

SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN MOLIBDENUM TERHADAP KETAHANAN OKSIDASI PADA PADUAN LOGAM BERBASIS NIKEL

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk mencapai jenjang pendidikan derajat
kesarjanaan Strata Satu (S-1) Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Nasional

OLEH

NAMA : FAHRULROZI
NIM : 197001516042
PEMINATAN : INDUSTRI MANUFAKTUR



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS NASIONAL
JAKARTA
2023**



LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN MOLIBDENUM
TERHADAP KETAHANAN OKSIDASI PADA PADUAN LOGAM
BERBASIS NIKEL**

OLEH

NAMA : FAHRULROZI
NIM : 197001516042
PEMINATAN : INDUSTRI MANUFAKTUR

Skripsi ini telah memenuhi syarat ilmiah dan disetujui oleh pembimbing untuk diajukan dalam sidang Skripsi di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional.

Jakarta, 5 Desember 2022

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Fahamsyah, S.T., M. Si., Ph. D.

NID. 040022024


Dr. Agus Sukarto W, M. Eng.

NIP. 197808211997021001



LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN MOLIBDENUM
TERHADAP KETAHANAN OKSIDASI PADA PADUAN LOGAM
BERBASIS NIKEL**

OLEH

NAMA : FAHRULROZI
NIM : 197001516042
PEMINATAN : INDUSTRI MANUFAKTUR

Skripsi ini telah diperbaiki sesuai saran dari Tim Penguji dalam Sidang Skripsi yang dilaksanakan pada tanggal 21 Februari 2023.


Jakarta, 28 Februari 2023


Menyetujui,


Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dosen Penguji III


Basori, S.T., M.T.
NID. 0102130822


Ahmad Zayadi, S.T., M.T.
NID. 0108140840


Ir. Sungkono, M.T.
NID. 040005087



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN MOLIBDENUM
TERHADAP KETAHANAN OKSIDASI PADA PADUAN LOGAM
BERBASIS NIKEL**

OLEH

NAMA : FAHRULROZI

NIM : 197001516042

PEMINATAN : INDUSTRI MANUFAKTUR

Telah dipertahankan dihadapan Tim Dosen Penguji dalam sidang Skripsi di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional, yang dilaksanakan pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 21 Februari 2023

Jakarta, 2 Maret 2023

Mengesahkan,

Kepala Program Studi Teknik Mesin



Basori, S.T., M.T.

NID. 0102130822



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : FAHRULROZI
NIM : 197001516042
PROGRAM STUDI : S-1 TEKNIK MESIN
PEMINATAN : INDUSTRI MANUFAKTUR

Dengan ini penulis menyatakan Skripsi ini tidak terdapat judul karya yang pernah diajukan dengan judul **“Pengaruh Penambahan Molibdenum Terhadap Ketahanan Oksidasi Pada Paduan Logam Berbasis Nikel”** adalah benar hasil karya penulis dan bukan merupakan publikasi serta tidak mengutip sebagian atau seluruhnya dari karya ilmiah orang lain, kecuali yang telah disebutkan sumbernya.

