

SKRIPSI

PENGARUH WAKTU PERENDAMAN PROSES *DEEP CRYOGENIC TREATMENT* TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN DAN UJI TARIK PADUAN Fe-5Al-21Mn



Diajukan oleh:

Geniocito Ximenes Maia

210016130

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

2021

HALAMAN PERSETUJUAN

PENGARUH WAKTU PERENDAMAN PROSES *DEEP CRYOGENIC TREATMENT* TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK PADUAN Fe-5Al-21Mn

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Mesin S1

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

2021

Disusun oleh :

Nama Mahasiswa : Geniocito Ximenes Maia

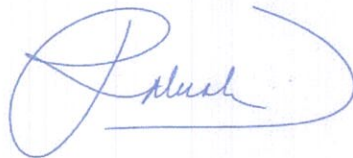
Nomor Mahasiswa : 210016130

Program Studi : Teknik Mesin S1

Telah diperiksa dan disetujui,

Yogyakarta, 6 Februari 2021

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



Anita Susiana ST., M. Eng
NIK: 19730340

Menyetujui,

Ka. Prodi Teknik Mesin,



Ir. Wartono, M.Eng.
NIP. 196211151994031001



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

SOAL TUGAS AKHIR

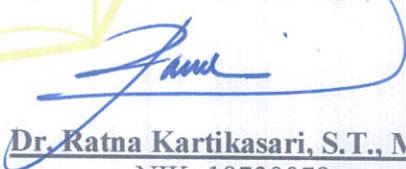
No: 24/ITNY/Prodi.TM-S1/TGA/VIII/2020

Nama Mahasiswa : Geniocito Ximenes Maia
Nomor Mahasiswa : 210016130
Soal : Pengaruh waktu perendaman proses *Deep Cryogenic Treatment* terhadap struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik paduan Fe-5Al-21,28Mn.



Yogyakarta, 24 Agustus 2020

Dosen Pembimbing I


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

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 untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Hari : Rabu
Tanggal : 10 Februari 2021
Pukul : 11.00 s.d selesai
Tempat : Ruang D Lantai 2, ITNY Babarsari Caturtunggal Depok Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta

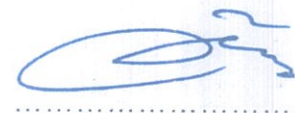
Disahkan Oleh :

Ketua Tim Penguji
1. Dr. Ratna Kartikasari, S.T.,M.T.,

Anggota Penguji
2. Anita Susiana S.T.,M.T.,

Anggota Penguji
3. Mustakim S.T.,M.T.,

Tanda Tangan



Mengetahui,


Dekan Fakultas Teknologi Industri



Dr. Daru Sugati, S.T., M.T.
NIK : 19730125

Menyetujui,

Ketua Prodi Teknik Mesin S1



Ir. Wartono, M.Eng.
NIP : 196211131994031001

HALAMAN PERNYATAAN

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, 06 Februari 2021



Geniocito Ximenes Maia
210016130

PERSEMBAHAN

Puji syukur saya ucapkan kehadirat Tuhan maha esa, dialah puncak segala ketaatan. Akhirnya, teriring penghargaan, terima kasih, cinta dan ketulusan saya persembahkan skripsi ini untuk :

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberkati saya dengan rahmat dan hidayah-Nya kepada saya.
2. Orang tuaku tersayang Bapak Albino Maia Barreto dan Ibu Julieta Mascarenhas Ximenes. Thelchia Ajuria Ximenes Maia sebagai kakak yang tak pernah bosan untuk selalu mengingatkanku dalam kebaikan dan telah memberikan motivasi untuk tetap berjuang. Terima kasih atas do'a, cinta dan kasih sayang yang tak pernah henti. Semoga Allah mengampuni dan menyayangi ketiganya seperti mereka menyayangiku.
3. Ibu Dr. Ratna Kartikasari, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing 1 dan Ibu Anita Susiana, S.T.,M.Eng., selaku dosen pembimbing 2 yang telah dengan sabar dan tanpa lelah dalam membimbing dan juga memberi motivasi.
4. Adik-adikku (Anodito Ximenes Maia dan Tachia Sipriana Ximenes Maia), keluarga besar Maia, keluarga besar Ximenes, keluarga besar Panti dan Rumah Hijau yang telah dengan tulus hati memotivasi serta mendukung dalam menyelesaikan Skripsi ini. Semoga sehat selalu dan diberkahi rezeki.
5. Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin, dan HIMER-Y yang telah mengenalkan dan mengajarkan cara berorganisasi serta lika-liku perjuangan mahasiswa.
6. Sahabatku, Yohanes, Pebri, Nevio, Jilia, Jonel, Yaumil, Randhika, Febrian, Fajri, Hans, Naldi, Setiawan, dll. Terima kasih untuk kekeluargaan dan petualangan yang indah.
7. Teman dalam mengerjakan Tugas Akhir bersama dalam suka maupun duka Yohanes, Nafat, Fajar, Bagus.
8. Teman-teman keluarga besar Teknik Mesin angkatan 2016 dan semua angkatan. Terima kasih atas persahabatan yang indah dan semoga persaudaraan kita akan tetap terjalin meski jarak memisahkan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, karena anugerah-Nya penulis telah menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh waktu perendaman proses *Deep Cryogenic Treatment* terhadap struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik paduan Fe-5Al-21Mn”.

