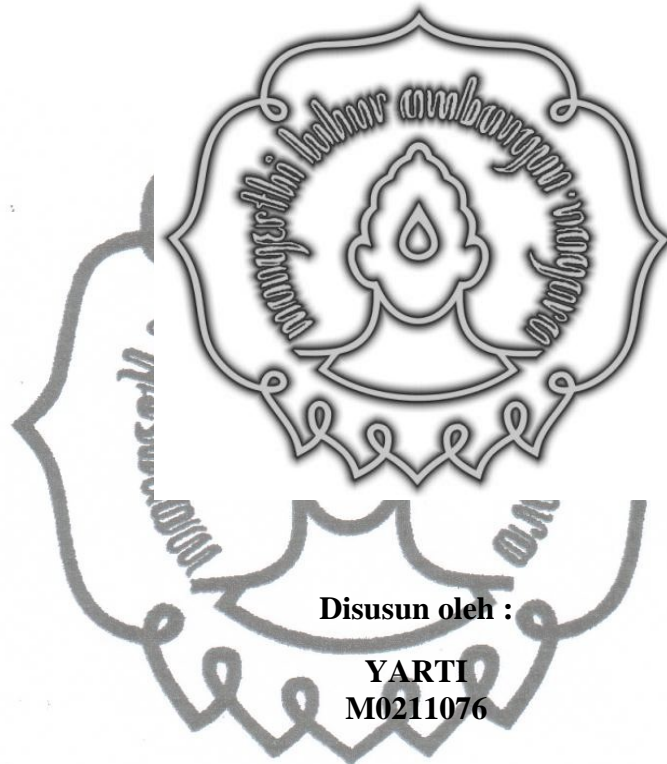


**STUDI SIFAT OPTIK NON LINIER PADA KACA TZBN  
DENGAN DOPING PbO**



Disusun oleh :

**YARTI  
M0211076**

**SKRIPSI**

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

**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

**SURAKARTA**

**APRIL, 2015**

*commit to user*

## HALAMAN PERSETUJUAN

### SKRIPSI

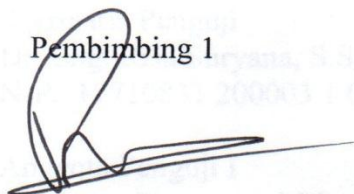
STUDI SIFAT OPTIK NON LINIER PADA KACA TZBN DENGAN DOPING PbO

Disusun Oleh :

YARTI  
M0211076

Telah Disetujui Oleh

Pembimbing I



Drs. Hery Purwanto, M.Sc.  
NIP. 195905181987031002

Tanggal

8-Mei-2015

Pembimbing II



Dra. Riyatun, M.Si.  
NIP. 196802261994022001

Tanggal

7-Mei-2015

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul : Studi Sifat Optik Non Linier Pada Kaca TZBN  
Dengan Doping PbO

Yang ditulis oleh :

Nama : Yarti

NIM : M0211076

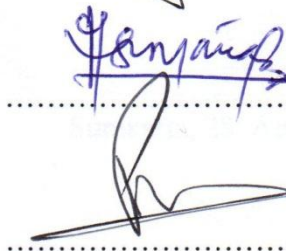
Telah diuji di depan dewan penguji pada :

Hari : Senin

Tanggal : 20 April 2015

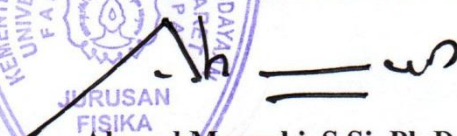
Dewan Penguji :

1. Ketua Penguji  
Mohtar Yuniarto, S.Si, M.Si.  
NIP. 19800630 200501 1 001
2. Sekretaris Penguji  
Dr. Eng. Risa Suryana, S.Si., M.Si  
NIP. 19710831 200003 1 005
3. Anggota Penguji I  
Drs. Hery Purwanto, M.Sc  
NIP. 19590518 198703 1 002
4. Anggota Penguji II  
Dra. Riyatun, M.Si  
NIP. 19680226 199402 2 001



