

**PENGARUH ARUS LISTRIK TERHADAP LAJU KOROSI
PELAT BESI DALAM MEDIA ASAM KLORIDA**

TUGAS AKHIR

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

oleh :

POPPY HARDIYANTO

0110923014



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2008**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PENGARUH ARUS LISTRIK TERHADAP LAJU KOROSI
PELAT BESI DALAM MEDIA ASAM KLORIDA**

oleh :

POPPY HARDYANTO

0110923014

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal.....
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Pembimbing I

Dr. Diah Mardiana, MS

NIP. 131 960 436

Pembimbing II

Drs. Budi Kamulyan

NIP. 131 879 049

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

M. Farid Rahman, S.Si., M.Si

NIP. 132 158 726

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Poppy Hardiyanto

NIM : 0110923014

Jurusan : Kimia

Penulis skripsi berjudul :

**“PENGARUH ARUS LISTRIK TERHADAP LAJU KOROSI
PELAT BESI DALAM MEDIA ASAM KLOORIDA”**

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub diisi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala seriko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Juli 2008
Yang menyatakan,

Poppy Hardiyanto
NIM. 0110923014

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap syukur kehadiran Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “PENGARUH ARUS LISTRIK TERHADAP LAJU KOROSI PELAT BESI DALAM MEDIA ASAM KLOORIDA”

Skripsi ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Alm. Drs. Pariadi, M.Si selaku mantan dosen pembimbing petama yang telah banyak memberi bimbingan, arahan, serta nasehat selama masa tugas beliau.
2. Dr. Diah Mardiana, MS selaku dosen pembimbing pertama dan Drs. Budi Kamulyan, selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaganya dengan sabar mengajari, mengarahkan, dalam membimbing selama penyelesaian tugas akhir ini.
3. M. Farid Rahman, S.Si., M.Si, Dra. Sri Wardhani, MSi., Dr. Hermin Sulistyarti, Dra. Anna Rosdiana, M.App.S., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam menyempurnakan naskah ini.
4. Drs. Darjito SSi, MSi selaku dosen penasehat akademik yang telah banyak memberi nasehat serta dukungannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. M. Farid Rahman, S.Si., M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya atas berbagai kemudahan yang telah diberikan.
6. Mas Bambang Ariyanto, S.Si., selaku Laboran Kimia Fisik atas bantuan yang diberikan selama penelitian di labotorium.
7. Ibu dan Ayah atas do'a dan dukungannya serta semua saudara dan teman-temanku.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini jauh dari sempurna karena keterbatasan kemampuan penulis. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap semoga

skripsi ini memberi banyak manfaat ilmu pengetahuan khususnya bagi mahasiswa dan masyarakat pada umumnya.

Malang, Juli 2008

Penulis



PENGARUH ARUS LISTRIK TERHADAP LAJU KOROSI PELAT BESI DALAM MEDIA ASAM KLORIDA

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang penentuan laju korosi (*CPR*) pelat besi dalam media pengkorosi asam klorida. Proses korosi dilakukan dengan dan tanpa arus listrik, dengan menempatkan pelat besi sebagai anoda dan batang karbon sebagai katoda. Jumlah besi terkorosi ditentukan pada variasi waktu kontak 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 jam dan variasi *pH* 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0. Secara keseluruhan hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan bertambah lamanya waktu kontak dan meningkatnya nilai *pH*, laju korosi (*CPR*) pelat besi semakin rendah dan laju korosi (*CPR*) pelat besi dengan arus listrik (5,75 mpy – 19,41 mpy) menunjukkan lebih tinggi dibandingkan dengan laju korosi tanpa arus listrik (1,44 mpy – 9,34 mpy).



THE INFLUENCE OF ELECTRICAL CURRENT TO CORROSION RATES OF IRON PLATE IN THE HYDROCHLORIC ACID

ABSTRACT

A research of corrosion rate, CPR, of iron plate in the hydrochloric acid solution has been done. Corrosion process was conducted using iron plate as an anode and carbon as a cathode either with electrical current or without an electrical current. The amount of corroded iron was determined at corrosion time of 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; and 2.5 hours and *pH* variation of 2.0; 2.5; 3.0; 3.5; 4.0. The result of this research showed that increasing the duration time contact and *pH* values were lowering the corrosion rate, and the CPR by an electrical current (5.75 mpy – 19.41 mpy) was higher compared to CPR without an electrical current (1.44 mpy – 9.34 mpy).



DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Logam Besi.....	4
2.2 Korosi.....	5
2.3 Bentuk-Bentuk Korosi.....	6
2.4 Faktor-Faktor Penyebab Korosi.....	6
2.5 Laju Korosi.....	7
2.6 Spektrofotometri Serapan Atom (AAS).....	8
2.6.1 Prinsip-Prinsip AAS.....	8
2.6.2 Proses Atomisasi AAS.....	9
BAB III METODOLOGI	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	10
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	10
3.2.1 Alat Penelitian.....	10
3.2.2 Bahan Penelitian.....	10
3.3 Langkah Penelitian.....	10
3.4 Cara Kerja Penelitian.....	11
3.4.1 Persiapan Pelat Besi.....	11
3.4.2 Pembuatan 100 mL Larutan Asam Klorida pH 1,0.....	12

3.4.3	Korosi Pelat besi.....	12
3.4.3.1	Dengan Arus.....	12
3.4.3.2	Tanpa Arus.....	13
3.4.4	Pembuatan Kurva Baku Larutan Besi(III).....	13
3.4.5	Analisa Hasil dan Data.....	13

BAB I V PEMBAHASAN

4.1	Korosi Pelat Besi.....	14
4.2	Laju Korosi (<i>CPR</i>) Pelat Besi.....	15

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	18
5.2	Saran.....	18

DAFTAR PUSTAKA	19
-----------------------------	----

LAMPIRAN	21
-----------------------	----



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 4.1 Grafik Laju Korosi Pelat Besi (<i>CPR</i>) dengan Arus terhadap Perubahan Waktu dan <i>pH</i>	15
Gambar 4.2 Grafik Laju Korosi Pelat Besi (<i>CPR</i>) tanpa Arus terhadap Perubahan Waktu dan <i>pH</i>	17
Gambar L.2.1 Rangkaian Penelitian Dengan Arus.....	26
Gambar L.2.2 Rangkaian Penelitian Tanpa Arus.....	26
Gambar L.4.1 Kurva Baku Larutan Besi(III).....	32



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel L.3.1 Data Larutan Baku Fe(III).....	27
Tabel L.3.2 Data Beberapa <i>pH</i> Larutan Asam Klorida.....	29
Tabel L.4.1 Data Serapan Larutan Baku Fe(III) pada Konsentrasi 0-15 ppm.....	31
Tabel L.7.1 Data Kehilangan Berat Pelat Besi dengan Arus Listrik.....	34
Tabel L.7.2 Data Kehilangan Berat Pelat Besi tanpa Arus Listrik.....	36
Tabel L.8.1 Data Laju Korosi Pelat Besi dengan Arus.....	39
Tabel L.8.2 Data Laju Korosi Pelat Besi tanpa Arus.....	40
Tabel L.9.1.1 Uji Statistik pada Pengaruh Waktu dan <i>pH</i> terhadap Laju Korosi Pelat Besi dengan Arus.....	41
Tabel L.9.1.2 Analisa Sidik Ragam Dua Arah terhadap Waktu dan <i>pH</i> Selama Proses Korosi.....	42
Tabel L.9.1.3 Uji BNT terhadap Selisih Nilai Rata-Rata pada Pengaruh Waktu Selama Proses Korosi.....	43
Tabel L.9.1.4 Uji BNT terhadap Selisih Nilai Rata-Rata pada Pengaruh <i>pH</i> Selama Proses Korosi.....	44
Tabel L.9.2.1 Uji Statistik pada Pengaruh Waktu dan <i>pH</i> terhadap Laju Korosi Pelat Besi tanpa Arus.....	44
Tabel L.9.2.2 Analisa Sidik Ragam Dua Arah terhadap Waktu dan <i>pH</i> Selama Proses Korosi.....	45
Tabel L.9.2.3 Uji BNT terhadap Selisih Nilai Rata-Rata pada Pengaruh Waktu Selama Proses Korosi.....	46
Tabel L.9.2.4 Uji BNT terhadap Selisih Nilai Rata-Rata pada Pengaruh <i>pH</i> Selama Proses Korosi.....	47

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Skema Kerja.....	21
Lampiran 2. Gambar Rangkaian Penelitian.....	26
Lampiran 3. Preparasi Larutan.....	27
Lampiran 4. Pembuatan Kurva Baku Larutan Fe(III).....	31
Lampiran 5. Perhitungan Kandungan Besi dalam Pelat Besi.....	33
Lampiran 6. Perhitungan Berat Jenis Pelat Besi.....	33
Lampiran 7. Kehilangan Berat Pelat besi.....	34
Lampiran 8. Perhitungan Laju Korosi Pelat Besi.....	38
Lampiran 9. Analisa Hasil dan Data.....	41



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Korosi atau pengkaratan merupakan fenomena kimia yang timbul secara alami pada bahan-bahan logam di berbagai macam kondisi lingkungan. Karat (*rust*) adalah sebutan yang belakangan ini hanya dikhususkan bagi korosi pada besi, sedangkan korosi adalah gejala destruktif yang mempengaruhi hampir semua logam. 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 dalam matrik logam itu sendiri. Jadi dilihat dari sudut pandang kimia, korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Van Vlack, 1985).

