

SKRIPSI

PENGARUH TEMPERATUR TEMPER TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN, DAN KEKUATAN TARIK BESI TUANG PADUAN AI



Disusun Oleh :

Yosep Oktavianus
2100190031

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

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

Program Studi Teknik Mesin S1

PENGARUH TEMPERATUR TEMPER TERHADAP STRUKTUR

MIKRO, KEKERASAN, DAN KEKUATAN TARIK

BESITUANG PADUAN AI

Oleh :

Yosep Oktavianus

2100190031

Yogyakarta, 15 Juni 2023

Disetujui Untuk Diuji Oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,


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

NIK : 19730079


Mustakim, S.T.

NIK : 19730096

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Teknik Mesin S1


Ir. Sutrisna, S.T., M.T., Ph. D.

NIK : 19730120

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH TEMPERATUR TEMPER TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN, DAN KEKUATAN TARIK BESI TUANG PADUAN AI

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 : 5 Juli 2023

Oleh : **Yosep Oktavianus / 2100190031**

Disahkan Oleh :

1. **Prof. Dr. Ir. Ratna Kartikasari, S.T., MT.**
Ketua Tim Penguji
2. **Mustakim, S.T.**
Anggota Tim Penguji
3. **Joko Pitoyo, S.T.**
Anggota Tim Penguji

Tanda tangan

1

2

3

Mengetahui,

Dekan

Fakultas Teknologi Industri



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

Menyetujui,

Ketua Program Studi

Teknik Mesin S1



Ir. 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 : 17/ITNY/Ka.Prodi. TM/TGA/IX/2022

Nama Mahasiswa : Yosep Oktavianus
Nomor Mahasiswa : 2100190031
Soal : Pengaruh Temperatur Temper Terhadap Struktur
Mikro, Kekerasan dan Kekuatan Tarik Besi Tuang
Paduan Al

Yogyakarta, 7 Oktober 2022

Dosen pembimbing I

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

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yosep Oktavianus
NIM : 2100190031
Konsentrasi : Material Konstruksi Mesin

Dengan ini menyatakan bahwa data yang tersaji dalam skripsi saya yang berjudul : Pengaruh Temperatur Temper Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, dan Kekuatan Tarik Besi Tuang Paduan Al, merupakan 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 untuk diberikan sanksi seberat-beratnya termasuk PENCOPOTAN/PEMBATALAN gelar akademik saya oleh pihak Institut Teknologi Nasional Yogyakarta (ITNY).

Demikian surat pernyataan ini dibuat agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 15 Juni 2023



10000
METERAI
TEMPEL
88CAKX484911467

Yosep Oktavianus
2100190031

HALAMAN MOTO

“Monkey D Luffy”

Dalam Hidup Ada Dua Pilihan, Jika Kamu Tidak Memilih Itulah Pilihanmu.

Terus Mengeluh Hanya Akan Menunjukkan Betapa Lemahnya Dirimu.

Jika Kau Tidak Mengambil Risiko Kau Tidak Dapat Menciptakan Masa Depan.



KATA PENGHANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah berkenan memberikan hidayah-Nya. Sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini sebaik mungkin dan tepat waktu. Adapun judul skripsi ini adalah **“Pengaruh Temperatur Temper Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, dan Kekuatan Tarik Besi Tuang Paduan Al.”**

Penulisan skripsi ini untuk memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Institut teknologi nasional Yogyakarta.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu perkenalkanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada yang tiada hingganya kepada :

