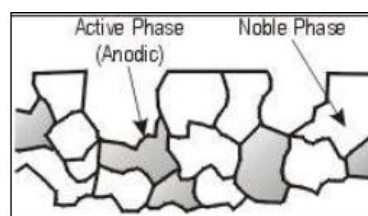
ini disebabkan kombinasi dari tegangan tarik dan lingkungan yang bersifat korosif sehingga struktur logam melemah. Gambar 2.7 menunjukkan korosi retak-tegangan.



Gambar 2.7. Korosi retak-tegangan (sumber: Priyotomo, 2008).

f. Korosi selektif (*selective corrosion*)

Korosi selektif yaitu terjadi akibat terlarutnya suatu unsur yang bersifat lebih anodik dari suatu paduan, misalnya dezincification yang melepaskan Zn dari paduan tembaga. Gambar 2.8 menunjukkan korosi selektif.



Gambar 2.8 Korosi selektif (sumber: Priyotomo, 2008).

g. Korosi erosi

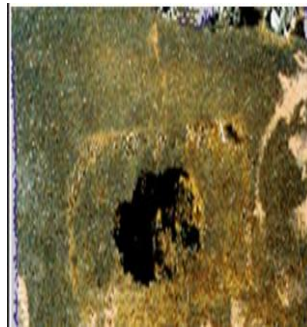
Korosi erosi yaitu terjadinya aliran fluida yang cepat dan bersifat korosif pada permukaan logam. Korosi selektif (sumber: Priyotomo, 2008). Gambar 2.9 menunjukkan korosi erosi.



Gambar 2.9. Korosi erosi (sumber Priyotomo, 2008).

h. Korosi mikroba (*microbiological corrosion*)

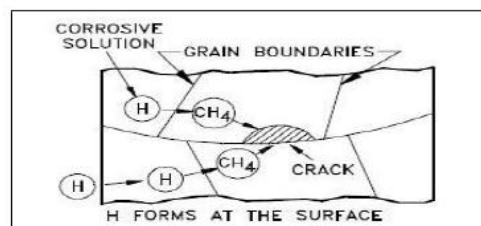
Korosi mikroba yaitu korosi yang terjadi diakibatkan oleh adanya mikroba atau bakteri (*microbially-induced corrosion/MIC*). Gambar 2.10 menunjukkan korosi mikroba.



Gambar 2.10. Korosi mikroba (sumber: Priyotomo, 2008).

i. Penggetasan hidrogen (*hydrogen embrittlement*)

Penggetasan hidrogen yaitu terjadinya peristiwa dimana atom hidrogen memasuki suatu baja atau alloy tertentu. Gambar 2.11 menunjukkan penggetasan hidrogen.

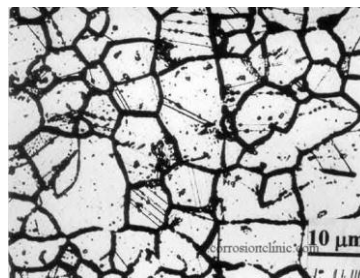


2.11. Penggetasan hidrogen(sumber: Priyotomo, 2008).

j. Korosi yang disebabkan oleh perbedaan fasa

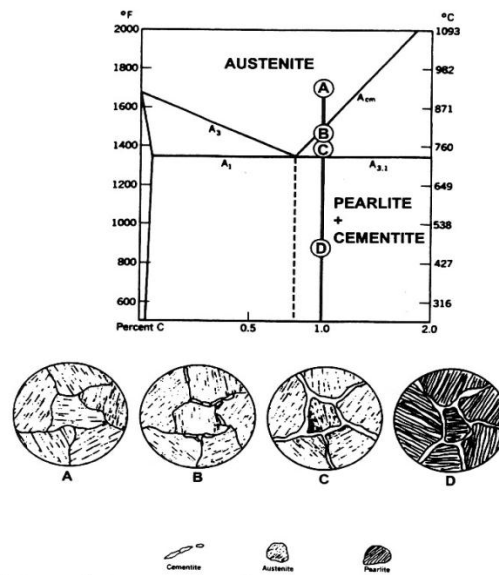
Sel galvanik dapat mempunyai dimensi mikroskopis, karena setiap fasa mempunyai komposisi dan strukturnya sendiri-sendiri, oleh karenanya masing-masing mempunyai potensial elektroda tertentu. Akibatnya, sel galvanic dapat terjadi dalam paduan dua fasa bila logam tersebut berada dalam suatu elektrolit. Misalnya dalam perlit yang terdapat suatu karbida yang merupakan anoda dalam elektrolit yang digunakan, sedangkan perlitnya sendiri sebagai katoda. Pada suatu sel galvanic mikro (paduan dari dua buah logam). Paduan dua fasa lebih mudah terkorosi dibandingkan dengan paduan satu fasa. Pada paduan dua fasa terdapat anoda dan katoda.

Laku panas dapat mempengaruhi laju korosi dengan merubah struktur mikro dari logam. Jika baja belum dilakukan reaksi temper, baja mengandung satu fasa, yaitu martensit. Kemudian jika martensit telah ditemper maka akan menghasilkan banyak sekali sel galvanic dan batas-batas butir perlit dan karbida sehingga laju korosi akan meningkat. Meningkatnya laju korosi ini dikarenakan adanya karbida sebagai anoda dan perlit sebagai katoda (Vlack, 1994). Berikut ini adalah contoh batas butir perlit pada suatu logam yang dilihat menggunakan SEM pada Gambar 2.12



Gambar 2.12 Batas butir logam (sumber : Vlack,1994).

Pada gambar 2.12 menunjukkan batas butir antara perlit dan karbida. Batas butir akan menjadi anoda dan perlit menjadi katoda. Dengan perlakuan panas dan perubahan suhu pada suatu logam maka akan merubah bentuk fasa dan juga struktur dari logam, untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Microstructures at various temperatures when cooling SAE 1095 steel. (*Machine Tools and Machining Practices*)

Gambar 2.13 Struktur mikro logam dalam perlakuan panas.

Dari gambar menunjukkan struktur mikro pada logam saat terjadi perlakuan panas. Gambar menunjukkan bahwa pada logam dengan laju panas tertentu mempunyai struktur fasa yang berbeda. Pada struktur fasa tersebut akan terbentuk batas-batas butir, dimana batas butir akan menjadi anoda dan fasa-fasa lainnya akan menjadi katoda.

4. Pencegahan Korosi

Proses korosi dapat dicegah dengan melihat berbagai aspek yang mempengaruhi proses korosi tersebut. Aspek-aspek dalam pencegahannya 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 akan 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.

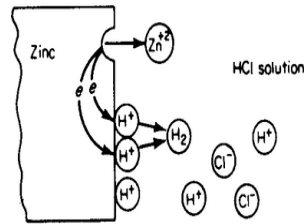
d. Perubahan media dan inhibitor

Perubahan media lingkungan bertujuan untuk mengurangi dampak korosi. Parameter-parameter umum yaitu penurunan temperature, penurunan laju alir larutan elektrolit, menghilangkan unsur oksigen atau oksidiser, perubahan konsentrasi dan inhibitor (Priyotomo, 2008).