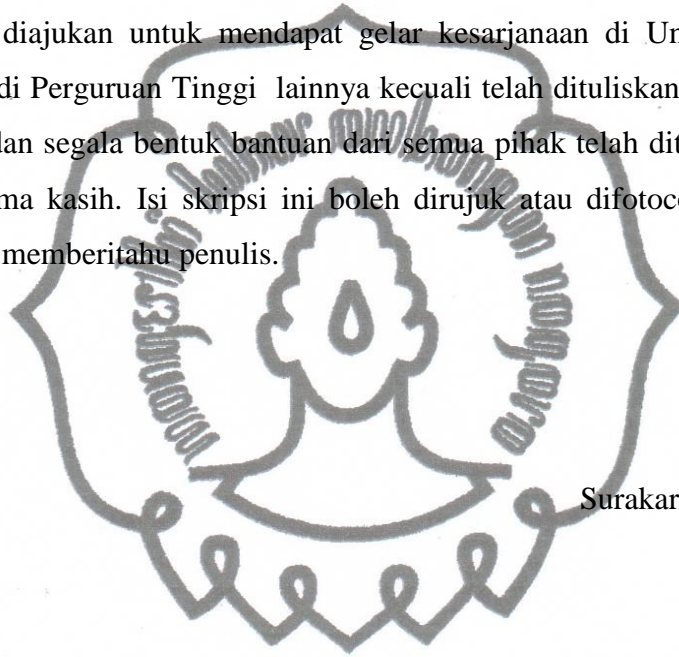
Disahkan pada tanggal 11 Mei 2015  
oleh

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

  
**Ahmad Marzuki, S.Si, Ph.D**  
NIP. 19680508 199702 1 001

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual skripsi saya yang berjudul “ Studi Sifat Optik Non Linier pada Kaca TZBN dengan Doping PbO” 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 telah diajukan untuk mendapat 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 dituliskan di bagian ucapan terima kasih. Isi skripsi ini boleh dirujuk atau difotocopy secara bebas tanpa harus memberitahu penulis.



Surakarta, 28 April 2015

Yarti

## MOTTO

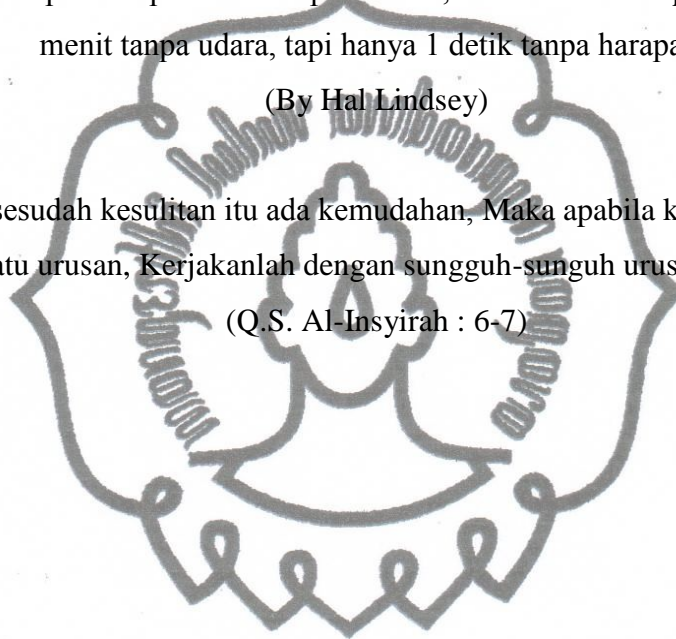
“Hari yang lalu adalah pengalaman, hari ini adalah pembelajaran dan hari esok adalah harapan”

“Manusia dapat hidup 40 hari tanpa makan, sekitar 3 hari tanpa air, sekitar 8 menit tanpa udara, tapi hanya 1 detik tanpa harapan”

(By Hal Lindsey)

“Sungguh sesudah kesulitan itu ada kemudahan, Maka apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, Kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain”

(Q.S. Al-Insyirah : 6-7)



## PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan untuk :

Ibunda tercinta saya

Ayahanda tercinta saya yang telah berpulang ke rahmat Allah SWT,

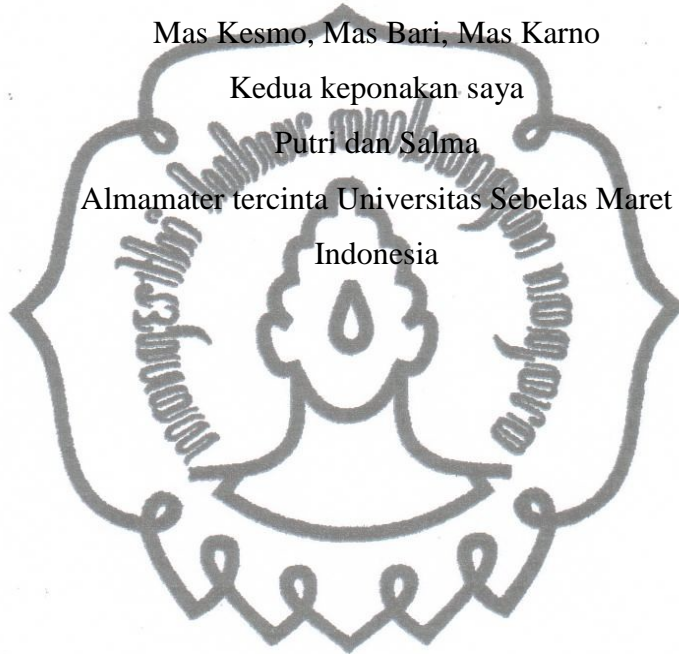
Mas Kesmo, Mas Bari, Mas Karno

Kedua keponakan saya

Putri dan Salma

Almamater tercinta Universitas Sebelas Maret

Indonesia





## Studi Sifat Optik Non Linier pada Kaca TZBN dengan Doping PbO

Yarti

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

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang studi sifat optik non linier pada kaca TZBN ( $\text{TeO}_2\text{-ZnO-Bi}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O}$ ) dengan doping PbO. Komposisi kaca yang digunakan adalah  $55\text{TeO}_2\text{-(41-x)ZnO-2Bi}_2\text{O}_3\text{-2Na}_2\text{O-xPbO}$  dengan  $x=1;1,5;2;2,5$  %mol. Fabrikasi kaca dilakukan menggunakan metode *melt quenching*, dengan  $T_m$  900 °C selama 30 menit dan suhu cetakan 250°C selanjutnya lelehan didinginkan sampai suhu ruang. Kaca di *annealing* dengan suhu 265 °C selama 6 jam dengan laju pendinginan 1°C/3 menit dan dipolish. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan doping PbO menaikkan nilai densitas kaca, indeks bias serta menurunkan energi *band gap*. Kenaikan indeks bias secara umum menaikkan nilai polarisabilitas elektronik dan basisitas optik, sedangkan penurunan energi *band gap* belum mampu menunjukkan kenaikan nilai polarisabilitas elektronik dan basisitas optik. Penambahan doping PbO juga menaikkan rentang transmitansi pada daerah UV-VIS-IR dan secara umum menyebabkan terjadinya pergeseran panjang gelombang pada daerah UV-VIS-IR ke arah yang lebih panjang. Serta menaikkan massa reduksi dan nilai minimum *loss*.

Kata Kunci : optik non linier, TZBN, PbO, Pendekatan Polarizabilitas

## Study of Non-Linear Optical Properties in TZBN glass with PbO doped

Yarti

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

### ABSTRACT

A research on study of non-linear optical properties on TZBN ( $\text{TeO}_2\text{-ZnO-Bi}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O}$ ) glass with PbO doped. The composition of glass is  $55\text{TeO}_2\text{-(41-x)ZnO-2Bi}_2\text{O}_3\text{-2Na}_2\text{O-xPbO}$  with  $x = 1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5$  % mol. Glass fabrication is done using a melt quenching method, with  $T_m$  900 °C during 30 minute and a mold temperature of 250 °C subsequent a trickle cooled to room temperature. The annealed glass at a temperature of 265 °C during 6 hours with a cooling rate of 1 °C/ 3 minutes and polishing has been done. The results showed that the addition of PbO doped raise the value of glass density, refractive index and band gap energy decrease. Generally the refractive index increase raise the value of electronic polarizability and optical basicity, while the band gap energy decrease has not been to show the value of electronic polarizability and optical basicity to increase. The addition of PbO doped also raise transmittance ranges in the UV-VIS-IR and generally cause a shift in the wavelength in the UV-VIS-IR toward longer. As well as the reduction mass and minimum loss to increase .