Jakarta, 5 Desember 2023

Penulis,



Fahrulrozi

197001516042

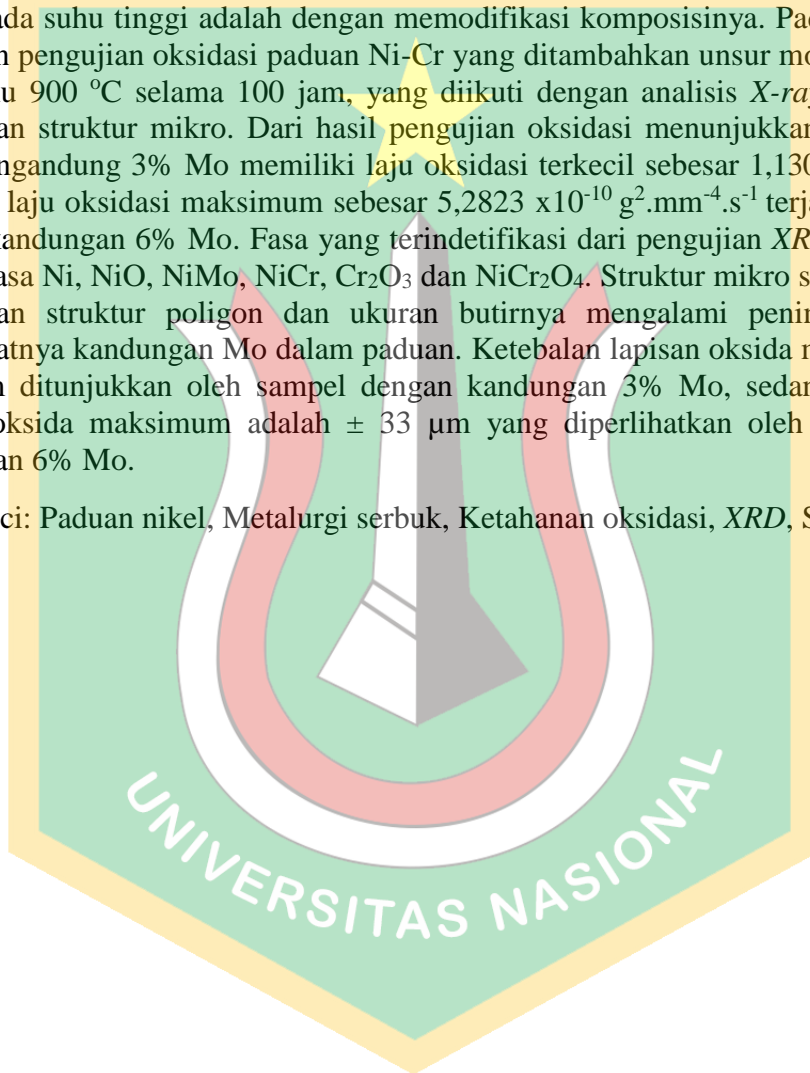
PENGARUH PENAMBAHAN MOLIBDENUM TERHADAP KETAHANAN OKSIDASI PADA PADUAN LOGAM BERBASIS NIKEL ^[1]

Fahrulrozi ^[2]
197001516042

Abstrak,

Oksidasi paduan logam pada suhu tinggi merupakan permasalahan yang sering terjadi dalam bidang industri. Salah satu cara untuk meningkatkan ketahanan oksidasi paduan logam pada suhu tinggi adalah dengan memodifikasi komposisinya. Pada penelitian ini dilakukan pengujian oksidasi paduan Ni-Cr yang ditambahkan unsur molibdenum (Mo) pada suhu 900 °C selama 100 jam, yang diikuti dengan analisis *X-ray diffractometer* (XRD) dan struktur mikro. Dari hasil pengujian oksidasi menunjukkan bahwa sampel yang mengandung 3% Mo memiliki laju oksidasi terkecil sebesar $1,1306 \times 10^{-10} \text{ g}^2 \cdot \text{mm}^{-4} \cdot \text{s}^{-1}$, dan laju oksidasi maksimum sebesar $5,2823 \times 10^{-10} \text{ g}^2 \cdot \text{mm}^{-4} \cdot \text{s}^{-1}$ terjadi pada sampel dengan kandungan 6% Mo. Fasa yang teridentifikasi dari pengujian XRD menunjukkan adanya fasa Ni, NiO, NiMo, NiCr, Cr₂O₃ dan NiCr₂O₄. Struktur mikro sebelum oksidasi menunjukan struktur poligon dan ukuran butirnya mengalami peningkatan dengan meningkatnya kandungan Mo dalam paduan. Ketebalan lapisan oksida minimum adalah $\pm 23 \mu\text{m}$ ditunjukkan oleh sampel dengan kandungan 3% Mo, sedangkan ketebalan lapisan oksida maksimum adalah $\pm 33 \mu\text{m}$ yang diperlihatkan oleh sampel dengan kandungan 6% Mo.

Kata kunci: Paduan nikel, Metalurgi serbuk, Ketahanan oksidasi, XRD, Struktur mikro.



1) Judul Skripsi Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional.
2) Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional.

