

**PENGARUH PROSES *HEAT TREATMENT ANNEALING* TERHADAP  
SIFAT MEKANIS PADA SAMBUNGAN LAS *TUNGSTEN INERT GAS*  
(TIG) PADA BAJA AISI 4140**

**SKRIPSI**



**DISUSUN OLEH :**

**NAMA : ZAKARISA TRISNA PRAWIRA NEGORO**

**NIM : 18.11.046**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2022**

**PENGARUH PROSES *HEAT TREATMENT ANNEALING* TERHADAP SIFAT  
MEKANIS PADA SAMBUNGAN LAS *TUNGSTEN INERT GAS (TIG)* PADA BAJA  
AISI 4140**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi  
Teknik Mesin

**DISUSUN OLEH:**

**NAMA : ZAKARISA TRISNA PRAWIRA NEGORO**

**NIM : 18.11.046**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI NASIONAL INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2022**

**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI YANG BERJUDUL**

**PENGARUH PROSES *HEAT TREATMENT ANNEALING* TERHADAP SIFAT  
MEKANIS PADA SAMBUNGAN LAS *TUNGSTEN INERT GAS (TIG)* PADA BAJA  
AISI 4140**



**Disusun Oleh:**

**NAMA : ZAKARISA TRISNA PRAWIRA NEGORO**

**NIM : 18.11.046**

**Mengetahui / Disetujui Oleh:**

Malang, Agustus 2022

**Mengetahui**

**Ketua Prodi Teknik Mesin S-1**



**Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.**  
**NIP.Y. 1030400405**

**Disetujui**

**Dosen Pembimbing**

**Ir. Teguh Rahardjo, MT.**  
**NIP. 195706011992021001**



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

II (PERSERO) MALANG  
NK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Zakarisa Trisna Prawira Negoro  
NIM : 1811046  
Jurusan / Bidang : Teknik Mesin / Material  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : **PENGARUH PROSES *HEAT TREATMENT ANNEALING* TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA SAMBUNGAN LAS *TUNGSTEN INERT GAS (TIG)* PADA BAJA AISI 4140**

Dipertahankan dihadapan Tim Ujian Skripsi Jenjang Program Setara Satu (S-1)

Pada Hari : Selasa  
Tanggal : 2 Agustus 2022  
Dengan Nilai : 82 (A)

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1

Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.  
NIP.Y. 1030400405

Sekretaris Teknik Mesin S-1

Febi Rahmadianto, ST., MT.  
NIP.P. 1031500490

Anggota Penguji

Dosen Penguji 1

Bagus Setyo Widodo, ST., M.MT  
NIP. P. 1032100599

Dosen Penguji 2

Rosadila Febritasari, ST., MT.  
NIP. P. 1032200602

## PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN

Saya yang bernama tanda tangan dibawah ini:

**Nama : ZAKARISA TRISNA PRAWIRA NEGORO**

**NIM : 18.11.046**

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

### Menyatakan

Bahwa Skripsi yang saya buat ini adalah hasil karya sendiri dan bukan hasil dari karya orang, kecuali kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Demikian Surat Pernyataan Keaslian saya buat dengan data yang sebenarnya.

Malang, Agustus 2022



Zakarisa Trisna Prawira Negoro

NIM. 18.11.046

## LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI

**Nama** : ZAKARISA TRISNA PRAWIRA NEGORO  
**NIM** : 18.11.046  
**Program Studi** : Teknik Mesin S-1  
**Judul Skripsi** : PENGARUH PROSES *HEAT TREATMENT ANNEALING*  
TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA SAMBUNGAN LAS  
*TUNGSTEN INERT GAS (TIG)* PADA BAJA AISI 4140

No	Materi Bimbingan	Waktu	Paraf
1	Pengajuan Judul Skripsi	02 Maret 2022	T
2	Pengajuan Proposal Penelitian	09 Maret 2022	T
3	Konsultasi Bab I	23 Maret 2022	T
4	Konsultasi Bab II	23 Maret 2022	T
5	Konsultasi Bab III	23 Maret 2022	T
6	Seminal Proposal	11 April 2022	T
7	Konsultasi Bab IV	04 Juli 2022	T
8	Konsultasi Bab V	04 Juli 2022	T
9	Seminar Hasil	20 Juli 2022	T
10	Ujian Skripsi	02 Agustus 2022	T