D. Mekanisme Terbentuknya Sel Korosi

Secara umum mekanisme korosi yang terjadi di dalam suatu larutan berawal dari logam yang teroksidasi dan melepaskan elektron untuk membentuk ion logam yang bermuatan positif. Larutan akan bertindak sebagai katoda dengan reaksi

yang umum terjadi adalah pelepasan H_2 dan reduksi O_2 , akibat ion H^+ dan H_2O yang tereduksi. Reaksi ini terjadi dipermukaan logam yang akan menyebabkan pengelupasan akibat pelarutan logam ke dalam larutan secara berulang-ulang (Nurdin, 1998). Gambar 2.12 menunjukkan mekanisme korosi.



Gambar 2.14. Mekanisme korosi

1. Laju Korosi

Laju korosi didefinisikan sebagai banyaknya logam yang dilepas tiap satuan waktu pada permukaan tertentu. Laju korosi umumnya dinyatakan dengan satuan *mils per year* (mpy). Satu *mils* adalah setara dengan 0,001 inchi (Fontana *et al*, 1986). Laju korosi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$CR = \frac{Km}{AT\rho} \quad (2.7)$$

dimana: CR : Laju Korosi (mm/tahun)

K :Konstanta Laju Korosi

m :Selisih Massa (mg)

T : Waktu Perendaman (tahun)

A :LuasPermukaan (mm^2)

ρ : Massa Jenis (mg/mm^3)

2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi laju korosi yaitu:

a. Jenis logam dan struktur mikroskopis logam

1. Semakin inert suatu logam, maka semakin tahan logam tersebut terhadap korosi.
2. Tidak homogenya susunan dari logam, maka akan menimbulkan sel korosi pada logam itu sendiri.

b. Komposisi dan konsentrasi larutan elektrolit

Larutan elektrolit adalah air yang mengandung anion dan kation (Piere R, 2008). Beberapa faktor yang mempengaruhi korosifitas suatu larutan antara lain:

1. Konduktivitas

Naiknya konduktivitas suatu larutan, maka daya hantar listrik larutan tersebut akan semakin baik, akibatnya laju korosi lebih cepat terjadi. Adanya ion klorida (Cl^-) dalam elektrolit akan meningkatkan konduktivitas larutan tersebut, sehingga aliran arus korosi akan lebih meningkat.

2. pH

Kenaikan laju korosi pada logam besi terjadi pada pH di bawah 4 dan di atas 12, hal ini disebabkan karena lapisan pelindung pada besi tidak terbentuk.

3. Gas terlarut

Oksigen terlarut akan meningkatkan reaksi katoda sehingga logam akan semakin teroksidasi (terkorosi). Laju korosi dipengaruhi oleh bermacam-macam kondisi fisik yang terdapat dalam suatu gas terlarut, seperti:

1). Temperatur

Temperatur yang tinggi akan mempengaruhi laju korosi. Pada sistem tertutup laju korosi akan terus bertambah, sedangkan pada sistem terbuka kenaikan temperatur akan mengakibatkan penurunan kelarutan gas O_2 , dan akan menurunkan laju korosi pada titik tertentu.

2). Tekanan

Kenaikan tekanan menyebabkan kenaikan gas terlarut, dengan konsekuensi akan menaikkan laju korosi pada sistem.

3). Kecepatan alir fluida

Adanya kecepatan alir fluida yang berbeda-beda akan menentukan jenis korosi yang dapat terjadi. Korosi yang sering ditimbulkan akibat faktor ini adalah korosi erosi.

E. Inhibitor

Suatu inhibitor kimia adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia (Dalimuthe, 2004). Bekerja secara khusus, inhibitor korosi merupakan suatu zat kimia yang bila ditambahkan ke dalam suatu lingkungan tertentu akan dapat menurunkan laju korosi dari logam akibat lingkungan sekitar. Penambahan inhibitor dilakukan dengan jumlah yang sedikit, baik secara kontinu maupun periodik menurut suatu selang waktu tertentu dan laju korosi akan menurun secara drastis atau memberikan efek yang cepat dan baik.

Adapun mekanisme kerja inhibitor sebagai berikut (Dalimuthe, 2004):

- a. Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam, dan membentuk suatu lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan ini tidak dapat

dilihat oleh mata biasa, namun dapat menghambat penyerangan lingkungan terhadap logamnya.

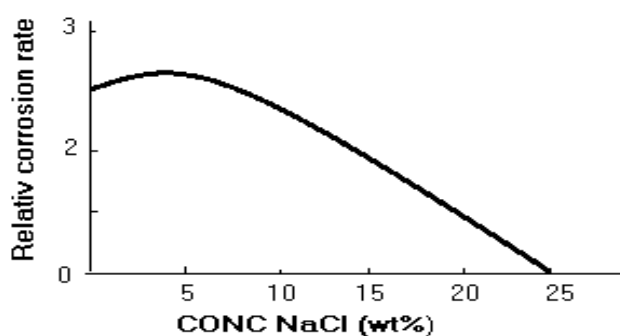
- b. Melalui pengaruh lingkungan (misal pH) menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam serta melindunginya terhadap korosi. Endapan yang terjadi cukup banyak, sehingga lapisan yang terjadi dapat teramati oleh mata.
- c. Inhibitor lebih dulu mengkorosi logamnya, dan menghasilkan suatu zat kimia yang kemudian melalui peristiwa adsorpsi dari produk korosi tersebut membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan logam.
- d. Inhibitor menghilangkan kontituen yang agresif dari lingkungannya.

F. Pengaruh Konsentrasi NaCl terhadap Laju Korosi

Di dalam sebuah larutan, suatu garam akan terurai menjadi ion-ion (baik berupa kation maupun anion) pembentuknya. Ion-ion ini akan menjadikan larutan garam mampu menghantarkan muatan listrik yang terdistribusi di dalam larutan tersebut (Piere R, 2008). Sehingga di dalam larutan garam ini akan menghasilkan nilai konduktivitas, dimana nilai konduktivitas ini sebanding dengan konsentrasi dari garam yang terlarut didalam larutan.

Proses korosi merupakan suatu reaksi elektrokimia antara logam sebagai anoda dengan lingkungan yang bertindak sebagai katoda (Jones, 1992). Sehingga konduktivitas dari suatu larutan elektrolit yang menghubungkan antara anoda dan katoda ini akan menentukan kecepatan dari reaksi elektrokimia tersebut. Larutan dengan konduktivitas yang baik akan mengakibatkan reaksi korosi berlangsung dengan cepat, sehingga akan meningkatkan laju korosi.

Dengan adanya ion-ion di dalam larutan garam akan bisa menurunkan agen pereduksi yang ada pada larutan (Rustandi, 2011). Semakin besar nilai konsentrasi NaCl di dalam larutan yang terlarut (teraerasi) maka akan menurunkan kelarutan oksigen dalam larutan. Ketika konsentrasi NaCl mencapai nilai 3 hingga 3,5%, maka kelarutan optimum oksigen di dalam larutan NaCl teraerasi (Jones, 1992). Gambar 2.13 menunjukkan pengaruh konsentrasi NaCl terhadap laju korosi.



Gambar 2.15. Pengaruh konsentrasi NaCl terhadap laju korosi.

Pada penelitian sebelumnya, telah membuktikan bahwa laju korosi optimum baja karbon berada pada konsentrasi NaCl 3-3,5%. Semakin tinggi konsentrasi NaCl di dalam larutan, maka akan semakin besar konduktivitas larutan, sehingga meningkatkan laju korosi pada baja. Namun semakin pekat konsentrasi dari NaCl maka akan terjadi penurunan dari kelarutan agen pereduksi sehingga laju korosi akan berkurang. Hal ini disebabkan karena kejenuhan dari larutan NaCl, sehingga menimbulkan endapan yang tidak mampu bereaksi lagi yang menghasilkan pengurangan dari agen pereduksi di dalam larutan.

