

SKRIPSI

PENGARUH WAKTU PROSES *DEEP CRYOGENIC TREATMENT* TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEAUSAN DAN KETAHANAN KOROSI PADUAN Fe-Al-Mn-Mo



Disusun Oleh :
GALAH JALADRI
210018027

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI

PENGARUH WAKTU PROSES *DEEP CRYOGENIC TREATMENT*
TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEAUSAN DAN KETAHANAN
KOROSI PADUAN Fe-Al-Mn-Mo

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Teknik Mesin S1

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Disusun Oleh :

Nama Mahasiswa : Galah Jaladri

Nomor Mahasiswa : 210018027

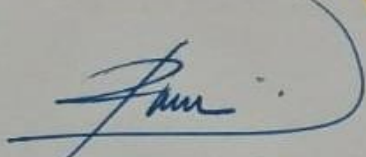
Program Studi : Teknik Mesin S1

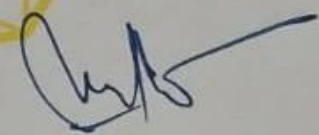
Telah diperiksa dan disetujui,

Yogyakarta, 14 November 2022

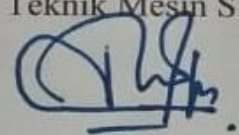
Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


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


Joko Pitoyo, S.T.
NIK. 19730095

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Mesin S1,


Ir. Wartono, M.Eng.
NIP. 196211151994031001

HALAMAN PENGESAHAN

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

Hari : Senin
Tanggal : 28 November 2022
Pukul : 13:00 WIB
Tempat : Ruang sidang A14 ITNY, Babarsari, Catur
Tunggal, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Disahkan oleh :

1. Pembimbing I

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

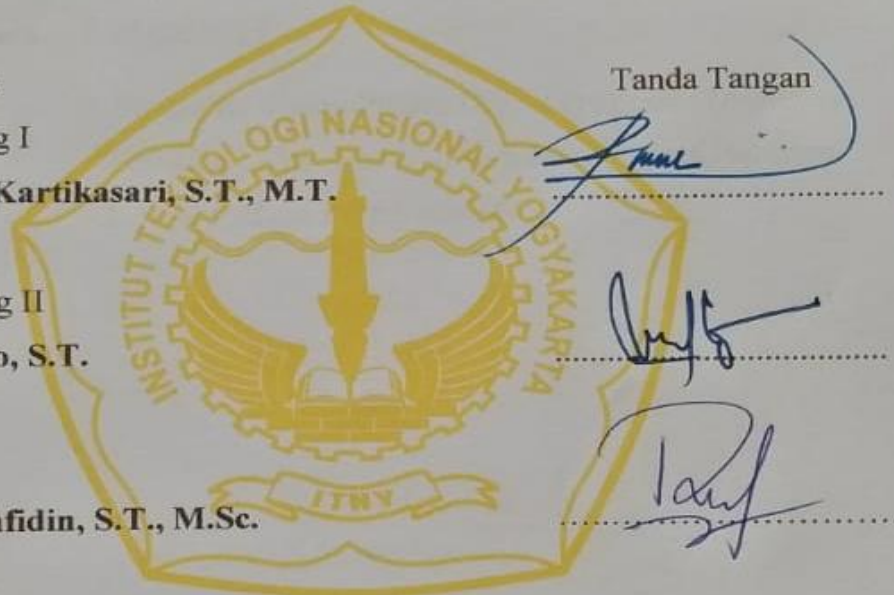
2. Pembimbing II

Joko Pitoyo, S.T.

3. Penguji

Rivan Muhfidin, S.T., M.Sc.

Tanda Tangan



Mengetahui,

Dekan

Fakultas Teknologi Industri,



Dr. Daru Sugati, S.T., M.T.

NIK. 19730125

Ketua Program Studi

Teknik Mesin S1,

Ir. Wartono, M. Eng.

