

**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI KACA TZBN UNTUK
FIBER OPTIK BER-*NUMERICAL APERTURE* (NA) RENDAH**



Disusun oleh :

**KUSNANTO MUKTI W.
M0209031**

SKRIPSI

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
Juli, 2013**

commit to user

**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI KACA TZBN UNTUK
FIBER OPTIK BER-*NUMERICAL APERTURE* (NA) RENDAH**



Disusun oleh :

**KUSNANTO MUKTI W.
M0209031**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian
persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Sains Fisika**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
Juli, 2013**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul: **FABRIKASI DAN KARAKTERISASI KACA TZBN
UNTUK FIBER OPTIK BER-NUMERICAL APERTURE
(NA) RENDAH**

Yang ditulis oleh:

Nama : Kusnanto Mukti
NIM : M0209031

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada:

Hari : Selasa
Tanggal : 23 Juli 2013

Anggota Tim Penguji:

1. Ahmad Marzuki, S.Si., Ph.D.
NIP. 19680508 199702 1001
2. Drs. Hery Purwanto, M.Sc.
NIP. 19590518 198703 1002
3. Nuryani, S.Si, M.Si.
NIP. 19690303 200003 1001
4. Dr. Yofentina Iriani, S.Si., M.Si.
NIP. 19711227 199702 2001



Handwritten signatures of the examiners, corresponding to the list of names above. Each signature is written over a dotted line.

Disahkan oleh
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret Surakarta,

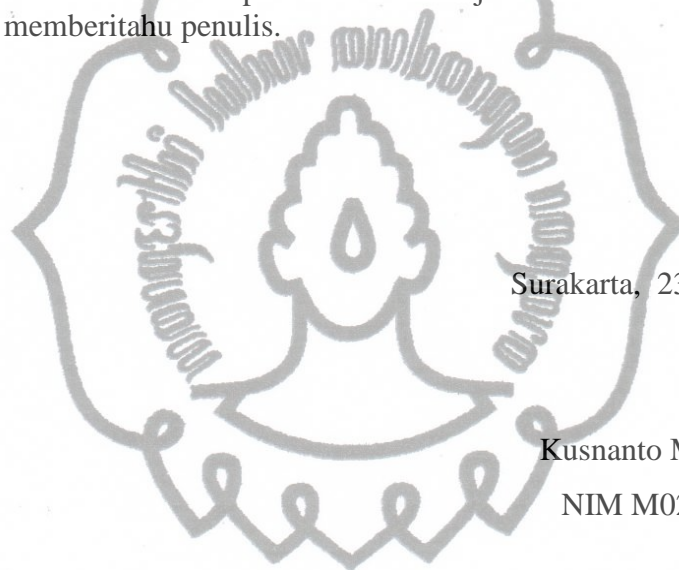


Official stamp of the Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Sebelas Maret Surakarta. The stamp is blue and contains the text: KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN, UNIVERSITAS SEBELAS MARET, FAKULTAS MIPA, JURUSAN FISIKA. Below the stamp is a handwritten signature and the text: Ahmad Marzuki, S.Si., Ph.D. NIP 19680508 199702 1001

commit to user

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “FABRIKASI DAN KARAKTERISASI KACA TZBN UNTUK FIBER OPTIK BER-NUMERICAL APERTURE (NA) RENDAH” adalah hasil kerja saya atas arahan pembimbing dan sepengetahuan saya hingga saat ini, isi skripsi tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya, jika ada maka telah dituliskan di daftar pustaka skripsi ini dan segala bentuk bantuan dari semua pihak telah ditulis di bagian ucapan terima kasih. Isi skripsi ini boleh dirujuk atau difotokopi secara bebas tanpa harus memberitahu penulis.



Surakarta, 23 Juni 2013

Kusnanto Mukti W.

