

**SINTESIS *ZIRCONIA TOUGHENED NANO ALUMINA*
DENGAN YTTRIA SEBAGAI PENSTABIL ZIRCONIA**

TUGAS AKHIR

**DEBRA AVIOLITA PUTRI DARMAWAN
123.14.028**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material



**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
AGUSTUS 2018**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : DEBRA AVIOLITA P. D.

NIM : 123.14.028

Tanda Tangan :

Tanggal :

**SINTESIS ZIRCONIA TOUGHENED NANO ALUMINA
DENGAN YTTRIA SEBAGAI PENSTABIL ZIRCONIA**

TUGAS AKHIR

**DEBRA AVIOLITA PUTRI DARMAWAN
123.14.028**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Institut Teknologi dan Sains
Bandung

Menyetujui,

Kota Deltamas, Agustus 2018

Pembimbing 1



Prof. Ir. Syoni Soepriyanto, M.Sc., Ph.D.
NIP 195203181976031001

Pembimbing 2



Dr. Budi L. Hakim, M.T

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Metalurgi dan Material
Institut Teknologi dan Sains Bandung



Dr. Eng. Akhmad Ardian Korda, S.T., M.T.
NIP 19741204200801101

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas segala rahmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Eng. Akhmad Ardian Korda, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Metalurgi dan Material yang telah memberikan izin penggunaan fasilitas penelitian di Program Studi Teknik Metalurgi.
2. Prof. Ir. Syoni Soepriyanto, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan ilmu, arahan, bimbingan yang sangat bermanfaat, dan telah memberikan banyak bantuan kepada penulis.
3. Dr. Budi L. Hakim selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing dan membantu penulis.
4. Kedua orang tua yang telah memberi dukungan dan motivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir.
5. Seluruh staf pengajar prodi Teknik Metalurgi dan Material.
6. Bapak Fajar selaku teknisi Laboratorium Sistem Oksida Padat Institut Teknologi Bandung.
7. Bapak Ir. Achmad Sjaifudin Tayibnapsis, S.T., M. Eng. yang telah membantu pengujian penelitian ini.
8. Dr. Aditianto Ramelan, selaku Kepala Laboratorium Metalurgi dan Teknik Material ITB yang memberikan izin penggunaan alat-alat di laboratorium.
9. Bapak Agus Hermawan selaku Kepala Pemasaran Balai Besar Logam dan Mesin dan Bapak Supriadi selaku teknisi Kepala Pemasaran Balai Besar Logam dan Mesin yang telah membantu pengujian.
10. Kartika Meisalina dan Hanifan Arisyi yang telah menemani perjalanan kuliah penulis selama empat tahun dalam suka dan duka.

11. Thea Gita Permata dan Pradipta yang sangat lucu dan sering membuat tertawa.
12. Teman-teman Metalurgi dan Material 2014 lainnya yang telah memberikan banyak dukungan selama penyelesaian Tugas Akhir.
13. Julian Dimas Satria yang telah banyak membantu dan menemani penulis dalam menjalani kuliah dan menyelesaikan Tugas Akhir.
14. Clarissa Christio yang telah menemani susah senangnya membuat penelitian ini di Lab. Sistem Oksida Padat Institut Teknologi Bandung.
15. Pihak-pihak lain yang mendukung penulis selama studi dan penyelesaian Tugas Akhir.

Akhir kata penulis berharap segala kebaikan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis dalam rangka penyusunan laporan tugas akhir ini mendapatkan balasan dari Allah berlipat ganda. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat.

Bandung, Agustus 2018

Penulis,
Debra Aviolita Putri Darmawan

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Institut Teknologi dan Sains Bandung, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Debra Aviolita Putri Darmawan
NIM : 123.14.028
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik dan Desain
Jenis karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi dan Sains Bandung **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“*Sintesis Zirconia Toughened Nano Alumina dengan Ytria sebagai Penstabil Zirconia*”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Institut Teknologi dan Sains Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Kota Deltamas
Pada tanggal : 19 Agustus 2018
Yang menyatakan