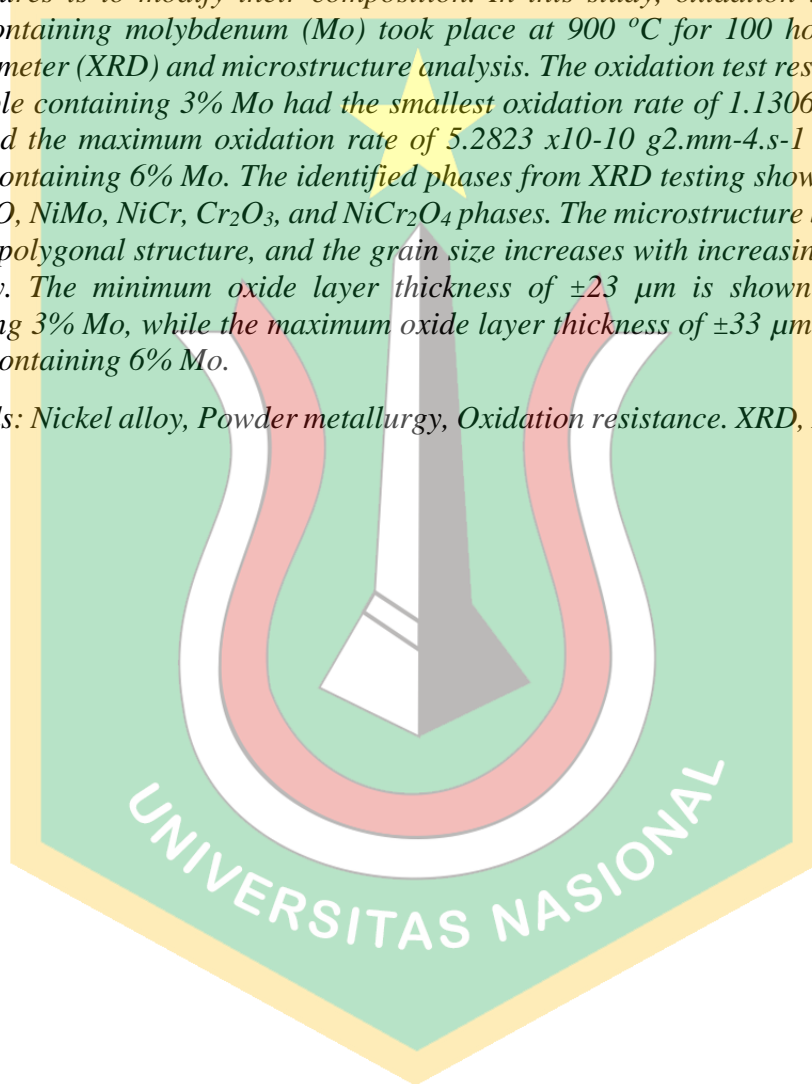
EFFECT OF MOLYBDENUM ADDITION ON THE OXIDATION BEHAVIOR OF NICKEL-BASED ALLOYS ^[1]

Fahrulrozi ^[2]
197001516042

Abstract,

Oxidation of metal alloys at high temperatures is a problem that often occurs in the industrial field. One way to improve the oxidation resistance of metal alloys at high temperatures is to modify their composition. In this study, oxidation testing of Ni-Cr alloys containing molybdenum (Mo) took place at 900 °C for 100 hours, then X-ray diffractometer (XRD) and microstructure analysis. The oxidation test results showed that the sample containing 3% Mo had the smallest oxidation rate of $1.1306 \times 10^{-10} \text{ g}^2 \cdot \text{mm}^{-4} \cdot \text{s}^{-1}$, and the maximum oxidation rate of $5.2823 \times 10^{-10} \text{ g}^2 \cdot \text{mm}^{-4} \cdot \text{s}^{-1}$ occurred in the sample containing 6% Mo. The identified phases from XRD testing showed the presence of Ni, NiO, NiMo, NiCr, Cr_2O_3 , and NiCr_2O_4 phases. The microstructure before oxidation shows a polygonal structure, and the grain size increases with increasing Mo content in the alloy. The minimum oxide layer thickness of $\pm 23 \mu\text{m}$ is shown by the sample containing 3% Mo, while the maximum oxide layer thickness of $\pm 33 \mu\text{m}$ is shown by the sample containing 6% Mo.