NIM M0209031

MOTTO

*“Ilmu itu lebih baik daripada harta, ilmu akan menjagamu
sedangkan kamulah yang menjaga harta”*

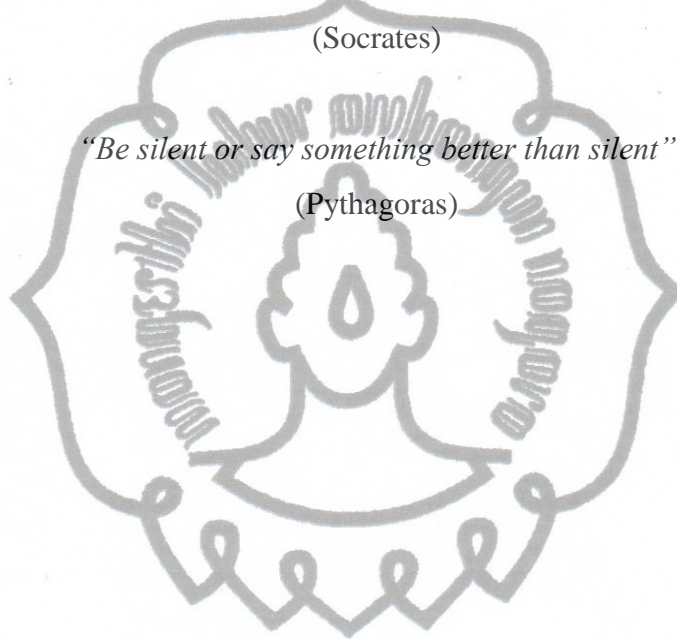
(Ali bin Abi Thalib)

“The only true wisdom is in knowing you know nothing”

(Socrates)

“Be silent or say something better than silent”

(Pythagoras)



PERSEMBAHAN

Dengan segenap penuh rasa syukur kepada Allah SWT

Karya dengan penuh perjuangan dan kesabaran

Kupersembahkan karya ini kepada :



FABRIKASI DAN KARAKTERISASI KACA TZBN UNTUK FIBER OPTIK BER-NUMERICAL APERTURE (NA) RENDAH

KUSNANTO MUKTI W.

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Sebelas Maret, Surakarta

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain kaca tellurite yang akan digunakan untuk fiber optik yang memiliki NA rendah ($<0,20$). Fiber optik dengan NA rendah dapat dimanfaatkan sebagai fiber sensor yang sensitif terhadap lekukan. Kaca tellurite yang digunakan adalah TZBN (Tellurium Zinc Bismuth Natrium oksida) dengan komposisi dalam mol%: $60\text{TeO}_2-(35-x)\text{ZnO}-2\text{Bi}_2\text{O}_3-\text{Na}_2\text{O}-x\text{PbO}$, $55\text{TeO}_2-(41-x)\text{ZnO}-2\text{Bi}_2\text{O}_3-2\text{Na}_2\text{O}-x\text{PbO}$, dan $57\text{TeO}_2-41\text{ZnO}-(2-y)\text{Bi}_2\text{O}_3-y\text{PbO}$ dengan $x = 0 \ \& \ 1$ dan $y = 0 \ \& \ 1$ secara berurutan. Fabrikasi kaca dilakukan dengan metode *melt-quenching*.

Karakterisasi yang dilakukan yaitu pengukuran densitas, indeks bias, dan transmisi. Pengukuran densitas dilakukan menggunakan piknometer, indeks bias dilakukan dengan metode sudut Brewster pada panjang gelombang 746 nm, pengukuran spektrum transmisi menggunakan UV-Vis spektrofotometer pada rentang 400–800 nm dan FTIR spektrofotometer pada rentang 2500–6500 nm. Penambahan PbO pada tiap komposisi mengakibatkan kenaikan indeks bias, penurunan energi *band gap* optis, pergeseran *range* transmisi ke arah panjang gelombang yang lebih panjang, serta kenaikan nilai *loss* pada kaca. Pasangan komposisi kaca baru K1-K6 diketahui memiliki NA yang paling rendah yaitu 0,19.

Kata kunci: Kaca Tellurite, *Melt-quenching*, NA Rendah,

FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF TZBN GLASS FOR LOW NUMERICAL APERTURE (NA) OPTICAL FIBER

KUSNANTO MUKTI W.

Physics Department, Faculty of Mathematic and Natural Science
Sebelas Maret University, Surakarta

ABSTRACT

This research is aimed to compose tellurite glass for low NA optical fiber ($NA < 0.2$). Low NA optical fiber can be used as bending sensitive fiber optic. The tellurite glass is TZBN (Tellurium Zinc Bismuth Natrium Oxide) with compositions in mol%: $60\text{TeO}_2-(35-x)\text{ZnO}-\text{Na}_2\text{O}-2\text{Bi}_2\text{O}_3-x\text{PbO}$, $55\text{TeO}_2-(41-x)\text{ZnO}-2\text{Bi}_2\text{O}_3-2\text{Na}_2\text{O}-x\text{PbO}$, and $57\text{TeO}_2-41\text{ZnO}-(2-y)\text{Bi}_2\text{O}_3-y\text{PbO}$, where $x = 0$ & 0.5 and $y = 0$ & 1 respectively. The glasses were fabricated by melt-quenching method.

