

# Pengaruh Lingkungan Terhadap Efisiensi Inhibisi Asam Askorbat (Vitamin C) pada Laju Korosi Tembaga

Soejono Tjitro, Juliana Anggono

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Heri Hariyono

Alumnus Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

## Abstrak

Pemberian inhibitor dapat mengurangi laju korosi dan kemampuannya untuk menginhibisi diukur dari efisiensinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi inhibisi berbeda-beda pada lingkungan yang berbeda. Penambahan inhibitor yang paling efisien untuk lingkungan NaCl dan CaCO<sub>3</sub> adalah 50 ppm asam askorbat sedangkan untuk lingkungan CaSO<sub>4</sub> adalah 100 ppm asam askorbat.

Kata kunci : laju korosi, efisiensi inhibisi, asam askorbat.

## Abstract

*Corrosion rate can be reduced by adding inhibitor and inhibition efficiency is a measure of its ability to suppress corrosion. The result of the immersion tests show that the inhibition efficiencies are different on each environment. Addition of 50 ppm of ascorbic acid results in the highest efficiency for NaCl and CaCO<sub>3</sub> environment while for Ca SO<sub>4</sub> environment needs 100 ppm.*

*Keywords : corrosion rate, inhibition efficiency, ascorbic acid.*

## 1. Pendahuluan

Pada sistem pendingin, air merupakan media yang banyak digunakan karena kemampuan 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 sampai sejauh mana pengaruh kandungan unsur-unsur dalam air terhadap ketahanan korosi material, dalam hal ini adalah tembaga.

Unsur-unsur yang terkandung dalam air, seperti oksigen terlarut, sodium klorida (NaCl), kalsium sulfat (CaSO<sub>4</sub>), dan kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) 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<sup>(6)</sup> menyebutkan bahwa unsur-unsur yang sangat berpengaruh terhadap peningkatan laju korosi tembaga (Cu = 91,35%) adalah NaCl dan CaSO<sub>4</sub>. Karena hadirnya ke dua ion Cl<sup>-</sup> dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> yang termasuk jenis ion agresif, memiliki kemampuan untuk menembus lapisan pelindung pada permukaan logam.

Untuk mengurangi laju korosi tembaga dapat ditambahkan *inhibitor* ke dalam lingkungan air. Inhibitor yang dipilih untuk diteliti adalah asam askorbat (vitamin C). Asam askorbat (AA) dipilih sebagai inhibitor karena merupakan senyawa organik yang ramah lingkungan dibandingkan inhibitor anorganik dengan kandungan logam berat Cr, dan unsur P. Inhibitor ini akan menghasilkan sebuah lapisan pelindung tipis di permukaan logam yang menghalangi reaksi langsung antara logam dengan lingkungan air<sup>(8)</sup>.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi inhibisi AA dengan memvariasi konsentrasi AA yang ditambahkan ke dalam media air dengan konsentrasi unsur-unsur sodium klorida (NaCl), kalsium sulfat (CaSO<sub>4</sub>), dan kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) yang juga bervariasi, serta pada 3 variasi temperatur.

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1 Persiapan Spesimen Uji

Bahan spesimen uji yang digunakan adalah paduan tembaga, dengan kandungan (% berat) Al = 4,61%, Zn = 2,86%, Fe = 2,60%, dan Cu = balance. Bahan uji tersebut dipotong dalam

**Catatan** : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Januari 2000. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 2 Nomor 1 April 2000.

bentuk kupon dengan dimensi panjang 50 mm dan lebar 25 mm. Spesimen yang telah dipotong dilakukan penggosokan dengan kertas amplas, pembersihan, pemberian kode dan penimbangan spesimen awal dengan menggunakan timbangan analitik merk Metter Toledo (ketelitian 0,1 mg).

## 2.2 Persiapan Lingkungan Uji

Lingkungan yang digunakan adalah lingkungan air (aquades) dengan variasi konsentrasi unsur-unsur sebagai berikut :

- Natrium klorida (NaCl) : 200 mg/l, 300 mg/l, dan 400 mg/l.
- Kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ) : 200 mg/l, 300 mg/l dan 400 mg/l.
- Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) : 75 mg/l, 150 mg/l, dan 200 mg/l.

Dan masing-masing lingkungan tersebut dilakukan variasi penambahan inhibitor AA dengan konsentrasi 50 ppm, 100 ppm, dan 200 ppm serta variasi temperatur lingkungan, yaitu temperatur 30°C (suhu kamar), 60°C, dan 80°C.

## 2.3 Pengujian Kehilangan Berat

Kupon tembaga dicelupkan pada lingkungan yang telah dipersiapkan sebelumnya. Volume lingkungan yang digunakan mengikuti rasio minimum volume larutan terhadap luas permukaan spesimen adalah 20 ml/cm<sup>2</sup>, sesuai dengan ASTM G31072 (Reapproved 1990) "Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals".

