



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI EFEKTIFITAS LAPIS GALVANIS TERHADAP
KETAHANAN KOROSI PIPA BAJA ASTM A53 DI DALAM
TANAH (*UNDERGROUND PIPE*)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

BUNGA PRAMESWARI

04 05 04 018X

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI METALURGI & MATERIAL

KEKHUSUSAN LOGAM

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 : Bunga Prameswari

NPM : 040504018X

Tanda Tangan :

Tanggal : 22 Desember 2008



Universitas Indonesia

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Bunga Prameswari
NPM : 040504018X
Program Studi : Metalurgi & Material
Judul Skripsi : Studi Efektifitas Lapis Galvanis Terhadap
Ketahanan Korosi Pipa Baja ASTM A53 Di Dalam
Tanah (*Underground Pipe*)

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing	:	Ir. Rini Riastuti, M.Sc.	
Pembimbing	:	Rusma Patriansyah, ST	
Penguji	:	Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi M, DEA	
Penguji	:	Dra. Sari Katili, M.S.	

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 24 Desember 2008

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Metalurgi & Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini disusun atas bantuan dan bimbingan berbagai pihak, maka saya mengucapkan terimakasih kepada :

- (1) Ir. Rini Riastuti M,Sc. selaku dosen pembimbing skripsi Departemen Metalurgi & Material FTUI.
- (2) Rusma Patriansyah, ST selaku pembimbing lapangan dari PT Bakrie Pipe Industries.
- (3) Pihak PT Bakrie Pipe Industries yang telah memberikan bantuan material dan fasilitas laboratorium.
- (4) Orang tua, kakak, adik dan keluarga yang selalu ada untuk memberi dukungan.
- (5) Karyawan PT Bakrie Pipe Industries khususnya Engineering Department, HRD Department, Safety Department, laboratorium, plant galvanis, dan pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
- (6) Karyawan, asisten lab korosi, CMPFA teman-teman di Departemen Metalurgi & Material FTUI

Depok, Desember 2008

Penulis

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

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

Nama : Bunga Prameswari

NPM : 040504018X

Program Studi : Metalurgi & Material

Departemen : Metalurgi & Material

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

demikian 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 :

Studi Efektifitas Lapis Galvanis Terhadap Ketahanan Korosi Pipa Baja ASTM A53 Di Dalam Tanah (*Underground Pipe*)

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 memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 22 Desember 2008
Yang menyatakan

(Bunga Prameswari)

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 GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 LATAR BELAKANG PENELITIAN	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	2
1.3 RUANG LINGKUP PENELITIAN	2
1.4 SISTEMATIKA PENULISAN	3
BAB 2 TEORI PENUNJANG	
2.1 KOROSI PADA BAJA	4

2.1.1	Korosi pada Baja Karbon (Bare Steel)	5
2.1.2	Korosi pada Baja Galvanis	9
2.2	KOROSI PADA TANAH (SOIL CORROSION)	11
2.2.1	Tekstur dan Struktur Tanah	12
2.2.2	Resistivitas	14
2.2.3	Keasaman (pH)	15
2.2.4	Kelembaban (<i>Moisture Content</i>)	16
2.2.5	Kelarutan garam	18
2.2.6	Aerasi (Kandungan oksigen)	19
2.2.7	Kadar Sulfat	19
2.2.8	Kadar Cl ⁻	20
2.2.9	Microbiologically Influenced Corrosion	21
2.3	GALVANIZING	22
2.3.1	Proses Hot Dip Galvanizing	23
	2.3.1.1 Preparasi Permukaan	23
	2.3.1.2 Galvanizing	25
	2.3.1.3 Inspeksi	26
2.3.2	Sifat Fisik Coating Galvanis	26
	2.3.2.1 Ikatan Metalurgi	26
	2.3.2.2 Ketahanan Impak dan Abrasi	27
	2.3.2.3 Proteksi Coner & Edge	27
2.4	MONITORING KOROSI	28
2.4.1	Uji Kehilangan Berat (<i>Weight Loss Test</i>)	29
2.4.2	Uji Polarisasi	31

2.4.3	Uji Resistivitas Tanah	33
2.4.4	Penilaian Umur Struktur (<i>Life Assessment</i>)	34

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1	DIAGRAM ALIR PENELITIAN	36
3.2	PROSEDUR PENELITIAN	37
3.2.1	Persiapan Sample Baja Karbon (Bare Steel)	37
3.2.2	Persiapan Sample Baja Galvanis	39
3.2.2.1	Proses Hot-Dip Galvanizing	39
3.2.2.2	Pengukuran Ketebalan Coating	40
3.2.3	Pengujian Korosi	41
3.2.3.1	Pengujian Korosi Metode Kehilangan Berat	42
3.2.3.2	Pengujian Korosi Metode Polarisasi	43
3.2.3.3	Pengukuran Tingkat Kerusakan Coating	45
3.2.4	Pengujian Karakteristik Tanah	45
3.2.4.1	Pengukuran Resistivitas Tanah	45
3.2.4.2	Pengukuran pH Tanah dan Moisture Content	48
3.2.5	Pengamatan Mikrostruktur	49
3.2.6	Pengujian Kekerasan (Vickers)	50
3.2.7	Pengujian Komposisi Kimia (Tanah dan Produk Korosi)	52