NIP. 196211151994031001



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

SOAL TUGAS AKHIR

No : 12/ITNY/Prodi.TM-S1/TGA/IX/2021

Nama Mahasiswa : Galah jaladri

Nomor Mahasiswa : 210018027

Soal : Pengaruh Waktu Proses *Deep Cryogenic Treatment*
Terhadap Struktur Mikro, Keausan dan Ketahanan
Korosi Paduan Fe-Al-Mn-Mo



Yogyakarta, 27 September 2021

Dosen Pembimbing I

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

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Galah Jaladri
Nim : 210018027
Konsentrasi : Material Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa data yang tersaji dalam skripsi saya yang berjudul: **PENGARUH WAKTU PROSES *DEEP CRYOGENIC TREATMENT* TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEAUSAN DAN KETAHANAN KOROSI PADUAN Fe-Al-Mn-Mo** adalah hasil murni dari penelitian saya pribadi.

Bila mana kemudian hari terbukti bahwa data dan judul tersebut merupakan tiruan atau plagiat dari karya tulis orang lain, maka sesuai dengan kode etik ilmiah, saya menyatakan bersedia untuk diberikan sanksi seberat-beratnya termasuk **PENCABUTAN** atau **PEMBATALAN** gelar akademik saya oleh pihak Institut Teknologi Nasional Yogyakarta (ITNY).

Demikian surat pernyataan ini dibuat agar dapat digunakan sebagaimana mestinya

Yogyakarta, 14 November 2022



Galah Jaladri
NIM. 210018027

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Mana Esa karena atas berkat dan perlindungannya saya bisa menyelesaikan Skripsi saya. Teriring penghargaan, terima kasih, cinta dan ketulusan saya persembahkan Skripsi ini untuk:

1. Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah memberi kesehatan, kekuatan, dan kemampuan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Orang tuaku Bapak Wihandono Prahoro Waluyo dan Ibu Resmi Arsih yang telah memberikan semangat dan mendoakan.
3. Ibu Dr. Ratna Kartikasari, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing 1 dan Pak Joko Pitoyo, S.T., selaku dosen pembimbing 2 yang telah dengan sabar dan tanpa lelah dalam membimbing dan juga memberi motivasi.
4. Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin yang telah mengenalkan dan mengajarku cara berorganisasi serta lika-liku perjuangan mahasiswa.
5. Teman-teman dari Maha Student yang telah membantu bertukar pikiran dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Teman dalam mengerjakan tugas akhir bersama dalam materi aja Bapak Angelio Fila.
7. Teman-teman keluarga besar Teknik Mesin angkatan 2018 dan semua angkatan. Terima kasih atas persahabatan yang indah dan semoga persaudaraan kita kan tetap terjalin meski jarak memisahkan.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadiran Tuhan yang Maha Esa yang telah memberikan kasih dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Waktu Proses *Deep Cryogenic Treatment* Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, Dan Keausan Paduan Fe-Al-Mn-Mo”.

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

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

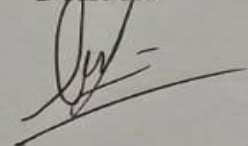
1. Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah memberi kesehatan, kekuatan, dan kemampuan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Orang tua yang telah membiayai, memberikan semangat, serta do'a yang tiada henti.
3. Bapak Dr.Ir. H. Ircham, M.T., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
4. Bapak 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. Joko Pitoyo, S.T., selaku Dosen pembimbing II.
8. Semua Dosen Prodi Teknik Mesin 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 dapat dijadikan tambahan referensi bagi rekan-rekan mahasiswa teknik mesin ITNY dan bagi yang memerlukan pada umumnya.