(Debra Aviolita Putri Darmawan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORISINALITAS	vii
LEMBAR PENGESAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	xi
RINGKASAN	vii
ABSTRACT.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.4 Metodologi Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.5 Sistematika Penulisan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Klasifikasi Alumina.....	Error! Bookmark not defined.
2.2 Karakteristik Zirconia	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Transformasi Fasa Zirconia.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Sistem Zirconia-Yttria.....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Mekanisme Toughening <i>Zirconia Toughened Alumina (ZTA)</i> ..	Error!
Bookmark not defined.	
2.3.1 <i>Stress Induced Microcrack Toughening</i>	Error! Bookmark not defined.
defined.	
2.3.2 <i>Stress induced Transformation Toughening</i>	Error! Bookmark not defined.
not defined.	
2.3.3 3YSZ Sebagai <i>Toughening Agent</i> Pada ZTA....	Error! Bookmark not defined.
not defined.	
2.4 Analisis <i>Sintering</i>	Error! Bookmark not defined.
2.4.1 Model Pertumbuhan Leher.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.2 Model Penyusutan Linear dan Densifikasi	Error! Bookmark not defined.
defined.	
2.4.3 <i>Sintering</i> pada Alumina.....	Error! Bookmark not defined.
2.5 Ketangguhan Retak Keramik ZTA	Error! Bookmark not defined.
2.5.1 Retak Indentasi Vickers	Error! Bookmark not defined.
2.5.2 Penentuan Ketangguhan Retak dengan Metode Indentasi	Error!
Bookmark not defined.	

2.6 Aplikasi dan Perkembangan Penelitian ZTA	Error! Bookmark not defined.
2.6.1 ZTA untuk <i>Bioceramic</i>	Error! Bookmark not defined.
2.6.2 ZTA untuk <i>Implant</i> dan <i>Dental</i>	Error! Bookmark not defined.
2.6.3 Perkembangan Penelitian ZTA	Error! Bookmark not defined.

BAB 3 PROSEDUR DAN HASIL PERCOBAAN Error! Bookmark not defined.

3.1 Prosedur Percobaan	Error! Bookmark not defined.
3.1.1 Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.1.2 Prosedur Percobaan Pembuatan Sampel	Error! Bookmark not defined.
3.1.3 Prosedur Pengujian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2 Hasil Percobaan.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.1 Penentuan Mekanisme <i>Sintering</i> ..	Error! Bookmark not defined.
3.2.2 Hasil Pengukuran Densifikasi	Error! Bookmark not defined.
3.2.3 Hasil Uji Kekerasan Vickers	Error! Bookmark not defined.
3.2.4 Hasil Uji Ketangguhan Retak.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.5 Hasil Pengujian XRD.....	Error! Bookmark not defined.

BAB 4 PEMBAHASAN Error! Bookmark not defined.

4.1 Analisis Pengamatan Visual Sampel ZTA	Error! Bookmark not defined.
4.2 Analisis Karakteristik Hasil <i>Sintering</i> ..	Error! Bookmark not defined.
4.2.1 Peningkatan Densifikasi Hasil <i>Sintering</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 Analisis Penyusutan Linear.....	Error! Bookmark not defined.
4.3 Peningkatan dan Penurunan Kekerasan Keramik ZTA.....	Error! Bookmark not defined.
4.3.1 Pengaruh Jumlah <i>Toughening Agent</i> 3YSZ	Error! Bookmark not defined.
4.3.2 Pengaruh Waktu <i>Sintering</i>	Error! Bookmark not defined.
4.4 Peningkatan dan Penurunan Ketangguhan Retak Keramik ZTA	Error! Bookmark not defined.
4.4.1 Pengaruh Jumlah 3YSZ.....	Error! Bookmark not defined.
4.4.2 Pengaruh Waktu <i>Sintering</i>	Error! Bookmark not defined.
4.5 Perbandingan <i>Trend</i> Kekerasan dan Ketangguhan Retak ZTA ..	Error! Bookmark not defined.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN Error! Bookmark not defined.