Pencelupan spesimen dilakukan selama 10 hari dan mencatat perubahan pH lingkungan dengan menggunakan pH- meter (ketelitian satu desimal).

Setelah 10 hari masa pencelupan, mengangkat spesimen dari lingkungan dan melakukan pembersihan produk korosi dengan menggunakan larutan asam sulfat yang dilarutkan dalam 1 liter air selama 1-3 menit pada temperatur 20-25°C. Kemudian dibersihkan dengan alkohol dan dikeringkan dengan hair dryer sesuai dengan standar ASTM G1-90 "Standard Practice for Preparing, Cleaning and Evaluating Corrosion Test Specimens". Penimbangan berat akhir spesimen dilakukan setelah pembersihan.

Dengan demikian laju korosi dapat ditentukan dengan rumus

$$\text{mpy} = \frac{3.45 \times 10^6 \times W}{A \times T \times D} \quad (1)$$

dimana :

mpy = laju korosi, (mils/year)

W = berat yang hilang, (gr)

A = luas, (cm<sup>2</sup>)

T = waktu, (jam)

D = density, (gr/cm<sup>3</sup>)

## 2.4 Perhitungan Efisiensi Inhibitor

Efisiensi inhibitor menunjukkan persentase penurunan laju korosi dengan adanya inhibitor dibandingkan dengan laju korosi bila tanpa inhibitor. Perhitungan efisiensi inhibisi AA menggunakan persamaan :

$$\text{Efisiensi Inhibitor} = \frac{X_a - X_b}{X_a} \times 100\% \quad (2)$$

dimana :

X<sub>a</sub> = laju korosi tanpa AA, (mpy)

X<sub>b</sub> = laju korosi dengan AA, (mpy)

## 2.5 Pengamatan Bentuk Korosi

Pengamatan bentuk korosi yang terjadi untuk setiap lingkungan dengan bantuan mikroskop optik dengan perbesaran 100 x.

## 2.6 Pengujian Lingkungan

- Pengujian komposisi kimia dilakukan terhadap aquades awal dan lingkungan air sebelum dan setelah pencelupan
- Pengujian jumlah AA di dalam lingkungan air sebelum dan setelah pencelupan dengan *ultraviolet spectroscopy* (uv).

## 3. Teori Dasar

### 3.1 Air

Di dalam air terdapat beberapa unsur seperti oksigen terlarut, natrium klorida, kalsium sulfat, kalsium karbonat, dan unsur kimia lainnya. Sebagian unsur-unsur yang terdapat di dalam air merupakan ion-ion agresif, sehingga kemungkinan besar akan terjadi suatu reaksi. Jika reaksi ini terjadi pada logam, maka reaksi dinamakan korosi. Unsur-unsur di dalam air yang mempengaruhi laju korosi pada logam adalah:

- Oksigen terlarut

Dengan adanya oksigen terlarut dalam air akan meningkatkan laju korosi pada logam, karena oksigen digunakan dalam proses reaksi katodik.

- Natrium klorida (NaCl).

Senyawa ini secara lengkap berdisosiasi menjadi ion-ion Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup>. Dengan adanya ion Cl<sup>-</sup> yang merupakan ion agresif di dalam

air, maka air menjadi lingkungan yang korosif bagi logam.



- Kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>)

Dengan adanya unsur kalsium dalam air maka akan terjadi suatu endapan berupa kerak CaCO<sub>3</sub>, sehingga logam akan terlindungi dengan adanya kerak. Dampak negatif kehadiran kerak ini adalah dapat menghambat perpindahan panas ke media pendingin.

Pengaruh CaCO<sub>3</sub> dapat diamati dari terjadi atau tidaknya proses *scaling* (pembentukan kerak). Pembentukan kerak ini dipengaruhi oleh faktor pH, temperatur, konsentrasi ion Ca<sup>2+</sup>, alkalinitas, dan adanya material-material terlarut. Untuk memperkirakan apakah terjadi pengendapan lapisan CaCO<sub>3</sub> pada dinding/permukaan material pipa digunakan LSI (*Langelier Saturation Index*), yang didefinisikan dengan persamaan berikut<sup>(9)</sup>:

$$\text{LSI} = \text{pH} - \text{pH}_s \quad (4)$$

Indeks ini didasarkan pada pengaruh pH terhadap kelarutan CaCO<sub>3</sub>. Nilai pH dimana air jenuh dengan CaCO<sub>3</sub> dikenal dengan pH kejenuhan atau pH<sub>s</sub>. Nilai LSI dari persamaan (4) di atas dapat dikategorikan sebagai berikut :

LSI > 0 air mengalami lewat jenuh dan cenderung untuk mengendapkan lapisan kerak CaCO<sub>3</sub>.