G. Tanin

Tanin merupakan zat organik yang sangat kompleks dan terdiri dari senyawa fenolik. Tanin tergolong senyawa polifenol dengan karakteristiknya yang dapat membentuk senyawa kompleks dengan makromolekul lainnya. Pada tumbuh-tumbuhan, senyawa tanin terdapat pada kulit kayu, batang, daun, dan buah. Tanin dibagi menjadi dua kelompok yaitu tanin mudah terhidrolisis dan tanin terkondensasi. Tanin yang mudah terhidrolisis merupakan polimer gallic atau ellagic acid yang berikatan ester dengan sebuah molekul gula, sedangkan tanin terkondensasi merupakan polimer senyawa flavonoid dengan ikatan karbon-karbon (Harbone, 1984).

H. Metode Ekstraksi Daun Gambir (*Uncaria Gambir Leaves*)

Gambir termasuk dalam family Rubiaceae (kopik kopian). Gambir merupakan tanaman perdu dengan tinggi 1-3 m. Batangnya tegak, bulat, warna coklat pucat. Daunnya tunggal, panjang 8-13 cm, lebar 4-7 cm, dan berwarna hijau. Bunga gambir adalah bunga majemuk, berbentuk lonceng. terletak di ketiak daun, panjang lebih kurang 5 cm. memiliki mahkota sebanyak 5 helai yang berbentuk lonjong. dan berwarna ungu. Buahnya berbentuk bulat telur, panjang lebih kurang 1,5 cm dan berwarna hitam (Silviakasari, 2010).

Bagian tanaman gambir yang dipanen adalah daun dan ranting yang selanjutnya diolah untuk menghasilkan ekstrak gambir yang bernilai ekonomis. Panen atau pemangkasan daun dilakukan setelah tanaman berumur 1.5 tahun. Pangkasan daun dan ranting harus segera diolah, karena jika pengolahan ditunda lebih dan 24 jam.

getalrnya akan berkurang. Produksi gambir di Indonesia sebagian besar dihasilkan dari Sumatera Barat.

Adapun taksonomi dari gambir adalah:

- Kingdom : *Plantae*
Division : *Magnoliophyta*
Sub Divisio : *Spermatophyta*
Kelas : *Magnoliopsida*
Ordo : *Rubiales*
Famili : *Rubiaceae*
Genus : *Uncaria*
Spesies : *Uncaria gambir* Hunter R.

Gambar 2.14 menunjukkan tanaman gambir.



Gambar 2.16. Daun gambir.

Ekstraksi merupakan proses penarikan komponen/zat aktif suatu simpliasi menggunakan pelarut tertentu. Prinsip ekstraksi didasarkan pada distribusi zat terlarut dengan perbandingan tertentu antara dua pelarut yang tidak saling bercampur. 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 (Harborne, 1984).

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 (Harborne, 1984).

Komponen kimia yang terdapat dalam gambir dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Komponen-komponen dalam Daun Gambir Secara Umum.

Zat	Kandungan (%)
<i>Catechin</i>	7–33
<i>AsamCatechutannat(tannin)</i>	20–55
<i>Pyrocathocol</i>	20–33
Gambir flouresensi	1–3
<i>Red Catechu</i>	3–5
<i>Quersetin</i>	2–4
<i>Fixed Oil</i>	1–2
Lilin	1–2
Alkaloid	Sedikit

Sumber : (Dhalimi, A. 2006).

I. Metode Kehilangan Berat

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).

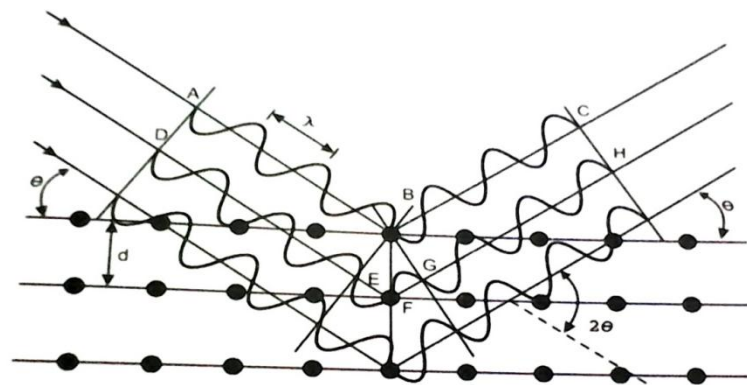
J. XRD (*X-Ray Diffraction*)

Sinar-X telah ditemukan pada tahun 1895 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 \AA . Difraksi adalah fenomena hamburan di mana sejumlah besar atom bekerja sama. Karena atom-atom disusun secara berkala pada kisi, sinar tersebar oleh mereka yang memiliki hubungan fase yang pasti, hubungan fase ini mengakibatkan interferensi destruktif yang terjadi pada kebanyakan arah hamburan, tetapi dalam beberapa arah terjadi interferensi konstruktif dan terbentuk difraksi sinar. Kedua kejadian ini adalah gerakan gelombang interferensi (sinar-X) dan satu set pusat hamburan diatur secara berkala (atom dari kristal) (Cullity, 1977).

XRD merupakan teknik analisis non-destruktif dengan menggunakan sinar-X sebagai penghantar. Intensitas dari sinar-X yang didifraksikan mengenai permukaan sampel membentuk pola interferensi sebagai fungsi sudut hambur yang memenuhi hukum Bragg. Pola interferensi tersebut yang kemudian diolah sehingga diketahui struktur kristal, komposisi kimia serta sifat-sifat bahan (Glatzel, 2013).

XRD merupakan salah satu teknik analisis tak merusak pada material yang digunakan untuk mengetahui struktur kristal dan jarak antar atom. X-ray yang dihasil alat akan dikontakan pada spesimen pada jarak tertentu dengan sudut yang berbeda dan setiap intensitas difraksi yang dipantulkan diukur. Setiap struktur kristal senyawa kimia memiliki pola difraksi yang unik. Dengan membandingkan spisimen yang diukur dengan database The Interational Center Diffraction Data (ICDD), maka pola atau struktur spesimen dapat diketahui (Boucher, A. et al, 2012).

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). Hamburan sinar-X oleh elektron-elektron di dalam atom suatu material dapat dilihat dalam Gambar 2.15.



Gambar 2.17. Sinar-X yang dihamburkan oleh atom-atom kristal yang berjarak d (Richman, 1967).

