



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH TEGANGAN PROTEKSI DAN PERSIAPAN
PERMUKAAN TERHADAP SIFAT ADHESI CAT EPOXY
DALAM PENGUJIAN CATHODIC DISBONDMENT**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Magister Teknik (MT)

NORMAN SUBEKTI

0806422971

FAKULTAS TEKNIK

DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL

PROGRAM STUDI KOROSI DAN PROTEKSI

DEPOK

JUNI 2010

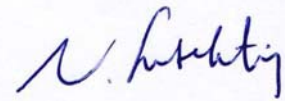
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis dengan judul:

**PENGARUH TEGANGAN PROTEKSI DAN PERSIAPAN
PERMUKAAN TERHADAP SIFAT ADHESI CAT EPOXY DALAM
PENGUJIAN CATHODIC DISBONDMENT**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada Program Studi Korosi dan Proteksi Departemen Metalurgi Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tesis yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 24 Juni 2010



Norman Subekti

NPM 0806422971

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Norman Subekti

NPM : 0806422971

Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material

Judul Tesis : **Pengaruh Tegangan Proteksi dan Persiapan Permukaan terhadap Sifat Adhesi Cat Epoxy dalam Pengujian Cathodic Disbondment**

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi, DEA

Pembimbing 2 : Ir. Andi Rustandi, MT

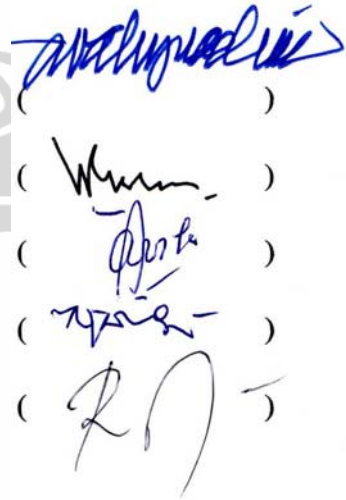
Penguji 1 : Dra. Sari Katili, M.Si.

Penguji 2 : Ir. Rini Riastuti M.Sc

Penguji 3 : Deni Ferdian, ST, M.Sc

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 24 Juni 2010



()
()
()
()
()

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini pada waktunya.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Johnny Wahyuadi Soedarsono, DEA, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini.
2. Kepala Laboratorium Korosi Tahun 2010, Ir. Andi Rustandi, MT yang telah banyak membantu dalam pengumpulan data untuk penelitian ini.
3. Prof. Dr-Ing. Ir. Bambang Suharno, selaku pembimbing akademis yang selalu memberikan dorongan dan motivasi selama saya menjadi mahasiswa di Departemen Metalurgi dan Material
4. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan dan pengertian untuk menyelesaikan studi saya; dan
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu dan menemani saya selama menjalankan studi di Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Akhir kata, semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu, serta agar tesis ini dapat membawa manfaat bagi pengembangan ilmu korosi.

Depok, 24 Juni 2010

Penulis

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

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

Nama : Norman Subekti
NPM : 0806422971
Program Studi : Korosi dan Proteksi
Departemen : Teknik Metalurgi Material
Fakultas : Teknik Universitas Indonesia
Jenis karya : Tesis

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

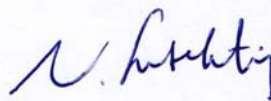
**PENGARUH TEGANGAN PROTEKSI DAN PERSIAPAN
PERMUKAAN TERHADAP SIFAT ADHESI CAT EPOXY DALAM
PENGUJIAN CATHODIC DISBONDMENT**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, 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 : 24 Juni 2010

Yang menyatakan



Norman Subekti

ABSTRAK

Norman Subekti NPM 0806422971 Departemen Metalurgi Material	Dosen Pembimbing Prof.Dr. Ir. Johny Wahyuadi S, DEA
PENGARUH TEGANGAN PROTEKSI DAN PERSIAPAN PERMUKAAN TERHADAP SIFAT ADHESI CAT EPOXY DALAM PENGUJIAN <i>CATHODIC DISBONDMENT</i>	
Abstrak	
<p>Cat epoxy yang digunakan pada struktur logam yang terproteksi katodik sering mengalami <i>disbonding</i>. Disbonding adalah suatu keadaan dimana lapisan cat kehilangan daya adhesi pada substrat logam karena adanya tegangan proteksi katodik. Sifat adhesi cat epoxy banyak dipengaruhi oleh aspek mekanis yaitu metode persiapan permukaan.</p> <p>Evaluasi pengaruh tegangan proteksi dan persiapan permukaan terhadap sifat adhesi cat epoxy dilakukan dengan menggunakan pengujian <i>cathodic disbondment</i> untuk tegangan proteksi -0.5 Volt, -0.85 Volt dan -2 Volt dan tingkat persiapan permukaan substrat logam antara lain : SP 7, SP6 dan SP 10.</p> <p>Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin rendah tegangan proteksi (- 0.5 s/d - 2 Volt) maka pH larutan akan semakin meningkat (7.5 – 11) , dan begitupun <i>radius disbondment</i> akan semakin meningkat (3.5 – 32 mm). Ikatan mekanis yang tertinggi dimiliki oleh persiapan permukaan SP 10, karena memiliki distribusi <i>surface profile</i> antara 105-108 μm, sedangkan ikatan mekanis yang terendah ada pada persiapan permukaan SP 7, karena memiliki distribusi <i>surface profile</i> yang rendah antara 24-26 μm.</p>	
Kata kunci: Cathodic Disbondment, Cat Epoxy, Proteksi Katodik, Persiapan Permukaan, Grit Blasting	