LSI > 0 air jenuh (setimbang) dengan CaCO<sub>3</sub>, lapisan CaCO<sub>3</sub> tidak terendapkan maupun larut.

LSI < 0 air kurang jenuh, cenderung untuk melarutkan CaCO<sub>3</sub>.

Nilai pH<sub>s</sub> dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{pH}_s = A + B - \log [\text{Ca}^{2+}] - \log [\text{alkalinitas total}] \quad (5)$$

dimana

A = konstanta yang berhubungan dengan temperatur (Tabel 1)

B = konstanta yang berhubungan dengan total padatan terlarut (Tabel 2)

Log [Ca<sup>2+</sup>] dan log [alkalinitas total] diperoleh dari Tabel 3.

**Tabel 1. Konstanta A sebagai Gungsi Temperatur Air <sup>(7)</sup>**

Temperatur Air (°C)	A
0	2.60
4	2.50
8	2.40
12	2.30
16	2.20

20	2.10
25	2.00
30	1.90
40	1.70
50	1.55
60	1.40
70	1.25
80	1.15

**Tanel 2. Konstanta B sebagai Fungsi Total Padatan Terlarut<sup>(7)</sup>**

Padatan Terlarut (ppm)	B
0	9.70
100	9.77
200	9.83
400	9.86
800	9.89
1000	9.90

**Tabel 3. Logaritma Konsentrasi Ca<sup>2+</sup> dan Alkalinitas<sup>(9)</sup>**

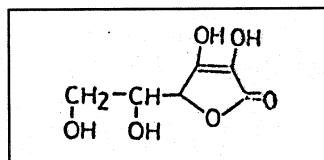
Ca <sup>2+</sup> atau Alkalinitas (ppm CaCO <sub>3</sub> )	Log
10	1.00
20	1.30
30	1.48
40	1.60
50	1.70
60	1.74
70	1.84
80	1.90
100	2.00
200	2.30
300	2.48
400	2.60
500	2.70
600	2.78
700	2.84
800	2.90
900	2.95
1000	3.00

Selain unsur-unsur di dalam air, lingkungan air juga akan mempengaruhi laju korosi pada logam, yaitu konsentrasi larutan, temperatur dan pH lingkungan.

### 3.2 Inhibitor AA

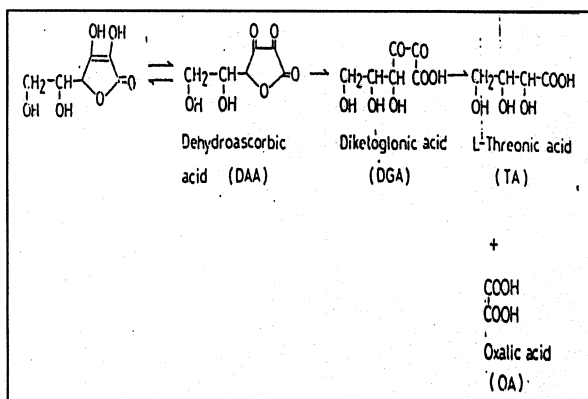
Pencegahan korosi perlu dilakukan agar tidak menimbulkan suatu kerugian-kerugian yang tidak diinginkan. Untuk mencegah laju korosi pada logam di lingkungan air dapat dilakukan dengan menambahkan suatu bahan kimia khusus yang disebut dengan inhibitor. Inhibitor ini akan menghasilkan suatu lapisan pelindung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

AA (vitamin C) adalah inhibitor organik. Struktur AA seperti ditunjukkan oleh Gambar 1.



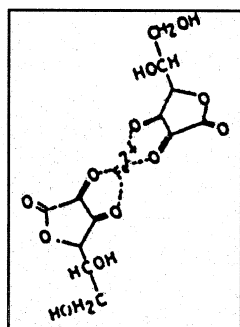
Gambar 1. Struktur Atom AA<sup>(8)</sup>

Inhibitor organik ini merupakan suatu inhibitor yang ramah terhadap lingkungan. Kristal AA ini sangat stabil di udara, tetapi di dalam larutan AA akan cepat teroksidasi oleh udara dan dengan perlahan-lahan berdekomposisi menjadi *dehydro-ascorbic acid* (DAA). Selanjutnya akan berdekomposisi menjadi beberapa molekul di dalam larutan dengan pH di atas 4<sup>(8)</sup> seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Dekomposisi AA<sup>(8)</sup>