Diperiksa dan Disetujui  
Dosen Pembimbing



Ir. Teguh Rahardjo, MT.  
NIP. 195706011992021001


## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ZAKARISA TRISNA PRAWIRA NEGORO  
NIM : 18.11.046  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Fakultas : Teknologi Industri  
Institusi : Institut Teknologi Nasional Malang  
Judul Skripsi : Pengaruh Proses Heat Treatment terhadap Sifat Mekanis pada Sambungan Las Tungsten Inert Gas (TIG) pada Baja AISI 4140

Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Rahardjo, M.T.

Tanggal Pengajuan Skripsi : 5 Maret 2022  
Tanggal Penyelesaian Skripsi : 2 Agustus 2022  
Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 82 (A)

Diperiksa dan Disetujui  
Dosen Pembimbing



Ir. Teguh Rahardjo, M.T.

NIP. 195706011992021001

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberi rahmat, hidayah serta karunia-Nya kepada saya selaku penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi dengan judul : PENGARUH PROSES HEAT TREATMENT ANNEALING TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA SAMBUNGAN LAS TUNGSTEN INERT GAS (TIG) PADA BAJA. Laporan proposal skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengerjakan skripsi pada program S-1 di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang. Penulis menyadari dalam penyusunan proposal ini tentu tidak lepas dari adanya bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor ITN Malang.
2. Ibu Dr. Ellysa Nursanti, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
3. Bapak Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1, ITN Malang.
4. Bapak Ir. Teguh Rahardjo, MT, selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
5. Kedua Orang Tua dan Rekan-Rekan Jurusan Teknik Mesin S-1 yang telah membantu menyelesaikan proposal skripsi ini.
6. Rekan sekelompok dan teman-teman Teknik Mesin S-1 yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca guna menyempurnakan segala kekurangan dalam penyusunan proposal skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga proposal skripsi ini berguna bagi para pembaca dan pihak- pihak lain yang berkepentingan.

Malang, 2022

Penulis



**PENGARUH PROSES *HEAT TREATMENT ANNEALING* TERHADAP SIFAT  
MEKANIS PADA SAMBUNGAN LAS *TUNGSTEN INERT GAS (TIG)* PADA BAJA  
AISI 4140**

**Zakarisa Trisna Prawira Negoro (1811046)**

Jurusan Teknik Mesin S-1, FTI – Institut Teknologi Nasional Malang Email:  
zakarisatrisnapn@gmail.com

**ABSTRAK**

Dalam dunia industri, pengelasan semakin banyak digunakan dalam bidang pengelasan konstruksi. Las *Tungsten Inert Gas (TIG)* merupakan jenis las yang menggunakan elektroda berbahan gas tungsten dengan daya yang berasal dari listrik. Perlakuan panas pasca las merupakan teknik yang paling umum untuk menghilangkan sisa tegangan, salah satunya adalah *heat treatment annealing*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *heat treatment annealing* terhadap kekerasan, uji tarik, dampak, perubahan induk logam. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Baja AISI 4140 dan Filler Stainless TG-S308L dengan diameter 2,4 mm. Eksperimen dalam penelitian ini dilaksanakan di laboratorium dengan menggunakan peralatan yang disesuaikan. Peningkatan nilai kekerasan dan nilai tarik pada Baja AISI 4140 terlihat signifikan setelah dilakukan proses *annealing* temperatur 600°C. Besar energi yang diserap oleh Baja AISI 4140 sejalan dengan meningkatnya variasi temperatur *heat treatment*. Harga Dampak terlihat mengalami peningkatan secara signifikan pada temperatur 600°C dan cenderung mengalami penurunan saat mengalami proses *annealing* pada temperatur 700°C. Struktur mikro pada Mikro Logam Las pada temperatur 600°C memiliki tingkat jauh tinggi daripada suhu 500°C dan 700°C, dikarenakan perlitan terlihat lebih jelas dibandingkan dengan struktur lainnya. Pengelasan TIG dengan penyambungan material Baja AISI 4140 dan proses *annealing* dapat mempengaruhi sifat mekanis dan nilai kekerasan sambungan las. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan perlakuan panas yang lain, uji yang lebih beragam, serta menggunakan material yang berbeda agar memperoleh sifat mekanik material dan struktur mikro pada hasil pengelasan yang lebih baik atau lebih akurat.

