

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PROSES *QUENCHING* DAN *TEMPERING*
DENGAN VARIASI *HOLDING TIME* 10, 30 DAN 60 MENIT
TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO
BAJA KARBON SEDANG**



Tugas Akhir Ini Disusun Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Strata 1 Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh :

REVAN PAJAR ALFIANTO

NIM : D200160222

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **REVAN PAJAR ALFIANTO**
NIM : **D200 160 222**
Fakultas/Jurusan : **Teknik / Teknik Mesin**
Judul : **Pengaruh Proses *Quenching* Dan
Tempering Dengan Variasi *Holding Time*
10, 30 Dan 60 Menit Terhadap Nilai
Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Karbon
Sedang**

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya tulis yang penulis buat sendiri sebagai syarat memperoleh gelar sarjana S-1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, kecuali beberapa sumber kutipan dan ringkasan yang telah penulis cantumkan sebagai mana mestinya dalam karya ini.

Surakarta, 12 Februari 2021

Yang menyatakan



Revan Pajar Alfianto
D200 160 222

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul “**PENGARUH PROSES *QUENCHING* DAN *TEMPERING* DENGAN VARIASI *HOLDING TIME* 10, 30 DAN 60 MENIT TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON SEDANG**” telah di setujui oleh pembimbing tugas akhir sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **REVAN PAJAR ALFIANTO**

NIM : **D200 160 222**

Disetujui pada :

Hari : *Sabtu*

Tanggal : *6 Februari 2021*

Dosen Pembimbing
Tugas Akhir



Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul "Pengaruh Proses *Quenching* Dan *Tempering* Dengan Variasi *Holding Time* 10, 30 Dan 60 Menit terhadap Nilai Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Karbon Sedang" telah dipertahankan di depan dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **REVAN PAJAR ALFIANTO**

NIM : **D200 160 222**

Disahkan pada :

Hari : Sabtu

Tanggal : 13 Februari 2021

Dewan Penguji :

1. Ketua : Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, M.T. (.....)

2. Anggota 1 : Kholqillah Ardhian Ilman, S.T., M.Eng. (.....)

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

Mengetahui,

Dekan
Fakultas Teknik



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM.

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 029/II/2020 Tanggal 20 Februari 2020 tentang Pembimbing Tugas Akhir dengan ini :

Nama : Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, M.T.

Pangkat/Jabatan : Lektor/ IVa

Kedudukan : Pembimbing

Memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa :

Nama : Revan Pajar Alfianto

Nomor Induk : D200160222

Jurusan/Semester : Teknik Mesin / 9

Judul/Topik : Pengaruh Proses *Quenching* Dan *Tempering* Dengan Variasi *Holding Time* 10, 30 Dan 60 Menit, Terhadap Nilai Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Karbon Sedang

Rincian Soal/Tugas : Menganalisa Pengaruh Proses *Quenching* Dan *Tempering* Dengan Variasi *Holding Time*, Terhadap Nilai Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Karbon Sedang

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

Surakarta, 25 September 2020

Pembimbing

Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, M.T.

Keterangan:

Dibuat rangkap 3 (tiga)

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

HALAMAN MOTTO

“ Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.
Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila
engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras
(untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah
hendaknya kamu berharap.”

(Q.S. Al-Insyiroh : 5-8)

“ Barang siapa belum merasakan pahitnya belajar walau sebentar,
maka akan merasakan hinanya kebodohan sepanjang hidupnya.”

(Imam Syafi'i)

“ Ilmu tanpa amal adalah kegilaan, dan amal tanpa ilmu adalah
kesia-siaan.”

(Imam Al-Ghazali)

“ Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan
mudahkan baginya jalan menuju surga.”

(HR. Muslim)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengharap ridho Allah SWT, seiring penuh rasa syukur dan bangga yang mendalam serta penghargaan yang tinggi, setelah melewati berbagai ujian dalam perjuangan yang tak kenal lelah, saya persembahkan Tugas Akhir ini kepada :

1. Bapak, Ibu, dan seluruh keluarga tercinta yang dengan segala kasih sayang, kesabaran, keikhlasan dan pengorbanannya untuk senantiasa mendukung dan mendoakan saya.
2. Bapak Muhammad Syukron, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang dengan penuh kesabaran telah memberikan bantuan, bimbingan dan arahnya untuk menyelesaikan penelitian ini.
3. Teman-teman seperjuangan yang selalu saling mendukung dan membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

**PENGARUH PROSES *QUENCHING* DAN *TEMPERING* DENGAN
VARIASI *HOLDING TIME* 10, 30 DAN 60 MENIT TERHADAP NILAI
KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON SEDANG**