5.1 Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR PUSTAKA48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter kisi dan densitas Zirconia dalam berbagai fasa	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 2.2 Karakteristik Umum ZTA Tingkat Komersial.....	12
Tabel 2.3 Persamaan mekanisme pertumbuhan leher.....	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 2.4 Persamaan Mekanisme Penyusutan Linear.....	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 3.1 Komposisi Campuran Serbuk Oksida per Sampel.....	28
Tabel 3.2 Program <i>Sinter</i>	29
Tabel 3.3 Variasi Penambahan 3YSZ dan Waktu <i>Sinter</i>	29
Tabel 3.4 Nilai n dari Penyusutan Linear.....	32
Tabel 3.5 Data Densifikasi Sampel.....	32
Tabel 3.6 Data Nilai Kekerasan Vickers Sampel.....	33
Tabel 3.7 Data Nilai Ketangguhan Retak Sampel	34
Tabel A.1 Alat Percobaan dan Spesifikasinya	L-1
Tabel A.2 Alat Percobaan dan Spesifikasinya	L-2
Tabel B.1 Ar Bahan.....	L-3
Tabel B.2 Mr Bahan.....	L-3
Tabel B.3 Komposisi Sampel ZTA Al_2O_3 -0mol% 3YSZ.....	L-4
Tabel B.4 Komposisi Sampel ZTA Al_2O_3 -5mol% 3YSZ.....	L-4
Tabel B.5 Komposisi Sampel ZTA Al_2O_3 -10mol% 3YSZ.....	L-4
Tabel B.6 Komposisi Sampel ZTA Al_2O_3 -15mol% 3YSZ.....	L-4
Tabel D.1 Perubahan Diameter Sampel dan Penyusutan Linear Diameter	L-7
Tabel D.2 Perubahan Tebal Sampel dan Penyusutan Linear Tebal	L-8
Tabel D.3 Perubahan Volume Sampel dan Penyusutan Linear Volume	L-9
Tabel D.4 Perubahan Massa Sampel dan Penyusutan Linear Massa.....	L-10
Tabel D.5 Perhitungan Densifikasi Sampel	L-11
Tabel D.6 Hasil Uji Kekerasan Vickers.....	L-12
Tabel D.7 Hasil Uji Ketangguhan Retak.....	L-13

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.1 Skema transformasi $Al(OH)_3 - Al_2O_3$ berdasarkan temperatur.....	7
Gambar 2.2 Skema unit sel Zirconia dalam beberapa macam fasa, yakni a) fasa monoklin, b) fasa tetragonal, dan c) fasa kubik. Warna abu-abu menunjukkan atom Zirkonium dan merah menunjukkan atom oksigen.	10
Gambar 2.3 Grafik perubahan volume unit sel terhadap perubahan temperatur Zirconia.....	11
Gambar 2.4 Diagram fasa $ZrO_2 - Y_2O_3$	12
Gambar 2.5 Skematik mekanisme <i>transformation toughening</i>	14
Gambar 2.6 Perubahan geometri partikel sintering : (a) butiran awal sebelum disintering, (b) tahap awal sintering, (c) tahap antara sintering, (d) tahap akhir sintering, (e) bentuk akhir, tetrakaidekahedron, dari butiran dimana proses sintering telah selesai	16
Gambar 2.7 Aliran perpindahan massa pada berbagai macam mekanisme	17
Gambar 2.8 Gambar perbandingan retak (a) Palmqvist dan (b) Median	21
Gambar 2.9 Pendekatan dua titik pusat bola akibat mekanisme densifikasi.....	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Percobaan Keramik ZTA.....	27
Gambar 3.2 Program <i>Sinter</i>	29
Gambar 4.1 Grafik Densifikasi vs 3YSZ	37
Gambar 4.2 Grafik Densifikasi vs Waktu <i>Sintering</i>	37
Gambar 4.3 Grafik antara Log Penyusutan terhadap Log Waktu <i>Sintering</i> ZTA	39
Gambar 4.4 Grafik Kekerasan vs mol% 3YSZ.....	40
Gambar 4.5 Grafik Kekerasan vs Waktu <i>Sintering</i>	41
Gambar 4.6 Grafik K_{IC} vs mol% 3YSZ.....	42
Gambar 4.7 Grafik K_{IC} vs Waktu <i>Sintering</i>	44
Gambar 4.8 Pengaruh Komposisi 3YSZ terhadap K_{IC} ZTA	45
Gambar D.1 Contoh Pengukuran Retak untuk Penentuak K_{IC}	L-14
Gambar E.1 Foto Hasil Uji K_{IC} Sampel Waktu <i>Sintering</i> 2 jam	L-15
Gambar E.2 Foto Hasil Uji K_{IC} Sampel Waktu <i>Sintering</i> 3 jam	L-16
Gambar E.3 Foto Hasil Uji K_{IC} Sampel Waktu <i>Sintering</i> 4 jam	L-17
Gambar F.1 Hasil Uji XRD Nano Alumina <i>Powder</i> PT Anhui Elite Indus	L-19
Gambar F.1 Hasil Uji XRD Sampel ZTA	L-19
Gambar G.1 Nano Alumina <i>Powder</i>	L-20
Gambar G.2 Zirconia <i>Powder</i>	L-20
Gambar G.3 Ytria <i>Powder</i>	L-20
Gambar G.4 Polivinil Alkohol	L-20
Gambar G.5 Alkohol	L-20
Gambar G.6 <i>High Temperatur Tube Furnace</i>	L-20
Gambar G.7 Alat Kompaksi Hidrolik	L-20
Gambar G.8 Alat Neraca <i>Digital</i>	L-20

