

**PENGEMBANGAN MATERIAL 9Cr-SS316-1Nb UNTUK BAHAN  
KELONGSONG REAKTOR NUKLIR**

**TESIS**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program Pascasarjana  
Program Studi Magister Teknik Mesin



Disusun oleh:

**Eris Yana**

**55820010006**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK MESIN**


**UNIVERSITAS MERCU BUANA**

**JAKARTA 2022**

## PENGESAHAN TESIS

Judul : Pengembangan Material 9Cr-SS316-1Nb Untuk Bahan Kelongsong Reaktor Nuklir  
Nama : Eris Yana  
NIM : 55820010006  
Program Studi : Magister Teknik Mesin  
Tanggal : 21 Desember 2022

Mengesahkan  
Pembimbing



Prof. Dr. Usman Sudjadi

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Mawardi Amin, MT

Ketua Program Studi

Magister Teknik Mesin



Dafit Feriyanto, M. Eng.Ph.D.

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa semua pernyataan dalam Tesis ini .

Judul : PENGEMBANGAN MATERIAL 9Cr-SS316-1Nb UNTUK  
BAHAN KELONGSONG REAKTOR NUKLIR  
Nama : Eris Yana  
NIM : 55820010006  
Program Studi : Magister Teknik Mesin  
Tanggal : 21 Desember 2022

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian lapangan, dan karya saya sendiri dengan bimbingan Komisi Dosen Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.

Karya ilmiah ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada program sejenis diperguruan tinggi lain. Semua informasi, data, dan hasil pengolahannya yang digunakan telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

Jakarta, 21 Desember 2022

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA



( Eris Yana )

## PERNYATAAN SIMILARITY CHECK

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh :

Nama : Eris Yana  
NIM : 55820010006  
Program Studi : Magister Teknik Mesin

Dengan judul :

“PENGEMBANGAN MATERIAL 9Cr-SS316-1Nb UNTUK BAHAN KELONGSONG REAKTOR NUKLIR”, telah dilakukan pengecekan *similarity* dengan system Turnitin pada tanggal 22 November 2022, didapatkan nilai persentase sebesar 29 %.



Jakarta, 22 November 2022

Administrator Turnitin

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Miyono, S.Kom

## DEDIKASI

“Tesis ini penulis dedikasikan kepada kedua orang tua tercinta, Ayahanda dan Ibunda, ketulusanya dari hati atas doa yang tak pernah putus, semangat yang tak ternilai. Serta untuk orang-orang terdekatku yang tersayang, Istri dan Anak-anakku tercinta.”



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala limpahan Rahmat, Inayah, Taufik dan Hidayah-Nya dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tesis ini dengan judul “PENGEMBANGAN MATERIAL 9Cr-SS316-1Nb UNTUK BAHAN KELONGSONG REAKTOR NUKLIR”

Laporan Tesis ini disusun sebagai salah satu bentuk pertanggung jawaban mata kuliah Seminar Hasil 2 yang wajib dilaksanakan oleh setiap mahasiswa di Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Mercubuana. Penyusunan Laporan Tesis ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segenap ketulusan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr.Ir. Andi Adriansyah, M.Eng Selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Dr. Ir. Mawardi Amin, MT Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Dafit Feriyanto, Ph.D Selaku Kaprodi Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Andi Firdaus, MT Selaku Sekprodi Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
5. Bapak Prof. Dr. Usman Sudjadi, M.Sc Selaku Dosen Pembimbing Tesis Universitas Mercu Buana.
6. Orang tua beserta keluarga tercinta yang selalu memberi memotivasi untuk menyelesaikan studi S2.
7. Rekan- rekan seperjuangan S2 Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana, terima kasih atas bantuan dan semangat yang telah diberikan.
8. Seluruh rekan dan berbagai pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa dalam Laporan Tesis ini masih terdapat banyak kekurangan maupun kesalahan. Oleh karena itu, penulis mengharap kritik dan saran. Semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 21 Desember 2022



Penulis

## DAFTAR ISI

JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
DEDIKASI	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Novelty	4
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Reaktor Pembiak Cepat	7
2.1.1 Prinsip Pengendalian	8
2.1.2 Struktur Reaktor Pembiak Cepat	8
2.1.3 Struktur Bejana Reaktor	9
2.1.4 Peralatan Yang Aman Secara Teknologi	12
2.1.5 Penanganan Bahan Bakar dan Peralatan Penyimpanan	13
2.2 Material Reaktor Daya	13
2.3 Sifat Bahan Untuk Reaktor Nuklir	17
2.3.1 Sifat Umum Bahan Untuk Reaktor Nuklir	17
2.3.2 Sifat Khusus Bahan Untuk Reaktor Nuklir	17
2.3.3 Bahan Struktur	18
2.4 Kelongsong Bahan Bakar Nuklir	18
2.5 Niobium	20

