

**SKRIPSI**

**PENGARUH WAKTU PROSES DCT – TEMPER PADA BAJA MANGAN  
DENGAN PENAMBAHAN 17,4 Cr DAN 18,4 Cr TERHADAP STRUKTUR  
MIKRO, KEKERASAN DAN KEAUSAN**



Disusun oleh :

**Dominikus Wado Hurint**

**210017041**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA  
2023**

**HALAMAN PERSETUJUAN**  
**SKRIPSI**  
**PENGARUH WAKTU PROSES DCT – TEMPER PADA BAJA**  
**MANGAN DENGAN PENAMBAHAN 17,4 Cr DAN 18,4 Cr TERHADAP**  
**STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN DAN KEAUSAN**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin  
Program Studi Teknik Mesin S1  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Disusun Oleh :

Nama Mahasiswa : Dominikus Wado Hurint

Nomor Mahasiswa : 210017041

Program Studi : Teknik Mesin S1

Telah diperiksa dan disetujui,

Dosen Pembimbing I



Dr. Ratna Kartikasari, S.T., M.T.  
NIK. 19730079

Dosen Pembimbing II



Joko Pitoyo, S.T.  
NIK. 19730095

Mengetahui  
Ketua Program Studi  
Teknik Mesin S1



Sutrisna, S.T., M.T., Ph.D.  
NIK. 19730120

## HALAMAN PENGESAHAN

Dipertahankan di depan dewan penguji tugas akhir Program Studi Teknik Mesin S1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Hari : Kamis  
Tanggal : 06 juli  
Pukul : 09.00  
Tempat : Ruang 6 Lantai 5, ITNY Babarsari Catur Tunggal Depok Sleman

Disahkan oleh :

1. Ketua penguji  
**Dr. Ratna Kartikasari, S.T., M.T.**
2. Anggota penguji I  
**Joko Pitoyo S.T.**
3. Anggota penguji II  
**Angger Bagus Prasetyo, S.T., M.Eng.**

Tanda Tangan



Mengetahui,



Dekan  
Fakultas Teknologi Industri,  
**Dr. Daru Sugati, M.T.**  
NIK. 19730125

Ketua Program Studi  
Teknik Mesin S1,



**Sutrisna, S.T., M.T., Ph.D.**  
NIK. 19730120



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S1**

---

**SOAL TUGAS AKHIR**

Nomor : 11/ITNY/Ka.Prodi.TM/TGA/III/2022

Nama Mahasiswa : Dominikus Wado Hurint

Nomor Mahasiswa : 210017041

Soal : Pengaruh Waktu Proses DCT – Temper Pada Baja Mangan Dengan Penambahan 17,4 Cr Dan 18,4 Cr Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Keausan.



Yogyakarta, 07 Maret 2022

Dosen Pembimbing I

Dr. Ratna Kartikasari, S.T., M.T.  
NIK. 19730079

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dominikus Wado Hurint

NIM : 210017041

Konsentrasi: Material Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa data yang tersaji dalam skripsi saya yang berjudul : Pengaruh Waktu Proses DCT – Temper pada Baja Mangan dengan penambahan 17,4 Cr dan 18,4 Cr terhadap Struktur mikro, Kekerasan dan Keausan adalah MURNI hasil penelitian saya pribadi.

Bilamana dikemudian hari terbukti bahwa data dan judul tersebut merupakan jiplakan/plagiat dari karya tulis orang lain, maka sesuai dengan kode etik ilmiah, saya menyatakan bersedia diberikan sanksi seberat – beratnya termasuk PENCOBOTAN/PEMBATALAN gelar akademik saya oleh pihak Institut Teknologi Nasional Yogyakarta (ITNY).

Demikian surat pernyataan ini dibuat agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 14 Juni 2023

  
  
