

SKRIPSI

**PENGARUH TEMPERATUR PROSES AGING SETELAH DCT
PADUAN Fe-Cr-Mn TERHADAP KEKERASAN, KEAUSAN,
DAN KETAHANAN KOROSI**



Disusun oleh :

Semuel Jono

210016047

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

**PENGARUH TEMPERATUR PROSES AGING SETELAH DCT
PADUAN Fe-Cr-Mn TERHADAP KEKERASAN, KEAUSAN,
DAN KETAHANAN KOROSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Teknik Mesin S1

Program Studi Teknik Mesin S1

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Disusun Oleh :

Nama Mahasiswa : Samuel Jono

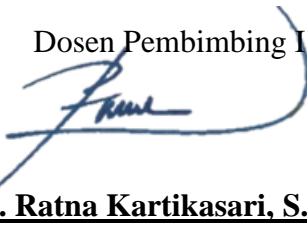
Nomor Mahasiswa : 210016047

Program Studi : Teknik Mesin S1

Telah diperiksa dan disetujui oleh

Yogyakarta, 18 Juli 2022

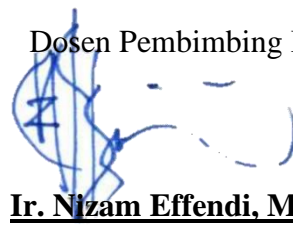
Dosen Pembimbing I



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

NIK : 19730079

Dosen Pembimbing II



Ir. Nizam Effendi, MM

NIK : 19730109

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Ir. wartono. M. Eng

NIP. 196211151994031001

HALAMAN PENGESAHAN
PENGARUH TEMPERATUR PROSES AGING SETELAH DCT
PADUAN Fe-Cr-Mn TERHADAP KEKERASAN, KEAUSAN,
DAN KETAHANAN KOROSI

Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi Dan Diterima

Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai

Derajat Sarjana Teknik Mesin S1

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Pada, 28 Juli 2022

Oleh : Samuel Jono / 210016047

Tanda Tangan

1. Ketua Penguji

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

2. Anggota Penguji I

Ir. Nizam Effendi, MM

3. Anggota Penguji II

Angger Bagus Prasetyo, ST., M. Eng

Mengetahui,

Dekan

Fakultas Teknologi Industri,



Dr. Daru Sugati, ST. M. T

ITNK 19730125

Menyetujui

Ketua Program Studi

Teknik Mesin S1,



Ir. Wartono. M. Eng

NIP. 1962111519940310

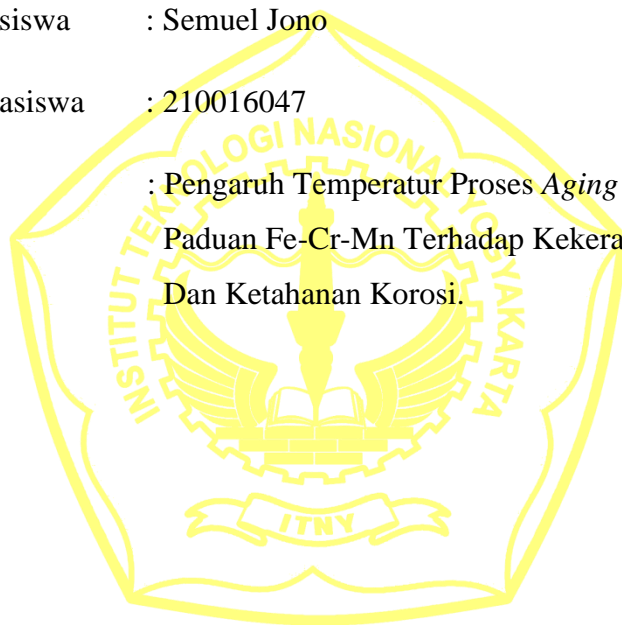


INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S1

SOAL TUGAS AKHIR

Nomor : 17/ITNY/Prodi.TM-S1/TGA/IX/2021

Nama Mahasiswa : Samuel Jono
Nomor Mahasiswa : 210016047
Soal : Pengaruh Temperatur Proses *Aging* Setelah *DCT*
Paduan Fe-Cr-Mn Terhadap Kekerasan, Keausan,
Dan Ketahanan Korosi.



Yogyakarta, 23 Maret 2022

Dosen pembimbing I

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

NIK: 19730079

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang betanda tangan dibawah ini :

Nama : Samuel Jono

Nim : 210016047

Konsentrasi : Material Teknik

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang tertulis sebagai bahan acuan dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka skripsi ini.