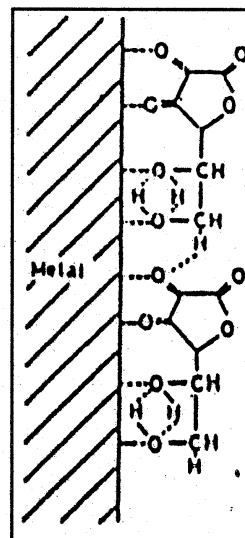
AA ini stabil pada temperatur 10°C, tetapi pada temperatur di atas 20°C AA akan cepat berdekomposisi. Sebagai tambahan, saat larut terdapat ion-ion logam, seperti ion besi (Fe<sup>2+</sup>), ion tembaga (Cu<sup>2+</sup>)<sup>(5)</sup> yang akan mengikat gugus-gugus yang bersifat negatif AA dan kemudian membentuk suatu senyawa kompleks yang dinamakan senyawa kelat, ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Kimia Senyawa Kelat<sup>(6)</sup>

Mekanisme inhibisi AA, yaitu teradsorpsi pada permukaan logam. Permukaan logam yang bereaksi dengan inhibitor AA ini akan

terlindungi oleh lapisan pelindung tipis pada permukaannya. Hal ini seperti ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Terbentuknya Lapisan Pelindung pada Permukaan Logam<sup>(8)</sup>

#### 4.1 Analisa Laju Korosi pada Lingkungan NaCl

Penambahan konsentrasi NaCl pada lingkungan tanpa AA menunjukkan peningkatan laju korosi (Grafik 10 lampiran). Diamati dari pH lingkungan dan nilai konduktivitas listriknya (Grafik 1 dan Grafik 4). Walaupun tampak terjadi perubahan pH tetapi perubahan nilai konduktivitas listriknya cukup mempengaruhi besarnya konsentrasi NaCl, ion-ion Cl akan semakin banyak ion-ion ini memiliki kemampuan untuk memecahkan atau mencegah pembentukan lapisan pasif oleh oksigen pada permukaan logam. Lapisan pasif ini sendiri merupakan lapisan pelindung logam terhadap lingkungan korosif. Dengan makin banyak ion-ion ini yang teradsorpsi ke permukaan logam semakin banyak ion-ion logam yang larut.

Pengamatan pada perubahan temperatur lingkungan memiliki kecenderungan yang sama dengan perubahan konsentrasi. Dengan meningkatnya temperatur menyebabkan laju korosi semakin besar pada semua peningkatan konsentrasi NaCl tanpa AA. Hal ini disebabkan karena dengan meningkatnya temperatur mengakibatkan laju oksigen ke permukaan logam meningkat dan kekuatan oksidasi lingkungan akan semakin tinggi. Akan tetapi pada kondisi temperatur yang sama, penambahan AA 50 ppm pada lingkungan NaCl laju korosinya mengalami penurunan dibandingkan dengan lingkungan NaCl tanpa

AA. Sedangkan penambahan AA di atas 50 ppm, laju korosinya naik. Hal ini diperkirakan berkaitan dengan kestabilan AA dimana jenis asam ini di atas 20°C akan cepat berdekomposisi menjadi Dehydroascorbic acid (DAA). DAA ini nantinya akan berdekomposisi lanjut menjadi beberapa asam. Kehadiran DAA akan semakin banyak sesuai dengan bertambahnya konsentrasi AA dan selanjutnya akan berdekomposisi lanjut menjadi asam-asam lain sehingga tidak terjadi *adsorpsi* yang maksimum dan akibatnya pH lingkungan mengalami penurunan. Di samping itu pada hasil pengujian *ultraviolet* (UV test) menunjukkan jumlah AA yang dipakai untuk inhibisi pada suhu 60°C dan 80°C lebih kecil dibandingkan dengan suhu 30°C. Nilai absorbansi AA pada semua lingkungan pada temperatur 30°C lebih tinggi dibandingkan dengan kedua temperatur di atas. (Grafik 7).

Efisiensi inhibisi yang paling baik untuk semua konsentrasi NaCl dan semua kondisi temperatur adalah penambahan AA 50 ppm. Karena jumlah AA teradsorpsi pada permukaan logam sebagai lapisan pelindung lebih besar dibandingkan dengan jumlah AA yang berdekomposisi menjadi asam lain.

#### 4.2 Analisa Laju Korosi pada Lingkungan CaSO<sub>4</sub>.

Penambahan konsentrasi CaSO<sub>4</sub> pada lingkungan tanpa AA menghasilkan laju korosi yang meningkat (Grafik 11). Walaupun perubahan pH tidak begitu besar (Grafik 2) tetapi perubahan konduktivitas listriknya cukup berarti (Grafik 5). Dibandingkan dengan laju korosi NaCl, laju korosi ini masih lebih rendah karena ion-ion Cl<sup>-</sup> tiga kali lebih agresif dibandingkan dengan ion-ion SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>(9).