**Dominikus Wado Hurint**

## PERSEMBAHAN

Segalah puji dan syukur kepada Tuhan yang maha kuasa yang telah memberi rahmat, pertolongan dan anugerah-Nya melalui orang-orang yang telah membimbing dan mendukung dengan berbagai cara sehingga penulis dapat menulis dan menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mempersembahkan skripsi yang telah penulis susun ini kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, pertolongan dan rahmat-Nya dalam proses penulisan serta penyusunan Skripsi dari awal hingga berakhirnya dapat terselesaikan dengan baik.
2. Segala perjuangan penulis hingga titik ini dipersembahkan kepada kedua orang tua yang paling berharga dalam hidup penulis yaitu Bapak Yosep Tana Hurint dan Ibu Maria Lena Kelen yang telah memberika kasih sayang, dukungan baik secara moral maupun material, doa, mootivasi dan cinta yang tak terhigga kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan studi ini.
3. Kakak tercinta penulis, Karolina Timu Hurint yang selalu mendukung baik secara moral maupun material serta mendoakan penulis.
4. Dosen pembimbing penulis, Ibu Dr. Ratna Kartikasari, S.T., M.T. yang membimbing, memotivasi dan memberikan saran kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
5. Keluarga besar HMTM yang telah menemani dan membantu penulis selama perkuliahan hingga selesai.
6. Kelurga besar Wailolong *in jogja* selama memberika semangat sehingga penulis terpacu untuk mennyelesaikan skripsi ini.
7. Kelurga besar IKAFLODYA yang telah memberikan banyak saran dan masukan kepada penulis untuk skripsi ini.
8. Teman-teman “Squad Mabuk Moke Jahat” yang selalu menemani penulis 24/7 dalam menuntaskan skripsi ini.

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadirat Tuhan Yang maha kuasa yang telah memberikan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Waktu Proses DCT – Temper Pada Baja Mangan Dengan Penambahan 17,4 Cr dan 18,4 Cr Terhadap Stuktur Mikro, Kekerasan Dan Keausan”.

Penyusunan skripsi ini digunakan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu, perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Tuhan yang maha kuasa karena dengan berkahnya penulis dapat menyusun skripsi ini.
2. Orang tua yang telah membiayai, memberikan semangat, serta do'a yang tiada henti.
3. Bapak Dr.Ir. Setyo Pambudi, M.T., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
4. Bapak Dr. Daru Sugati, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
5. Bapak Ir. Wartono, M.Eng., selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
6. Ibu Dr. Ratna Kartikasari, S.T., M.T., selaku Dosen pembimbing I.
7. Bapak Joko Pitoyo, ST. selaku Dosen Pembimbing II.
8. Semua Dosen Prodi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Yogyakarta yang telah banyak memberikan ilmunya.
9. Bapak-Ibu Dosen dan Staf Karyawan ITNY.
10. Teman-teman Teknik Mesin ITNY yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
11. Dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.



Penulis menyadari bahwa skripsi yang telah terselesaikan ini masih belum sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat lebih disempurnakan lagi di kemudian hari. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat dijadikan tambahan referensi bagi rekan-rekan mahasiswa teknik mesin ITNY dan bagi yang memerlukan pada umumnya.

Yogyakarta, 14 Juni 2023

Penulis



Dominikus Wado Hurint



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>SOAL TUGAS AKHIR</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
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
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	<b>6</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	6
2.2 Dasar Teori .....	8
2.2.1 Baja Mangan.....	8
2.2.2 Sistem Paduan Besi-Mangan (Fe-Mn).....	9
2.2.3 Sistem Paduan Besi-Kromium (Fe-Cr).....	11
2.2.4 Sistem Paduan Fe-Cr-Mn.....	12
2.3 Proses <i>Deep Cryogenic Treatment</i> (DTC).....	12
2.3.1 <i>Tempering</i> .....	14
2.4 Pengujian Bahan.....	15
2.4.1 Uji Kompetensi.....	15
2.4.2 Pengujian Struktur Mikro .....	16