Yogyakarta, 18 Juli 2022



Samuel Jono
210016047

HALAMAN MOTO

**“Kepada-Mu ya Tuhan, aku berseru, dan
kepada Tuhan Yesus Kristus aku memohon”**

**“Sebab kepada-Mu, ya Tuhan, aku berharap : Engkalah
yang akan menjawab aku, ya Tuhan, Allahku”.**

(Mazmur 38:16)

**“Dan bergembiralah karena Tuhan; maka Ia akan
memberikan kepadamu apa yang diinginkan hatimu”.**

**“Serahkanlah hidupmu kepada Tuhan dan percayalah
kepada-Nya, dan Ia akan bertindak”**

(Mazmur 37:4-5)

PERSEMBAHAN

Puji syukur saya ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat, dan penyertaan-Nyalah sehingga Skripsi ini bisa terselesaikan atas kehendak-Nya. Teriring penghargaan, cinta, dan kasih, saya persembahkan skripsi ini :

- Tuhan Yesus Kristus yang telah memberkati saya dengan rahmat dan hidayah-Nya kepada saya.
- Terima kasih untuk anak dan istriku yang senantiasa menjadi penyemangatku dan selalu mendukung saya dalam penyelesaian Skripsi ini, ucap syukur atas segala doa dan cinta kasih dari Madeline Tamar Sinaulan dan Jevander Gil Marewa Sinaulan.
- Terima kasih untuk Ayah (Yacob Kulla') dan ibu ku (Alfrida Dua Lembang) yang senantiasa memberikan nasehat dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih atas segalanya yang kalian telah berikan, doa dan cinta kasih, pengorbanan yang tiada bisa terungkap dengan kata-kata yang tak bisa terbalaskan. Dengan ini semoga Ayah dan Ibu dapat bahagia
- Ketiga kakakku Kristal Mulia, Dirga Bintuka' Allo, dan Katrina tak lupa ku ucapkan terima kasih karena kalian yang memberikan nasihat dan bimbingan yang mengarahkanku untuk lebih baik dan doa kalian yang selama ini untuk saya.
- Om, tante, dan keluarga besarku terima kasih ku ucapkan yang selama ini juga memberikan ku motivasi dan nasihat.
- Ibu Dr. Ratna Kartikasari, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Ir. Nizam Effendi, MM yang selama ini memberikann bimbingan kepada saya tanpa lelah dan motivasi untuk menyemangati saya.
- Terima kasih juga untuk keluarga Koja untuk setiap semangat dan motivasi yang kalian berikan dalam pengerjaan kripsi ini.
- Terima kasih juga untuk keluarga Gapadri Mapala ITNY yang senantiasa memberikan semangat dan motivasi dalam pengerjaan skripsi ini.

- Himpunan Teknik Mesin serta angkatan 16 dan juga sahabatku sebagai seperjuanganku terima kasih atas persaudaraan kita selama ini semoga akan selalu terkenang dengan indah.

KATA PENGANTAR


Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, karena anugerah-Nya penulis telah menyelesaikan Skripsi dengan judul “Pengaruh Temperatur Proses *Aging* Setelah *DCT* Paduan Fe-Cr-Mn Terhadap Kekerasan, Keausan, Ketahanan, dan Korosi”. Skripsi ini untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Yogyakarta. Dalam penulisan Skripsi ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak. Untuk ini perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Ircham, M.T., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Daru Sugati, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
3. Bapak Ir. Wartono, M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S1, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
4. Ibu Dr. Ratna Kartikasari, S.T., M.T., selaku Dosen pembimbing I.
5. Ir. Nizam Effendi, MM., selaku Dosen pembimbing II.
6. Dan semua pihak yang telah membantu saya dalam menyelesaikan 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, 18 Juli 2022

Penulis

Samuel Jono
210016047

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
SOAL TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN MOTO	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xvii
ABSTRAK	xix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II	4
LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 Baja Tahan Karat	6
2.2.2 Paduan Besi Kromium (Fe-Cr).....	6
2.2.3 Paduan Besi Mangan (Fe-Mn).....	8
2.2.4 Paduan Besi Kromium Mangan (Fe-Cr-Mn).....	9
2.2.5 <i>Deep Cryogenic Treatment</i> (DCT)	10
2.2.6 Proses Aging.....	12