Untuk semua konsentrasi CaSO<sub>4</sub> tanpa AA, laju korosinya semakin besar seiring dengan meningkatnya temperatur. Hal ini disebabkan kekuatan oksidasi lingkungan meningkat dan mempercepat laju oksigen ke permukaan logam<sup>(4)</sup>. Seperti halnya lingkungan NaCl yang ditambah dengan AA semakin tinggi temperatur lingkungannya, pH lingkungan semakin menurun. Ini berhubungan dengan kestabilan AA pada temperatur tinggi dimana memungkinkan terbentuknya asam oksalat yang merupakan asam kuat, hasil dekomposisi AA. Berdasarkan hasil pengujian UV, dimana jumlah AA yang dipakai untuk inhibisi pada temperatur yang lebih tinggi (60°C dan 80°C) lebih rendah dibandingkan pada temperatur 30°C (Grafik 8).

Penambahan AA 100 ppm menghasilkan efisiensi yang paling maksimum untuk lingkungan CaSO<sub>4</sub>. Penambahan AA lebih dari 100 ppm diperkirakan akan mengalami pembentukan senyawa kelat dengan ion-ion tembaga.

#### 4.3 Analisa Laju Korosi pada Lingkungan CaCO<sub>3</sub>

Berdasarkan Grafik 12 kurva laju korosi terhadap konsentrasi CaCO<sub>3</sub>, memperlihatkan laju korosi yang semakin meningkat dengan bertambahnya konsentrasi CaCO<sub>3</sub>. Hal ini berhubungan dengan agresivitas air yang berkaitan dengan nilai *hardness*. Air dengan kesadahan yang rendah dimana kandungan kalsiumnya rendah akan lebih korosif dibandingkan air dengan tingkat kesadahan lebih tinggi.

Untuk semua peningkatan konsentrasi CaCO<sub>3</sub> tanpa AA dengan meningkatnya temperatur, laju korosinya semakin menurun. Hal ini berkebalikan dengan apa yang terjadi pada kedua lingkungan terdahulu.

Ini terjadi karena adanya endapan kerak pada permukaan logam yang dipengaruhi oleh faktor pH, temperatur, konsentrasi ion Ca<sup>2+</sup>, alkalinitas dan adanya padatan terlarut. Terbentuk tidaknya endapan kerak ini dapat diketahui dan diprediksi dari nilai LSI lingkungan (pada tabel A lampiran). Demikian pula terjadi pada lingkungan dengan AA bahwa laju korosi semakin menurun dengan meningkatnya temperatur lingkungan.

Penambahan AA 50 ppm menghasilkan efisiensi inhibisi yang paling baik untuk temperatur 30°C, ini diperlihatkan pada Grafik 12 bahwa semua konsentrasi laju korosi pada temperatur tersebut paling rendah. Hal ini ditunjukkan dengan teradsorpsinya sebagian AA pada permukaan logam sebagai lapisan pelindung dan terbentuknya endapan kerak juga akan menurunkan laju korosi. Dengan penambahan AA lebih besar dari 50 ppm, disamping lapisan kerak yang terbentuk dan dipihak lain terjadi penurunan pH akibat dekomposisi AA menjadi beberapa asam yang lain, terutama pada temperatur 60°C dan 80°C. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian UV bahwa jumlah AA yang dipakai untuk inhibisi pada penambahan 50 ppm lebih banyak dibandingkan dengan penambahan ppm askorbat yang lain.

### 5. Kesimpulan

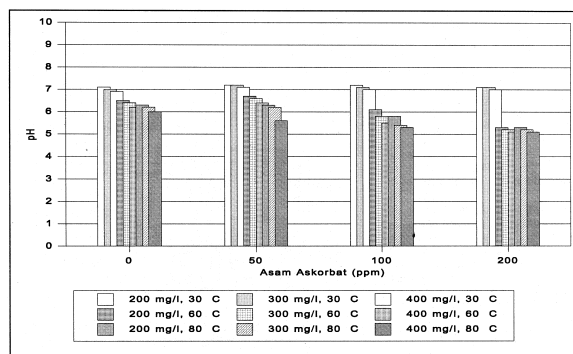
Penambahan AA (vitamin C) pada lingkungan korosif yang berbeda menunjukkan bahwa efisiensi AA berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh faktor lingkungan, antara lain temperatur lingkungan, derajat keasaman, dan kestabilan AA sendiri berkaitan dengan kondisi lingkungan. Penambahan inhibitor yang paling efisien untuk lingkungan NaCl dan CaCO<sub>3</sub> adalah 50 ppm AA sedangkan untuk lingkungan CaSO<sub>4</sub> adalah 100 ppm AA.

