

**PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN ASAM SITRAT DAN
TEMPERATUR PASIVASI TERHADAP KETAHANAN
KOROSI SUMURAN PADA *HEAT AFFECTED ZONE* (HAZ)
BAJA TAHAN KARAT 316L**

TUGAS AKHIR

**MUHAMMAD ABDURRAHMAN
123.11.004**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material



**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
SEPTEMBER 2015**

**PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN ASAM SITRAT DAN
TEMPERATUR PASIVASI TERHADAP KETAHANAN
KOROSI SUMURAN PADA *HEAT AFFECTED ZONE* (HAZ)
BAJA TAHAN KARAT 316L**

TUGAS AKHIR

**MUHAMMAD ABDURRAHMAN
123.11.004**



**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
SEPTEMBER 2015**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Muhammad Abdurrahman

NIM : 123.11.004

Tanda Tangan :

Tanggal : Jumat, 18 September 2015

**PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN ASAM SITRAT DAN
TEMPERATUR PASIVASI TERHADAP KETAHANAN
KOROSI SUMURAN PADA *HEAT AFFECTED ZONE* (HAZ)
BAJA TAHAN KARAT 316L**

TUGAS AKHIR

**MUHAMMAD ABDURRAHMAN
123.11.004**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material

Menyetujui,

Kota Deltamas, 18 September 2015

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Dr-Eng. Ir. Akhmad Ardian Korda, ST., M.T.
NIP. 197412042008011011

Ir. Soleh Wahyudi, M.T.

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Metalurgi dan Material

Dr-Eng. Ir. Akhmad Ardian Korda, ST., MT.
NIP. 197412042008011011

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur ke hadirat Allah SWT karena dengan berkat lindungan dan karunia-Nyalah akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir sarjana dengan judul “Pengaruh Konsentrasi Asam Sitrat dan Temperatur Pasivasi Terhadap Ketahanan Korosi Sumuran (*Pitting Corrosion*) Pada *Heat Affected Zone* (HAZ) Baja Tahan Karat 316L” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik dan Desain Institut Teknologi dan Sains Bandung. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr-Eng. Ir. Akhmad Ardian Korda, ST., M.T., sebagai ketua Program Studi Teknik Metalurgi dan Material ITSB sekaligus pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pemikiran, ilmu dan waktunya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ir. Soleh Wahyudi, MT., selaku co-pembimbing atas waktu, ilmu, motivasi, arahan, masukan, nasihat yang bermanfaat dan pengalaman yang telah diberikan kepada penulis.
3. Dr. Edi Agus Basuki, M.Sc., selaku kepala laboratorium korosi dan elektrometalurgi yang telah mengizinkan penulis melakukan pengujian korosi dan menggunakan fasilitas di laboratorium korosi tersebut.
4. Bapak Syarif Munajat, selaku supervisor PT Patra Mitra Trivestama yang telah memberikan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Killang Pratama, ST., MT. yang telah berbagi pengalaman dan ilmu korosinya dalam penyelesaian penelitian tugas akhir sarjana.
6. Dosen-dosen yang mengajar Teknik Metalurgi dan Teknik Material ITSB yang selama ini telah berkenan meluangkan waktunya untuk memberi ilmu kepada kami.

7. Bapak Cep Kusnindar, yang telah membantu saat penulis mempersiapkan penelitian di Laboratorium Elektrometalurgi dan Korosi.
8. Orangtua tercinta Bontir dan Musih atas jasanya yang tak terhingga, atas dukungan baik moril maupun materil, serta do'a yang dipanjatkan selama ini untuk keberhasilan penulis untuk mencapai apa yang dicita-citakannya.
9. Kelima kakak penulis : Nurdin Hidayat, Haryanto, Suherman, Suherli dan Ramdani. Tanpa doa dan dukungan kalian, penulis tidak akan bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Rizky Kania Novianti yang telah banyak memberikan motivasi dan doa kepada penulis dalam menyelesaikan tugas Akhir ini.
11. Kawan-kawan Himatama ITSB yang telah banyak memberikan cerita selama di masa kuliah ini serta atas doa dan dukungannya selama penulis mengerjakan Tugas Akhir ini.
12. Rekan-rekan S1 angkatan 2011 dan 2010 : Tri, Lagang, Daken, Asep, Difta, Azmi, Okta, Gian, bang Sunoto, Alfi, Raihan dan bang Reza yang telah berbagi pengalaman dan mendukung dalam penyelesaian penelitian Tugas Akhir sarjana.
13. Rekan-rekan seperjuangan : M. Fathul Qarib, Vicky Fahri, M. Baitul, Dwiky Adi, Fajar Maulana, Ardhi Sumartono dan Koko yang telah memberikan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
14. Pihak-pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat kekurangannya. Saran dan kritik yang membangun penulis harapkan. Namun demikian penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan ilmu dan berkah yang bermanfaat baik bagi semua pihak yang memerlukan dan membacanya.