2.3 Pengujian Bahan	13
2.3.1 Pengujian Komposisi Kimia	13
2.3.2 Pengujian Stuktur Mikro	13
2.3.3 Pengujian Kekerasan	14
2.3.4 Pengujian Keausan.....	19
2.3.5 Pengujian Ketahanan Korosi	23
2.4 Hipotesis	28
BAB III.....	30
METODE PENELITIAN.....	30
3.1 Diagram Alir Penelitian	30
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	31
3.2.1 Baja Tahan Karat	31
3.2.2 Alat Penelitian	32
3.3 Langkah-langkah Penelitian.....	32
3.3.1 Persiapan Spesimen	32
3.3.2 Pengujian Komposisi Kima	33
3.3.3 Proses <i>Deep Cryogenic Treatment (DCT)</i>	34
3.3.4 Proses Aging.....	35
3.4 Pengujian Bahan.....	36
3.4.1 Pengujian Struktur Mikro	36
3.4.2 Pengujian Kekerasan	40
3.4.3 Pengujian Keausan.....	41
3.3.4 Pengujian Ketahanan Korosi	42
BAB IV	42
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Analisis Hasil Pengujian Komposisi Kimia	42
4.2 Analisis Hasil Pengujian Struktur Mikro	43
4.3 Analisis Hasil Pengujian Kekerasan.....	48
4.4 Analisis Hasil Pengujian Keausan.....	51
4.5 Analisis Hasil Pengujian Ketahanan Korosi	56
BAB V.....	60
PENUTUP.....	60
5.1 Kesimpulan.....	60

5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Fasa Fe-Cr	8
Gambar 2.2. Diagram Fasa Fe-Mn.....	9
Gambar 2.3. Diagram Fasa Ternery Fe-Cr-Mn pada 650°C	10
Gambar 2.4. <i>Deep Cryogenic Treatment Temperature Profile</i>	11
Gambar 2.5. Pengamatan Batas Butir	14
Gambar 2.6. Perumusan Pengujian <i>Brinell</i>	15
Gambar 2.7. Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	16
Gambar 2.8. Pengujian Kekerasan <i>Rockwell</i>	18
Gambar 2.9. Pengujian Metode <i>Micro Hardness</i>	18
Gambar 2.10. Pengujian Keausan Dengan Metode <i>Ogishi</i>	19
Gambar 2.11. Keausan Metode <i>Adshive</i>	20
Gambar 2.12. Keausan Metode <i>Abrasive</i>	21
Gambar 2.13. Memberikan Skematis Keausan Lelah.....	22
Gambar 2.14. Keausan Oksidasi/Korosif.....	23
Gambar 2.15. Skema Alat Uji Korosi Tipe Sel Tiga Elektroda.....	26
Gambar 2.16. Gravig Kurva Potensial Versus Log Intensitas Arus	26
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	30
Gambar 3.2. Lanjutan Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 3.3. Komposisi <i>Spectrometer</i>	33
Gambar 3.4. Mesin <i>Furnace</i>	35
Gambar 3.5. Mesin Pengamplasan.....	37
Gambar 3.6. Alat Uji Struktur Mikro.....	40
Gambar 3.7. Alat Uji Kekerasan <i>Vickers</i>	41
Gambar 3.8. Alat Uji Keausan	42
Gambar 4.1. Hasil foto struktur mikro paduan Fe-Cr-Mn	44
Gambar 4.2 Hasil foto struktur mikro paduan Fe-Cr-Mn, proses <i>aging</i> 150°C	44
Gambar 4.3 Hasil foto struktur mikro paduan Fe-Cr-Mn, proses <i>aging</i> 200°C	45
Gambar 4.4 Hasil foto struktur mikro paduan Fe-Cr-M, proses <i>aging</i> 250°C	45

Gambar 4.5 Hasil foto struktur mikro paduan Fe-Cr-Mn, proses <i>aging</i> 300°C ...	46
Gambar 4.6 Hasil foto struktur mikro paduan Fe-Cr-Mn, proses <i>aging</i> 350°C ...	46
Gambar 4.7 Diagram Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i> Paduan Fe-Cr-Mn.....	49
Gambar 4.8 Diagram rata-rata hasil pengujian keausan paduan Fe-Cr-Mn.....	53
Gambar 4.9 Tingkat ketahanan korosi berdasarkan nilai <i>mpy</i>	59

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Komposisi Kimia Paduan Fe-Cr-Mn.....	41
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i> Paduan Fe-Cr-Mn	48
Tabel 4.3 Hasil pengujian keausan paduan Fe-Cr-Mn.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesimen Pengujian Bahan.....	64
Lampiran 2. Hasil Uji Komposisi	65
Lampiran 3. Hasil Uji Kekerasan	66
Lampiran 4. Hasil Uji Keausan	67
Lampiran 5. Hasil Uji Ketahanan Korosi.....	68

