

**ANALISIS PENGARUH *TEMPERING* PADA PIPA BAJA KARBON  
HASIL PENGELASAN SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) TERHADAP  
KEKUATAN TARIK, KEKERASAN DAN MIKROSTRUKTUR**

Tugas Akhir

Untuk memenuhi salah satu persyaratan

Penyusunan Tugas Akhir



Diajukan oleh:

NAMA : AFIFUDIN

NIM : 143010003

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS WAHID HASYIM SEMARANG  
2019**



## FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS WAHID HASYIM

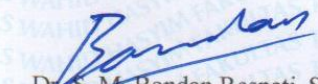
### HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN

#### ANALISIS PENGARUH *TEMPERINING* PADA PIPA BAJA KARBON HASIL PENGELASAN SMAW (*SHIELD METAL ARC WELDING*) TERHADAP KEKUATAN TARIK, KEKERASAN DAN MIKROSTRUKTUR


Telah diperiksa dan disetujui untuk dipertahankan dihadapan Dewan Penguji Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.

Pada :  
Hari : Jumat  
Tanggal : 15 Februari 2019.

Pembimbing I

  
Dr. S. M. Bondan Respati, S.T., M.T.  
NIDN. 0613017702

Pembimbing II

  
Dr. H. Helmy Purwanto, S.T., M.T.  
NIDN. 0610047501



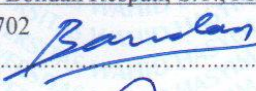
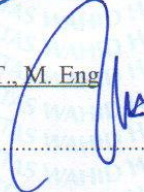
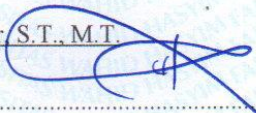


## FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS WAHID HASYIM

### HALAMAN PENGESAHAN UJIAN

Nama Mahasiswa : Afifudin  
NIM : 143010003  
Judul TA : **ANALISIS PENGARUH *TEMPERINING* PADA  
PIPA BAJA KARBON HASIL PENGELASAN  
SMAW (*SHIELD METAL ARC WELDING*)  
TERHADAP KEKUATAN TARIK, KEKERASAN  
DAN MIKROSTRUKTUR**  
Tanggal Ujian : 12 Februari 2019


Telah dipertahankan dan direvisi didepan Dewan Penguji Tugas Akhir Progam Studi  
Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas wahid Hasyim Semarang.

1. Penguji 1  
Nama : Dr. S. M. Bondan Respati, S.T., M.T.  
NIDN : 0613017702  
Tanda Tangan : 
2. Penguji 2  
Nama : Darmanto, S.T., M. Eng  
NIDN : 0617047201  
Tanda Tangan : 
3. Penguji 3  
Nama : M. Dzulfikar S.T., M.T.  
NIDN : 0614019102  
Tanda Tangan : 

Semarang, Februari 2019

Mengetahui

Ketua Progam Studi Teknik Mesin

  
Dr. S. M. Bondan Respati, S.T., M.T.  
NIDN. 0613017702



## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Afifudin  
Nim : 143010003  
Program studi : Teknik Mesin

Menyatakan bahwa laporan penelitian ini tidak merupakan jiblanan dan juga bukan dari karya orang lain.

Semarang, 12 Februari 2019

Yang menyatakan



(Afifudin)

NIM:143010003



## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada ALLAH SWT, yang telah senantiasa melimpahkan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Laporan ini disusun untuk melengkapi kegiatan penelitian dan sebagai bukti bahwa penulis telah menempuh mata kuliah Tugas Akhir pada program studi Teknik Mesin Universitas Wahid Hasyim Semarang. Dalam Laporan ini penulis membahas mengenai “ANALISIS PENGARUH *TEMPERING* PADA PIPA BAJA KARBON HASIL PENGELASAN SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) TERHADAP KEKUATAN TARIK, KEKERASAN, DAN MIKROSTRUKTUR”.

Dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini banyak pihak yang telah membantu baik sebelum penyusunan, selama penyusunan maupun setelah penyusunan. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. S. M. Bondan Respati, S.T., MT., selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang dan Dosen pembimbing I
2. Bapak Dr. H. Helmy Purwanto, S.T., M.T., Dosen Wali dan Dosen pembimbing II
3. Bapak Darmanto, S.T., M.Eng., selaku koordinator Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis mohon kritik, saran dan masukan yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan dimasa yang akan datang.

