



**STUDI INHIBISI LAJU KOROSI TEMBAGA DENGAN ASAM ASKORBAT
DALAM MEDIUM KOROSIF MENGGUNAKAN TEKNIK POLARISASI
POTENSIODINAMIK**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Program Sarjana Sains Jurusan
Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas ~~Jember~~

Hadiah

Kelas

Persembahkan Untuk

620.11

Terima Tgl :

No. Induk :

Oleh

Pengkatalog :

Munawir

MUN
S

**MUNAWIR
NIM 001810301021**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER**

2007



**STUDI INHIBISI LAJU KOROSI TEMBAGA DENGAN ASAM ASKORBAT
DALAM MEDIUM KOROSIF MENGGUNAKAN TEKNIK POLARISASI
POTENSIODINAMIK**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Penyelesaian Program Sarjana Sains Jurusan
Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Oleh

MUNAWIR
NIM 001810301021

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2007

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda H. Moh. Kamilaen'Azmi dan Ibunda Rohaeniah tercinta, yang telah mendoakan dan memberi kasih sayang serta pengorbanan selama ini.
2. Kakakku Ustadz Abdul Aziz Damanhuri dan Adik-adikku (Hamdan, Haizan , Zainuddin, Moh.Yunus, Moh. Yusuf Ramadhan Gifari) yang telah memberi dorongan semangat dan doa hingga terselesaikannya skripsi ini.
3. Guru-guruku dari SD sampai Perguruan Tinggi yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran.
4. Agama, Bangsa dan Almamaterku tercinta.

MOTTO

“ Sesungguhnya bersama dengan kesulitan itu ada kemudahan dan hanya kepada ALLAH SWT hendaknya kamu berharap”

(Q.S Al-Insyirah: 8)

“Barang siapa menempuh suatu jalan menuntut ilmu pengetahuan maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga”

(HR. Muslim)

“Janganlah berusaha menjadi manusia yang sempurna, tapi berusaha menjadi manusia yang lebih baik”

(Og mandino)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Munawir

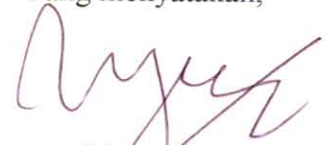
NIM : 001810301021

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul: *“Studi Inhibisi Laju Korosi Tembaga dengan Asam Askorbat dalam Medium Korosif Menggunakan Teknik Polarisation Potensiodinamik”* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 14 Pebruari 2007

Yang menyatakan,



Munawir

NIM 001810301021

PENGESAHAN

Skripsi ini diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

hari : KAMIS

tanggal : 08 MAR 2007

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

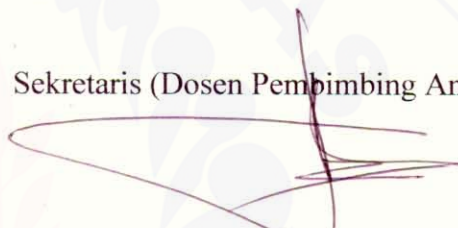
Tim Penguji:

Ketua (Dosen Pembimbing Utama),



Tri Mulyono, S.Si., M.Si.
NIP 132 206 031

Sekretaris (Dosen Pembimbing Anggota),



Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D.
NIP 1320 56 180

Anggota (Dosen Penguji I),



Dwi Indarti, S.Si., M.Si.
NIP 132 257 934

Anggota (Dosen Penguji II),



Drs. Zulfikar, Ph.D.
NIP 131 660 785

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




Ir. Sumadi, M.S.
NIP 130368784

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari beberapa variabel (konsentrasi elektrolit NaCl, CaSO₄.2H₂O, CaCO₃; aerasi; variasi temperatur; keberadaan inhibitor asam askorbat) yang mempengaruhi laju korosi tembaga menggunakan teknik polarisasi potensiodinamik (Linier Sweep Voltametry)/LSV) dengan tiga elektroda, yaitu tembaga (WE), Platina (CE), dan Ag/AgCl (RE). Medium korosif dibuat dengan konsentrasi (0,0056, 0,0085, 0,0113) M NaCl; (0,0021, 0,0031, 0,0042) M CaSO₄.2H₂O dan (0,0033, 0,0050, 0,0067) M CaCO₃) kemudian diukur pada rentang potensial -1000 mV sampai 1000 mV ; laju scan 1 mV/s. Respon yang diperoleh berupa arus yang digunakan dalam pembuatan kurva polarisasi (diagram tafel). Dengan mengacu pada diagram tafel, diperoleh potensial korosi tembaga E_{kor} -250 mV dan arus korosi I_{kor} . Nilai I_{kor} dipakai untuk menghitung besarnya laju korosi tembaga. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa laju korosi meningkat dengan bertambahnya konsentrasi; Medium dengan pengaliran udara memberi efek laju korosi yang meningkat; Inhibitor asam askorbat dapat menurunkan laju korosi tembaga pada medium NaCl walaupun dengan efisiensi yang rendah 10,513%; Kenaikan temperatur hanya meningkatkan laju korosi pada 30⁰C sedangkan pada 40⁰C, 50⁰C, 60⁰C mengalami penurunan laju korosi

Kata kunci: polarisasi potensiodinamik, arus korosi, inhibitor, potensial korosi, tafel.

RINGKASAN

Studi Inhibisi Laju Korosi Tembaga dengan Asam Askorbat dalam Medium Korosif Menggunakan Teknik polarisasi Potensiodinamik; Munawir, 001810301021; 2007; 48 halaman; Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Jember.

Korosi merupakan fenomena penurunan mutu suatu bahan akibat reaksi elektrokimia logam dengan lingkungannya. Korosi ini dapat mengurangi usia pemakaian suatu bahan. Kerusakan bahan yang ditimbulkan hampir mencakup seluruh segi kehidupan manusia dari peralatan rumah tangga, industri, aksesoris kantor dsb. Pada sistem pendingin di industri yang menggunakan air sebagai penghantar panas tidak luput dari senyawa korosif seperti NaCl, CaSO₄ dan CaCO₃ yang menghambat proses penghantaran panas dengan terbentuknya kerak dan korosi pada pipa tembaga tersebut. Peristiwa korosi secara alamiah juga disebabkan oleh udara yang mengandung gas oksigen yang terdapat dimana-mana yang berdifusi dan teradsorpsi pada permukaan logam. Pada kondisi tertentu konsentrasi oksigen dipengaruhi oleh temperatur. Berdasarkan fenomena ini perlu dilakukan penelitian sejauh mana pengaruh senyawa-senyawa korosif yang dimaksud terhadap laju korosi tembaga. Selama ini penentuan laju korosi dengan menentukan berat spesimen logam sebelum dan sesudah terkorosi terhadap waktu. Membutuhkan waktu berjam-jam bahkan berhari-hari untuk mengetahui produk korosi atau ketebalan oksida yang terbentuk. Pengukuran dengan teknik polarisasi potensiodinamik cukup menghemat waktu untuk mengetahui laju korosi suatu logam. Pengendalian korosi selama ini menimbulkan masalah walaupun masalah korosi sudah teratasi. Pemberian Inhibitor merupakan masalah yang berdampak pada lingkungan dan kesehatan manusia seperti timbulnya penyakit kanker akibat penggunaan inhibitor yang mengandung unsur Cr dan P, sehingga diperlukan inhibitor yang ramah dan aman untuk kelangsungan hidup manusia. Asam askorbat merupakan alternative inhibitor yang ramah lingkungan sehingga perlu diteliti efektivitasnya menghambat proses korosi.

Dalam penelitian ini sejumlah permasalahan diungkap, yaitu (1) bagaimana pengaruh jenis dan konsentrasi medium korosif terhadap laju korosi tembaga; (2) bagaimana pengaruh asam askorbat sebagai media penghambat laju korosi tembaga; (3) bagaimana pengaruh pengaliran udara dan perubahan temperatur pada medium korosif terhadap laju korosi tembaga.

Tujuan dari penelitian ini adalah (1) mempelajari pengaruh jenis dan konsentrasi medium korosif terhadap laju korosi tembaga; (2) mempelajari pengaruh asam askorbat sebagai media penghambat laju korosi tembaga; dan (3) mempelajari pengaruh pengaliran udara dan perubahan temperatur pada medium korosif terhadap laju korosi tembaga.

Medium korosif yang digunakan adalah NaCl, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan CaCO_3 yang dibuat dalam beberapa konsentrasi (0,0056, 0,0085, 0,0113) M NaCl; (0,0021, 0,0031, 0,0042) M $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan (0,0033, 0,0050, 0,0067) M CaCO_3 . Alat yang digunakan berupa potensiostat Amel 433A dengan sel tiga elektrodanya terdiri dari: elektroda kerja tembaga, elektroda acuan Ag/AgCl, elektroda bantu platina. Alat diset pada potensial -1000 mV sampai 1000 mV; laju scan 1 mV/s. Pada penentuan potensial korosi dan -600 mV sampai 150 mV pada penentuan arus korosi. Variabel yang divariasikan adalah konsentrasi medium, asam askorbat dan temperatur.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tiga jenis medium korosif memperlihatkan efek laju korosi yang berbeda satu sama lain. Ion Cl^- paling agresif karena berasal dari asam kuat. Ion CO_3^{2-} memiliki agresivitas rendah karena kecenderungan membentuk endapan dalam larutan. Agresivitas ion dapat ditulis dari tinggi ke rendah : $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{CO}_3^{2-}$. Pada range konsentrasi yang diukur menunjukkan bahwa semakin meningkatnya laju korosi seiring dengan meningkatnya konsentrasi medium korosif yang disebabkan oleh meningkatnya jumlah ion pengkorosif dalam medium korosif. Pengaliran udara pada medium dapat meningkatkan laju korosi tembaga yang disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi udara yang mengandung oksigen dalam medium korosif sehingga meningkatkan laju oksidasi logam. Penambahan asam askorbat dapat menghambat laju korosi tembaga

dalam medium NaCl karena asam askorbat membentuk lapisan pada permukaan tembaga yang dapat menghalangi pertukaran elektron antara logam dengan medium korosif. Hasil yang bertentangan yang ditunjukkan pada medium $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan CaCO_3 diduga karena hilangnya eektivitas asam askorbat karena rusak. Kenaikan temperatur tidak meberikan efek peningkatan laju korosi karena pengukuran dilakukan pada wadah terbuka yang mengakibatkan oksigen keluar dari sistem yang diukur.

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah (1) semakin tinggi konsentrasi, maka laju korosi meningkat; (2) Pengaliran udara pada medium korosif dapat meningkatkan laju korosi; (3) Inhibitor asam askorbat dapat menurunkan laju korosi pada medium NaCl dan (4) Kenaikan temperatur tidak selamanya diikuti peningkatan laju korosi.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah dilimpahkan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul "*Studi Inhibisi Laju Korosi Tembaga dengan Asam Askorbat dalam Medium Korosif Menggunakan Teknik Polarisation Potensiodinamik*" dengan lancar.

Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program strata satu (S1) Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Jember. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan dan masukan dari berbagai pihak yang semuanya mempunyai arti yang sangat besar dan bermanfaat dalam proses penyusunan. Oleh karena itu penulis ingin berterima kasih kepada:

1. Bapak Tri Mulyono, S.Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) dan Bapak Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA), yang telah memberikan bimbingan, kritik dan saran selama penulisan skripsi ini.
2. Ibu Dwi Indarti, S.Si, M.Si dan Bapak Drs. Zulfikar, Ph.D selaku dosen penguji, yang telah memberikan kritik dan saran dalam penulisan skripsi ini.
3. Sahabatku Suafi' dan Amir serta temen-temen kost yang telah membantu dan memberikan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, maka saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi sumbangan berharga bagi masyarakat pada umumnya dan rekan-rekan mahasiswa pada khususnya.

Jember, Pebruari 2007

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vi
RINGKASAN	vii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Korosi.....	5
2.2 Dasar Terjadinya Korosi.....	6
2.3 Macam-Macam Korosi	8
2.3.1 Korosi Atmosfer.....	7
2.3.2 Korosi Galvanis	7
2.3.3 Korosi Celah	7
2.3.4 Korosi Pelarutan selektif.....	8
2.3.5 Korosi Erosi	8

2.3.6	Korosi Berbentuk Sumur.....	8
2.3.7	Korosi Kavitasi.....	9
2.3.8	Korosi Kerusakan Hidrogen.....	9
2.3.9	Korosi Intergranular.....	10
2.4	Faktor Penyebab korosi	10
2.4.1	Aspek Lingkungan.....	10
2.4.2	Aspek Logam.....	12
2.5	Pengendalian Korosi	13
2.5.1	Membuat Logam Tahan Korosi.....	13
2.5.2	Membuat Lingkungan tidak Korosif.....	13
2.5.3	Membalikkan Arah Korosi.....	14
2.5.4	Memisahkan Logam dari Lingkungan.....	14
2.6	Kinetika Reaksi –reaksi Korosi	14
2.6.1	Polarisasi.....	15
2.6.2	Laju Korosi.....	19
2.7	Inhibitor Asam Askorbat	20
2.8	Tembaga	23
2.8.1	Sifat.....	23
2.8.2	Elektroda Kerja.....	24
BAB 3. METODE PENELITIAN		
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.2	Metode Penelitian	25
3.2.1	Diagram Alir Kerja Penelitian.....	25
3.2.2	Diagram Alir Pembuatan Elektroda Kerja.....	26
3.2.3	Desain Elektroda Kerja.....	26
3.3	Alat dan Bahan	27
3.3.1	Alat.....	27
3.3.2	Bahan.....	27

3.4	Prosedur Kerja	28
3.4.1	Preparasi Bahan	28
3.4.2	Parameter yang Mempengaruhi Laju Korosi	29
3.4.3	Penentuan Laju Korosi Teknik Polarisation	30
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Medium Korosif Terhadap Laju Korosi	33
4.2	Pengaruh Konsentrasi Medium dengan Tanpa Aerasi Terhadap Laju Korosi	37
4.3	Pengaruh Penambahan Asam Askorbat Pada Medium Terhadap Laju Korosi	39
4.4	Pengaruh Variasi Temperatur Medium Terhadap Laju Korosi	43
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran	45
DAFTAR PUSTAKA		46
LAMPIRAN		49

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Pengeplotan Tafel Secara Teoritis	17
2.2 Pengeplotan Tafel yang Diidealkan	18
2.3 Struktur Asam Askorbat	20
2.4 Proses Degradasi Asam Askorbat	21
2.5 Struktur Kimia Senyawa Kelat	22
2.6 Terbentuknya Lapisan Pada Permukaan Logam	22
3.1 Diagram Alir Kerja Penelitian	25
3.2 Diagram Alir Pembuatan Elektroda Kerja	26
3.3 Desain Elektroda Kerja	26
3.4 Potensiostat AMEL <i>Instrument</i> [®] Model 433A	27
4.1 Grafik Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Medium Terhadap Laju Korosi	34
4.2 Grafik Pengaruh Konsentrasi Asam Askorbat Pada Medium Terhadap Laju Korosi	39
4.3 Grafik Hubungan Antara Konsentrasi Asam Askorbat dengan Efisiensi Inhibisi	41
4.4 Grafik Pengaruh Variasi Temperatur Medium Terhadap Laju Korosi	43

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

LAMPIRAN A

A.1	Data Nilai V_{kor} Tembaga pada Medium NaCl, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ dan $CaCO_3$	49
A.2	Data Nilai V_{kor} Tembaga pada Medium NaCl, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ dan $CaCO_3$ dengan Pemberian Aerasi	49
A.3	Data Nilai V_{kor} Tembaga pada Medium NaCl, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ dan $CaCO_3$ dengan Penambahan Asam Askorbat	50
A.4	Data Nilai Efisiensi Inhibisi Asam Askorbat	50
A.5	Data Nilai V_{kor} Tembaga pada Medium NaCl, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ dan $CaCO_3$ dengan Variasi Temperatur	51

LAMPIRAN B

B.1	Data Pengukuran untuk Penentuan Potensial Korosi E_{kor}	52
B.2	Grafik Tafel Untuk Penentuan Nilai E_{kor}	55
B.3	Data Pengukuran untuk Penentuan Arus Korosi I_{kor}	56
B.4	Grafik Tafel untuk Penentuan Nilai I_{kor}	58
B.4.1	Tabel data untuk Polarisasi Anoda	59
B.4.2	Grafik untuk Polarisasi Anoda	59
B.4.3	Tabel data untuk Polarisasi Katoda	60
B.4.4	Grafik untuk Polarisasi Katoda	60

LAMPIRAN C

C.1	Menghitung Arus Korosi I_{kor}	61
C.2	Menghitung Laju Korosi V_{kor}	62
C.3	Menghitung Efisiensi Inhibisi	66



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Korosi lebih dikenal dengan istilah perkaratan merupakan fenomena kimia pada bahan-bahan logam di berbagai macam kondisi lingkungan. Penyelidikan tentang sistem elektrokimia telah banyak membantu menjelaskan mengenai korosi, yaitu reaksi kimia antara logam dengan zat-zat yang ada di sekitarnya atau dengan partikel-partikel lain yang ada di matrik partikel logam itu sendiri. Dengan demikian korosi pada dasarnya merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan logam yang kontak langsung dengan lingkungan berair dan oksigen.

