

**PENGARUH VARIASI MEDIA *QUENCHING* PADA PROSES
HEAT TREATMENT TERHADAP KEKERASAN,
KETAHANAN IMPAK, DAN STRUKTUR
KRISTAL (XRD) PADA BAJA S45C**

SKRIPSI

Oleh:

ALFONSIUS CRIXIAN MUA KOWA

2251057005



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA**

2024

**PENGARUH VARIASI MEDIA *QUENCHING* PADA PROSES
HEAT TREATMENT TERHADAP KEKERASAN,
KETAHANAN IMPAK, DAN STRUKTUR
KRISTAL (XRD) PADA BAJA S45C**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) Pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia

Oleh:

ALFONSIUS CRIXIAN MUA KOWA

2251057005



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2024**



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Alfonsius Crixian Mua Kowa

NIM : 2251057005

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang berjudul “PENGARUH VARIASI MEDIA *QUENCHING* PADA PROSES *HEAT TREATMENT* TERHADAP KEKERASAN, KETAHANAN IMPAK, DAN STRUKTUR KRISTAL (XRD) PADA BAJA S45C” adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri menggunakan hasil kuliah, tinjauan lapangan, buku-buku dan jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada karya tugas akhir saya.
2. Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di universitas lain, kecuali pada bagian-bagian sumber informasi yang dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.
3. Bukan merupakan karya terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada tugas.

Kalau terbukti saya tidak memenuhi apa yang dinyatakan di atas, maka tugas akhir ini dianggap batal.

Jakarta, 12 Juni 2024



(Alfonsius Crixian M)



PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
PENGARUH VARIASI MEDIA *QUENCHING* PADA PROSES *HEAT TREATMENT*
TERHADAP KEKERASAN, KETAHANAN IMPAK, DAN STRUKTUR KRISTAL
(XRD) PADA BAJA S45C

Oleh:

Nama : Alfonsius Crixian Mua Kowa
NIM : 2251057005
Program Studi : Teknik Mesin

telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam Sidang Tugas Akhir guna mencapai gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia.

Jakarta, 12 Juni 2024

Menyetujui:

Pembimbing I

Ir. Sesmaro Max Yudha, M.T

Pembimbing II

Dikky Antonius, S.T.,M.Sc



Ketua Program Studi Teknik Mesin

Dikky Antonius, S.T.,M.Sc



Dekan

Dikky Antonius, S.T.,M.Sc



PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Pada tanggal 9 Juli 2024 telah diselenggarakan Sidang Tugas Akhir untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia, atas nama:

Nama : Alfonsius Crixian Mua Kowa

NIM : 2251057005

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

termasuk ujian Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Variasi Media *Quenching* pada Proses *Heat Treatment* Terhadap Kekerasan, Ketahanan Impak dan Struktur Kristal (XRD) pada Baja S45C” oleh tim penguji yang terdiri dari:

Nama Penguji	Jabatan dalam Tim Penguji	Tanda tangan
1. Ir. Budiarto M.Sc.	,Sebagai Ketua	
2. Drs. Leonard Lisapaly M.SI.	,Sebagai Anggota	
3. Ir. Sesmaro Max Yudha, M.T.	,Sebagai Anggota	
4. Dikky Antonius, S.T.,M.Sc.	,Sebagai Anggota	

Jakarta, 9 Juli 2024



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

Pernyataan dan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alfonsius Crixian Mua Kowa

NIM : 2251057005

Fakultas : Fakultas Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Judul :
PENGARUH VARIASI MEDIA QUENCHING PADA PROSES HEAT TREATMENT TERHADAP KEKERASAN, KETAHANAN IMPAK, DAN STRUKTUR KRISTAL (XRD) PADA BAJA S45C

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir tersebut adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar akademik di perguruan tinggi manapun;
2. Tugas akhir tersebut bukan merupakan plagiat dari hasil karya pihak lain, dan apabila saya/kami mengutip dari karya orang lain maka akan dicantumkan sebagai referensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku;
3. Saya memberikan Hak Noneksklusif Tanpa Royalti kepada Universitas Kristen Indonesia yang berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih hak cipta.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran Hak Cipta dan Kekayaan Intelektual atau Peraturan Perundangan-undangan Republik Indonesia lainnya dan integritas akademik dalam karya saya tersebut, maka saya bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum dan sanksi akademis yang timbul serta membebaskan Universitas Kristen Indonesia dari segala tuntutan hukum yang berlaku.

