

**PENGARUH WAKTU TEMPERING TERHADAP STRUKTUR
KRISTAL, KEKERASAN, DAN KUAT TARIK
PADA BAJA VCN 150**

SKRIPSI

Oleh:

HANREVO FAUZI HARIS

NIM : 2151057031



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2023**

**PENGARUH WAKTU TEMPERING TERHADAP STRUKTUR
KRISTAL, KEKERASAN, DAN KUAT TARIK
PADA BAJA VCN 150**

SKRIPSI

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

Oleh:

HANREVO FAUZI HARIS

2151057031



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2023**



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hanrevo Fauzi Haris

NIM : 2151057031

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang ber judul “PENGARUH WAKTU TEMPERING TERHADAP STRUKTUR KRISTAL, KEKERASAN, DAN KUAT TARIK PADA BAJA VCN 150” adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan 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 karya tugas akhir ini dianggap batal.

Jakarta, 12 Juli 2023



(Hanrevo Fauzi Haris)



**UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK**

**PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
"PENGARUH WAKTU TEMPERING TERHADAP STRUKTUR KRISTAL,
KEKERASAN, DAN KUAT TARIK PADA BAJA VCN 150"**

Oleh:

Nama : Hanrevo Fauzi Haris
NIM : 2151057031
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 Juli 2023

Menyetujui:

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Budiarto, M.Sc.
NIDN. 0302115801

A.Reky Kurnia Widhi, S.T.,M.T
NIDN. 0419077802

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Dekan





UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK

PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Pada Tanggal 12 Juli 2023 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 : Hanrevo Fauzi Haris
NIM : 2151057031
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Termasuk ujian Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Waktu Tempering Terhadap Struktur Kristal, Kekerasan, Dan Kuat Tarik Pada Baja Ven 150” oleh tim penguji yang terdiri dari:

Nama Penguji	Jabatan dalam Tim Penguji	Tanda Tangan
1. Dicky Antonius,S.T.,M.Sc	,Sebagai Ketua	
2. Ir. Budiarto,M.Sc	,Sebagai Anggota	
3. A.Reky Kurnia Widhi,S.T,M.T	,Sebagai Anggota	
4. Ir. Perwita Kurniawan,S.T.,M.Eng.,IPP	,Sebagai Anggota	
5. Melya Dyanasari Sebayang,S.Si.,MT	,Sebagai Anggota	

Jakarta, 12 Juli 2023



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

Pernyataan dan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hanrevo Fauzi Haris
NIM : 2151057031
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Jenis Tugas Akhir : Skripsi
Judul : Pengaruh Waktu Tempering Terhadap Struktur Kristal, Kekerasan, Dan Kuat Tarik Pada Baja Vcn 150

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 Juli 2023
Yang Menyatakan



(Hanrevo Fauzi Haris)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan yang harus dipenuhi guna menempuh Sidang Ujian Sarjana serta untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia.

Pokok bahasan dalam laporan tugas akhir ini adalah mengenai “Pengaruh Waktu Tempering Terhadap Struktur Kristal, Kekerasan, Dan Kuat Tarik Pada Baja Vcn 150”. Yang telah selesai dengan baik dan lancar.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan tentunya bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih banyak kepada:

1. Dikky Antonius, S.T.,M.Sc, Dekan Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia, yang telah menyetujui penulisan tugas akhir ini.
2. Ir. Budiarto, M.Sc., Ketua Program Studi Teknik Mesin, yang telah menyetujui penulisan tugas akhir ini
3. Ir. Budiarto, M.Sc., Dosen Pembimbing 1 yang telah secara tulus dan sabar memberikan bimbingan.
4. A.Reky Kurnia Widhi, S.T,M.T, Dosen Pembimbing 2 yang telah secara tulus dan sabar memberikan bimbingan.
5. Kedua orang tua yang memberi dukungan material dan spiritual.
6. Semua pihak yang berjasa namun tidak dapat disebutkan satu persatu di sini.