Dalam kehidupan sehari-hari, korosi dapat dijumpai pada berbagai jenis logam, bangunan-bangunan maupun peralatan elektronik yang memakai komponen logam seperti seng, tembaga, besi, baja dan sebagainya dapat terserang oleh korosi ini. Seng untuk atap dapat bocor karena termakan oleh korosi, demikian juga besi untuk pagar tidak dapat bebas dari masalah korosi. Jembatan dari baja maupun badan mobil dapat menjadi rapuh karena peristiwa alamiah yang disebut korosi. Selain pada perkakas logam ukuran besar, korosi juga ternyata mampu menyerang logam pada komponen-komponen renik peralatan elektronik, mulai dari jam digital sampai komputer, serta peralatan-peralatan canggih lainnya yang digunakan dalam berbagai aktivitas manusia baik dalam kegiatan industri maupun rumah tangga (<http://www.elektroindonesia.com/elektro/elek32.html>)

Korosi pada logam merupakan masalah atau kendala yang cukup berarti pada negara-negara industri karena sebagian dari pendapatan negara dihabiskan untuk mencegah atau melindungi dan mengganti logam yang terkorosi (Callister dalam Setiawan, 2001). Di negara-negara maju sekalipun masalah ini secara alamiah belum tuntas terselesaikan hingga saat ini. Selain merupakan masalah ilmu permukaan yang

merupakan kajian dan perlu ditangani secara fisika, korosi juga menyangkut kinetika reaksi yang menjadi wilayah para ahli kimia. Korosi juga menjadi masalah ekonomi karena menyangkut umur, penyusutan dan efisiensi pemakaian suatu bahan maupun peralatan dalam kegiatan industri. Milyaran dolar AS dibelanjakan tiap tahunnya untuk memelihara jembatan, peralatan perkantoran, kendaraan bermotor, mesin-mesin industri serta peralatan elektronik lainnya agar umur konstruksinya bisa bertahan lebih lama. Banyak biaya telah dikeluarkan negara untuk menangani korosi nasional. Umumnya jatuh pada nilai yang berkisar antara 1,5-5,0 % GNP. Para praktisi saat ini cenderung menetapkan biaya korosi sebesar 2,5 % dari GNP.

Umumnya semua lingkungan merupakan pengkorosi pada logam. Lingkungan ini contohnya adalah udara dan kelembaban, garam, tanah, air dan gas seperti amonia, hidrogen sulfida dan lingkungan asam seperti asam klorida, asam sulfat, asam nitrat serta lingkungan alkali (Fontana, 1987).

Pada sistem pendingin di industri, air merupakan media yang banyak digunakan karena kemampuannya memindahkan panas yang tinggi. Disamping itu air cukup murah dan mudah diperoleh. Air dalam sistem pendingin merupakan suatu lingkungan korosif bagi material pipa, karena itu perlu mengetahui sejauh mana pengaruh kandungan unsur-unsur dalam air terhadap ketahanan korosi material.

Unsur-unsur yang terkandung dalam air, seperti oksigen terlarut, sodium klorida (NaCl), kalsium sulfat (CaSO_4) dan kalsium karbonat (CaCO_3) akan ikut mempengaruhi proses korosi pada material. Masing-masing unsur ini memiliki karakteristik pengaruh yang tidak sama pada laju korosi material logam. Hasil penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa unsur-unsur yang sangat berpengaruh terhadap peningkatan laju korosi tembaga ($\text{Cu}=91,35\%$) adalah NaCl dan CaSO_4 karena kedua ion Cl^- dan SO_4^{2-} yang termasuk jenis ion agresif, memiliki kemampuan untuk menembus lapisan pelindung pada permukaan logam.

Ada beberapa kondisi yang mempengaruhi laju korosi logam diantaranya adalah konsentrasi elektrolit, temperatur, oksigen terlarut (aerasi) dan keberadaan inhibitor dalam medium korosif sehingga dalam penelitian ini variabel ini perlu

dipertimbangkan dalam penentuan laju korosi. Asam askorbat dipilih sebagai inhibitor karena merupakan senyawa organik yang ramah lingkungan dibandingkan inhibitor anorganik dengan kandungan unsur Cr dan unsur P yang berbahaya (racun) bagi lingkungan air (Tjitro dkk., 1999).

Laju korosi secara sederhana dihitung dengan mengukur kehilangan berat suatu spesimen yang ditempatkan dalam spesimen korosif selama waktu tertentu. Kehilangan berat spesimen tersebut diperoleh dari pengurangan berat spesimen sebelum terkorosi dengan spesimen sesudah terkorosi dalam lingkungan korosif (Fontana, 1987). Kelemahan metode ini adalah membutuhkan waktu yang lama dalam perhitungan laju korosi maka dalam penelitian ini dilakukan dengan teknik polarisasi potensiodinamik yang dapat mengatasi kelemahan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Bagaimana pengaruh NaCl , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan CaCO_3 dalam lingkungan air terhadap korosi logam tembaga?
- 2) Bagaimana pengaruh asam askorbat dalam medium korosif terhadap laju korosi logam tembaga?
- 3) Bagaimana pengaruh keberadaan udara bebas dan variasi temperatur lingkungan terhadap laju korosi logam tembaga?

1.3 Batasan Masalah

- 1) Logam tembaga yang digunakan adalah batang tembaga komersial dari pasaran,
- 2) Zat inhibitor yang dipakai adalah kristal asam askorbat komersial,
- 3) Proses aerasi dengan mengalirkan udara ruangan,
- 4) Pengukuran pada range potensial adalah -1000 s/d 1000 mV ; laju scan 1 mV/s.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Mempelajari pengaruh berbagai jenis dan konsentrasi medium korosif terhadap laju korosi tembaga,
- 2) Mempelajari pengaruh asam askorbat (dalam medium korosif) dan inhibisinya terhadap laju korosi tembaga,
- 3) Mempelajari pengaruh konsentrasi medium korosif dengan/tanpa aerasi dan temperatur terhadap laju korosi tembaga,

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu sumber informasi bahan pengendali laju korosi pada logam yang tidak menimbulkan masalah bagi lingkungan (ramah lingkungan). Penelitian ini dapat memberikan sebuah metode alternatif yang tepat dan cepat dalam monitoring korosi tanpa meninggalkan segi kepresisian dan keakuratan. Disamping itu juga menambah hasanah kepastakaan di bidang elektrokimia



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Korosi

Korosi berasal dari bahasa latin “*Corrode*” yang artinya karat. Sedangkan untuk lebih memahami pengertian korosi, di bawah ini disajikan beberapa definisi korosi :

1. Korosi adalah serangan yang bersifat merusak pada suatu logam oleh reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungannya. Istilah karat digunakan untuk korosi besi atau campuran besi (*ferrous alloy*) dengan pembentukan produksi korosi berupa oksidasi besi.
2. Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungan. Istilah karat adalah sebutan yang hanya digunakan khusus pada korosi besi.
3. Korosi adalah penurunan mutu atau kerusakan bahan karena berinteraksi dengan lingkungannya. Istilah karat hanya digunakan untuk korosi logam.

Dari ketiga definisi diatas, maka dapat disimpulkan bahwa korosi adalah reaksi kimia atau elektrokimia antara logam dan lingkungannya yang dapat menurunkan sifat logam/mutu bahan (Trethewey dan Chamberlain, 1991).

2.2 Dasar Terjadinya Korosi

Berdasarkan mekanisme proses terjadinya, reaksi korosi dibedakan atas: Reaksi anodik pada peristiwa korosi secara umum digambarkan



Sedangkan untuk reaksi katodik yang mungkin selama proses korosi logam adalah :

1. Evolusi Hidrogen :



2. Reduksi air :



3. Reduksi oksigen (lingkungan asam) :



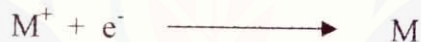
4. Reduksi oksigen (lingkungan netral atau basa) :



5. Reduksi ion logam :



6. Pengendapan logam :



Bila permukaan Fe kontak dengan air maka akan terjadi reaksi anodik sebagai berikut :



Dan produk akhir yaitu $2\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang diperoleh adalah karat. Jadi selama logam terkorosi, laju oksidasi sama dengan laju reduksi (Widharto, 1999).

2.3 Macam-macam Korosi

2.3.1 Korosi Merata (Korosi Atmosfer)

Korosi ini terjadi akibat proses elektrokimia antara dua bagian benda padat khususnya metal besi yang berbeda potensial dan langsung berhubungan dengan udara terbuka, contohnya pada pelat baja, permukaannya bersih dan logamnya homogen, bila dibiarkan di udara biasa beberapa bulan maka akan terbentuk korosi merata pada seluruh permukaannya. Perbedaan potensial menyebabkan sebagian dari metal bersifat katodis karena pengaruh oksida, kotoran dan struktur molekul katodis serta bagian anodis bagian metal besi yang murni.

2.3.2 Korosi Galvanis

Prinsip korosi galvanis mirip dengan sel galvanis. Korosi galvanis merupakan proses pengkaratan elektrokimia apabila dua macam metal yang berbeda potensial dihubungkan langsung di dalam elektrolit yang sama. Elektron mengalir dari metal yang kurang mulia (anodik) menuju metal yang lebih mulia (katodik), akibatnya metal yang kurang mulia berubah menjadi ion-ion positif karena kehilangan elektron. Ion-ion positif metal bereaksi dengan ion negatif yang berada di dalam elektrolit menjadi garam metal. Karena peristiwa tersebut permukaan anoda kehilangan metal sehingga terbentuklah sumur-sumur karat atau jika merata disebut serangan korosi permukaan (*Surface Attack*). Contohnya bila besi kontak langsung dengan tembaga di mana tembaga lebih mulia, maka besi akan bersifat anodik dan akan mengorbankan diri sehingga terjadi korosi yang berat pada besi, sedang tembaganya tetap utuh (Widharto, 1999).

2.3.3 Korosi Celah

Korosi yang terjadi pada logam yang berdempetan dengan logam lain atau non logam dan diantaranya ada celah yang dapat menahan kotoran dan air yang jadi sumber korosi. Konsentrasi O_2 pada celah lebih kaya dibanding pada bagian dalam, sehingga bagian dalam lebih anodik dan bagian celah jadi katodik, maka akan timbul

arah arus dari dalam ke celah. Proses pengkaratan ini cukup lama karena cairan elektrolit di dalam celah cenderung lama mengeringnya walaupun bagian permukaan atau celah telah lama kering.

2.3.4 Korosi Pelarutan Selektif (*Dealoying*)

Korosi ini menyangkut larutnya suatu komponen dari zat paduan sehingga karat ini disebut pelarutan selektif atau *dealoying*. Zat komponen yang larut selalu bersifat anodik terhadap komponen yang lain (matrix). Walaupun secara visual tampak perubahan warna pada permukaan paduan namun tidak tampak adanya kehilangan materi berupa perubahan dimensi (Widharto, 1999).

2.3.5 Korosi Erosi

Erosi adalah kerusakan permukaan metal yang disebabkan oleh aliran fluida yang sangat cepat. Proses erosi dipercepat oleh kandungan partikel padat dalam fluida yang mengalir tersebut atau oleh adanya gelembung gas. Dengan rusaknya permukaan metal, rusak pula lapisan pelindung sehingga memudahkan terjadinya karat. Kalau hal ini terjadi maka proses ini disebut karat erosi. Erosi dapat pula terjadi pada permukaan yang bergerak cepat, sementara fluida di sekitarnya mengandung partikel-partikel padat, misalnya impeller pompa sentrifugal yang memompakan fluida penuh dengan serbuk katalis. Perusakan karena erosi dan korosi saling mendukung. Logam yang telah terkena korosi akibat keausan dan menimbulkan bagian-bagian yang tajam dan kasar. Bagian-bagian inilah yang mudah terserang korosi dan apabila ada gesekan akan menimbulkan aberasi lebih berat lagi dan seterusnya (Widharto, 1999).

2.3.6 Korosi Berbentuk Sumur (*Pitting Corrossion*)

Korosi sumuran adalah korosi lokal yang secara selektif menyerang permukaan logam yang :

- (a) Selaput pelindung tergores atau retak akibat perlakuan mekanik;

- (b) Mempunyai tonjolan akibat dislokasi atau slip yang disebabkan oleh tegangan tarik yang dialami atau tersisa; mempunyai komposisi heterogen dengan adanya inklusi, segregasi atau presipitasi
- (c). Pembentukan cekungan didahului oleh korosi biasa di seluruh permukaan yang dibasahi air, mungkin akibat efek batas butir sederhana. Daerah basah yang bersebelahan dengan udara atau antar muka elektrolit menerima oksigen dari difusi lebih banyak ketimbang di daerah pusat tetesan air yang terlatak paling jauh dari sumber pemasukan oksigen (Trethewey dan Chamberlain, 1991).