Dibuat di Jakarta
Pada Tanggal 12 Juni 2024



Alfonsius Crixian Mua Kowa

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga laporan ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pokok bahasan dalam laporan tugas akhir ini adalah mengenai “Pengaruh Variasi Media *Quenching* Pada Proses Heat treatment Terhadap Struktur Kristal (XRD), Impak, dan Kekerasan Pada Baja S45C”, yang meliputi analisis perhitungan, penentuan variasi, penelitian dan pengujian.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas perancangan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Dicky Antonius, S.T.,M.Sc., Dekan Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia.
2. Ir. Budiarto, M.Sc., Ketua Program Studi Teknik Mesin, yang telah menyetujui penulisan tugas akhir ini.
3. Ir. Sesmaro Max Yudha, M.T., Dosen Pembimbing 1 yang telah sabar dalam memberikan bimbingan dalam menyelesaikan laporan ini.
4. Ir. Budiarto, M.Sc., Ketua Program Studi Teknik Mesin, yang telah membantu mengarahkan dalam penyusunan laporan ini.
5. Dicky Antonius, S.T.,M.Sc., Dosen pembimbing 2 yang telah secara sabar memberikan bimbingan.
6. Kedua orang tua yang memberi dukungan material dan spiritual.
7. Seluruh pihak yang turut membantu dalam penyelesaian laporan ini namun tidak dapat disebutkan satu persatu disini.

Akhir kata semoga hasil dari skripsi ini dapat bermanfaat bagi rekan rekan mahasiswa pada khususnya di Universitas Kristen Indonesia. Penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Penyusun mengharapkan kritik dan saran untuk penyempurnaan di kemudian hari.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	i
HALAMAN PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
Abstrak.....	xiii
<i>Abstract</i>.....	<i>xiv</i>
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penelitian	5
BAB II	6
LANDASAN TEORI	6
2.1 S45C.....	6
2.1.1 Definisi S45C.....	6
2.1.2 Cara pembuatan S45C	7
2.1.3 Aplikasi S45C	8
2.1.4 Pengaruh unsur-unsur penyusun pada S45C.....	9
2.2 <i>Hardening</i>	10
2.2.1 Definisi <i>hardening</i> (perlakuan panas).....	10

2.2.2	Macam-macam <i>hardening</i>	10
2.3	Uji Impak.....	12
2.3.1	Pengertian Uji Impak.....	12
2.3.2	Jenis-jenis Metode Uji Impak.....	12
2.3.3	Perpatahan impak.....	14
2.4	Uji Kekerasan.....	14
2.5	Uji XRD.....	16
BAB III	22
METODE PENELITIAN	22
3.1	Diagram Alir Penelitian	22
3.2	Bahan Penelitian	23
3.2.1	Bahan Penelitian Uji Impak.....	23
3.2.2	Bahan Penelitian Uji Kekerasan	24
3.2.3	Bahan Penelitian Uji XRD.....	24
3.3	Alat Pengujian.....	26
3.3.1	<i>Hardening</i>	26
3.3.2	Uji Impak.....	26
3.3.3	Uji Kekerasan	27
3.3.4	Uji XRD.....	27
3.4	Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
3.4.1	<i>Hardening</i>	27
3.4.2	Uji Impak	27
3.4.3	Uji Kekerasan	28
3.4.4	Uji XRD.....	28
3.5	Prosedur Penelitian	28
3.5.1	<i>Hardening</i>	28

3.5.2 Uji Impak	33
Arah datangnya pendulum	33
3.5.3 Uji Kekerasan	35
3.5.4 Uji XRD	37
3.6 Variabel Penelitian	39
3.6.1 Variabel Terikat	39
3.6.2 Variabel Tetap	39
3.6.3 Variabel Berubah.....	39
3.7 Metode Penelitian	39
3.8 Rancangan Penelitian.....	40
BAB IV	41
HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 <i>Heat treatment</i>	41
4.2 Uji Impak.....	41
4.3 Uji Kekerasan.....	43
4.4 Uji XRD.....	46
BAB V	55
KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	57

