

SKRIPSI

STUDI KARAKTERISTIK MEKANIK PADUAN ZIRCONIUM TERKOROSI NAOH PADA SUHU TINGGI

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 : MUHAMAD FARHAN AGUSTIAN
NPM : 207001516035
PEMINATAN : INDUSTRI MANUFAKTUR



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

JAKARTA

2024

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI
STUDI KARAKTERISTIK MEKANIK PADUAN ZIRCONIUM
TERKOROSI NAOH PADA SUHU TINGGI

OLEH

NAMA : MUHAMAD FARHAN AGUSTIAN
NPM : 207001516035
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 Agustus 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Nama : Fahamsyah, S.T, M.S.I., Ph.D

NID : 040022024

(.....)

Dosen Pembimbing II

Nama : Dr. Agus Sukarto Wismogroho, M.Eng.

NID : 197808211997021001

(.....)

HALAMAN PERBAIKAN SKRIPSI
STUDI KARAKTERISTIK MEKANIK PADUAN ZIRCONIUM
TERKOROSI NAOH PADA SUHU TINGGI

OLEH

NAMA : MUHAMAD FARHAN AGUSTIAN

NPM : 207001516035

PEMINATAN : INDUSTRI MANUFAKTUR

Skripsi ini telah diperbaiki sesuai saran dari Tim Penguji dalam Sidang Skripsi yang dilaksanakan pada tanggal 13 Agustus 2024.

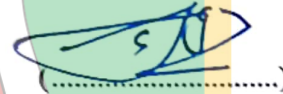
Jakarta, 22 Agustus 2024.

Menyetujui,

Penguji I

Nama : Ir. Sungkono, M.T.

NID : 040005087

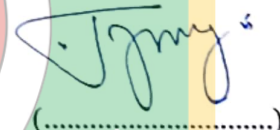


(.....)

Penguji II

Nama : Agung Iswadi, S.Si., M.Sc, Ph.D.

NID : 0102130822



(.....)

Penguji III

Nama : Cahyono Heri Prasetyo, S.T., M.T.

NID : 0317117205



(.....)

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI
STUDI KARAKTERISTIK MEKANIK PADUAN ZIRCONIUM
TERKOROSI NAOH PADA SUHU TINGGI

OLEH

NAMA : MUHAMAD FARHAN AGUSTIAN
NPM : 207001516035
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 : 13 Agustus 2024

Jakarta, 27 Agustus 2024

Mengesahkan,

Kepala Program Studi Teknik Mesin



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

NID. 040022024

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : MUHAMAD FARHAN AGUSTIAN

NPM : 207001516035

PROGRAM STUDI : S-1 TEKNIK MESIN

PEMINATAN : INDUSTRI MANUFAKTUR

Dengan ini penulis menyatakan Skripsi ini tidak terdapat judul karya yang pernah diajukan dengan judul "**Studi Karakteristik Mekanik Paduan Zirconium Terkorosi NaOH Pada Suhu Tinggi**" 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, 27 Agustus 2024

Penulis,



Muhamad Farhan Agustian

NPM. 207001516035

UNIVERSITAS NA

STUDI KARAKTERISTIK MEKANIK PADUAN ZIRCONIUM TERKOROSI NAOH PADA SUHU TINGGI

ABSTRAK

Korosi pada material zirconium dalam lingkungan yang bersifat korosif, seperti larutan NaOH pada suhu tinggi, dapat menyebabkan degradasi signifikan pada sifat mekanik material tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh temperatur larutan NaOH pada korosi zirconium terhadap sifat mekaniknya. Metode penelitian yang digunakan meliputi persiapan sampel zirconium, paparan terhadap larutan NaOH pada berbagai suhu, serta pengujian mekanik berupa uji tarik dan uji kekerasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa korosi pada suhu tinggi, menyebabkan penurunan yang sangat signifikan pada kekuatan tarik dan kekerasan zirconium akibat terbentuknya pori-pori dan retakan pada material. Penurunan sifat mekanik ini disebabkan oleh kerusakan pada lapisan oksida yang terbentuk selama proses korosi, yang meningkatkan kerentanan material terhadap fraktur. Suhu tinggi dalam lingkungan NaOH mempercepat proses korosi yang menyebabkan penurunan signifikan pada sifat mekanik zirconium, terutama pada suhu 800 °C. Hasil ini menunjukkan bahwa pengendalian suhu dan lingkungan korosif sangat penting dalam aplikasi zirconium untuk memastikan integritas struktural material.

