

SKRIPSI

**PENGARUH WAKTU PROSES NITRIDASI PLASMA TERHADAP
KEKERASAN PERMUKAAN PADUAN Fe-Al-Mn-Mo**



Oleh :

Desfo Camal Patanduk
2100190001

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

2023

HALAMAN PERSETUJUAN

**Skripsi
Program Studi Teknik Mesin SI**

**PENGARUH WAKTU PROSES NITRIDASI PLASMA TERHADAP
KEKERASAN PERMUKAAN PADUAN Fe-Al-Mn-Mo**

Oleh :

**Desfo Camal Patanduk
2100190001**

Yogyakarta, 13 Juni 2023

Disetujui untuk diujikan oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



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



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

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Mesin SI



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

HALAMAN PENGESAHAN


PENGARUH WAKTU PROSES NITRIDASI PLASMA TERHADAP
KEKERASAN PERMUKAAN PADUAN Fe-Al-Mn-Mo

Dipertahankan di Depan Dewan Pengujian Skripsi dan
Diterima Guna Memenuhi Persyaratan untuk Mencapai
Program Studi Teknik Mesin SI
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Pada : 20 Juli 2023


Oleh : **DESFO CAMAL PATANDUK/2100190001**

- | | |
|---|--|
| 1. <u>Prof. Dr. Ir. Ratna Kartikasari, S.T.,
M.T.</u>
Ketua Tim Penguji | 1.
 |
| 2. <u>Ir. Sutrisna, S.T., M.T., Ph.D.</u>
Anggota Tim Penguji | 2.
 |
| 3. <u>Rivan Muhfidin, S.T., M.Sc.</u>
Anggota Tim penguji | 3.
 |

Mengetahui,
Dekan
Fakultas Teknologi Industri


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

Menyetujui,
Ketua Program Studi
Teknik Mesin SI


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

No: 06/ITNY/Ka.Prodi.TM/TGA/IX/2022

Nama Mahasiswa : Desfo Camal Patanduk
Nomor Mahasiswa : 2100190001
Soal : Pengaruh Waktu Proses Nitridasi Plasma Terhadap
kekerasan Permukaan Paduan Fe-Al-Mn-Mo



Yogyakarta, 13 September 2022

Dosen Pembimbing

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

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Desfo Camal Patanduk
NIM : 2100190001
Kosentrasi : Material Kontruksi Mesin

Dengan ini menyatakan bahwa data yang tersaji dalam skripsi saya yang berjudul : Pengaruh Waktu Proses Nitridasi Plasma Terhadap kekerasan Permukaan Paduan Fe-Al-Mn-Mo. Adalah MURNI hasil penelitian saya pribadi,

Bilamana dikemudian hari terbukti bahwa data dan judul tersebut merupakan jiplakan/plagiat dari karya tulus orang lain, maka sesuai dengan kode etik ilmiah, saya menyatakan bersedia untuk di berikan 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, 13 Juni 2023
Yang membuat pernyataan



20
METERAI
TEMPEL
290AKX484270287

DESFO CAMAL PATANDUK
2100190001

MOTTO

**“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 :

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberkati saya dengan rahmat dan hidayah-Nya kepada saya.
2. Terima kasih untuk Ayah (Yan Tandilembang) dan ibu ku (Nevia Sanda) 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.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Ratna Kartikasari, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Ir. Sutrisna, S.T.,M.T.,Ph.D. yang selama ini memberikann bimbingan kepada saya tanpa lelah dan motivasi untuk menyemangati saya.
4. Himpunan Teknik Mesin serta angkatan 19 dan juga sahabatku sebagai seperjuanganku terima kasih atas persaudaraan kita selama ini semoga akan selalu terkenang dengan indah.
5. Terimakasih kepada teman kontrakan saya Marchel, steven, awi, topan, geri, heri, detri, kristian, alif, gian, riles dan winner yang selalu mensupport dan mendoakan saya selama mengerjakan skripsi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah S.W.T yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya sehingga dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Pengaruh Waktu Proses Nitridasi Plasma Terhadap kekerasan Permukaan Paduan Fe-Al-Mn-Mo.”.