Penulisan skripsi ini untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar S1 Teknik, 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. 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. Ibu Anita Susiana, S.T., M. Eng., selaku Dosen pembimbing II.
6. 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, 6 Februari 2021

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Geniocito Ximenes Maia', written in a cursive style.

Geniocito Ximenes Maia
210016130

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERSETUJUAN..... | ii |
| HALAMAN SOAL | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN..... | v |
| PERSEMBAHAN..... | vi |
| KATA PENGANTAR..... | vii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| ABSTRAK | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3. Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4. Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.5. Manfaat Penelitian | 3 |
| BAB II LANDASAN TEORI..... | 4 |
| 2.1. Tinjauan Pustaka | 4 |
| 2.2. Dasar Teori..... | 6 |
| 2.2.1. Baja | 6 |
| 2.2.2. Karbon (C) | 6 |
| 2.2.3. Mangan (Al)..... | 7 |
| 2.2.4. Aluminium (Al) | 7 |
| 2.3. Sistem paduan Fe-Al | 8 |
| 2.4. Sistem Paduan Fe-Mn | 9 |
| 2.5. <i>Deep Cryogenic Treatment (DCT)</i> | 10 |
| 2.6. Pengujian Bahan..... | 12 |
| 2.6.1. Pengujian Komposisi Kimia..... | 12 |
| 2.6.2. Pengujian Struktur Mikro..... | 13 |