Kata Kunci: Zirconium, Korosi, NaOH, Sifat Mekanik, Suhu Tinggi.

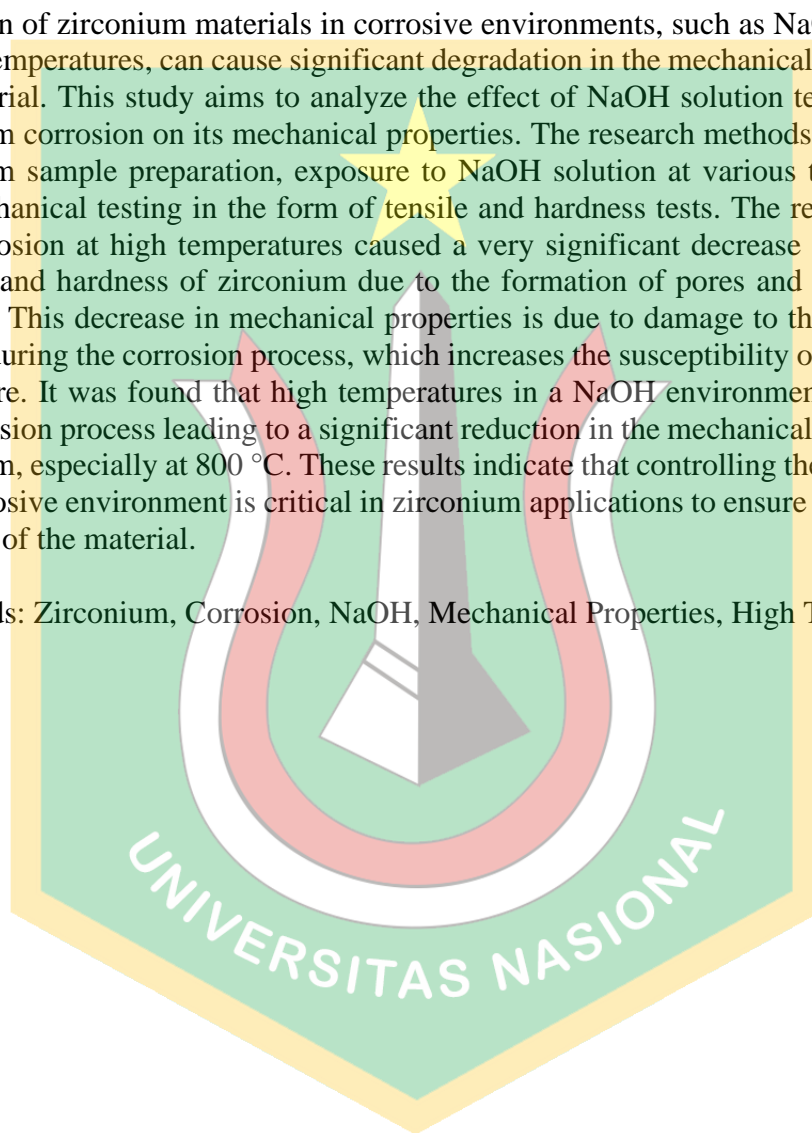


STUDY OF MECHANICAL CHARACTERISTICS OF NaOH CORRODED ZIRCONIUM ALLOYS AT HIGH TEMPERATURES

ABSTRACT

Corrosion of zirconium materials in corrosive environments, such as NaOH solutions at high temperatures, can cause significant degradation in the mechanical properties of the material. This study aims to analyze the effect of NaOH solution temperature in zirconium corrosion on its mechanical properties. The research methods used include zirconium sample preparation, exposure to NaOH solution at various temperatures, and mechanical testing in the form of tensile and hardness tests. The results showed that corrosion at high temperatures caused a very significant decrease in the tensile strength and hardness of zirconium due to the formation of pores and cracks in the material. This decrease in mechanical properties is due to damage to the oxide layer formed during the corrosion process, which increases the susceptibility of the material to fracture. It was found that high temperatures in a NaOH environment accelerated the corrosion process leading to a significant reduction in the mechanical properties of zirconium, especially at 800 °C. These results indicate that controlling the temperature and corrosive environment is critical in zirconium applications to ensure the structural integrity of the material.