Penulisan Skripsi ini untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat sarjana teknik mesin S1 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 Esa yang telah memberi kemudahan dalam setiap langkah hidup serta mengabulkan setiap doa-doa.
2. Bapak Dr. Ir. Setyo Pambudi, M.T., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Daru Sugati, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
4. Bapak Ir. Sutrisna, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua 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 Ir. Sutrisna,S.T.,M.T.,Ph.D. selaku Dosen pembimbing II.
7. Dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi yang telah terselesaikan ini masih belum sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran agar 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, 13 Juni 2023

Penulis



Desfo Camal Patanduk
2100190001

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
HALAMAN PENGESAHAN	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
SOAL TUGAS AKHIR	iv
SURAT PERNYATAAN	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
MOTTO	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
PERSEMBAHAN	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
KATA PENGANTAR	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIAN	xv
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xvi
ABSTRAK	x
BAB I PENDAHULUAN	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
1.1 Latar Belakang	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
1.2 Rumusan masalah.....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
1.3 Tujuan Penelitian.....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
1.4 Batasan Masalah.....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
1.5 Manfaat penelitian	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
BAB II KAJIAN PUSTAKA	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.1 Tinjauan Pustaka	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.2 Landasan teori	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.2.1 Baja Tahan Karat (<i>Stainless Steel</i>).....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.2.2 Sistem Paduan Fe-Al	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.2.3 Sistem Paduan Fe-Mn.....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.2.4 Paduan Molibdenum (Fe-Mo)	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.

2.2.5 Paduan Besi-Aluminium-Mangan (Fe-Al-Mn) .	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.2.6 Nitridasi	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.2.7 Proses nitridasi dengan teknik nitridasi ion/plasma.....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.2.8 Pengujian Bahan	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.3 Hipotesis	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
BAB III METODE PENELITIAN	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
3.2 Bahan Dan Alat Penelitian	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
3.2.1 Bahan penelitian	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
3.2.2 Alat Penelitian.....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
3.3 Cara Penelitian	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
3.3.1 Pengujian Komposisi Kimia	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
3.3.2 Persiapan Spesimen Untuk Proses Nitridasi Plasma	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
3.3.3 Proses nitridasi plasma.....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
3.3.4 Persiapan Spesimen Untuk Pengujian	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
3.3.5 Pengujian Bahan	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
4.1 Analisis Hasil Pengujian Komposisi Kimia	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
4.2 Hasil Pengujian Struktur Mikro .	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
4.2.1 Hasil uji mikroskop optik	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
4.2.2 Hasil Uji SEM (Scanning Electron Microscope)	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
4.2.3 Hasil uji EDS	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
4.3 Hasil Pengujian Kekerasan.....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN ...	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
5.1 Kesimpulan.....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
5.2 Saran	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.

DAFTAR PUSTAKAKesalahan! Bookmark tidak ditentukan.

LAMPIRAN.....Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram kesetimbangan Fe	19
Gambar 2.2 Diagram kesetimbangan Fe-Mn	11
Gambar 2.3 Diagram fasa Fe-Al-Mn	12
Gambar 2.4 Diagram fasa Fe-N	13
Gambar 2. 5 Tabung Reaktor Plasma Nitriding	16
Gambar 2. 6 Skema mikroskop optic	20
Gambar 2.7. Perumusan Pengujian <i>Brinell</i>	21
Gambar 2.8 Pengujian kekerasan <i>Vickers</i>	22
Gambar 2. 9 Pengujian Kekerasan <i>Rockwell</i>	23
Gambar 2. 10.Pengujian Metode <i>Micro Hardness</i>	24
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3. 2 Spesimen uji struktur mikro dan distribusi kekerasan.....	26
Gambar 3. 3 <i>Spectometer</i>	27
Gambar 3. 4 Tabung Reaktor Nitridasi plasma.....	27
Gambar 3. 5 Mesin Uji Struktur Mikro (mickroskop optik)	28
Gambar 3. 6 Mesin Amplas	29
Gambar 3. 7 Alat Uji Kekerasan Mikro	29
Gambar 3. 8 Spesimen Uji Struktur Mikro dan Distribusi Kekerasan.....	31
Gambar 3. 9 <i>Ultrasonic cleaner</i> milik BRIN Yogyakarta	34
Gambar 3.10 Alat uji SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>)	37
Gambar 3.11 Posisi Titik Pengujian Distribusi Kekerasan	38

Gambar 4.1 Struktur mikro paduan Fe-Al-Mn-Mo sebelum dan sesudah nitridasi plasma	42
Gambar 4. 2 Foto SEM paduan Fe-Al-Mn-Mo.....	44
Gambar 4. 3 Kurfa ketebalan lapisan nitrida sebelum dan sesudah nitridasi.....	45
Gambar 4.4 Hasil pengujian EDS pada <i>raw material</i>	46
Gambar 4. 5 Hasil pengujian EDS pada waktu 3 jam.....	47
Gambar 4. 6 Hasil pengujian EDS pada waktu 4 jam.....	47
Gambar 4. 7 Hasil pengujian EDS waktu 5 jam	48
Gambar 4.8 Kurfa kandungan unsur nitrogen pada paduan Fe-Al-Mn-Mo	49
Gambar 4.9 Diagram kekerasan mikro Vickers pada permukaan paduan Fe-Al-Mn-Mo	52
Gambar 4. 10 Grafik distribusi kekerasan paduan Fe-Al-Mn-Mo sebelum dan sesudah nitridasi plasma.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil pengujian komposisi kimia paduan Fe-Al-Mn-Mo	39
Tabel 4. 2 Hasil perhitungan kekerasan <i>mikro Vickers</i> pada permukaan sebelum dan sesudah nitridasi plasma	50
Tabel 4. 3 Distribusi kekerasan mikro Vickers paduan Fe-Al-Mn-Mo sbelum dan sesudah nitridasi plasma	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Parameter nitridasi plasma	61
Lampiran 2. Hasil uji kekerasan permukaan	62
Lampiran 3. Hasil uji distribusi kekerasan	64

