

**TUGAS AKHIR**  
**PENGARUH QUENCHING DAN TEMPERING PADA**  
**TEMPERATUR 450 °C TERHADAP STRUKTUR MIKRO,**  
**KEKERASAN DAN KETANGGUHAN**  
**PADA BESI COR NODULAR**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata  
Satu pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun Oleh :

**MUHAMAD IRFAN ROSID**

**D 200 160 005**

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

2021

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:  
**“PENGARUH QUENCHING DAN TEMPERING PADA TEMPERATUR  
450 °C TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN DAN  
KETANGGUHAN PADA BESI COR NODULAR”**

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 memperoleh gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 12 Juni 2021

Yang menyatakan



Muhamad Irfan Rosid

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir ini berjudul "**Pengaruh *Quenching* dan *Tempering* pada Temperatur 450°C Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Ketangguhan pada Besi Cor Nodular**" 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 : **Muhamad Irfan Rosid**

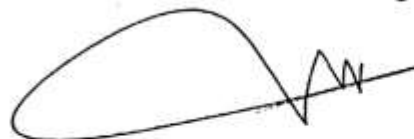
NIM : **D200160005**

Disetujui pada :

Hari : Senin

Tanggal : 31 Mei 2021

Dosen Pembimbing



Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini berjudul “Pengaruh *Quenching* dan *Tempering* pada Temperatur 450°C Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Ketangguhan pada Besi Cor Nodular” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan Sah untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersembahkan oleh :

Nama : **Muhamad Irfan Rosid**

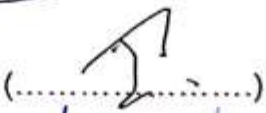
NIM : **D200160005**

Diterima dan disetujui pada :

Hari/Tanggal : **Senin, 14 Juni 2021**

Tim Penguji :

Ketua : **Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.** (.....)

Sekretaris : **Ir. Sunardi Wiyono, M.T.** (.....)

Anggota : **Ir. Agus Hariyanto, M.T.** (.....)

Ketua Jurusan Teknik Mesin

  
  
**Ir. Subroto, M.T.**



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Jl. A.Yani, Pabelan, Kartasura, Tromol Pos I Telp. (0271) 717417 ext. 222

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta Nomor 129/III/2020 Tanggal 10 September 2020 tentang Pembimbing Tugas Akhir dengan ini :

Nama : Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.

Pangkat/Jabatan : Lektor

Kedudukan : Pembimbing

Memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa :

Nama : Muhamad Irfan Rosid

Nomor Induk : D200160005

Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir

Judul/Topik : Pengaruh *Quenching* dan *Tempering* pada Temperatur 450°C Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Ketangguhan pada Besi Cor Nodular

Rincian Soal/Tugas : Meneliti pengaruh *Quenching* dan *Tempering* pada Besi Cor Nodular terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Ketangguhan.

Demikian Soal Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 5 Oktober 2020

Pembimbing

Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.

Keterangan:

Dibuat rangkap 3 (tiga)

1. Untuk Kajur (Koordinator TA)
2. Untuk Pembimbing Tugas Akhir
3. Untuk Mahasiswa

## **HALAMAN MOTTO**

“Sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan, Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan) tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain), dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”

(Qs. Al-Insyirah: 6-8)

## HALAMAN PERSEMBAHAN



### **“ALLAH SWT”**

*Allhamdulillahirobil'alamin, Allahumma Shollialla Sayidina Muhammad Waalaali Sayidina Muhammad.* Sujud syukur kusembahkan kepada-Mu ya Allah SWT atas nikmat, karunia, petunjuk dan kelancaran yang Engkau berikan hingga akhirnya Tugas Akhir yang sederhana ini dapat terselesaikan. Semoga atas keberhasilan ini menjadi satu langkah awal untuk masa depan yang cerah dan modal untuk meraih cita-cita. Dengan kerendahan hati dan bangga, penulis mempersembahkan karya ini untuk:

### **“Bapak dan Ibu Tercinta”**

Kepada Bapak Nur Ahmadi dan Ibu Sunarni tercinta. Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya sederhana ini karena telah memberikan kasih sayang, selalu mendoakanku, menasehatiku dan meridhoiku ketika melakukan hal lebih baik. Semoga dengan karya sederhana ini menjadi langkah awal untuk membuat Ayah dan Ibu bahagia dan bangga.

### **“Dosen Pembimbing Tugas Akhir”**

Kepada Bapak Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T. selaku pembimbing Tugas Akhir saya yang sudah membantu saya selama ini, sudah mengarahkan, sudah mengajari dan sudah menasehati sampai karya ini selesai.