**Kata kunci:** *annealing, baja aisi 4140, heat treatment, tungsten inert gas*

**PENGARUH PROSES *HEAT TREATMENT ANNEALING* TERHADAP SIFAT  
MEKANIS PADA SAMBUNGAN LAS *TUNGSTEN INERT GAS (TIG)* PADA BAJA  
AISI 4140**

**Zakarisa Trisna Prawira Negoro (1811046)**

Jurusan Teknik Mesin S-1, FTI – Institut Teknologi Nasional Malang Email:  
zakarisatrisnapn@gmail.com

**ABSTRAK**

In an industrial world, welding technique is used more often in construction welding. Tungsten Inert Gas (TIG) welding is a type of welding that use tungsten gas based electrode with a power source coming from electricity. Heating after welding is a common technique to remove residual voltage, one of them is heat treatment annealing. This research is conducted to know about the effect of heat treatment annealing towards hardness, tensile test, impact, and main metal change. Materials that used for this research are AISI 4140 steel and TG-S308L stainless filler with 2,4mm diameter. This experiment has been done in a laboratorium using proper materials. The improvement of hardness and tensile test score were significant after annealing process done in 600°C. Total energy that absorbed by AISI 4140 steel is on the same measure as heat treatment various temperature was improving. Impact score seen to be improved significantly at 600°C and decreased when it through annealing process at 700°C. The micro structure in micro welding metal at 600°C temperature had an extreme higher level than it was at 500°C and 700°C because pearlite was clearly seen compared to other structures. TIG welding with AISI 4104 steel material connector and annealing process can influence the mechanical characteristic and hardness of the welding connection. The future research is expected to use other heat materials, tests, and different materials base to gain better or accurate materials mechanical characteristic and micro structure from the result of the welding.

**Keywords:** *annealing, baja aisi 4140, heat treatment, tungsten inert ga*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN .....	v
LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI.....	vi
LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
ABSTRAK .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Hipotesis.....	3
1.6. Manfaat Penelitian .....	3
1.7. Sistematika Penulisan .....	4
BAB II LANDASAN TEORI .....	5
2.1. Penelitian Terkait.....	5
2.2. Pengertian Baja.....	5
2.1.1. Baja Karbon.....	6
2.1.2. Baja AISI 4140 .....	7
2.3. Sifat Mekanik Pada Logam.....	8

2.3.1. Macam - Macam Sifat Mekanik Material .....	8
2.3.2. Faktor yang Memengaruhi Sifat Mekanis pada Logam.....	9
2.4. Teori Pengelasan.....	11
2.4.1. Terminolgi Hasil Lasan.....	11
2.4.2. Tegangan sisa ( <i>Residual Stress</i> ) .....	12
2.4.3. Pengertian Las Tungsten Inert Gas.....	13
2.4.4. Definisi Masukan Panas ( <i>Heat Input</i> ).....	14
2.4.5. Struktur Mikro Daerah Las .....	15
2.5. Pemilihan Elektroda.....	16
2.6. Dapur Furnance .....	16
2.7. PWHT ( <i>Post Weld Heat Treatment</i> ).....	18
2.7.1. <i>Annealing</i> .....	19
2.7.2. <i>Quenching</i> .....	19
2.8. Destructive Test (DT) .....	20
2.8.1. Uji Kekerasan ( <i>Hardness Test</i> ) .....	20
2.8.2. Pengujian Kekerasan Metode Rockwell .....	20
2.8.3. Pengujian Kekerasan Metode Vickers.....	24
2.9. Pengujian Takik ( <i>Impact Test</i> ) .....	25
2.9.1. Jenis Patahan .....	28
2.10. Pengujian Tarik ( <i>Tensile Test</i> ) .....	28
2.10.1. Tegangan dan Regangan .....	30
2.10.2. Kurva Regangan Dan Tegangan.....	32
2.11. <i>Metallograpy Test</i> .....	34
2.11.1. Uji Mikro Test ( <i>Micro Test</i> ).....	34
2.11.2. Uji Makro ( <i>Macro Test</i> ).....	35
2.11.3. Struktur Mikro.....	36