| | |
|--|------------|
| 2.6.3. Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i> | 14 |
| 2.6.4. Pengujian Tarik (UTM)..... | 18 |
| 2.7. Hipotesis..... | 22 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 20 |
| 3.1. Diagram Alir Penelitian | 23 |
| 3.2. Bahan dan Alat Penelitian..... | 23 |
| 3.2.1. Bahan Penelitian..... | 23 |
| 3.2.2. Alat Penelitian..... | 23 |
| 3.2.3. Persiapan Spesimen | 24 |
| 3.2.4. Pengujian Komposisi Kimia | 24 |
| 3.2.5. Proses <i>Deep Cryogenic Treatment</i> | 26 |
| 3.3. Pengujian Bahan | 27 |
| 3.3.1. Pengujian Struktur Mikro..... | 27 |
| 3.3.2. Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i> | 31 |
| 3.4. Pengujian Kekuatan Tarik (UTM) | 31 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | 32 |
| 4.1. Analisis Hasil Pengujian Komposisi Kimia..... | 33 |
| 4.2. Analisis Hasil Pengujian Struktur Mikro..... | 36 |
| 4.3. Analisis Hasil Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i> | 39 |
| 4.4. Analisis Hasil Pengujian Kekuatan Tarik (UTM) | 42 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 43 |
| 5.1. Kesimpulan | 44 |
| 5.2. Saran..... | 44 |
| DAFTAR PUSTAKA | x |
| LAMPIRAN | xii |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1. Diagram Fasa Fe-Mn | 8 |
| Gambar 2.2. Diagram Fasa Fe-Al..... | 9 |
| Gambar 2.3. Diagram <i>Deep Cryogenic Treatment</i> (DCT)..... | 10 |
| Gambar 2.4. Diagram sistem proses <i>Cryogenic Treatment</i> | 12 |
| Gambar 2.5. Sistem skema mikroskop | 14 |
| Gambar 2.6. Perumusan pengujian kekerasan <i>Brinell</i> | 15 |
| Gambar 2.7. Perumusan pengujian <i>Vickers</i> | 16 |
| Gambar 2.8. Pengujian kekerasan <i>Rockwell</i> | 17 |
| Gambar 2.9. Pengujian kekerasan <i>Knoop hardness</i> | 18 |
| Gambar 2.10. Diagram garis lengkung tegangan tarik..... | 19 |
| Gambar 2.11. Diagram tegangan-regangan..... | 20 |
| Gambar 2.12. Spesimen uji tarik ASTM E8M | 21 |
| Gambar 3.1. Diagram alir penelitian | 22 |
| Gambar 3.2. Baja paduan Fe-5Al-21Mn | 24 |
| Gambar 3.3. Alat uji komposisi kimia Spectrometer PT Itokoh Ceperindo..... | 25 |
| Gambar 3.4. Tabung Nitrogen Cair..... | 27 |
| Gambar 3.5. Mesin Amplas..... | 27 |
| Gambar 3.6. Alat uji struktur mikro (mikroskop optik) | 30 |
| Gambar 3.7. Alat uji kekerasan <i>Vickers</i> | 31 |
| Gambar 3.8. Spesimen uji Tarik (ASTM E8M)..... | 32 |
| Gambar 3.9. Gambar alat uji tarik (UTM)..... | 33 |
| Gambar 4.1. Struktur mikro paduan Fe-5Al-21Mn <i>raw material</i> | 35 |
| Gambar 4.2. Struktur mikro paduan Fe-5Al-21Mn proses DCT 1 jam..... | 37 |
| Gambar 4.3. Struktur mikro paduan Fe-5Al-21Mn proses DCT 2 jam..... | 38 |
| Gambar 4.4. Struktur mikro paduan Fe-5Al-21Mn proses DCT 3 jam..... | 38 |
| Gambar 4.5. Struktur mikro paduan Fe-5Al-21Mn proses DCT 4 jam..... | 39 |
| Gambar 4.6. Struktur mikro paduan Fe-5Al-21Mn proses DCT 5 jam..... | 39 |
| Gambar 4.7. Diagram kekerasan rata-rata paduan Fe-5Al-21mn..... | 42 |
| Gambar 4.8. Diagram hasil uji tarik paduan Fe-5Al-21Mn | 45 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 4.1. Hasil pengujian komposisi kimia paduan Fe-5Al-21Mn | 35 |
| Tabel 4.2. Hasil pengujian kekerasan <i>Vickers</i> paduan Fe 79,23% - Al 3,38% - Mn 10,60% | 41 |
| Tabel 4.3. Hasil pengujian kekuatan tarik (UTM) paduan Fe 69,34% -Al 5,03%- Mn 21,28%..... | 45 |

ABSTRAK

Paduan Fe-5Al-21Mn merupakan paduan baja tahan karat baru yang disebut sebagai kandidat yang dapat menggantikan baja tahan karat konvensional (paduan Fe-Cr-Ni). Aluminium (Al) dan Mangan (Mn) berperan menggantikan unsur kromium (Cr) dan nikel (Ni) yang harganya relatif mahal.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh waktu perendaman *Deep Cryogenic Treatment* (DCT) terhadap struktur mikro, kekerasan, dan kekuatan tarik paduan Fe-5Al-21Mn. Tahapan penelitian dimulai dari persiapan spesimen yaitu memotong paduan Fe-5Al-21Mn untuk uji komposisi, uji struktur mikro, uji kekerasan *vickers* dan kekuatan tarik. Proses DCT dilakukan dengan perendaman pada nitrogen cair pada temperature $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ dalam variasi waktu 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, dan 5 jam, dilanjutkan pengembalian kembali ke suhu kamar (*warming*). Pengujian yang dilakukan adalah uji struktur mikro, setelah itu dilanjutkan uji mekanis yaitu uji kekerasan dengan metode *vickers* dan kekuatan tarik (UTM), dengan harapan menambah sifat mekanis paduan yaitu kekerasan dan kekuatan tarik Fe-5Al-21Mn.

Hasil pengujian komposisi paduan Fe-5Al-21Mn menunjukkan presentase kandungan Fe 69,34%, Al 5,05%, Mn 21,28%, sehingga dikategorikan baja paduan tinggi. Pengamatan foto struktur mikro menunjukkan terbentuknya dua fasa struktur mikro yaitu austenit dan ferit, sehingga dikategorikan sebagai *duplex stainless steel*. Nilai kekerasan tertinggi sebesar 527,4 Kg/mm² terdapat pada proses perendaman DCT 1 jam dan nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada proses perendaman DCT 4 jam yaitu sebesar 18,82 Mpa.

Kata kunci: Fe-5Al-21Mn, *deep cryogenic treatment*, struktur mikro, kekerasan *vickers*, kekuatan tarik.