Semarang, 12 Februari 2019

Penulis



Afifudin



## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

*Jangan menunda pekerjaan walaupun itu pekerjaan yang kecil.*

### PERSEMBAHAN

Puji syukur kusembahkan kepadamu Allah SWT yang Maha Agung dan Maha Tinggi dan Maha Adil nan Maha Penyayang, atas takdirmu telah kau jadikan aku manusia yang senantiasa berpikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal bagiku untuk meraih cita-cita besarku, maka dengan selesainya karya kecilku ini ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak, Ibu, yang telah memberikan kasih sayang serta doa dan mengajarkan arti kukuhnya tekat dalam mengarungi kehidupan yang sebenarnya.
2. Terima kasih kepada adikku tercinta Siti Nur Hidayah yang selalu memberikan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Terima kasih Dosen pembimbing 1 dan pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan ilmu yang tidak bisa kuhitung berapa banyaknya barakah dan do'anya.
4. Semua teman-teman Teknik Mesin Universitas Wahid Hasyim Semarang angkatan 2014 yang telah mendukung dan memberikan motivasi dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
5. Almamaterku.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN UJIAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>MOTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DATAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL</b> .....	xii
<b>ABSTRAK</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
I. 1. Latar Belakang .....	1
I. 2. Rumusan Masalah .....	2
I. 3. Batasan Masalah .....	3
I. 4. Tujuan Penelitian .....	3
I. 5. Manfaat penelitian .....	3
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA.</b>	
II. 1. Tinjauan pustaka .....	4
II. 2. Landasan teori .....	8
II. 2. 1 Pipa .....	8
II. 2. 2. Baja karbon .....	8
II. 2. 3. Pengertian las .....	11
II. 2. 4. Diagram Fe <sub>3</sub> C .....	21
II. 2. 5. Diagram CCT .....	22
II. 2. 6. Perlakuan panas .....	23
II. 2. 7. Uji struktur mikro .....	28
II. 2. 8. Uji kekerasan .....	30
II. 2. 9. Uji tarik .....	31

### **BAB III METODOLOGI**

III. 1. Alat dan Bahan yang Digunakan .....	34
III. 1. 1. Alat .....	34
III. 1. 2. Bahan .....	38
III. 2. Prosedur penelitian .....	38
III. 3. Variabel dalam penelitian .....	43
III. 4. Diagram alir penelitian .....	44

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

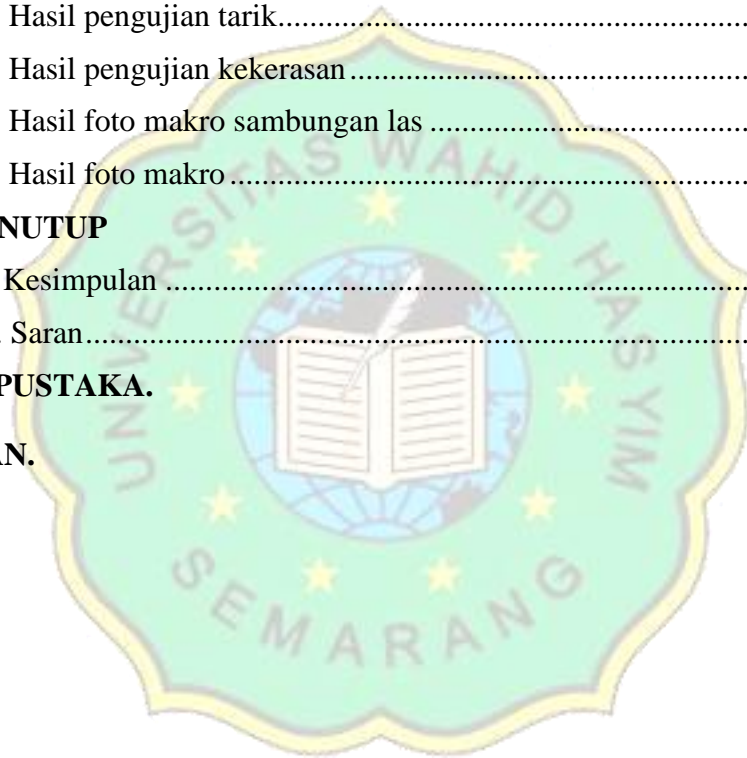
IV. 1. Hasil pengujian komposisi .....	46
IV. 2. Hasil pengujian tarik.....	46
IV. 3. Hasil pengujian kekerasan.....	50
IV. 4. Hasil foto makro sambungan las .....	53
IV. 5. Hasil foto makro .....	53