### Daftar Pustaka

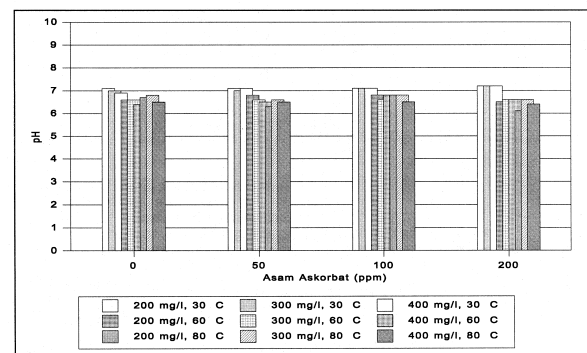
1. ASM Handbook, *Corrosion*, 3<sup>rd</sup> ed. New York: ASM International, 1992.
2. ASTM Standards, *Wear and Erosion; Metal Corrosion*, vol 03.02. New York : ASTM International, 1990
3. Bofardi, B. P., *Control of Environmental Variables in Water Recirculating Systems*, ASAM Metal Handbook, vol. 13.
4. Fontana, M. G., *Corrosion Engineering*, 3<sup>rd</sup>ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1987.
5. Harjadi, W. *Ilmu Kimia Analik Dasar*, Jakarta : PT. Gramedia, 1986.
6. Anggono, J., et al. *Makalah Dimensi edisi 26 : Studi Pengaruh Oksigen dan Variasi Konsentrasi Kalsium Karbonat, Sodium Klorida, dan kalsium sulfat dalam air terhadap laju korosi tembaga*. Surabaya : LPPM UK. Petra. 1996.
7. Roscoe, M. C., *Hankbook of Ground Water Development*, New York : John Wiley & Sons, 1990.
8. Sekine, I., *Corrosion Inhibition of Steels by Organic Inhibities*, Japan : Industrial Technology Development Institute Department of Scienceand Technology, 1994.
9. Singley, J.E. et al. *Corrosion Prevention and Controlin Water Treatment and Supply System*, New Jersey : Noyes Publications, 1985.
10. Suherman, W., *Pengetahuan Bahan* Surabaya: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Sepuluh November, 1987.

11. Keneth, T. R. and Chamberlain, J., *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekeyasawan*, edisi ke-2. Jakarta : PT. Gramedia, 1991.
12. Uhlig, H. H. and Winston, R. R., *Corrosion and Corrosion Control*, 3 rd ed. New York : John Wiley & Sons, 1990.

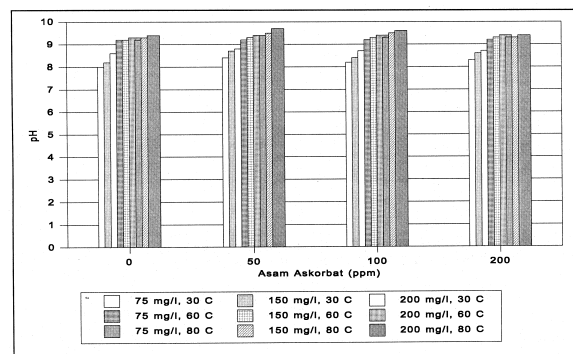
### Lampiran :



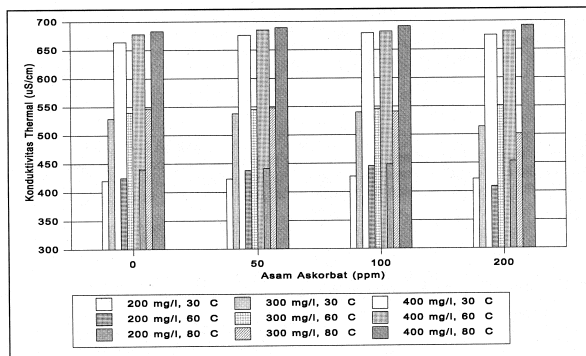
Grafik 1. Hubungan pH terhadap Konsentrasi AA untuk Lingkungan NACl



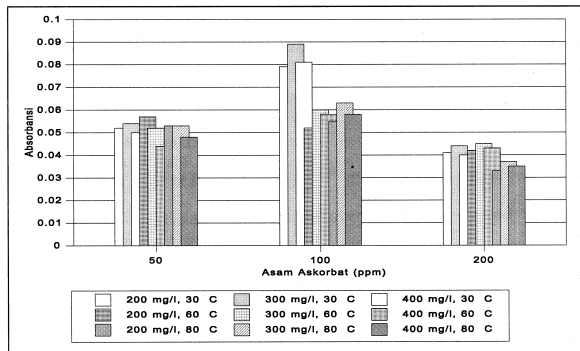
Grafik 2. Hubungan pH terhadap Konsentrasi AA untuk Lingkungan CaSO<sub>4</sub>