DAFTAR TABEL

- Tabel 1.1 Tabel Komposisi Baja S45C
- Tabel 3.1 Tabel Uji Impak
- Tabel 3.2 Tabel Uji Kekerasan
- Tabel 3.3 Tabel Uji XRD
- Tabel 3.4 Tabel Uji Rata-Rata Impak, Kekerasan, XRD
- Tabel 4.1 Tabel Uji Rata-Rata Impak, Kekerasan, XRD
- Tabel 4.2 Tabel Hasil Uji Impak
- Tabel 4.3 Tabel Hasil Uji Kekerasan
- Tabel 4.4 Tabel Pembacaan Puncak Spesimen Base Metal
- Tabel 4.5 Tabel Pembacaan Puncak Spesimen Media *Quenching* Air Garam
- Tabel 4.6 Tabel Pembacaan Puncak Spesimen Media *Quenching* Air Biasa
- Tabel 4.7 Tabel Pembacaan Puncak Spesimen Media *Quenching* Oli
- Tabel 4.8 Tabel Hasil Pengolahan XRD Spesimen Base Metal
- Tabel 4.9 Tabel Hasil Pengolahan XRD Spesimen Media *Quenching* Air Garam
- Tabel 4.10 Tabel Hasil Pengolahan XRD Spesimen Media *Quenching* Air Biasa
- Tabel 4.11 Tabel Hasil Pengolahan XRD Spesimen Media *Quenching* Oli
- Tabel 4.12 Tabel Hasil Semua Pengujian

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Gambar Proses *Hardening* - Tempering
- Gambar 2.2 Gambar Pengujian Impak Metode Izod
- Gambar 2.3 Gambar Pengujian Impak Metode Charpy 1
- Gambar 2.4 Gambar Pengujian Impak Metode Charpy
- Gambar 2.5 Gambar Penjelasan Hukum Bragg 1
- Gambar 2.6 Gambar Penjelasan Hukum Bragg 2
- Gambar 2. 7 Gambar Mesin Penguji XRD
- Gambar 3.1 Gambar Diagram Alir Penelitian
- Gambar 3.2 Gambar Spesimen Uji Impak
- Gambar 3.3 Gambar Spesimen Uji Kekerasan
- Gambar 3.4 Gambar Spesimen Uji XRD
- Gambar 3.5 Gambar Diagram Fasa FeC
- Gambar 3.6 Gambar Mesin *Hardening*
- Gambar 3.7 Gambar Mesin Penguji Impak
- Gambar 3.8 Gambar Penguji Kekerasan
- Gambar 3.9 Gambar Mesin Penguji XRD
- Gambar 3.10 Gambar Spesimen Sebelum *Hardening*
- Gambar 3.11 Gambar Spesimen Media *Quenching* Air Biasa
- Gambar 3.12 Gambar Spesimen Media *Quenching* Air Garam Sebelum *Hardening*
- Gambar 3.13 Gambar Spesimen Media *Quenching* Oli Sebelum *Hardening*
- Gambar 3.14 Gambar Spesimen Setelah *Hardening*
- Gambar 3.15 Gambar Spesimen Media *Quenching* Air Biasa Setelah *Hardening*
- Gambar 3.16 Gambar Spesimen Media *Quenching* Air Garam Setelah *Hardening*
- Gambar 3.17 Gambar Spesimen Media *Quenching* Oli Setelah *Hardening*
- Gambar 3.18 Gambar Mesin Uji Impak
- Gambar 3.19 Gambar Mesin Penguji XRD
- Gambar 4.1 Grafik Hasil Uji Impak
- Gambar 4.2 Grafik Hasil Uji Kekerasan
- Gambar 4.3 Hasil Pengujian XRD

Gambar 4.4 Grafik Ukuran Kristal

Gambar 4.5 Grafik Regangan Kisi

Gambar 4.6 Grafik Kerapatan Dislokasi



DAFTAR NOTASI

Notasi:	Satuan:
A = luas penampang	: mm ²
A _k = Kekuatan impak	: j/mm ²
D = diameter kristalit	: nm
E = energi	: Joule
H = tinggi benda kerja	: mm
K = Faktor bentuk dari kristal (0,9-1)	: -
l = lebar spesimen dibawah takikan	: mm
p = panjang spesimen	: mm
T = holding time	: menit
β = Nilai dari Full Width at Half Maximum (FWHM)	: rad
ρ = Kerapatan Dislokasi	: garis/mm ²
ε = Regangan Kisi	: -
λ = Panjang gelombang dari sinar-X	: 1,54056 Å
θ = Sudut difraksi	: derajat