Akhir kata semoga hasil dari tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa pada umumnya dan penulis pada khususnya di Universitas Kristen Indonesia. Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Penulis mengharapkan kritik dan saran untuk penyempurnaan di kemudian hari. Dengan segala rasa syukur penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak. Semoga amal baik beliau-beliau tadi mendapat imbalan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa. Aamiin.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI	iv
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
Abstrak	xiv
<i>Abstract</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.5.1 Untuk Peneliti.....	5
1.5.2 Untuk Umum.....	5
1.6 Metode Pengumpulan Data	6
1.7 Sistematika Penulisan	7
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1 Baja.....	8
2.1.1 Baja Karbon Rendah	9
2.1.2 Baja Karbon Sedang.....	10
2.1.3 Baja Karbon Tinggi.....	10
2.1.4 Baja Paduan.....	10
2.2 Sifat Mekanik Baja	12
2.3 Struktur Mikro Baja.....	13
2.4 Struktur Kristal Baja.....	17

2.5	Sistem Kristal	19
2.6	Spesifikasi Material VCN 150.....	20
2.7	Karakteristik Material VCN 150	22
2.8	Gearbox	28
	2.7.1 Komponen – Komponen <i>Gearbox</i>	29
2.9	Roda Gigi (<i>Gear</i>).....	36
2.10	Klasifikasi Roda Gigi (<i>Gear</i>)	38
2.11	Perlakuan Panas (<i>Heat Treatment</i>).....	41
	2.11.1 <i>Normalizing</i>	42
	2.11.2 <i>Quenching</i>	44
	2.11.3 <i>Tempering</i>	48
	2.11.4 <i>Annealing</i>	49
2.12	<i> Holding time</i>	50
2.13	Media Pendingin.....	50
2.14	Diagram Fasa Fe-Fe ₃ C	52
2.15	Pengujian Baja.....	54
2.16	Pengujian Kekerasan	55
2.17	XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	57
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		63
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	63
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	65
	3.1.1 Tempat Penelitian.....	65
	3.1.2 Waktu Penelitian	65
3.3	Bahan Penelitian	66
	3.3.1 Bahan Utama.....	66
	3.3.2 Bahan Pendukung.....	66
3.4	Alat	66
	3.4.1 Alat Proses Penelitian	66
	3.4.2 Alat Pengujian	66
3.5	Variabel Penelitian	66
	3.5.1 Variabel Terikat	66
	3.5.2 Variabel Tetap	66
	3.5.3 Variabel berubah	67

3.6	Cara Pengolahan Data	67
3.7	Prosedur Penelitian	67
	3.7.1 Pembuatan Sampel Uji	67
	3.7.2 Proses perlakuan panas	67
	3.7.3 Pengujian dengan Difraktometer Sinar-X	69
	3.7.4 Pengujian dengan Metode Brinell	71
3.8	Metode Penelitian	72
3.9	Rancangan Penelitian	73
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		74
4.1	Hasil Pembuatan Spesimen Uji Material VCN 150	74
4.2	Pengujian XRD	75
	4.2.1 Data Hasil Pengujian XRD	75
	4.2.2 Analisa Data Hasil Pengujian XRD	81
	4.2.3 Pembahasan Hasil Pengujian Difraktometer Sinar-X	86
4.3	Pengujian Kekerasan Baja Paduan Rendah VCN 150	87
	4.3.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan Baja VCN 150	87
	4.3.2 Analisa Pengaruh Media <i>Quenching</i> Terhadap Kekerasan	89
	4.3.3 Analisa Pengaruh <i>Tempering</i> Terhadap Kekerasan	89
	4.3.4 Analisa Hasil Uji Kekerasan Secara Keseluruhan Pada Baja	90
	4.3.5 Pembahasan Hasil Uji Kekerasan Pada Baja VCN150	90
4.4	Pengujian Kekuatan Tarik Baja Paduan Rendah VCN 150	92
	4.4.1 Data Hasil Nilai Kekuatan Tarik Baja VCN 150	92
	4.4.2 Analisa Pengaruh Media <i>Quenching</i> Terhadap Kekuatan Tarik	93
	4.4.3 Analisa Pengaruh <i>Tempering</i> Terhadap Kekuatan Tarik	94
	4.4.4 Analisa Hasil Nilai Kekuatan Tarik Secara Keseluruhan	94
	4.4.5 Pembahasan Hasil Nilai Kekuatan Tarik Pada Baja VCN 150	95
4.5	Analisa Hasil Hubungan XRD Terhadap Kekerasan dan Kuat Tarik	96
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		97
5.1	Kesimpulan	97
5.2	Saran	97
DAFTAR PUSTAKA		99