Key words: non-linear optics, TZBN, PbO, polarizability approach



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan nikmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi. Sholawat dan salam senantiasa penulis haturkan kepada Rasulullah SAW sebagai pembimbing seluruh umat manusia.

Skripsi yang penulis susun sebagai bagian dari syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains ini penulis beri judul “ Studi Sifat Optik Non Linier Pada Kaca TZBN Dengan Doping PbO”. Segala suka maupun duka telah penulis lalui, sampai akhirnya skripsi ini dapat selesai selama kurang lebih dua semester. Kepada semua pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi ini penulis ucapkan terima kasih. Atas bantuan yang sangat besar selama proses pengerjaan skripsi ini, ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada :

1. Drs. Hery Purwanto, M.Sc selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahnya selama menyelesaikan skripsi.
2. Dra. Riyatun, M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan kesabarannya selama menyelesaikan skripsi.
3. Ahmad Marzuki , S.Si,Ph.D selaku Ketua Jurusan Fisika serta dosen Pembimbing Akademik yang telah membantu penulis selama pengerjaan skripsi.
4. Bapak dan ibu dosen Jurusan Fisika FMIPA UNS atas segala ilmu yang telah diberikan selama menempuh pendidikan di Jurusan Fisika FMIPA UNS.
5. Rekan – Rekan kerja di Laboratorium Optik dan Fotonik serta pada Mas Edi dan Mas Geovano atas segala bantuan selama proses pengambilan data.

*commit to user*

6. Mbak Silvi, Mbak Intan, dan Mas Hendro atas segala bantuannya dalam membantu mengajari fabrikasi kaca serta pada Mas Kusnanto yang telah membagi ilmunya serta membantu mensetting alat.
7. Seluruh teman – teman Fisika angkatan 2011 dan adik adik tingkatku angkatan 2012-2014 serta teman kerja lab saya Ratna Dwi sejati dan Agung Prasetyo Utomo atas kerjasamanya selama di laboratorium.
8. Beta Nur Pratiwi, Sehati, Susanti, Arina, dan adik-adik kost Qurotaa'yun blok E Yuni, Avrila, Farida, Yani yang menemani penulis dalam pengambilan data di laboratorium dan selalu memberikan semangat serta doa pada penulis.
9. Ibunda tercinta dan keluarga besarku yang telah memberikan motivasi serta memberikan doa pada penulis.
10. Mas Joko Hardiyanto beserta keluarga yang selalu memberikan semangat dan doa pada penulis.

Semoga Allah SWT membalas jerih payah dan pengorbanan yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik. Amin

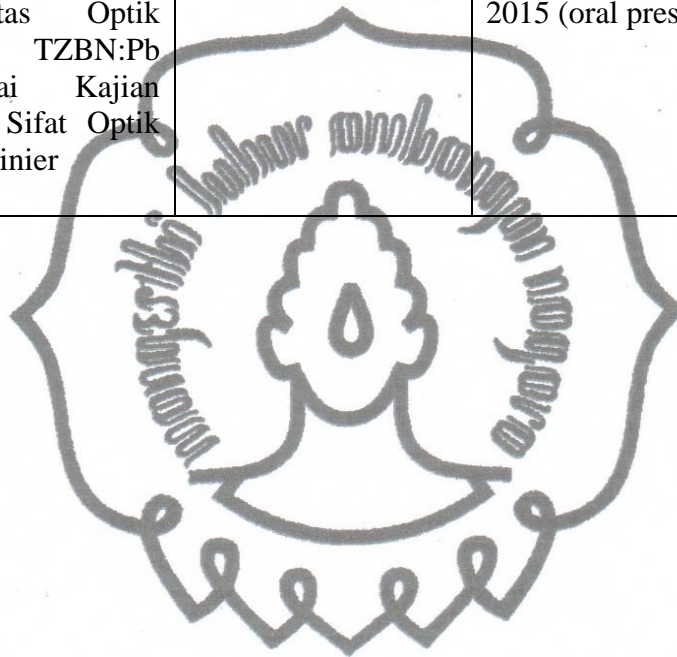
Penulis menyadari akan banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Namun demikian, penulis berharap semoga penulisan skripsi ini dapat memberikan manfaat.