Dari Gambar 2.13 terlihat bahwa gelombang pertama memiliki panjang yang sama yaitu $AB+BC$, begitu pula dengan gelombang kedua $DF+FH$. Gelombang

kedua $DF+FH$. Gelombang kedua berjalan lebih jauh dari gelombang pertama, dan selisihnya adalah:

$$\Delta = (DF + FH) - (AB + BC) \quad (2.8)$$

Jika dari titik B ditarik garis ke DF dan FH , diberi tanda E dan G , maka:

$$DE=AB, GH=BC \quad (2.9)$$

Perbedaan antara dua gelombang tersebut adalah:

$$\Delta = EF + FG \quad (2.10)$$

Diketahui bahwa $EF+FG$ merupakan λ (panjang gelombang) dan panjang EF sama dengan panjang FG yaitu sebesar $d \sin \theta$, sehingga:

$$\lambda = d \sin \theta + d \sin \theta \quad (2.11)$$

$$\lambda = 2 d \sin \theta \quad (2.12)$$

Sinar 1 dan 2 akan menjadi 1 fasa jika beda lintasan sama dengan jumlah n panjang gelombang sehingga:

$$n\lambda = 2 d \sin \theta \quad (2.13)$$

persamaan inilah yang kemudian dikenal sebagai hukum Bragg, yang pertama kali ditulis oleh W. L. Bragg. Persamaan di atas kemudian diturunkan menjadi

$$\lambda = 2 \frac{d'}{n} \sin \theta \quad (2.14)$$

Jarak antar bidang adalah $1/n$ dari jarak sebelumnya, maka ditetapkan $d = \frac{d'}{n}$ dengan demikian persamaan Bragg dapat ditulis seperti:

$$\lambda = 2 d \sin \theta \quad (2.15)$$

Dengan λ = panjang gelombang (m), d = jarak kisi (m), dan θ = sudut difraksi (Richman, 1967). Karena nilai $\sin \theta$ maksimum adalah 1, maka persamaan menjadi:

$$\frac{n\lambda}{2d} = \sin \theta < 1 \quad (2.16)$$

Dari persamaan dapat dilihat untuk memenuhi nilai $\sin \theta$, maka nilai $n\lambda$ harus $< 2d$. Dengan demikian kondisi untuk difraksi pada sudut 2θ yang teramati adalah:

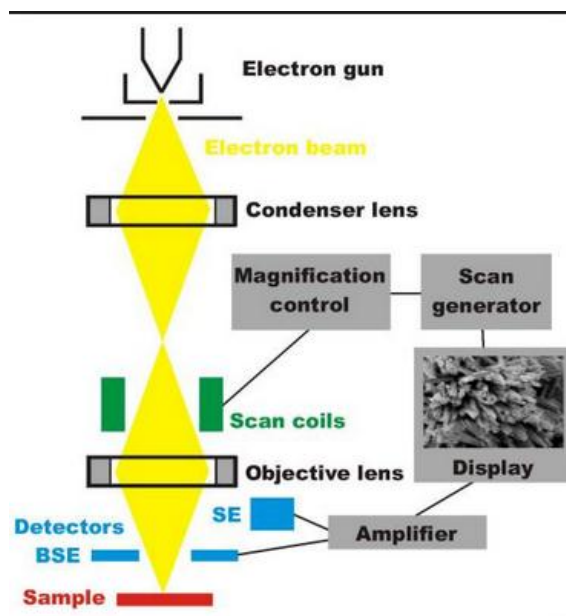
$$\lambda < 2d \quad (2.17)$$

Pada kebanyakan kristal nilai d adalah dalam orde 3 \AA atau kurang, sehingga kristal tidak dapat mendifraksikan sinar ultraviolet dengan panjang gelombang kira-kira 500 \AA (Cullity, 1978).

K. SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

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.



Gambar 2.18. Diagram SEM (Reed, 1993).

Prinsip kerja SEM dapat dilihat pada Gambar 2.16. Dua sinar elektron digunakan secara simultan. Satu *strike specimen* digunakan untuk menguji dan *strike* yang lain 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 1500 K sampai 3000 K. Katoda adalah kutub negatif yang dibutuhkan untuk mempercepat tegangan Eo kali elektron volt (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 dipompa cukup vakum menggunakan *oil-difussion*, *turbo molecular*, atau pompa ion (Chan, 1993).

SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dilengkapi dengan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) 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.

Kelebihan energi yang dilepas pada waktu transisi adalah dalam bentuk sinar-X. Karena beda tingkat energi untuk suatu atom tertentu, sehingga sinar-X yang dihasilkan oleh suatu atom tersebut juga mempunyai energi tertentu dan ini disebut sinar-X karakteristik. Energi pancaran elektron dalam bentuk sinar-X akan dideteksi dan dihitung oleh EDS dan akan dihasilkan keluaran berupa grafik puncak-puncak tertentu yang mewakili unsur yang terkandung. EDS juga memiliki kemampuan untuk melakukan elemental masing-masing elemen di permukaan bahan. EDS juga dapat digunakan untuk menganalisis secara kuantitas dari persentase masing-masing elemen (Qulub, 2011).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2016 sampai Juni 2017 di Laboratorium Kimia Organik Universitas Lampung, Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Lampung, Laboratorium Terpadu UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, Laboratorium Metalurgi LIPI Tanjung Bintang, Lampung Selatan, Laboratorium Metalurgi dan Korosi LIPI Serpong Tangerang, serta Laboratorium Pusat Survei Geologi Kelautan (P3GL) Bandung.

B. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari: penguap putar vakum (*rotary evaporator*), neraca digital, alat pemotong baja, gergaji mesin, jangka sorong digital, *polisher machine*, gelas ukur, *decicator*, plastik kecil, botol film, beaker glass, blender, spatula, pipet tetes, benang, kayu kecil, aluminium foil, kertas amplas, *furnace*, SEM (*Scanning Electron Microscopy*), XRD (*X-Ray Diffraction*), EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*).

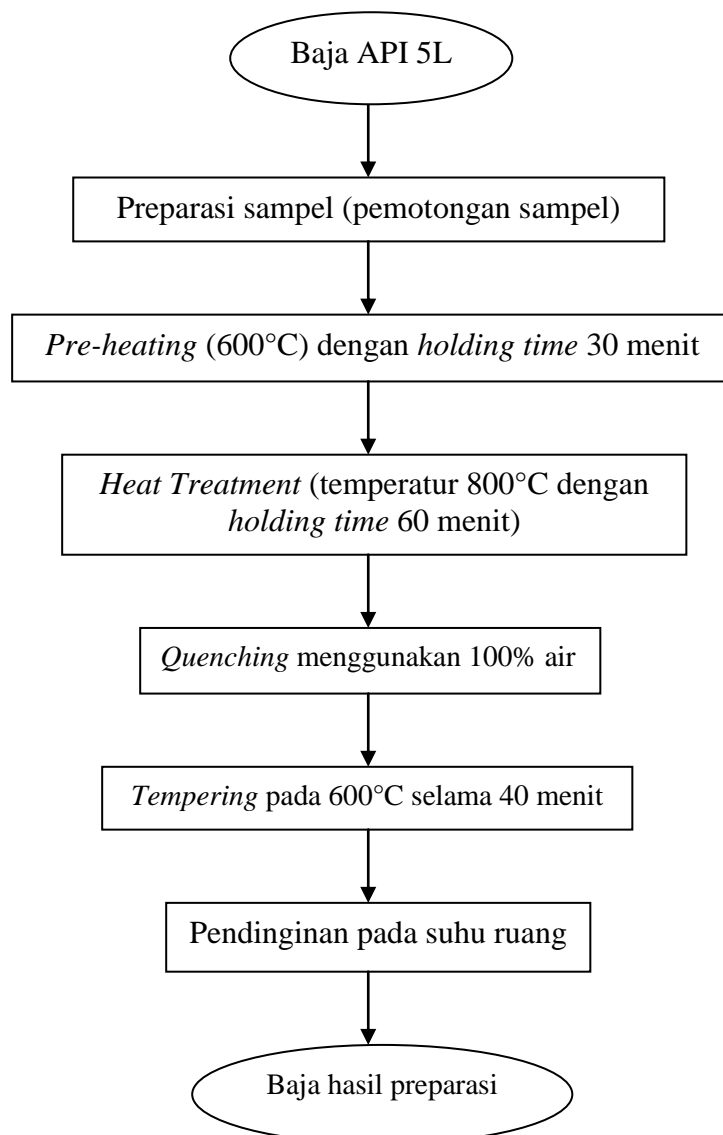
Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: daun gambir, baja karbon (API 5L), natrium klorida (NaCl), etanol 70%, air, dan aquabides.