2.6	Pengujian Kekerasan Rockwell	20
2.7	Pengujian Impact	23
2.8	Pengujian Mikrostruktur	25
2.9	Pengujian Bending	25
2.10	Penelitian Terdahulu	28
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>		<b>31</b>
3.1	Diagram Alir	31
3.2	Tahapan penelitian	32
3.3	Tempat Pelaksanaan	32
3.4	Alat dan Bahan	32
3.5	Proses Pembuatan Sampel Material	44
3.6	Tahap Peleburan Material	46
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		<b>49</b>
4.1	Hasil Pengujian Impact	49
4.2	Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell	54
4.2.1	Pembahasan Uji Kekerasan Rockwell	54
4.2.2	Kedalaman Penetrasi Penekanan	55
4.3	Hasil Pengujian Mikrostruktur	58
4.4	Hasil Pengujian Bending	61
4.5	Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu	64
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>		<b>65</b>
5.1	Kesimpulan	65
5.2	Saran	65
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>67</b>
<b>LAMPIRAN</b>		



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur plant reactor pembiak cepat (FBR) Monju	9
Gambar 2.2 Struktur wadah reactor FBR Monju	10
Gambar 2.3 Struktur set bahan bakar reactor FBR Monju	11
Gambar 2.4 Struktur set batang pengendali	12
Gambar 2.5 Penanganan bahan bakar FBR Monju dan peralatan tangki	13
Gambar 2.6 Kelongsong Zr-4 dengan berbagai variasi	19
Gambar 2.7 Three point bending	27
Gambar 2.8 Four point bending	27
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	31
Gambar 3.2 Neraca Analitic	32
Gambar 3.3 Alat Uji Kekerasan	34
Gambar 3.4 Alat Uji Impact	35
Gambar 3.5 Sketsa pembebanan impact metode carpy	36
Gambar 3.6 Dimensi sampel uji	36
Gambar 3.7 Alat uji bending	37
Gambar 3.8 Bentuk sampel uji bending	38
Gambar 3.9 Alat uji mikro struktur	39
Gambar 3.10 Tungku pengecoran material	40
Gambar 3.11 Tungku pemanas	41
Gambar 3.12 Kromium	42
Gambar 3.13 Stainless Steell 316	43
Gambar 3.14 Niobium	43
Gambar 3.15 Proses penimbangan 9% Kromium	44
Gambar 3.16 Proses penimbangan 90% Stainless Steell	45
Gambar 3.17 Proses penimbangan 1% Niobium	45
Gambar 3.18 Material 9%Cr, 90%SS316, 1%Nb sebelum dilebur	46
Gambar 3.19 Sampel material sebelum dilebur	48
Gambar 3.20 Proses peleburan sampel material	48
Gambar 3.21 Material uji hasil peleburan	48

Gambar 4.1 Grafik hasil perhitungan impact	51
Gambar 4.2 Grafik perbandingan Ep dengan Temperatur	52
Gambar 4.3 Grafik perbandingan W dengan Temperatur	52
Gambar 4.4 Grafik perbandingan EI dengan Temperatur	53
Gambar 4.5 Grafik rata-rata hasil pengujian rockwell	55
Gambar 4.6 Grafik kedalaman penekanan kerucut intan	57
Gambar 4.7 Hasil pengamatan struktur mikro non tempering	58
Gambar 4.8 Hasil pengamatan struktur mikro 300 <sup>0</sup> C	59
Gambar 4.9 Hasil pengamatan struktur mikro 400 <sup>0</sup> C	59
Gambar 4.10 Hasil pengamatan struktur mikro 500 <sup>0</sup> C	60
Gambar 4.11 Graffik hasil pengujian kuat bending	63



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Perbedaan novelty peneliti dengan penelitian terdahulu	4
Tabel 2.1 Material kelosong bahan bakar nuklir dan jenis reactor	16
Tabel 2.2 Sifat umum bahan untuk bahan reactor nuklir	17
Tabel 2.3 Sifat khusus bahan untuk bahan reactor nuklir	18
Tabel 2.4 Standar kekerasan metode kekerasan rockwell	21
Tabel 2.5 Skala kekerasan	22
Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu	28
Tabel 3.1 Spesifikasi tungku pelebur listrik	40
Tabel 4.1 Data hasil pengukuran dan pengujian impact	49
Tabel 4.2 Data hasil perhitungan uji impact	50
Tabel 4.3 Data hasil pengujian kekerasan rockwell	54
Tabel 4.4 Data hasil perhitungan rata-rata kekerasan rockwell	56
Tabel 4.5 Data hasil Pengujian kuat bending	62
Tabel 4.6 Data hasil Perhitungan kuat bending	62

## DAFTAR SIMBOL

A	= Luas penampang	mm <sup>2</sup>
b	= Lebar sampel	mm
d	= Ketebalan benda uji	mm
F	= Gaya atau beban	kgf
g	= Gaya gravitasi bumi	m/s <sup>2</sup>
h	= Tebal sampel	cm
L	= Jarak lengan pengayun	m
m	= Berat pendulum	kg
P	= Tekanan	kPa
V	= volume	cm <sup>3</sup>
W	= Energi yang diserap	joule
cos $\alpha$	= Sudut awal pendulum	( $^{\circ}$ )
cos $\beta$	= Sudut akhir pendulum	( $^{\circ}$ )
EI	= Energi Impact	joule/mm <sup>2</sup>
Ep	= Energi potensial	joule
$\sigma_f$	= Tegangan lengkung	kgf/mm <sup>2</sup>