Surakarta, 28 April 2015

Yarti

## PUBLIKASI

No	Judul	Penulis	Jenis Publikasi
1	Kajian Karakteristik Kaca TZBN:Pb	Yarti, Riyatun, Hery Purwanto, Ahmad Marzuki	<a href="http://digilib.mipa.uns.ac.id/detailartikel-2046">http://digilib.mipa.uns.ac.id/detailartikel-2046</a> (Accepted/Published)
2	Polarisabilitas Ion Elektronik dan Oksida dan Basisitas Optik Kaca TZBN:Pb Sebagai Kajian Awal Sifat Optik Non Linier	Yarti, Riyatun, Hery Purwanto, Ahmad Marzuki	Seminar Nasional HFI Cabang Jateng-DIY, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, 25 April 2015 (oral presentation)



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHANAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN ABSTRAK</b> .....	vii
<b>HALAMAN ABSTRACT</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>HALAMAN PUBLIKASI</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Batasan Masalah.....	4
1.3. Perumusan Masalah.....	5
1.4. Tujuan Masalah.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1. Pembentukan Kaca .....	7
2.2. <i>Melt Quenching Technique</i> (MQT).....	10
2.3. Kaca <i>Tellurite</i> .....	12
2.4. <i>Glass Forming Range</i> .....	13
2.5. Energi Fonon Pada Kaca.....	14
2.6. Sifat Optik Non linier.....	15
2.7. Indeks Bias Kaca <i>Tellurite</i> .....	17
2.8. Spektrum Serapan dan Transmittansi .....	21
2.8.1. Energi <i>Band Gap</i> ( $E_{gap}$ ).....	22
2.9. Polarisabilitas elektronik ion oksida dan Basisitas Optik...	24
2.9.1. Polarisabilitas Elektronik Ion Oksida Berdasarkan Indeks Bias dan $E_{gap}$ .....	24
2.9.1.1. Polarisabilitas Elektronik Ion dalam keadaan Terkondensasi.....	24
2.9.1.2. Aturan Fajans' .....	25
2.9.1.3. Polarisabilitas Elektronik Ion dalam Kristal .....	26
2.9.1.4. Polarisabilitas Ion Oksida dari Oksida .....	26