2.3.7 Korosi Kavitasi

Apabila karena tingginya kecepatan cairan menciptakan daerah-daerah bertekanan tinggi dan rendah secara berulang-ulang pada permukaan peralatan di mana cairan tersebut mengalir maka terjadilah gelembung-gelembung uap cairan pada permukaan tersebut, yang apabila pecah kembali menjadi cairan menimbulkan pukulan pada permukaan yang cukup besar untuk memecahkan film oksida pelindung permukaan tadi. Akibatnya bagian permukaan yang tidak terlindung tersebut akan terserang karat karena daerah tersebut menjadi anodik terhadap bagian yang terlindung (Sel karat lapisan permukaan) Karena berkarat maka bagian tersebut akan kehilangan masa dan menjadi taktik. Taktik tersebut akan bertambah dalam karena permukaan di dalam taktik tidak sempat membentuk film pelindung karena kecepatan cairan yang tinggi dan proses kavitasi yang berlangsung berulang-ulang (Widharto, 1999).

2.3.8 Kerusakan Hidrogen

Atom-atom hidrogen mempunyai kemampuan meresap/merasuk ke dalam material baja berupa Hidrogen nescen (H). Atom-atom hidrogen dapat merasuk ke dalam material baja pada suhu kamar sebagaimana halnya reaksi electroplating dapat meningkat jumlahnya pada suhu yang lebih tinggi. Atom-atom hidrogen dalam material baja bergabung membentuk molekul gas hidrogen (H₂) dan menyebabkan

terjadinya regangan lokal yang hebat. Gas tersebut lama kelamaan akan berkumpul dan menaikkan tekanannya di lokasi tadi. Karena besarnya tekanan yang terjadi, maka lokasi tersebut tidak tahan dan menimbulkan blister (gelembung). Hal ini terjadi pada suhu tidak terlalu tinggi dan lokasi tang dekat dengan permukaan. Hidrogen blister ini cenderung terjadi pada plat baja yang kotor dan juga terjadi pada tangki timbun untuk gas butana (Widharto, 1999).

2.3.9 Korosi Intergranular

Korosi intergranuler terjadi bila daerah batas butir terserang akibat adanya endapan di dalamnya. Batas butir sering menjadi tempat yang lebih disukai untuk proses-proses pengendapan dan pemisahan yang teramati pada banyak paduan.. Pada prinsipnya, setiap logam yang mengandung ligan antara atau senyawa pada batas-batas butirnya akan rentan terhadap korosi intergranuler. Kehadiran unsur anodik maupun katodik membentuk sel-sel galvanik lokal yang sangat kecil bila dilengkapi dengan elektrolit. Dengan demikian korosi dapat terjadi jika endapan bersifat anoda, logam di sekelilingnya akan diserang (Trethewey dan Chamberlain, 1991)

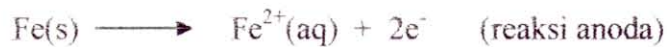
2.4 Faktor Penyebab Korosi

Ada 2 aspek penting yang mempengaruhi proses korosi yaitu logam dan lingkungannya. Hubungan antara logam dan lingkungannya sangat relatif sekali. Ada logam tertentu yang bersifat korosif pada suatu lingkungan tapi ada logam lain yang tidak korosif pada lingkungan tersebut, misalnya logam stainless steel korosif terhadap elektrolit asam klorida pekat, tetapi pada kepekatan yang sama carbon steel tidak bersifat korosif (Widharto, 1999).

2.4.1 Aspek Lingkungan

Lingkungan merupakan suatu media yang berada pada sekeliling atau sekitar bahan logam. Adapun faktor yang mempengaruhi korosi dari aspek lingkungan ini adalah :

- a. Adanya oksigen terlarut atau bahan oksidator lain yang dapat mempengaruhi laju korosi yang terjadi.



Dalam hubungannya dengan aktif – pasif metal jika oksidator ditambah akan berakibat pada bertambahnya laju korosi, pada tingkat tertentu harga laju korosi akan konstan dan apabila dilakukan penambahan oksidator lagi akan berakibat meningkatnya laju korosi secara dramatik.

- b. Kecepatan Media

Seperti pada penambahan oksidator pengaruh kecepatan media terhadap laju korosi tergantung pada karakteristik logam dan lingkungan dimana benda tersebut berada. Ada tiga jenis karakteristik logam dalam hubungannya dengan kecepatan media, yaitu :

- 1) Jenis A : Proses korosi dikontrol oleh Difusi katodik sehingga kecepatan media berpengaruh pada laju korosi
- 2) Jenis B : Proses korosi di kontrol oleh Polarisasi aktivasi dan kecepatan media tidak terpengaruh terhadap laju korosi
- 3) Jenis C : Beberapa logam mempunyai ketahanan korosi di dalam media tertentu, apabila agitasi diberikan pada larutan media maka akan terjadi hubungan perilaku kecepatan dengan laju korosi.

- c. Temperatur

Apabila dua logam yang sama berada dalam elektrolit yang sama, an terletak pada masing-masing tempat yang berbeda suhu, jika kedua logam tersebut dihubungkan maka logam yang terletak di suhu yang rendah akan bersifat anodik dan di tempat yang bersuhu tinggi bersifat katodik, dengan demikian akan terjadi aliran elektron dari anoda ke katoda dan menyebabkan karat di bagian katode tersebut. Hal ini terjadi pada kasus elektrode tembaga yang dimasukkan ke dalam elektrolit berupa larutan CuSO_4 , demikian halnya timah. Namun pada perak justru terjadi kebalikannya.

d. Kadar Keasaman (pH)

Kecepatan korosi relatif konstan pada pH antara 4-10. Pada pH kurang dari 4, asam menyebabkan terjadinya pelapisan hidrogen ada beberapa kondisi asam khususnya yang mengandung sulfida, hidrogen yang terjadi akan terdistribusi ke dalam baja dan menyebabkan blistering pada baja yang berdekatan rendah (*Low Strength Steel*) dan Cracking pada baja kuat (*High Strength Steel*). Pada pH di atas 10 kecepatan korosi menurun, garam terlarut secara umum kecepatan korosi karena garam ini dapat meningkatkan konduktivitas larutan.

e. Garam Terlarut

Garam merupakan senyawa kimia yang bersifat pengoksidasi ataupun bersifat reduksi, sehingga tingkatan kadar garamnya bisa sebanyak mungkin atau sekecil mungkin. Kadar garam yang terlarut dalam lingkungan sangat berpengaruh terhadap laju korosi, semakin tinggi kadar garam maka akan meningkatkan laju korosi, namun demikian berdasarkan teori pasivitas, pada garam tertentu yaitu kadar garam yang tinggi laju korosi akan menurun. Kondisi tersebut dinamakan kondisi pasif sehingga larutan garam selain bisa bersifat katalisator juga bersifat inhibitor (Widharto, 1999).

2.4.2 Aspek Logam

Dalam proses korosi logam berlaku sebagai subjek reaksi, maka dengan sendirinya mempelajari karakteristik logam baik secara makro maupun mikro sangat lah penting supaya mendapatkan jenis logam yang cenderung tahan terhadap lingkungan tertentu

Berbagai faktor yang mempengaruhi proses korosi dari aspek logam adalah :

a. Jenis Logam

Setiap logam atau paduan akan bereaksi secara berbeda terhadap suatu elektrolit yang sama. Disamping itu perlu diketahui bahwa ada logam atau paduan tertentu menjadi justru pasif bila kekuatan elektrolit melampaui batas tertentu.

b. Homogenitas dan Fisika Permukaan Logam

Struktur material yang tidak homogen akan ikut mempengaruhi laju korosi, ketidak homogenan struktur kristal salah satunya disebabkan oleh pengaruh pengerjaan mekanis dari material (misalnya bending). Pada pengerjaan mekanis bisa mengakibatkan susunan kristal yang saling berdekatan dalam suatu logam akan mengalami perubahan atau perbedaan dari susunan kristal aslinya. Jadi struktur mikro logam mempengaruhi jenis korosi yang terjadi.

c. Kemampuan Pembentukan Suatu Lapisan Pelindung

d. Kehantaran Listrik

Kehantaran listrik yang tinggi memungkinkan aliran listrik dari anoda ke katoda tetap bekerja meskipun kedua elemen tersebut mempunyai jarak yang tidak berdekatan. Dengan kehantaran listrik yang tinggi karena mempunyai perbedaan beda potensial dari kedua logam yang besar akan meningkatkan elemen anoda yang lebih bersifat korosif, maka jika perlu memilih dua jenis logam yang berbeda dipilih dengan selisih beda potensial yang tidak besar (Suherman, 1987).

2.5 Pengendalian Korosi

Dasar-dasar pengendalian korosi dapat kita bagi dalam beberapa metode seperti di bawah ini.

a. Membuat Logam Tahan Korosi

Membuat logam tahan korosi dimaksudkan untuk memperoleh ketahanan korosi dapat diperoleh karena logam dapat dihindarkan daerah-daerah anodik dan katodik, atau menjadikan permukaan logam tertutup oleh lapisan yang pasif (protektif).

b. Membuat Lingkungan Tidak Korosif

Umumnya dilakukan dengan menggunakan zat-zat kimia yang ditambahkan ke dalam lingkungan elektrolit. Zat-zat yang ditambahkan dapat mempengaruhi reaksi reaksi anoda dan katoda atau keduanya sehingga proses korosi dapat diperlambat, zat yang ditambahkan disebut inhibitor (Fontana, 1987).

c. Membalikkan Arah Korosi

Korosi terjadi melalui transfer elektron dimana arus mengalir di antara katoda dan anoda, makin besar arus makin cepat korosi terjadi pada anoda. Dengan mengalirkan arus yang arahnya berlawanan melalui rangkaian luar, maka laju korosi dapat diatur dengan mengendalikan besarnya arus yang dialirkan. Cara ini dikenal dengan proteksi katodik, dimana proses korosi dicegah dengan jalan memperlakukan logam yang dilindungi sebagai katode sehingga tidak akan terkorosi, karena korosi atau reaksi anodik selalu terjadi pada anoda. Proteksi katodik dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu metode arus tandingan (*impressed current*) dimana arus diperoleh dari suatu sumber arus searah (*rectifier*), metode yang kedua adalah dengan mengumpalkan logam lain yang lebih anodik (*sacrificial anode*), arus searah timbul dari reaksi galvanik

d. Memisahkan Logam dari Lingkungan

Cara ini meliputi pelapisan dengan lapis lindung organik atau anorganik (logam/nonlogam). Teknik perlindungan dapat dilakukan dengan pengecatan, semprot, celup. Dilihat dari fungsi proteksinya jenis-jenis logam pelindung tersebut dapat dikelompokkan dalam dua golongan, yaitu bersifat *sacrificial*, yaitu logam lebih anodik dari logam yang dilindungi, sehingga logam pelindung akan habis lebih dahulu dibanding logam yang dilindungi (Fontana, 1987)

2.6 Kinetika Reaksi –reaksi Korosi

Ketika tembaga dimasukkan ke dalam air peristiwa pertama yang terjadi adalah menyusupnya ion-ion logam ke sisi elektrolit pada antar muka antar logam dan elektrolit. Ion-ion logam (kation) mula-mula masih terikat dengan logam padatnya serta elektron-elektron yang ditinggalkan.

Potensial korosi sebuah logam ditentukan oleh banyaknya muatan negatif yang terbentuk ketika logam itu dimasukkan ke dalam elektrolit. Ketika korosi berlangsung elektron-elektron dihasilkan oleh logam anoda dihantarkan ke katoda, muatan negatif pada logam berkurang begitupula potensial korosi.

Muatan Faraday untuk elektrolisis (korosi) menyatakan bahwa

$$Q = z F M \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan Q muatan yang terbentuk akibat ionisasi M mol bahan. Bila hubungan di atas didifferensiasi terhadap waktu, diperoleh.

$$dQ/dt = z F dM/dt \dots\dots\dots(2.2)$$

Karena laju aliran muatan adalah arus I, dan yang kita perhatikan lewatnya muatan melintasi suatu penampang dengan luas satu satuan, maka kita dapat menggunakan kecepatan arus I, maka dM/dt menjadi J yaitu fluks bahan dan persamaan menjadi

$$I = z F J \dots\dots\dots(2.3)$$

Fluks bahan adalah sebutan lain untuk laju korosi persatuan luas.

Satuan laju korosi biasanya dinyatakan dalam milimeter per tahun (mmpy) yaitu milimeter dalam korosi seluruh permukaan yang terbuka dalam waktu satu tahun

Hukum Faraday juga menyatakan kerja yang dilakukan (perubahan energi bebas) berdasarkan beda potensial dan muatan yang dipindahkan

$$\Delta G = E \cdot zF \dots\dots\dots(2.4)$$

Simbol $F=96494$ Coulomb, z = elektrovalensi, E = Potensial yang diukur, tanda negatif menunjukkan elektron bermuatan negatif sesuai kesepakatan (Trethewey dan Chamberlain, 1991).

2.6.1 Polarisasi

Pada suatu logam tidak berada dalam kesetimbangan dengan larutan yang mengandung ion-ionnya, potensial elektrodanya berbeda dari potensial korosi bebas dan selisih antara keduanya biasa disebut polarisasi. Polarisasi adalah proses pengutuban ion hidrogen secara elektrokimia sehingga terbentuk gas hidrogen yang diawali dengan pengikatan elektron yang dihasilkan dari proses degradasi logam.

Polarisasi merupakan parameter korosi yang penting untuk menentukan laju proses korosi. Laju korosi V tersebut dapat diekspresikan sebagai berikut :

$$V = k_{kor} \cdot [reaktan] \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan

$$k_{kor} = A \exp(-\Delta G^\ddagger/RT) \dots\dots\dots(2.6)$$

(A sebuah tetapan). Dari persamaan (2.5) dan (2.6) dapat digabung menjadi

$$V = A \exp(-\Delta G^\ddagger/RT)[reaktan] \dots\dots\dots(2.7)$$

Dalam keadaan setimbang, laju reaksi maju (reaksi anoda) adalah i_a dan ini sama dengan laju mundur (reaksi katode) i_c . Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$i_0 = i_a = -i_c$$

Maka, persamaan (2.7) menjadi :

$$i_a \text{ (pada keseimbangan)} = i_0 = A_0 \exp(-\Delta G^\ddagger/RT) \dots\dots\dots(2.8)$$

Polarisasi atau penyimpangan dari potensial kesetimbangan sama dengan gabungan polarisasi anoda pada logam dan polarisasi katoda pada lingkungannya.

Jika polarisasi keseluruhan adalah η , maka kita dapat mendefinisikan polarisasi sebagian $\alpha\eta$ dan polarisasi anoda sebagian $(1-\alpha)\eta$, energi aktivasi baru untuk reaksi anoda ($\Delta G^\ddagger - \alpha\eta zF$), karena tingkat energi logam bertambah sedangkan energi aktivasinya berkurang, jadi dapat dituliskan

$$i_a = A_0 \exp\left(\frac{-\Delta G^\ddagger + \alpha\eta zF}{RT}\right) \dots\dots\dots(2.9)$$

$$= A_0 \exp\left(\frac{-\Delta G^\ddagger}{RT}\right) \exp\left(\frac{\alpha\eta zF}{RT}\right) \dots\dots\dots(2.10)$$

Demikian pula energi aktivasi kation, ketika M^{2+} diubah menjadi M, yakni reaksi katode telah bertambah besar $(1-\alpha)\eta zF$.