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi kimia Baja VCN 150.....	20
Tabel 2.2 Sifat kekerasan Baja VCN 150.....	20
Tabel 2.3 Mechanical Properties VCN 150 setelah <i>quenching</i> dalam temperatur 845°C dan tempering berbagai variasi temperatur	21
Tabel 2.4 Klasifikasi Roda Gigi	40
Tabel 3.1 Agenda Penelitian.....	65
Tabel 3.2 Rancangan Penelitian	73
Tabel 4.1 Matriks Perancangan Spesimen Penelitian.....	75
Tabel 4.2 Hasil Olah Data XRD Spesimen 1	76
Tabel 4.3 Hasil Olah Data XRD Spesimen 2	77
Tabel 4.4 Hasil Olah Data XRD Spesimen	78
Tabel 4.5 Hasil Olah Data XRD Spesimen 4	79
Tabel 4.6 Hasil Olah Data XRD Spesimen 5	80
Tabel 4.7 Rata-Rata Hasil Nilai Pengujian XRD Pada 5 Spesimen.....	81
Tabel 4.8 Data Hasil Pengujian Kekerasan Skala <i>Brinell</i>	88
Tabel 4.9 Data Hasil Konversi Kekuatan Tarik Skala <i>Brinell</i>	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tampak Struktur Baja Zat Arang	9
Gambar 2.2 Struktur Mikro Ferit.....	14
Gambar 2.3 Struktur Mikro Perlit	15
Gambar 2.4 Struktur Mikro Bainit	15
Gambar 2.5 Struktur Mikro Martensit.....	16
Gambar 2.6 Struktur Mikro Sementit.....	16
Gambar 2.7 Struktur Kristal BCC	17
Gambar 2.8 Struktur Kristal FCC.....	17
Gambar 2.9 Struktur Kristal HCP	18
Gambar 2.10 Struktur Kristal BCT	18
Gambar 2.11 Pengaruh unsur paduan terhadap (A) temperatur eutektoid dan (B) kadar karbon di dalam eutektoid ^[16]	23
Gambar 2.12 Pengaruh Unsur Paduan Terhadap Kekerasan Ferit.....	24
Gambar 2.13 Ilustrasi Hardenability Pada Baja Hardenability Baik & Buruk....	26
Gambar 2.14 Pengaruh Kadar Chrom Kepada Penurunan Kekerasan ^[16]	27
Gambar 2.15 Input Shaft	30
Gambar 2.16 Gear Shift Housing	30
Gambar 2.17 Poros Utama Gearbox.....	31
Gambar 2.18 Planetary Gear Suction	31
Gambar 2.19 Oil Pump.....	32
Gambar 2.20 Transmisi Gear	33
Gambar 2.21 Bearing.....	34
Gambar 2.22 O-Ring	34
Gambar 2.23 Sun Gear	36
Gambar 2.24 Skema Diagram Bergulir Gigi	37
Gambar 2.25 Klasifikasi Roda Gigi	38
Gambar 2.26 Diagram untuk temperatur Normalizing.....	43
Gambar 2.27 Diagram Fasa Fe-C dan Fe ₃ C	45

Gambar 2.28 Diagram Isothermal Transformation	46
Gambar 2.29 Continuous Cooling Transformation Diagram	47
Gambar 2.30 Diagram Fasa Fe-C dan Fe ₃ C	53
Gambar 2.31 Perbandingan Dimensi Penekanan Pada Pengujian Kekerasan.....	57
Gambar 2.32 Lintasan Berkas Sinar X Yang Mengenai Kristal.....	59
Gambar 2.33 Difraksi Bragg	60
Gambar 2.34 X-Ray Diffraction (XRD).....	61
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	64
Gambar 3.2 Proses Hardening	68
Gambar 3.3 Media Quenching Spesimen	68
Gambar 3.4 Hasil Sampel Quenching	69
Gambar 3.5 Hasil Sampel Tempering	69
Gambar 3.6 Alat XRD Untuk Uji Struktur Kristal Di Laboratorium UI.....	70
Gambar 3.7 Skema Pengujian Kekerasan Brinell	72
Gambar 4.1 Spesimen Uji Material VCN 150.....	74
Gambar 4.2 Difraktogram Sinar-X Spesimen 1	76
Gambar 4.3 Difraktogram Sinar-X Spesimen 2	77
Gambar 4.4 Difraktogram Sinar-X Spesimen 3	78
Gambar 4.5 Difraktogram Sinar-X Spesimen 4	79
Gambar 4.6 Difraktogram Sinar-X Spesimen 5	80
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Ukuran Kristal Terhadap <i>Quenching</i>	82
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Ukuran Kristal Terhadap <i>Tempering</i>	82
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Kerapatan Dislokasi Terhadap <i>Quenching</i>	83
Gambar 4.10 Grafik Hubungan Kerapatan Dislokasi Terhadap <i>Tempering</i>	83
Gambar 4.11 Grafik Hubungan Regangan Mikro Terhadap <i>Quenching</i>	84
Gambar 4.12 Grafik Hubungan Regangan Mikro Terhadap <i>Tempering</i>	84
Gambar 4.13 Grafik Hubungan Kekuatan Luluh Terhadap <i>Quenching</i>	85
Gambar 4.14 Grafik Hubungan Kekuatan Luluh Terhadap <i>Tempering</i>	85
Gambar 4.15 Grafik Pengaruh Media <i>Quenching</i> Terhadap Kekerasan	89
Gambar 4.16 Grafik Pengaruh Waktu <i>Tempering</i> Terhadap Kekerasan.....	89