**PENGARUH QUENCHING DAN TEMPERING PADA  
TEMPERATUR 450 °C TERHADAP STRUKTUR MIKRO,  
KEKERASAN DAN KETANGGUHAN PADA BESI COR NODULAR**

**Abstrak**

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh quenching dan tempering 450°C terhadap struktur mikro, kekerasan dan ketangguhan pada besi cor nodular. Bahan dalam penelitian ini menggunakan material besi cor nodular dengan ukuran panjang 150 mm, lebar 150 mm dan tebal 30 mm. Spesimen uji diproses dengan langkah awal austenitizing temperatur 850°C waktu tahan 30 menit. Kemudian diquenching dengan media pendingin air. Setelah quenching, dilakukan perlakuan panas tempering temperatur 450°C waktu tahan 60 menit dan pendinginan udara terbuka. Hasil pengujian kekerasan setelah proses quenching terhadap raw material media pendingin air meningkat sebesar 133.17% (56.73 HRC). Hasil pengujian kekerasan setelah proses tempering terhadap quenching media pendingin udara terbuka menurun sebesar 27.18% (41.37 HRC). Harga impak setelah proses quenching terhadap raw material media pendingin air menurun sebesar 17.07% (0.068 J/mm<sup>2</sup>). Harga impak setelah proses tempering terhadap quenching media pendingin udara terbuka meningkat sebesar 61.76% (0.110 J/mm<sup>2</sup>).*

**Kata kunci :** *quenching, tempering, media pendingin, besi cor nodular, kekerasan, impak.*



# **THE EFFECT OF QUENCHING AND TEMPERING AT 450 °C TEMPERATURE ON MICRO STRUCTURE, HARDNESS AND TOUGHNESS IN NODULAR CAST IRON**

## **Abstract**

*This study aims to determine the effect of quenching and tempering 450°C on the microstructure, hardness and toughness in nodular cast iron. The material in this study using the material nodular cast iron with a length of 150 mm, a width of 150 mm and thickness 30 mm. Test specimens processed with the initial step austenitizing temperature of 850°C holding time 30 minutes. Then diquenching with the cooling medium of water. After quenching, heat treatment tempering temperature of 450°C and holding time of 60 minutes and pendingian the open air. The results of testing the hardness after quenching process of raw material cooling medium of water increased by 133.17% (56.73 HRC). The results of testing the hardness after tempering process against quenching media cooling open air decreased by 27.18% (41.37 HRC). The price impact after the quenching process of raw material cooling medium of water decreased by 17.07% (0.068 J/mm<sup>2</sup>). The price impact after the tempering process against quenching media cooling open air increased by 61.76% (0.110 J/mm<sup>2</sup>).*

**Key words:** *quenching, tempering, cooling media, nodular cast iron, hardness, impact.*

## KATA PENGANTAR

Assalamua'alaikum. Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan dan menyusun Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“PENGARUH QUENCHING DAN TEMPERING PADA TEMPERATUR 450 °C TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN DAN KETANGGUHAN PADA BESI COR NODULAR”**, dapat terselesaikan atas dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini saya selaku penulis dengan segala hormat dan ketulusan hati ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Nur Ahmadi dan Ibu Sunarni yang tercinta atas segala doa dan dukungannya yang telah diberikan kepada saya.
2. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T.,Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Ir. H. Subroto, M.T. selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Ir. Sunardi Wiyono, MT. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
5. Bapak Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing dan mengarahkan, memberi petunjuk dalam penyusunan Tugas Akhir.
6. Bapak Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan mengarahkan selama belajar di Universitas Muhammadiyah Surakarta.
7. Jajaran Staf dan Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan banyak ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama masa perkuliahan.

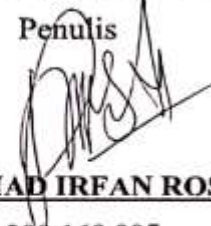
8. Teman-teman Teknik Mesin UMS angkatan 2016 yang banyak memberikan motivasi dan semangat bagi penulis.
9. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan terima kasih atas dukungannya.

Penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran bersifat membangun dari pembaca akan penulis terima dengan senang hati dan penulis ucapkan banyak terima kasih. Semoga semua amal baik yang diberikan semua pihak kepada penulis akan mendapat balasan yang lebih baik dan sempurna dari Allah SWT.

Wassalammu'alaikum Wr.Wb.