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk meneliti pengaruh proses *tempering* pada temperatur 350°C dengan variasi *holding time* 10 menit, 30 menit dan 60 menit terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro baja karbon sedang setelah mengalami proses *quenching* dengan media pendingin air. Proses *tempering* banyak digunakan untuk meningkatkan sifat ulet pada baja. Pada penelitian ini baja karbon sedang yang digunakan berukuran 30 mm x 30 mm dengan tebal 5 mm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada variasi *holding time* 10, 30 dan 60 menit secara berturut-turut nilai kekerasannya 26,1 HRC, 30,4 HRC dan 26,9 HRC. Untuk *raw material* memiliki nilai kekerasan 42,5 HRC dan nilai kekerasan *quenching* 39,3 HRC. Hasil ini menunjukkan bahwa *tempering* merubah fasa *martensite* dari proses *quenching* menjadi *tempered martensite* yang memiliki kekerasan lebih rendah.

Kata Kunci : Quenching, Tempering, Tempered Martensite, Nilai Kekerasan, Struktur Mikro

**THE EFFECT OF QUENCHING AND TEMPERING PROCESSES WITH
HOLDING TIME VARIATIONS OF 10, 30 AND 60 MINUTES, AGAINST
HARDNESS VALUE AND MEDIUM CARBON STEEL
MICROSTRUCTURE**

ABSTRACT

This research was conducted to examine the effect of the tempering process at a temperature of 350°C with a variation of the holding time of 10 minutes, 30 minutes and 60 minutes on the hardness and microstructure values of medium carbon steel after undergoing the quenching process with water cooling media. The tempering process is widely used to increase the ductility properties of steel. In this study, medium carbon steel was used measuring 30 mm x 30 mm with a thickness of 5 mm. The results of this study indicate that at the variation of the holding time of 10, 30 and 60 minutes the hardness values are 26.1 HRC, 30.4 HRC and 26.9 HRC, respectively. Raw material has a hardness value of 42.5 HRC and a quenching hardness value of 39.3 HRC. These results indicate that tempering changes the martensite phase from the quenching process to tempered martensite which has lower hardness.

Keywords: Quenching, Tempering, Tempered Martensite, Hardness Value, Microstructure

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarrakatuh

Alhamdulillah Robbil'alamin, penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala berkah, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusunan laporan Tugas Akhir dengan judul **“PENGARUH PROSES QUENCHING DAN TEMPERING DENGAN VARIASI HOLDING TIME 10, 30 DAN 60 MENIT TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON SEDANG”** dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan, dan motivasi dari berbagai pihak maka sangat sulit bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. Subroto, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Wijianto, S.T., M.Eng.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik saya.
4. Bapak Muhammad Syukron, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bantuan, bimbingan dan arahnya.

5. Jajaran staff dan Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, atas segala ilmu yang diberikan selama penulis menempuh studi perkuliahan.
6. Kedua orang tua saya, yang selalu memberikan do'a dan dukungannya untuk menyelesaikan studi saya.
7. Muhammad Dahlan Amien dan Bachtiar Fajar Wicaksono, rekan satu kelompok dalam penelitian ini yang selalu bersama saling bahu-membahu berdiskusi untuk menyelesaikan segala masalah yang ada dalam penelitian ini.
8. Teman-teman program studi teknik mesin angkatan 2016 yang tidak bisa saya sebut satu-persatu.
9. Teman-teman kelas F yang sudah menemani perjalanan kuliah hingga sampai pada titik ini.
10. Keluarga Tapak Suci Unit 003 Universitas Muhammadiyah Surakarta, Keluarga Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah Komisariat Averroes serta Keluarga Pondok Darul Ihsan dan Trensains Muhammadiyah Sragen yang selalu mendukung dan mendo'akan hingga sampai ke titik ini.
11. Semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu atas semua bantuan dan dukungan yang telah diberikan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.

