

## **TUGAS AKHIR**

# **ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN BAJA ST 37 DENGAN PENGELASAN DI DARAT, DI DALAM AIR TAWAR DAN DI DALAM AIR LAUT**



**Diajukan Untuk Memenuhi Tugas dan Syarat-syarat Guna  
Memperoleh Gelar Sarjana S1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Disusun :**

**TOMMY PRASETYAWAN**

**NIM : D200130225**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

### **ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN BAJA ST 37 DENGAN PENGELASAN DI DARAT, DI DALAM AIR TAWAR DAN DI DALAM AIR LAUT**

yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan/atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagai mana mestinya.

Surakarta, 28 desember 2016

Yang menyatakan,



Tommy Prasetyawan

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas akhir berjudul “Analisa Kekuatan Sambungan Baja ST 37 Dengan Pengelasan di Darat, di Dalam Air Tawar dan di Dalam Air Laut”, telah disetujui oleh pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : TOMMY PRASETYAWAN

NIM : D200 130 225

Disetujui pada:

Hari : Senin

Tanggal : 14 November 2016

Pembimbing Utama



**Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, PhD**

Pembimbing Pendamping



**Agus Yulianto ST, MT**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir berjudul “Analisa Kekuatan Sambungan Baja ST 37 Dengan Pengelasan di Darat, di Dalam Air Tawar dan di Dalam Air Laut”, telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh:

Nama : TOMMY PRASTYAWAN

NIM : D200 130 225

Disahkan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 14 November 2016

Dewan penguji :

Ketua : Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, PhD (.....)


Anggota 1 : Agus Yulianto ST, MT (.....)

Anggota 2 : Ir. Ngafwan, MT (.....)

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah  
Surakarta

  
Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D

Ketua Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Muhammadiyah  
Surakarta

  
Tri Widodo B, ST., MSc., PhD.

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Berdasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta  
425/A.3-II/TM/TA/XII/2015.  
Nomor ..... Tanggal ..... 11 Desember 2015  
dengan ini :

Nama : Agus Dwi Anggono, Ph.D  
Pangkat/Jabatan : Asisten Ahli  
Kedudukan : Pembimbing Utama / Pembimbing Kedua \*)  
memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa :

Nama : Tommy Prasetyawan  
Nomor Induk : D 200 130 225  
NIRM : -  
Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir  
Judul/Topik : ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN BAJA ST 37 DENGAN PENGELASAN DI DARAT  
Rincian Soal/Tugas : , DI DALAM AIR TAWAR DAN DI DALAM AIR LAUT

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, ..... 11 Desember 2015.....

Pembimbing

Agus Dwi Anggono, Ph.D

Cc. : Agus Yulianto, ST, MT  
Lektor

Keterangan :

\*) Coret salah satu

1. Warna biru untuk Kajur
2. Warna kuning untuk Pembimbing I
3. Warna merah untuk Pembimbing II
4. Warna putih untuk mahasiswa

## MOTTO

*“Jika saya mencoba yang terbaik dan gagal, setidaknya saya telah melakukan yang terbaik.”*

*( Steve Jobs )*

*“Sukses bukanlah akhir dari segalanya, kegagalan bukanlah sesuatu yang fatal namun keberanian untuk meneruskan kehidupanlah yang diperhatikan.”*

*(Sir Winston Churchill)*

*“ Sukses adalah guru yang buruk. Dia menggoda orang cerdas untuk berpikir bahwa mereka tidak bisa gagal.”*

*(Bill Gates)*

*“Mencari pengetahuan adalah wajib bagi setiap muslim.”*

*( Nabi Muhammad SAW )*

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Dengan kerendahan hatiku persembahkan karya sederhana ini kepada:*

- 1. Ibu dan Bapak tercinta yang mengajarkan prinsip hidup.*
- 2. Adik tercinta yang selalu mendukungku dan memberi motivasi.*
- 3. Teman-teman transfer Teknik Mesin Universitas Muammadiyah Surakarta yang selalu memberi masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.*
- 4. Seluruh teman-teman Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.*

*Semoga tugas akhir ini membawa kebermanfaatan. Jika hidup bisa kuceritakan di atas kertas, entah berapa banyak yang dibutuhkan hanya untuk kuucapkan terima kasih.*

