



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**EFEKTIFITAS PENGGUNAAN PELAPIS EPOKSI  
TERHADAP KETAHANAN KOROSI PIPA BAJA ASTM A53  
DIDALAM TANAH**

**SKRIPSI**

**SITI CHODIJAH  
0405047052**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL  
DEPOK  
DESEMBER 2008**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**EFEKTIFITAS PENGGUNAAN PELAPIS EPOKSI  
TERHADAP KETAHANAN KOROSI PIPA BAJA ASTM A53  
DIDALAM TANAH**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**SITI CHODIJAH  
0405047052**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL  
DEPOK  
DESEMBER 2008**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun  
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Siti Chodijah**  
**NPM : 0405047052**  
**Tanda Tangan :**  
**Tanggal : 24 Desember 2008**



## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Siti Chodijah  
NPM : 0405047052  
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material  
Judul Skripsi : Efektifitas Penggunaan Pelapis Epoksi terhadap  
Ketahanan Korosi Pipa Baja ASTM A53 Didalam  
Tanah

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik, Universitas Indonesia**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Ir. Rini Riastuti, MSc. ( )

Pembimbing 2 : Rusma P.ST ( )

Penguji 1 : Prof.Dr.Ir Johny Wahyuadi ( )

Penguji 2 : Dra.Sari Katili,MSc ( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 24 Desember 2008

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

**Ir. Rini Riastuti, MSc**

Selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi, dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS  
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini, :

Nama : Siti Chodijah  
NPM : 0405047052  
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material  
Departemen : Metalurgi dan Material  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Efektifitas Penggunaan Pelapis Epoksi terhadap Ketahanan Korosi Pipa Baja ASTM A53 Didalam Tanah**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada Tanggal : 24 Desember 2008  
Yang menyatakan

(Siti Chodijah)

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
<b>1. PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	1
1.3. Batasan Penelitian	2
1.4. Sistematika Penulisan	2
<b>2. Tinjauan Pustaka</b>	<b>3</b>
2.1 Teori Korosi	3
2.1.1 Korosi Berdasarkan Hukum Termodinamika	4
2.1.2 Teori Korosi Berdasarkan Reaksi Elektrokimia	8
2.1.2.1 Metode (Kehilangan Berat)Weight Loss	9
2.1.3 Teori Korosi Berdasarkan Prinsip Polarisation	12
2.2 Korosi Baja Karbon Rendah (ASTM A53) Di Dalam Tanah	14
2.2.4.1 Karakteristik Baja ASTM A53	15
2.2.4.2 Karakteristik Tanah	16
2.3 Perlindungan Terhadap Korosi	31
2.3.1 Proteksi Katodik Dan Anodik [9]	31
2.3.2 Inhibitor	33
2.3.3 Pemilihan Material [10]	36
2.3.4 Pelapisan	38
2.3.4.1 Pelapisan dengan Resin Epoksi [11]	38
2.3.4.2 Adhesi (Daya Lekat)	46