Yogyakarta, 14 November 2022

Penulis



Galah Jaladri

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN SOAL.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Dasar Teori.....	5
2.2.1 Baja Tahan Karat (<i>Stainless Steel</i>).....	5
2.2.2 Paduan Fe-Cr-Ni	8
2.2.3 Paduan Fe-Al	8
2.2.4 Sistem Paduan Fe-Mn	9
2.2.5 Paduan Fe-Al-Mn.....	10
2.2.6 Proses <i>Cryogenic Treatment</i>	11
2.2.6.1 <i>Shallow Cryogenic Treatment (SCT)</i>	11

2.2.6.2 <i>Deep Cryogenic Treatment (DCT)</i>	11
2.3 Pengujian Bahan	12
2.3.1 Pengujian Komposisi Kimia	12
2.3.2 Pengujian Struktur Mikro	13
2.3.3 Pengujian Keausan.....	13
2.3.4 Pengujian Ketahanan Korosi.....	14
2.3.4.1 Metode Pengujian Ketahanan Korosi	16
2.4 Hipotesis	17
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Diagram Alir	18
3.2 Bahan dan Alat Penelitian.....	19
3.2.1 Bahan Penelitian.....	19
3.2.2 Alat penelitian.....	19
3.3 Cara penelitian	20
3.3.1 Persiapan Spesimen	20
3.3.2 Pengujian Komposisi Kimia	21
3.3.3 Proses <i>Deep Cryogenic Treatment</i>	22
3.3.4 Pengujian Struktur Mikro	23
3.3.5 Pengujian Keausan	27
3.3.6 Pengujian Ketahanan Korosi.....	28
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1 Analisis Hasil Pengujian Komposisi Kimia.....	30
4.2 Analisis Hasil Pengujian Struktur Mikro	31
4.3 Analisis Hasil Pengujian Korosi	35
4.4 Analisis Hasil Pengujian Keausan	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fasa Terner Fe-Cr-Ni.....	8
Gambar 2.2 Diagram Fasa Fe-Al.....	9
Gambar 2.3 Diagram Fasa Biner Fe-Mn	10
Gambar 2.4 Diagram Fasa Terner Fe-Al-Mn	11
Gambar 2.5 Proses SCT dan DCT.....	12
Gambar 2.6 Skema Pengamatan Struktur Mikro.....	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	18
Gambar 3.2 Baja Paduan Fe-Al-Mn-Mo	20
Gambar 3.3 Alat uji komposisi Kimia.....	21
Gambar 3.4 Tabung Nitrogen Cair.....	23
Gambar 3.5 Mesin Amplas.....	23
Gambar 3.6 Alat Uji Struktur Mikro	26
Gambar 3.7 Alat Uji Keusan.....	27
Gambar 4.1 Foto struktur mikro paduan Fe-Al-Mn-Mo <i>raw material</i>	32
Gambar 4.2 Foto struktur mikro paduan Fe-Al-Mn -Mo setelah proses DCT selama 1 jam	32
Gambar 4.3 Foto struktur mikro paduan Fe-Al-Mn -Mo setelah proses DCT selama 2 jam	33
Gambar 4.4 Foto struktur mikro paduan Fe-Al-Mn -Mo setelah proses DCT selama 3 jam.....	33
Gambar 4.5 Foto struktur mikro paduan Fe-Al-Mn -Mo setelah proses DCT selama 4 jam.....	33
Gambar 4.6 Foto struktur mikro paduan Fe-Al-Mn -Mo setelah proses DCT selama 5 jam	34
Gambar 4.7 Diagram Fasa Rata-rata Pengujian Korosi paduan Fe-Al-Mn-Mo.....	36
Gambar 4.8 Gambar Tabel Kategori Korosi	37
Gambar 4.9 Diagram Fasa Rata-rata Pengujian Keausan paduan Fe-Al-Mn-Mo	40

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Komposisi Kimia Paduan Fe-Al-Mn-Mo	30
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Ketahanan Korosi Paduan Fe-Al-Mn-Mo.....	36
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Keausan Paduan Fe-Al-Mn-Mo.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Uji Keausan.....	47
Lampiran 2 Data Hasil Uji Korosi	48
Lampiran 3 Spesimen.....	49
Lampiran 4 Proses Persiapan	50
Lampiran 5 Pengujian	52