The glass is characterized by its density, refractive index, and transmission. The density is measured using pycnometer, refractive index is measured using brewster angle method at a wavelength 746 nm, transmission spectra were recorded using UV-Vis spektrofotometer within wavelength range of 400-800 nm and FTIR spektrofotometer within wavelength range of 2500-6500 nm. The addition of PbO in each compositions result in increase the refractive index, decrease the optical band gap energy, shift of transmittance range towards higher wavelengths, and increase the loss on the glass. A pair of new glass composition K1-K6 is known have the lowest NA of 0.19.

Keyword: Tellurite Glass, Melt-quenching, Low NA

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kepada Allah SWT atas semua limpahan nikmat, rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi. Sholawat dan salam senantiasa penulis haturkan kepada rosulullah, nabi Muhammad SAW yang telah menjadi panutan serta suri tauladan umatnya.

Skripsi yang penulis susun sebagai bagian dari syarat untuk mendapatkan gelar sarjana sains ini penulis beri judul “Fabrikasi dan Karakterisasi Kaca TZBN untuk Fiber Optik ber-Numerical Aperture (NA) Rendah”. Hasil skripsi ini merupakan kebahagiaan tersendiri bagi penulis. Skripsi ini dapat terselesaikan atas bantuan beberapa pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi ini dalam keadaan suka maupun duka. Atas bantuannya yang sangat besar selama proses pengerjaan skripsi ini, ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Ahmad Marzuki, S.Si., Ph.D., selaku Pembimbing I serta Ketua Jurusan Fisika FMIPA UNS yang telah memberikan motivasi, bimbingan serta saran dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Drs. Heri Purwanto, M.Sc., selaku Pembimbing II.
3. Bapak Cari, M.A., Ph.D., selaku Pembimbing Akademik.
4. Bapak, Ibu dosen serta Staff di Jurusan FISIKA FMIPA UNS.
5. Bapak Dr. Eng. Budi Purnama, S.Si., M.S, yang telah mengajarkan *software* SMA4Win.
6. Ibu dan Bapak, atas semua kasih sayang dan kesabaran dalam mendidik.
7. Rekan kerja Laboratorium Optics & Photonics: Mas Wahyudi, Mas Adi, Mbak Arin, Heri, Eryn, Evi, Zaza, dan Deajeng.
8. Sahabat-sahabatku: Rian, Wachid, Yudha, Yoga dan teman-teman Fisika 2009.
9. Rekan-rekan Fisika FMIPA UNS.

Semoga Allah SWT membalas atas semua jerih payah dan pengorbanan yang telah diberikan, dengan balasan yang terbaik menurut-Nya. Aamiin ya Allah.

Penulis menyadari akan banyaknya kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Namun demikian, penulis berharap semoga karya kecil ini bisa bermanfaat.



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
MOTTO.....	iv
PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR SIMBOL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Batasan Masalah	3
1.3. Perumusan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Kaca	5
2.2. Indek Bias	7
2.3. Kaca Tellurite (TeO_2).....	11
2.3.1. Definisi dan Sejarah Perkembangan Kaca Tellurite	11
2.3.2. Fabrikasi Kaca Tellurite	13
2.4. Glass Forming Range	14
2.5. Sifat Umum dan Struktur Kaca TeO_2	15
2.5.1. Sifat Optik	16
2.5.1.1. Spektrum Absorbansi dan Transmisi UV-Vis	16
2.5.1.2. Energi Band Gap Optis	18
2.5.1.3. FTIR (<i>Fourier Transformed Infrared Spectroscopy</i>)	19
2.5.1.4. <i>Numerical Aperture</i> (NA)	22
2.5.1.5. Loss	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	24
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	24
3.2.1. Alat-Alat Penelitian.....	24
3.2.2. Bahan-Bahan Penelitian.....	25
3.3. Metode Penelitian	25
3.3.1. Penyiapan Alat dan Bahan	26
3.3.2. Fabrikasi Kaca Tellurite	27