Gambar 4.17 Grafik Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan.....	90
Gambar 4.18 Grafik Pengaruh Media <i>Quenching</i> Terhadap Kekuatan Tarik.....	93
Gambar 4.19 Grafik Pengaruh Waktu <i>Tempering</i> Terhadap Kekuatan Tarik.....	94
Gambar 4.20 Grafik Distribusi Kekuatan Tarik Dan Kekerasan <i>Brinell</i>	94



Abstrak

Baja VCN 150 termasuk dalam kategori baja *ultra high-strength* yang memiliki kekuatan sangat tinggi dan memadukan antara *hardenability* yang baik, keuletan, ketangguhan, dan ketahanan terhadap *fatigue* dan *creep* yang tinggi. Penulisan ini memaparkan pengaruh waktu tempering mengenai struktur kristal, kekerasan, serta kuat tarik pada baja vcn 150. Penelitian memakai metode penelitian kuantitatif yang menggunakan metode deskriptif dan studi eksperimental. Pengujian dilakukan melalui pengamatan struktur kristal memakai Difraktometer Sinar-X, uji kekerasan dan kuat tarik dengan Brinell. Hasil menunjukkan bahwa sifat mekanik dan fisik sangat dipengaruhi oleh proses *quenching* maupun *tempering*. Kekerasan material mengalami peningkatan setelah proses *quenching* dari 203 HB ke 393 HB menggunakan media *quenching* oli. Pada media pendingin air garam dapat meningkatkan kekerasan secara maksimal yaitu dari 203 HB ke 445,3 HB dan mengalami penurunan yang tidak signifikan kembali setelah melalui proses *tempering*. Penurunan kekerasan dari 445,3 HB ke 324 HB setelah 5 jam *tempering*. Penurunan ukuran kristal terjadi setelah proses *tempering* selama 5 jam yaitu dari 0,5766 (nm) ke 0,4725 (nm). Terjadi kenaikan nilai kerapatan diskolasi setelah proses *tempering* selama 5 jam yaitu 3,0679 (garis/mm²) ke 6,8527 (garis/mm²) begitu pula kenaikan regangan mikro setelah proses *tempering* selama 5 jam yaitu dari 0,1254 (ϵ) ke 0,2148 (ϵ).

Kata Kunci: baja vcn 150, *tempering*, *quenching*, kekerasan, kuat tarik, struktur kristal

Abstract

VCN 150 steel is included in the category of ultrahigh-strength steel which has very high strength and combines good hardenability, ductility, toughness, and resistance to fatigue and creep high. This paper describes the effect of tempering time on crystal structure, hardness, and tensile strength in vcn 150 steel. The research conducted used quantitative research methods using descriptive methods and tal experimental studies. The test is carried out through observation of the crystal structure using X-Ray Difrraction, hardness and tensile strength test with Brinell. The results show that the mechanical and physical properties are strongly influenced by the quenching and tempering processes. The hardness of the material increased after the quenching process from 203 HB to 393 HB using oil quenching media. In salt water cooling media can increase the maximum hardness from 203 HB to 445.3 HB and experience an insignificant decrease again after going through the tempering process. Decrease in hardness from 445.3 HB to 324 HB after 5 hours of tempering. The decrease in crystal size occurred after a 5-hour tempering process from 0.5766 (nm) to 0.4725 (nm). There was an increase in the value of discolation density after the 5-hour tempering process from 3.0679 (line/mm²) to 6.8527 (line/mm²) as well as an increase in micro strain after the 5-hour tempering process from 0.1254 (ϵ) to 0.2148 (ϵ).

Keywords: *vcn 150 steel, tempering, quenching, hardness, tensile strength, crystal structure*