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

Dalam kehidupan sehari-hari, korosi dapat terjadi pada berbagai jenis logam. Bangunan-bangunan maupun peralatan elektronik yang memakai komponen logam seperti seng, tembaga, besi-baja, dan sebagainya semuanya dapat terserang oleh korosi. Seng untuk atap dapat bocor karena termakan korosi. Demikian juga besi untuk pagar tidak dapat terbebas 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 ternyata juga mampu menyerang logam pada komponen-komponen renik peralatan elektronik, mulai dari jam digital hingga komputer serta peralatan-peralatan canggih lainnya yang digunakan dalam berbagai aktivitas manusia, baik dalam kegiatan industri maupun dalam rumah tangga (Van Vlack, 1985).

Kerugian yang dapat ditimbulkan oleh korosi tidak hanya biaya langsung seperti penggantian peralatan industri, perawatan jembatan, konstruksi dan sebagainya, tetapi juga biaya tidak langsung seperti terganggunya proses produksi dalam industri serta kelancaran transportasi umum atau bahkan kasus yang paling buruk, mungkin saja seluruh pabrik tutup dan terjadi bencana yang lebih besar dibandingkan biaya langsung (Callister, 1985).

Besi merupakan logam yang banyak digunakan dalam berbagai aktivitas manusia baik dalam kegiatan industri maupun rumah tangga. Bila logam besi ini berada di udara terbuka dalam keadaan lembab, maka akan cepat bereaksi dengan oksigen untuk membentuk lapisan oksida ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), di mana jumlah air menentukan warna yang berbeda-beda dari karat, mulai dari hitam sampai kuning atau kuning kecoklatan (Uhlig, 1985).

Elektrolisis merupakan proses elektrokimia yang dapat terjadi dengan adanya arus listrik yang mengalir ke dalam sistem selama proses berlangsung. Pada elektrolisis, elektron mengalir dari katoda menuju anoda. Semakin besar arus listrik yang terjadi, semakin banyak logam besi yang diubah menjadi ion besi, sehingga logam besi akan kehilangan massa atau dengan kata lain berkarat. Aplikasi proses elektrolisis dalam bidang industri yaitu pemurnian logam dan proses penyepuhan/elektroplating (melindungi logam dari korosi) (Chamberlain, J., 1991).

Pada umumnya asam yang digunakan untuk melarutkan bijih besi yang berupa oksida atau oksida terhidrasi, misalnya hematit, Fe_2O_3 ; magnetit, Fe_3O_4 ; goetit, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$; dan limonit, $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ adalah asam klorida (Day, 1996). Sifat asam klorida sebagai oksidator ketika kontak dengan logam besi mengakibatkan terbentuknya ion besi positif pada $p\text{H}$ rendah. Asam klorida merupakan larutan elektrolit kuat dengan derajat disosiasi dalam larutan 0,1 M sebesar 0,92, sehingga baik digunakan sebagai larutan penghantar dalam proses korosi (INI International, 2003).

Berdasarkan hal inilah, perlu untuk diadakan penelitian tentang laju korosi pelat besi dalam larutan asam klorida sebagai media pengkorosi dengan maksud untuk mengetahui seberapa cepat asam klorida dapat mengoksidasi pelat besi.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang dapat diambil adalah bagaimana laju korosi, *CPR* (*Corrosion Penetration Rate*), pelat besi dalam larutan asam klorida sebagai media pengkorosi dengan arus dan tanpa arus listrik.

1.3 BATASAN MASALAH

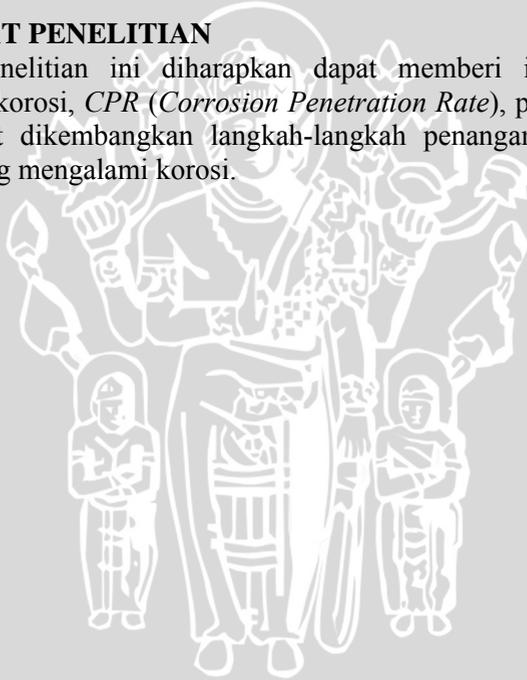
1. Pelat besi yang digunakan berasal dari besi drum.
2. Larutan elektrolit yang digunakan sebagai media pengkorosi adalah asam klorida (pH 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; dan 4,0) dan waktu kontak 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 jam.
3. Tegangan dan arus yang digunakan yaitu 5,0 V dan 0,2 A.

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju korosi, *CPR* (*Corrosion Penetration Rate*), pelat besi dalam larutan asam klorida sebagai media pengkorosi dengan arus dan tanpa arus listrik dalam berbagai variasi pH dan waktu.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi mengenai laju korosi, *CPR* (*Corrosion Penetration Rate*), pelat besi, sehingga dapat dikembangkan langkah-langkah penanganan pada logam besi yang mengalami korosi.



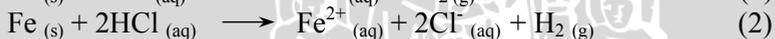
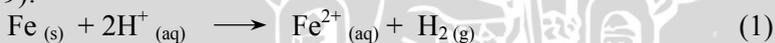
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Besi

Besi merupakan logam kedua kelimpahannya, setelah aluminium dan unsur keempat yang paling melimpah dalam kulit bumi. Senyawa besi terdapat dalam kebanyakan batuan dan tanah. Besi dalam keadaan murni adalah logam berwarna putih mengkilat, kuat dan liat. Sifat fisik dari logam besi adalah nomor atom 26, mempunyai konfigurasi elektron (18 Ar) $3d^6 4s^2$, bilangan oksida 2, 3, 6, massa atom relatif 55,85 dengan densitas $7,86 \frac{g}{cm^3}$, titik didih $2735 \text{ }^\circ\text{C}$, dan melebur pada temperatur $1535 \text{ }^\circ\text{C}$. Di pasaran jarang terdapat besi komersial yang murni, biasanya mengandung sejumlah kecil karbida, silisida, fosfida dan sulfida serta sedikit grafit. Zat-zat ini memainkan peranan penting dalam kekuatan struktur besi (Vogel, 1979).

Besi murni cukup reaktif. Dalam udara lembab cepat teroksidasi memberikan besi(III) oksida hidrat (karat) yang tidak sanggup melindungi, karena zat ini hancur dan membiarkan permukaan logam yang baru terbuka (Cotton, 1987).

Logamnya mudah larut dalam asam mineral dan asam terbaik untuk melarutkan bijih-bijih di atas adalah asam klorida (Vogel, 1979):



Dalam larutan, garam-garam yang mengandung Fe^{2+} berwarna sedikit hijau. Ion besi(II) mudah dioksidasi menjadi ion besi(III). Semakin kurang asam larutan itu, maka Fe^{2+} akan mudah teroksidasi, baik dalam suasana netral atau basa bahkan oksigen dari atmosfer akan dapat mengoksidasinya. Maka larutan besi(II) harus sedikit asam bila ingin disimpan untuk waktu yang agak lama (Vogel, 1979).