commit to user

3.3.3. Karakterisasi Kaca Tellurite	28
3.3.3.1. Pengukuran Densitas	28
3.3.3.2. Pengukuran Indek Bias	29
3.3.3.3. Pengukuran Transmittansi	29
3.3.4. Analisis	30
3.3.5. Kesimpulan	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Kaca Hasil Fabrikasi	31
4.2. Karakterisasi	34
4.2.1. Sifat Fisik	34
4.2.2. Sifat Optik	35
4.2.2.1. Indek Bias	35
4.2.2.2. <i>Band Gap</i>	38
4.2.2.3. Analisis FTIR	43
4.2.2.4. Rentang Transmittansi	45
4.2.2.5. Minimum <i>Loss</i>	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN-LAMPIRAN	54

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. <i>Melting Point</i> (T_m) dan <i>Forming Temperature</i> (T_g) dari Kaca	12
Tabel 2.2. Beberapa Jenis Kaca Tellurite yang telah dibuat oleh Peneliti ...	14
Tabel 2.3. Beberapa Karakteristik Fisik dari Kaca Tellurite dibandingkan dengan Silica dan Fluoroide	16
Tabel 4.1. Komposisi Kaca Tellurite	30
Tabel 4.2. Densitas Hasil Perhitungan dan Pengukuran	35
Tabel 4.3. Nilai Indeks Bias dari Kaca	38
Tabel 4.4. Nilai NA Hasil Pasangan Komposisi Baru	38
Tabel 4.5. Energi Band Gap Optis Kaca K1-K6	43
Tabel 4.6. <i>Range</i> Transmittansi Kaca K1-K6	48
Tabel B. Pengukuran Indeks Densitas dengan piknometer	56
Tabel C.1. Pengukuran Indeks Bias	58
Tabel C.2. Data Sifat Fisis dan Listrik Setiap Bahan	59
Tabel C.3. Prediksi Indeks Bias Kaca Menggunakan Hukum Lorentz-Lorenz	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Ilustrasi Bentuk Dua Dimensi dari Susunan Atom (a) Kristal (b) Kaca	5
Gambar 2.2. Pola Difraksi dengan Menggunakan XRD pada (a) Material Kaca ($\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TeO}_2$) (b) Material Kristal (Serbuk Pb)	6
Gambar 2.3. Pengaruh Temperatur pada Entalpi dari <i>Glass Forming Melt</i> .	7
Gambar 2.4. Ilustrasi Hukum Pemantulan dan Pembiasan.....	8
Gambar 2.5. Indek Bias dari Beberapa Kaca	9
Gambar 2.6. Jalannya Sinar untuk Pemantulan dan Pembiasan (a) $\theta_i <$ Sudut Brewster (b) $\theta_i =$ Sudut Brewster	9
Gambar 2.7. Grafik Jumlah Paper yang Dipublikasikan Berkaitan dengan Kaca Tellurite dari Tahun 1952-2011.....	13
Gambar 2.8. Glass Forming Range Beberapa Kaca Tellurite	15
Gambar 2.9. Transmisi Cahaya yang Melalui Suatu Medium yang Memiliki Ketebalan x	17
Gambar 2.10. Contoh Sifat Optis Kaca Tellurite (a) Transmittansi dari $\text{TeO}_2\text{-LiNbO}_3$ (b) Absorbansi dari $\text{TeO}_2\text{-PbO-CdO}$	17
Gambar 2.11. Grafik Transmisi Optik dari Beberapa Jenis Kaca <i>Oxide</i> , <i>Fluoride</i> dan <i>Chalcogenide</i> . (a) Kaca Silica; (b) Kaca $57\text{HfF}_4\text{-}36\text{BaF}_2\text{-}3\text{LaF}_3\text{-}4\text{AlF}_3$ (mol%); (c) Kaca $19\text{BaF}_2\text{-}27\text{ZnF}_2\text{-}27\text{LuF}_3\text{-}27\text{ThF}_4$ (mol%); (d) Kaca As_2Se_3 ; (e) Kaca $10\text{Ge-}50\text{As-}40\text{Te}$ (atom%)	18
Gambar 2.12. Pengubahan Sinyal menjadi Frekuensi oleh Transformasi Fourier	20
Gambar 2.13. Sistem Pegas pada 2 Bola	21
Gambar 2.14. Sudut Penerimaan pada Fiber Optik	22
Gambar 3.1. Diagram Alir Eksperimen	26
Gambar 3.2. Skema Set Alat Pengukuran Indeks Bias Metode Sudut Brewster	29
Gambar 4.1. Munculnya Kristal pada Bagian Atas Kaca	32
Gambar 4.2. Gambar Kaca Tellurite untuk Semua Komposisi	33
Gambar 4.3. Pengukuran Reflektansi Mode TE dan TM pada K1	35
Gambar 4.4. Penentuan Sudut Brewster dan Reflektansi Mode TM (a) skala 10° (b) skala $1/6^\circ$ dan (c) skala $1/6^\circ$ pada K1	36
Gambar 4.5. Spektrum Absorbansi pada Sampel (a) K1-K2 (b) K3-K4	39
Gambar 4.6. Spektrum Absorbansi pada Sampel K5-K6	40
Gambar 4.7. Grafik $(\alpha h\nu)^{1/2}$ dengan energi foton untuk <i>indirect band gap</i> pada (a) K1 dan K2 (b) K3 dan K4	41
Gambar 4.8. Grafik $(\alpha h\nu)^{1/2}$ dengan energi foton untuk <i>indirect band gap</i> pada K5 dan K6	42
Gambar 4.9. Spektrum Infrared untuk Kaca K1 dan K2	43
Gambar 4.10. Spektrum Transmisi IR dari Kaca K1 sampai K6	44