2.4.3 Pengujian Kekerasan.....	17
2.4.4 Pengujian Keausan.....	22
2.5 Hipotesis .....	24
<b>BAB III    METODE PENELITIAN.....</b>	<b>26</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	26
3.2 Alat Bantu Penelitian.....	27
3.2.1 Bahan Penelitian .....	27
3.2.2 Alat Penelitian.....	27
3.3 Cara Penelitian .....	28
3.3.1 Persiapan Sepesimen.....	28
3.3.2 Pengujian Komposisi Kimia .....	29
3.3.3 Proses <i>Deep Cryogenic Treatment</i> .....	30
3.3.4 Proses Temper.....	31
3.4 Pengujian Bahan.....	32
3.4.1 Pengujian Struktur Mikro .....	32
3.4.2 Pengujian Kekerasan.....	36
3.4.3 Pengujian Keausan.....	37
<b>BAB IV    HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1 Analisis Hasil Pengujian Komposisi Kimia .....	39
4.2 Analisis Hasil Pengujian Struktur Mikro .....	40
4.3 Analisis Hasil Pengujian Kekerasan.....	44
4.4 Analisis Hasil Pengujian Keausan.....	52
<b>BAB V    KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>58</b>
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran .....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>60</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>63</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Diagram fasa Fe-Mn (Kubaschewski,1982).....	10
<b>Gambar 2. 2</b> Diagram Kesetimbangan Fe-Cr (Mangour,2015).....	11
<b>Gambar 2. 3</b> Siklus Cryotreatment yang menggambarkan Pendinginan dalam Nitrogen Cair dan Pendinginan dalam Nitrogen gas (Darwin dkk, 2008) .....	13
<b>Gambar 2. 4</b> Skema Peralatan Cryotreatment Menggunakan Pendinginan Gas Nitrogen (Darwin dkk, 2008) .....	14
<b>Gambar 2. 5</b> Skema Pengamatan Struktur Mikro Dengan Mikroskop Optik (Van Vlack, 1992) .....	16
<b>Gambar 2. 7</b> Pengujian Kekerasan Brinell (Callister, 2001) .....	18
<b>Gambar 2. 6</b> Perumusan Pengujian Brinell (callister, 2001) .....	18
<b>Gambar 2. 8</b> Uji Kekerasan Vickers (Subagiyo, 2017) .....	19
<b>Gambar 2. 9</b> Tipe-Tipe Lekukan Piramid Inta : (a) Lekukan yang Sempurna (b) Lekukan Bantal Jarum, (c) Lekukan Berbentuk Tong (Dieter, 1988)..	20
<b>Gambar 2. 10</b> Prinsip Kerja Metode Pengukuran Kekerasan Rockwell (England dkk, 1999) .....	21
<b>Gambar 2. 11</b> Keausan adhesi (Kopwliovich, 2012).....	22
<b>Gambar 2. 12</b> Keausan Abrasi (Kopeliovich dan Damri, 2012) .....	23
<b>Gambar 2. 13</b> Keausan Erosi (Society of Tribologis and Lubrication Enginners, 2008) .....	23
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Penelitian.....	26
<b>Gambar 3. 2</b> Baja Paduan Fe-Cr-Mn Diameter 12 mm dengan kadar 17,4 Cr dan 14 mm dengan kadar 18,4 Cr.....	28
<b>Gambar 3. 3</b> Alat Uji Komposisi Spectrometer milik Laboratorium Bahan Teknik, Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Ugm, Yogyakarta .....	29
<b>Gambar 3. 4</b> Tabung Nitrogen Cair GT 3.....	31
<b>Gambar 3. 5</b> Head Treatment Fornance.....	32
<b>Gambar 3. 6</b> Mesin Amplas.....	33
<b>Gambar 3. 7</b> Alat Uji Struktur Mikro (Mikroskopik Optik).....	35

<b>Gambar 3. 8</b> Alat Uji Kekerasan Vikers.....	36
<b>Gambar 3. 9</b> Alat Uji Keausan.....	37
<b>Gambar 4. 1</b> Struktur Mikro Paduan Fe-Cr-Mn Raw material.....	41
<b>Gambar 4. 2</b> Struktur Mikro Paduan Fe-Cr-Mn setelah proses DCT 1 jam-temper 250 °C.....	41
<b>Gambar 4. 3</b> Struktur Mikro Paduan Fe-Cr-Mn setelah proses DCT 2 jam-temper 250 °C.....	41
<b>Gambar 4. 4</b> Struktur Mikro Paduan Fe-Cr-Mn setelah proses DCT 3 jam-temper 250 °C.....	42
<b>Gambar 4. 5</b> Struktur Mikro Paduan Fe-Cr-Mn setelah proses DCT 4 jam-temper 250 °C.....	42
<b>Gambar 4. 6</b> Struktur Mikro Paduan Fe-Cr-Mn setelah proses DCT 5 jam-temper 250 °C.....	42
<b>Gambar 4. 7</b> Diagram Kekerasan Rata-Rata Paduan Fe-Cr-Mn $\phi$ 12 mm dan $\phi$ 14 mm.....	47
<b>Gambar 4. 8</b> Diagram Laju Keausan Baja Paduan Fe-Cr-Mn $\phi$ 12 mm dan $\phi$ 14 mm .....	55