Sedangkan garam-garam besi(III) lebih stabil daripada garam besi(II). Dalam larutan yang mengandung Fe^{3+} , larutan berwarna coklat muda, jika larutan mengandung klorida, warna menjadi semakin kuat (Vogel, 1979).

2.2 Korosi

Korosi merupakan gejala alami yang menyebabkan menurunnya mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya dan berlangsung secara spontan (Trethewey, 1991).

Korosi atau karat terjadi di anoda, di mana elektroda besi yang anodik mengalami kehilangan massa karena melarutnya ion-ion besi yang tidak stabil dengan melepaskan elektron ke dalam larutan penghantar (Trethewey, 1991).



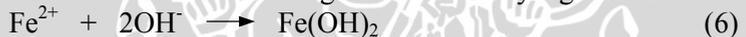
Pada katoda terjadi reaksi reduksi ion H^{+} menjadi gelembung gas hidrogen yang menempel di permukaan elektroda karbon.



Di dalam larutan elektrolit terdapat ion-ion hidroksida yang berasal dari reaksi disosiasi air.



Ion-ion hidroksil ini bereaksi dengan ion-ion besi yang tidak stabil.



Dengan adanya zat asam dalam larutan, maka akan terjadi pembentukan ion hidroksil di daerah katoda.



Yang mengakibatkan percepatan proses pengkaratan dan menghasilkan kerak.



Dari uraian di atas dapat dikatakan bahwa syarat terbentuknya korosi yaitu adanya daerah anodik (bagian logam yang murni) dan katodik (kotoran atau oksida) pada permukaan logam. Daerah ini terbentuk jika pada permukaan logam terdapat perbedaan potensial atau energi bebas antara titik yang satu dengan yang lainnya. Perbedaan potensial ini disebabkan bila dua jenis logam terdapat kontak listrik yang menimbulkan perbedaan tegangan di dalam bagian-bagian logam besi tersebut, perbedaan struktur molekuler dari material logam itu sendiri, serta pengaruh konsentrasi dari lingkungan (Trethewey, 1991).

Secara umum reaksi anodik dapat ditulis sebagai berikut :



Anoda biasanya mengalami korosi dengan melepaskan elektron dari atom logam netral yang akan digunakan oleh reaksi reduksi di katoda. Katoda biasanya tidak mengalami korosi, walaupun sedikit mengalami kerusakan pada kondisi tertentu. Dua reaksi penting dan umum yang terjadi pada katoda (sesuai pH larutan), yaitu dalam lingkungan asam, seperti Reaksi (10), (11) dan dalam lingkungan netral atau basa, seperti Reaksi (12) (Trethewey, 1991):



Syarat lainnya adalah adanya larutan elektrolit sebagai penghantar listrik.

2.3 Bentuk-Bentuk Korosi

Adapun bentuk-bentuk korosi logam yang terjadi melalui proses elektrokimia antara lain (Atikah, dkk., 1996) :

1. Korosi atmosfer, yang terjadi akibat beda potensial antara dua bagian benda khususnya logam besi dan langsung terhubung dengan udara luar.
2. Korosi galvanik, yang terjadi apabila ada kontak langsung antara dua logam yang berbeda potensial, maka logam yang kurang mulia akan terkorosi lebih dahulu.
3. Korosi sumuran (*pitting corrosion*), yang disebabkan oleh cacat yang berasal dari faktor metalurgi yang tidak merata di permukaan logam.
4. Korosi celah, terjadi karena perbedaan konsentrasi oksigen di dalam dan di luar celah logam.

2.4 Faktor-Faktor Penyebab Korosi

Faktor yang berpengaruh terhadap korosi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu yang berasal dari bahan itu sendiri yang meliputi kemurnian bahan, struktur bahan, bentuk kristal, unsur-unsur kelumit yang terdapat di dalamnya, teknik pencampuran bahan dan sebagainya. dan faktor dari lingkungan yang meliputi tingkat

pencemaran udara, suhu, kelembaban, keberadaan zat-zat kimia yang bersifat korosif dan sebagainya. Bahan-bahan korosif yang dapat menyebabkan korosi terdiri atas asam, basa serta garam, baik dalam bentuk senyawa anorganik maupun organik (Atikah, dkk., 1996).

2.5 Laju Korosi

Laju korosi adalah tebal meterial yang hilang (teroksidasi) tiap satuan luas tiap satuan waktu. Satuan laju korosi adalah mm/tahun (SI). Laju korosi yang diijinkan adalah $0,5 \text{ mm}/\text{tahun}$. Laju korosi tiap bahan tergantung dari jenis bahan dan kondisi lingkungan sekitar (Nudu, 1998).

Persamaan laju korosi (Nudu, 1998) adalah:

$$\text{CPR} = \frac{K \Delta m}{\rho A \Delta t} \quad (13)$$

dengan:

CPR = *Corrosion Penetration Rate* (Laju korosi), mm/tahun

atau mpy

K = Konstanta = 87,6 (SI)

Δm = massa bahan yang hilang terkorosi, milligram

ρ = massa jenis bahan, g/cm^3

A = luas permukaan bahan yang terkorosi, cm^2

Δt = lama korosi berlangsung, jam

Secara umum ada 2 macam cara yang digunakan untuk mengukur laju korosi besi yaitu dengan metode elektrokimia dan metode kehilangan berat (metode celup). Cara pertama adalah dengan menentukan arus korosi dari kurva polarisasi, sedangkan cara kedua adalah dengan menghitung kehilangan berat yang terjadi selama berlangsungnya pengujian laju korosi, dimana kehilangan berat dari besi analog dengan jumlah besi yang terkorosi dan diukur dengan alat Spektrofotometri Serapan Atom pada panjang gelombang 248,3 nm menggunakan larutan baku besi. Laju korosi dihitung sebagai CPR (Callister, 1985).

2.6 Spektrofotometri Serapan Atom (AAS)

2.6.1 Prinsip Dasar AAS

Metoda *AAS* didasarkan pada serapan cahaya oleh atom. Cahaya diserap oleh atom-atom pada panjang gelombang tertentu, tergantung sifat unsurnya. Untuk logam besi menyerap pada panjang gelombang 248,3 nm. Cahaya pada panjang gelombang ini mempunyai banyak energi untuk merubah tingkat elektronik suatu atom. Transisi elektronik suatu unsur bersifat spesifik. Dengan menyerap energi berarti akan memperoleh energi lebih banyak, suatu atom pada keadaan dasar akan dinaikkan ke tingkat energi eksitasi. Penentuan panjang gelombang dipilih pada panjang gelombang yang menghasilkan spektrum yang tajam dengan intensitas maksimum yang sering dikenal dengan sebutan garis resonansi (khopkar, 1990).

Spektrum atomik untuk masing-masing unsur terdiri dari garis-garis resonansi dapat berupa spektrum yang berasosiasi dengan tingkat energi molekul biasanya berupa pita-pita lebar ataupun garis yang tidak berasal dari eksitasi tingkat dasar yang disebabkan proses atomisasi (Sugiharto, 1982).

Frekuensi dari radiasi yang dipancarkan bergantung pada percobaan energi eksitasi dan pada keadaan dasar. Sedangkan hubungan antara energi dan panjang gelombang adalah sebagai berikut (Brawn, 1987) :

$$E_2 - E_1 = h \cdot \nu = h \frac{c}{\lambda}$$

Dimana E_2 adalah energi pada keadaan eksitasi, E_1 adalah energi pada keadaan dasar, h = tetapan Planck ($6,64 \times 10^{-34}$ Joule), ν = frekuensi pancaran radiasi elektromagnetik atau cahaya tampak, c = kecepatan cahaya (3×10^{10} cm s⁻¹) dan λ adalah panjang gelombang dari cahaya yang dipancarkan (Brawn, 1987).

Dalam pengukuran secara kuantitatif dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom berlaku Hukum Lambert-Beer sebagai berikut (Brawn, 1987):

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c$$

dimana, A adalah serapan atom, ϵ adalah konstanta absorptivitas molar, b adalah panjang nyala, dan c adalah konsentrasi (molar). Serapan akan berbanding lurus dengan konsentrasi dari analit.