C. Preparasi Bahan

Prosedur kerja penelitian di bagi menjadi 2 tahap, pertama yaitu pembuatan sampel baja menggunakan perlakuan panas kemudian melakukan prosedur percobaan untuk melihat laju korosi pada baja yang telah di preparasi.

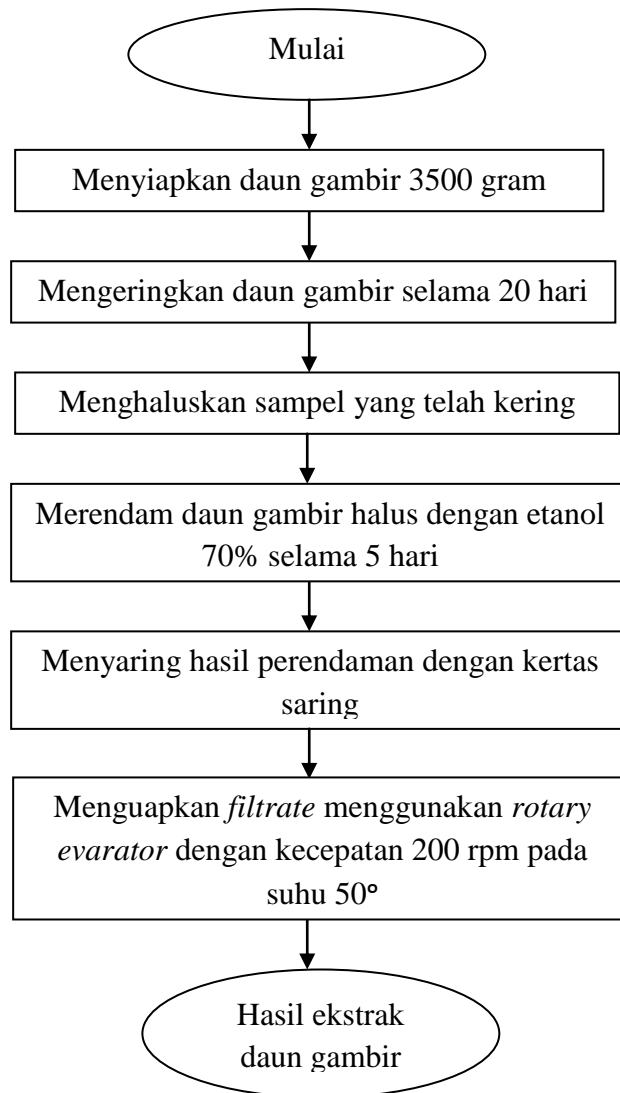
a. Prosedur preparasi baja dengan perlakuan panas

Prosedur kerja proses preparasi baja dengan perlakuan panas dapat di lihat pada Gambar 3.1



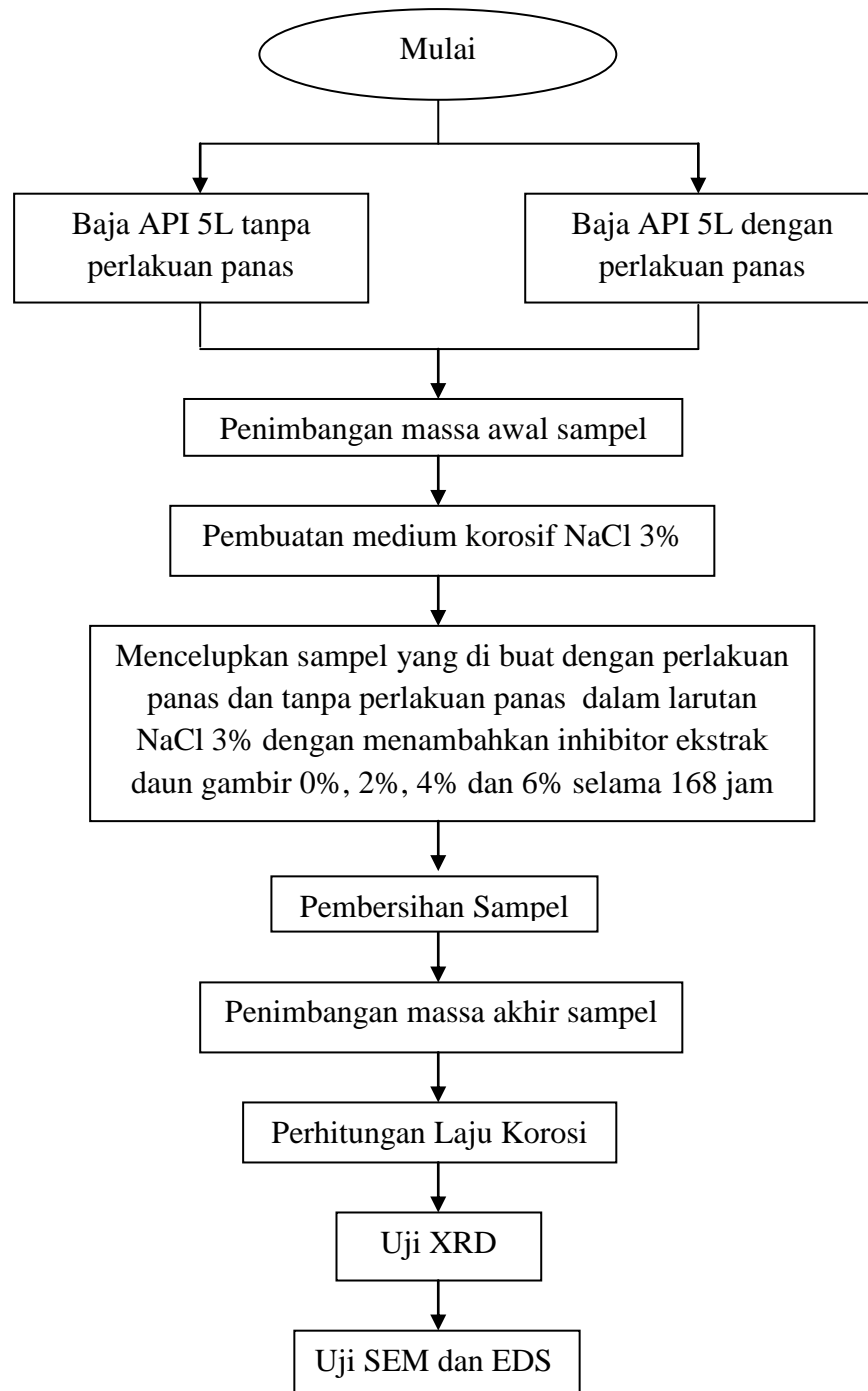
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian preparasi baja dengan perlakuan panas.

- b. Prosedur pembuatan larutan inhibitor ekstrak daun gambir dapat dilihat pada Gambar 3.2.



3.2 Diagram alir pembuatan ekstrak daun gambir.

- c. Prosedur percobaan untuk melihat laju korosi pada baja yang telah dipreparasi dengan perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas dengan inhibitor daun gambir. Prosedur penelitian dapat di lihat pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian dan karakterisasi sampel.

d. Kode-kode sampel

Kode-kode sampel yang digunakan adalah sebagai berikut pada tabel 3.1

Tabel 3.1. Kode-kode sampel.