Bila persamaan (2.4) disubstitusikan ke persamaan (2.10), maka

$$i_a = i_0 \exp\left(\frac{\alpha\eta zF}{RT}\right) \dots\dots\dots(2.11)$$

Misalkan $A' = \frac{\alpha\eta zF}{RT}$

Maka persamaan (2.11) menjadi :

$$i_a = i_o \exp(A \eta) \dots\dots\dots(2.12)$$

kalau diambil logaritma didapatkan

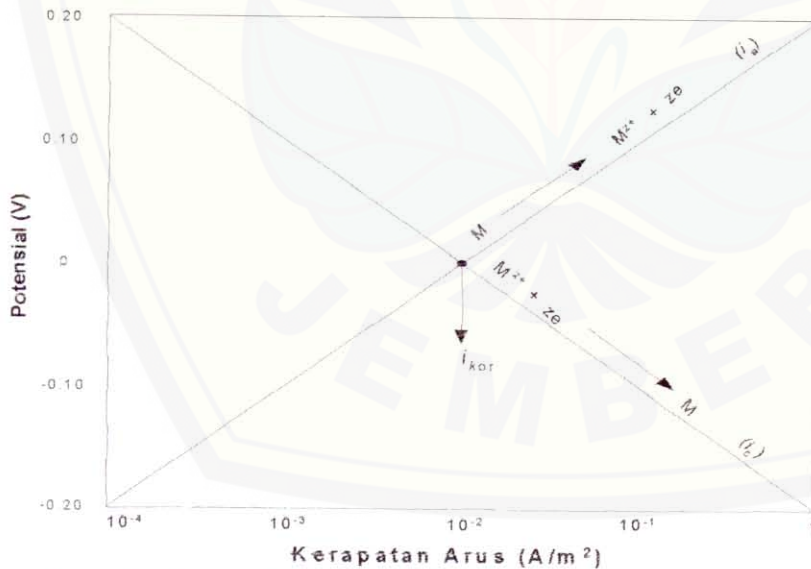
$$\eta = \frac{2,303}{A} \lg\left(\frac{i_a}{i_o}\right) \dots\dots\dots(2.13)$$

Misalkan $\beta_a = 2,303/A = 2,303RT / \alpha zF$

Persamaan (2.13) menjadi

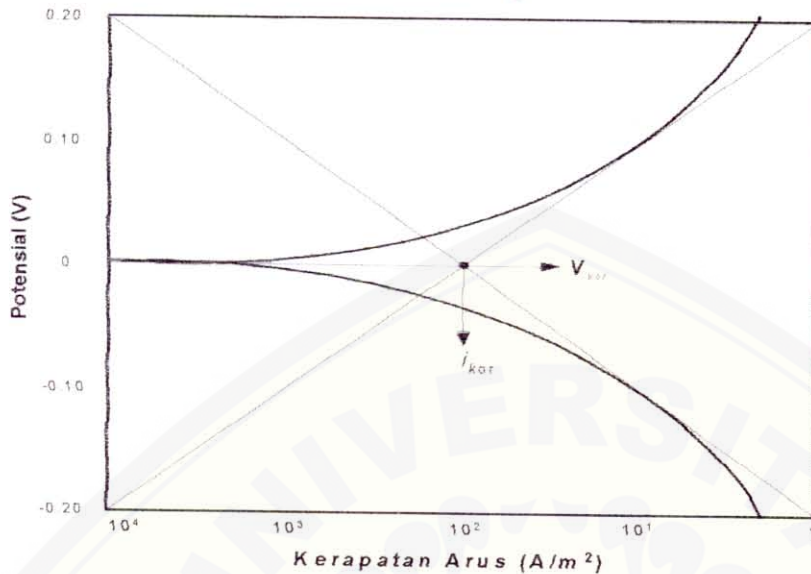
$$\eta_a = \beta_a \log i_a - \beta_a \log i_o \dots\dots\dots(2.14)$$

Persamaan (2.14) dikenal sebagai persamaan tafel. Penurunan persamaan di atas dilakukan untuk polarisasi anoda. Pendekatan serupa dapat diterapkan pada reaksi katoda dan akan menghasilkan persamaan yang sama kecuali bahwa i_a akan diganti dengan i_c dan subkrip a akan diganti dengan c serta harga β mengacu ke reaksi katoda.



Sumber : Trethewey dan Chamberlain Tahun 1991

Gambar 2.1 Pengeplotan Tafel Secara Teoritis



Sumber : Trethewey dan Chamberlain Tahun 1991

Gambar 2.2 Pengeplotan Tafel Praktis yang diidealkan

Cara Stern dan Geary dengan mengplot variasi polarisasi terhadap $\log i$ baik untuk reaksi anoda maupun reaksi katoda. Perhitungan arus yang terukur adalah :

$$i_{ukur} = i_a - i_c$$

Sehingga persamaan (2.14) menjadi :

$$\eta_a = \beta_a \lg \left(\frac{i_{ukur} + i_c}{i_0} \right) \dots \dots \dots (2.15)$$

Bila $i_{ukur} \gg i_c$ maka percobaan menunjukkan pengeplotan tafel linier. Bila E_{kor} , yakni bila i_a kurang lebih sama dengan i_0 , maka harga kerapatan arus yang terukur jauh meninggalkan harga i_a yang sejati dan kita akan mendapatkan penyimpangan yang besar sekali dari perilaku linier. Kita masih dapat menetapkan harga i_0 melalui eksplorasi terhadap bagian linier pada hasil pengeplotan polarisasi (Trethewey dan Chamberlain, 1991)

2.6.2 Laju Korosi

Perhitungan laju korosi dapat diperoleh dengan menggunakan metode elektrokimia teknik polarisasi. Laju korosi ini diperoleh dengan cara mengukur jumlah elektron yang diasumsikan dengan besarnya arus yang melewati logam tersebut, misal suatu logam dengan valensi z , densitas $\rho(\text{kg/m}^3)$ dan besarnya yang terkorosi secara merata di seluruh permukaan dengan kerapatan arus $i_{\text{kor}} (\text{A/m}^2)$ maka perhitungan laju korosinya sebagai berikut :

Untuk logam terkikis 1 m^2 banyaknya coulomb yang akan lewat setahun adalah

$$I_{\text{kor}} \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 = 3,154 \times 10^7 \times i_{\text{kor}}$$

1 mol logam dengan valensi z yang berubah menjadi ion menghasilkan

$$z \times 96494 \text{ coulomb}$$

Jadi, banyaknya mol per m^2 yang hilang dalam setahun adalah

$$= (3,154 \times 10^7 \times i_{\text{kor}}) / (z \times 96494)$$

$$= (326,8 \times i_{\text{kor}}) / z$$

Kalau banyaknya mol diubah menjadi kg, maka banyaknya material yang hilang dalam kg per m^2 untuk setiap tahun adalah

$$= (326,8 \times M \times 10^{-3} \times i_{\text{kor}}) / z$$

Karena logam mempunyai kerapatan sebesar $\rho \text{ kg/m}^3$ dan jika masa yang hilang $\rho \text{ kg/m}^3$ maka kedalaman penetrasi adalah 1 m (1000 mm). Dengan demikian, maka penetrasi sesungguhnya dalam mm adalah

$$= \{(326,8 \times M \times 10^{-3} \times i_{\text{kor}}) / (z \times \rho)\} \times 1000$$

$$V_{\text{kor}} = (326,8 \times M \times i_{\text{kor}}) / (z \times \rho) \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

V_{kor} = Laju korosi (mmpy)

M = Berat molekul logam terkorosi (g/mol)

z = Elektrovalensi logam terkorosi

ρ = Densitas logam terkorosi (kg/m^3)

(Trethewey dan Chamberlain dalam Setiawan, 2000)

Pada hukum faraday laju korosi (mpy) adalah

$$V_{kor} = K \frac{ai_{kor}}{nD} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

V_{kor} = Laju korosi logam (mpy)

D = Densitas (gr/cm³)

K = Konstanta (0,129 dalam mpy)

a = Berat atom

n = Jumlah elektron yang bereaksi (valensi)

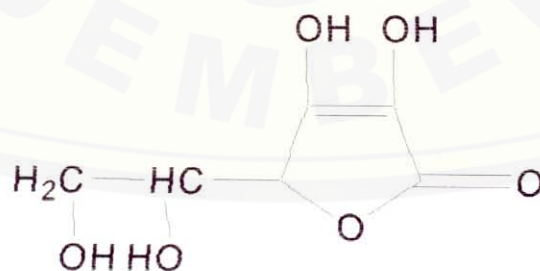
i_{kor} = Rapat arus (μ A/cm²)

(Fontana dalam Sitompul, 2000)

2.7. Inhibitor Asam Askorbat

Pencegahan korosi perlu dilakukan agar tidak menimbulkan suatu kerugian-kerugian yang tidak diinginkan. Untuk mencegah laju korosi pada logam di lingkungan air dapat dilakukan dengan menambahkan suatu bahan khusus yang disebut dengan inhibitor. Inhibitor akan menghasilkan suatu lapisan pelindung tipis yang melekat pada permukaan logam, sehingga tidak terjadi kontak langsung dengan lingkungan korosif.

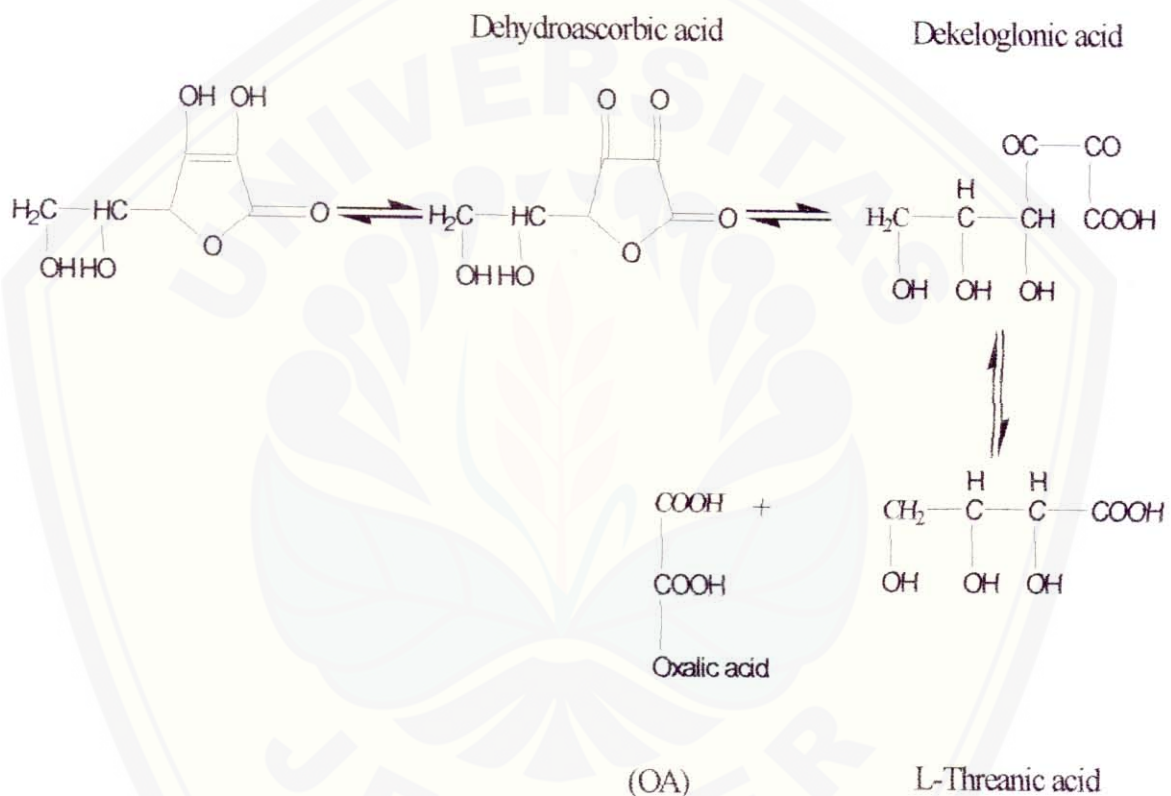
Asam Askorbat (AA) adalah inhibitor organik. Struktur AA seperti ditunjukkan oleh gambar 2.3



Sumber : Fessenden Tahun 1999

Gambar 2.3 Struktur Asam Askorbat

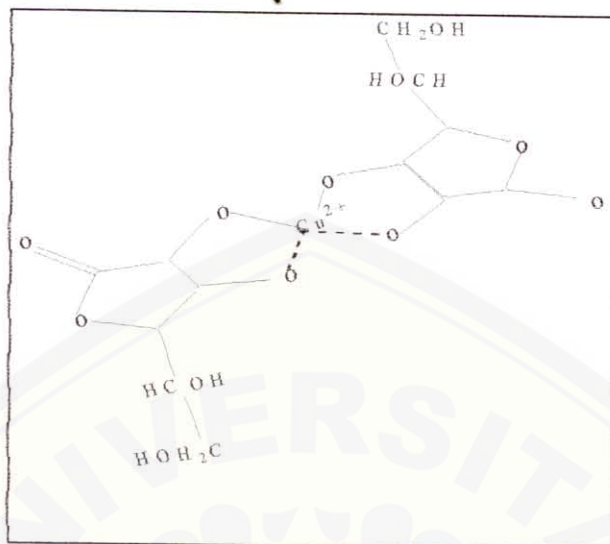
Inhibitor organik ini adalah inhibitor yang ramah terhadap lingkungan. Kristal ini akan sangat stabil di udara, tetapi dalam larutan AA akan cepat teroksidasi oleh udara dan perlahan-lahan berdekomposisi menjadi *dehydro-ascorbic acid* (DAA). Selanjutnya akan terdekomposisi menjadi beberapa molekul di dalam larutan dengan pH di atas 4 seperti ditunjukkan oleh gambar 2.4



Sumber : Sakine dalam Tjitro dkk., Tahun 1999

Gambar 2.4 Proses Degradasi Asam Askorbat

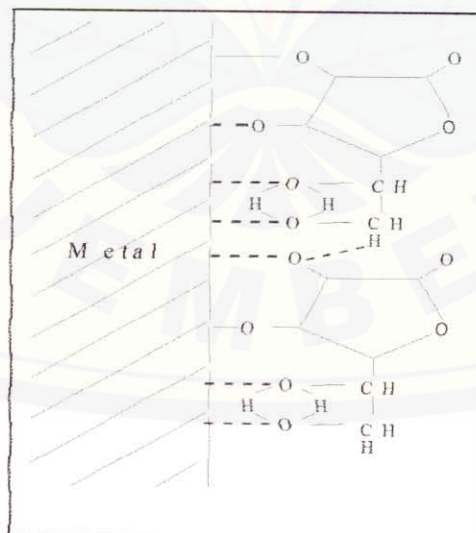
AA ini stabil pada temperatur 10°C , tetapi pada temperatur di atas 20°C akan cepat berdekomposisi. Saat larut ion tembaga akan mengikat gugus yang bersifat negatif AA dan membentuk senyawa kompleks yang disebut senyawa kelat.



