

**TUGAS AKHIR**

**STUDI PERBANDINGAN PENINGKATAN KEKERASAN**  
**PADA PERMUKAAN BAJA KARBON ANTARA**  
**MENGGUNAKAN PEMANAS INDUKSI DAN PEMANAS**  
**NYALA API (*FLAME*)**



Disusun Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi Strata Satu  
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Oleh:

**SAIFFUDIN**

**D200180236**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**  
**2023**

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya tugas akhir dengan judul **”Studi Perbandingan Peningkatan Kekerasan Pada Permukaan Baja Karbon Antara Menggunakan Pemanas Induksi Dan Pemanas Nyala Api (*Flame*)”** yang dibuat untuk memenuhi syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi tugas akhir yang sudah dipublikasi dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kersarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 28 Maret 2023

Yang menyatakan

Saiffudin

D200180236

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul ”**Studi Perbandingan Peningkatan Kekerasan Pada Permukaan Baja Karbon Antara Menggunakan Pemanas Induksi Dan Pemanas Nyala Api (*Flame*)**” telah disetujui oleh pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat Sarjana S1 pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh:

Nama : **SAIFFUDIN**

Nim : D200180236

Disetujui pada

Hari :

Tanggal :

Dosen Pembimbing

**Patna Partono, S.T., M.T.**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul “**Studi Perbandingan Peningkatan Kekerasan Pada Permukaan Baja Karbon Antara Menggunakan Pemanas Induksi Dan Pemanas Nyala Api (Flame)**” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat Sarjana S1 pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disiapkan oleh:

Nama : **SAIFFUDIN**

NIM : **D200180236**

Disahkan pada:

Hari :

Tanggal :

### **Tim Penguji:**

Ketua : **Patna Partono, S.T., M.T.** ( )

Anggota 1 : **Prof. Ir. H. Supriyono, S.T., M.T., Ph.D.** ( )

Anggota 2 : **Dr. Agus Yulianto, S.T., M.T.** ( )

Dekan

Ketua Program Studi Teknik Mesin

**Rois Fathoni, S.T., M.Sc., Ph.D**

**Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D**

## **LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR**

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta Nomor 245/II/2022 tanggal 07 September 2022 tentang Pembimbing Tugas Akhir, dengan ini:

Nama : Patna Partono, S.T., M.T

Pangkat/Jabatan : Penata muda Tingkat 1/Asisten ahli

Kedudukan : Pembimbing Tugas Akhir

Memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa:

Nama : Saiffudin

Nomor Induk : D200180236

Jurusan/Semester : Teknik Mesin / 10 (Sepuluh)

Judul/Topik : Studi perbandingan peningkatan kekerasan pada permukaan baja karbon antara menggunakan pemanas induksi dan pemanas nyala api (flame)

Rincian Soal/Tugas : Melakukan penelitian agar terjadi peningkatan kekerasan pada permukaan baja karbon dengan pemanas induksi dan pemanas nyala api. Melakukan pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan, dan pengamatan struktur mikro untuk mengetahui sebab-sebab terjadinya perubahan kekerasan.

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

Surakarta, 28 Maret 2023

Pembimbing Tugas Akhir

**Patna Partono, S.T., M.T**

## **MOTTO**

Mulailah dengan penuh keyakinan  
Menjalankan dengan penuh keikhlasan  
Menyelesaikan dengan penuh kebahagiaan

”Pengetahuan yang baik adalah pengetahuan yang memberikan manfaat, bukan hanya diingat”

**(Imam al-Syafi’i)**

“Untuk masa-masa sulitmu, biarlah Allah yang menguatkan. Tugasmu hanya berusaha agar jarak antara kamu dan Allah tidak pernah jauh”

**(Murnisetya)**

## **PERSEMBAHAN**

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada:

**(Alm) Bapak Asmadi dan Ibu Suwarti Tercinta**

Beserta kakak saya:

**Tiyas Ambarwati**

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Puji Syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala limpahan nikmat-Nya sehingga penyusup laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Tugas Akhir yang berjudul “Studi Perbandingan Peningkatan Kekerasan Pada Permukaan Baja Karbon Antara Meggunakan Pemanas Induksi Dan Pemanaas Nyala Api (Flame)”, dapat diselesaikan dengan lancar berkat dukungan dari berbagai pihak. Untuk, dengan penuh ketulusan hati penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Rois Fathoni, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Patna Partono, S.T., M.T. selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah membantu, membimbing, serta mengarahkan selama proses penyusunan Tugas Akhir.
4. Ir. Sunardi Wiyono, M.T. dan Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing, dan mengarahkan selama proses perkuliahan.
5. Seluruh Dosen dan Staff Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, atas segala ilmu yang telah diberikan selama menempuh jenjang perkuliahan.
6. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin Angkatan 2018 dan semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Keluarga Mahasiswa Teknik Mesin (KMTM) yang sudah memberikan kesempatan dalam berproses dan menjadi keluarga kedua selama perkuliahan



Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sangat diharapkan.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi wabarakatuh*