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

Al	: Aluminium
BRIN	: Badan Riset dan Inovasi Nasional
BCC	: <i>Body Centered Cubic</i>
α	: <i>Fasa Ferit</i>
C	: Carbon
Cr	: Kromium
d_1	: panjang diagonal injakan satu (mm)
d_2	: panjang diagonal injakan dua (mm)
D	: diagonal rata-rata injakan dua (mm)
d	: diagonal bekas injakan (mm)
D	: diameter bola (mm)
D	: Impression diameter
D	: koefisien difusi ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$)
D ₀	: koefisien difusi mula-mula ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$)
E	: Konstanta intan
EDS	: <i>Energy Dispersive X – Ray Spectroscopy</i>
FCD	: Besi cor bergarafit bulat
F	: beban <i>Knoop</i> (kg)
F	: Beban yang digunakan <i>brinell</i>
FCC	: <i>Face Center Cubic</i>

Fe	: Besi
HB	: Kekerasan Brinell
HCL	: Asam klorida
HK	: Angka Kekerasan Knoop
HNO ₃	: Asam Nitrat
HR _b	: Kekerasan <i>Rockwell</i>
HV	: Kekerasan <i>Vickers</i>
<i>l</i>	: panjang indentasi (mm)
Mn	: Mangan
Mo	: <i>Molybdenum</i>
Ni	: Nikel
P	: beban (kgf)
Q	: energi aktivasi atom yang berdifusi (kJmol ⁻¹)
R	: tetapan gas <i>universal</i> = 8,314 (j/mol.K)
RF	: <i>Radio Frekuensi</i>
SEM	: <i>Scaning Elektron Microscope</i>
SS	: <i>Stainless steel</i>
t	: lamanya proses (s)
T	: temperatur (K)
VHN	: Angka kekerasan <i>vickers</i>
x	: kedalaman penyisipan atom (mm)
γ	: <i>Austenite</i>

ABSTRAK

Paduan Fe-Al-Mn ialah kandidat baja tahan karat austenitik pengganti baja konvensional yang saat ini terus dikembangkan. Al menjadi pengganti Cr selain berfungsi sebagai penstabil ferit memberikan efek penurunan densitas paduan yang relatif signifikan. Mangan berfungsi sebagai penstabil austenite, memperbaiki sifat *hot workability*. Disamping itu penambahan molibdenum (Mo) akan membuat butiran paduan semakin kecil sehingga diperoleh penguatan sifat mekanik. Pada penelitian ini akan dipelajari pengaruh waktu proses nitridasi plasma terhadap distribusi struktur mikro dan kekerasan permukaan paduan Fe-Al-Mn-Mo.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah paduan Fe-Al-Mn-Mo berbentuk ingot menggunakan ukuran 195 mm x 15 mm x 50 mm. Proses nitridasi plasma dilakukan dengan temperature 500 °C selama 3 jam, 4 jam 5 jam di tekanan 1,8 bar. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian komposisi kimia, struktur mikro optik, SEM-EDS, dan distribusi kekerasan *mikro Vickers*.

Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan paduan Fe-Al-Mn-Mo mengandung unsur utama besi sebesar 76,52%, unsur paduan utama mangan sebesar 14,11%, aluminium sebesar 10,62%, molybdenum sebesar 0,45% dan karbon sebesar 1,28%, sehingga termasuk baja paduan tinggi. Paduan Fe-Al-Mn-Mo memiliki struktur austenite (γ) dan ferit (α). Ketebalan lapisan maksimum terjadi pada waktu 5 jam sebesar 2,195 μm . Kadar unsur nitrogen sebesar 0,05 % berat, 0,12 % berat, dan 0,15 % berat, berturut-turut pada waktu 3 jam, 4 jam dan 5 jam. Hasil uji kekerasan permukaan dengan metode *mikro Vickers* menunjukkan nilai kekerasan tertinggi sebesar 766,13 kg/mm^2 pada waktu 5 jam. Hasil uji distribusi kekerasan menunjukkan nilai kekerasan tertinggi di permukaan selanjutnya menurun hingga mendekati nilai kekerasan *raw material* pada jarak 0,25mm dan 0,30mm.

Kata kunci :Paduan Fe-Al-Mn-Mo, Nitridasi Plasma, Komposisi kimia, Distribusi Struktur Mikro dan Distribusi Kekerasan