Keywords: Nickel alloy, Powder metallurgy, Oxidation resistance. XRD, Micro structure.



1) Title Thesis Student Program Study Mechanical Engineering Faculty Engineering and Science University Nasional.
2) Student Program Study Mechanical Engineering Faculty Engineering and Science University Nasional.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah S.W.T yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan tepat waktu tanpa adanya halangan. Shalawat serta salam taklupa selalu turunkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad S.A.W, keluarga, sahabat, serta para pengikutnya yang insyallah selalu diberikan petunjuk menuju jalan yang lurus.

Dalam skripsi ini penulis mengambil judul **“PENGARUH PENAMBAHAN MOLIBDENUM TERHADAP KETAHANAN OKSIDASI PADA PADUAN LOGAM BERBASIS NIKEL”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik guna memperoleh gelar sarjana strata satu (S-1) Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional. Pada kesempatan kali ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih atas bantuan serta dukungannya selama ini kepada yang terhormat :

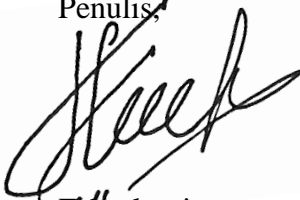
1. Bapak Novi Azman, S.T., M.T., Ph. D., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional.
2. Bapak Basori, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional.
3. Bapak Ahmad Zayadi, S.T., M.T., selaku Sekretariat Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional.
4. Bapak Fahamsyah Hamdan Latief, S.T., M. Si., Ph. D., selaku Dosen pembimbing I yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya kepada penulis dalam menyelesaikan Skripsi.

5. Bapak Dr. Agus Sukarto Wismogroho, M. Eng., selaku Dosen pembimbing II yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian di BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional).
6. Kepada seluruh Staf Pengajar dan Karyawan di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional.
7. Ayahanda Saeful Bahri dan ibunda Munawaroh, selaku kedua orang tua penulis. Terimakasih telah memberikan doa, motivasi serta semangat yang tiada henti kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi.
8. Theofilo Thessalonika dan Muhammad Syafiq Al-kaff, sebagai sahabat penulis. Terimakasih telah memberikan semangat dan dukungan selama penulis mengerjakan Skripsi.
9. Untuk seluruh teman-teman Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Angkatan 2019 Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional, yang telah memberikan dukungan serta bantuannya dalam mengerjakan Skripsi.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari berbagai pihak. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Jakarta, 5 Desember 2023

Penulis,



Fahrulrozi

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	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
1.6 Metode Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
Bab II TINJAUAN LITERATUR	5
2.1 Klasifikasi Paduan Logam	5
2.1.1 Paduan Logam Berbasis Nikel	7

2.1.2	Paduan Logam Berbasis Kromium	8
2.1.3	Paduan Logam Berbasis Molibdenum	9
2.2	Aplikasi Paduan Logam Berbasis Nikel	9
2.3	Sifat Paduan Logam	10
2.4	Konsep Dasar Oksidasi	10
2.4.1	Efek Oksidasi Pada Material	11
2.4.2	Perhitungan Laju Oksidasi	11
2.5	Kinetika Laju Oksidasi Temperatur Tinggi	12
2.5.1	Laju Pertumbuhan Linear	13
2.5.2	Laju Pertumbuhan Parabolic	13
2.5.3	Laju Pertumbuhan Logarithmic	14
2.6	Metode Fabrikasi Paduan Logam	15
2.6.1	Pengecoran Logam	15
2.6.2	Metalurgi Serbuk	16
2.6.3	Penempaan	18
Bab III	METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1	Waktu Dan Tempat Penelitian	20
3.2	Diagram Alir Penelitian	20
3.3	Material Dan Alat Penelitian	22
3.3.1	Material	22
3.3.2	Alat Penelitian	22
3.4	Pembuatan Sampel	24
3.5	Proses Pengujian	27