Kota Deltamas, 7 September 2015

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Institut Teknologi dan Sains Bandung, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Abdurrahman
NIM : 123.11.004
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik dan Desain
Jenis karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi dan Sains Bandung **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Pengaruh konsentrasi asam sitrat dan temperature pasivasi terhadap ketahanan korosi sumuran pada Heat Affected Zone (HAZ) baja tahan karat 316L”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Institut Teknologi dan Sains Bandung 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 : Kota Deltamas

Pada tanggal : Jumat, 18 September 2015

Yang menyatakan

(Muhammad Abdurrahman)

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Ruang Lingkup penelitian	3
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Baja Tahan Karat 316L	8
2.2. Pengaruh Pengelasan Stainless Steel 316L	9
2.3. Pengaruh Ion Klorida	10
2.4. Korosi Sumuran (<i>Pitting</i>)	12
2.5. Pasivasi	20
2.6. Polarisasi dan Tahanan Polarisasi Linier	21
2.6.1. Polarisasi	21
2.6.2. Tahanan Polarisasi Linier	24
BAB III PROSEDUR DAN HASIL PERCOBAAN	27
3.1. Bahan dan Alat Penelitian	27
3.1.1. Bahan Penelitian	27
3.1.2. Peralatan Penelitian	28
3.2. Prosedur Percobaan	29
3.2.1. Preparasi Spesimen Pasivasi dan Uji	29
3.2.2. Proses Pasivasi menggunakan Larutan Asam Sitrat	30
3.2.3. Pengukuran Polarisasi Siklik dan Tahanan Polarisasi Linier	31
3.3. Hasil Percobaan	33
3.3.1. Hasil Pengujian Spektrometer	33
3.3.2. Hasil Pengujian Scanning electron Microscope dan Energy Dispersion X-ray	33
3.3.3. Hasil Pengukuran Polarisasi Siklik dan Tahanan Polarisasi Linier	35

3.3.4.	Pengamatan Morfologi Permukaan dengan Mikroskop Optik	36
BAB IV	PEMBAHASAN	37
4.1.	Hasil Pengujian Spektrometer Baja Tahan Karat 316L	37
4.2.	Hubungan Antara Potensial Korosi dan Konsentrasi Asam Sitrat	38
4.3.	Analisis Hasil SEM dan EDX.....	39
4.4.	Analisis Hasil Uji Polarisasi Siklik	41
4.5.	Analisis Tahanan Polarisasi, Rapat Arus Korosi, dan Laju Korosi Terhadap Konsentrasi Asam Sitrat	42
4.6.	Analisis Morfologi Permukaan Pada Baja Tahan Karat 316L	45
4.6.1.	Analisis Morfologi Permukaan Pada Sampel <i>Base Metal</i> Baja Tahan Karat 316L.....	45
4.6.1.	Analisis Morfologi Permukaan Pada Sampel HAZ Baja Tahan Karat 316L	48
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1.	Kesimpulan	50
5.2.	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram alir penelitian tugas akhir.	5
Gambar 2.1. Endapan khrom karbida	9
Gambar 2.2. Fenomena sensitisasi	9
Gambar 2.3 Kurva polarisasi stainless steel 316 dalam larutan 3.5% NaCl sebelum dan sesudah dilas	10
Gambar 2.4. (a) Kurva polarisasi stainless steel 316 dalam larutan 9.1M H ₂ SO ₄ (48.5%) tanpa penambahan NaCl (b) Kurva polarisasi stainless steel 316 dalam larutan 9.1M H ₂ SO ₄ (48.5%) dengan penambahan 20g/L NaCl.	11
Gambar 2.5. (a) Kurva polarisasi stainless steel 316 dalam larutan 18.2M H ₂ SO ₄ (97%) tanpa penambahan NaCl (b) Kurva polarisasi stainless steel 316 dalam larutan 18.2M H ₂ SO ₄ (97%) dengan penambahan 20g/L NaCl.....	12
Gambar 2.6..Berbagai bentuk <i>cross section</i> dari <i>pit</i>	13
Gambar 2.7. Skema penentuan potensial pitting E _{pit} dari polarisasi anodik.	14
Gambar 2.8. Pengukuran potensial korosi pada <i>alloy</i> tahan korosi dalam larutan asam FeCl ₃	15
Gambar 2.9. Skema proses terjadinya pertumbuhan <i>pit</i> pada besi.....	16
Gambar 2.10. Sumuran pada <i>stainless steel</i> tipe 304	17
Gambar 2.11. Polarisasi siklik yang menghasilkan <i>pitting</i> , E _{pit} dan potensial E _{prot}	18
Gambar 2.12. Polarisasi siklik untuk <i>alloy</i> yang tahan terhadap <i>pitting</i>	19
Gambar 2.13. Pengaruh polarisasi yang lebih lama diatas E _{pit} dan E _{prot} ditentukan oleh polarisasi siklik	19
Gambar 2.14. Kurva polarisasi anodik dan katodik yang memperlihatkan daerah aktif-pasif-transpasif	22
Gambar 2.15. Kurva polarisasi memperlihatkan tafel slope anodik dan katodik	24
Gambar 2.16. Kurva pengukuran tahanan polarisasi.....	25
Gambar 3.1. Skema persiapan spesimen pasivasi dan uji polarisasi	30
Gambar 3.2. Skema proses pasivasi menggunakan larutan asam sitrat.....	31
Gambar 3.3. Rangkaian pengukuran polarisasi siklik	32
Gambar 3.4. Skema sel polarisasi.....	32
Gambar 3.5. Morfologi permukaan baja tahan karat 316L setelah pengukuran polarisasi siklik dan tahanan polarisasi linier.....	34
Gambar 4.1. Potensial korosi (V) vs konsentrasi asam sitrat (% wt) pada sampel <i>base metal</i> dan HAZ baja tahan karat 316L yang dipasivasi	38
Gambar 4.2. Hasil EDX pada sampel <i>base metal</i> yang dipasivasi dengan asam sitrat 10% pada temperatur 25 ⁰ C.....	39
Gambar 4.3. Hasil EDX pada sampel HAZ yang dipasivasi dengan asam sitrat 10% pada temperatur 25 ⁰ C.....	40
Gambar 4.4. Kurva polarisasi siklik baja tahan karat 316L pada sampel <i>base metal</i> dalam larutan infus NaCl 0.9% wt	41
Gambar 4.5. Kurva polarisasi siklik baja tahan karat 316L pada sampel HAZ dalam larutan infus NaCl 0.9% wt	42
Gambar 4.6. Grafik tahanan polarisasi vs konsentrasi asam sitrat pada temperatur 25 ⁰ C	43