BAB 4 HASIL PENELITIAN

4.1	DATA KARAKTERISTIK TANAH	54
4.1.1	Data Resistivitas Tanah	54
4.1.2	Data pH Tanah	55
4.1.3	Data <i>Moisture Content</i> Tanah	55
4.1.4	Komposisi Kimia Tanah	55
4.1.5	Ukuran Butir Tanah	57
4.2	DATA PENGUJIAN KOROSI KEHILANGAN BERAT	58
4.2.1	Kehilangan Berat Sampel <i>Bare Steel</i>	58
4.2.1.1	Data Awal Sampel <i>Bare Steel</i>	58
4.2.1.2	Data Akhir Sampel <i>Bare Steel</i> Bekasi	60
4.2.1.3	Data Akhir Sampel <i>Bare Steel</i> Depok	62
4.2.1.4	Komposisi Kimia Produk Korosi Sampel <i>Bare Steel</i>	63
4.2.2	Kehilangan Berat Sampel Baja Galvanis	64
4.2.2.1	Data Awal Sampel Baja Galvanis	64
4.2.2.2	Data Akhir Sampel Baja Galvanis Bekasi	65
4.2.2.3	Data Akhir Sampel Baja Galvanis Depok	65
4.2.2.4	Komposisi Kimia Produk Korosi Sampel Baja Galvanis	64
4.3	DATA KETEBALAN <i>COATING</i> GALVANIS	69
4.3.1	Ketebalan <i>Coating</i> Galvanis Bekasi	69
4.3.2	Ketebalan <i>Coating</i> Galvanis Depok	69

4.4	DATA HASIL PENGUJIAN KOROSI POLARISASI	70
4.4.1	Polarisasi Sampel <i>Bare Steel</i>	70
4.4.2	Polarisasi Sampel Baja Galvanis	71
4.5	DATA PENGUJIAN MIKROSTRUKTUR	72
4.5.1	Mikrostruktur Sampel <i>Bare Steel</i>	72
4.5.2	Mikrostruktur Sampel Baja Galvanis	73
4.6	DATA PENGUJIAN KEKERASAN	76
4.6.1	Kekerasan Sampel <i>Bare Steel</i>	77
4.6.2	Kekerasan Sampel Baja Galvanis	79
BAB 5 PEMBAHASAN		81
5.1	TINGKAT KOROSIFITAS TANAH	81
5.1.1	Korosifitas Tanah Berdasarkan Resistivitas	81
5.1.2	Korosifitas Tanah Berdasarkan pH	82
5.1.3	Korosifitas Tanah Berdasarkan <i>Moisture Content</i>	84
5.2	LAJU KOROSI BERDASARKAN KOROSIFITAS TANAH	85
5.3	KETAHANAN KOROSI <i>BARE STEEL</i>	89
5.4	KETAHANAN KOROSI BAJA GALVANIS	91
BAB 6 KESIMPULAN		98
DAFTAR PUSTAKA		99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pengaruh Lingkungan terhadap Material ⁽³⁾	4
Gambar 2.2	Kebalikan Proses Metalurgi ⁽³⁾	6
Gambar 2.3	Diagram Pourbaix Fe pada 25° C ⁽²⁾	7
Gambar 2.4	Potensial Proteksi Katodik (-053 V vs. SHE) ⁽²⁰⁾	8
Gambar 2.5	Korosi Tanah pada Pipa Saluran ⁽⁷⁾	8
Gambar 2.6	Diagram Pourbaix untuk Zn	10
Gambar 2.7	Hubungan antar faktor yang mempengaruhi korosi pada tanah ⁽⁹⁾	12
Gambar 2.8	Perbandingan ukuran pasir, lumpur, dan tanah liat membentuk klasifikasi tanah berdasarkan ukuran partikel ⁽⁴⁾	14
Gambar 2.9	Korosi Logam pada Tanah dipengaruhi pH ⁽¹¹⁾	16
Gambar 2.10	Berbagai Proses Galvanizing ⁽⁸⁾	22
Gambar 2.11	Tahapan Proses Hot-Dip Galvanizing ⁽¹²⁾	23
Gambar 2.12	Tahapan Preparasi Permukaan Hot-Dip Galvanizing ⁽¹³⁾	24
Gambar 2.13	Proses Caustic Cleaning ⁽⁸⁾	24
Gambar 2.14	Pengangkatan Produk dari Lelehan Seng ⁽⁸⁾	25
Gambar 2.15	Inspeksi Proses Hot Dip Galvanizing ⁽⁸⁾	26
Gambar 2.16	Foto Mikro Coating Galvanis ⁽¹²⁾	27
Gambar 2.17	Foto Mikro Galvanized Edge ⁽⁸⁾	28
Gambar 2.18	Teknik Monitoring Korosi pada Plant Proses ⁽⁹⁾	28
Gambar 2.19	Proses Korosi menunjukkan Arus Anodik & Katodik	32
Gambar 2.20	Sirkuit dasar metode Wenner, jarak (b), kedalaman elektroda harus lebih kecil dibandingkan (a).	34
Gambar 2.21	Beberapa Jenis Pengukur Resistivitas	34
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 3.2	Bentuk Sampel Uji Korosi (<i>Coupon Test</i>)	37
Gambar 3.3	Portable Mechanical Grinder ⁽¹⁶⁾	38
Gambar 3.4	Coating Thickness Meter Minitest 600B ⁽¹⁴⁾	41
Gambar 3.5	Skema Pengukuran <i>Coating Thickness</i>	41