1. Tuhan YME, karena rahmat dan karunianya sehingga dapat mengerjakan skripsi ini dengan penuh semangat.
2. Bapak Dr., Ir., Setyo Pambudi, M.T., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Ir. Daru Sugati, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
4. Bapak Ir. Sutrisna, S.T., M.T., Ph. D., selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
5. Ibu Prof.Dr. Ir. Ratna Kartikasari, S.T., M.T., selaku Dosen pembimbing I.
6. Bapak Mustakim, S.T., selaku Dosen Pembimbing II.
7. Secara khusus penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Ayah dan Ibu beserta keluarga besar yang telah banyak memberikan dukungan dan pengorbanan, serta doa yang tiada henti.
8. Ucapan terima kasih tak lupa juga penulis ucapkan kepada sahabat-sahabat yang tidak dapat dituliskan namanya satu-persatu atas bantuan dan dorongan serta motivasi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Penulis menyadari bahwa karya ini belum sempurna, saran dan kritik yang bersifat membangun dari berbagai pihak sangat penulis harapkan sebagai dasar pertimbangan dan demi kesempurnaan laporan skripsi ini. Akhir kata penulis

mengucapkan terima kasih, semoga laporan skripsi ini dapat dijadikan tambahan referensi bagi rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin Institut teknologi Nasional Yogyakarta dan bagi yang memerlukan pada umumnya.

Yogyakarta, 15 Juni 2023



Yosep Oktavianus
2100190031

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
SOAL TUGAS AKHIR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN MOTO	vi
KATA PENGHANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	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.....	6
2.2.1. Besi Tuang (<i>Cast Iron</i>)	6
2.2.3. Sifat Mekanis Yang Terkandung Pada Paduan Fe-C.....	11
2.2.4. Besi Tuang Paduan Al	12
2.2.5. Perlakuan Panas (<i>Heat Treatment</i>)	13
2.3 Pengujian Bahan	19
2.3.1. Pengujian Struktur Mikro	19
2.3.2. Pengujian Kekerasan.....	20
2.3.3 Pengujian Tarik	25

2.4	Hipotesis.....	28
BAB III METODE PENELITIAN		29
3.1	Diagram Alir Penelitian	29
3.2	Bahan Dan Alat Penelitian.....	30
3.2.1	Bahan Penelitian	30
3.2.2	Peralatan Penelitian.....	31
3.3	Cara Penelitian	32
3.3.1	Persiapan Spesimen	32
3.3.2	Pengujian Komposisi Kimia	32
3.3.3	Proses <i>Hardening</i>	34
3.3.4	Proses Temper.....	35
3.4	Pengujian Bahan	35
3.4.1	Pengujian Struktur Mikro	35
3.4.2	Pengujian Kekerasan.....	39
3.4.3	Pengujian Tarik.....	40
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		42
4.1	Analisis Hasil Pengujian Komposisi Kimia	42
4.2	Analisis Hasil Pengujian Struktur Mikro	44
4.3	Analisis Hasil Pengujian Kekerasan.....	49
4.4	Analisis Hasil Pengujian Tarik	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran	57
DAFTAR PUSTAKA		58
LAMPIRAN.....		62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Mikro Besi Cor Kelabu (Calister 2018).....	7
Gambar 2.2 Struktur Mikro Besi Cor Nodular (Callister 2018).....	7
Gambar 2.3 Struktur Mikro Besi Cor Mampu Tempa (Callister 2018)	8
Gambar 2.4 Struktur Mikro Besi Tuang Putih (Callister 2018)	9
Gambar 2.5 Pembentukan Struktur Mikro Dari Berbagai Jenis Besi Cor.....	9
Gambar 2.6 Diagram Keseimbangan Fasa Fe-C (ASM Internasional 1991).	11
Gambar 2.7 Diagram Fasa Biner Fe-Al (Xiaolin Li dkk, 2014).....	13
Gambar 2.8 Diagram Laku-Panas (Amstead, 1985).....	14
Gambar 2.9 Kurva Transformasi <i>Full Annealing</i> (Amstead, 1985).....	15
Gambar 2.10 Temperatur Pemanasan Normalisasi (Callister, 2018)	15
Gambar 2.11 Diagram Laku-Panas Antara Normalisasi dan Anil.....	16
Gambar 2.12 Temperatur Optimal Untuk Proses <i>Hardening</i> (Totten, 2007).	17
Gambar 2.13 Diagram TTT (Callister, 2018).....	17
Gambar 2.14 Diagram TTT (<i>Customaty Quenching and Tempering</i>).....	18
Gambar 2.15 Pengamatan Batas Butir Dengan Mikroskop Optik	20
Gambar 2.16 Macam- Macam Jenis Pengujian Lekukan (Calister, 2018).....	21
Gambar 2.17 Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i> (Callister 2018)	22
Gambar 2.18 Pengujian <i>Brinell</i> (Calister, 2001)	23
Gambar 2. 19 Berbagai Dimensi Penekanan Dari Pengujian Kekerasan	24
Gambar 2.20 Kurva Deformasi Tegangan dan Regangan Untuk (a) Plastis dan (b) Elastis (Callister, 2018)	26
Gambar 2.21 Diagram Tegangan-Regangan (Van Vlack, 1992)	26
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3.2 Lanjutan Diagram Alir penelitian	30
Gambar 3.3 Besi Tuang Paduan Al	30
Gambar 3.4 Spesimen Uji Struktur Mikro dan Kekerasan <i>Vickers</i>	32
Gambar 3.5 Spesimen Uji Tarik Menggunakan Standar ASTM E-8M.....	32
Gambar 3.6 Mesin <i>Spectrometer</i>	33
Gambar 3.7 Mesin <i>Furnace</i>	34