BAB III METODE PENELITIAN .....	38
3.1. Diagram Alir.....	38
3.2. Study Literatur.....	39
3.3. Tempat dan Waktu Penelitian .....	39
3.4. Penjelasan Diagram Alir .....	39
3.5. Bahan dan Alat Penelitian.....	40
3.5.1. Bahan .....	40
3.5.2. Alat Penelitian .....	40
3.6. Bahan Uji .....	41
3.7. Variabel Penelitian.....	43
3.8. Prosedur Pengelasan dan Pembuatan Spesimen Uji.....	43
3.8.1. Prosedur Pengelasan .....	43
3.8.2. Pengelasan Spesimen.....	46
3.8.3. Pembuatan Spesimen Uji .....	46
3.9. Prosedur Pengujian .....	51
3.9.1. Proses Heat Treatment.....	51
3.9.2. Pengujian Kekerasan .....	52
3.10. Pengumpulan dan Pengolahan Data .....	61
 BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....	 62
4.1. Pengolahan Data Pengujian Kekerasan .....	62
4.1.1. Data Hasil Pengujian Kekerasan .....	62
4.1.2. Analisa Dan Pembahasan Hasil Pengujian Kekerasan .....	65
4.2. Pengolahan Data Uji Tarik.....	66
4.2.1. Data Hasil Pengujian Tarik .....	66
4.2.2. Analisa dan Pembahasan Pengujian Tarik .....	67
4.3. Pengolahan Data Pengujian Impak .....	68

4.3.1. Data Hasil Pengujian Impak.....	68
4.3.2. Analisa Dan Pembahasan Hasil Pengujian Impak.....	70
4.4. Pengolahan Data Pengamatan Struktur Mikro .....	71
4.4.1. Data Hasil Pengamatan Struktur Mikro .....	71
4.4.2. Analisa Dan Pembahasan Pengamatan Struktur Mikro .....	73
4.5. Pembahasan.....	73
BAB V PENUTUP .....	74
5.1. Kesimpulan.....	74
5.2. Saran .....	75
DAFTAR PUSTAKA .....	76
LAMPIRAN .....	78