2.3.4.3 Kegagalan Pelapisan	49
2.4 Korosi Pipa Dibawah Lapisan Epoksi (Corrosion Under Insulation)[4]	48
2.5 Penilaian Umur Struktur ( <i>life assesment</i> )	54
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>56</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian	56
3.2 Alat dan Bahan	57
3.2.1 Alat yang digunakan	57
3.2.2 Bahan yang digunakan	58
3.3 Prosedur Penelitian	58
3.3.1 Preparasi Sampel Pengujian Korosi (Kupon)	58
3.3.2 Proses Pelapisan Dengan Coating Epoksi	59
3.3.3 Pengukuran Ketebalan pelapis ( <i>Coating Thickness</i> )	59
3.3.4 Pengujian Korosi Dengan Metode Weight Loss	60
3.3.5 Pengujian Resistivity Dan pH Tanah	61
3.3.5.1 Resistivitas Tanah	61
3.3.5.2 Pengukuran pH	64
3.3.6 Pengujian Komposisi Kimia	65
3.3.7 Pengujian Metalografi	65
3.3.8 Pengujian Kekerasan (Uji Vickers)	65
3.3.9 Pengamatan Derajat Kerusakan Dan Kekorosan	66
3.3.9.1 Pengamatan Derajat Kerusakan Cat	66
3.3.9.2 Pengamatan Derajat Blistering	70
3.3.10 Pengamatan Produk Korosi Dan Tanah Dengan XRD	73
3.3.11 Pengamatan Sampel Dengan Energy-Dispersy X-Ray Analysis	73
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN</b>	<b>74</b>
4.1 Hasil Pengujian pH Tanah Setiap Daerah	74
4.2 Hasil Pengujian <i>Moisture Content</i> Tanah	76
4.3 Hasil Pengujian Resistivitas Tanah Setiap Daerah	78
4.4 Hasil Pengujian Sifat Mekanis dengan pengujian Vickers	80
4.5 Hasil pengamatan Struktur Mikro daerah Bekasi dan Depok	82
4.6 Hasil pengujian Komposisi Kimia Tanah.	83
4.7 Hasil Pengujian Komposisi Kimia Produk Korosi	86
4.8 Hasil Pengujian Komposisi Kimia <i>Bare Steel</i>	88



4. 9 Hasil Pengukuran Laju Korosi	88
4.9.1 Metode Kehilangan Berat (Weight Loss)	88
4.9.1.1 Sampel Baja <i>Bare</i> di Daerah Bekasi Dan Depok	89
4.9.1.2 Sampel Baja Lapis Epoksi di Daerah Depok Dan Bekasi	91
4.9.2 Metode Polarisasi	93
4.10 Hasil Pengukuran Pengurangan Tebal Coating Epoxy	94
4.11 Hasil Pengujian EDS komposisi unsur kimia <i>Coated Epoxy steel</i> Sebelum dan Sesudah Penanaman.	96
4.12 Hasil pengamatan performa coating epoxy berdasarkan sifat fisika dan kimianya.	98
4.13 Hasil Pengamatan Derajat Kerusakan Coating	99
<b>BAB 5. Kesimpulan</b>	<b>96</b>
5.1 Kesimpulan	96
<b>REFERENSI</b>	



