UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PENGARUH THERMAL SHOCK TERHADAP THERMAL CONDUCTIVITY PADA KERAMIK ZIRCONIA**
Dhananjaya Yama Hudha Kumarajati, Ir. Muhammad Waziz Wildan M.Sc., Ph.D., IPU
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

# DAFTAR ISI

**HALAMAN JUDUL** ..... i
**HALAMAN PENGESAHAN** ..... ii
**HALAMAN PERNYATAAN** ..... iii
**NASKAH SOAL TUGAS AKHIR** ..... iv
**HALAMAN PERSEMBAHAN** ..... v
**KATA PENGANTAR** ..... vi
**DAFTAR ISI** ..... viii
**DAFTAR GAMBAR** ..... x
**DAFTAR TABEL** ..... xii
**DAFTAR LAMPIRAN** ..... xiii
**DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN** ..... xiv
**INTISARI** ..... xvi

**BAB I. PENDAHULUAN**
1.1. Latar Belakang ..... 1
1.2. Rumusan Masalah ..... 2
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah ..... 2
1.4. Tujuan Penelitian ..... 3
1.5. Manfaat Penelitian ..... 3

**BAB II. TINJAUAN PUSTAKA** ..... 4

**BAB III. LANDASAN TEORI**
3.1. Keramik ..... 6
3.2. TZP (*Tetragonal Zirconia Polycrystals)* ..... 9
3.3. *Refractory* ..... 12
3.3.1. Sifat-sifat *Refractory* ..... 13
3.3.2. Jenis-jenis *Refractory* ..... 16

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PENGARUH THERMAL SHOCK TERHADAP THERMAL CONDUCTIVITY PADA KERAMIK ZIRCONIA**
Dhananjaya Yama Hudha Kumarajati, Ir. Muhammad Waziz Wildan M.Sc., Ph.D., IPU
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

3.3.3. *Refractory Zirconia* ..... 16
3.4. *Sintering*..... 17
3.5. *Thermal Shock* ..... 18
3.6. Konduktivitas Termal ..... 20

**BAB IV. METODOLOGI PENELITIAN**
4.1. Bahan Penelitian ..... 23
4.2. Alat Penelitian ..... 23
4.3. Jalan Penelitian ..... 24
4.4. Proses Pembuatan Spesimen ..... 27
4.5. Pengujian ..... 27
4.5.1. Pengujian Densitas ..... 27
4.5.2. Pengujian Konduktivitas Termal ..... 29
4.5.3. Pengujian *NDT –Dye Penetran* ..... 30

**BAB V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**
5.1. Hasil Pengukuran Spesimen Silindris Ø15mm ..... 32
5.2. Hasil Uji Densitas ..... 34
5.5. Hasil Uji Konduktivitas Termal ..... 38
5.3. Hasil Foto SEM Keramik 3Y-TZP..... 45
5.4. Hasil Uji NDT ..... 46

**BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN**
6.1. Kesimpulan ..... 48
6.2. Saran ..... 49

**DAFTAR PUSTAKA** ..... 50
**LAMPIRAN** ..... 52

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PENGARUH THERMAL SHOCK TERHADAP THERMAL CONDUCTIVITY PADA KERAMIK ZIRCONIA**
Dhananjaya Yama Hudha Kumarajati, Ir. Muhammad Waziz Wildan M.Sc., Ph.D., IPU
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Perambatan retak dalam butir zirconia-t menimbulkan transformasi *zirconia*-t menjadi *zirconia*-m (Smallman dan Bishop, 1999) ..... 10

Gambar 3.2. Skema diagram fase sistem $ZrO_2$ – $Y_2O_3$: semua fasa yang tercantum merupakan larutan padat. TZP = *Tetragonal Zirconia Polycrystals*, PSZ = *Partially-Stabilized Zirconia*, CSZ = *Cubic-Stabilized Zirconia* (Smallman dan Bishop, 1999)……..... 11

Gambar 3.3. Foto mikroskop elektron *Tetragonal Zirconia Polycrystal* yang distabilkan dengan 3% mol yttria. (Smallman dan Bishop, 1999)..... 11