Keywords: Zirconium, Corrosion, NaOH, Mechanical Properties, High Temperature.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat-Nya yang begitu besar penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "*Studi Karakteristik Mekanik Paduan Zirconium Terkorosi NaOH Pada Suhu Tinggi*". Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional, Jakarta. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Ruliyanto, S.T., M.T., Ph.D, sebagai Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional.
2. Bapak Fahamsyah, S.T., M.Si., Ph.D, sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional.
3. Bapak Agung Iswadi, S.Si., M.Sc., Ph.D, sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional.
4. Bapak Fahamsyah, S.T., M.Si., Ph.D, sebagai pembimbing utama yang telah membimbing dan mengarahkan pelaksanaan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Agus Sukarto Wismogroho, M.Eng., sebagai pembimbing pendamping yang selalu menyediakan waktu dan pemikiran untuk membantu penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh rekan kelompok penelitian Pusat Riset Material Maju, yang selalu membantu penulis dalam menyelesaikan penelitiannya selama di BRIN.

Semoga Allah SWT berkenan membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 27 Agustus 2024



Muhamad Farhan Agustian

NPM. 207001516035

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERBAIKAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	iv
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	2
1.5. Kebaruan Penelitian.....	3
1.6. Batasan Masalah.....	4
1.7. Sistematika Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Zirconium Dan Paduannya.....	6
2.1.1. Zirconium-Niobium (Zr-Nb).....	6
2.1.2. Zirconium-Hafnium (Zr-Hf).....	7
2.1.3. Zirconium-Titanium (Zr-Ti).....	7
2.1.4. Zirconium Vanadium (Zr-V).....	8
2.2 Korosi.....	9
2.2.1. Korosi Pada Suhu Ruang.....	10
2.2.2. Korosi Pada Suhu Tinggi.....	11

2.3. Pengaruh Lingkungan NaOH Pada Korosi Suhu Tinggi.....	12
2.3.1. Mekanisme Korosi Dalam Lingkungan NaOH Pada Suhu Tinggi....	12
2.4. Karakteristik Mekanik Pada Zirconium.....	13
2.5. Aplikasi Paduan Zirconium	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	18
3.2. Bahan dan Alat	19
3.2.1. Bahan Penelitian	19
3.2.2. Komposisi Zirconium XRF.....	19
3.2.3. Plat Zirconium	21
3.2.4. Natrium Hidroksida (NaOH).....	21
3.2.5. Alat Penelitian.....	22
3.3. Diagram Alir Penelitian.....	24
3.4. Pembuatan Sampel.....	25
3.4.1. Preparasi Plat Zirconium.....	25
3.4.2. Proses Pemotongan Plat Zirconium	25
3.4.3. Proses Poles	25
3.5. Pengujian Korosi	25
3.6. Pemotongan Sampel ASTM E8YR	26
3.7. Karakterisasi Sampel	29
3.7.1. Pengujian Tarik.....	29
3.7.2. Pengujian Kekerasan.....	30
3.7.3. Scanning Electron Microscope (SEM)	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1. Penampakan Visual	32
4.1.1. Zirconium Setelah Dipotong Dan Dipoles.....	32
4.1.2. Zirconium Setelah Dikorosi.....	32
4.2. Data Hasil Percobaan Uji Tarik	37
4.2.1. Hasil Zr Tebal	38
4.2.2. Hasil Zr Tipis	42
4.3. Data Hasil Uji Kekerasan Vickers	46
4.3.1. Hasil Kekerasan Zr Tebal	47