Gambar 3.6	Peletakan Sample pada Tanah untuk Uji Kehilangan Berat	42
Gambar 3.7	Bentuk Sampel Uji Polarisasi	43
Gambar 3.8	Skema Rangkaian Pengujian Polarisasi	44
Gambar 3.9	Digital Soil Resistance Meter 4610 (4-Point Ground Resistance)	46
Gambar 3.10	Bagian pada Ground Resistance Tester Model 4610	46
Gambar 3.11	Soil Box	47
Gambar 3.12	Skematik Peletakkan Pin pada Pengukuran Resistivitas Tanah	47
Gambar 3.13	Alat Pengukuran pH tanah ⁽¹⁵⁾	48
Gambar 3.14	Alat Uji Struktur Mikro Olympus GX-51	49
Gambar 3.15	Alat uji Micro Hardness (Vickers) Matsuzawa DVK-1S	51
Gambar 3.16	Peralatan Analisa XRD	52
Gambar 3.17	Peralatan Analisa OES (kiri) dan SEM, EDS (kanan)	53
Gambar 3.18	Peralatan <i>Low Abrasive Cutting</i>	53
Gambar 4.1	Hasil XRD Tanah	56
Gambar 4.2	Tekstur Partikel Tanah Bekasi (100x)	57
Gambar 4.3	Tekstur Partikel Tanah Depok (250x)	58
Gambar 4.4	Sampel <i>Bare Steel</i> Sebelum Penanaman	58
Gambar 4.5	Sampel <i>Bare Steel</i> Bekasi Setelah Penanaman	60
Gambar 4.6	Sampel <i>Bare Steel</i> Depok Setelah Penanaman	62
Gambar 4.7	Hasil XRD Produk Korosi <i>Bare Steel</i>	63
Gambar 4.8	Sampel Baja Galvanis Sebelum Penanaman	64
Gambar 4.9	Sampel Baja Galvanis Bekasi Setelah Penanaman	66
Gambar 4.10	Sampel Baja Galvanis Depok Setelah Penanaman	66
Gambar 4.11	<i>White rust & Brown rust</i> pada Baja Galvanis	67
Gambar 4.12	Pengurangan Ketebalan <i>Coating Zn</i>	70
Gambar 4.13	Kurva Polarisasi Sampel <i>Bare Steel</i>	70
Gambar 4.14	Kurva Polarisasi Sampel Baja Galvanis	71

Gambar 4.15 Mikrostruktur <i>Bare Steel</i> Awal (Nital 5%, 500x)	72
Gambar 4.16 Mikrostruktur <i>Bare Steel</i> Bekasi Setelah Penanaman 9 minggu (Nital 5%, 500x)	72
Gambar 4.17 Mikrostruktur <i>Bare Steel</i> Depok Setelah Penanaman 9 minggu (Nital 5%, 500x)	73
Gambar 4.18 Mikrostruktur Baja Galvanis Awal (200x)	73
Gambar 4.19 Mikrostruktur Baja Galvanis Bekasi Setelah Penanaman 9 minggu (200x)	74
Gambar 4.20 Mikrostruktur Baja Galvanis Depok Setelah Penanaman 9 minggu (200x)	74
Gambar 4.21 Struktur Lapisan <i>Coating</i> Baja Galvanis Bekasi 9 minggu (250x, 157,06 μ m) ditunjukkan adanya <i>hole</i> /delaminasi	75
Gambar 4.22 Struktur Lapisan <i>Coating</i> Baja Galvanis Depok 9 minggu (250x, 84,17 μ m)	76
Gambar 4.23 Perbandingan Kekerasan Sampel <i>Bare Steel</i>	78
Gambar 4.24 Perbandingan Kekerasan Sampel Baja Galvanis	79
Gambar 5.1 Komposisi Tanah Berdasarkan pH ⁽¹⁸⁾	83
Gambar 5.2 Kehilangan Berat Sampel per Evaluasi	87
Gambar 5.3 Aksi Proteksi dari Baja Zinc-coated Steel	88
Gambar 5.4 Mekanisme korosi pada zinc coating	93

