

**ANALISA PENGARUH WAKTU TEMPER TERHADAP  
STRUKTUR MIKRO, KOMPOSISI UNSUR KIMIA DAN  
KEKERASAN PADA BAJA VCN 150**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**JULIUS NUGRAHADI ARJENDRA**

**2151057018**



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

**ANALISA PENGARUH WAKTU TEMPER TERHADAP  
STRUKTUR MIKRO, KOMPOSISI UNSUR KIMIA DAN  
KEKERASAN 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:**

**JULIUS NUGRAHADI ARJENDRA**

**2151057018**



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



## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Julius Nugrahadi Arjendra

NIM : 2151057018

Program Studi : Teknik Mesin

Falkutas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang berjudul “ANALISA PENGARUH WAKTU TEMPER TERHADAP STRUKTUR MIKRO, UNSUR KIMIA, DAN KEKERASAN 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 diatas, maka karya tugas akhir ini dianggap batal.

Jakarta, 8 Juli 2024



Julius Nugrahadi Arjendra



**UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

**PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR**

**“ ANALISA PENGARUH WAKTU TEMPER TERHADAP STRUKTUR MIKRO,  
UNSUR KIMIA, DAN KEKERASAN PADA BAJA VCN 150 “**

Oleh:

Nama : Julius Nugrahadi Arjendra  
NIM : 2151057018  
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, 8 Juli 2024  
Menyetujui

Pembimbing I

Ir. Budiarto, M.Sc.  
NIDN. 0302115801

Pembimbing II

Ir. Kimar Turnip, M.Sc.  
NIDN. 031045401





**UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

**PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR**

Pada Tanggal 8 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 : Julius Nugrahadi Arjendra  
NIM : 2151057018  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik

Termasuk ujian Tugas Akhir yang berjudul “ANALISA PENGARUH WAKTU TEMPER TERHADAP STRUKTUR MIKRO, UNSUR KIMIA, DAN KEKERASAN PADA BAJA VCN 150” oleh tim penguji yang terdiri dari:

	Nama Penguji	Jabatan dalam Tim penguji	Tanda Tangan
1.	Dicky Antonius, ST., M.Sc	Sebagai Ketua	(  )
2.	Melya Dyanasari Sebayang, S.Si., MT.	Sebagai Anggota	(  )
3.	Ir.Rahmad Samosir, MT.	Sebagai Anggota	(  )
4.	Ir. Budiarto, M.Sc	Sebagai Anggota	(  )
5.	Ir. Kimar Turnip, M.Sc	Sebagai Anggota	(  )



**UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

**PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS**

**AKHIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Julius Nugrahadi Arjendra  
NIM : 2151057018  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin  
Jenis Tugas Akhir : Skripsi  
Judul : ANALISA PENGARUH WAKTU TEMPER TERHADAP  
STRUKTUR MIKRO, UNSUR KIMIA, DAN KEKERASAN 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, 8 Juli 2024

Yang menyatakan



Julius Nugrahadi Arjendra

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadirat 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 **“ANALISA PENGARUH WAKTU TEMPER TERHADAP STRUKTUR MIKRO, UNSUR KIMIA, DAN KEKERASAN PADA BAJA VCN 150”**. Laporan yang telah selesai dengan baik dan lancar.

Penulis menyadari bahwa 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. Ir.Kimar Turnip, Msc., Dosen Pembimbing 2 yang telah secara tulus dan sabar memberikan bimbingan.
5. Kedua orang tua yang memberi dukungan material dan spiritual.
6. Catherine Puteri Andieni yang telah memberikan dukungan dan menemani pengerjaan skripsi hingga selesai.
7. 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 kata sempurna. Penulis mengharapkan kritik dan saran untuk penyempurnaan di kemudian hari. Dengan segala syukur penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak. Semoga amal dan kebaikan mendapatkan imbalan yang setimpal dari Tuhan yang Maha Esa. Amin





## DAFTAR ISI

ANALISA PENGARUH WAKTU TEMPER TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KOMPOSISI UNSUR KIMIA DAN KEKERASAN PADA BAJA VCN 150.....	i
ANALISA PENGARUH WAKTU TEMPER TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KOMPOSISI UNSUR KIMIA DAN KEKERASAN PADA BAJA VCN 150.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KA RYA TUGAS AKHIR.....	ii
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR.....	iii
PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR.....	iv
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
Abstrak.....	xv
Abstact.....	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Metode Pengumpulan Data.....	5
1.7 Sistemasi Penulisan.....	5
1.8 Bab Pendahuluan.....	6

