

SKRIPSI

**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI KACA TeO_2 - ZnO - Bi_2O_3 - Na_2CO_3
: Tm_2O_3 (TZBN:Tm)**



Disusun oleh :

LAILA AMALIA PUTRI LESTARI

M0215033

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
Agustus, 2019**

SKRIPSI

**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI KACA TeO_2 - ZnO - Bi_2O_3 - Na_2CO_3
: Tm_2O_3 (TZBN:Tm)**

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



Disusun oleh :

LAILA AMALIA PUTRI LESTARI

M0215033

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
Agustus, 2019**

**HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI**


**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI KACA $\text{TeO}_2 - \text{ZnO} - \text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{Na}_2\text{CO}_3$
: Tm_2O_3 (TZBN:Tm)**

**Oleh:
Laila Amalia Putri Lestari
M0215033**

Telah disetujui oleh:

Pebimbing 1

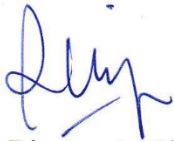
Tanggal: 5/8/19



Ahmad Marzuki, S.Si., Ph.D.
NIP. 196805081997021001

Pebimbing 2

Tanggal: 2/8/19



Dra. Riyatun, M.Si
NIP. 196802261994022001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul: Fabrikasi dan Karakterisasi Kaca $\text{TeO}_2 - \text{ZnO} - \text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{Tm}_2\text{O}_3$ (TZBN:Tm)

Yang ditulis oleh :

Nama : Laila Amalia Putri Lestari
NIM : M0215033

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada

Hari : Jumat
Tanggal : 23 Agustus 2019

Dewan Penguji :

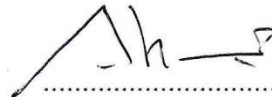
1. Ketua Penguji
Dr. Utari, S.Si., M. Si.
NIP. 197012062000032001


.....

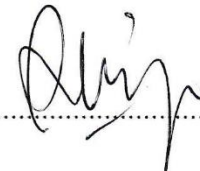
2. Sekretaris Penguji
Khairuddin, S.Si., M.Phil, Ph.D.
NIP. 197010181997021001


.....

3. Anggota Penguji I
Ahmad Marzuki, S.Si., Ph.D.
NIP. 196805081997021001


.....

4. Anggota Penguji II
Dra. Riyatun, M.Si.
NIP. 196802261994022001


.....

Disahkan pada tanggal... 11-09-2019

Oleh

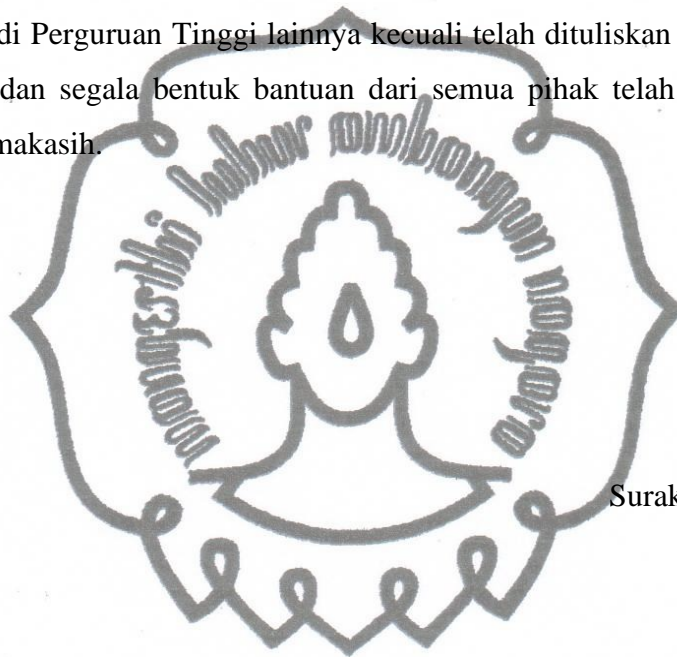
Kepala Program Studi Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret Surakarta



.....
Dr. Agus Supriyanto, S.Si., M.Si.
NIP. 196908261999031001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual Skripsi saya yang berjudul **“Fabrikasi dan Karakterisasi Kaca TeO_2 - ZnO - Bi_2O_3 - Na_2CO_3 : Tm_2O_3 (TZBN:Tm)”** adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini isi Skripsi tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di daftar pustaka. Skripsi ini dan segala bentuk bantuan dari semua pihak telah ditulis di bagian ucapan terimakasih.



Surakarta, 28 Juli 2019

Laila Amalia Putri Lestari

MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesukaran itu ada keringanan. Karena itu bila kau sudah selesai (mengerjakan yang lain). Dan berharaplah kepada Tuhanmu.”