No	Kode	Keterangan
1.	API 5L X0	Sampel dengan perlakuan panas pada inhibitor 0%
2.	API 5L X2	Sampel dengan perlakuan panas pada inhibitor 2%
3.	API 5L X4	Sampel dengan perlakuan panas pada inhibitor 4%
4.	API 5L X6	Sampel dengan perlakuan panas pada inhibitor 6%
5.	API 5L Y0	Sampel tanpa perlakuan panas pada inhibitor 0%
6.	API 5L Y2	Sampel tanpa perlakuan panas pada inhibitor 2%
7.	API 5L Y3	Sampel tanpa perlakuan panas pada inhibitor 4%
8.	API 5L Y4	Sampel tanpa perlakuan panas pada inhibitor 6%
9.	API 5L Z	Sampel baja API 5L murni

1. Preparasi Baja API 5L

Untuk menyiapkan baja dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Memotong baja karbon API 5L dengan panjang 20 mm, lebar 10 mm, dan tinggi 5 mm sebanyak 8 sampel, dimana 4 sampel akan dilakukan menggunakan perlakuan panas dan 4 sampel tanpa perlakuan panas.
2. Membersihkan dan mencelupkan baja kedalam aseton untuk membersihkan pengotor yang menempel pada baja.

2. Proses Perlakuan Panas

Perlakuan panas dilakukan setelah preparasi sampel selesai. Perlakuan panas yang diterapkan dalam penelitian ini adalah perlakuan panas pengerasan yang dilakukan dengan tahapan berikut:

1. *Preheating*

Sebelum dilakukan pemanasan hingga temperatur austenisasi dilakukan pemanasan awal untuk menghindari terjadinya keretakan pada sampel akibat

adanya *shock temperature*. Proses pemanasan ini dilakukan pada temperature 600°C dengan waktu tahan 30 menit.

2. Austenisasi

Setelah proses pemanasan awal, pemanasan dilanjutkan sampai temperature austenisasi 800°C dengan waktu tahan 60 menit.

3. *Quenching*

Proses pendinginan cepat (*quenching*) dilakukan setelah mencapai temperature austenisasi dan waktu tahan yang diinginkan dengan menggunakan media pendingin air.

4. *Tempering*

Perlakuan panas *tempering* dilakukan untuk mengurangi sifat keras dan getas yang ditimbulkan setelah proses pemanasan dan *quenching*. Proses *tempering* dengan menggunakan dapur pemanas (*furnace*) dengan suhu 600°C selama 40 menit.

5. *Normalizing*

Perlakuan panas *normalizing* bertujuan menghilangkan pengaruh pengerjaan bahan sebelumnya, menghilangkan tegangan dalam dan memperoleh sifat-sifat fisika yang diinginkan. Proses *normalizing* dilakukan dengan cara pendinginan di udara terbuka.

3. Penghalusan dan Penimbangan Massa Awal Sampel

Sebelum baja ditimbang permukaan baja dihaluskan dengan *polisher machine*, agar permukaan baja lebih halus. Selanjutnya Baja ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui massa sebelum pengkorosian.

4. Pembuatan Larutan Inhibitor dari Daun Gambir

Pembuatan larutan inhibitor dari daun gambir yaitu:

1. Mengeringkan sampel daun gambir segar sebanyak 3500 gram dalam suhu kamar selama 20 hari untuk menghilangkan kadar air.
2. Menghaluskan sampel yang telah kering dengan blender untuk mempermudah dan memaksimalkan proses ekstraksi.
3. Mengekstrak daun gambir menggunakan metode maserasi.
4. Melakukan metode maserasi dengan memasukkan daun gambir yang telah halus kedalam wadah botol yang berisi etanol 70% selama 5 hari.
5. Menyaring hasil perendaman menggunakan kertas saring hingga memperoleh filtrat.
6. Kemudian menguapkan filtrate dari hasil proses tersebut menggunakan alat penguap putar vakum (*rotary evaporator*) dengan kecepatan 200 rpm dan suhu 50°C hingga menghasilkan ekstrak pekat.

5. Pembuatan Medium Korosif

Medium korosif adalah larutan yang dapat mengakibatkan terjadinya korosi. Medium korosif pada penelitian ini adalah NaCl dengan konsentrasi 3%. Cara pembuatan larutan NaCl yaitu mengencerkan NaCl dengan aquabides. Untuk pengenceran larutan NaCl ditentukan secara matematis berdasarkan persamaan (3.1).

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2 \quad (3.1)$$

Dimana: 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 30 gram NaCl ditambahkan dengan aquabides sampai volume 1000 ml.

6. Perendaman

Dalam tahap perendaman ini sampel yang digunakan ada 8 sampel, dimana 4 sampel dari proses perlakuan panas dan 4 sampel tanpa perlakuan panas. Kemudian sampel direndam pada medium korosif NaCl dengan menambahkan inhibitor ekstrak daun gambir selama 168 jam. Konsentrasi inhibitor yang digunakan sebesar 0%, 2%, 4%, dan 6%.

7. Pembersihan dan Penimbangan Massa Akhir Sampel

Sampel yang telah direndam dalam medium korosif ditambah inhibitor dibiarkan hingga kering. Selanjutnya ditimbang untuk mengetahui massa akhir sampel.

8. Uji XRD (*X-Ray Diffraction*)

Sampel yang telah mengalami pengkorosian kemudian diuji menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) yang bertujuan untuk mengetahui fasa yang terbentuk pada sampel.

9. Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*)

Sampel yang telah mengalami perlakuan diuji menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) yang dilengkapi dengan EDS (*Energy Dispersive*

Spectroscopy) untuk mengetahui struktur permukaan sampel dan melihat unsur-unsur kimia yang ada pada sampel.

10. Perhitungan Laju Korosi

Perhitungan laju korosi dilakukan menggunakan metode kehilangan berat sampel tiap satuan luas dan waktu menggunakan persamaan (3.2) dengan konstanta laju korosi yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.2. Konstanta laju korosi pada baja karbon.

No	Konstanta Laju Korosi	K
1	<i>Mils per year (mpy)</i>	$3,45 \times 10^6$
2	<i>Inches per year (inches/y)</i>	$3,45 \times 10^3$
3	<i>Millimeters per year (mm/y)</i>	$8,76 \times 10^4$
4	<i>Micrometers per year ($\mu\text{m/y}$)</i>	$8,76 \times 10^7$
5	<i>Milligrams per square decimeter per day (mmd)</i>	$2,40 \times 10^6 \times D$

$$CR = \frac{Km}{AT\rho} \quad (3.2)$$

Dimana: CR = Laju korosi (mm/y)
 K = Konstanta laju korosi
 m = Selisih massa (mg)
 T = Waktu perendaman (*tahun*)
 A = Luas permukaan (mm^2)
 ρ = Massa jenis (mg/mm^3)

Sedangkan untuk menghitung efisiensi penggunaan inhibitor dihitung menggunakan persamaan (3.3).

$$\eta(\%) = \frac{(CR_{uninhibited} - CR_{inhibited})}{CR_{uninhibited}} \times 100\% \quad (3.3)$$

Dimana: η = Efisiensi inhibitor (%)
 $CR_{uninhibited}$ = Laju korosi tanpa inhibitor (mm/y)
 $CR_{inhibited}$ = Laju korosi dengan inhibitor (mm/y)