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Reagen Yang Direkomendasi Untuk Membersihkan Dan Penghilangan Produk Korosi Dari Kupon Yang Terkorosi [3]	11
<b>Tabel 2.2</b>	Perbandingan Pada Mpy Dengan <i>Equivalent Metric-Rate Expressions</i> [4]	12
<b>Tabel 2.3</b>	Komposisi Kimia [5]	15
<b>Table 2.4</b>	Persyaratan <i>Tensile</i> [5]	15
<b>Tabel 2.5</b>	Pengaruh Keasaman Terhadap Beberapa Reaksi-Reaksi Kimia Yang Terpenting Didalam Tanah.	20
<b>Tabel 2.6</b>	Tingkat Korosifitas Dari Pengaruh Resistivity Tanah[6]	22
<b>Tabel 2.7</b>	Klasifikasi Tanah, Air Dan Batuan Secara Kasar Berdasarkan Nilai Resistifitas [6]	23
<b>Tabel 2.8</b>	Nilai Resistivitas Tanah Berdasarkan Kelembaban Tanah[7]	24
<b>Tabel 2.9</b>	Nilai Resistivitas Tanah Berdasarkan Perubahan Temperatur[7].	25
<b>Tabel 2.10</b>	Nilai Resistifitas Mineral Didalam Tanah [6]	26
<b>Tabel 2.11</b>	Pengaruh Klorida,Sulfur Dan Ph Pada Korosi Jaringan Pipa Yang Ditanam [7]	30
<b>Tabel 2.12</b>	Keuntungan Dan Kerugian Dalam Penggunaan Metode <i>Coating</i> Untuk Proteksi Korosi	31
<b>Tabel 2.13</b>	Perbandingan Sistem Proteksi Katodik Dengan Menggunakan Anoda Korban Dan Arus Tanding	32
<b>Tabel 2.14</b>	Perbedaan Inhibitor Anodik <i>Oxidizing</i> Dan <i>Non-Oxidizing</i>	35
<b>Tabel 2.15</b>	Jenis –Jenis Solution Pada Setiap Klasifikasi Pelapis[11]	40
<b>Tabel 2.16</b>	Karakteristik Epoksi [13]	42
<b>Tabel 2.17</b>	Nama Dagang,Karakteristik Dan Aplikasinya[13]	42
<b>Tabel 2.18</b>	Komposisi Kimia Resin Epoksi Part A	43
<b>Tabel 2.19</b>	Komposisi Kimia Resin Epoksi Part B	43
<b>Tabel 2.20</b>	Karakteritik Performa Pelapis Epoksi	43
<b>Tabel 2.21</b>	Prosedur Pelapisan Dengan Modified Epoxy 954	44
<b>Tabel 2.22</b>	Contoh Perhitungan Umur Struktur/ <i>Coating</i>	54
<b>Tabel 3.1</b>	Scale Dan Deskripsi Pada Tingkatan Karat	67
<b>Tabel 4.1</b>	Tingkat Keasaman Tanah Dilokasi Depok Dan Bekasi	74
<b>Tabel 4.2</b>	Hubungan Tingkat Keasaman Dengan Laju Korosi	76
<b>Tabel 4.3</b>	Tingkat Moisture Content Didaerah Depok Dan Bekasi	76
<b>Tabel 4.4</b>	Hubungan Kandungan Air Ditanah Terhadap Laju Korosi	77
<b>Tabel 4.5</b>	Tingkat Resistivitas Tanah Daerah Bekasi Dan Depok	78
<b>Tabel 4.6</b>	Hubungan Resistivitas Tanah Terhadap Laju Korosi	79
<b>Tabel 4.7</b>	Kekerasan Awal <i>Bare Steel</i>	81
<b>Tabel 4.8</b>	Kekerasan Akhir <i>Bare Steel</i> Bekasi	81
<b>Tabel 4.9</b>	Kekerasan Akhir <i>Bare Steel</i> Depok	81
<b>Tabel 4.10</b>	Komposisi Elemen Tanah Depok Dan Bekasi Dengan <i>Energy Dispersive X-Ray Analysis</i>	84
<b>Tabel 4.11</b>	Komposisi Senyawa Penyusun Tanah Depok Dan Bekasi Dengan <i>X-Ray Diffraction</i>	84
<b>Tabel 4.12</b>	Komposisi Kimia Produk Korosi Sampel <i>Bare Steel</i>	86
<b>Tabel 4.13</b>	Komposisi Kimia Produk Korosi Bare Steel Daerah Bekasi Dan Depok	87
<b>Tabel 4.14</b>	Komposisi Kimia Bare Steel Yang Diuji Korosi	88
<b>Tabel 4.15</b>	Komposisi Kimia Baja ASTM A53 Grade A	88
<b>Tabel 4.16</b>	Tingkat Laju Korosi Dan Pengurangan Berat Baja Bare Didaerah Depok Dan	89