Gambar G.9 <i>Dies</i> Diameter 8,2mm.....	L-21
Gambar G.10 Alat <i>Heater</i>	L-21
Gambar G.11 Mesin Amplas dan Poles	L-21
Gambar G.12 Alat <i>Micro Vickers</i>	L-21
Gambar G.13 Alat <i>High Load Vickers</i>	L-21
Gambar G.14 Proses <i>Dry Mixing</i>	L-21
Gambar G.15 Proses <i>Wet Mixng</i>	L-21
Gambar G.16 Foto Seluruh Sampel	L-21
Gambar G.17 Sampel Sebelum Di- <i>sinter</i>	L-21
Gambar G.18 Sampel Sesudah Di- <i>sinter</i>	L-21
Gambar G.19 Mikropori ditunjukkan oleh Lingkaran Merah.....	L-21

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Alat dan Bahan Percobaan.....	L-1
LAMPIRAN B	Perhitungan Komposisi dan Densitas Teoritis Sampel.....	L-3
LAMPIRAN C	Penurunan Persamaan Mekanisme Penyusutan Linear	L-6
LAMPIRAN D	Hasil Percobaan	L-7
LAMPIRAN E	Hasil Pengujian Ketangguhan Retak	L-15
LAMPIRAN F	Hasil Analisis XRD	L-19
LAMPIRAN G	Foto Percobaan	L-20

DAFTAR NOTASI

Singkatan dan Lambang	Nama	Halaman Pemakaian Petama
ZTA	<i>Zirconia Toughened Alumina</i>	1
α	Alpha	2
3YSZ	Zirconia yang distabilkan 3 mol% Ytria	2
ψ	Persen densifikasi	4
ρ_s	Densitas setelah <i>sintering</i>	4
ρ_g	Densitas <i>green compact</i>	4
ρ_t	Densitas teoritis	4
H_V	Kekerasan Vickers (HVN)	4
P	Pembebanan	4
d	diagonal hasil indentasi	4
$\frac{\Delta L}{L_0}$	Penyusutan Llinear	4
$Z(T)$	Konstanta material	4
t	Waktu <i>sintering</i>	4
A	Jari-Jari butiran awal	4
K_{IC}	Ketangguhan retak ($\text{Mpa}\cdot\text{m}^{1/2}$)	4
E	Modulus Young (MPa)	4
a	Radius indentor tertanam (m)	4
c	Jarak dari tengah inden sampai ujung retak	4
l	panjang retak rata-rata dari sudut inden (m)	4
ϕ	Faktor konstrain	4
H	Nilai kekerasan	4
a	Panjang parameter kisi	17
D_b	Koefisien difusi batas butiran	17
D_s	Koefisien difusi permukaan	17
D_v	Koefisien difusi kisi	17
k	Konstanta Boltzman	17
m	Berat atom/molekul	17
P_o	Tekanan uap	17
R	Tetapan gas ideal	17
T	Temperatur absolut	17
δ_b	Tebal lapisan batas butiran efektif	17
γ	Energi permukaan persatuan luas	17
α	Parameter kisi	17
AZYXX	AZ melambangkan Alumina-Zirconia Y melambangkan waktu <i>sintering</i> XX melambangkan mol% 3YSZ contoh : AZ205 adalah sampel ZTA Alumina-Zirconia dengan waktu <i>sintering</i> 2 jam dan 5mol% 3YSZ	27