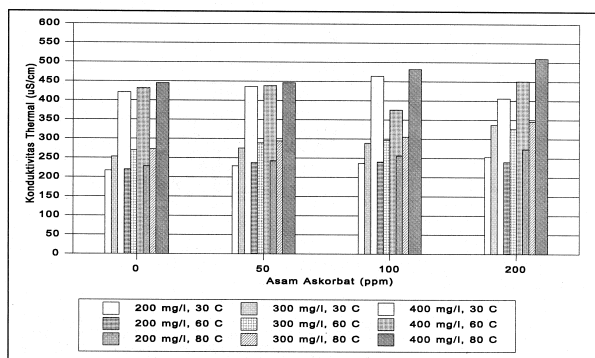
Grafik 3. Hubungan pH terhadap Konsentrasi AA untuk Lingkungan CaCO<sub>3</sub>



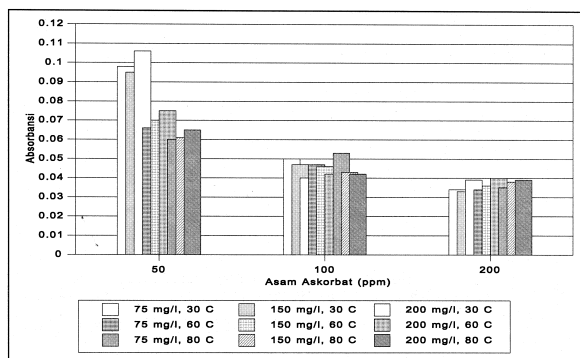
Grafik 4. Hubungan Konduktivitas Listrik terhadap Konsentrasi AA untuk Lingkungan NaCl.



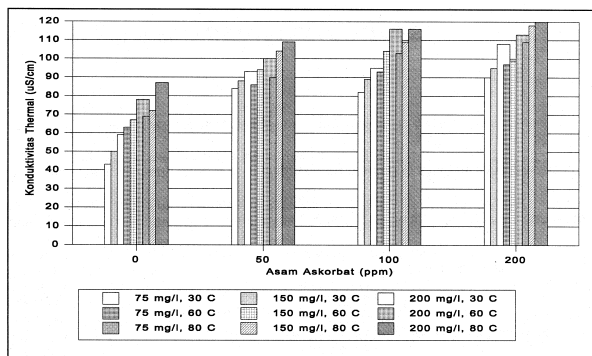
Grafik 8. Hubungan Absorbansi terhadap Konsentrasi AA untuk Lingkungan CaSO<sub>4</sub>



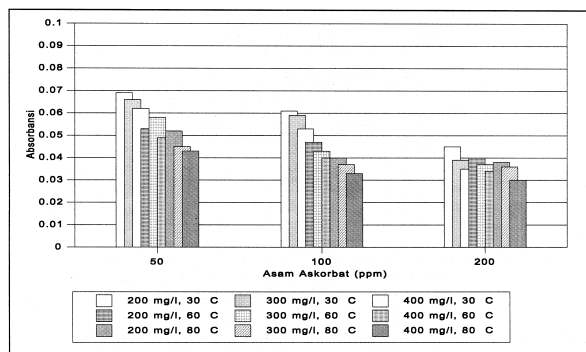
Grafik 5. Hubungan Konduktivitas Listrik terhadap Konsentrasi AA untuk Lingkungan CaSO<sub>4</sub>



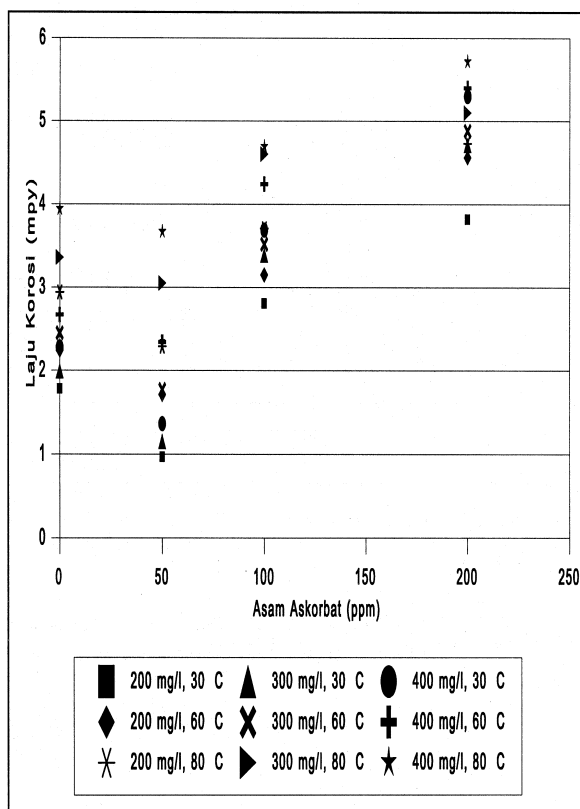
Grafik 9. Hubungan Absorbansi terhadap Konsentrasi AA untuk Lingkungan CaCO<sub>4</sub>