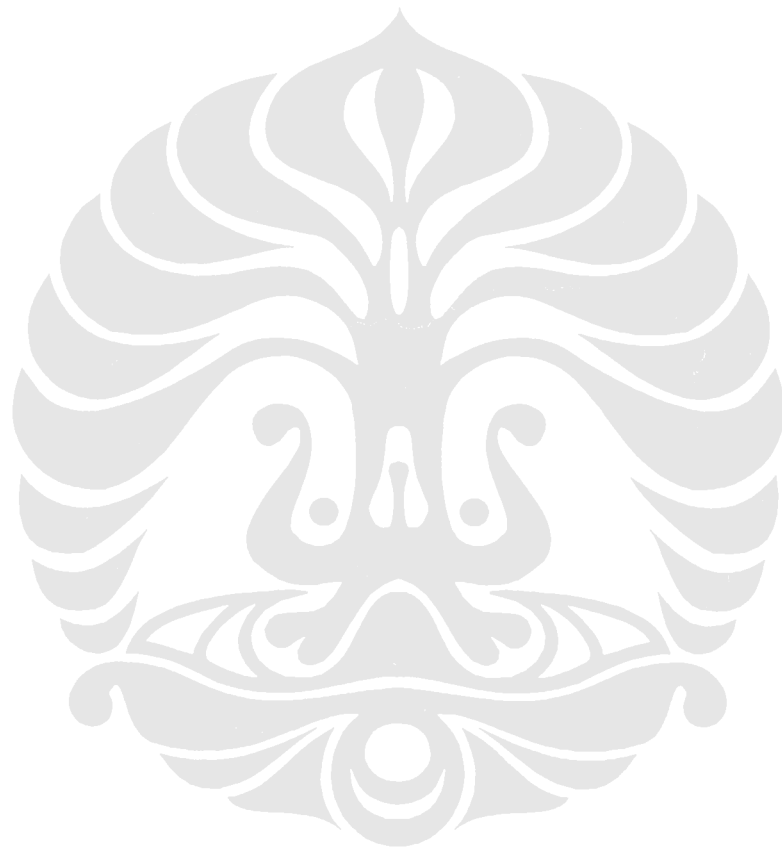
	Bekasi	
<b>Tabel 4.17</b>	Tingkat Laju Korosi Dan Pengurangan Berat Baja Coated Epoxy Pada Daerah Bekasi Dan Depok	91
<b>Tabel 4.18</b>	Data Polarisasi Tafel	94
<b>Tabel 4.19</b>	Data Ketebalan Coating Sebelum Dan Sesudah Penanaman	95
<b>Tabel 4.20</b>	Perbandingan Komposisi Element Didaerah Interface Disetiap Daerah	97
<b>Tabel 4.21</b>	Perbandingan Derajat Kerusakan Pelapisan Daerah Depok Dan Daerah Bekasi Di Setiap Evaluasi	99