Gambar 3.4a. Lining *Refractory* tungku busur/arc (UNEP, 2006) ..... 13

Gambar 3.4b. Dinding bagian dalam *refractory* dengan blok burner (UNEP, 2006) ..... 13

Gambar 3.5. Tipikal komponen *refractory* (Dynamic Ceramic Ltd, 2008) ..... 13

Gambar 3.6. Kerucut *Pyrometric* (UNEP, 2006) ..... 15

Gambar 3.7. (a) Liquid-phase sintering, (b) Solid-state sintering (Barsoum, 1997)..... 18

Gambar 3.8. Ilustrasi *Thermal Shock* (Barsoum, 1997) ..... 19

Gambar 3.9. Skema Perpindahan Kalor Konduksi, garis merah menunjukan perubahan suhu yang terjadi ..... 22

Gambar 4.1. Diagram alir penelitian ..... 26

Gambar 4.2. Timbangan digital *Satorius tipe LC1201S*..... 29

Gambar 4.3. Skema alat uji konduktivitas termal ..... 30

Gambar 4.4. Ilustrasi pengujian NDT-Dye Penetran (Willcox-Downess, 2003) …….. 31

Gambar 5.1. Grafik pengaruh suhu sintering terhadap penyusutan volume yang terjadi ..... 34

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PENGARUH THERMAL SHOCK TERHADAP THERMAL CONDUCTIVITY PADA KERAMIK ZIRCONIA**
Dhananjaya Yama Hudha Kumarajati, Ir. Muhammad Waziz Wildan M.Sc., Ph.D., IPU
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

Gambar 5.2. Grafik pengaruh suhu sintering terhadap *bulk density* ..... 37
Gambar 5.3. Grafik pengaruh suhu sintering terhadap densitas relatif ... 37
Gambar 5.4. Grafik pengaruh suhu sintering terhadap porositas ..... 37
Gambar 5.5. Pengaruh *thermal shock* terhadap nilai konduktivitas termal ..... 43
Gambar 5.6. Hasil Uji Bending Pada 3Y-TZP setelah Quenching (Setyoko, 2010) ..... 44
Gambar 5.7. Hasil foto SEM keramik 3Y-TZP. yang disinter pada T=1450°C selam 2 jam dengan berbagai pembesaran ….. 45
Gambar 5.8. Foto *macro* hasil uji NDT, *Thermal shock* (ΔT = 0°C) ….. 46
Gambar 5.9. Foto *macro* hasil uji NDT, *Thermal shock* (ΔT = 100°C) .. 46
Gambar 5.10. Foto *macro* hasil uji NDT, *Thermal shock* (ΔT = 200°C) .. 46
Gambar 5.11. Foto *macro* hasil uji NDT, *Thermal shock* (ΔT = 250°C) .. 46
Gambar 5.12. Foto *macro* hasil uji NDT, *Thermal shock* (ΔT = 300°C) .. 47
Gambar 5.13. Foto *macro* hasil uji NDT, *Thermal shock* (ΔT = 400°C) .. 47

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PENGARUH THERMAL SHOCK TERHADAP THERMAL CONDUCTIVITY PADA KERAMIK ZIRCONIA**
Dhananjaya Yama Hudha Kumarajati, Ir. Muhammad Waziz Wildan M.Sc., Ph.D., IPU
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

# DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Modulus-Spesifik untuk berbagai material (Smallman dan Bishop, 1999) ..... 7
Tabel 3.2. Sifat dan Aplikasi dari *Advanced Ceramics,* (Barsoum, 1997)..... 8
Tabel 3.3. Klasifikasi Refraktori (Gilchrist,1977) ..... 16
Tabel 5.1. Data hasil pengukuran untuk spesimen Ø15 mm ..... 32
Tabel 5.2. Tabel hasil penghitungan besar penyusutan volume ..... 33
Tabel 5.3. Data hasil pengukuran berat di udara dan berat di dalam air raksa ..... 34
Tabel 5.4. Tabel hasil perhitungan densitas dengan variasi suhu sinter ..... 36
Tabel 5.5. Tabel hasil pengambilan data uji konduktivitas termal..... 38
Tabel 5.6. Hasil perhitungan konduktivitas termal, variasi suhu termal shock ..... 43