4.3.2. Hasil Kekerasan Zr Tipis	55
4.4. Analisis Struktur Mikro SEM-EDS	63
4.4.1. Analisis SEM-EDS Zr Tebal	63
4.4.2. Analisis SEM-EDS Zr Tipis	66
4.5. Permukaan Patahan Sampel	69
4.5.1. Zr Tebal	69
4.5.2. Zr Tipis	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	80
5.1. Kesimpulan	80
5.2. Saran	81
DAFTAR PUSTAKA	82



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat – Sifat Zirconium	9
Tabel 2. 2 Sifat-Sifat Sodium Hidroksida.....	13
Tabel 3. 1 Bahan Penelitian	19
Tabel 3. 2 Komposisi XRF Zirconium Tebal	19
Tabel 3. 3 Komposisi XRF Zirconium Tipis	20
Tabel 3. 4 Alat Penelitian	22
Tabel 4. 1 Data Hasil Percobaan Uji Tarik.....	37
Tabel 4. 2 Hasil Uji Kekerasan (Hardness Vickers).....	46



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Paduan Logam Zirconium.....	8
Gambar 2. 2	Zirconium Setelah Di Korosi	10
Gambar 2. 3	Zirconium Dalam Lingkungan NaOH	13
Gambar 3. 1	Gapura Gedung Pusat Penelitian Fisika.....	18
Gambar 3. 2	Plat Zirconium Sebelum Di Potong	21
Gambar 3. 3	Natrium Hidroksida Murni.....	22
Gambar 3. 4	Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3. 5	Pengujian Korosi Pada Alat Tungku Pemanas.....	26
Gambar 3. 6	Dimensi Asli Ukuran ASTM E8YR	27
Gambar 3. 7	Sampel Zirconium Yang Sedang Di Potong	28
Gambar 3. 8	Zirconium Setelah Di Potong EDM.....	28
Gambar 3. 9	Evolusi Sampel Pada Uji Tarik	29
Gambar 3. 10	Alat Uji Kekerasan (Hardness Vickers)	30
Gambar 3. 11	Alat Pengujian SEM.....	31
Gambar 4. 1	Zr Sebelum Dan Setelah Dipoles	32
Gambar 4. 2	Zr Setelah Dikeluarkan Pada Tungku Pemanas	33
Gambar 4. 3	Zr Setelah Dikorosi Pada Suhu 250 °C	34
Gambar 4. 4	Zr Setelah Dikorosi Pada Suhu 400 °C	35
Gambar 4. 5	Zr Setelah Dikorosi Pada Suhu 600 °C	36
Gambar 4. 6	Zr Setelah Dikorosi Pada Suhu 800 °C	37
Gambar 4. 7	Grafik UTS Terhadap Suhu Pada Zr Tebal	39
Gambar 4. 8	Grafik Modulus Elastisitas Terhadap Suhu Pada Zr Tebal	40
Gambar 4. 9	Grafik Yield Strength Terhadap Suhu Pada Zr Tebal	41
Gambar 4. 10	Grafik Total Elongation Terhadap Suhu Pada Zr Tebal	42
Gambar 4. 11	Grafik UTS Terhadap Suhu Pada Zr Tipis.....	43
Gambar 4. 12	Grafik Modulus Elastisitas Terhadap Suhu Pada Zr Tipis.....	44
Gambar 4. 13	Grafik Yield Strength Terhadap Suhu Pada Zr Tipis.....	45
Gambar 4. 14	Grafik Total Elongation Terhadap Suhu Pada Zr Tipis	46
Gambar 4. 15	Hasil Indentasi Zr Tebal Tanpa Korosi: (a) 20 µm, (b) 50 µm, Dan (c) 100 µm Dari Permukaan Sampel.....	48
Gambar 4. 16	Grafik HV Zr Tebal Tanpa Korosi.....	49