ABSTRACT

Norman Subekti NPM 0806422971 Departemen Metalurgi Material	Conselor: Prof. Dr. Ir. Johnny Wahyuadi S,DEA
EFFECT OF PROTECTION VOLTAGE AND SURFACE PREPARATION TO ADHESION PROPERTIES IN CATHODIC DISBONDMENT TEST	
Abstract	
<p>Epoxy paint used on cathodically protected metal structure often experience disbonding phenomenon. Disbonding is a state when painted layer lose its adhesive properties with the substrate metal because of the cathodic protection voltage. The nature of adhesion of paint epoxy greatly affected by the mechanical aspects of surface preparation methods.</p> <p>Experiments and evaluation are conducted to review the effect of protection voltage and surface preparation to adhesive characteristics of epoxy paint by using cathodic disbondment test with testing variable -0.5 V, -0.85 volts and -2 volts and with level of the metal substrate surface preparation comprised of SP 7, SP 10 and SP6.</p> <p>The test results reveals by lowering voltage protection (- 0.5 s / d - 2 Volts) will increase pH of medium (7.5 - 11), hence increasing <i>disbondment</i> radius (3.5 - 32 mm). Highest mechanical bonding, attributed to SP 10 surface preparation, characterized by its surface profile distribution ranged between 105-108 μm, whereas SP 7 as the lowest mechanical bonding because of its low surface profile distribution, ranged between 24-26 μm.</p>	
Keywords: Cathodic Disbondment, Epoxy coating, Cathodic Protection, Surface Preparation, Grit Blasting	

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	3
BAB 2.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Dasar Korosi.....	6
2.2. Mekanisme Korosi.....	7
2.3. Korosi pada Baja di Lingkungan Air dan Tanah.....	9
2.3.1. Pitting.....	10

2.3.2.	Korosi Merata.....	12
2.4.	Pengaruh Garam Terhadap Proses Korosi	13
2.5.	Pencegahan dan Perlindungan terhadap Korosi.....	14
2.5.1.	Perlindungan Katodik.....	15
2.5.1.1.	Arus Tanding (<i>Impressed Current</i>).....	16
2.5.1.2.	Kriteria Perlindungan Katodik	17
2.5.2.	Penanggulangan Korosi dengan Lapisan Cat	17
2.5.2.1.	Komponen Utama Cat.....	18
2.5.2.1.1.	Pigmen	18
2.5.2.1.2.	Media Pengikat (<i>Binder</i>).....	19
2.5.2.1.3.	Pigmen Pengisi.....	22
2.5.2.1.4.	Pelarut	22
2.5.2.1.5.	Bahan Aditif.....	22
2.6.	Persiapan Permukaan	23
2.6.1.	Pembersihan Permukaan Mekanik.....	23
2.6.1.1.	Pembersihan dengan tangan (<i>hand tool cleaning</i>)	23
2.6.1.2.	<i>Power tool cleainig</i>	23
2.6.1.3.	Pembersihan dengan api (<i>flame cleaning</i>).....	24
2.6.1.4.	Pembersihan dengan uap air.....	24
2.6.1.5.	Pembersihan dengan <i>water blast</i>	25
2.6.1.6.	Pembersihan dengan <i>blasting</i>	25
2.7.	Tingkat kebersihan	29
2.8.	Adhesi Cat Pada Metal Substrat.....	29
2.8.1.	Komponen Interfasa.....	30