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Spesifikasi Baja AISI 4140 .....	7
Gambar 2.2. Kondisi tegangan selama pengelasan.....	13
Gambar 2.3. Kondisi Tegangan Selama Pengelasan .....	13
Gambar 2.4. Pengelasan TIG.....	14
Gambar 2.5. Pembagian Daerah Lasan .....	15
Gambar 2.6. Elektroda .....	16
Gambar 2.7. Dapur Furnace .....	17
Gambar 2.8. Siklus <i>Annealing</i> .....	19
Gambar 2.9. Teknik Pengujian Kekerasan.....	20
Gambar 2.10. Skema Uji Kekerasan Rockwell .....	21
Gambar 2.11. Cara Kerja Alat Uji Rockwell .....	22
Gambar 2.12. Indentor Tipe Ball Dan Diamond .....	23
Gambar 2.13. Skema Uji Kekerasan Vickers .....	24
Gambar 2.14. Ilustrasi Skematis Pengujian dengan Benda Uji Charpy.....	26
Gambar 2.15. Jenis Takik.....	28
Gambar 2.16. Skema Uji Tarik.....	29
Gambar 2.17. Contoh Kurva Hasil Uji Tarik .....	29
Gambar 2.18. Kurva Regangan Dan Tegangan.....	33
Gambar 2.19 Pengujian Tarik.....	34
Gambar 2.20. Diagram Fase Karbon .....	37
Gambar 3.1. Diagram Alir.....	38
Gambar 3.2. Pelat Baja AISI 4140 .....	42
Gambar 3.3. Filler rod TG-S308L .....	42
Gambar 3.4. Dimensi Pelat Baja AISI 4140 .....	44
Gambar 3.5. Ukuran Awal Baja AISI 4140 .....	44
Gambar 3.6. Dimensi Pelat Baja AISI 4140 .....	45
Gambar 3.7. Hasil Pembuatan Kampuh v pada Baja AISI 4140.....	45
Gambar 3.8. Posisi Pengelasan Pelat .....	45
Gambar 3.9. Hasil Pengelasan Pelat .....	45
Gambar 3.10. Mesin Las TIG.....	46
Gambar 3.11. Spesimen Uji Kekerasan .....	47
Gambar 3.12. Dimensi Spesimen Uji Kekerasan .....	47
Gambar 3.14. Spesimen Uji Tarik .....	49
Gambar 3.15 Dimensi Spesimen Uji Impak.....	49

Gambar 3.16. Spesimen Uji Impak.....	50
Gambar 3.17. Dimensi Spesimen Uji Struktur Mikro .....	50
Gambar 3.18. Hasil Spesimen Uji Mikro .....	51
Gambar 3.19. Dapur Listrik .....	51
Gambar 3.20. Spesimen Sesudah Proses Heat Treatment Annealing.....	52
Gambar 3.21. Rockwell Hardness .....	53
Gambar 3.22. Universal Testing Machine .....	55
Gambar 3.23. Alat Uji Impak .....	56
Gambar 3.24. Digital Micro Vickers Hardness .....	60
Gambar 3.25. Garis Bantu Perhitungan Persentase Fasa dalam Struktur Mikro.....	61
Gambar 4.1. Hubungan Variasi Temperatur <i>Heat Treatment</i> dengan Nilai Kekerasan (HRC) Pada HAZ 1.....	63
Gambar 4.2. Hubungan Variasi Temperatur <i>Heat Treatment</i> dengan Nilai Kekerasan (HRC) Pada HAZ 2.....	63
Gambar 4.3. Hubungan Variasi Temperatur <i>Heat Treatment</i> dengan Nilai Kekerasan (HRC) Pada Daerah Las.....	64
Gambar 4.4. Hubungan Variasi Temperatur <i>Heat Treatment</i> dengan Nilai Kekerasan (HRC) Pada Daerah Induk Logam.....	64
Gambar 4.5. Grafik Hubungan Variasi Elektroda Terhadap Nilai T.S (Tensile Strength).....	67
Gambar 4.6. Grafik Hubungan Variasi <i>Heat Treatment Annealing</i> Dengan Energi (Joule).....	69
Gambar 4.7. Grafik Hubungan Variasi <i>Heat Treatment Annealing</i> Dengan HI .....	70
Gambar 4.8. Hasil Struktur Mikro Logam Las Pada Temperatur 500°C .....	71
Gambar 4.9. Hasil Struktur Mikro Logam Las Pada Temperatur 600°C .....	71
Gambar 4.10. Hasil Struktur Mikro Logam Las Pada Temperatur 700°C .....	72
Gambar 4.11. Grafik Struktur Mikro .....	72



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Indentor pada Uji Kekerasan Rockwell .....	23
Tabel 3.1. Dimensi Spesimen Uji Kekerasan .....	47
Tabel 3.2. Dimensi Spesimen Uji Tarik.....	48
Tabel 3.4. Dimensi Spesimen Uji Struktur Mikro .....	51
Tabel 3.5 Energi pada Setiap Sudut Ayun .....	58
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kekerasan .....	62
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Tarik .....	66
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Impak.....	68
Tabel 4.4 Rata-rata Hasil Pengamatan Struktur Mikro.....	72