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

A	: Luas benda uji
a	: Berat atom logam terkorosi
Al	: Aluminium
B	: Tebal <i>revolving disc</i>
b	: Lebar celah material yang terabrasi
C	: Celcius
C	: Karbon
Ce	: Serium
Cm	: Sentimeter
Cr	: Chromium
D	: Kerapatan benda uji
DT	: Destructive Test
Fe	: Besi
Gr	: Gram
H	: Hidrogen
HCl	: Asam Klorida
HNO ₃	: Asam Nitrat
i	: Kerapatan arus
K	: Konstanta
K	: Kelvin
Kg	: Kilogram

Kgf : Kilogram force
KNO₃ : Kalium Nitrat
KOH : Kalium Hidroksida
L : Jarak pengausan
Mm : Milimeter
Mn : Mangan
Mo : Molybdenum
Mpy : Mils per year
n : Jumlah elektron valensi logam terkorosi
Na : Natrium
NaCl : Natrium Klorida
NaNO₃ : Natrium Nitrit
NaOH : Natrium Hidroksida
Nb : Nioboium
NDT : *Non Destructive Test*
O : Oksigen
OES : *Optical Emission Spectrometer*
P : Beban
P : Fosfor
R : Jari-jari *disc*
S : Belerang
Si : Silikon

Sm : Samarium

T : Waktu pemaparan

W : Berat

ABSTRAK

Paduan Fe-Al-Mn-Mo merupakan baja paduan yang termasuk dalam baja tahan karat yang menggantikan baja tahan karat konvensional paduan Fe-Cr-Ni. Kekerasan paduan Fe-Al-Mn-Mo masih kurang karena masih banyak struktur ferit, proses *Deep Cryogenic Treatment* (DCT) dilakukan untuk meningkatkan kekerasan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh waktu proses DCT terhadap struktur mikro, keausan, dan ketahanan korosi pada paduan Fe-Al-Mn-Mo.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah coran baja paduan Fe-Al-Mn-Mo. Uji komposisi dilakukan untuk mengetahui kandungan yang terdapat pada bahan uji, selanjutnya dilakukan persiapan spesimen dengan cara memotong bahan menjadi spesimen. Proses yang dilakukan adalah DCT dengan cara perendaman dalam nitrogen cair pada suhu (-196°C) dengan variasi waktu 1, 2, 3, 4, dan 5 jam. Lalu dikembalikan pada suhu ruangan.

Hasil uji komposisi kimia menunjukkan paduan Fe-Al-Mn-Mo memiliki unsur utama Fe sebesar 76,52%, unsur paduan utama Mn sebesar 14,11%, Al sebesar 10,62% dan Mo sebesar 0,45% sedangkan paduan Fe-Al-Mn-Mo termasuk baja paduan tinggi. Hasil uji struktur mikro menunjukkan paduan Fe-Al-Mn-Mo memiliki struktur ferit dan austenite. Proses DCT menyebabkan struktur ferit semakin besar sedangkan struktur austenite semakin kecil namun butir austenite akan semakin menyebar di antara butir ferit. Paduan Fe-Al-Mn-Mo memiliki nilai ketahanan korosi sebesar 0,0300 mpy dan nilai tertinggi ketahanan korosi pada proses DCT 5 jam sebesar 0,0152 mpy. Paduan Fe-Al-Mn-Mo memiliki nilai laju keausan sebesar 0,00032 mm³/kg.m dan nilai terendah pada proses DCT 5 jam sebesar 0,00011 mm³/kg.m.

Kata Kunci : Paduan Fe-Al-Mn, *Deep Cryogenic Treatment*, Struktur

Mikro, Keausan, ketahanan korosi