2.8.2.	Ikatan Mekanis.....	31
2.9.	Korosi dibawah Lapisan Cat Organik.....	32
2.10.	Sistem Pengecatan.....	33
2.11.	Metode Inspeksi.....	35
2.11.1.	Inspeksi dan Persiapan Permukaan Benda Kerja.....	35
2.11.2.	Inspeksi Pelaksanaan Pengecatan.....	38
2.12.	Cacat Yang Biasa Terjadi Pada Lapisan Cat.....	39
2.13.	<i>Cathodic Disbondment</i>	39
2.13.1.	Parameter Pengujian <i>Cathodic disbondment</i>	42
BAB 3	46
METODOLOGI PENELITIAN	46
3.1.	Peralatan, Material dan Bahan.....	46
3.1.1.	Peralatan.....	46
3.1.2.	Material dan Bahan.....	46
3.2.	Larutan Uji.....	47
3.3.	Prosedur Penelitian.....	47
3.3.1.	Pemotongan Sampel.....	47
3.3.2.	Pengamatan pH media abrasif.....	47
3.3.3.	Pengamatan <i>Blotter Test</i> dan <i>needle gauge pressure</i>	47
3.3.4.	Pengukuran Profil Permukaan.....	48
3.3.5.	Pengamatan <i>Scanning Electron Microscope</i>	50
3.3.6.	Pengukuran Viskositas Cat.....	50
3.3.7.	Aplikasi Cat dan Pengukuran ketebalan lapisan basah/kering.....	52
3.3.8.	Pengujian Holiday Test.....	54

3.3.9.	Pengujian Adesif.....	55
3.3.10.	Pengujian <i>Cathodic disbondment</i>	56
3.3.11.	Metode Analisa Data Pengujian.....	60
3.4.	Diagram Alir Penelitian	61
BAB 4		62
HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN.....		62
4.1	Pengujian Visual Permukaan Sampel	62
4.2	Pengujian Tingkat Kebersihan dan Profil Permukaan	63
4.3	Pengujian Ketebalan Film Basah Cat.....	66
4.4	Pengujian Ketebalan Film Kering Cat	66
4.5	Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM)	67
4.6	Pengujian Adhesi-Pull Off Test	69
4.7	Pengujian <i>Cathodic Disbondment</i>	71
4.8	Efek Tegangan Proteksi	72
4.9	Efek Persiapan Permukaan.....	77
4.10	Profil Antar Muka Lapisan Cat dan Substrat Logam.....	81
BAB 5		83
KESIMPULAN.....		83
DAFTAR PUSTAKA		84

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Potensial standar emf (electromotive force) pada temperatur 25°C	8
Tabel 2.2. Laju Korosi Baja dalam aerated water	9
Tabel 2.3. Tingkat kekasaran yang diperoleh dari berbagai jenis abrasive dengan cara centrifugal.	28
Tabel 2.4. Standard tingkat kebersihan permukaan yang akan dilapis cat.....	29
Tabel 2.5. Ketahanan beberapa jenis cat pads lingkungan yang berbeda	34
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Profil Permukaan	65
Tabel 4.2. Spesifikasi Profil Permukaan Berdasarkan ISO 8503-1998.	65
Tabel 4.3. Ketebalan Film Kering Lapisan Cat	66
Tabel 4.4. Hasil Pengujian adhesi sebelum pengujian <i>cathodic disbondment</i>	69
Tabel 4.5. Hasil Pengujian adhesi setelah pengujian <i>cathodic disbondment</i>	70
Tabel 4.6. Hasil pengujian <i>cathodic disbondment</i> pada tegangan -0.5 V	72
Tabel 4.7. Hasil pengujian <i>cathodic disbondment</i> pada tegangan -0.85 V	72
Tabel 4.8. Hasil pengujian <i>cathodic disbondment</i> pada tegangan -2 V	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sel korosi ⁽¹⁰⁾	6
Gambar 2.2. Bentuk-bentuk korosi sumuran : (a) narrow, deep, (b) elliptical, (c) wide, shallow, (d) subsurface, (e) undercutting, (f) Horizontal, (g) vertical ⁽¹¹⁾	11
Gambar 2.3. Skematis proses pertumbuhan <i>pit</i> pada besi ⁽¹⁴⁾	12
Gambar 2.4. Korosi merata pada Sheet Jetty Pile.....	12
Gambar 2.5. Pengaruh kadar ion Cl ⁻ terhadap laju korosi. ⁽¹⁴⁾	13
Gambar 2.6. Instalasi arus tanding dengan aliran arus dan elektron.....	16
Gambar 2.7. (a) Steel Grit G24 (b) Steel Shot S330 ⁽¹⁶⁾	26
Gambar 2.8. (a) Profil permukaan dengan menggunakan Steel Grit G24	27
(b) Profil permukaan dengan menggunakan Steel Shot S330 ⁽¹⁶⁾	27
Gambar 2.9. Keadaan ikatan di antarmuka antara lapisan polimer dengan substrat ⁽¹⁸⁾	30
Gambar 2.10. Mekanisme ikatan eksternal di antarmuka antara lapis lindung dan substrat ⁽¹⁸⁾	31
Gambar 2.11. Mekanisme ikatan mekanis antara lapis lindung dan substrat ⁽¹⁸⁾ ..	32
Gambar 2.12. Bentuk Filamen Korosi Filiform ⁽²⁰⁾	33
Gambar 2.13. <i>Millscale</i> pada permukaan metal.....	35
Gambar 2.14. Tingkat Karat pada metal berdasarkan ISO 8501-2003	36
Gambar 2.15. Tingkat Kebersihan Blast Cleaning Sa 2.5 berdasarkan ISO 8501-2003. Setelah kondisi permukaan memadai, paling lama 6 jam kemudian harus segera dilakukan pengecatan (primer).	38
Gambar 2.16. Inisiasi blistering dan propagasi pada daerah holiday ⁽²¹⁾	40