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

α	: Alfa
γ	: <i>Gamma</i>
<i>ADI</i>	: <i>Austemper Ductile Iron</i>
Ag	: Argentum (Perak)
Al	: Aluminium
<i>BCC</i>	: <i>Body-Centered Cubic</i>
$^{\circ}\text{C}$: <i>Derajad Celcius</i>
C	: <i>Carbon</i> (Karbon)
cm	: Sentimeter
Co	: <i>Kobalt</i>
Cr	: <i>Chromium</i>
Cu	: <i>Cuprum</i> (Tembaga)
D	: Diagonal Rata-Rata Dari Injakan Indentor (mm)
d_1	: Panjang Diagonal Injakan satu (mm)
d_2	: Panjang Diagonal Injakan Dua (mm)
<i>DCT</i>	: <i>Deep Cryogenic Treatment</i>
<i>DPH</i>	: <i>Diamond Pyramid Hardness</i>
<i>DPN</i>	: <i>Diamond Pyramid Number</i>
EW	: Berat <i>Equivalen</i>
<i>FCC</i>	: <i>Face Centered Cubic</i>
Fe	: <i>Ferrum</i> (Besi)
gr	: Gram
HB	: <i>Hardness Brinell</i> (kg/mm^2)
HCl	: Hidrogen Klorida
HK	: <i>Hardness knoop</i>
HNO_3	: Asam Nitrat
kg	: Kilogram
L	: <i>Liquid</i>

mm : milimeter
Mn : Mangan
Mo : *Molybdenum*
MPa : *Megapascal*
MPY : *Mils Per Year*
Mv : *Megavolt*
NaCl : *Natrium Chloride*
NEQ : *Nilai Equivalen Total*
Ni : Nikel
Psi : *Pounds Per Square Inch*
S : Sulfur
Si : Silikon
Sn : *Stannum* (Timah)
SCT : *Shallow Cryogenic Treatment*
Ti : Titanium
VHN : *Vickers Hardness Number*
VPN : *Vickers Pyramid Number*
Zn : Zinc (Seng)

ABSTRAK

Paduan baja Fe-Cr-Mn merupakan baja paduan yang memiliki kekerasan dan kekuatan lebih tinggi dari pada baja karbon rendah, baja paduan Fe-Cr-Mn termasuk dalam seri *austenitic stainless steel*. Pemilihan proses *Deep Cryogenic Treatment* karena proses ini memiliki keuntungan yaitu dapat meningkatkan ketahanan aus, ketangguhan, dan kekerasan, dan untuk proses *aging* dapat mengurangi kegetasan bahan. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh temperatur proses *aging* setelah *Deep Cryogenic Treatment (DCT)* paduan Fe-Cr-Mn terhadap kekerasan, keausan, dan ketahanan korosi.

Tahapan penelitian dimulai dari persiapan spesimen yaitu memotong paduan Fe-Cr-Mn untuk uji komposisi, uji struktur mikro, uji kekerasan, uji keausan dan uji ketahanan korosi. Proses *Deep Cryogenic Treatment* dilakukan dengan pencelupan dalam nitrogen cair pada suhu -196°C dengan waktu selama 3 jam dan dilanjutkan proses *aging* pada suhu 150°C , 200°C , 250°C , 300°C , 350°C selama waktu 1 jam. Pengujian yang dilakukan adalah uji struktur mikro, uji kekerasan, dan uji keausan, dan ketahanan korosi.

Hasil uji komposisi kimia menunjukkan bahwa paduan Fe-Cr-Mn memiliki kadar unsur utama besi (Fe) sebesar 72,54%, unsur paduan utama kromium (Cr) sebesar 15,07% dan karbon (C) 0,93%, serta mangan (Mn) sebesar 9,57% sehingga termasuk baja paduan tinggi. Struktur mikro paduan Fe-Cr-Mn terdiri atas struktur ferit dan austenit. Makin tinggi temperatur proses *aging* maka makin halus butirnya. Hasil uji kekerasan dengan metode *Vickers* menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi terjadi pada spesimen *raw material* yaitu $289,1 \text{ kg/mm}^2$. Hasil pengujian keausan dengan metode *Ogoshi* paduan Fe-Cr-Mn didapatkan nilai rata-rata paling tahan terhadap keausan yaitu pada proses *aging* dengan temperatur 150°C untuk angka keausan $0,00048 \text{ mm}^2/\text{kg.m}$. Hasil pengujian laju korosi menggunakan metode kehilangan berat menunjukkan nilai laju korosi tertinggi pada temperatur 350°C yaitu sebesar $0,0729 \text{ mpy}$.

Kata Kunci : Paduan Fe-Cr-Mn, *Deep Cryogenic Treatment*, dan *Aging*.