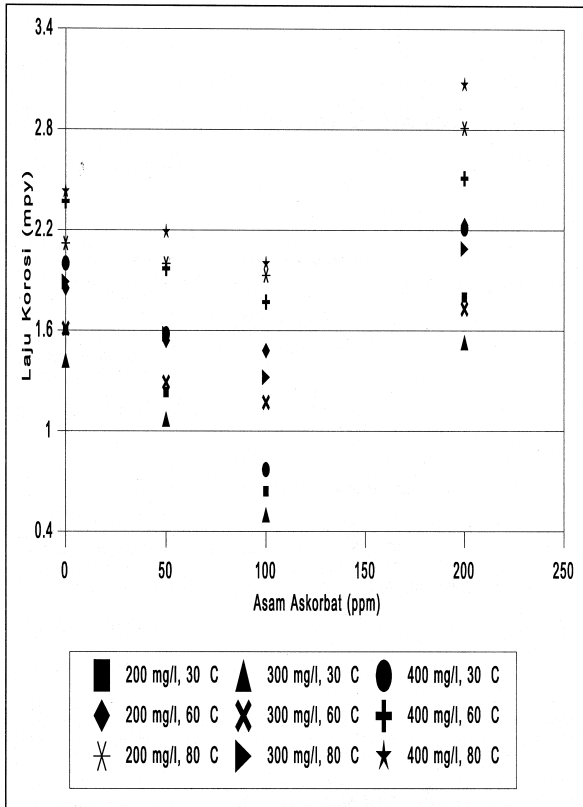
Grafik 6. Hubungan Konduktivitas Listrik terhadap Konsentrasi AA untuk Lingkungan CaCO<sub>3</sub>



Grafik 7. Hubungan Absorbansi terhadap Konsentrasi AA untuk Lingkungan NaCl



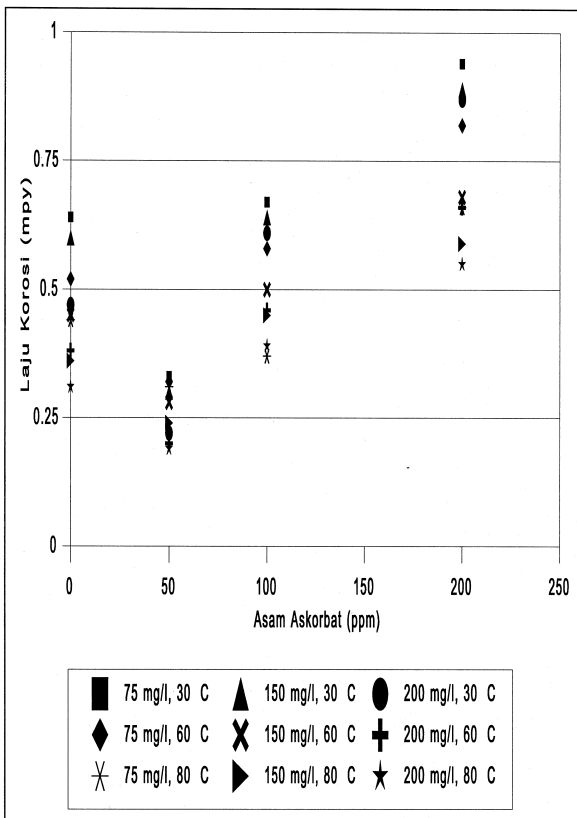
Grafik 10. Hubungan Laju Korosi terhadap Konsentrasi AA untuk Lingkungan NaCl



Grafik 11. Hubungan Laju Korosi terhadap Konsentrasi AA untuk Lingkungan CaSO<sub>4</sub>

Tabel A. Nilai LSI pada Lingkungan CaCO<sub>3</sub>

Asam Askorbat	Konsentrasi CaCO <sub>3</sub>	Nilai LSI		
		30 <sup>o</sup> C	60 <sup>o</sup> C	80 <sup>o</sup> C
0 ppm	75 mg/l	-1,74	0,06	0,31
	150 mg/l	-1,54	0,06	0,41
	200 mg/l	-1,15	0,15	0,5
50 ppm	75 mg/l	-136	0,04	0,49
	150 mg/l	-1,07	0,13	0,58
	200 mg/l	-0,97	0,23	0,78
100 ppm	75 mg/l	-1,56	0,04	0,39
	150 mg/l	-1,27	0,13	0,58
	200 mg/l	-1,07	0,23	0,68
200 ppm	75 mg/l	-1,46	0,04	0,39
	150 mg/l	-1,12	0,13	0,38
	200 mg/l	-1,07	0,23	0,48



Grafik 12. Hubungan Laju Korosi terhadap Konsentrasi AA untuk Lingkungan CaCO<sub>3</sub>