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

**PENGARUH THERMAL SHOCK TERHADAP THERMAL CONDUCTIVITY PADA KERAMIK ZIRCONIA**
Dhananjaya Yama Hudha Kumarajati, Ir. Muhammad Waziz Wildan M.Sc., Ph.D., IPU
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

# DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|---|---|---|
| Lampiran 1 | Data hasil pengukuran densitas ..... | 53 |
| Lampiran 2 | Data hasil pengujian konduktivitas termal ..... | 54 |
| Lampiran 3 | Dokumentasi Penelitian ..... | 66 |
| Lampiran 4 | Hasil Foto SEM ..... | 74 |

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PENGARUH THERMAL SHOCK TERHADAP THERMAL CONDUCTIVITY PADA KERAMIK ZIRCONIA**
Dhananjaya Yama Hudha Kumarajati, Ir. Muhammad Waziz Wildan M.Sc., Ph.D., IPU
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

# DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

3Y-TZP : *Tetragonal Zirconia Polycrystals Stabilized with 3% mol Yttria*

PFA : *Pore Forming Agent*

MoR : *Modulus of Rupture*

$\Delta T$ : Perubahan Suhu (°C)

$\sigma$ : Tegangan ($N/m^2$)

E : Modulus Elastisitas ($N/m^2$)

$\alpha$ : Koefisien muai panjang (/°C)

$\mu$ : Poisson's Ratio

S : Kekuatan Patah ($N/m^2$)

R : Koefisien tahanan retak kejut termal (°C)

$q$ : fluks energi panas (watt)

A : Luas Penampang ($m^2$)

k : Koefisien konduktivitas termal (W/m.°C)

$k_s$ : konstanta konduktivitas spesimen (W/m°C),

$k_{cu}$ : konstanta konduktivitas termal dari tembaga Tta dan Ttb (381,339 W/m°C) nilai konduktivitas tembaga pada suhu 70°C (perkiraan suhu akhir konstan), (Holman, 1995),

$T_h$ : posisi pengukuran suhu pada bagian kiri spesimen (°C),

$T_s$ : posisi pengukuran suhu pada bagian kanan spesimen (°C),

$T_{3a}$ : Suhu hasil perhitungan dari data T1 dan T2, yang menunjukan nilai suhu pada sisi kiri tembaga Tta. (°C),

$T_a$ : Suhu di dalam spesimen,

$T_s$ : Suhu permukaan spesimen,

$T_{4a}$ : Suhu hasil perhitungan dari data T5 dan T6, yang menunjukan nilai suhu pada sisi kanan tembaga Ttb. (°C),

A : Luas penampang tembaga ($9{,}3482 \times 10^{-4}$ m²),

$\Delta x_{cu}$ : Tebal tembaga Tta dan Ttb (0,011 m),

$\Delta x_s$ : Tebal Spesimen (Sp) (m),

$\rho_b$ : *Bulk density* ($gr/cm^3$)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

**PENGARUH THERMAL SHOCK TERHADAP THERMAL CONDUCTIVITY PADA KERAMIK ZIRCONIA**
Dhananjaya Yama Hudha Kumarajati, Ir. Muhammad Waziz Wildan M.Sc., Ph.D., IPU
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

| | |
|---|---|
| $W_u$ | : Berat benda uji di udara (gr) |
| $W_{fluida}$ | : Berat benda uji di dalam fluida (gr) |
| $\rho_{fluida}$ | : Densitas fluida (gr/cm$^3$) |
| $\rho_{rel}$ | : Densitas Relatif (gr/cm$^3$) |
| $\rho_t$ | : Densitas Teoritis (gr/cm$^3$) |
| Tta | : Tembaga tambahan berbentuk silinder dengan tebal 11mm, |
| Ttb | : Tembaga tambahan berbentuk silinder dengan tebal 11mm, |
| Sp | : Spesimen keramik yang akan diuji, |
| D | : Diameter Spesimen (mm) |
| L | : Panjang Spesimen (mm) |