BAB II.....	9
LANDASAN TEORI.....	9
2.1    Baja.....	9
2.1.1    Karbon (C).....	10
2.1.2    Mangan (Mn).....	10
2.1.3    Phospor (P).....	11
2.1.4    Sulfur (S).....	11
2.1.5    Silikon (Si).....	11
2.1.6    Nikel (Ni).....	11
2.1.7    Kromium (Cr).....	12
2.1.8    Molybdenum (Mo).....	12
2.1.9    Cobalt (Co).....	12
2.1.10    Tembaga (Cu).....	12
2.1.11    Arsen (As).....	13
2.1.12    Aluminuim (Al).....	13
2.2    Sifat Mekanik Baja.....	13
2.3    Sruktur Mikro.....	15
2.4    Metalografi.....	18
2.5    Pengujian Struktur Mikro.....	18
2.6    Perlakuan panas ( <i>Heat Treatment</i> ).....	20
2.6.1    Normalizing.....	20
2.6.2    Anealizing.....	22
2.6.3    Tempering.....	22
2.6.4    Dekomposisi Martensite.....	23
2.7    Quenching.....	24
2.8    Pengujian Kekerasan.....	26
2.8.1    Pengujian kekerasan menurut <i>Brinell</i> .....	26
2.9    Unsur Kimia Pada Baja.....	26

BAB III.....	28
METODOLOGI PENELITIAN .....	28
3.1    FlowChart.....	28
3.2    Tempat dan Waktu Penelitian.....	30
3.2.1    Tempat Penelitian .....	30
3.2.2    Waktu Penelitian .....	30
3.3    Bahan dan Alat Penelitian.....	30
3.3.1    Bahan utama .....	30
3.3.2    Alat Penelitian.....	30
3.4    Pengambilan Data Analisa dan Data Pengujian.....	31
3.5    Prosedur Pengujian.....	31
3.5.1    Sampel Uji.....	31
3.5.1    Proses Pengujian Struktur Mikro.....	31
3.5.2    Pengujian Kekerasan Dengan Metode Brinell.....	34
3.5.3    Pengujian Unsur Kimia .....	35
3.6    Rancangan Penelitian.....	36
3.7    Sampel Spesimen Pengujian.....	36
BAB IV.....	38
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1    Pengujian Struktur Mikro.....	38
4.1.1    Data Hasil Pengujian Struktur Mikro Tanpa Perlakuan.....	39
4.1.2    Data Hasil Pengujian Struktur Mikro Quenching.....	40
4.1.3    Data Pengujian Struktur Mikro Tempering dengan penahanan 2 jam.....	41
4.1.4    Data Hasil Pengujian Struktur Mikro Tempering dengan penahanan 5 jam...	42
4.1.5    Data Hasil Pengujian Struktur Mikro Tempering dengan penahanan 9 jam...	43
4.2    Pembahasan Uji Struktur Mikro.....	44
4.2.1    Pengaruh Waktu Tempering Terhadap Sruktur Mikro Baja VCN 150.....	44
4.2.2    Pengaruh Waktu Tempering Terhadap Sifat Mekanik Baja VCN 150.....	46

4.3	Pengujian Komposisi Kimia .....	47
4.4	Pengujian Kekerasan .....	50
4.5	Kuat Tarik .....	51
4.5.1	Hasil Kuat Tarik .....	51
BAB V .....		54
KESIMPULAN DAN SARAN .....		54
5.1	Kesimpulan .....	54
5.2	Saran .....	54



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Penelitian Terdahulu.....	1
Tabel 3. 1 Rancangan Penelitian.....	1
Tabel 4. 1 Komposisi Unsur Kimia dengan sampel tanpa perlakuan, <i>Quenching, Tempering</i> . 1	
Tabel 4. 2 Data Konversi Kekuatan Tarik Skala <i>Brinell</i> .....	1



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Mikro Ferit.....	1
Gambar 2. 2 Struktur Mikro Perlit.....	1
Gambar 2. 3 Struktur Mikro Bainit.....	1
Gambar 2. 4 Struktur Mikro Martensit.....	1
Gambar 2. 5 Struktur Mikro Sementit.....	1
Gambar 2. 6 Spesimen, Ukuran dan Bentuk Objek Pembesaran.....	1
Gambar 3. 1 Flow Chart Proses Pengerjaan.....	1
Gambar 3. 2 perbandingan sebelum dan sesudah diberi cairan etsa.....	1
Gambar 3. 3 Pantulan sinar pada pengamatan metalografi.....	1
Gambar 3. 4 Mikroskop Metalografi.....	1
Gambar 3. 5 Material yang sudah melalui proses grinding dan polishing.....	1
Gambar 3. 6 Sampel tanpa melalui proses heat treatment.....	1
Gambar 3. 7 Sampel <i>quenching</i> .....	1
Gambar 3. 8 Sampel Tempering dengan ditahan 2jam, 5jam, 9jam.....	1
Gambar 4. 1 Sampel Tempering dengan ditahan 2jam, 5jam, 9jam.....	1
Gambar 4. 2 struktur mikro tanpa perlakuan dengan pembesaran 1000x. P:pearlit, F: Ferit, A:Austenite.....	1
Gambar 4. 3 Struktur mikro dengan perlakuan quenching dengan pembesaran 100x.....	1
Gambar 4. 4 Struktur mikro dengan perlakuan quenching dengan pembesaran 1000x. P: Pearlit, M: Martensit, F: Ferrit.....	1
Gambar 4. 5 Struktur mikro dengan perlakuan tempering dengan penahanan 2 jam, pembesaran 100x.....	1
Gambar 4. 6 Struktur mikro dengan perlakuan tempering dengan penahanan 2 jam, pembesaran 1000x. BT: Bainit Temper, M: Martensit.....	1
Gambar 4. 7 Struktur mikro dengan perlakuan tempering dengan penahanan 5 jam, pembesaran 100x.....	1
Gambar 4. 8 Struktur mikro dengan perlakuan tempering dengan penahanan 5 jam, pembesaran 1000x. BT: Bainit Temper, M: Martensit.....	1
Gambar 4. 9 Struktur mikro dengan perlakuan tempering dengan penahanan 9 jam, pembesaran 100x.....	1