Gambar 4. 17 Hasil Indentasi Zr Tebal 250 °C: (a) 20 μm, (b) 50 μm, Dan (c) 100 μm Dari Permukaan Sampel.	50
Gambar 4. 18 Grafik HV Zr Tebal 250 °C	51
Gambar 4. 19 Hasil Indentasi Zr Tebal 600 °C: (a) 20 μm, (b) 50 μm, Dan (c) 100 μm Dari Permukaan Sampel.	52
Gambar 4. 20 Grafik HV Zr Tebal 600 °C	53
Gambar 4. 21 Hasil Indentasi Zr Tebal 800 °C: (a) 20 μm, (b) 50 μm, Dan (c) 100 μm Dari Permukaan Sampel.	54
Gambar 4. 22 Grafik HV Zr Tebal 800 °C.....	55
Gambar 4. 23 Hasil Indentasi Zr Tebal Tanpa Korosi C: (a) 20 μm, (b) 50 μm, Dan (c) 100 μm Dari Permukaan Sampel.	56
Gambar 4. 24 Grafik HV Zr Tipis Tanpa Korosi	57
Gambar 4. 25 Hasil Indentasi Zr Tebal 250 °C: (a) 20 μm, (b) 50 μm, Dan (c) 100 μm Dari Permukaan Sampel.	58
Gambar 4. 26 Grafik HV Zr Tipis 250 °C	59
Gambar 4. 27 Hasil Indentasi Zr Tebal 600 °C: (a) 20 μm, (b) 50 μm, Dan (c) 100 μm Dari Permukaan Sampel.	60
Gambar 4. 28 Grafik HV Zr Tipis 600 °C	61
Gambar 4. 29 Hasil Indentasi Zr Tebal 800 °C: (a) 20 μm, (b) 50 μm, Dan (c) 100 μm Dari Permukaan Sampel.	62
Gambar 4. 30 Grafik HV Zr Tipis 800 °C	63
Gambar 4. 31 Struktur Mikro SEM-EDS Zr Suhu Tebal 250 °C	64
Gambar 4. 32 Struktur Mikro SEM-EDS Zr Suhu Tebal 600 °C	65
Gambar 4. 33 Struktur Mikro SEM-EDS Zr Suhu Tebal 800 °C	66
Gambar 4. 34 Struktur Mikro SEM-EDS Zr Suhu Tipis 250 °C	67
Gambar 4. 35 Struktur Mikro SEM-EDS Zr Suhu Tipis 600 °C	68
Gambar 4. 36 Struktur Mikro SEM-EDS Zr Suhu Tipis 800 °C	69
Gambar 4. 37 Permukaan Patahan Zr Tebal Tanpa Korosi Setelah Uji Tarik.....	70
Gambar 4. 38 Permukaan Patahan Zr Tebal Suhu 250 °C Setelah Uji Tarik	71
Gambar 4. 39 Permukaan Patahan Zr Tebal Suhu 400 °C Setelah Uji Tarik	72
Gambar 4. 40 Permukaan Patahan Zr Tebal Suhu 600 °C Setelah Uji Tarik	73
Gambar 4. 41 Permukaan Patahan Zr Tebal Suhu 800 °C Setelah Uji Tarik	68

Gambar 4. 42 Permukaan Patahan Zr Tipis Tanpa Korosi Setelah Uji Tarik.....75
Gambar 4. 43 Permukaan Patahan Zr Tipis Suhu 250 °C Setelah Uji Tarik76
Gambar 4. 44 Permukaan Patahan Zr Tipis Suhu 400 °C Setelah Uji Tarik77
Gambar 4. 45 Permukaan Patahan Zr Tipis Suhu 600 °C Setelah Uji Tarik78
Gambar 4. 46 Permukaan Patahan Zr Tipis Suhu 800 °C Setelah Uji Tarik69



DAFTAR SINGKATAN

NaOH	: Natrium Hidroksida
BRIN	: Badan Riset Dan Inovasi Nasional
PUSPIPTEK	: Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan Pengembangan Teknologi
XRF	: X-Ray Fluorescence
Nb	: Nobium
Ni	: Nikel
Mo	: Molibdenum
Fe	: Besi
O	: Oksigen
Zr	: Zirconium
Ti	: Titanium
Hf	: Hafnium
EDM	: Electric Discharge Machine
ASTM	: American Society for Testing and Materials
SEM	: Scanning Electron Microscope
OM	: Optical Microscope
HV	: Hardness Vickers
LWR	: Light Water Reactor
PWR	: Pressure Coolant Water
BWR	: Boiling Water Reactor