Sumber : Sakine dalam Tjitro dkk. Tahun 1999

Gambar 2.5 Struktur Kimia Senyawa Kelat

Mekanisme inhibisi AA, yaitu teradsorpsi pada permukaan logam. Permukaan logam yang bereaksi dengan inhibitor AA ini akan terlindungi oleh lapisan pelindung tipis pada permukaannya (Tjitro dkk. 1999).



Sumber : Sakine dalam Tjitro dkk. Tahun 1999

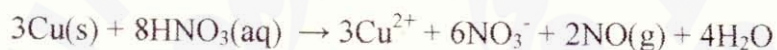
Gambar 2.6 Terbentuknya Lapisan pada Permukaan Logam

2.8 Tembaga

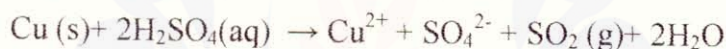
2.8.1 Sifat

Sifat fisik dari tembaga adalah : nomor atom 29, masa atom relatif 63,54 dengan densitas $8,94 \text{ gr/cm}^3$, titik didih 2595°C , titik lebur 1083°C , dan tahanan listrik $1,673 \cdot 10^{-6} \Omega/\text{cm}$

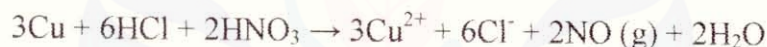
Tembaga adalah logam merah muda yang lunak, dapat ditempa, dan liat. Ia tak larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer karena potensial elektrode standar positifnya (+0,34V), meskipun dengan adanya oksigen ia bisa sedikit larut. Asam nitrat yang memiliki kepekatan sedang (8M) dengan mudah melarutkan tembaga (Vogel dalam Wiratna, 2004):



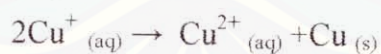
Asam sulfat pekat panas juga melarutkan tembaga :



Tembaga juga mudah larut dalam air raja:



Menurut Achmad (dalam Wiratna, 2004) tembaga mempunyai dua bilangan oksidasi yaitu +1 dan +2 dimana ion tembaga (I) tidak stabil dalam air sehingga mudah mengalami reaksi disproporsionasi:



Menurut Uhlig (dalam Wiratna, 2004) tembaga tahan terhadap air laut dan asam sulfat encer tetapi tidak tahan terhadap:

- Asam pengoksida, seperti HNO_3 dan H_2SO_4 pekat
- NH_4OH , NH_3 juga sangat korosif
- Garam oksida dari logam berat seperti FeCl_3 dan $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)$
- H_2S , belerang, dan beberapa senyawa belerang

2.8.2 Elektroda Kerja Tembaga

Elektroda kerja merupakan elektroda tempat reaksi diinginkan terjadi (Undewood, 1986). Ini sebutan yang diberikan pada elektroda yang diteliti. Istilah elektroda sebagai ganti dari anoda karena dalam penelitian tidak terbatas hanya reaksi di anoda tetapi juga reaksi terjadi di katoda (Trethewey dan Chamberlain, 1991) Anoda merupakan elektroda tempat reaksi oksidasi terjadi dan katoda tempat terjadinya reaksi reduksi (Hendayana, 1994).

Elektroda kerja dapat disiapkan dalam berbagai cara. Salah satu diantaranya cukup dengan memasang kecil dalam resin pendingin. Spesimen harus mempunyai hubungan listrik dan ini bisa disiapkan sebelum pemasangan. Sesudah pemasangan spesimen harus digrinda dan diampelas (Trethewey dan Chamberlain, 1991)



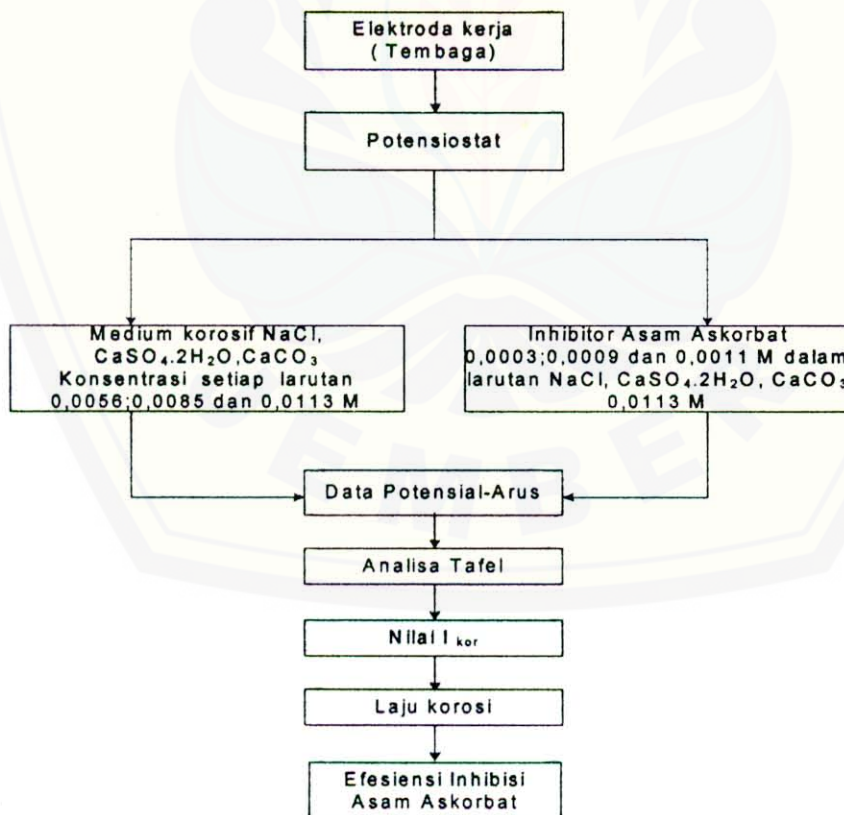
BAB 3. METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember mulai bulan September sampai Desember 2006.

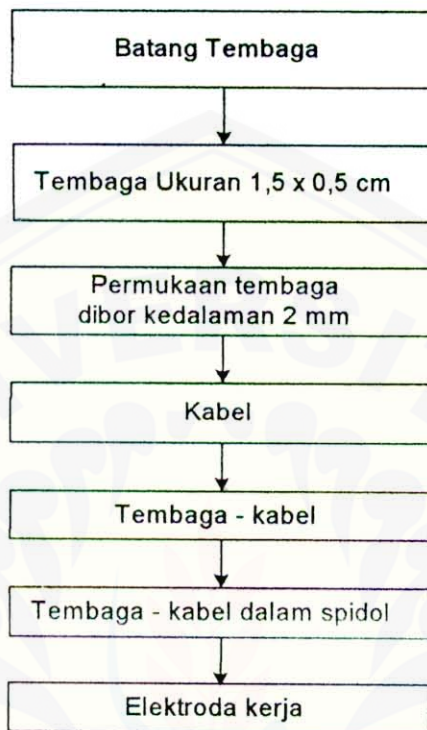
3.2 Metode Penelitian

3.2.1 Diagram Alir Kerja Penelitian



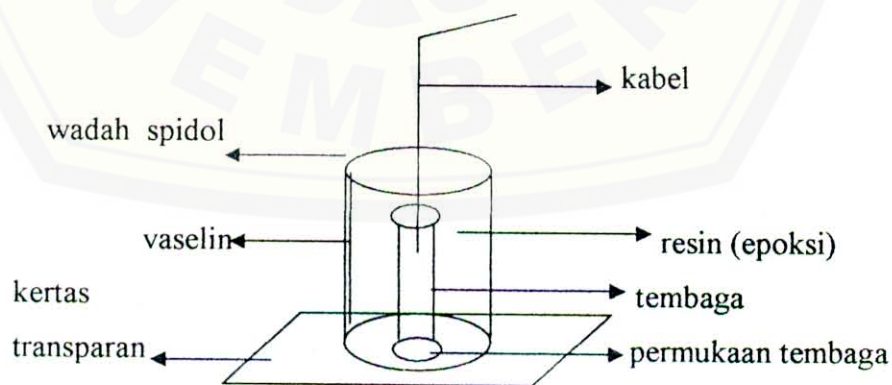
Gambar 3.1 Diagram Alir Kerja Penelitian

3.2.2. Diagram Alir Pembuatan Elektroda Kerja



Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Elektroda Kerja

3.2.3. Desain Elektroda Kerja



Gambar 3.3 Desain Elektroda Kerja

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah potensiostat AMEL *instrument* model 433A dan komputer yang sesuai serta *softwer analyser*, Amel bekerja di bawah windows (Gambar 3.4), Elektroda terdiri dari; Elektroda bantu (platina), elektroda acuan Ag/AgCl, Elektroda kerja tembaga, gelas ukur 100 ml, beaker glass 150 ml, labu ukur (50 ml; 250 ml), Pipet volum 25 ml, pipet ukur 10 ml, aerator, water bath, termometer, hot plate, neraca analitik, bor, solder dan timah, gergaji besi, grinda, penggaris, kertas gosok (ampelas) dengan grade 600.



Gambar 3.4 Potensistat Amel *Instrument* Model 433A

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batang tembaga, asam askorbat $C_6H_8O_6$ (Mr $C_6H_8O_6 = 176$ gr/mol) , NaCl (Mr NaCl =58,5 gr/mol), $CaCO_3$ (Mr $CaCO_3 = 100$ gr/mol), $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (Mr $CaSO_4 \cdot 2H_2O = 172$ gr/mol), aquades, aliran udara, kabel, resin (epoksi), wadah spidol, vaselin dan kertas transparan.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Preparasi Bahan

a. Persiapan Elektrode Kerja

Logam tembaga dibubut sedemikian rupa sehingga berbentuk tabung silinder ukuran panjang 1,5 cm dan diameter 0,5 cm, kemudian bagian tengah permukaan logam tembaga dibor dengan kedalaman 2 mm. Pada lubang tersebut dihubungkan dengan kabel dan disolder dengan timah. Logam tembaga yang terhubung kabel ditempatkan dalam wadah spidol dimana bagian dalam dinding spidol dilapisi vaselin dan bagian permukaan bawah ditutup dengan kertas transparan, kemudian dituangi resin. Setelah didiamkan selama 24 jam kertas transparan dan wadah spidol dipisahkan dari spesimen sehingga berbentuk elektrode kerja.

b. Preparasi Larutan Induk Cl^-

Larutan induk Cl^- 0,0282 M dibuat dengan cara melarutkan 0,412 gr NaCl ($M_r \text{NaCl} = 58,5 \text{ gr/mol}$) dengan akuades dalam labu ukur 250 ml sampai tanda batas. Selanjutnya diencerkan sampai didapatkan konsentrasi (0,0056, 0,0085, 0,0113) M

c. Preparasi Larutan Induk SO_4^{2-}

Larutan induk SO_4^{2-} 0,0104 M dibuat dengan cara melarutkan 0,448 gr $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($M_r \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 172 \text{ gr/mol}$) dengan akuades dalam labu ukur 250 ml sampai tanda batas. Selanjutnya diencerkan sampai didapatkan konsentrasi (0,0021, 0,0031, 0,0042) M

d. Preparasi Larutan Induk CO_3^{2-}

Larutan induk CO_3^{2-} 0,0167 M dibuat dengan cara melarutkan 0,417 gr CaCO_3 ($M_r \text{CaCO}_3 = 100 \text{ gr/mol}$) dengan akuades dalam labu ukur 250 ml sampai tanda batas. Selanjutnya diencerkan sampai didapatkan konsentrasi (0,0033, 0,0050, 0,0067) M

3.4.2 Parameter yang Mempengaruhi Laju Korosi

a. Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Medium Korosif

50 ml larutan NaCl 0,0056 M dalam wadah sel elektroda diukur pada suhu ruangan tanpa mengalirkan udara ke dalam sistem (aerasi). Pengukuran dilanjutkan pada larutan NaCl pada konsentrasi 0,0085 M dan 0,0113 M. Hal yang sama juga dilakukan pada medium korosif $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan CaCO_3 .

b. Pengaruh Aerasi

Perlakuan seperti pada poin a di atas dengan mengalirkan udara bebas (ruangan) ke dalam medium korosif pada suhu kamar menggunakan aerator sehingga timbul gelembung udara di sekitar elektroda – medium korosif selama berlangsungnya pengukuran.

c. Pengaruh Variasi Temperatur

50 ml larutan NaCl, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, dan CaCO_3 (0,0113, 0,0042, 0,0067) M dalam wadah sel elektroda ditempatkan secara bersamaan pada water bath. Temperatur pada medium korosif dikondisikan sama dengan temperatur lingkungan (water bath) sebelum dilakukan pengukuran. Pada sel elektrode diletakkan termometer untuk memastikan suhu medium korosif sama dengan yang ditunjukkan water bath. Pengukuran awal dilakukan pada temperatur 20°C dengan menambahkan es pada water bath untuk mempercepat penurunan suhu. Kemudian pengukuran berlanjut pada temperatur (30°C , 40°C , 50°C , 60°C) dengan menambahkan air panas (dari hot plate) yang dapat mempercepat kenaikan temperatur.

d. Pengaruh Penambahan Asam Askorbat

Penambahan inhibitor asam askorbat dalam medium korosif diharapkan dapat menghambat laju korosi korosi tembaga. Larutan induk $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 0,0057 M dibuat dengan cara melarutkan 0,05 gr $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ($M_r \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 = 176 \text{ gr/mol}$) dengan akuades dalam labu ukur 50 ml sampai tanda batas. Selanjutnya larutan induk diencerkan menjadi beberapa konsentrasi (0,0003, 0,0009, 0,0011) M pada labu ukur 50 ml yang mengandung larutan elektrolit

- 1) Pembuatan larutan yang mengandung 0,0003 M $C_6H_8O_6$ dalam 0,0113 M NaCl
20 ml larutan induk NaCl 0,0282 M dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml dan ditambahkan 2,5 ml larutan induk $C_6H_8O_6$ 0,0057 M kemudian diencerkan dengan aquades sampai tanda batas.
- 2) Pembuatan larutan yang mengandung 0,0009 M $C_6H_8O_6$ dalam 0,0113 M NaCl
20 ml larutan induk NaCl 0,0282 M dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml dan ditambahkan 7,5 ml larutan induk $C_6H_8O_6$ 0,0057 M kemudian diencerkan dengan aquades sampai tanda batas.
- 3) Pembuatan larutan yang mengandung 0,0011 M $C_6H_8O_6$ dalam 0,0113 M NaCl
20 ml larutan induk NaCl 0,0282 M dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml dan ditambahkan 10 ml larutan induk $C_6H_8O_6$ 0,0057 M kemudian diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Perlakuan serupa diterapkan pada medium korosif $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ dan $CaCO_3$.