Gambar 4.7. Grafik laju korosi (mm/y) vs konsentrasi asam sitrat pada temperatur 25 ⁰ C	44
Gambar 4.8. Gambar 4.8 Grafik tahanan polarisasi vs temperatur pasivasi (⁰ C) pada konsentrasi asam sitrat 4%wt pada daerah BM dan HAZ baja tahan karat 316L yang dipasivasi	45
Gambar 4.9. Morfologi permukaan korosi pada <i>base metal</i> SS 316L yang dipasivasi dengan konsentrasi asam sitrat (a) 0%, (b) 4% (25 ⁰ C), (c) 8% (25 ⁰ C) dan (d) 10% (25 ⁰ C).....	46
Gambar 4.10. Tahap-tahap proses terjadinya korosi <i>pitting</i>	47
Gambar 4.11. Morfologi permukaan korosi pada <i>base metal</i> SS 316L yang tidak dilakukan pasivasi (0% wt asam sitrat) dengan pembesaran 50x	47
Gambar 4.12. Morfologi permukaan korosi pada HAZ SS 316L yang dipasivasi dengan konsentrasi asam sitrat (a) 0%, (b) 4% (25 ⁰ C), (c) 8% (25 ⁰ C) dan (d) 10% (25 ⁰ C)	48
Gambar 4.11. Morfologi permukaan korosi pada HAZ SS 316L yang tidak dilakukan pasivasi (0% wt asam sitrat) dengan pembesaran 50x	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil pengukuran polarisasi anodik <i>stainless steel</i> 316L dalam larutan 3.5% NaCl sebelum dan sesudah dilas	9
Tabel 2.2 Hasil pengukuran polarisasi anodik <i>stainless steel</i> 316 dalam larutan H ₂ SO ₄	11
Tabel 3.1 Rancangan percobaan.....	27
Tabel 3.2 Bahan dasar penelitian.....	28
Tabel 3.3 Komposisi kimia sampel <i>stainless steel</i> 316L hasil analisis spectrometer.	34
Tabel 3.4 Hasil pengukuran potensial korosi, tahanan polarisasi, rapat arus korosi dan laju korosi <i>base metal</i> pada temperatur 25 ⁰ C.	35
Tabel 3.5 Hasil pengukuran potensial korosi, tahanan polarisasi, rapat arus korosi dan laju korosi HAZ pada temperatur 25 ⁰ C.....	35
Tabel 3.6 Hasil pengukuran tahanan polarisasi BM dan HAZ pada konsentrasi 4% wt di berbagai temperatur.	35
Tabel 4.1. Hasil uji spektrometer baja tahan karat 316L dan standar (Annual Book of ASTM A-276, Standard Specification for <i>Stainless steel</i> Bars and Shapes, 2004)	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian SEM	54
Lampiran 2 Hasil Pengujian Tahanan Polarisasi Linier	56
Lampiran 3 Peralatan yang Digunakan Pada Penelitian	61
Lampiran 4 Hasil Pengujian Spektrometer	63