Gambar 2.17. Mekanisme <i>Cathodic disbondment</i> lapisan cat pada baja dalam larutan jenuh $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan NaCl . ⁽⁵⁾	41
Gambar 2.18. Lapisan FBE yang mengalami <i>Cathodic disbondment</i> ,(a) dengan holiday (b) area yang sama setelah blister di lepaskan ⁽²²⁾	42
Gambar 2.19. Pengujian <i>Cathodic disbondment</i> (attached cell method)	43
Gambar 3.1. Pengujian Blotter Test	48
Gambar 3.2. (a) Testex Press O Film Replica Tape, (b)Dial Thickness Gauge ...	49
Gambar 3.3. Alat Scanning Electron Microscope	50
Gambar 3.4. Ford Cup No. 4	51
Gambar 3.5. (a) Alat Uji Ketebalan Film Basah, (b) Cara meletakkan alat terhadap substrat	53
Gambar 3.6. Alat Uji Ketebalan Film Kering, Electronic Gage Type: PosiTector 6000	54
Gambar 3.7. Uji Holiday Test, Wet Sponge Method	55
Gambar 3.8. (a) Alat Uji Adhesi, Pull Off Adhesion Method, (b) Skema pengujian	56
Gambar 3.9. Sampel Pengujian <i>Cathodic disbondment</i>	57
Gambar 3.10. Skematik Pengujian <i>Cathodic disbondment</i>	59
Gambar 3.11. Diagram alir penelitian	61
Gambar 4.1. A. Sampel uji memiliki tingkat karat Grade C, B. Standard gambar acuan SSPC-Vis 1	62
Gambar 4.2. Gambar 4.2 . Sampel uji yang telah dipotong dan dipreparasi ”Grit Blasting”, A.Persiapan permukaan SP 7, B. Persiapan permukaan SP 6, C. Persiapan permukaan SP 10	63
Gambar 4.3. Pengujian hasil persiapan permukaan SP 7 dengan acuan gambar SSPC Vis 1	64

Gambar 4.4. Pengujian hasil persiapan permukaan SP 6 dengan acuan gambar SSPC Vis 1.....	64
Gambar 4.5. Pengujian hasil persiapan permukaan SP 10 dengan acuan gambar SSPC Vis 1.....	64
Gambar 4.6. Hasil uji SEM Sampel 2 ,pembesaran 150X pada profil permukaan SP7.....	67
Gambar 4.7. Hasil uji SEM Sampel 10, pembesaran 150X pada profil permukaan SP6.....	68
Gambar 4.8. Hasil uji SEM Sampel 16, pembesaran 150X pada profil permukaan SP10.....	69
Gambar 4.9. Perbandingan Sampel setelah pengujian <i>Cathodic disbondment</i> selama 28 hari, dengan variasi paparan tegangan uji. A. Sampel no.4,10,16 (-0.5 Volt). B. Sampel no.5,11,17 (-0.85 Volt). C Sampel no. 6,12,18 (-2 Volt).....	71
Gambar 4.10. Hubungan Tegangan Proteksi vs pH larutan.....	73
Gambar 4.11. Hubungan Tegangan Proteksi vs Radius <i>Disbondment</i>	75
Gambar 4.12. Hubungan Tegangan Proteksi vs Sifat Adhesi.....	76
Gambar 4.13. Distribusi arus pada area <i>Holiday</i> ⁽⁴⁾	77
Gambar 4.14. Hubungan Persiapan Permukaan vs Sifat Adhesi (sebelum CD Test)	78
Gambar 4.15. Persiapan Permukaan vs Radius <i>Disbondment</i>	79
Gambar 4.16. Persiapan Permukaan vs Kekuatan Adhesi	80
Gambar 4.17. Percitraan foto mikro sampel paparan 0.85 V, area uji <i>Pull-Off</i> <i>Adhesion Test</i> dengan perbesaran 200x	82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pencitraan SEM untuk variasi preparasi permukaan sampel.....85