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Reaksi Elektrokimia Pada Proses Korosi[2]	4
<b>Gambar 2.2</b>	Sebuah Profil Energi Termodinamika Untuk Logam Dan Senyawa-Senyawanya[1].	5
<b>Gambar 2.3</b>	Stabilitas Termodinamika Pada Air, Oksigen Dan Hidrogen[2]	7
<b>Gambar 2.4</b>	Diagram E-Ph Besi Dilingkungan Air Pada Suhu 25 <sup>0</sup> C Pada Pengamatan Perilaku Korosi[2]	7
<b>Gambar 2.5</b>	Kupon Untuk Analisa Kehilangan Berat	10
<b>Gambar 2.6</b>	Kupon Yang Telah Terkorosi	11
<b>Gambar 2.7</b>	Perbandingan Ukuran Pasir, Lumpur, Dan Tanah Liat Membentuk Klasifikasi Tanah Berdasarkan Ukuran Partikel	16
<b>Gambar 2.8</b>	Variabel Yang Mempengaruhi Korosifitas Dalam Tanah[6]	17
<b>Gambar 2.9</b>	Korosi Logam Pada Tanah Dipengaruhi Ph	18
<b>Gambar 2.10</b>	Pengaruh Kandungan Unsur Kimia Dalam Tanah Terhadap pH	19
<b>Gambar 2.11</b>	Oksidasi Sulfida	29
<b>Gambar 2.12</b>	Skema Diagram Polarisasi; Inhibitor Anodik	34
<b>Gambar 2.12</b>	Skema Diagram Polarisasi; Inhibitor Katodik	35
<b>Gambar 2.13</b>	Deret Galvanik Berbagai Jenis Logam [10]	36
<b>Gambar 2.14</b>	Korosi Logam Yang Bersentuhan Dengan Logam Lainnya(Korosi Galvanik)[10]	37
<b>Gambar 2.15</b>	Rumus Bangun Kelompok 2] (B)Pembentukan Epoxy Dari (A) Epichlorohydrin Dan Bisphenol-A[11]	41
<b>Gambar 2.16</b>	Penetrasi Air Terhadap Waktu [11]	48
<b>Gambar 2.17</b>	Skema Penetrasi Air Pada Pelapis [11]	48
<b>Gambar 2.18</b>	Skema Peristiwa Osmosis[11]	48
<b>Gambar 2.19</b>	Osmosis Pada Lapisan Coating[12]	49
<b>Gambar 2.20</b>	Inisiasi Blistering Dan Propagasi Dibawah Pelapis (Delaminasi Katodik)[14]	51
<b>Gambar 2.22</b>	Estimasi Waktu Pakai Pada Jaringan Pipa Yang Dilapisi	55
<b>Gambar 3.1</b>	Kupon Baja ASTM A53	58
<b>Gambar 3.2</b>	Skema Pengukuran <i>Coating Thickness</i>	59
<b>Gambar 3.3</b>	Mesin Pengukur Resistivitas AEMC Tanah	61
<b>Gambar 3.4</b>	Skema Pengukuran <i>Soil / Mud Resistivity</i>	62
<b>Gambar 3.5</b>	Persiapan Sample Dengan Metode Soil Box	63
<b>Gambar 3.6</b>	Pengujian Resistivitas Tanah Dengan Metode Soil Box	63
<b>Gambar 3.7</b>	Alat Pengukur pH Tanah <i>Soil Tester</i> TEW	64
<b>Gambar 3.8</b>	Metode Penaksiran Area Karat Yang Digunakan Untuk Menentukan Tingkat Karat	70
<b>Gambar 3.9</b>	Standard Referensi Photographic	72
<b>Gambar 4.1</b>	Sampel Bare Steel Daerah Bekasi Evaluasi 21 Hari	75
<b>Gambar 4.2</b>	Sampel Bare Steel Daerah Depok Evaluasi 21 Hari	75
<b>Gambar 4.3</b>	Perbandingan Perfoma Pelapis Disetiap Daerah Pada Evaluasi III	80
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik Tingkatan Kekerasan <i>Bare Steel</i> Sebelum Dan Sesudah Penanaman	82
<b>Gambar 4.5</b>	Mikrostruktur <i>Bare Steel</i> Awal (Nital 5%, 500x)	82
<b>Gambar 4.6</b>	Mikrostruktur <i>Bare Steel</i> Bekasi Setelah Penanaman 9 Minggu (Nital 5%, 500x)	83

<b>Gambar 4.7</b>	Mikrostruktur <i>Bare Steel</i> Depok Setelah Penanaman 9 Minggu (Nital 5%, 500x)	83
<b>Gambar 4.8</b>	Komposisi Senyawa Penyusun Tanah Daerah Depok Dan Bekasi Dengan <i>X-Ray Diffraction</i>	84
<b>Gambar 4.9</b>	Hasil XRD Produk Korosi <i>Bare Steel</i>	85
<b>Gambar 4.10</b>	Tingkat Kehilangan Berat Baja Tanpa Lapisan Daerah Depok Dan Bekasi	87
<b>Gambar 4.11</b>	Tingkat Pengurangan Berat Baja Lapis Epoksi Pada Daerah Bekasi Dan Depok	90
<b>Gambar 4.12</b>	Kurva Polarisasi Sampel <i>Bare Steel</i>	92
<b>Gambar 4.13</b>	Grafik Pengurangan Tebal Coating Daerah Depok Dan Bekasi	96
<b>Gambar 4.14</b>	Penampang Melintang Untuk Foto Makro	98
<b>Gambar 4.15</b>	Makrostruktur Baja Lapis Epoksi Tanpa Penanaman Perbesaran 250x	98



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Berkas Pengujian metode weight loss	104
Lampiran 2. Berkas Pengujian EDAX	105