3.4.3 Penentuan Laju Korosi dengan Teknik Polarisasi potensiodinamik

a. Instrumentasi

50 ml medium korosif disiapkan untuk diukur pengaruhnya terhadap laju korosi tembaga. Mengatur variabel yang digunakan dalam pengukuran (jenis dan konsentrasi elektrolit, aerasi, temperatur, penambahan asam askorbat). Mengeset Potensiostat Amel 433A (Linier Sweep Voltammetry/LSV) untuk mencari nilai potensial korosi tembaga (E_{kor}) dengan cara berikut ini

Potensial awal	: -1000 mV	Range potensial ΔE	: 25 mV
Potensial akhir	: +1000 mV	Current Range	: 1,024 μA
Laju scan	: 1 mV/s	Number of cycles	: 1

Diperoleh data Potensial - Arus untuk pembuatan kurva polarisasi (grafik tafel). Data pasangan Potensial - Arus hasil pengukuran dibuatkan tabel (pada program *excel* komputer), nilai arus dibagi dengan luas permukaan Elektroda kerja yang kontak dengan elektrolit kemudian dilogaritmakan. Membuat grafik hubungan antara log kerapatan arus ($\mu A/cm^2$) dengan potensial (mV). Dari grafik tafel ini diperoleh

potensial korosi logam E_{kor} sebesar -250 mV (-250 mV merupakan nilai yang diperoleh dari titik potong dua kurva yang terbentuk).

Dengan mengacu pada nilai E_{kor} dilakukan pengukuran ulang pada sampel yang sama dengan mengeset potensiostat sbb :

Potensial awal	: -600 mV	Range potensial ΔE	: 10 mV
Potensial akhir	: $+150$ mV	Current Range	: $1,024$ μA
Laju scan	: 1 mV/s	Number of cycles	: 1

Data Potensial - Arus yang diperoleh diolah seperti cara sebelumnya untuk pembuatan kurva polarisasi penentuan arus korosi I_{kor} .

b. Analisa Tafel untuk penentuan nilai arus korosi I_{kor}

Dengan mengacu pada titik potong kedua kurva dapat ditarik garis linier di atas sumbu x untuk polarisasi anoda (ke arah potensial positif) dan di bawah sumbu x untuk polarisasi katoda (ke arah potensial negatif). Dari garis linier yang diperoleh Persaman garis lurus untuk polarisasi anoda dan katoda yang mengikuti pola berikut ini

$$y_1 = a_1x_1 - b_1 \text{ (polarisasi anoda)}$$

$$y_2 = -a_2x_2 + b_2 \text{ (polariasi katoda)}$$

nilai I_{kor} diperoleh dengan rumus : $I_{kor} = \frac{b_1 + b_2}{a_1 + a_2}$

c. Menghitung Laju Korosi

Nilai I_{kor} yang diperoleh dari grafik tafel disubstitusikan pada persamaan (2.17) untuk menghitung laju korosi logam. Persamaannya sebagai berikut :

$$V_{kor} = K \frac{ai_{kor}}{nD}$$

Dimana :

V_{kor} = Laju korosi logam (meter per year atau mpy)

D = Densitas (gr/cm^3)

K = Konstanta (0,129 dalam mpy)

a = Berat atom

n = Jumlah elektron yang bereaksi (valensi)

i_{kor} = Rapat arus ($\mu A/cm^2$) [konversi 1 mpy = 0,0254 mmpy]

d. Menghitung Efisiensi Inhibisi Asam Askorbat

Efisiensi inhibisi merupakan kemampuan inhibitor untuk menghambat proses laju korosi logam. Efisiensi inhibisi dihitung menggunakan rumus :

$$Efisiensi\ inhibisi = \frac{(V_a - V_b)}{V_a} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana :

V_a = Laju korosi tanpa asam askorbat (mpy)

V_b = Laju korosi dengan asam askorbat (mpy)



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal berikut ini :

1. Pada medium korosif NaCl, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan CaCO_3 pada konsentrasi (0,0021-0,0113) M menunjukkan semakin tinggi konsentrasi medium, laju korosi tembaga semakin meningkat. Medium korosif yang berbeda menunjukkan laju korosi tembaga yang berbeda pula.
2. Pengaliran udara (aerasi) pada medium korosif NaCl, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan CaCO_3 dapat meningkatkan laju korosi tembaga. Kenaikan temperatur kurang berpengaruh terhadap peningkatan laju korosi yang pengukurannya dilakukan pada sistem wadah terbuka.
3. Penambahan asam askorbat (AA) dalam medium NaCl dapat menurunkan laju korosi tembaga walaupun efesiensi inhibisinya rendah, yaitu 10,513% pada konsentrasi 0,0011 M

5.2. SARAN

Jika ingin mengetahui pengaruh aerasi, perlu dipastikan gas yang dialirkan dan waktu alirnya pada medium. Begitu juga apabila ingin mempelajari pengaruh suhu terhadap laju korosi, perlu diperhitungkan waktu pemanasan pada media korosif dan memonitor tingkat keasaman medium dengan pH-meter yang merupakan efek temperatur.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, M. 2000. *Korosi pada Peralatan Elektronik*. [on line] <http://www.elektroindonesia.com/elektro/elek32.html-14k>. [16 agustus 2006].
- Anonim. Tanpa Tahun. *Korosi Logam secara Elektrokimia*. [on line]. <http://www.vlsm.org/V12/sponsor-pendamping/kimia.html>. [12 januari 2007].
- Burhani. 2001. *Analisa Pengaruh Jenis Elektroda terhadap Laju Korosi pada Pengelasan Plat Baja SS-41*. Skripsi. Surabaya : ITS. (Skripsi S1 tidak dipublikasikan).
- Dalimunthe, I. S. Tanpa tahun. *Kimia dari Inhibitor Korosi*. [on line]. <http://www.library.usu.ac.id/modul.php>. [9 januari 2007].
- Fessenden, R.J dan J.S Fessenden. 1999. *Kimia Organik*. Jilid 2. Edisi ketiga (Edisi Terjemahan Bahasa Indonesia). Jakarta: Erlangga.
- Fontana, M.G. 1987. *Corrossion Engineering*. Singapore: McGrraw Hill Book.
- Hendayana, S . 1994. *Kimia Analitik Instrumen*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Nurdin, I dan M. Syahri. 1999. *Inhibisi Korosi Baja Karbon di dalam Larutan KarbonatBikarbonat*. [online]<http://www.lp.itb.ac.id/product/vol.31no.31/indriyani.html>. [8 januari 2007].
- Panggabean, R. 1996. *Pencegahan Korosi pada Struktur Anjungan Lepas Pantai dengan Sistem "Sacraficial Anode"*. Dalam majalah BPPT No.: LXXIII hal.99-103.
- Pikir, S. 1991. *Reaksi-reaksi kimia*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Reni Palupi H.D. 1999. *Studi Pengaruh Inhibitor Dietil Amin terhadap Laju Korosi Baja AISI 1045/ EMS 45 dalam Media Asam Sulfat*. Skripsi. Surabaya : ITS (Skripsi S1 tidak dipublikasikan).

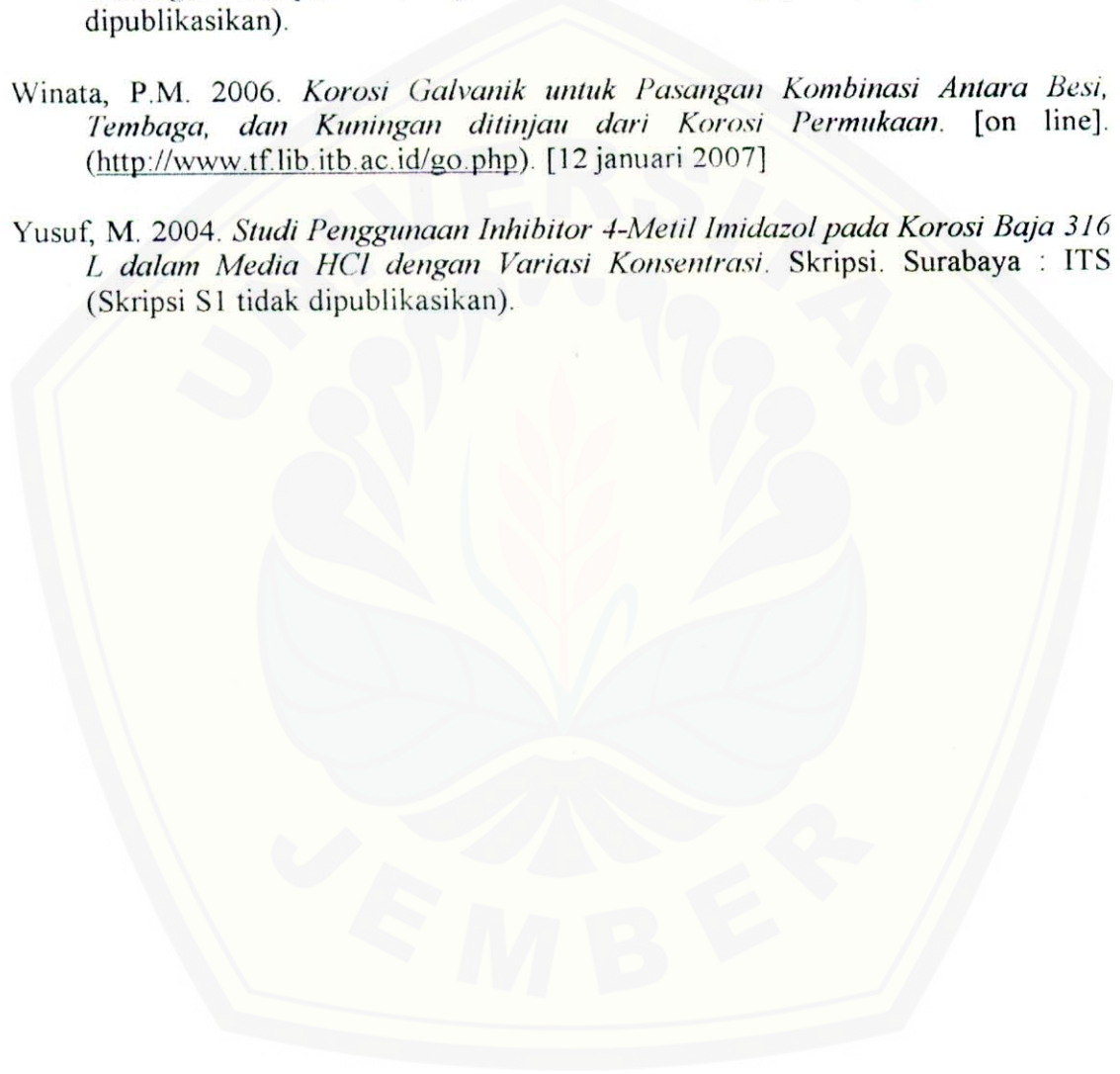
- Setiawan, Abas. 2000. *Analisa Perbandingan Laju Korosi Pelat Baja pada Proses Line Heating dan Proses Bending*. Skripsi. Surabaya: ITS. (Skripsi S1 tidak dipublikasikan).
- Setiawan, Ahmad. 2001. *Pengaruh Suhu Anneling terhadap Laju Korosi Baja DF-2 di dalam Natrium Klorida*. Skripsi. Malang: Universitas Negeri Malang. (Skripsi S1 tidak dipublikasikan).
- Sitompul, T.R. 2000. *Analisa Perbandingan Laju Korosi pada Pengelasan dengan Menggunakan Elektroda yang Mengandung Mn dan Elektroda yang Mengandung Cr pada Plat Steinless Steel Tangki Kapal Tengker*. Skripsi. Surabaya: ITS. (Skripsi S1 tidak dipublikasikan).
- Suhartanti, D. 2005. *Laju Korosi Baja di Kawasan Udara PLTP Kamojang Jawa Barat*. [on line]. <http://www.ns.ui.ac.id/seminar2005/data/S3C-14.pdf>. [9 januari 2007].
- Suherman, W. 1987. *Pengetahuan Bahan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Supardi, R. 1997. *Korosi*. Bandung: Tarsito.
- Suratman, R. Tanpa tahun. *Teknologi Perlindungan Logam*. [on line]. <http://www.lenn-biz/metallurgy/tpl.pdf>. [9 januari 2007].
- Syuhada. 1996. *Penelitian Korosi Aluminium Murni dan Aluminium Paduan dalam Larutan Garam Jenuh*. Dalam majalah BPPT No. : LXXVI hal. 53-59.
- Tjitro, S. dkk. 1999. *Pengaruh Lingkungan terhadap Efisiensi Inhibisi Asam Askorbat (Vitamin C) pada Laju Korosi Tembaga*. Dalam jurnal Teknik mesin Universitas petra vol. 1 no. 1 p.100-1003.
- Tjitro, S. dkk. 2000. *Studi Perilaku Tembaga dengan Variasi Konsentrasi Asam Askorbat (Vitamin C) dalam Lingkungan Air yang Mengandung Klorida dan Sulfat*. Dalam Jurnal Teknik Mesin Universitas petra vol.2 no.1 p.62-67.
- Trethewey, K.R dan J.Chamberlain. 1991. *Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan* (edisi terjemahan bahasa indonesia). Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Underwood, A.I dan day, R.A . 1986 *Analisis Kimia Kuantitatif*, Edisi Kelima. Jakarta: Erlangga.

Widharto, S. 1999. *Karat dan Pencegahannya*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Wiratna, S. 2004. *Pengaruh Konsentrasi Asam Nitrat terhadap Laju Korosi Logam Tembaga*. Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya. (Skripsi S1 tidak dipublikasikan).

Winata, P.M. 2006. *Korosi Galvanik untuk Pasangan Kombinasi Antara Besi, Tembaga, dan Kuningan ditinjau dari Korosi Permukaan*. [on line]. (<http://www.tf.lib.itb.ac.id/go.php>). [12 januari 2007]

Yusuf, M. 2004. *Studi Penggunaan Inhibitor 4-Metil Imidazol pada Korosi Baja 316 L dalam Media HCl dengan Variasi Konsentrasi*. Skripsi. Surabaya : ITS (Skripsi S1 tidak dipublikasikan).