### **BAB V PENUTUP**

V. 1. Kesimpulan .....	61
V. 2. Saran.....	61

### **DAFTAR PUSTAKA.**

### **LAMPIRAN.**

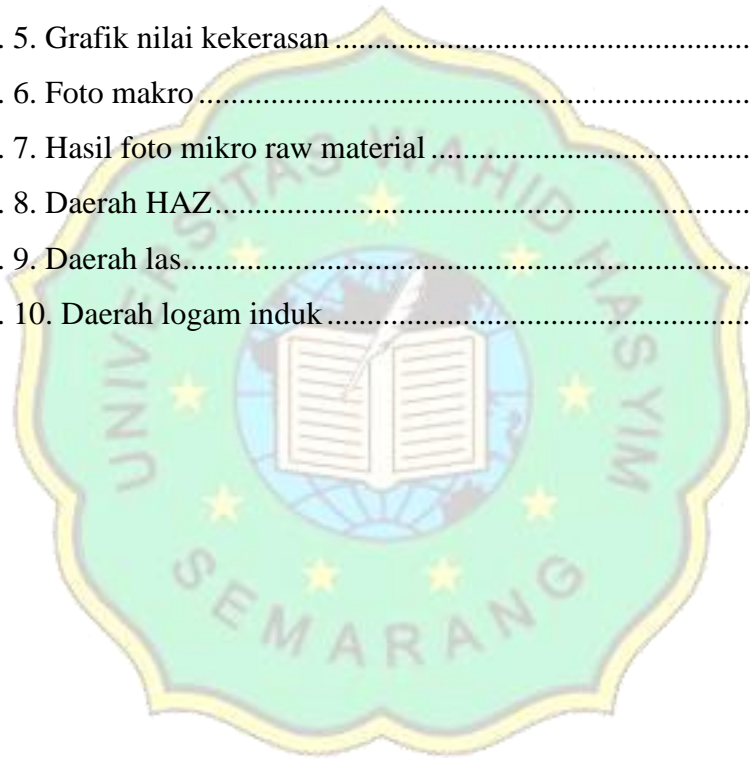




## DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1. Grafik ketangguhan impact .....	6
Gambar II. 2. Hubungan antara perlakuan benda uji terhadap nilai kekuatan tarik maksimum baja K-460 .....	6
Gambar II. 3. Las SMAW .....	12
Gambar II. 4. Bentuk kampuh sambungan las .....	15
Gambar II. 5. Arah pembekuan dari logam las .....	17
Gambar II. 6. Struktur mikro <i>acicular ferrite</i> (AF) dan <i>grain boundary</i> <i>ferrite</i> (GF) atau ferit batas butir .....	18
Gambar II. 7. Struktur mikro <i>grain boundary ferrite</i> dan ferite <i>widmanstatten</i> .....	19
Gambar II. 8. Perubahan struktur mikro pada logam yang mengalami pengelasan .....	19
Gambar II. 9. Perubahan sifat fisis pada sambungan las cair .....	20
Gambar II. 10. Transformasi fasa pada logam hasil pengelasan .....	21
Gambar II. 11. Diagram Fe <sub>3</sub> C .....	22
Gambar II. 12. Pengaruh laju pendinginan terhadap pembentukan struktur mikro baja karbon .....	23
Gambar II. 13. Diagram <i>tempering</i> .....	26
Gambar II. 14. Mekanisme uji kekerasan rockwell .....	31
Gambar II. 15. Kurva tegangan-regangan .....	32
Gambar II. 16. Standar uji tarik mengacu pada standar ASME IX .....	33
Gambar III. 1. Mesin las listrik .....	34
Gambar III. 2. Gas LPG dan oksigen .....	35
Gambar III. 3. <i>Thermometer infrared digital</i> .....	35
Gambar III. 4. Alat uji tarik .....	36
Gambar III. 5. Mikroskop Tipe XSZ-107BN .....	36
Gambar III. 6. (a) Alat uji kekerasan. (b) Indentor .....	37
Gambar III. 7. Alat poles .....	37
Gambar III. 8. Pipa baja karbon .....	38

Gambar III. 9. Elektroda E-7016.....	38
Gambar III. 10. Kampuh V tunggal .....	40
Gambar III. 11. Spesimen uji tarik.....	41
Gambar III. 12. Spesimen uji mikro.....	41
Gambar III. 13. Diagram alir penelitian.....	44
Gambar IV. 1. Grafik tegangan tarik dan tegangan luluh .....	47
Gambar IV. 2. Grafik regangan.....	49
Gambar IV. 3. Foto makro hasil uji tarik.....	50
Gambar IV. 4. Uji kekerasan.....	50
Gambar IV. 5. Grafik nilai kekerasan .....	52
Gambar IV. 6. Foto makro .....	53
Gambar IV. 7. Hasil foto mikro raw material .....	54
Gambar IV. 8. Daerah HAZ.....	55
Gambar IV. 9. Daerah las.....	57
Gambar IV. 10. Daerah logam induk.....	59