	3.5.1	Pengujian Ketahanan Oksidasi	27
	3.5.2	Pengamatan Visual	28
	3.5.3	Pengujian X-Ray Diffractometer	28
	3.5.4	Pengujian Struktur Mikro	29
Bab IV		HASIL DAN PEMBAHASAN	31
	4.1	Pengamatan Visual	31
	4.2	Pengujian Ketahanan Oksidasi	34
	4.3	Pengujian X-Ray Diffractometer	39
	4.3.1	Sebelum Proses Oksidasi	39
	4.3.2	Setelah Proses Oksidasi	40
	4.4	Struktur Mikro Paduan Logam Nikel Sebelum Oksidasi	41
	4.5	Struktur Mikro Paduan Logam Nikel Setelah Oksidasi	45
Bab V		KESIMPULAN DAN SARAN	50
	5.1	Kesimpulan	50
	5.2	Saran	50
		DAFTAR PUSTAKA	51
		LAMPIRAN	53

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Logam Nikel	8
Gambar 2.2 Logam Kromium	8
Gambar 2.3 Logam Molibdenum	9
Gambar 2.4 Laju Kurva Oksidasi	13
Gambar 2.5 Proses Pengecoran Logam	16
Gambar 2.6 Proses Metalurgi Serbuk	17
Gambar 2.7 Proses Penempaan	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3.2 Material Yang Digunakan Dalam Penelitian	22
Gambar 3.3 Alat-Alat Penelitian	24
Gambar 4.1 Pengamatan Visual Sampel Ni-8Cr Sebelum Dan Setelah Oksidasi	31
Gambar 4.2 Pengamatan Visual Sampel 1% Mo Sebelum Dan Setelah Oksidasi	32
Gambar 4.3 Pengamatan Visual Sampel 3% Mo Sebelum Dan Setelah Oksidasi	32
Gambar 4.4 Pengamatan Visual Sampel 6% Mo Sebelum Dan Setelah Oksidasi	33
Gambar 4.5 Pengamatan Visual Sampel 10% Mo Sebelum Dan Setelah Oksidasi	34
Gambar 4.6 Kurva Pertambahan Massa Terhadap Waktu Oksidasi	37
Gambar 4.7 Diagram Fasa Sebelum Oksidasi	39
Gambar 4.8 Diagram Fasa Setelah Oksidasi	40
Gambar 4.9 Struktur Mikro Sampel Ni-8Cr Sebelum Oksidasi	41
Gambar 4.10 Struktur Mikro Sampel 1% Mo Sebelum Oksidasi	42
Gambar 4.11 Struktur Mikro Sampel 3% Mo Sebelum Oksidasi	42
Gambar 4.12 Struktur Mikro Sampel 6% Mo Sebelum Oksidasi	43
Gambar 4.13 Struktur Mikro Sampel 10% Mo Sebelum Oksidasi	44

Gambar 4.14	Struktur Mikro Sampel Ni-8Cr Setelah Oksidasi	45
Gambar 4.15	Struktur Mikro Sampel 1% Mo Setelah Oksidasi	46
Gambar 4.16	Struktur Mikro Sampel 3% Mo Setelah Oksidasi	46
Gambar 4.17	Struktur Mikro Sampel 6% Mo Setelah Oksidasi	47
Gambar 4.18	Struktur Mikro Sampel 10% Mo Setelah Oksidasi	48
Gambar 4.19	Kurva Ketebalan Lapisan Oksida	49



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Komposisi Paduan Logam	24
Tabel 3.2 Perhitungan Komposisi Serbuk Logam	25
Tabel 4.1 Data Pengujian Oksidasi 20 Jam	35
Tabel 4.2 Data Pengujian Oksidasi 40 Jam	35
Tabel 4.3 Data Pengujian Oksidasi 60 Jam	36
Tabel 4.4 Data Pengujian Oksidasi 80 Jam	36
Tabel 4.5 Data Pengujian Oksidasi 100 Jam	37
Tabel 4.6 Laju Oksidasi Paduan Ni-Cr-Mo	38



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1.1 Surat Keterangan Penelitian	51