2.6.2 Proses Atomisasi AAS

Tahapan penting dalam penentuan unsur secara Spektrofotometri Serapan Atom adalah atomisasi. Keberhasilan dalam proses atomisasi akan berpengaruh terhadap keberhasilan analisa. Oleh karena itu atomisasi adalah tahap terpenting dalam analisa secara Spektrofotometri Serapan Atom (Skoog, *et. al.*, 1988).

Pengubahan unsur dalam larutan menjadi atom-atom yang dilakukan dengan memasukkan larutan dalam nyala. Mula-mula larutan dikabutkan (dalam sistem pengkabut) kemudian diatomisasi dalam nyala (dalam sistem pembakar). Dalam sistem pengkabut, larutan ditarik melalui kapiler dengan penghisapan pancaran gas bahan bakar dan oksidan kemudian disemprotkan keruang pengkabutan. Disini larutan direduksi menjadi titik-titik kabut yang halus, sedangkan titik kabut yang besar dialirkan melalui saluran pembuangan. Di dalam nyala api, terjadi penguapan pelarut meninggalkan padatan garamnya. Padatan tersebut kemudian diubah ke bentuk gas yang selanjutnya akan terurai menjadi atom-atomnya (Sugiharto, 1982).



BAB III METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Fisika, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang dari bulan Juni 2005 sampai dengan Februari 2006.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain gergaji besi, jangka sorong, gerenda, ampelas, kawat, stopwatch, pH-meter merk ORION model 420A, Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) Shimadzu AA-6200, neraca analitik merk Metler AE50, batang pengaduk dan pengaduk magnetik, seperangkat alat elektrolisis (sumber arus searah, voltmeter, dan ampermeter) dan seperangkat alat gelas.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah besi drum, elektroda karbon, aseton, asam klorida pekat ($37\% \frac{w}{w}$, $B_j = 1,19 \frac{g}{mL}$), natrium hidroksida, besi nitrat ($Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$) dan akuades.

3.3 Langkah Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap meliputi :

3.3.1 Persiapan pelat besi

- a. Penentuan kandungan besi dalam pelat besi
- b. Penentuan berat jenis pelat besi

3.3.2 Pembuatan larutan asam klorida pH 1,0; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; dan 4,0.

3.3.3 Korosi pelat besi

3.3.4 Pembuatan kurva baku larutan besi(III)

3.3.5 Analisa hasil dan data

3.4 Cara Kerja Penelitian

3.4.1 Persiapan Pelat Besi

Besi drum dengan ketebalan 1,25 mm, dipotong sebanyak 25 pelat dengan ukuran 3,0 x 3,0 cm dengan menggunakan gergaji besi. Pinggir pelat, dirapikan menggunakan gerenda dan permukaannya digosok dengan ampelas kemudian direndam dalam larutan HCl pekat selama lima menit, dibilas dengan larutan NaOH 0,1 M, dan akuades, lalu dicelup ke dalam aseton, setelah itu dikeringkan dalam oven dan didinginkan dalam desikator. Pelat besi kemudian ditimbang menggunakan neraca analitik hingga diperoleh berat konstan. Pelat besi hasil perlakuan ini siap digunakan pada perlakuan selanjutnya.

a. Penentuan Kandungan Besi dalam Pelat Besi

Kandungan besi dalam pelat besi, ditentukan secara Spektrofotometri Serapan Atom (AAS). Untuk sampel yang berasal dari serbuk besi hasil gergajian pelat besi, ditimbang sejumlah 1,0001 g, lalu dilarutkan dalam 4 mL aquaregia ($\text{HCl} : \text{HNO}_3 = 3 : 1$ mL) sambil dilakukan pengadukan dan pemanasan dalam almari asam. Larutan diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 1000 mL sampai tanda batas. Setelah itu dipipet 2,5 mL dan diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 500 mL sampai tanda batas.

Larutan sampel dipipet 5 mL, dimasukkan dalam botol plastik untuk diukur serapannya pada panjang gelombang 248,3 nm.

b. Penentuan Berat Jenis Pelat Besi

Berat jenis pelat besi ditentukan menggunakan piknometer dengan menimbang berat kosong piknometer 25,0 mL. Sebelum ditimbang piknometer dibersihkan dengan akuades, dibilas dengan aseton dikeringkan dalam oven dan didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang hingga diperoleh berat konstan. Piknometer diisi dengan akuades hingga penuh lalu ditutup dan ditimbang kembali. Setelah diperoleh berat piknometer + akuades, akuades dalam piknometer dikeluarkan sekitar 5 mL dan dimasukkan serbuk besi sejumlah 1,0002 g, ditunggu sampai semua serbuk besi mengendap, kemudian ditambah akuades lagi hingga penuh dan ditutup. Setelah itu piknometer ditimbang lagi untuk memperoleh berat total (piknometer + akuades + serbuk besi).

Prinsip perhitungannya yaitu:

$$\rho_{\text{serbuk besi}} = \frac{A}{B - \left(\frac{C - D}{\rho_{\text{akuades}}} \right)} \quad (14)$$

$$\rho_{\text{akuades}} = \frac{\text{massa akuades}}{\text{volume piknometer}} \quad (15)$$

dengan, A = massa serbuk besi, g
B = volume piknometer, mL
C = massa (piknometer + akuades + serbuk besi), g
D = massa (piknometer + serbuk besi), g

3.4.2 Pembuatan 100 mL Larutan Asam Klorida pH 1,0

Untuk membuat 100 mL larutan HCl pH 1,0, dipipet sebanyak 0,9 mL HCl pekat (37 % $\frac{w}{w}$, $B_j = 1,19 \frac{g}{mL}$) dalam gelas kimia dan diencerkan dengan akuades sampai mendekati tanda batas 100 mL. pH larutan diukur menggunakan pH-meter. Bila pH larutan belum tercapai, dilakukan pengaturan dengan ditambahkan larutan HCl 3,0 M atau NaOH 0,1 M. Setelah diperoleh larutan HCl pH 1,0, diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 100 mL sampai tanda batas.

Secara lengkap volume larutan HCl pH 1,0 yang diperlukan untuk membuat 250 mL larutan HCl berbagai pH dapat dilihat pada Lampiran 3, Tabel L.3.2.

3.4.3 Korosi Pelat Besi

3.4.3.1 Dengan Arus

Pada perlakuan ini, sel elektrokimia dihubungkan secara seri dengan sumber tegangan luar yang berupa sumber arus searah (DC), seperti yang ditunjukkan pada Lampiran 2.1. Ujung positif sumber dihubungkan dengan kabel merah pada pelat besi, dan ujung negatif dengan kabel biru pada elektroda karbon. Digunakan arus sebesar 0,2 A dan tegangan sebesar 5 V.

Lima buah pelat besi dan elektroda karbon yang telah disiapkan dicelup bersama dengan elektroda kaca dalam 250 mL larutan HCl pH 2,0. Kemudian terhadap masing-masing pelat dilakukan proses korosi dengan waktu kontak yang berbeda yaitu 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 jam. Selanjutnya pelat besi dibilas dengan larutan NaOH 0,1 M dan akuades

serta dicelup dalam aseton. Pelat besi dikeringkan dalam oven dan didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang hingga berat konstan.

Perlakuan yang sama untuk keempat larutan HCl pH 2,5; 3,0; 3,5; dan 4,0, masing-masing dilakukan 3 kali pengulangan.

3.4.3.2 Tanpa Arus

Korosi tanpa arus listrik dilakukan untuk pelat besi yang langsung dicelup dalam 250 mL larutan HCl dengan pH sesuai dengan Percobaan 3.4.3.1, tetapi tanpa dihubungkan dengan sumber tegangan luar. Selanjutnya korosi dilakukan dengan waktu kontak 0,5 hingga 2,5 jam. Pelat besi hasil korosi ditimbang setelah diperlakukan sama seperti korosi dengan arus.

Perlakuan yang sama untuk keempat larutan HCl pH 2,5; 3,0; 3,5; dan 4,0, masing-masing dilakukan 3 kali pengulangan.

3.4.4 Pembuatan Kurva Baku Larutan Besi(III)

Untuk membuat larutan stok $Fe(III)$ 1000 ppm, garam besi nitrat ($Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$) ditimbang dengan tepat 7,2310 g. Kemudian sampel dilarutkan dengan akuades dalam gelas kimia dan dikondisikan sampai pH 1,0 dengan larutan HCl 0,1 M . Setelah itu diencerkan dengan larutan HCl 0,1 M dalam labu ukur 1000 mL sampai tanda batas.