## ABSTRAKSI

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan, dan analisa foto mikro dan makro dari sambungan las baja ST 37 yang di las di dalam air tawar, air laut, dan di darat. Standard yang di gunakan untuk pengujian kekuatan tarik menggunakan standard AWS B4.0, untuk pengujian kekerasan menggunakan standar ASTM E 384, untuk foto makro dan mikro menggunakan standard ASTM E3/E7.*

*Proses penelitian ini dibagi menjadi tiga yaitu proses pengelasan, proses pengujian, proses menarik kesimpulan. Proses pengelasan dilakukan dengan bantuan penempat benda kerja dan di dalam air menggunakan bak air, selanjutnya pengelasan dilakukan dengan parameter kedalaman pengelasan di dalam air sebesar 0,15 m dan arus listrik sebesar 140 ampere.*

*Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sambungan las Baja ST 37 yang di las didalam air laut mempunyai tegangan Tarik maksimum paling tinggi yaitu sebesar 373,13 MPa dengan regangan 15,99%, dan paling rendah pengelasan di dalam air tawar sebesar 323,56 MPa dengan regangan 15.06 %. Nilai kekerasan paling tinggi pada pengelasan air tawar 253,4 VHN, paling rendah pada pengelasan darat sebesar 184,3 VHN hal ini di dukung dengan analisa foto mikro pada pengelasan air tawar struktur mikro lebih kecil dari pada pengelasan darat.*

**Kata kunci :** Pengelasan, Pengelasan bawah air, Baja ST 37.



## ABSTRACT

*The objective of this study is determine tensile strength, hardness, and micro/ macro picture from welding joint welded under fresh water, welding joint welded under sea water, and welding joint welded on the ground. This study use standard code to testing there are AWS B4.0 for ultimate tensile strength, ASTM E384 for hardness, ASTM E3/E7 for macro/micro picture.*

*This study have 3 process there are welding process, testing process, conclusion. Welding process using jig and water container. The process of welding located on 0.15 m depth underwater and using 140 ampere welding current.*

*Result of this study is shown the biggest value of tensile strength is welding joint welded in under seawater the value is 373,13 Mpa with strain 15,99% and the smallest value is welding joint welded in under fresh water the value is 323,56 Mpa with strain 15,06%. The highest value of hardness testing is welding joint welded in under fresh water the value is 253,4 VHN, and the smallest value is welding joint welded on the ground the value is 184,3 VHN, The result were supported by the views of weld zone photo micro. It was seen smaller grain size of micro structure at welding joint welded under fresh water compared to welding joint welded on the ground specimen.*

**Kata kunci :** *Welding, Underwater welding, ST 37 steel.*

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum. Wr. Wb.*

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya sehingga penyusunan laporan penelitian ini dapat terselesaikan .

Tugas Akhir berjudul “ **ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN BAJA ST 37 DENGAN PENGELASAN DI DARAT, DI DALAM AIR TAWAR DAN DI DALAM AIR LAUT** ”dapat terselesaikan atas dukungan dari beberapa pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis dengan segala ketulusan dan keikhlasan hati ini menyampaikan rasa terimakasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. **Bapak Ir. Sri Sunarjono,MT., Ph.D.** Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. **Bapak Tri Widodo BR., ST., MSc., Ph.D.** Selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. **Bapak Agus Dwi Anggono., ST., M.Eng., Ph.D.** Selaku dosen pembimbing utama terima kasih telah banyak memberikan banyak waktu, ilmu, saran, arahan dan motifasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. **Agus Yulianto., ST., MT.** Selaku dosen pembimbing pendamping terima kasih untuk meluangkan waktu, pengarahan, bimbingan dan dorongan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

5. **Seluruh Dosen** yang telah membimbing ku selama ini, memberi pengajaran ilmu dan segala hal baik yang telah kuperoleh.
6. **Ibu dan Bapak** tercinta yang senantiasa dengan kebesaran hatinya memberikan dukungan dan dorongan baik moril maupun materiil, semoga kalian sehat selalu, panjang umur, banyak rejeki, dikuatkan iman islamnya dan bisa melihat anak mu sukses dan tak akan kulupakan pengorbanan kalian yang begitu besarnya pada anak mu ini, amin.
7. Kawan-kawan **Teknik Mesin UMS** dan Kawan-kawan **Transfer Teknik Mesin UMS** yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan penulis satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca akan penulis terima dengan senang hati.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Surakarta, Juni2016