(Fontana, 1986).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

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

1. Laju korosi baja API 5L dengan perlakuan panas pada konsentrasi inhibitor 0%, 2%, 4%, dan 6% secara berturut-turut adalah 0,051, 0,019, 0,027 dan 0,037 mm/y, sedangkan laju korosi baja API 5L tanpa perlakuan panas pada inhibitor 0%, 2%, 4% dan 6% adalah 0,03, 0,011, 0,016 dan 0,0225 mm/y. Sehingga laju korosi terendah dari kedua baja tersebut adalah pada konsentrasi inhibitor 2%.
2. Besar laju korosi pada sampel baja API 5L dengan perlakuan panas lebih besar daripada laju korosi pada baja API 5L tanpa perlakuan panas, hal ini ditunjukkan pada baja API 5L dengan perlakuan panas pada konsentrasi inhibitor 0% laju korosi sebesar 0,051 mm/y, sedangkan laju korosi pada baja API 5L tanpa perlakuan panas pada konsentrasi inhibitor 0% sebesar 0,030 mm/y.
3. Efisiensi terbesar pada baja API 5L dengan perlakuan panas dan baja API 5L tanpa perlakuan panas adalah pada konsentrasi inhibitor ekstrak daun gam sebesar 2%, yaitu sebesar 61,63% dan 66,43%.
4. Hasil XRD memperlihatkan pada baja API 5L dengan perlakuan panas fasa yang terbentuk adalah fasa martensit, dengan bidang 110, 200, dan 211.

Sedangkan pada baja API 5L tanpa perlakuan panas memperlihatkan bahwa fasa yang terbentuk adalah Fe murni dengan bidang 110, 200, dan 211 dengan struktur kristal BCC.

5. Hasil SEM pada baja API 5L dengan perlakuan panas memperlihatkan gumpalan dengan ukuran yang besar, retakan, lubang, dan juga terbentuknya batas butir yang merata hampir merata pada permukaan. Sedangkan pada baja API 5L tanpa perlakuan panas memperlihatkan gumpalan dengan ukuran kecil, retakan dan lubang yang lebih sedikit serta tidak terbentuk batas butir pada permukaan sampel.
6. Dari hasil EDS, kandungan oksigen pada sampel API 5L dengan perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas dengan konsentrasi inhibitor 0% terlihat lebih besar dibandingkan konsentrasi inhibitor 2%, sehingga laju korosi pada inhibitor 0% lebih besar.
7. Dari ketiga hasil karakterisasi dan perhitungan laju korosi didapatkan bahwa inhibitor ekstrak daun gambir efektif dalam mengurangi laju korosi pada baja API 5L dengan perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas.

B. SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan saran untuk penelitian selanjutnya adalah penambahan variasi suhu pada perlakuan panas dan melakukan uji korosi dengan metode-metode lain seperti metode elektrokimia dan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aidil, E. and Shams, A. M. 1972. Corrosion Inhibition by Naturally Occurring substance-I. The Effect of Hibiscus Subdariffa (Karkade) Extract on the Dissolution of Al and Zn. *Corrosion Science*. Vol. 12, No. 2. Pp. 897-904.
- Aidil, E., Handayani, S. dan Yuli, Y. 2016. Pengendalian Laju Korosi pada Baja API 5L Grade B N Menggunakan Ekstrak Daun Gambir (*Uncaria gambir Roxb*). *Jurnal Fisika*. Vol. 5, Nomor. 2. Hal. 172-178.
- Ameer, M. A., Khamis, E. and Al-Senani, G. 2000. Effect of Thiosemicarbozones on Corrosion of Steel of Phoporic Acid Produced by Wet Process: Ads. *Science Technologies*. Vol. 2. Pp. 127-138.
- Ashby, Michael F. and Jones, R. H. 1992. *Engineering Materials 2*. Oxford: Pergamon Press.
- ASM handbook. 1993. *Properties and Selection: Iron Stell and High Performance Alloys*. Tenth Edition. Metals handbook. Vol. 6. Pp. 249-327.
- Babouri, L, Belmokre, K, Kabir, A, Abdelouas. A and Mendili E. Structural and electrochemical study of binary copper alloys corrosion in 3% NaCl solution. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. Vol. 7. No. 4. Pp.1175-1186.
- 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. Pp. 120-127.
- 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. Nomor. 2. Hal. 107-129.
- Chan, S. G. and Beck, T. R. 1993. *Electrochemical Technology Corp*. Seattle Washington. USA. Pp. 125-129.
- Cullity, B. D. 1978. *Elements of X-Rays Diffraction, Second Edition*. Adison-Wesley Publishing Company Inc, USA. Pp. 1, 87.

- Dalil, M., Prayitno, A. dan Inonu, I. 1999. Pengaruh Perbedaan Waktu Penahanan Suhu Stabil (Holding time) Terhadap Kekerasan Logam. *Jurnal Natur Indonesia*. Vol. 2. Nomor.1. Hal. 12-17.
- Dalimunthe, I. S. 2004. *Kimia dari Inhibitor Korosi*. Universitas Sumatera Utara. Medan. Hal. 45-48.
- Dhalimi, A. 2006. Permasalahan Gambir (*Uncaria Gambir L.*) di Sumatera Barat dan Alternatif Pemecahannya. *Indonesian Agriculture Technology Assessment and Development Institute*. Vol. 2. Nomor. 5. Hal. 46-59.
- Djaprie dan Sriati. 1990. *Teknologi Mekanik*. Erlangga. Jakarta. Hal. 35-50.
- Fadare, D. A., Fadara, T.G. and Akanbi, O.Y. 2011. Effect of Heat Treatment on Mechanical Properties and Microstructure of NST 37-2 Steel. *Journal of Minerals & Engineering*. Vol. 10. No 3. Pp. 299-308.
- Fontana, M. C. dan Greene, M. D. 1986. *Corrosion Engineering Hand Book*. Mc Graw Hill Book Company. New York. Pp. 144-147.
- Gary, M. 2011. *Heat Treatment (Makalah Proses Produksi)*. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Harborne, J. B. 1984. *Metode Fotokimia*. ITB. Bandung. Hal. 151.
- Haryadi, G.D. 2006. Pengaruh Suhu Tempering Terhadap Kekerasan, Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Pada Baja K-460. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 8. Nomor. 2. Hal 1-8.
- Haryati. 2008. *Potensi dan Peluang Tanaman Obat*. Erlangga: Jakarta. Hal. 23-28.
- Haryono, G. dan Sugiarto, B. 2010. *Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi*. FTI UPN Veteran: Yogyakarta. Hal. 51.
- Hussin., M. H. and Kassim, M. J. 2010. Electrochemical Studies of Mild Steel Corrosion Inhibition in Aqueous Solution by *Uncaria gambir* Extract. *Journal of Physical Science*, Vol. 21. No. 1. Pp. 1-13.
- 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 Gas CO₂. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi II*. Universitas Lampung, 17-18 November 2008. Hal. 257-266.
- Jones, Denny A. 1992. *Principles and Prevention of Corrosion*. Maxwell Macmillan. Singapura. Pp. 12.
- Kardel, M., Taube F., Schulz, H., Schütze, W. and Gierus, M. 2013. Different Approaches to Evaluate Tannin Content and Structure of Selected Plant

Extracts – Review and New Aspects. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. Vol. 86. No.21. Pp. 154 - 166 .

Kassim, M. J. and Hussin, M. H. 2010. Electrochemical Studies of Mild Steel Corrosion Inhibition in Aqueous Solution by *Uncaria gambir* Extract. *Journal of Physical Science*. Vol. 21. No. 1. Pp. 1-13.