Gambar 3.8 Mesin Amplas	36
Gambar 3.9 Mesin Uji Struktur Mikro	39
Gambar 3.10 Mesin Uji Kekerasan (<i>Vickers</i>).....	40
Gambar 3.11 Mesin Uji Tarik	41
Gambar 4.1 Struktur Mikro <i>Raw Material</i> Besi Tuang Paduan Al.....	44
Gambar 4. 2 Struktur Mikro Besi Tuang Paduan Al Setelah <i>Hardening</i> 900°C	45
Gambar 4.3 Struktur Mikro Besi Tuang Paduan Al Setelah <i>Hardening</i> Dilanjutkan Temper 200°C.....	45
Gambar 4.4 Struktur Mikro Besi Tuang Paduan Al Setelah <i>Hardening</i> Dilanjutkan Temper 250°C.....	46
Gambar 4.5 Struktur Mikro Besi Uang Padudan Al Setelah <i>Hardening</i> Dilanjutkan Temper 300°C.....	46
Gambar 4.6 Struktur Mikro Besi Tuang Paduan Al Setelah <i>Hardening</i> Dilanjutkan Temper 350°C.....	47
Gambar 4.7 Struktur Mikro Besi Tuang Paduan Al Setelah <i>Hardening</i> Dilanjutkan Temper 400°C.....	47
Gambar 4.8 Diagram Pengujian Kekerasan Besi Tuang Paduan Al	51
Gambar 4. 9 Diagram Pengujian Tegangan Tarik Besi Tuang Paduan Al.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skala Kekerasan <i>Rockwell</i>	25
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Komposisi Kimia.....	42
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i> Besi Tuang Paduan Al.....	51
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Besi Tuang Paduan Al.....	54

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

A	: Luas penampang spesimen uji tarik mula-mula (m ²)
Al	: Aluminium
ASM	: <i>American Society for Metals</i>
ASTM	: <i>American Society for Testing and Materials</i>
BCC	: <i>Body Centered Cubic</i>
BHN	: Angka kekerasan <i>Brinell</i>
C	: Karbon
CCT	: <i>Continous Cooling Transformation</i>
Co	: Kobalt
Cr	: Kromium
Cu	: Tembaga
D	: Diameter Bola Baja (mm)
d	: Diagonal rata-rata (mm)
DT	: <i>Destructive Test</i>
d	: Diameter lekukan (mm)
d ₁	: Panjang diagonal injakan satu
d ₂	: Panjang diagonal injakan dua
E	: Modulus elastisitas (Mpa)
Fe	: Ferum/Besi
F	: Beban uji tarik (N)
FCC	: <i>Face Center Cubic</i>
Fe ₃ C	: <i>Cementite</i>
HB	: Kekerasan <i>Brinell</i>
HK	: Angka kekerasan knoop
HV	: Kekerasan <i>Vickers</i>
HCl	: Asam Klorida
HNO ₃	: Asam Nitrat
HRC	: Kekerasan <i>Rockwell</i>
L	: Panjang indentasi