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR .....	v
LEMBAR MOTTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
ABSTRAKSI .....	viii
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4

1.6	Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....		7
2.1.	Kajian Pustaka.....	7
2.2.	Landasan Teori.....	9
2.2.1.	Pengelasan SMAW .....	9
2.2.2.	Mekanisme Kerja Mesin Las SMAW .....	10
2.2.3.	Jenis Arus Mesin Las SMAW .....	11
2.2.4.	Parameter Pengelasan .....	12
2.2.5.	Pengelasan Bawah Air .....	17
2.2.6.	Baja .....	21
2.2.7.	Diagram Besi karbon.....	29
2.2.8.	<i>Time Temperatur Transformation</i> Diagram .....	36
2.2.9.	Pengujian Tarik .....	38
2.2.10.	Pengujian Kekerasan .....	42
2.2.11.	Pengujian Metalografi .....	43
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		44
3.1	Tahapan Penelitian.....	44
3.2	Persiapan Bahan Dan Alat.....	45
3.2.1	Bahan .....	45
3.2.2	Alat .....	46

3.3	Prosedur Penelitian .....	51
3.3.1	Studi Pustaka.....	51
3.3.2	Studi Lapangan.....	52
3.3.3	Persiapan Bahan Dan Alat.....	52
3.3.4	Proses Pengelasan SMAW .....	52
3.3.5	Pengujian Tarik.....	57
3.3.6	Pengujian Kekerasan .....	58
3.3.7	Pengujian Foto Makro Dan Mikro .....	60
BAB IV KESIMPULAN.....		62
4.1.	Hasil Pengelasan.....	62
4.2.	Struktur Mikro .....	65
4.2.1.	Base metal .....	66
4.2.2.	HAZ .....	68
4.2.3.	<i>Weld nugget</i> .....	70
4.3.	Foto Makro .....	74
4.4.	Pengujian Tarik.....	77
4.5.	Pengujian Kekerasan.....	85
BAB V.....		92
5.1.	Kesimpulan.....	92
5.2.	Saran.....	93

DAFTAR PUSTAKA.....	94
LAMPIRAN .....	96

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengelasan SMAW .....	10
Gambar 2.2 Melelehnya Logam Elektroda .....	10
Gambar 2.3 Underwater <i>Wet Welding</i> (Haryadi, 2007) .....	19
Gambar 2.4 Mekanisme pengelasan <i>Wet Welding</i> (Keats, 2014) .....	19
Gambar 2.5 Ruang khusus <i>Dry Welding</i> (Haryadi, 2007).....	21
Gambar 2.6 Diagram besi karbon (Callister & Rethwisch, 2007).....	29
Gambar 2.7 Struktur mikro baja atau besi pada fasa ferit (Callister & Rethwisch, 2007) .....	32
Gambar 2.8 Struktur mikro besi pada fasa perlit (“Steel,” 2007).....	32
Gambar 2.9 Struktur mikro besi pada fasa austenit (Callister & Rethwisch, 2007; Sukma, 2010) .....	33
Gambar 2.10 Struktur mikro besi pada fasa sementit (“Steel,” 2007) ....	34
Gambar 2.11 Struktur mikro besi pada fasa martensit (Sukma, 2010) ....	35
Gambar 2.12 (a) lath martensite (b) plate martensit (ASM Handbook Metallography and Microstructures) .....	35
Gambar 2.13 Diagram Transformasi martensite (ASM Handbook Metallography and Microstructures) .....	36
Gambar 2.14 <i>Time Temperature Transformation Diagram</i> (Callister & Rethwisch, 2007) .....	36
Gambar 2.15 Diagram regangan tegangan (Brien & Jenney, 2001) .....	39
Gambar 2.16 Lasan penetrasi penuh menerima beban tarik.....	40