Kirk and Othmer. 1965. *Encyclopedia of Chemical Technology, Second Edition*. Vol. 6. Pp. 320.

Ludiana, Y. dan Handani, S. 2012. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Teh (*Camellia Sinensis*) terhadap Laju Korosi Baja Karbon Schedule 40 Grade B ERW. *Jurnal Fisika Unand*. Vol. 1. Nomor. 4. Hal. 12-18.

Lu, S. Y, Yao, K. F, Chen, Y. B, Whang, M. H, Liu, X, and Ge, X. 2015. The Effect Of Tempering on the Microstructure and Electrochemical Properties of a 13wt.% Cr-type Martensitic Stainless Steel. *Electrochimica Acta*. Vol 165. Pp. 45-55.

Mizhar, S. dan Suherman. 2011. Pengaruh Perbedaan Kondisi Tempering Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Dari Baja AISI 4140. *Jurnal Dinamis Jurusan Teknik Mesin*. Vol. 2. Nomor 8. Hal. 21-26.

Motagi, B. S. and Bhosle, R. 2012. Effect of Heat Treatment on Microstructure and Mechanical Properties of Medium Carbon Steel. *International Journal Of Engineering Research and Development*. Vol 2. No 1. Pp. 07-13.

Mulyadi dan Eka, S. 2010. Kajian Perubahan Kekerasan dan Difusi Karbon Sebagai Akibat Proses dari Proses Karburisasi dan Proses Quenching pada Material Gigi Perontok Power Thresher. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 7. Nomor 1. Hal. 33-49.

Murti, E. A., Handani, S. dan Yetri, Y. 2016. Pengendalian Laju Korosi pada Baja API 5L Grade B N Menggunakan Ekstrak Daun Gambir (*Uncaria gambir Roxb*). *Jurnal Fisika Unand*. Vol. 5. Nomor. 2. Hal. 172-178.

Nugroho, S. dan Haryadi, G. D. 2005. Pengaruh media Quenching Air Tersirkulasi (*Circulated Water*) Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Pada Baja AISI 1045. *Jurnal Rotasi*. Vol. 7. Nomor. 1. Hal.. 2-5.

Nur, I., Junaidi dan Hanwar, O. 2005. Analisis Pengaruh Media Pendingin Dari Proses Perlakuan Panas Terhadap Kekuatan Sambungan Pegas Daun Dengan Las Smaw. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 2. Nomor 1. Hal. 18-23.

Nurdin, Isdriyani dan Syahri, M. 1998. *Inhibisi Korosi Baja Karbon di dalam Larutan Karbonat Bikarbonat*. ITB. Bandung.

- Pakpahan, M. S. 2015. Inhibisi Korosi Baja Karbon Rendah C-Mn *Steel* oleh Ekstrak Daun Teh (*Camellia Sinensis*) Dalam Medium Korosif. *Jurnal Fisika dan terapan*. Vol. 4. Nomor. 6. Hal. 1-7.
- Piere, R. R. 2008. *Corrosion Engineering-Principles and Practice*. TheMcGraw-Hill Companies Inc. USA. Pp. 23-28.
- Pradityana, A., Sulistijono, Shahab, A., Noerochim, L. and Susanti, D. 2016. Inhibition of Corrosion of Carbon Steel in 3.5% NaCl Solution by Myrmecodia Pendans Extract. *International Journal of Corrosion*. Vol. 2016. No. 6058286. Pp. 1-6.
- Priyotomo, G. 2008. *Kamus Saku Korosi Material*. Metalurgi LIPI. Tangerang. Hal. 4-14.
- Reed, S. J. B. 1993. *Electron Microprobe Analysis and Scanning Electron Microscopy in Geology*. Cambridge University Press, Florida. Pp. 23-24.
- Rhattas, K, Benmessaoud, M, Doubi, M, Hajjaji, N and Srhiri, A. 2011. Corrosion Inhibition of Copper in 3% NaCl Solution by Derivative of Aminotriazole. *Materials Sciences and Applications*. Pp. 220-228.
- Richman, M. H. 1967. *An Introduction to The Science of Metals*. Blaisdell Publishing Company, USA. Pp. 78-79.
- Rieger, H. P. 1992. *Electrochemistry, Second Edition*. Chapman and Hall Inc, New York. Pp. 412-421.
- Rustandi, Andi, Iandiono dan Dito. 2011. Studi Laju Korosi Baja Karbon untuk Pipa Penyalur Proses Produksi Gas Alam yang Mengandung Gas CO₂ pada Lingkungan NaCl 0.5, 1.5, 2.5, dan 3.5%. (Skripsi). Universitas Indonesia. Depok. Hal. 44-46.
- Sari, M. D., Handani, S. dan Yetri, Y. 2013. Pengendalian Laju Korosi Baja St-37 dalam Medium Asam Klorida dan Natrium Klorida Menggunakan Inhibitor Ekstrak Daun Teh (*Camelia sinensis*). *Jurnal Fisika Unand*. Vol 2. Nomor 3. Hal 204-211.
- Seidu O. S. and Kutelu, B. J. 2013. Effect of Heat Treatments on Corrosion of Welded Low-Carbon Steel in Acid and Salt Environments. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, Vol. 2013. No. 1. Pp. 95-100.
- Schonmetz. and Gruber, A. K. 1985. *Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam*. Aksara. Bandung. Hal. 65.
- Silviakasari. 2010. Uji Efektivitas Katekin dari Daun Gambir (*Uncaria Gambir (Hunter) Roxb*) Sebagai Bahan Alternatif Pengawet Tahu di Kabupaten

Bogor, *Laporan Akhir Program Kreativitas Mahasiswa*, Institut Pertanian Bogor.

Sukirno. 2010. *Kuliah Teknologi Pelumas 3*. Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. Jakarta. Hal. 20-24.

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. 89-93.

Surdia, T., dan Saito, S. 1992, *Pengetahuan Bahan Tehnik*, cetakan kedua, PT. Pradnya Paramita, Jakarta. Hal. 102-105.

Trethewey, K. R. and Chamberlain, J. 1991. *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasa*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Vlack, V. L. H. 1994. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam)*, Edisi kelima. Erlangga. Jakarta. Pp. 101-104.

Wardoyo, J. T. 2005. Metode Peningkatan Tegangan Tarik dan Kekerasan Pada Baja Karbon Rendah Melalui Baja Fasa Ganda. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 10. Nomor 3. Hal. 237-248.

Wibowo, B. T. 2006. Pengaruh Temper dengan Quenching Media Pendingin Oli Mesran SAE 40 Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Baja ST 60. (Skripsi). Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Semarang.

Wulandari, A. 2011. Studi Ketahanan Korosi H₂ Pada Baja Karbon Rendah Yang Mengalami Canai Hangat 600°C. (Skripsi). Jurusan Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia , Depok. Jawa Barat.

Yuli, Y., Emriadi, Jamarun, N. and Gunawarman. 2014. Corrosion Inhibition Efficiency of Mild Steel in Hydrochloric Acid by Adding Theobroma Cacao Peel Extract. *International Conference on Biological, Chemical and Environmental Sciences*. Vol. 10. Pp. 15-19.

Yuli, Y., Emriadi, Jamarun, N. and Gunawarman. 2015. Corrosion inhibition of environmental friendly inhibitor using *Theobroma cacao* peels extract on mild steel in NaCl solution. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. Vol. 7. No. 5. Pp. 1083-1094.