L_0	: panjang spesimen uji tarik mula-mula (ϵ) (mm)
Mo	: Molybdendum
Mn	: Mangan
Mn_3C	: Mangan Karbida
Mg	: Magnesium
Mpa	: Megapascal
NaCl	: Natrium Clorida atau Sodium Clorida
NDT	: <i>Non-Destructive Test</i>
Ni	: Nikel
Pa	: Pascal
P	: Beban kekerasan <i>Vickers</i> dan <i>Brinell</i> (Kg)
P	: Fosfor
R	: Jari-jari
Sn	: Timah
Si	: Silicon
Sb	: Antinom
Sb	: Kekuatan patah
S	: Sulfur
St	: Kekuatan tarik
Sy	: Kekuatan luluh
TTT	: <i>Time Temperature Transformastion</i>
VHN	: Angka kekerasan <i>Vickers</i>
X	: Titik patah
Yp	: Titik luluh
Zn	: Seng
σ	: Tegangan tarik (N/m^2)
ϵ	: Regangan gaya tarik (%)
θ	: Sudut permukaan intan yang berhadapan 136°
ΔL	: Perubahan panjang spesimen uji tarik (mm)
α	: Ferit
γ	: Austenite

ABSTRAK

Besi tuang paduan aluminium (Al) merupakan paduan material yang mempunyai kandungan karbon mencapai 2,0%- 6,7%, dimana unsur (Al) memiliki peranan yang penting terhadap ketahanan korosi dan ketahanan aus sehingga memberikan sifat fisis dan mekanik yang cukup baik. Alasan dilakukannya proses temper ialah untuk mengurangi tegangan sisa, meningkatkan ketangguhan, dan keuletan besi tuang paduan Al. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh temperatur temper terhadap struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik pada besi tuang paduan Al.

Bahan yang digunakan adalah besi tuang paduan Al, rangkaian proses temper yang dilakukan pada penelitian ini adalah proses *hardening* pada temperatur 900°C selama 1 jam diikuti dengan pendinginan menggunakan media air. Tahapan berikutnya adalah temper yang dilakukan pada temperatur 200°C, 250°C, 300°C, 350°C dan 400°C selama 1 jam diikuti dengan pendinginan menggunakan media udara. Pengujian yang dilakukan adalah uji komposisi kimia menggunakan alat *spectrometer*, uji struktur mikro menggunakan alat *olympus metallurgical system microscope*, kekerasan menggunakan metode *Vickers*, dan uji tarik.

Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa besi tuang paduan Al mengandung kadar unsur utama Fe 92,24%, unsur paduan utama Al 1,36%, C 3,49%, Si 1,86%, dan Mn 0,48%. Struktur mikro besi tuang paduan Al terdiri dari ferit, perlit, dan grafit, setelah dilakukan proses *hardening* fasa ferit terlihat dominan karena unsur Al yang berperan sebagai pembentuk dan penstabil fasa ferit, sedangkan proses temper menunjukkan fasa perlit tersebar secara merata bersama fasa ferit di antara serpih grafit yang mengalami pertumbuhan menjadi lebih kecil. Besi tuang paduan Al memiliki nilai kekerasan sebesar 186,16 kg/mm², setelah proses temper kekerasannya menurun hingga mencapai minimum 125,14 kg/mm² pada temperatur 400°C. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa terjadi penurunan tegangan tarik setelah proses *hardening* sebesar 94,61 Mpa sedangkan setelah proses temper tegangan tarik mengalami peningkatan dan penurunan secara tidak beraturan.

Kata Kunci : Besi tuang paduan Al, *Hardening*, Temper, Kekerasan, Tarik.