Dari larutan stok di atas, dipipet masing-masing 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1; 1,3 dan 1,5 mL untuk membuat larutan besi 1; 3; 5; 7; 9; 11; 13 dan 15 ppm yang kemudian diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 100 mL sampai tanda batas.

Masing-masing larutan di atas dipipet 5 mL, dimasukkan dalam botol plastik untuk diukur serapannya pada panjang gelombang 248,3 nm. Dan dibuat kurva antara serapan larutan baku besi(II) terhadap konsentrasi.

3.4.5 Analisa Hasil dan Data

Data yang diperoleh tentang laju korosi pelat besi yang terkorosi oleh asam klorida pada berbagai variasi pH dan waktu, dianalisa dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Apabila terdapat perbedaan yang nyata di antara perlakuan ($F_{hitung} > F_{tabel}$), maka dilakukan uji lebih lanjut yaitu dengan menggunakan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf nyata 5% ($\alpha = 0,05$).

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Korosi Pelat Besi

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui laju korosi, *CPR*, pelat besi dalam larutan asam klorida sebagai media pengkorosi dengan arus dan tanpa arus listrik.

Proses korosi menggunakan arus listrik dilakukan dengan menempatkan lima buah pelat besi sebagai anoda dan elektroda karbon sebagai katoda yang dicelupkan bersamaan dengan elektroda kaca (untuk mengukur *pH* larutan) dalam 250 mL larutan asam klorida *pH* 1,0; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; dan 4,0. Sebagai pembangkit arus digunakan sumber arus searah (*DC*) yang kutub positifnya dihubungkan dengan kabel merah ke pelat besi (elektroda positif), dan yang negatif dihubungkan dengan elektrode karbon menggunakan kabel biru, seperti terlihat pada Lampiran 2, Gambar L.2.1. Anak panah yang melintasi sumber arus pada gambar tersebut berarti kita dapat mengubah-ubah tegangan yang digunakan. Lingkaran yang bertanda A dan V masing-masing menyatakan ammeter dan voltmeter.

Adanya energi listrik ini akan mendorong terjadinya reaksi sel secara sertamerta ke arah kanan. Pada proses ini anoda akan mengalami oksidasi dengan melepaskan elektron-elektron melalui rangkaian luar yang akan digunakan untuk reaksi reduksi pada katoda. Akibatnya elektroda besi yang bersifat anodik mengalami kehilangan massa karena melarutnya atom-atom besi menjadi ion-ion besi yang tidak stabil, seperti Reaksi (3).

Sedangkan elektroda karbon yang bersifat katodik mengalami sedikit kerusakan karena terurai secara perlahan dan dapat mengotori larutan. Pada saat proses korosi berlangsung, pada katoda muncul gelembung-gelembung gas hidrogen yang menempel pada permukaan elektroda karbon, akibat reaksi reduksi ion H^+ seperti Reaksi (4).

Proses korosi tanpa menggunakan arus dilakukan sama seperti proses korosi dengan arus listrik, tetapi tanpa disertai arus listrik. Hal ini bertujuan agar proses korosi yang terjadi, berlangsung secara alami dengan elektron yang dibebaskan pada anoda bergerak menuju katoda pada permukaan logam yang sama. Sehingga daerah anodik yaitu bagian logam besi yang murni dan katodik (karat) terbentuk

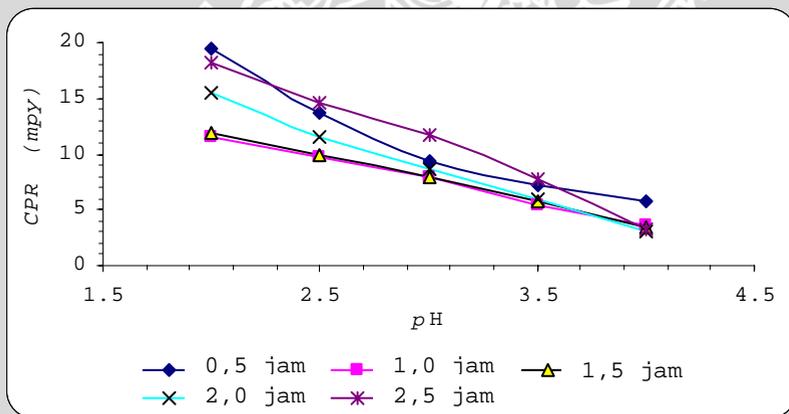
pada titik-titik lokal yang disebabkan oleh goresan yang tidak merata pada permukaan logam.

4.2 Laju Korosi (CPR) Pelat Besi

Pada penelitian penentuan kandungan kadar besi dalam batang besi, kadar besi yang diperoleh sebesar 72,45% dengan berat jenis sebesar $1,25 \frac{g}{mL}$, sehingga efektif untuk memonitor perubahan laju korosi. Hal ini menyebabkan batang besi yang digunakan untuk penelitian dengan sendirinya mudah terkorosi di udara terbuka.

Data yang diperoleh dari analisis kajian korosi dengan arus, dianalisis menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan selang kepercayaan 5%. Hasil perhitungan diperoleh F_{hitung} sebesar 7,71 untuk variasi waktu dan 53,46 untuk variasi pH yang jika dibandingkan dengan F_{tabel} sebesar 3,01 menunjukkan bahwa waktu dan pH mempunyai pengaruh yang nyata terhadap laju korosi.

Selanjutnya pola laju korosi pada berbagai variasi waktu dan pH dapat disajikan sebagai kurva pada Gambar 4.1.



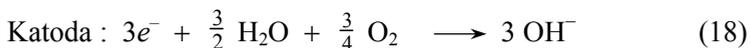
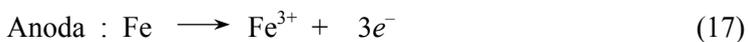
Gambar 4.1 Grafik Laju Korosi Pelat Besi (CPR) dengan Arus terhadap Perubahan Waktu dan pH.

Pada Gambar 4.1 terlihat bahwa semakin lama waktu kontak, maka laju korosi pelat besi semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh produk karat yang terbentuk pada permukaan pelat besi semakin lama semakin menebal yang cenderung menutupi dan melindungi permukaan pelat besi dari proses oksidasi selanjutnya. Demikian

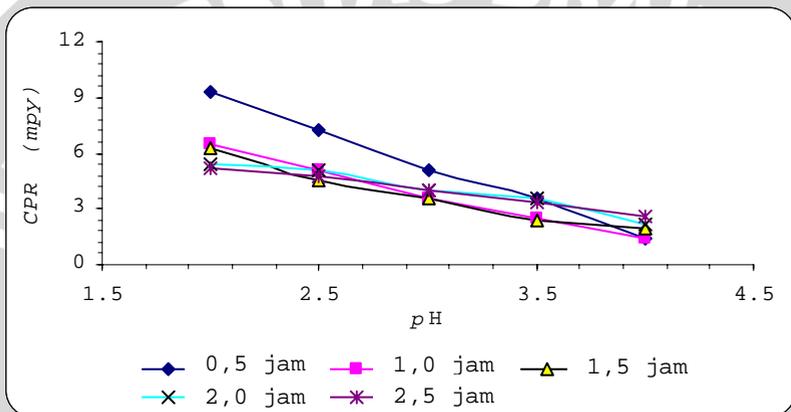
pula, dengan bertambahnya nilai pH larutan elektrolit, maka laju korosi pelat besi juga semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh semakin berkurangnya konsentrasi ion H^+ dalam larutan elektrolit yang akan mengoksidasi pelat besi. Seperti yang ditunjukkan oleh data, dimana dengan waktu kontak 0,5 jam pada pH 2,0, nampak bahwa pelat besi kehilangan berat sebesar 2,7 mg (0,05% dari total berat awal) sedangkan pada pH 4,0, pelat besi kehilangan berat sekitar 0,8 mg (0,01% dari total berat awal). Fenomena ini merupakan indikasi awal bahwa pelat besi ini mengalami kerusakan korosi dengan kategori parah terlihat dari laju korosi antara 5,75 mpy – 19,41 mpy.