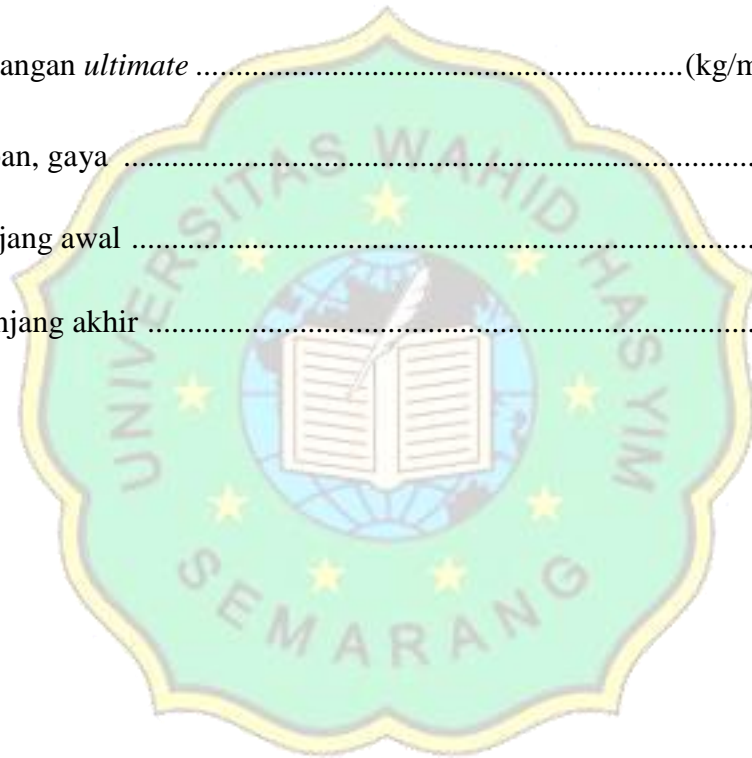
## DAFTAR TABEL

Tabel II.1. Hasil pengujian kekerasan.....	5
Tabel II. 2. Hasil pengujian impact.....	5
Tabel II.2. Klasifikasi dari baja karbon.....	9
Tabel II.4. Speksifikasi elektoda terbungkus dari baja lunak AWS A5.1.-64T .....	14
Tabel III.1. Speksifikasi mesin las listrik.....	34
Tabel IV. 1. Kandungan komposisi kimia pipa baja.....	46
Tabel IV. 2. Hasil rata-rata pengujian tarik.....	47
Table IV. 3. Hasil uji kekerasan.....	51



## DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

Simbol	Satuan
$A_0$ : Luas mula penampang .....	$(\text{mm}^2)$
$E$ : Modulus elastisitas bahan .....	$(\text{kg}/\text{mm}^2)$
$\epsilon$ : Regangan .....	$(\%)$
$\sigma$ : Tegangan .....	$(\text{kg}/\text{mm}^2, \text{N}/\text{mm}^2)$
$\sigma_u$ : Tegangan <i>ultimate</i> .....	$(\text{kg}/\text{mm}^2, \text{N}/\text{mm}^2)$
$F$ : Beban, gaya .....	$(\text{kg}, \text{N})$
$L_0$ : Panjang awal .....	$(\text{mm})$
$\Delta L$ : Panjang akhir .....	$(\text{mm})$





## **ABSTRAK**

*Pengelasan merupakan proses penyambungan dua buah logam atau lebih dengan cara mencairkan sebagian dari logam induk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tempering pada pipa baja karbon hasil pengelasan smaw (shield metal arc welding) terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan mikrostruktur. Tujuan dari proses tempering adalah untuk menghilangkan tegangan dalam dan mengurangi kekerasan. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah pipa baja karbon rendah 2 inchi, dengan variasi suhu tempering antara 400°C, 450°C 500°C, 550 °C dan 600°C. Nilai kekuatan tarik paling tinggi terdapat pada spesimen dengan temper 600°C yaitu sebesar 401,4 Mpa, sedangkan nilai uji tarik paling rendah terdapat pada spesimen dengan temper 400°C dengan nilai kekerasan sebesar 378,8 MPa. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah HAZ pada spesimen tanpa temper sebesar 58 HRB dan nilai kekerasan terendah terdapat pada spesimen dengan temper 550°C pada daerah logam las sebesar 34,7 HRB. Sedangkan pengaruh tempering terhadap struktur mikro pada hasil pengelasan pada daerah logam induk dengan pengaruh temper 550°C tampak struktur ferit dan perlit yang halus dan rapat.*

**Kata kunci:** *kekerasan, kekuatan tarik, pipa baja karbon, SMAW, tempering.*