Surakarta, 21 Juni 2021

Penulis



**MUHAMAD IRFAN ROSID**

**D 200 160 005**

## DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR .....	v
HALAMAN MOTTO.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR SIMBOL .....	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka .....	6
2.2 Dasar Teori .....	9
2.2.1 Besi Cor .....	9
2.2.2 Klasifikasi Besi Cor.....	11
2.2.3 Tempering.....	19

2.2.4	Uji Struktur Mikro.....	21
2.2.5	Uji Kekerasan.....	27
2.2.6	Uji Ketangguhan.....	32
BAB III.....		38
METODE PENELITIAN.....		38
3.1	Diagram Alir Penelitian .....	38
3.2	Studi Pustaka dan Lapangan.....	38
3.3	Persiapan Alat dan Bahan Penelitian .....	39
3.3.1	Bahan penelitian.....	40
3.3.2	Persiapan Alat.....	40
3.4	Proses Perlakuan Panas .....	46
3.5	Proses Pembuatan Spesimen Uji dan Proses Pengujian .....	47
BAB IV .....		51
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....		51
4.1	Hasil dan Pembahasan Pengujian Komposisi Kimia (SEM) .....	51
4.2	Hasil dan Pembahasan Pengujian Scanning Electron Microscopy 52	
4.3	Hasil dan Pembahasan Pengujian Kekerasan Rockwell .....	54
4.4	Hasil dan Pembahasan Pengujian Uji Impak.....	56
BAB V .....		59
KESIMPULAN DAN SARAN .....		59
5.1	Kesimpulan .....	59
5.2	Saran .....	60
DAFTAR PUSTAKA.....		61
LAMPIRAN.....		64

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fasa Besi-Besi Karbida .....	9
Gambar 2.2 Diagram Kesetimbangan Fasa Besi Karbon .....	11
Gambar 2.3 Struktur Mikro Besi Cor Putih .....	12
Gambar 2. 4 Klasifikasi Bentuk Grafit .....	13
Gambar 2.5 Struktur Mikro Besi Cor Nodular.....	14
Gambar 2.6 Struktur Mikro Besi Cor Kelabu .....	15
Gambar 2.7 Struktur Mikro Besi Cor Maleabel Putih .....	16
Gambar 2.8 Struktur Mikro Besi Cor Maleabel Hitam .....	16
Gambar 2.9 Struktur Mikro Besi Cor Grafit Terpadatkan .....	17
Gambar 2.10 Diagram Tempering .....	19
Gambar 2.11 Skema Alat Uji Mikroskop .....	22
Gambar 2.12 Prinsip Kerja Mikroskop Optik .....	23
Gambar 2.13 Batas Butir Dari Mikroskop Optik .....	23
Gambar 2.14 Diagram Skematis SEM .....	26
Gambar 2.15 Cara Kerja SEM (a) Bentuk gelombang pemindaian garis ( arus pemindaian versus waktu), (b) bentuk gelombang pemindaian bingkai, (c) padanan digitalnya, dan (d) elemen pemindaian raster bingkai tunggal. ....	27
Gambar 2.16 Uji Kekerasan Brinell.....	29
Gambar 2.17 Bentuk Lekukan Bola Ideal .....	29
Gambar 2.18 Uji Kekerasan Rockwell .....	30
Gambar 2.19 Uji Kekerasan Vickers .....	32
Gambar 2.20 Ilustrasi Uji Ketangguhan .....	33
Gambar 2.21 Patahan Spesimen Uji Impak.....	34
Gambar 2.22 Bentuk Takikan Pada Uji Ketangguhan.....	35
Gambar 2.23 Uji Impak Metode Charpy.....	36
Gambar 2.24 Uji Impak Metode Izzod.....	37
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	38
Gambar 3.2 Besi Cor Nodular.....	40

Gambar 3.3 Gerinda Potong .....	40
Gambar 3.4 Mesin Turning .....	41
Gambar 3.5 <i>Vernier Caliper</i> .....	41
Gambar 3.6 Tungku Pemanas .....	42
Gambar 3.7 Media Air .....	42
Gambar 3.8 Thermometer .....	43
Gambar 3.9 Mesin Amplas .....	43
Gambar 3.10 Autosol .....	44
Gambar 3.11 Larutan Etsa .....	44
Gambar 3.12 Alat Uji SEM .....	45
Gambar 3.13 Alat Uji Impak .....	45
Gambar 3.14 Alat Uji Rockwell .....	46
Gambar 3.15 Siklus Perlakuan Panas .....	46
Gambar 3.16 Dimensi spesimen Uji SEM dan Kekerasan .....	47
Gambar 3.17 Dimensi Spesimen Uji Impak .....	50
Gambar 4.1 Foto SEM Raw Material .....	52
Gambar 4.2 Foto SEM setelah proses Quenching 850° .....	53
Gambar 4.3 Foto SEM setelah proses Tempering 450° .....	53
Gambar 4.4 Diagram Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell .....	55
Gambar 4.5 Diagram Hasil Pengujian Impak .....	57

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data Hasil Uji Komposisi Kimia Material Besi Cor. ....	51
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell .....	54
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Impak.....	56



## DAFTAR SIMBOL

- $M$  = Massa .....(Kg)  
 $\beta$  = Sudut ayunan setelah membentur benda uji ..... (°)  
 $\alpha$  = Sudut ayunan tanpa beban.....(°)