Kerusakan tersebut disebabkan adanya arus listrik dari sumber arus searah sehingga oksigen yang terbentuk pada reaksi katoda dalam larutan elektrolit semakin banyak dan menyebabkan terjadinya perbedaan konsentrasi oksigen dalam elektrolit. Daerah yang berdekatan dengan udara atau antarmuka elektrolit-pelat besi akan menerima oksigen dari difusi lebih banyak dibandingkan daerah di tengah elektrolit yang kurang kadar oksigen sehingga mengalami polarisasi anodik dan terlarut menjadi ion-ion logam Fe^{2+} , seperti Reaksi (3) dan akan teroksidasi lebih lanjut menjadi Fe^{3+} , seperti Reaksi (17).

Ion-ion hidroksil terjadi di daerah katoda, terdifusi ke arah dalam dan bereaksi dengan ion-ion besi yang terdifusi ke arah luar. Hasil produk yang tidak larut dalam elektrolit di sekeliling lubang akibat lepasnya logam menjadi ion logam sehingga menghambat difusi oksigen dan mempercepat proses korosi di anodik. Proses korosi ini dipercepat dengan adanya ion-ion klorida sebagai katalis. Di bawah ini merupakan mekanisme reaksi dari proses korosi.



Dengan cara yang sama, analisis data korosi tanpa arus listrik diperoleh F_{hitung} untuk variasi waktu kontak sebesar 1,49 yang lebih kecil bila dibandingkan dengan F_{tabel} sebesar 3,01, menunjukkan bahwa waktu tidak mempunyai pengaruh yang nyata terhadap laju korosi. Sedangkan pada pengujian pengaruh variasi pH diperoleh F_{hitung} sebesar 11,56. Nilai tersebut lebih besar dari F_{tabel} yaitu sebesar 3,01. Hal ini menunjukkan bahwa pH mempunyai pengaruh yang nyata terhadap laju korosi.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Laju Korosi Pelat Besi (CPR) tanpa Arus terhadap Perubahan Waktu dan pH.

Seperti halnya laju korosi dengan arus listrik, laju korosi tanpa arus menunjukkan kecenderungan yang sama seperti yang terlihat pada Gambar 4.2. Dimana dengan waktu kontak 0,5 jam pada pH 2,0, nampak bahwa pelat besi kehilangan berat sebesar 1,3 mg (0,023% dari total berat awal) sedangkan pada pH 4,0, pelat besi kehilangan berat sekitar 0,2 mg (0,004% dari total berat awal). Indikasi ini membuktikan bahwa pelat besi tersebut mengalami kerusakan korosi dengan kategori sedang terhadap lingkungan agresif ion klorida terlihat dari laju korosi antara 1,44 mpy – 9,34 mpy.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar besi dalam sampel batang besi sebesar 72,45% dengan berat jenis yaitu $1,25 \frac{g}{mL}$, yang secara keseluruhan dengan bertambah lamanya waktu kontak dan meningkatnya nilai pH menyebabkan laju korosi (CPR) pelat besi dengan arus listrik (5,75 mpy – 19,41 mpy) lebih tinggi dibandingkan dengan laju korosi tanpa arus listrik (1,44 mpy – 9,34 mpy).

5.2 Saran

Pada penelitian ini, kinetika laju reaksi di dasarkan pada laju korosi (CPR). Orde dan konstanta laju reaksi belum dapat ditentukan karena masih diperlukan data perubahan konsentrasi asam klorida dari waktu ke waktu. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan nilai orde dan konstanta laju reaksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberty, R.A., 1983, **Physical Chemistry**, sixth edition, John Wiley and Sons, Canada
- Avery, H.E., 1981, **Basic Reaction Kinetics and Marchenisms**, The Mac Millan Press Ltd, London
- Atikah, Soebiantoro, Ir. Wiryawan A., Mulyasuyani A., Utomo H., 1996, **Pengaruh Senyawa Inhibitor Korosi Dalam Menghambat Laju Korosi Besi Pada Air Sistem Pendingin**, Universitas Brawijaya
- Atkins, P.W., 1997, **Kimia Fisika**, Jilid 2, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Brawn, R.D., 1987, **Instrumental Analysis**, Mc Graw Hill Company, New York, p 175-215
- Callister Jr., W.D., 1985, **Materials Science and Engineering An Introduction**, John Wiley and Sons, Canada, p 415
- Chamberlain, J., 1991, **Corrosion Enginnerring**, Jakarta
- Chang, R., 1981, **Physical Chemistry With Aplications to Biological System**, Second Edition, Mac Millan, Publishing, New York
- Cotton, F.A. dan G. Wilkinson, 1987, **Kimia Anorganik Dasar**, Edisi Pertama, Alih Bahasa Suhaerto, S., UI Press, Jakarta
- Day R.A and A.L. Underwood, 1996, **Analisis Kimia Kuantitatif**, edisi kelima, Alih bahasa: Aloysius Hadyana Pudjaatmaka Ph. D., Penerbit Erlangga, Jakarta, p 296
- Fontana, N.G., 1987, **Corrosion Engineering**, Third Ed., Mc Graw Hill Company, New York, p 9-55 Fritz, J.S., and Schenh,

- G.H., 1987, **Quantitative Analytical Chemistry**, 5th Ed., Allyn and Bacon Inc, Boston, p 102-419, 435
- INI International and Step Commerce AG., 2003, Corrosion of Zinc, Step-Commerce, Spiegelhofstrasse 26, Zurich, Switzerland. <http://www.corrosion-doctor.org>, tanggal akses 23 Juni 2008
- Kenneth R. Trethewey, **Korosi untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa**, Alih bahasa Alex Tri Kantjono Widodo, PT Gramedia Pustaka Utama, anggota IKAPI, Jakarta
- Khopkar, S.M., 1990, **Konsep Dasar Kimia Analitik**, Penerbit Universitas Indonesia, UI Press, Jakarta
- Kimmer, F.N., 1988, **The Nalco Water Hand Book**, Mc graw Hill Company, New York, p 222-616
- Moore, W.J., 1990, **Physical Chemistry**, Fifth edition, Longman Singapore Publishers, Singapore
- Nudu, J.H., 1998, **Jurnal Teknologi Industri**, Vol. II, hal: 194-199
- Skoog, D.A., West, D.M., and Holler, F.J., 1988, **Analytical Chemistry**, 5th Ed., Saunders College Publisher, Philadelphia, p 444, 457-458
- Sugiharto, E., 1982, **Spektrofotometer Serapan Atom**, Universitas Gajah Mada , Yogyakarta, hal: 2-4,25-28
- Syukri, S., 1999, **Kimia Dasar**, jilid 2, Penerbit ITB, Bandung
- Uhlig, H.H., and Revie, R.W., 1985, **Corrosion Control**, Third Ed., John Wiley and Sons, Canada, p 330-331
- Van Vlack, Lawrence H., 1985, **Ilmu Dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam Dan Bukan Logam)**, Elements of Materials Science and Engineering, 5th edition, Addison Wesley Publishing Company, Reading, Mass., USA
- Vogel, A.I., 1979, **Buku Teks Analisis Anorganik Kuantitatif Makro Dan Semimikro**, Alih bahasa L. Setiono dan A.H.

Pudjaatmaka, Edisi Kelima, PT Kalman, Media Pustaka,
Jakarta

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 1. Skema Kerja

L.1.1 Persiapan Pelat Besi

Besi Drum Tebal 1,25 mm

1. Dipotong 3,0 x 3,0 cm
2. Disiapkan 25 pelat
3. Digerenda dan diampas pinggiran plat
4. Direndam HCl pekat, 5 menit
5. Dibilas NaOH 0,1 M dan akuades
6. Dicelup dalam aseton
7. Dikeringkan dalam oven
8. Didinginkan dalam desikator
9. Ditimbang hingga berat konstan

Pelat Besi Siap Pakai

a. Penentuan Kandungan Besi dalam Pelat Besi

Serbuk Besi

1. Ditimbang 1,0001 gram
2. Dilarutkan dalam aquaregia ($\text{HCl} : \text{HNO}_3 = 3 : 1$ mL), dengan pemanasan
3. Diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 1000 mL sampai tanda batas
4. Dipipet 2,5 mL
5. Diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 500 mL sampai tanda batas

Larutan Sampel

6. Dipipet 5 mL
7. Diukur serapannya dengan AAS pada panjang gelombang 248,3 nm

Serapan Serbuk Besi

b. Penentuan Berat Jenis Pelat Besi

Piknometer 25,0 mL

1. Dibersihkan dengan akuades
2. Dibilas dengan aseton
3. Dikeringkan dalam oven
4. Didinginkan dalam desikator
5. Ditimbang hingga berat konstan
6. Ditambah akuades hingga penuh
7. Ditutup