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4. 1</b> Hasil Pengujian Komposisi Kimia Paduan Fe-Cr-Mn .....	39
<b>Tabel 4. 2</b> Hasil Pengujian Kekerasan Metode Vickers Paduan Fe-Cr-Mn $\varnothing$ 12 mm	45
<b>Tabel 4. 3</b> Hasil Pengujian Kekerasan Metode Vickers Paduan Fe-Cr-Mn $\varnothing$ 14 mm	46
<b>Tabel 4. 4</b> Hasil Pengujian Keausan Metode Ogoshi Paduan Fe-Cr-Mn $\varnothing$ 12 mm....	53
<b>Tabel 4. 5</b> Hasil Pengujian Keausan Metode Ogoshi Paduan Fe-Cr-Mn $\varnothing$ 14 mm....	54

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Proses perendaman Deep Cryogenic Treatment.....	63
<b>Lampiran 2</b> Proses Tempering .....	63
<b>Lampiran 3</b> Proses Pengujian Kekerasan .....	64
<b>Lampiran 4</b> Proses Pengujian Keausan .....	64
<b>Lampiran 5</b> Hasil Pengujian Komposisi Kimia.....	65
<b>Lampiran 6</b> Hasil Pengujian Kekerasan .....	67
<b>Lampiran 7</b> Hasil Pengujian Keausan .....	69

## ABSTRAK

Baja mangan austenitic atau baja mangan tinggi merupakan salah satu baja paduan yang mengandung 0,9-1,2 % karbon dan 11-14 % mangan. Tingginya kadar karbon dan mangan membuat material ini pada temperatur kamar mengandung fasa austenite yang sangat dominan. Baja ini memiliki ketahanan terhadap keausan, kekerasan yang cukup tinggi, ketangguhan yang baik dan tahan terhadap korosi. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh waktu proses *Deep Cryogenic Treatment* (DCT)-Temper pada baja mangan dengan penambahan 17,4 Cr dan 18,4 Cr terhadap struktur mikro, kekerasan dan keausan.

Tahapan penelitian dimulai dari persiapan spesimen yaitu memotong paduan Fe-Cr-Mn untuk uji komposisi, uji struktur mikro, uji kekerasan dan uji keausan. Proses *Deep Cryogenic Treatment* dilakukan dengan perendaman dalam nitrogen cair pada temperatur - 196°C dengan variasi waktu 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, dan 5 jam, dilanjutkan pengembalian kembali ke suhu kamar (*warming*). Proses Temper dilakukan pada temperatur 250°C selama 1 jam dan dilanjutkan dengan pendinginan di udara. Pengujian yang dilakukan adalah uji struktur mikro dengan mikroskop optik, uji kekerasan menggunakan metoda *Vickers* dan uji keausan menggunakan metoda Ogoshi.

Hasil pengujian komposisi kimia pada  $\varnothing$  12 mm menunjukkan persentase kandungan Fe 71,22%, Cr 17,39%, Mn 9,35%, C 0,09% sedangkan pada  $\varnothing$  14 mm menunjukkan presentase kandungan Fe 69,95%, Cr 18,44%, Mn 9,39%, C 0,09% sehingga termasuk baja paduan tinggi. Pengamatan struktur mikro menunjukkan paduan ini mempunyai struktur austenit dan ferit, dimana proses *Deep Cryogenic Treatment* pada semua variasi waktu menghasilkan struktur austenit dan ferit serta  $\alpha$ FeCr. Nilai kekerasan paduan Fe-Cr-Mn pada spesimen *raw material*  $\varnothing$  12 mm sebesar 243,3 kg/mm<sup>2</sup> dan pada  $\varnothing$  14 mm sebesar 291,9. Proses DCT – temper  $\varnothing$  12 mengalami penurunan sedangkan  $\varnothing$  14 mm mengalami peningkatan. Hasil uji keausan pada  $\varnothing$  12 mm sebesar 0,000213 mm<sup>3</sup>/kg.m sedangkan keausan pada  $\varnothing$  14 mm sebesar 0,000176 dengan waktu perendaman *Deep Cryogenic Treatment* selama 5 jam, semakin rendah nilai kekerasan maka akan menyebabkan nilai keausan semakin tinggi.

**Kata Kunci:** Paduan Fe-Cr-Mn, *Deep Cryogenic Treatment*, Struktur mikro, Kekerasan dan Keausan.