(Q.S Al Insyirah : 6-8)



PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan untuk :

Orang tua saya yang tercinta

Serta,

Alamamater Universitas Sebelas Maret



**Fabrikasi dan Karakterisasi Kaca TeO_2 - ZnO - Bi_2O_3 - Na_2CO_3 : Tm_2O_3
(TZBN:Tm)**

LAILA AMALIA PUTRI LESTARI
Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Sebelas Maret

ABSTRAK

Fabrikasi dan karakterisasi kaca TZBN:Tm dengan komposisi $60\text{TeO}_2 - (30-x)\text{ZnO} - 5\text{Bi}_2\text{O}_3 - 5\text{Na}_2\text{CO}_3 - (x)\text{Tm}_2\text{O}_3$ untuk $(x=0, 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5)\%$ mol berhasil dilakukan. Fabrikasi dilakukan dengan metode *melt quenching* pada suhu 900°C selama 35 menit sementara cetakan kaca dipanaskan pada suhu 220°C . Karakterisasi kaca meliputi pengukuran densitas, indeks bias, XRD, UV-Vis, FTIR dan DTA. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa nilai dari densitas dan indeks bias mengalami peningkatan, energi band gap mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya konsentrasi dari Tm_2O_3 . Hasil spektrum XRD menunjukkan bahwa kaca memiliki struktur amorf. Hasil dari UV-Vis dan FTIR menunjukkan bahwa kaca mempunyai rentang transmitansi berkisar $0,44 - 10 \mu\text{m}$. [Berdasarkan spektrum absorbansi UV-Vis, analisis Judd-Ofelt dilakukan untuk menentukan beberapa sifat radiatif dari kaca. Hasilnya menunjukkan pada transisi energi $^3\text{F}_4 \rightarrow ^3\text{H}_6$ kaca TZBN:Tm memiliki *transition probabilities* $310,74 \text{ s}^{-1}$, dan *radiative lifetime* $3,22 \text{ ms}$ yang membuat kaca ini menjanjikan untuk digunakan sebagai material aktif laser dengan panjang gelombang $2 \mu\text{m}$.

Kata kunci : Analisis Judd-Ofelt, TZBN:Tm, *transition probabilities*, *radiative lifetime*

**Fabrication and Characterization of $\text{TeO}_2 - \text{ZnO} - \text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{Tm}_2\text{O}_3$
(TZBN:Tm) Glass**

LAILA AMALIA PUTRI LESTARI

Physics Department, faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Sebelas Maret University

ABSTRACT

Fabrication and characterization of TZBN: Tm glass with composition: $60\text{TeO}_2 - (30-x)\text{ZnO} - 5\text{Bi}_2\text{O}_3 - 5\text{Na}_2\text{CO}_3 - (x)\text{Tm}_2\text{O}_3$ for ($x = 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5$) mol% successfully done. Glasses were fabricated using melt quenching technique in temperature 900°C for 35 minutes while the glass mold heated around temperature 220°C . Characterization of glass included measurements of density, refractive index, XRD, UV-Vis, FTIR, and DTA. The result showed that both density and refractive index of the glass has increased, band gap energy decreased due to increased concentration of Tm_2O_3 . The results of the XRD spectrum indicated the glass had an amorphous structure. UV-Vis and FTIR record showed the glass had a transmittance range nearby $0.44-10 \mu\text{m}$. According to the UV-Vis absorbance spectrum, Judd-Ofelt analysis was applied to determine several radiative properties of the glass. The result yielded transition probabilities and radiative lifetime from energy of transition $^3\text{F}_4 \rightarrow ^3\text{H}_6$ of at TZBN:Tm glass were $310,74 \text{ s}^{-1}$ and 3,22 ms, made the glass promised to use as an active material for $2 \mu\text{m}$ wavelength laser.

Keywords: Judd-Ofelt Analysis, TZBN:Tm, transition probabilities, radiative lifetime

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan baik. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai suri tauladan bagi umat muslim.

Skripsi yang berjudul “Fabrication and Characterization of $\text{TeO}_2 - \text{ZnO} - \text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{Tm}_2\text{O}_3$ (TZBN:Tm) Glass” ini penulis susun sebagai bagian dari syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains. Skripsi ini disusun berdasarkan apa yang telah penulis lakukan pada penelitian di Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta. Dalam penulisan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam melaksanakan dan menyelesaikan skripsi ini, diantaranya:

1. Bapak Ahmad Marzuki S.Si., Ph.D. selaku pembimbing I yang banyak memberikan bimbingan, arahan dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi.
2. Ibu Dra. Riyatun M.Si. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan selama menyelesaikan skripsi Bidik Misi yang telah membiayai kuliah saya hingga mendapat gelar Sarjana Sains.
3. Bapak Dr. Fahru Nurosyid S.Si.M.Si. selaku pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan motivasi kepada penulis.
4. Bapak dan Ibu Dosen serta Staff di Program Studi Fisika FMIPA UNS yang telah memberikan ilmu.
5. Teman-teman di Lab. Optik & Fotonik (Mas Ega, Mas Gesit, Mbak Laras, Mas Agus, Muti, mbak Hana, Mas Danang, Anjas, yayan, firda) yang telah kebersamai penulis dalam proses penyusunan skripsi.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Surakarta, 28 Juli 2019

Penulis

PUBLIKASI

Sebagian skripsi saya yang berjudul “Fabrikasi dan Karakterisasi Kaca TeO_2 - ZnO - Bi_2O_3 - Na_2CO_3 : Tm_2O_3 (TZBN:Tm)” akan dipublikasikan secara bersama oleh pembimbing.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN ABSTRAK	vii
HALAMAN ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
PUBLIKASI.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR SIMBOL	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1. Latar Belakang.....	Error! Bookmark not defined.
1.2. Batasan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3. Rumusan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.4. Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.5. Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1. Kaca	Error! Bookmark not defined.
2.2. Melt Quenching Tecnique (MQT).....	Error! Bookmark not defined.
2.3. Kaca Tellurite	Error! Bookmark not defined.
2.4. Ion Tanah Jarang.....	Error! Bookmark not defined.
2.5. Uji Densitas Kaca	Error! Bookmark not defined.
2.6. Karakterisasi Optik pada Kaca	Error! Bookmark not defined.
2.7.1. Indeks Bias	Error! Bookmark not defined.
2.7.2. Spektrum Penyerapan dan Transmittansi	Error! Bookmark not defined.

2.7.3. <i>Fourier Transform Infrared Absorption Spectroscopy</i>	Error! Bookmark not defined.
2.7. X-Ray Diffraction (XRD)	Error! Bookmark not defined.
2.8. Teori Judd-Ofelt.....	Error! Bookmark not defined.
2.9. Differential Thermal Analysis (DTA)	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODE 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	Error! Bookmark not defined.
3.3. Prosedur Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3.1. Persiapan Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.3.2. Fabrikasi Sampel Kaca	Error! Bookmark not defined.
3.3.3. Karakterisasi Sampel Kaca	Error! Bookmark not defined.
3.3.3.1. Densitas Kaca.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.3.2. Pengukuran Indeks Bias	Error! Bookmark not defined.
3.3.3.3. Pengukuran Absorbansi dan Transmittansi ..	Error! Bookmark not defined.
3.3.3.4. X-Ray Diffraction (XRD)	Error! Bookmark not defined.
3.3.3.5. Differential Thermal Analysis (DTA) ..	Error! Bookmark not defined.
3.4. Analisis Data.....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1. Analisis X-Ray Diffraction (XRD).....	Error! Bookmark not defined.
4.2. Densitas dan Volume Molar	Error! Bookmark not defined.
4.3. Indeks Bias Kaca	Error! Bookmark not defined.
4.4. Spektrum Absorbansi Uv-Vis.....	Error! Bookmark not defined.
4.5. Energi Gap (E_{gap}).....	Error! Bookmark not defined.
4.6. Analisis Judd-Ofelt	Error! Bookmark not defined.
4.7. FTIR	Error! Bookmark not defined.
4.8. Rentang Transmittansi	Error! Bookmark not defined.
4.9. Differential Thermal Analysis (DTA)	Error! Bookmark not defined.
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	57

5.1. Kesimpulan**Error! Bookmark not defined.**
5.2. Saran**Error! Bookmark not defined.**
DAFTAR PUSTAKA**Error! Bookmark not defined.**