Piknometer + Akuades

8. Ditimbang hingga berat konstan
9. Dikurangi akuadesnya ± 5 mL
10. Ditambah 1,0002 gram serbuk besi
11. Dibiarkan sampai serbuk besi mengendap

Piknometer + Akuades + Serbuk Besi

12. Ditambah akuades hingga penuh
13. Ditutup
14. Ditimbang hingga berat konstan

Berat Jenis Besi

L.1.2 Korosi Pelat Besi

L.1.2.1 Dengan Arus

5 Buah Pelat Besi

Elektroda Karbon

1. Dihubungkan dengan kabel merah ke kutub + (anoda)

2. Dihubungkan dengan kabel biru ke kutub - (katoda)

3. Diatur Arus listrik 0,2 A dan tegangan sebesar dan 5,0 V

4. Dichelup dalam 250 mL HCl pH 2,0 dengan waktu kontak 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 jam

Pelat Besi Hasil Korosi

5. Dibilas NaOH 0,1 M dan akuades

6. Dichelup dalam aseton

7. Dikeringkan dalam oven

8. Didinginkan dalam desikator

9. Ditimbang hingga berat konstan

Berat Pelat Setelah Korosi

- Perlakuan di atas diulang untuk larutan HCl pH 2,5; 3,0; 3,5; dan 4,0.

L.1.2.2 Tanpa Arus

5 Buah Pelat Besi

1. Dicelup dalam 250 mL HCl pH 2,0 dengan waktu kontak 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 jam

Seperti L.1.2.1

- Perlakuan di atas diulang untuk larutan HCl pH 2,5; 3,0; 3,5; dan 4,0.

L.1.3 Pembuatan 100 mL Larutan Asam Klorida pH 1,0.

HCl Peekat (37 % $\frac{w}{w}$, $B_j = 1,19 \frac{g}{mL}$)

1. Dipipet 0,9 mL
2. Diencerkan dengan akuades mendekati tanda batas 100 mL dalam gelas kimia 100 mL
3. Diaduk menggunakan batang pengaduk
4. Ditentukan pH -nya dengan tepat
 - Jika pH kurang dari 1,0, ditambah NaOH 0,1 M
 - Jika pH lebih dari 1,0, ditambah HCl 3,0 M
5. Diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 100 mL sampai tanda batas

100 mL HCl pH 1,0

- Perlakuan di atas diulang untuk 250 mL larutan HCl pH 2,5; 3,0; 3,5; dan 4,0 dengan memipet sebanyak 25; 7,9; 2,5; 0,79 dan 0,25 mL dari larutan HCl pH 1,0.

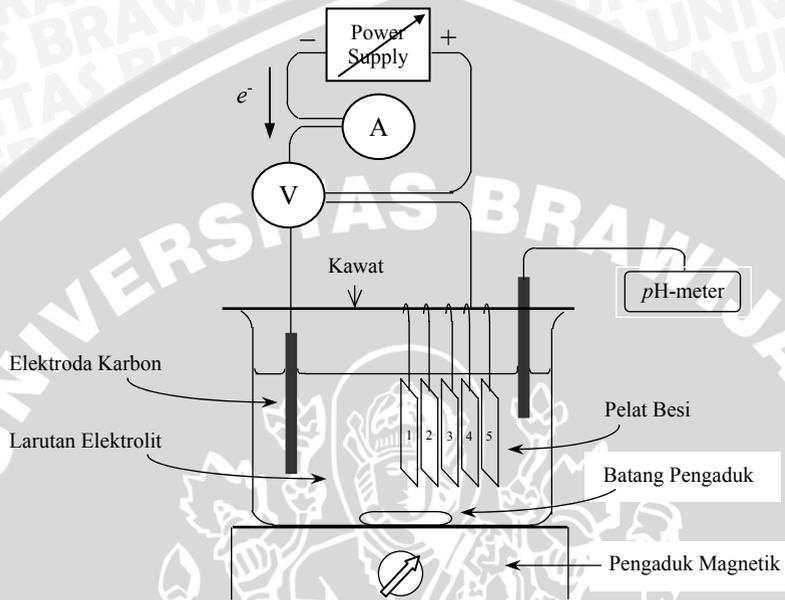
L.1.4 Pembuatan Kurva Baku Larutan Besi(III)



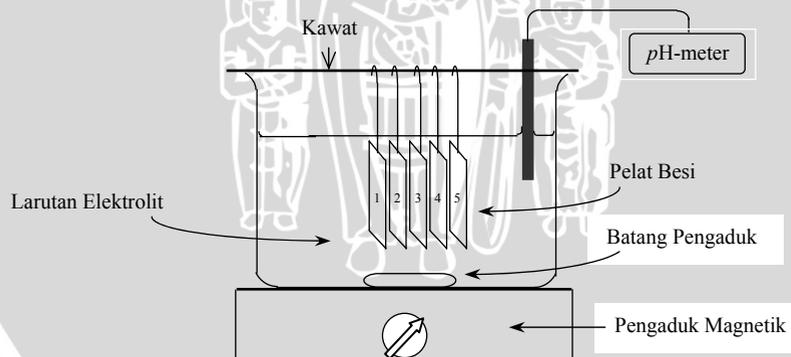
- Perlakuan di atas diulang untuk larutan besi(III) 3, 5, 7, 9, 11, 13 dan 15 ppm.

Lampiran 2. Gambar Rangkaian Penelitian

L.2.1 Dengan Arus



L.2.2 Tanpa Arus



Lampiran 3. Preparasi Larutan

L.3.1 Perhitungan Preparasi Larutan

L.3.1.1 Larutan Stok Fe(III) 1000 ppm

Untuk membuat 1000 mL larutan stok Fe(III) dari Fe(NO₃)₃.9H₂O, maka :

$$\text{ppm} = \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{\text{Massa Fe}}{1 \text{ L akuades}}$$

$$\text{Massa Fe} = 1 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Fe(NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} &= \frac{\text{Mr Fe(NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}}{\text{Ar Fe}} \times \text{Massa Fe} \\ &= \frac{403,85 \text{ gr/mol}}{55,85 \text{ gr/mol}} \times 1 \text{ g} \\ &= 7,2310 \text{ g} \end{aligned}$$

- Pembuatan 100 mL larutan baku Fe(III) 1 ppm, yaitu:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 1 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 0,1 \text{ mL}$$

Untuk berbagai volume larutan baku Fe(III) lainnya, ditunjukkan pada Tabel L.3.1.

Tabel L.3.1 Data Larutan Baku Fe(III)

[Fe] ³⁺ _{awal} (= M ₁) ppm	Volume Fe ³⁺ _{awal} (= V ₁) mL	[Fe] ³⁺ _{akhir} (= M ₂) ppm	Volume Fe ³⁺ _{akhir} (= V ₂) mL
1000	0,1	1	100
1000	0,3	3	100
1000	0,5	5	100
1000	0,7	7	100
1000	0,9	9	100
1000	1,1	11	100
1000	1,3	13	100
1000	1,5	15	100

L.3.1.2 100 ml Larutan NaOH 0,1 M

Untuk membuat 100 mL larutan NaOH 0,1 M, maka :

$$\begin{aligned}\text{Massa NaOH yang diperlukan} &= M \times V \times Mr \\ &= 0,1 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} \times 40 \text{ g/mol} \\ &= 0,4 \text{ g}\end{aligned}$$

L.3.1.3 100 mL Larutan HCl pH 1,0

- Larutan stok adalah HCl pekat 37 % $\frac{w}{w}$
- Berat jenis HCl pekat = 1,19 $\frac{g}{mL}$
- Molekul relatif (Mr) = 36,5 $\frac{g}{mol}$

Untuk membuat 100 mL larutan HCl pH 1,0 (0,1 M), maka :

$$\begin{aligned}\text{Massa HCl yang diperlukan} &= M \times V \times Mr \\ &= 0,1 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} \times 36,5 \text{ g/mol} \\ &= 0,4 \text{ g}\end{aligned}$$

Massa HCl per mL = % x Berat jenis

$$\begin{aligned}&= 0,37 \times 1,19 \text{ g/mL} \\ &= 0,44 \text{ g/mL}\end{aligned}$$

$$\text{Molaritas HCl pekat} = \frac{0,44 \text{ g/mL}}{36,5 \text{ g/mol}} \times \frac{1 \text{ mL}}{1 \times 10^{-3} \text{ L}} = 12,0 \text{ M}$$

$$\text{Volume HCl yang diperlukan} = \frac{0,4 \text{ g}}{0,44 \text{ g/mL}} = 0,9 \text{ mL}$$

- Pembuatan 250 mL larutan HCl pH 2,0 (0,01 M), yaitu:
 - $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$
 - $0,1 \text{ M} \times V_1 = 0,01 \text{ M} \times 250 \text{ mL}$
 - $V_1 = 25,0 \text{ mL}$

Untuk berbagai nilai pH larutan HCl lainnya, ditunjukkan pada Tabel L.3.2.