Surakarta, 28 Maret 2023

Saiffudin

# **STUDI PERBANDINGAN PENINGKATAN KEKERASAN PADA PERMUKAAN BAJA KARBON ANTARA MENGGUNAKAN PEMANAS INDUKSI DAN PEMANAS NYALA API (*FLAME*)**

Saiffudin, Patna Partono

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah  
Surakarta

Jl. Ahmad Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura

Email : [Saiffudin992@gmail.com](mailto:Saiffudin992@gmail.com)

## **ABSTRAK**

Pada penelitian ini akan membahas perbandingan peningkatan kekerasan dan perbedaan struktur mikro pada permukaan baja karbon menggunakan pemanas induksi dan pemanas nyala api. Mesin pemanas nyala api yang menggunakan las gas actylene dan mesin pemanas induksi yang dirancang untuk menghasilkan suhu mencapai 950°C yang kemudian dilakukan *quenching* atau pendinginan cepat dari temperature austenite dengan media air aquades. Dari hasil uji kekerasan diperoleh hasil bahwa baja AISI 1010 dengan perlakuan induksi memiliki nilai kekerasan yang lebih besar dibandingkan dengan baja AISI 1010 dengan pemanas nyala api atau *flame*.

**Kata Kunci:** Baja Karbon, Kekerasan, Pemanas Induksi, Pemanas Nyala Api (*Flame*), *Quenching*.

# **COMPARISON STUDY OF INCREASED HARDNESS ON CARBON STEEL SURFACE BETWEEN USING INDUCTION HEATER AND FLAME HEATER**

Saiffudin, Patna Partono

Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, University of Muhammadiyah Surakarta

Jl. Ahmad Yani Tromol Post 1 Pabelan Kartasura

Email :[Saiffudin992@gmail.com](mailto:Saiffudin992@gmail.com)

## **ABSTRACT**

In this study, we will discuss the comparison of hardness increases and differences in microstructure on the surface of carbon steel using induction heating and flame heating. A flame heating machine that uses acetylene gas welding and an induction heating machine that is designed to produce temperatures reaching 950°C which is then quenched or cooled quickly from austenite temperature with distilled water media. From the results of the hardness test, it was found that AISI 1010 steel with induction treatment had a greater hardness value than AISI 1010 steel with flame heating.

**Keywords:** Carbon Steel, Hardness, Induction Heating, Flame Heating (Flame), Quenching

## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR</b> .....	v
<b>MOTTO</b> .....	vi
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>ABSTRAK</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>BAB I</b> .....	18
<b>PENDAHULUAN</b> .....	18
1.1 Latar Belakang .....	18
1.2 Rumusan Masalah .....	20
1.3 Batasan Masalah .....	20
1.4 Tujuan Penelitian .....	21
1.5 Manfaat Penelitian .....	21
1.6 Sistematika Penulisan .....	21
<b>BAB II</b> .....	23
<b>DASAR TEORI</b> .....	23
2.1 Kajian Pustaka .....	23
2.2 Dasar Teori .....	25
2.2.1 Definisi Baja .....	25
2.2.2 Diagram Fasa .....	29
2.2.3 <i>Heat Treatment</i> .....	37
2.2.4 Pengujian komposisi kimia .....	43
2.2.4 Pengujian Metalografi dengan Mikroskop optik .....	43

2.2.5	Pengujian kekerasan Mikro Vicker.....	44
<b>BAB III</b>	.....	47
<b>METODE PENELITIAN</b>	.....	47
3.1	Diagram Alir Penelitian .....	47
3.2	Studi Pustaka dan Lapangan.....	48
3.3	Persiapan Alat dan Bahan.....	48
3.3.1	Alat .....	49
3.3.2	Pengujian Komposisi Kimia .....	54
3.4	Proses <i>Flame Hardening</i> .....	55
3.5	Proses <i>Induction Hardening</i> .....	57
3.6	Proses pembuatan spesimen .....	59
3.6.1	Proses Pembuatan Spesimen Uji Metalografi Microscope optic.....	59
3.6.2	Proses Pembuatan Spesimen Uji Kekerasan <i>Micro Vickers</i> .....	60
3.7	Pengujian Spesimen.....	61
3.7.1	Pengujian metalografi Mikroskop Optik .....	61
3.7.2	Pengujian Kekerasan <i>Micro Vickers</i> ASTM E92.....	62
<b>BAB IV</b>	.....	64
<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	.....	64
4.1	Pengujian Komposisi Kimia.....	64
4.2	Pengujian Metalografi.....	65
4.3	Pengujian Kekerasan Micro Vickers .....	70
<b>BAB V</b>	.....	75
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	.....	75
5.1	Kesimpulan .....	75
5.2	Saran.....	76
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur mikro baja karbon rendah.....	26
Gambar 2.2 Struktur mikro baja karbon sedan.....	27
Gambar 2.3 Struktur mikro baja karbon tinggi.....	28
Gambar 2.4 Diagram fasa Fe-Fe <sub>3</sub> C (Callister&Rethwisch, 2011).....	29
Gambar 2.5 Struktur mikro baja pada fasa ferit.....	30
Gambar 2.6 Struktur mikro baja pada fasa austenit.....	31
Gambar 2.7 Struktur mikro baja pada fasa sementit.....	31
Gambar 2.8 Struktur mikro baja pada fasa perlit.....	32
Gambar 2.9 Struktur mikro baja pada fasa bainit.....	33
Gambar 2.10 Struktur mikro baja pada fasa martensit.....	33
Gambar 2.11 Diagram TTT ( <i>Time Temperatur Transformasi</i> ).....	34
Gambar 2.12 Diagram CCT ( <i>Continous Cooling Transformation</i> ).....	35
Gambar 2.13 Diagram <i>Full Annealling</i> (Djaprie, 1995).....	38
Gambar 2.14 Diagram <i>Normalizing</i> (Djaprie, 1995).....	39
Gambar 2.15 Diagram <i>Tempering</i> (Djaprie, 1995).....	40
Gambar 2.16 Diagram <i>Quenching</i> (Djaprie, 1995).....	41
Gambar 2.17 Hubungan kadar karbon dengan kekerasan (Tata surdia, 1999)....	41
Gambar 2.18 Skema pengujian komposisi kimia.....	43
Gambar 2.19 Skema pengamatan struktur mikro menggunakan <i>Mikroskop Optic</i> .....	44
Gambar 2.20 Skema pengujian <i>Vickers Hardnes</i> .....	45
Gambar 2.21 Tipe-tipe lekukan piramida intan.....	46
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	47
Gambar 3.2 Alat ukur jangka sorong.....	49
Gambar 3.3 Gergaji besi.....	49
Gambar 3.4 Mesin bubut.....	50
Gambar 3.5 Las Gas-Acetylen.....	52