Gambar 4.11. Rentang Transmittansi Kaca Tellurite K1-K6 pada Daerah (a)
UV-Vis (b) Inframerah 46

Gambar 4.12. Kurva Prediksi Minimum *Loss* pada Kaca K1 48



DAFTAR SIMBOL

		Satuan
n_{core}	= Indeks Bias <i>Core</i>	
n_{cladd}	= Indeks Bias <i>Cladding</i>	
NA	= <i>Numerical Aperture</i>	
Δn	= Selisih Indeks Bias	
n_1	= Indeks Bias Medium Pertama	
n_2	= Indeks Bias Medium Kedua	
n	= Indeks Bias Sampel	
θ_i	= Sudut Datang	Radian Atau Derajat
θ_r	= Sudut Pantul	Radian Atau Derajat
θ_t	= Sudut Bias	Radian Atau Derajat
λ	= Panjang Gelombang	m
T_m	= Titik Lebur	°C
T_g	= Temperatur <i>Glass</i> Transisi	°C
T_c	= Temperatur Kristalisasi	°C
V	= Volum	cm ³
I	= Intensitas Awal	
I_o	= Intesitas Cahaya setelah Melewati Sampel	
d	= Ketebalan Sampel	m
α	= Koefisien Absorbansi	m ⁻¹
A	= Absorbansi	
T	= Transmittansi	
h	= Konstanta Planck (6,626 x 10 ⁻³⁴ J.s)	
E_g	= Energi Band Gap Optis	eV
ν	= Frekuensi	cm ⁻¹
f	= Frekuensi	1/s
λ	= Panjang Gelombang	m
c	= Kecepatan Cahaya di Ruang Hampa (3 x 10 ⁸ m/s)	
E	= Energi	J
k	= Tetapan Gaya	
m_1	= Massa Atom 1	SMA
m_2	= Massa Atom 2	SMA
μ	= Massa Atom Tereduksi	SMA
π	= 3,14	
ρ_{glass}	= Densitas Kaca	gr/cm ³
ρ_{H_2O}	= Massa Jenis air (1 gr/cm ³)	
V_{glass}	= Volume Kaca	cm ³
m_{glass}	= Massa Kaca	gr
r	= Koefisien Refleksi	
TE	= <i>Transverse Electric</i>	
TM	= <i>Transverse Magnetic</i>	
R_m	= Molar Refractive	

commit to user

V_m	= Molar Volum	cm^3
α_m	= Ion Polarisability	Å^3
dB	= Deci-Bell (Satuan Atenuasi)	dB



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Gambar Alat dan Bahan	54
Lampiran B Data Pengukuran Densitas dengan Piknometer	56
Lampiran C Data Pengukuran Indeks Bias	58
Lampiran D Spektrum Inframerah	65
Lampiran E Prediksi Minimum <i>Loss</i>	67