LAMPIRAN A

Lampiran A.1. Data Nilai V_{kor} Tembaga pada Medium NaCl, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan CaCO_3

Medium Korosif	Konsentrasi [M]	Rapat arus I_{kor} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)			Rerata	Laju korosi V_{kor} (mpy)
		U1	U2	U3		
NaCl	0,0056	3,635	3,689	3,622	3,649	2,158
	0,0085	3,810	3,841	3,848	3,833	2,265
	0,0113	4,249	4,297	4,268	4,271	2,524
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,0021	3,204	3,289	3,275	3,256	1,924
	0,0031	3,330	3,220	3,286	3,279	1,938
	0,0042	3,989	3,995	4,058	4,014	2,372
CaCO_3	0,0033	3,107	3,237	3,185	3,176	1,877
	0,0050	3,248	3,207	3,205	3,220	1,903
	0,0067	3,625	3,576	3,443	3,548	2,097

Lampiran A.2 Data Nilai V_{kor} Tembaga pada medium NaCl, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan CaCO_3 dengan Pemberian Aerasi

Medium Korosif	Konsentrasi [M]	Rapat Arus I_{kor} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)			Rerata	Laju korosi V_{kor} (mpy)
		U1	U2	U3		
NaCl	0,0056	3,812	3,780	3,744	3,779	2,233
	0,0085	3,926	3,849	3,889	3,888	2,298
	0,0113	4,354	4,434	4,337	4,375	2,586
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,0021	3,395	3,398	3,425	3,406	2,013
	0,0031	3,433	3,467	3,513	3,471	2,051
	0,0042	4,142	4,127	4,135	4,135	2,444
CaCO_3	0,0033	3,344	3,293	3,304	3,314	1,959
	0,0050	3,357	3,317	3,335	3,336	1,972
	0,0067	3,558	3,639	3,663	3,620	2,139

Lampiran A.3. Data Nilai V_{kor} Tembaga pada Medium NaCl, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan CaCO_3 dengan Penambahan Inhibitor

Medium korosif (400 ppm)	Asam Askorbat [M]	Rapat Arus I_{kor} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)			Rerata	Laju korosi V_{kor} (mpy)
		U1	U2	U3		
NaCl	0,0003	3,992	3,972	3,941	3,968	2,345
	0,0009	3,939	3,854	3,848	3,880	2,293
	0,0011	3,902	3,839	3,726	3,822	2,259
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,0003	3,526	3,542	3,539	3,536	2,089
	0,0009	3,799	3,786	3,839	3,808	2,251
	0,0011	3,993	3,904	3,916	3,938	2,327
CaCO_3	0,0003	3,321	3,327	3,376	3,341	1,975
	0,0009	3,486	3,417	3,433	3,445	2,036
	0,0011	3,549	3,526	3,515	3,530	2,086

Lampiran A.4. Data Nilai Efisiensi Asam Askorbat

Medium Korosif (400 ppm)	Asam Askorbat [M]	V_{kor} tanpa inhibitor	V_{kor} dengan inhibitor	Efisiensi Inhibitor (%)
NaCl	0,0003	2,524	2,345	7,092
	0,0009	2,524	2,293	9,152
	0,0011	2,524	2,259	10,513
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,0003	2,372	2,089	11,908
	0,0009	2,372	2,251	5,132
	0,0011	2,372	2,327	1,893
CaCO_3	0,0003	2,097	1,975	5,834
	0,0009	2,097	2,036	2,903
	0,0011	2,097	2,086	0,507

Lampiran A.5. Data nilai V_{kor} Tembaga pada Medium NaCl, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ dan $CaCO_3$ dengan Variasi Temperatur

Medium Korosif (400 ppm)	Temperatur ($^{\circ}C$)	Rapat Arus I_{kor} ($\mu A/cm^2$)			Rerata	Laju korosi $V_{kor}(mpy)$
		U1	U2	U3		
NaCl	20	3,639	3,786	3,810	3,745	2,213
	27	4,249	4,297	4,268	4,271	2,524
	30	4,280	4,271	4,282	4,278	2,528
	40	3,880	3,982	3,579	3,814	2,254
	50	3,386	3,399	3,376	3,387	2,002
	60	2,987	3,099	3,414	3,167	1,872
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	20	3,823	3,878	3,794	3,832	2,265
	27	3,989	3,995	4,058	4,014	2,372
	30	4,116	4,048	4,037	4,067	2,404
	40	3,479	3,263	3,419	3,387	2,002
	50	3,333	3,095	2,979	3,136	1,835
	60	3,014	3,195	3,172	3,127	1,848
$CaCO_3$	20	3,149	3,441	3,435	3,342	1,975
	27	3,625	3,576	3,443	3,548	2,097
	30	3,341	3,437	3,403	3,394	2,006
	40	3,450	3,191	3,463	3,368	1,990
	50	2,916	2,909	2,969	2,931	1,732
	60	2,917	2,761	2,934	2,871	1,697

LAMPIRAN B

Lampiran B.1. Grafik untuk Penentuan Potensial korosi (E_{kor}) dan daerah kerja (interval potensial I_{kor})

Potensial (mV)	arus I (μA)	I Absolut	I/A ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Log I/A
-975	-133000	133000	169427	5,22898
-950	-123000	123000	156688	5,19504
-925	-115000	115000	146497	5,16583
-900	-108000	108000	137580	5,13855
-875	-100500	100500	128025	5,1073
-850	-92000	92000	117197	5,06892
-825	-83000	83000	105732	5,02421
-800	-75000	75000	95541	4,98019
-775	-70500	70500	89809	4,95332
-750	-67000	67000	85350	4,93121
-725	-62000	62000	78981	4,89752
-700	-55000	55000	70064	4,84549
-675	-51000	51000	64968	4,8127
-650	-50500	50500	64331	4,80842
-625	-48000	48000	61146	4,78637
-600	-43000	43000	54777	4,7386
-575	-41500	41500	52866	4,72318
-550	-43000	43000	54777	4,7386
-525	-42500	42500	54140	4,73352
-500	-38500	38500	49045	4,69059
-475	-34500	34500	43949	4,64295
-450	-34000	34000	43312	4,63661
-425	-33500	33500	42675	4,63018
-400	-29000	29000	36943	4,56753
-375	-23000	23000	29299	4,46686
-350	-20000	20000	25478	4,40616
-325	-18500	18500	23567	4,3723

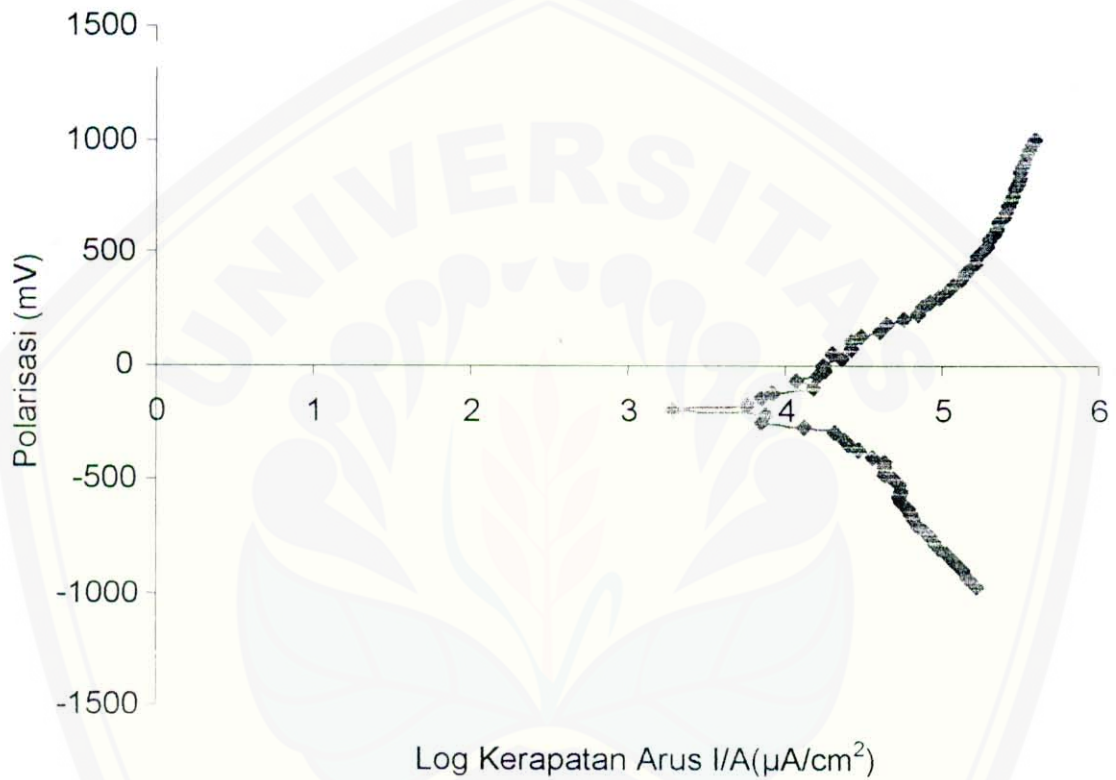
Lanjutan lampiran B1

Potensial (mV)	arus I (μ A)	I Absolut	I/A (μ A/cm ²)	Log I/A
-300	-16500	16500	21019	4,32261
-275	-10500	10500	13376	4,12632
-250	-5500	5500	7006,4	3,84549
-225	-6000	6000	7643,3	3,88328
-200	-1500	1500	1910,8	3,28122
-175	4500	4500	5732,5	3,75834
-150	5500	5500	7006,4	3,84549
-125	6500	6500	8280,3	3,91804
-100	12000	12000	15287	4,18431
-75	9500	9500	12102	4,08285
-50	13000	13000	16561	4,21907
-25	14000	14000	17834	4,25126
0	13500	13500	17197	4,23546
25	18000	18000	22930	4,3604
50	16000	16000	20382	4,30925
75	21000	21000	26752	4,42735
125	24000	24000	30573	4,48534
150	32000	32000	40764	4,61028
175	35000	35000	44586	4,6492
200	44500	44500	56688	4,75349
225	54500	54500	69427	4,84153
250	59500	59500	75796	4,87965
275	66500	66500	84713	4,92795
300	77000	77000	98089	4,99162
325	87000	87000	110828	5,04465
350	95000	95000	121019	5,08285
375	102000	102000	129936	5,11373
400	110000	110000	140127	5,14652
425	118000	118000	150318	5,17701

Lanjutan lampiran B1

Potensial (mV)	arus I (μA)	I Absolut	I/A ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Log I/A
450	126000	126000	160510	5,2055
475	134500	134500	171338	5,23385
500	143000	143000	182166	5,26047
525	151500	151500	192994	5,28554
550	160000	160000	203822	5,30925
575	168000	168000	214013	5,33044
600	176000	176000	224204	5,35064
625	184000	184000	234395	5,36995
650	192000	192000	244586	5,38843
675	200500	200500	255414	5,40724
700	208500	208500	265605	5,42424
725	216000	216000	275159	5,43958
750	223000	223000	284076	5,45344
775	229500	229500	292357	5,46591
800	237000	237000	301911	5,47988
825	244000	244000	310828	5,49252
850	252500	252500	321656	5,50739
875	261000	261000	332484	5,52177
900	269000	269000	342675	5,53488
925	277000	277000	352866	5,54761
950	285000	285000	363057	5,55998
975	293500	293500	373885	5,57274
1000	302000	302000	384713	5,58514

Lampiran B.2. Grafik untuk Penentuan Potensial korosi (E_{kor}) dan daerah kerja (interval potensial I_{kor})

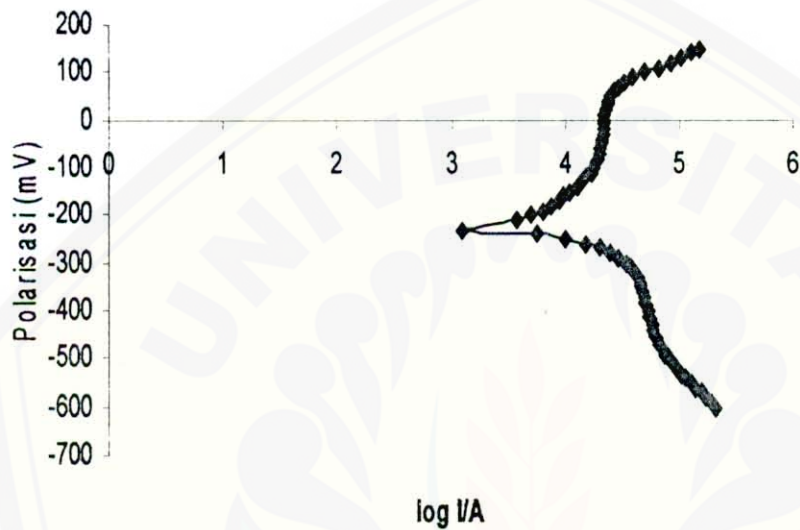


Lampiran B.3. Data Pengukuran (table daerah I_{kor}) untuk Penentuan Arus Korosi (I_{kor})

Potensial (mV)	Arus I (μA)	I absolut	I/A ($\mu A/cm^2$)	Log I/A
-599,938	-168500	168500	214650	5,3317
-589,938	-150500	150500	191720	5,2827
-579,938	-135500	135500	172611	5,2371
-569,938	-122000	122000	155414	5,1915
-559,938	-111000	111000	141401	5,1505
-549,938	-100000	100000	127389	5,1051
-539,938	-90500	90500	115287	5,0618
-529,938	-82500	82500	105096	5,0216
-519,938	-75000	75000	95541,4	4,9802
-509,938	-69000	69000	87898,1	4,944
-499,938	-64000	64000	81528,7	4,9113
-489,938	-60000	60000	76433,1	4,8833
-479,938	-56500	56500	71974,5	4,8572
-469,938	-53000	53000	67515,9	4,8294
-459,938	-50500	50500	64331,2	4,8084
-449,938	-49000	49000	62420,4	4,7953
-439,938	-46500	46500	59235,7	4,7726
-429,938	-45500	45500	57961,8	4,7631
-419,938	-44000	44000	56051	4,7486
-409,938	-42500	42500	54140,1	4,7335
-399,938	-42000	42000	53503,2	4,7284
-389,938	-40500	40500	51592,4	4,7126
-379,938	-39500	39500	50318,5	4,7017
-369,938	-39000	39000	49681,5	4,6962
-359,938	-38000	38000	48407,6	4,6849
-349,938	-37000	37000	47133,8	4,6733
-339,938	-36000	36000	45859,9	4,6614
-329,938	-34500	34500	43949	4,6429
-319,938	-32000	32000	40764,3	4,6103
-309,938	-30000	30000	38216,6	4,5823
-299,938	-27000	27000	34394,9	4,5365
-289,938	-23500	23500	29936,3	4,4762
-279,938	-20000	20000	25477,7	4,4062
-269,938	-16000	16000	20382,2	4,3093
-259,938	-12000	12000	15286,6	4,1843
-249,938	-8000	8000	10191,1	4,0082
-239,938	-4500	4500	5732,48	3,7583