Semoga Allah SWT juga memberikan kelancaran dan kemudahan atas segala urusan kepada saudara semua, Aamiin Yaa Robbal'alamiin. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu penulis memohon maaf serta mengharapkan segala kritik dan saran agar tercipta tulisan yang lebih baik lagi. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarrakatuh

Surakarta, 12 Februari 2021



Revan Pajar Alfianto
D200160222

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	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	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Baja Karbon	9
2.3 Sifat Mekanik Baja	12
2.4 Diagram Fasa Fe-Fe ₃ C	14
2.5 <i>Heat Treatment</i>	19
2.6 <i>Tempering</i>	22
2.7 Diagram Transformasi Untuk Pendinginan	28
2.8 Uji Kekerasan	29

2.9 Uji Struktur Mikro	40
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	42
3.1 Diagram Alir Penelitian	42
3.2 Tempat Penelitian	43
3.3 Alat dan Bahan	43
3.4 Proses Perlakuan Panas	52
3.5 Proses Pengujian.....	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	59
4.1 Pengujian Komposisi Kima	59
4.2 Pengujian Struktur Mikro.....	61
4.3 Pengujian Kekerasan <i>Rockwell</i>	65
BAB V PENUTUP	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fasa Fe-Fe ₃ C (Callister, 2007).....	15
Gambar 2.2 Struktur Mikro <i>Ferrite</i> (Callister, 2007)	16
Gambar 2.3 Struktur Mikro <i>Austenite</i> (Callister, 2007).....	17
Gambar 2.4 Struktur Mikro <i>Pearlite</i> (Callister, 2007)	17
Gambar 2.5 Struktur Mikro <i>Sementite</i> (Callister, 2007)	18
Gambar 2.6 Siklus Perubahan <i>Martensite</i> ke <i>Tempered Martensite</i> (Callister, 2007).....	23
Gambar 2.7 Grafik temperatur tempering terhadap kekuatan tarik dan luluh pada baja yg di quenching dengan oli. (Callister, 2007)	24
Gambar 2.8 Grafik kekerasan terhadap waktu tempering pada baja eutectoid yg di quenching dengan air (Callister, 2007)	25
Gambar 2.9 Diagram Kekerasan sebagai fungsi konsentrasi karbon (Callister, 2007).....	27
Gambar 2.10 Diagram TTT (Callister, 2007).....	28
Gambar 2.11 <i>Shape of Indentation</i> (Callister, 2007).....	31
Gambar 2.12 Mekanisme Metode <i>Hardness Rockwell Circle</i>	34
Gambar 2.13 Bagan Pengujian HRC	34
Gambar 2.14 Metode <i>Hardness Rockwell Ball</i>	35
Gambar 2.15 Bagan Pengujian HRB	35
Gambar 2.16 Lekukan bekas pembebanan pengujian brinell	37
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	42
Gambar 3.2 Gerinda Duduk.....	43
Gambar 3.3 Tungku Pemanas	44
Gambar 3.4 Tang Jepit	45
Gambar 3.5 Bak Penampung Air	45
Gambar 3.6 Amplas	46
Gambar 3.7 Kain Beludru	47
Gambar 3.8 Mangkuk Keramik	47

Gambar 3.9 Sarung Tangan	48
Gambar 3.10 Baja Karbon Sedang	49
Gambar 3.11 Air.....	49
Gambar 3.12 Autosol	50
Gambar 3.13 Alkohol 95%	50
Gambar 3.14 Asam Nitrat 65%	51
Gambar 3.15 Alat Uji Kekerasan <i>Rockwell</i>	51
Gambar 3.16 Alat Uji Struktur Mikro	52
Gambar 3.17 Grafik Proses Perlakuan Panas	52
Gambar 3.18 Penempatan Titik Indentasi.....	57
Gambar 3.19 Spesimen Uji Mikrografi	58
Gambar 4.1 (a) Hasil pengujian Mikrografi raw material dengan perbesaran 500x, (b) Struktur Mikro Raw Material (ASM Handbook Vol.9)	61
Gambar 4.2 (a) Hasil pengujian Mikrografi setelah mengalami quenching media air dengan perbesaran 500x, (b) Struktur Mikro Setelah Quenching dengan media air (ASM Handbook Vol.9)	62
Gambar 4.3 (a) Hasil pengujian Mikrografi tempering dengan holding time 10 menit dengan perbesaran 500x, (b) Holding Time 30 menit, (c) Holding Time 60 menit, (d) Struktur Mikro setelah tempering (ASM Handbook Vol.9)	63
Gambar 4.4 Hasil Pengujian Menggunakan Rockwell Hardness sebelum dan setelah quenching dengan media air.....	66
Gambar 4.5 Hasil Pengujian Kekerasan Menggunakan Rockwell Hardness setelah tempering dengan holding time 10, 30 dan 60 menit.....	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skala Kekerasan <i>Rockwell</i> (Callister, 2007)	33
Tabel 2.2 Skala Kekerasan <i>Superficial Rockwell</i> (Callister,2007).....	36
Tabel 4.1 Hasil Uji Komposisi Kimia Baja Karbon Sedang	59