Gambar 4. 10 Struktur mikro dengan perlakuan tempering dengan penahanan 9 jam,  
pembesaran 1000x. BT: Bainit Temper, M: Martensit ..... 1  
Gambar 4. 11 Grafik Kekerasan Dengan Menggunakan Metode Brinell meliputi 5 spesimen 1  
Gambar 4. 12 Grafik Uji Kuat Tarik ..... 1



## Abstrak

Baja karbon sedang VCN150, memiliki kekuatan sangat tinggi dan memadukan antara *hardenability* yang baik, keuletan, ketangguhan, dan ketahanan terhadap *fatigue* dan *creep* yang tinggi. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis pengaruh temper terhadap struktur mikro, komposisi kimia, kuat tarik, dan kekerasan. Proses perlakuan panas yang dilakukan adalah *hardening* pada temperatur 850°C kemudian *quenching* media air, dilanjutkan proses *tempering* pada temperatur yang sama yaitu 400°C dengan *holding time* yang berbeda 2 jam, 5 jam, dan 9 jam. Karakterisasi Pengujian meliputi pengujian kekerasan dengan skala Brinell, pengujian struktur mikro dengan mikroskop optic, dan komposisi unsur kimia dengan Optik Emisi Spektrometer . Hasil pengujian kekerasan material *as cast* 215 Hb, setelah *hardening* 850°C dan *quenching* di media air memiliki kekerasan 465 HB. Namun kekerasan berkurang sesudah di *tempering* 400°C menjadi 401 HB ke 334 HB. Untuk pengujian kuat tarik setelah *hardening* 850°C dan *quenching* memiliki kuat tarik 1604,25 MPa. Namun kuat tarik berkurang sesudah di *tempering* 400°C menjadi 1383,45 MPa ke 1152,30 MPa. Hasil uji komposisi kimia menunjukkan unsur karbon mengalami penurunan yang signifikan, tetapi unsur lainnya seperti Si, Mn, Ni, Cr yang mengalami kenaikan sekitar 4-6,5%. Hasil pengamatan strukturmikro setelah di temper memperlihatkan mikrograf fasa bainit temper, fasa ferlit, dan martensit sisa. Peningkatan waktu tempering mengakibatkan struktur menjadi kasar dan mengakibatkan perubahan bentuk pada fasa sementit (Fe<sub>3</sub>C). yang semula berbentuk panjang semakin cenderung menjadi bulat.

**Kata Kunci :** baja VCN 150, *quenching-tempering*, sifat mekanik, struktur mikro



## Abstact

VCN150 medium carbon steel, has very high strength and combines good hardenability, ductility, toughness, and high resistance to fatigue and creep. The aim of this research is to analyze the effect of tempering on microstructure, chemical composition, tensile strength and hardness. The heat treatment process carried out is hardening at a temperature of 850°C then quenching in water media, followed by the tempering process at the same temperature, namely 400°C with different holding times of 2 hours, 5 hours and 9 hours. Characterization testing includes hardness testing with the Brinell scale, microstructure testing with an optical microscope, and chemical element composition with an Optical Emission Spectrometer. The hardness test results of the as cast material were 215 Hb, after hardening at 850°C and quenching in water the hardness was 465 HB. However, the hardness decreases after tempering at 400°C to 401 HB to 334 HB. For tensile strength testing after hardening at 850°C and quenching, the tensile strength was 1604.25 MPa. However, the tensile strength decreases after tempering at 400°C to 1383.45 MPa to 1152.30 MPa. The results of the chemical composition test showed that the carbon element experienced a significant decrease, but other elements such as Si, Mn, Ni, Cr experienced an increase of around 4-6.5%. The results of observations of the microstructure after tempering show micrographs of the tempered bainite phase, ferrite phase and residual martensite. Increasing the tempering time causes the structure to become rough and results in changes in the shape of the cementite phase (Fe<sub>3</sub>C). what was originally long in shape increasingly tends to become round.

**Keywords:** VCN 150 steel, quenching-tempering, mechanical propeties, microstructure.