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Suhu didih (T_m) dan suhu transisi kaca (T_g) dari kaca	10
Tabel 2.2. Karakteristik fisik dari kaca tellurite, silika dan fluorid	10
Tabel 2.3. Doubly reduced matrix element untuk Tm^{3+}	20
Tabel 4.1. Komposisi kaca TZBN:Tm	33
Tabel 4.2. Densitas, volume molar, <i>ionic packing ratio</i> , dan <i>oxygen packing ratio</i> kaca TZBN:Tm	36
Tabel 4.3 Indeks bias kaca TZBN:Tm dengan Laser merah 650 nm	38
Tabel 4.4. Energi gap dari sampel TZBN:Tm	44
Tabel 4.5. Luas area serapan pada spektrum UV-Vis	45
Tabel 4.6. Nilai kekuatan osilator menurut eksperimen dan perhitungan kaca pada sampel T2,5	45
Tabel 4.7. Parameter Judd-Ofelt pada sampel kaca TZBN:Tm dan kaca lain	47
Tabel 4.8. <i>Transition probabilities</i> (A), <i>Branching ratio</i> (β), dan <i>Radiative lifetimes</i> (τ_r) ion Tm^{3+} dalam sampel kaca T2,5	48
Tabel 4.9. Nilai T_g , T_c dan ΔT pada kaca TZBN:Tm	53
Tabel 5.1. Hasil karakterisasi kaca TZBN:Tm	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proyeksi 2D dari struktur yang menunjukkan struktur kristal dan kaca: (a) bentuk kristal SiO ₂ ; (b) bentuk kaca SiO ₂	6
Gambar 2.2. Grafik hubungan suhu dan entalpi, pada proses pembentukan kaca..	8
Gambar 2.3. Diagram energi dari thulium (Tm ³⁺).....	12
Gambar 2.4. Contoh sifat optis kaca <i>telurite</i> (a) transmitansi dari TeO ₂ -LiNbO ₃ (b) absorbansi dari TeO ₂ -PbO-CdO.....	17
Gambar 2.5. Sistem Difraktometer X-Ray	19
Gambar 2.6. Skema dari DTA	22
Gambar 2.7. Kurva DTA sampel kaca	23
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.....	26
Gambar 3.2. Diagram alir fabrikasi kaca TZBN:Tm.....	27
Gambar 3.3. Skema pengukuran indeks bias dengan metode sudut <i>Brewster</i>	30
Gambar 4.1. Kaca TZBN:Tm setelah dilakukan <i>polish</i>	32
Gambar 4.2. Spektrum XRD pada sampel kaca TZBN:Tm.....	34
Gambar 4.3. Perbandingan densitas prediksi dan perhitungan	35
Gambar 4.4. Variasi densitas dan volume molar kaca TZBN:Tm.....	36
Gambar 4.5. Grafik fungsi Reflektansi terhadap sudut datang pada sampel T2...	38
Gambar 4.6. Grafik perbandingan indeks bias prediksi dan perhitungan kaca TZBN:Tm	40
Gambar 4.7. Spektrum absorbansi kaca TZBN:Tm.....	41
Gambar 4.8. Diagram level energi thulium.....	42
Gambar 4.9. Diagram level energi sampel T2,5	43
Gambar 4.10. Grafik hubungan $(\alpha hv)^{1/2}$ dengan energi foton (hv) pada T1	44
Gambar 4.11. Grafik hubungan parameter Judd-Ofelt dengan konsentrasi Tm ³⁺	46
Gambar 4.12. Absorbansi kaca TZBN:Tm	49
Gambar 4.13. Daerah absorbansi sampel kaca T2,5	50
Gambar 4.14. Dekonvolusi dari sampel T2,5 daerah gugus Te-O.....	51
Gambar 4.15. Dekonvolusi dari sampel T2,5 daerah gugus O-H.....	51
Gambar 4.16. Rentang transmitansi kaca TZBN:Tm.....	52
Gambar 4.17. Kurva DTA kaca TZBN:Tm pada (a) T0,5 dan (b) T2,5	54
Gambar 4.18. Grafik hubungan konsentrasi Tm ³⁺ dengan (a) T _g dan (b) T _c	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Alat dan Bahan	63
Lampiran 2. Data Pengukuran Densitas dengan Piknometer.....	66
Lampiran 3. Data Pengukuran Indeks Bias.....	67
Lampiran 4. Data Pengukuran Energi Gap	69
Lampiran 5. Data perhitungan sifat radiatif kaca.....	72
Lampiran 6. Data Pengukuran Differential Thermal Analysis (DTA)	74



DAFTAR SIMBOL

Simbol		Satuan
T	= Temperatur	$^{\circ}\text{C}$
V_m	= Volume molar	cm^3/mol
h	= Konstanta Planck	$(6,626 \times 10^{-34}) \text{ J}\cdot\text{s}$
c	= Kecepatan cahaya	$(3 \times 10^8) \text{ m/s}$
ϵ_0	= Permittivitas ruang hampa	$(8,854 \times 10^{-12}) \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$
N_A	= Bilangan Avogadro	$(6,022 \times 10^{23}) \text{ partikel/mol}$
λ	= Panjang gelombang	m
n	= Indeks bias	
θ_p	= Sudut polarisasi	Derajat ($^{\circ}$)
θ	= Sudut	Derajat ($^{\circ}$)
R	= Reflektansi	
T	= Transmittansi	%
A	= Absorbansi	
d	= Ketebalan kaca	cm
α	= Koefisien absorbtivitas	cm^{-1}
I	= Intensitas cahaya	
R_m	= Refraksi molar	cm^3/mol
α_m	= Polarisibilitas molekul	\AA^3
ρ	= Densitas	gram/cm^3
m	= massa	gram