Abstrak

Baja S45C adalah salah satu kategori baja *ultrahigh strength* yang mempunyai kekuatan yang tinggi dengan memadukan *hardenability*, ketangguhan, keuletan, kekerasan dan ketahanan yang tinggi. Dengan melalui proses *hardening*, baja S45C akan mengalami kenaikan kekuatan fisik dan mekanik yang cukup signifikan, sehingga *hardening* pada baja S45C sangat penting dalam meningkatkan nilai guna pada baja S45C. Penulisan ini memaparkan pengaruh variasi media *quenching* terhadap ketahanan, kekerasan dan struktur kristal pada baja S45C. Penelitian ini memakai metode kuantitatif dengan menggunakan metode deskriptif dan eksperimental. Penelitian ini dilakukan melalui pengamatan struktur kristal dengan difraktometer sinar X, uji kekerasan dengan metode rockwell HRC, dan uji dampak metode charpy. Hasil menunjukkan bahwa sifat mekanik dan sifat fisik sangat dipengaruhi oleh variasi media *quenching* yang digunakan. Kekerasan material meningkat setelah proses *quenching* dengan menggunakan media air garam yang awalnya 23.833 HRC menjadi 36 HRC. Namun, pada media air garam pada pengujian dampak mengalami penurunan ketahanan dampak yang pada base metal senilai 0.44375 J/mm² menjadi 0.1375 J/mm². Adapun kenaikan pada nilai ketahanan dampak pada baja S45C mengalami kenaikan pada media *quenching* oli 10W-40 yang awalnya 0.44375 J/mm² menjadi 0.6875 J/mm². Terjadi kenaikan ukuran kristal yang signifikan pada media *quenching* oli 10W-40 yang awalnya 6.959 nm menjadi 11.673 nm. Terjadi kenaikan yang signifikan nilai kerapatan dislokasi pada media *quenching* air garam yang awalnya 0.021 garis/mm² menjadi 0.089 garis/mm². Pada hasil regangan kisi menunjukkan grafik yang berbanding lurus dengan kerapatan dislokasi, yang juga berbanding lurus dengan nilai kekerasan. Sedangkan ukuran kristal berbanding lurus dengan ketahanan dampak, namun berbanding terbalik dengan nilai kekerasan.

Kata kunci: baja S45C, *hardening*, *quenching*, kekerasan, ketahanan, struktur kristal

Abstract

S45C steel is a category of ultrahigh strength steel which has high strength by combining hardenability, toughness, ductility, hardness and high resistance. By going through the hardening process, S45C steel will experience a significant increase in physical and mechanical strength, so hardening S45C steel is very important in increasing the use value of S45C steel. This paper describes the effect of variations in quenching media on the durability, hardness and microstructure of S45C steel. This research uses quantitative methods using descriptive and experimental methods. This research was carried out by observing the crystal structure with an X-ray diffractometer, hardness testing using the Rockwell HRC method, and impact testing using the Charpy method. The results show that the mechanical properties and physical properties are greatly influenced by variations in the quenching media used. The hardness of the material increased after the quenching process by using salt water media from 23,833 HRC to 36 HRC. However, in the salt water media in the impact test, the impact resistance decreased, which for the base metal was 0.44375 J/mm² to 0.1375 J/mm². Meanwhile, there was an increase in the impact resistance value of S45C steel in the oil quenching media, from 0.44375 J/mm² to 0.6875 J/mm². There was a significant increase in crystal size in the oil quenching media, from 6,959 nm to 11,673 nm. There was a significant increase in the dislocation density value in the salt water quenching media from 0.021 lines/mm² to 0.089 lines/mm². The lattice strain results show a graph that is directly proportional to the dislocation density, which is also directly proportional to the hardness value. While the crystal size is directly proportional to impact resistance, it is inversely proportional to the hardness value.

Key words: *S45C steel, hardening, quenching, hardness, impact test, crystal structure.*