Gambar 2.17 Lasan penetrasi tidak penuh .....	41
Gambar 2.18 Spesimen Standar AWS B.4 .....	42
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian .....	44
Gambar 3.2 Baja Seri ST 37.....	45
Gambar 3.3 Elektroda seri 6013 .....	46
Gambar 3.4 Mesin Las Daiden MMA 220 hd .....	47
Gambar 3.5 Gerinda Potong Maktec MT 420.....	48
Gambar 3.6 Gerinda Tangan .....	48
Gambar 3.7 Alat uji tarik SANS.....	49
Gambar 3.8 Alat uji Kekerasan .....	50
Gambar 3.9 Alat Uji Struktur Mikro .....	51
Gambar 3.10 Alat Uji Foto Makro.....	51
Gambar 3.11 Bak Air .....	54
Gambar 3.12 Penempat Benda Kerja .....	54
Gambar 3.13 Sarung Tangan .....	55
Gambar 3.14 Proses Pengelasan dibawah air .....	57
Gambar 3.15 Spesimen Uji Tarik.....	58
Gambar 3.16 Spesimen Uji Kekerasan .....	58
Gambar 3.17 Posisi titik pengujian kekerasan .....	59
Gambar 4.1 Daerah Pengelasan SMAW .....	65
Gambar 4.2 <i>Base metal</i> Pengelasan Di darat (A) Ferrit (B) Pearlit .....	66
Gambar 4.3 <i>Base metal</i> Pengelasan didalam air tawar (A) Ferrit (B) Perlit .....	66

Gambar 4.4 <i>Base metal</i> Pengelasan didalam air Laut (A) Ferrit (B) Perlit .....	67
Gambar 4.5 HAZ Pengelasan di darat (S) Sementit (P) Perlit (F) ferrit ...	68
Gambar 4.6 HAZ Pengelasan di dalam air tawar (P) Perlit (F) ferrit .....	68
Gambar 4.7 HAZ Pengelasan di dalam air laut (P) Perlit (F) ferrit.....	69
Gambar 4.8 Weld Nugget Pengelasan di darat (P) Perlit (F) ferrit.....	70
Gambar 4.9 <i>Weld nugget</i> Pengelasan di dalam air tawar (F) ferrit (M) Martensit.....	71
Gambar 4.10 <i>Weld nugget</i> Pengelasan di dalam air laut (F) ferrit (M) Martensit.....	71
Gambar 4.11 Diagram TTT untuk transformasi martensite pada proses <i>quenching</i> dengan media (a) air tawar (b) air asin (ASM Handbook Heat Treating 1991) .....	73
Gambar 4.12 Retak pada pengelasan darat .....	74
Gambar 4.13 Terak yang terperangkap pengelasan air tawar .....	75
Gambar 4.14 Gas yang terperangkap pengelasan air laut .....	76
Gambar 4.15 Dimensi spesimen AWS B.4 dan Hasil Pembuatan Spesimen Uji tarik.....	77
Gambar 4.16 Grafik Tegangan Regangan pengelasan di dalam air tawar .....	78
Gambar 4.17 Grafik Tegangan Regangan pengelasan di dalam air Laut	79
Gambar 4.18 Grafik Tegangan Regangan pengelasan di darat .....	80
Gambar 4.19 Hasil Perbandingan Ultimate Tensile Strength .....	82

Gambar 4.20 Hasil Perbandingan Regangan.....	84
Gambar 4.21 Desain Pengujian Kekerasan. ....	85
Gambar 4.22 Grafik Kekerasan Pengelasan di darat. ....	86
Gambar 4.23 Grafik Kekerasan Pengelasan di dalam air tawar .....	87
Gambar 4.24 Grafik Kekerasan Pengelasan di dalam air laut.....	88
Gambar 4.25 Grafik Perbandingan Kekerasan .....	89
Gambar 4.26 Grafik Perbandingan kekerasan rata rata.....	90

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Diameter Elektroda dan Besar Arus (AWS A5.1) .....	12
Tabel 3.1 Jumlah spesimen pengelasan untuk uji tarik .....	53
Tabel 3.2 Jumlah spesimen pengelasan untuk uji kekerasan dan foto mikro/makro.....	53
Tabel 4.1 Hasil Pengelasan SMAW di tempat yang berbeda .....	62
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Tarik .....	81