Tabel L.3.2 Data Beberapa pH Larutan Asam Klorida

$[H^+]_{\text{awal}}$ (= M_1) M	Volume Fe^{3+} (= V_1) mL	$[H^+]_{\text{akhir}}$ (= M_2) M	Volume Fe^{3+} (= V_2) mL
12,0	25,0	0,01	250
12,0	7,9	0,00316	250
12,0	2,5	0,001	250
12,0	0,79	0,000316	250
12,0	0,25	0,0001	250

L.3.4 Pembuatan Larutan

L.3.4.1 Larutan Stok Fe(III) 1000 ppm

Untuk membuat larutan stok Fe(III) 1000 ppm, ditimbang dengan tepat $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ sebanyak 7,231 g pada gelas arloji, kemudian dilarutkan dengan akuades dalam gelas kimia dan dikondisikan sampai pH 1,0 dengan larutan HCl 0,1 M . Setelah itu diencerkan larutan tersebut dengan larutan HCl 0,1 M dalam labu ukur 1000 mL sampai tanda batas.

L.3.4.2 100 mL Larutan Baku Fe(III) 1 ppm

Untuk membuat 100 mL larutan baku Fe(III) 1 ppm, dipipet sebanyak 0,1 mL larutan stok Fe(III) 1000 ppm, kemudian diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 100 mL sampai tanda batas.

Untuk berbagai nilai larutan baku Fe(III) lainnya, ditentukan sama seperti perlakuan L.3.4.2 dan ditunjukkan pada Tabel L.3.1.

L.3.4.3 100 mL Larutan NaOH 0,1 M

Untuk membuat 100 mL larutan NaOH 0,1 M , ditimbang NaOH sebanyak 0,4 g pada gelas arloji dan dilarutkan dengan akuades dalam gelas kimia, kemudian diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 100 mL sampai tanda batas.

L.3.4.4 100 mL Larutan HCl pH 1,0 (0,1 M)

Untuk membuat 100 mL larutan HCl pH 1,0, dipipet sebanyak 0,9 mL HCl pekat (37 % $\frac{w}{w}$, $B_j = 1,19 \frac{g}{mL}$) dalam gelas kimia dan diencerkan dengan akuades sampai mendekati batas 100 mL. pH larutan diukur dengan menggunakan pH -meter. Bila pH larutan

belum tercapai, dilakukan pengaturan dengan ditambahkan larutan HCl 3,0 M atau NaOH 0,1 M. Setelah diperoleh larutan HCl pH 1,0, diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 100 mL sampai tanda batas.

Secara lengkap volume HCl pH 1,0 yang diperlukan untuk membuat 250 mL larutan berbagai pH dapat dilihat pada Lampiran 3, Tabel L.3.2.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 4. Pembuatan Kurva Baku Larutan Fe(III)

Untuk membuat kurva baku, larutan baku Fe(III) dengan konsentrasi 0; 1; 3; 5; 7; 9; 11; 13; dan 15 ppm, diukur serapannya pada panjang gelombang 248,3 nm dengan menggunakan AAS. Hasil yang diperoleh diberikan pada Tabel L.4.1 dan dialurkan pada Gambar L.4.1.

Tabel L.4.1 Data Serapan Larutan Baku Fe(III)
Pada Konsentrasi 0-15 ppm.

[Fe] ppm = x	Serapan = y
0	0
1	0,009
3	0,020
5	0,035
7	0,049
9	0,061
11	0,076
13	0,089
15	0,105

x	y	xy	x^2	y^2
0	0	0	0	0
1	0,009	0,009	1	$8,100 \times 10^{-5}$
3	0,020	0,060	9	$4,000 \times 10^{-4}$
5	0,035	0,175	25	$1,225 \times 10^{-3}$
7	0,049	0,343	49	$2,401 \times 10^{-3}$
9	0,061	0,549	81	$3,721 \times 10^{-3}$
11	0,076	0,836	121	$5,776 \times 10^{-3}$
13	0,089	1,157	169	$7,921 \times 10^{-3}$
15	0,105	1,575	225	$11,03 \times 10^{-3}$
$\Sigma = 64$	$\Sigma = 0,444$	$\Sigma = 4,704$	$\Sigma = 680$	$\Sigma = 3,256 \times 10^{-2}$

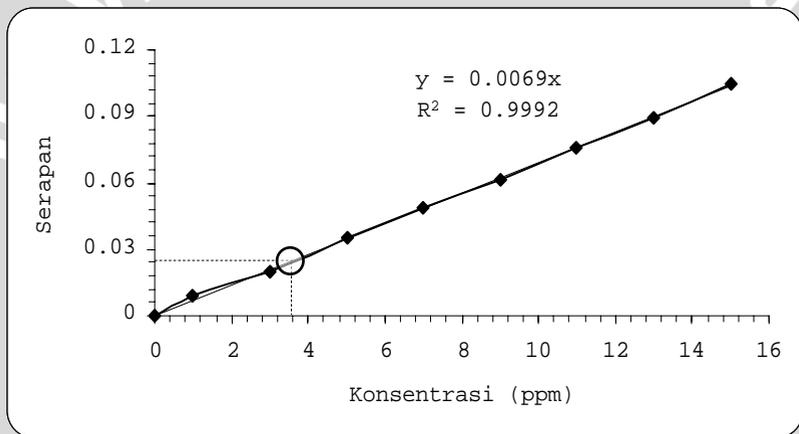
Persamaan garis lurus : $y = ax$

$$\text{di mana : } a = \frac{\sum xy}{\sum x^2} = \frac{4,704}{680} = 6,92 \times 10^{-3}$$

Jadi persamaan garis lurusnya adalah $y = 0,00692x$

Korelasi linear, r , digunakan rumus :

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} = \frac{4,704}{\sqrt{680 \times 3,256 \times 10^{-2}}} = 0,9997$$



Gambar L.4.1 Kurva Baku Larutan Besi(III)

Keterangan :

○ = unsur besi

Lampiran 5. Perhitungan Kandungan Besi dalam Pelat Besi

Untuk menentukan konsentrasi unsur besi dalam pelat besi yaitu dengan mensubstitusikan harga serapan serbuk besi sebesar 0,025 ke dalam persamaan kurva baku larutan besi(III), $y = 0,0069x$.

maka, $y = 0,0069x$

$$0,025 = 0,0069x$$

$$x = 3,6232 \text{ ppm}$$

di mana, y = serapan serbuk besi

x = konsentrasi (ppm)

$$\text{Jumlah gram besi (2,5 mL)} = 3,6232 \text{ mg} \times \frac{500 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} = 1,8116 \text{ mg}$$

$$\text{Jumlah gram besi} = \frac{1000 \text{ mL}}{2,5 \text{ mL}} \times 1,8116 \text{ mg} = 724,64 \text{ mg}$$

$$\text{Kadar besi dalam sampel} = \frac{0,7246 \text{ g}}{1,0001 \text{ g}} \times 100\% = 72,45\%$$

Lampiran 6. Perhitungan Berat Jenis Pelat Besi

Prinsip perhitungannya yaitu:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{serbuk besi}} &= \frac{A}{B - \left(\frac{C - D}{\rho_{\text{akuades}}} \right)} \\ &= \frac{1,0002 \text{ g}}{25,0 \text{ mL} - \left(\frac{(40,9722 - 16,5244) \text{ g}}{1,01 \text{ g/mL}} \right)} \\ &= 1,25 \text{ g/mL} \\ \rho_{\text{akuades}} &= \frac{\text{massa akuades}}{\text{volume piknometer}} = \frac{25,2682 \text{ g}}{25,0 \text{ mL}} = 1,01 \text{ g/mL} \end{aligned}$$

dengan, A = massa serbuk besi = 1,0002 g

B = volume piknometer = 25,0 mL

C = massa (piknometer + akuades + serbuk besi) g

= 40,9722 g

D = massa (piknometer + serbuk besi) g = 16,5244 g