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Produk Korosi pada Baja ⁽¹⁹⁾	7
Tabel 2.2	Ukuran Partikel pada Tekstur Tanah ⁽⁹⁾	13
Tabel 2.3	Pengaruh Resistivitas Tanah terhadap Laju Korosifitas ⁽⁹⁾	15
Tabel 2.4	Karakteristik Bakteri yang Umum Berhubungan dengan Korosi Tanah (Iron-based alloys) ⁽⁹⁾	21
Tabel 2.5	Konstanta Perhitungan Laju Korosi Berdasarkan Satuannya	31
Tabel 2.6	Konversi Perhitungan Laju Korosi	31
Tabel 2.7	Contoh Perhitungan Umur Struktur/Coating	35
Tabel 4.1	Data Resistivitas Tanah	54
Tabel 4.2	Data pH Tanah	55
Tabel 4.3	Data Moisture Content Tanah	55
Tabel 4.4	Hasil Uji EDS Tanah	56
Tabel 4.5	Hasil Uj XRD Tanah	57
Tabel 4.6	Data Awal Sampel <i>Bare Steel</i>	59
Tabel 4.7	Komposisi Kimia Baja ASTM A53	60
Tabel 4.8	Hasil Analisa OES Sampel <i>Bare Steel</i>	60
Tabel 4.9	Data Akhir Sampel <i>Bare Steel</i> Bekasi	61
Tabel 4.10	Data Akhir Sampel <i>Bare Steel</i> Depok	62
Tabel 4.11	Hasil Uji EDS Produk Korosi <i>Bare Steel</i>	63
Tabel 4.12	Hasil Uji XRD Produk Korosi <i>Bare Steel</i>	63
Tabel 4.13	Data Awal Sampel Baja Galvanis	64
Tabel 4.14	Data Akhir Sampel Baja Galvanis Bekasi	65
Tabel 4.15	Data Akhir Sampel Baja Galvanis Depok	65
Tabel 4.16	Komposisi Produk Korosi Baja Galvanis (White Rust)	68
Tabel 4.17	Komposisi Produk Korosi Baja Galvanis (<i>White Rust</i>)	68
Tabel 4.18	Data Ketebalan <i>Coating</i> Awal & Akhir Bekasi	69
Tabel 4.19	Data Ketebalan <i>Coating</i> Awal & Akhir Depok	69

Tabel 4.20	Tafel Hasil Polarisasi Sampel <i>Bare Steel</i>	71
Tabel 4.21	Tafel Hasil Polarisasi Baja Galvanis	71
Tabel 4.22	Komposisi Struktur Lapisan <i>Coating</i> Baja Galvanis Bekasi (9 minggu)	75
Tabel 4.23	Komposisi Struktur Lapisan <i>Coating</i> Baja Galvanis Depok (9 minggu)	76
Tabel 4.24	Kekerasan Awal <i>Bare Steel</i>	77
Tabel 4.25	Kekerasan Akhir <i>Bare Steel</i> Bekasi	77
Tabel 4.26	Kekerasan Akhir <i>Bare Steel</i> Depok	78
Tabel 4.27	Kekerasan Awal Baja Galvanis	79
Tabel 4.28	Kekerasan Akhir Baja Galvanis Bekasi	79
Tabel 4.29	Kekerasan Akhir Baja Galvanis Depok	79
Tabel 5.1	Perbandingan Karakteristik Tanah Bekasi & Depok	81
Tabel 5.2	Perbandingan <i>Weight Loss</i> dan Laju Korosi (Bekasi & Depok)	86
Tabel 5.3	Penilaian Umur Pakai Baja Galvanis	87
Tabel 5.4	Derajat Kerusakan <i>Coating</i> Baja Galvanis	94

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	ASTM D610	100
LAMPIRAN 2	XRD PRODUK KOROSI BARE STEEL	102
LAMPIRAN 3	XRD TANAH	103