Gambar 3.6 Induction Heater.....	51
Gambar 3.7 Thermocouple.....	51
Gambar 3.8 Amplas .....	52
Gambar 3.9 Autosol .....	52
Gambar 3.10 Larutan Etsa.....	53
Gambar 3.11 Bak penampung air.....	53
Gambar 3.12 Bentuk dan ukuran spesimen.....	55
Gambar 3.13 Skema proses <i>flame hardening</i> .....	56
Gambar 3.14 Proses perlakuan <i>flame hardening</i> .....	56
Gambar 3.15 Skema proses <i>induction hardening</i> .....	58
Gambar 3.14 Proses perlakuan <i>induction hardening</i> .....	58
Gambar 3.16 Lokas titik pengujian <i>flame hardening</i> dan <i>induction hardening</i> ...	59
Gambar 3.18 Ilustrasi spesimen uji metalografi <i>Microscope Optic</i> .....	60
Gambar 3.19 Ilustrasi spesimen uji kekerasan Micro Vickers.....	61
Gambar 3.20 Lokasi titik prngujian metalografi <i>Microscope Optic</i> .....	62
Gambar 3.21 Lokasi pengujian kekerasan Micro Vickers .....	63
Gambar 4.1 Foto struktur mikro spesimen induk kedalaman 1mm dengan perbesaran lensa okuler 200 kali .....	65
Gambar 4.2 Foto struktur mikro spesimen induk kedalaman 4mm dengan perbesaran lensa okuler 200 kali .....	66
Gambar 4.3 Foto struktur mikro spesimen induk kedalaman 8mm dengan perbesaran lensa okuler 200 kali .....	66
Gambar 4.4 Foto struktur mikro spesimen yang dipengaruhi <i>flame hardening</i> kedalaman 1mm dengan perbesaran lensa okuler 200 kali .....	67
Gambar 4.5 Foto struktur mikro spesimen yang dipengaruhi <i>flame hardening</i> kedalaman 4mm dengan perbesaran lensa okuler 200 kali .....	67
Gambar 4.6 Foto struktur mikro spesimen yang dipengaruhi <i>flame hardening</i> kedalaman 8mm dengan perbesaran lensa okuler 200 kali .....	68
Gambar 4.7 Foto struktur mikro spesimen yang dipengaruhi <i>induction hardening</i> kedalaman 1mm dengan perbesaran lensa okuler 200 kali .....	68

Gambar 4.8 Foto struktur mikro spesimen yang dipengaruhi <i>induction hardening</i> kedalaman 4mm dengan perbesaran lensa okuler 200 kali.....	69
Gambar 4.9 Foto struktur mikro spesimen yang dipengaruhi <i>induction hardening</i> kedalaman 8mm dengan perbesaran lensa okuler 200 kali.....	69
Gambar 4.10 Grafik peningkatan kekerasan setiap spesimen.....	72
Gambar 4.11 Grafik peningkatan kekerasan sesuai kedalaman titik uji .....	72
Gambar 4.12 Grafik waktu dan temperatur perlakuan <i>induction hardening</i> .....	73
Gambar 4.13 Grafik waktu dan temperatur perlakuan <i>flame hardening</i> .....	74



## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil pengujian komposisi kimia.....	64
Tabel 4. 2 <i>Composition of AISI Carbon and Alloy Steels</i> .....	65
Tabel 4. 3 Hasil pengujian kekerasan.....	71