Lanjutan Lampiran B.3

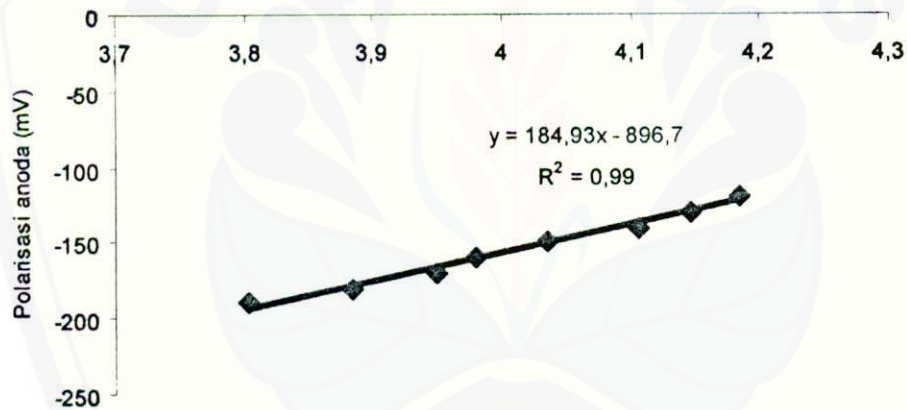
Potensial (mV)	Arus I (μA)	I absolut	I/A ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Log I/A
-229,938	-1000	1000	1273,89	3,1051
-209,938	3000	3000	3821,66	3,5823
-199,938	4000	4000	5095,54	3,7072
-189,938	5000	5000	6369,43	3,8041
-179,938	6000	6000	7643,31	3,8833
-169,938	7000	7000	8917,2	3,9502
-159,938	7500	7500	9554,14	3,9802
-149,938	8500	8500	10828	4,0345
-139,938	10000	10000	12738,9	4,1051
-129,938	11000	11000	14012,7	4,1465
-119,938	12000	12000	15286,6	4,1843
-109,938	13500	13500	17197,5	4,2355
-99,9375	14000	14000	17834,4	4,2513
-89,9375	14500	14500	18471,3	4,2665
-79,9375	15500	15500	19745,2	4,2955
-69,9375	16000	16000	20382,2	4,3093
-59,9375	16000	16000	20382,2	4,3093
-49,9375	16500	16500	21019,1	4,3226
-39,9375	16500	16500	21019,1	4,3226
-29,9375	17000	17000	21656,1	4,3356
-19,9375	17000	17000	21656,1	4,3356
-9,9375	17000	17000	21656,1	4,3356
0,0625	17000	17000	21656,1	4,3356
10,0625	17500	17500	22293	4,3482
20,0625	18000	18000	22929,9	4,3604
30,0625	18500	18500	23566,9	4,3723
40,0625	19000	19000	24203,8	4,3839
50,0625	20000	20000	25477,7	4,4062
60,0625	21000	21000	26751,6	4,4273
70,0625	23000	23000	29299,4	4,4669
80,0625	26000	26000	33121	4,5201
90,0625	31000	31000	39490,4	4,5965
100,063	40000	40000	50955,4	4,7072
110,063	52000	52000	66242	4,8211
120,063	67000	67000	85350,3	4,9312
130,063	83500	83500	106369	5,0268
140,063	101000	101000	128662	5,1095
150,063	118000	118000	150318	5,177

Lampiran B.4. Grafik Tafel untuk Penentuan Arus Korosi (I_{kor})

Lampiran B.4.1 Tabel data untuk grafik polarisasi anoda

Potensial (mV)	Arus I (μA)	I absolut	I/A ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Log I/A
-189,938	5000	5000	6369,43	3,8041
-179,938	6000	6000	7643,31	3,8833
-169,938	7000	7000	8917,2	3,9502
-159,938	7500	7500	9554,14	3,9802
-149,938	8500	8500	10828	4,0345
-139,938	10000	10000	12738,9	4,1051
-129,938	11000	11000	14012,7	4,1465
-119,938	12000	12000	15286,6	4,1843

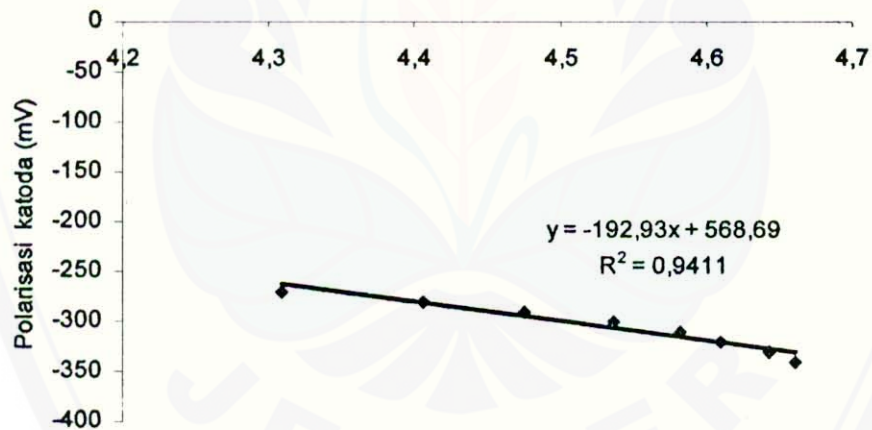
Lampiran B.4.2 Grafik polarisasi anoda



Lampiran B.4.3 Tabel data untuk grafik polarisasi katoda

Potensial (mV)	Arus I (μA)	I absolut	I/A ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Log I/A
-339,938	-36000	36000	45859,9	4,6614
-329,938	-34500	34500	43949	4,6429
-319,938	-32000	32000	40764,3	4,6103
-309,938	-30000	30000	38216,6	4,5823
-299,938	-27000	27000	34394,9	4,5365
-289,938	-23500	23500	29936,3	4,4762
-279,938	-20000	20000	25477,7	4,4062
-269,938	-16000	16000	20382,2	4,3093

Lampiran B.4.4 Grafik polarisasi katoda



Lampiran C.2. Menghitung Laju Korosi V_{kor} (mpy)

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D}$$

Ar Cu = 63,54 ; valensi n = 2 ; Densitas D = 6,931 gr/cm³ ;
tetapan 0,129 dalam mpy ; Arus korosi I_{kor} dalam $\mu A/cm^2$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,649}{2 \times 6,931} = 2,158 ; I_{kor} = 3,649$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,833}{2 \times 6,931} = 2,265 ; I_{kor} = 3,833$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 4,271}{2 \times 6,931} = 2,524 ; I_{kor} = 4,271$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,256}{2 \times 6,931} = 1,924 ; I_{kor} = 3,256$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,279}{2 \times 6,931} = 1,938 ; I_{kor} = 3,279$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 4,014}{2 \times 6,931} = 2,372 ; I_{kor} = 4,014$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,176}{2 \times 6,931} = 1,877 ; I_{kor} = 3,176$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,220}{2 \times 6,931} = 1,903 ; I_{kor} = 3,220$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,548}{2 \times 6,931} = 2,097 ; I_{kor} = 3,548$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,779}{2 \times 6,931} = 2,233 ; I_{kor} = 3,779$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,888}{2 \times 6,931} = 2,298 ; I_{kor} = 3,888$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 4,375}{2 \times 6,931} = 2,586 ; I_{kor} = 4,375$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,406}{2 \times 6,931} = 2,013 ; I_{kor} = 3,406$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,471}{2 \times 6,931} = 2,051 ; I_{kor} = 2,051$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 4,135}{2 \times 6,931} = 2,444 ; I_{kor} = 4,135$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,314}{2 \times 6,931} = 1,959 ; I_{kor} = 3,314$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,336}{2 \times 6,931} = 1,972 ; I_{kor} = 3,336$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,620}{2 \times 6,931} = 2,139 ; I_{kor} = 3,620$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,968}{2 \times 6,931} = 2,345 ; I_{kor} = 3,968$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,880}{2 \times 6,931} = 2,293 ; I_{kor} = 3,880$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,822}{2 \times 6,931} = 2,259 ; I_{kor} = 3,822$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,536}{2 \times 6,931} = 2,089 ; I_{kor} = 3,536$$

$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,808}{2 \times 6,931} = 2,251 ; I_{kor} = 3,808$$

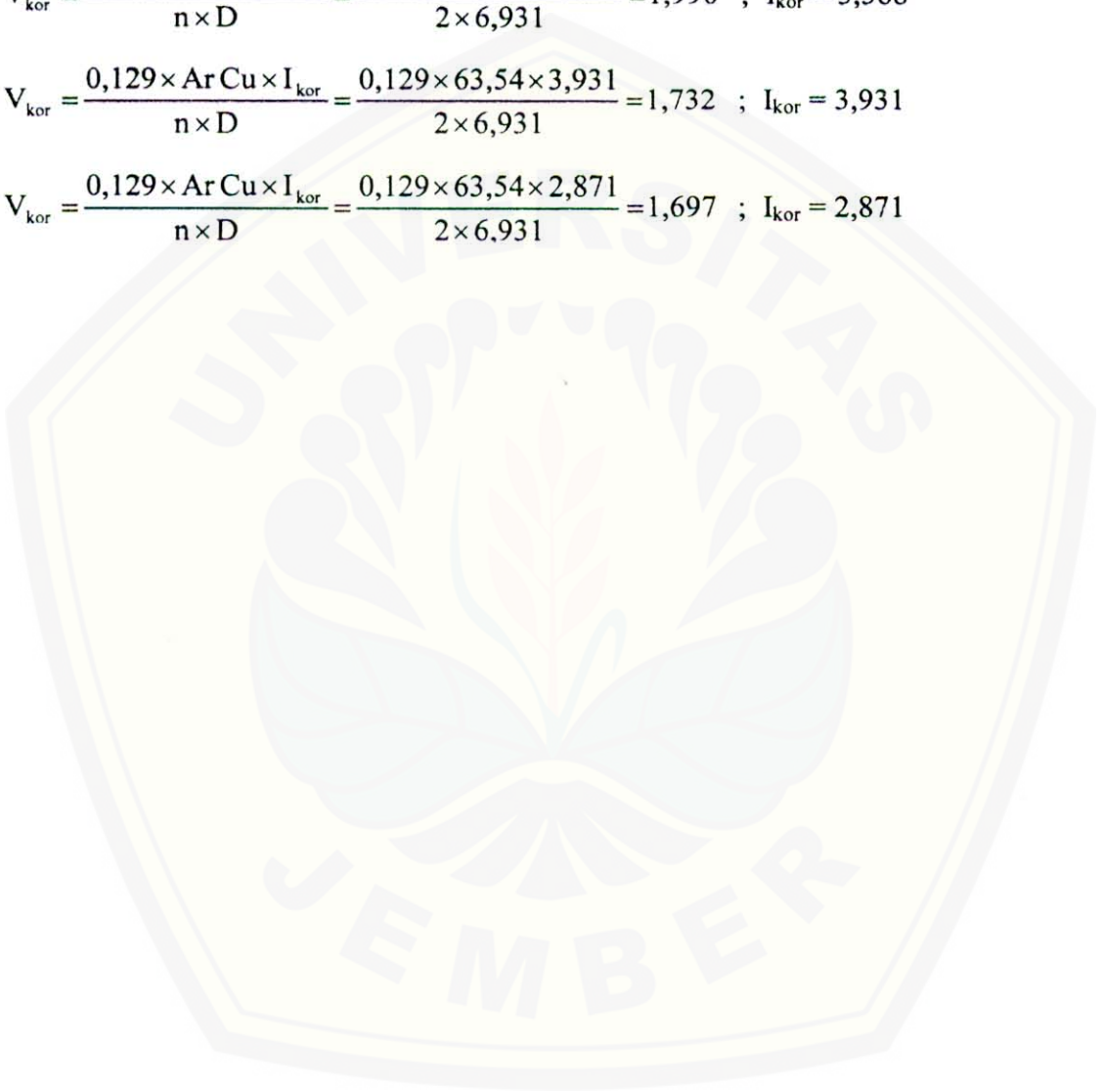
$$V_{kor} = \frac{0,129 \times Ar Cu \times I_{kor}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,938}{2 \times 6,931} = 2,327 ; I_{kor} = 3,938$$

$$V_{\text{kor}} = \frac{0,129 \times \text{Ar Cu} \times I_{\text{kor}}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,394}{2 \times 6,931} = 2,006 \quad ; \quad I_{\text{kor}} = 3,394$$

$$V_{\text{kor}} = \frac{0,129 \times \text{Ar Cu} \times I_{\text{kor}}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,368}{2 \times 6,931} = 1,990 \quad ; \quad I_{\text{kor}} = 3,368$$

$$V_{\text{kor}} = \frac{0,129 \times \text{Ar Cu} \times I_{\text{kor}}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 3,931}{2 \times 6,931} = 1,732 \quad ; \quad I_{\text{kor}} = 3,931$$

$$V_{\text{kor}} = \frac{0,129 \times \text{Ar Cu} \times I_{\text{kor}}}{n \times D} = \frac{0,129 \times 63,54 \times 2,871}{2 \times 6,931} = 1,697 \quad ; \quad I_{\text{kor}} = 2,871$$



Lampiran C.3. Menghitung Efisiensi Inhibisi Asam Askorbat (EI)

$$EI = \frac{V_a - V_b}{V_a} \times 100\% \quad ; V_a = \text{Laju korosi tanpa inhibitor (mpy)}$$

$$V_b = \text{Laju korosi dengan inhibitor (mpy)}$$

$$EI = \frac{V_a - V_b}{V_a} \times 100\% = \frac{2,524 - 2,345}{2,524} \times 100\% = 7,092\% \quad ; V_a = 2,524, V_b = 2,345$$

$$EI = \frac{V_a - V_b}{V_a} \times 100\% = \frac{2,524 - 2,293}{2,524} \times 100\% = 9,152\% \quad ; V_a = 2,524, V_b = 2,293$$

$$EI = \frac{V_a - V_b}{V_a} \times 100\% = \frac{2,524 - 2,259}{2,524} \times 100\% = 10,513\% \quad ; V_a = 2,524, V_b = 2,259$$

$$EI = \frac{V_a - V_b}{V_a} \times 100\% = \frac{2,372 - 2,089}{2,372} \times 100\% = 11,908\% \quad ; V_a = 2,372, V_b = 2,089$$

$$EI = \frac{V_a - V_b}{V_a} \times 100\% = \frac{2,372 - 2,251}{2,372} \times 100\% = 5,132\% \quad ; V_a = 2,372, V_b = 2,251$$

$$EI = \frac{V_a - V_b}{V_a} \times 100\% = \frac{2,372 - 2,327}{2,372} \times 100\% = 1,893\% \quad ; V_a = 2,372, V_b = 2,327$$

$$EI = \frac{V_a - V_b}{V_a} \times 100\% = \frac{2,097 - 1,975}{2,097} \times 100\% = 5,834\% \quad ; V_a = 2,097, V_b = 1,975$$

$$EI = \frac{V_a - V_b}{V_a} \times 100\% = \frac{2,097 - 2,036}{2,097} \times 100\% = 2,903\% \quad ; V_a = 2,097, V_b = 2,036$$

$$EI = \frac{V_a - V_b}{V_a} \times 100\% = \frac{2,097 - 2,086}{2,097} \times 100\% = 0,507\% \quad ; V_a = 2,097, V_b = 2,086$$

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Mempelajari pengaruh berbagai jenis dan konsentrasi medium korosif terhadap laju korosi tembaga,
- 2) Mempelajari pengaruh asam askorbat (dalam medium korosif) dan inhibisinya terhadap laju korosi tembaga,
- 3) Mempelajari pengaruh konsentrasi medium korosif dengan/tanpa aerasi dan temperatur terhadap laju korosi tembaga,

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu sumber informasi bahan pengendali laju korosi pada logam yang tidak menimbulkan masalah bagi lingkungan (ramah lingkungan). Penelitian ini dapat memberikan sebuah metode alternatif yang tepat dan cepat dalam monitoring korosi tanpa meninggalkan segi kepresisian dan keakuratan. Disamping itu juga menambah hasanah kepustakaan di bidang elektrokimia