*commit to user*

Sederhana Berdasarkan Indeks Bias dan $E_{gap}$ .....	26
2.9.2. Basisitas Optik .....	28
2.9.2.1. Teori Basisitas Optik.....	28
2.9.2.2. Basisitas Optik Berdasarkan Indeks Bias dan $E_{gap}$ .....	29
2.10. <i>Fourier Transformed Infrared Spectroscopy</i> (FTIR).....	29
2.11. <i>Minimum Loss</i> .....	34
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	35
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	35
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	35
3.2.1. Alat yang Digunakan dalam Penelitian.....	35
3.2.1.1. Alat Fabrikasi.....	35
3.2.1.2. Alat Karakterisasi.....	36
3.2.2. Bahan-Bahan Penelitian.....	36
3.3. Metode Penelitian .....	37
3.3.1. Persiapan Alat dan Bahan.....	38
3.3.2. Fabrikasi Kaca.....	40
3.3.3. Karakterisasi Kaca.....	42
3.3.3.1. Pengukuran Densitas.....	42
3.3.3.2. Pengukuran Indeks Bias.....	43
3.3.3.3. Pengukuran Serapan dan Transmittansi.....	45
3.3.3.4. Penentuan Nilai Polarisabilitas Elektronik Ion Oksida Berdasarkan Nilai Indeks Bias dan $E_{gap}$ .....	45
3.3.3.5. Penentuan Nilai Basisitas Optik Berdasarkan Nilai Indeks Bias dan $E_{gap}$ .....	46
3.3.4. Analisis.....	46
3.3.5. Kesimpulan.....	46
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b> .....	48
4.1. Hasil Fabrikasi Kaca.....	48
4.2. Hasil Karakterisasi.....	51
4.2.1. Sifat Fisik.....	51
4.2.2. Sifat Optis.....	52
4.2.2.1. Indeks Bias.....	52
4.2.2.2. Energi <i>Band Gap</i> ( $E_{gap}$ ).....	56
4.2.2.3. Polarisabilitas Elektronik Ion Oksida.....	60
4.2.2.3.1. Polarisabilitas Elektronik Ion Oksida Berdasarkan Nilai Indeks Bias dan $E_{gap}$ .....	61
4.2.2.4. Basisitas Optik.....	62
4.2.2.5. Basisitas Optik Berdasarkan Nilai Indeks Bias dan $E_{gap}$ .....	62

4.2.2.6. Rentang Transmittansi dan Penentuan UV- VIS <i>edge</i> dan IR <i>edge</i> .....	65
4.2.2.7. Hasil Uji FTIR.....	67
4.2.2.8. Massa Reduksi.....	70
4.2.2.9. Minimum <i>Loss</i> .....	71
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	73
5.1. Kesimpulan.....	73
5.2. Saran.....	73
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	76
<b>LAMPIRAN</b> .....	82





## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Temperatur didih ( $T_m$ ) dan temperatur transisi kaca ( $T_g$ ) dari kaca .....	12
Tabel 2.2. Karakteristik fisik dari kaca <i>tellurite</i> , silika dan fluori .....	12
Tabel 2.3. Energi fonon dari berbagai jenis <i>host</i> kaca.....	15
Tabel 4.1. Komposisi Kaca TZBN doping PbO dalam % mol....	49
Tabel 4.2. Komposisi kaca TZBN doping PbO dalam massa (gram).....	49
Tabel 4.3. Densitas hasil perhitungan dan pengukuran.....	52
Tabel 4.4. Indeks bias hasil perhitungan dan pengukuran.....	55
Tabel 4.5. Nilai koefisien absorbtivitas pada K1, K2, K3, dan K4.....	57
Tabel 4.6. $E_{gap}$ kaca K1, K2, K3 dan K4.....	59
Tabel 4.7. Nilai polarisabilitas elektronik ion oksida pada sampel K1, K2, K3 dan K4 dari hasil prediksi dan perhitungan.....	61
Tabel 4.8. Nilai basisitas optik pada sampel K1, K2, K3 dan K4 dari hasil prediksi dan pengukuran.....	63
Tabel 4.9. Rentang Transmittansi sampel K1, K2, K3, dan K4.....	66
Tabel 4.10. <i>Multiphonon edge</i> pada K1, K2, K3 dan K4.....	67
Tabel 4.11. Bilangan gelombang K1, K2, K3 dan K4 dengan intensitas pita rendah.....	68
Tabel 4.12. Panjang gelombang untuk puncak-puncak serapan sampel K1, K2, K3 dan K4.....	69
Tabel 4.13. Panjang gelombang untuk puncak serapan lain pada sampel K1, K2, K3 dan K4.....	70
Tabel 4.14. Massa reduksi sampel K1, K2, K3, dan K4.....	70
Tabel 4.15. Prediksi minimum <i>loss</i> pada sampel K1, K2, K3, dan K4.....	71
Tabel 5.1. Data nilai $\rho$ , $n$ , $E_{gap}$ , $\alpha_{02}$ - rata – rata, $\Lambda$ rata - rata , rentang transmittansi UV-VIS-IR, massa reduksi ( $\mu$ ), dan minimum <i>loss</i> pada K1, K2, K3 dan K4.....	73

## DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1.	Ilustrasi skematik dua dimensi pada susunan atom (a) kristal (b) kaca.....	7
Gambar 2.2.	Kurva pendinginan untuk pembentukan kaca dan kristal.....	9
Gambar 2.3.	<i>Glass forming range</i> beberapa kaca <i>tellurite</i> .....	14
Gambar 2.4.	Skema proses pemantulan dan pembiasan pada (a) $\theta_p < \text{sudut Brewster}$ (b) $\theta_p = \text{sudut Brewster}$ .....	18
Gambar 2.5.	Contoh sifat optis kaca <i>tellurite</i> (a) transmitansi dari $\text{TeO}_2\text{-LiNbO}_3$ (b) absorbansi dari $\text{TeO}_2\text{-PbO-CdO}$ .....	22
Gambar 2.6.	Sistem pegas pada 2 bola.....	31
Gambar 3.1.	Diagram alir tahap-tahap eksperimen.....	38
Gambar 3.2.	Skema pengukuran Indeks Bias dengan metode <i>Brewster angle</i> .....	44
Gambar 4.1.	Kaca TZBN doping PbO.....	50
Gambar 4.2.	Pengukuran reflektansi Mode TE dan TM pada K1.....	53
Gambar 4.3.	Penentuan sudut <i>Brewster</i> pada K1 dari reflektansi dengan mode TM skala (a) $10^\circ$ , (b) $1^\circ$ dan (c) $0^\circ 10'$ ...	54
Gambar 4.4.	Spektrum absorbansi pada sampel K1, K2, K3, dan K4 pada panjang gelombang (350-800) nm (b) Spektrum absorbansi pada sampel K1, K2, K3, dan K4 pada panjang gelombang (360-400) nm.....	56
Gambar 4.5.	Grafik $(\alpha h\nu)^{1/2}$ dan $h\nu$ untuk <i>indirect band gap</i> pada (a) K1, (b) K2, (c) K3 dan (d) K4.....	59
Gambar 4.6.	Rentang transmitansi sampel K1, K2, K3 dan K4 pada daerah UV-VIS-IR.....	65
Gambar 4.7.	Spektrum IR pada K1, K2, K3, dan K4.....	67
Gambar 4.8.	Spektrum transmisi IR pada K1, K2, K3, dan K4.....	69
Gambar 4.9.	Kurva prediksi minimum loss pada sampel K1.....	71

## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Satuan
$T$ = Temperatur	$^{\circ}\text{C}$
$V_m$ = Volume molar	$\text{cm}^3/\text{mol}$
$\nu$ = Frekuensi	Hz
$\nu_m$ = Frekuensi vibrasi natural	H
$E_{gap}$ = Energi <i>band gap</i>	eV
$D$ = <i>Electric displacement</i>	m
$E$ = Medan listrik	V/m
$B$ = Medan magnet	Tesla
$h$ = Konstanta Plack	$(6,626 \times 10^{-34}) \text{ J.s}$
$c$ = Kecepatan cahaya	$(3 \times 10^8) \text{ m/s}$
$\epsilon_0$ = Permittivitas ruang hampa	$(8,854 \times 10^{-12}) \text{ C}^2/\text{N. m}^2$
$N_A$ = Bilangan Avogadro	$(6,022 \times 10^{23}) \text{ partikel / mol}$
$\lambda$ = Panjang gelombang	m
$\chi^{(1)}$ = Suseptibilitas linier	esu
$\chi^{(2)}$ = Suseptibilitas nonlinier orde kedua	esu
$\chi^{(3)}$ = Suseptibilitas nonlinier orde ketiga	esu
$n$ = Indeks bias	
$\theta_p$ = Sudut polarisasi	Derajat ( $^{\circ}$ )
$\theta$ = Sudut	Derajat ( $^{\circ}$ )
$R$ = Reflektansi	
$T$ = Transmittansi	%
$A$ = Absorbansi	
$d$ = Ketebalan kaca	cm
$\alpha$ = Koefisien absorbtivitas	$\text{cm}^{-1}$
$TE$ = <i>Transverse Electric</i>	
$TM$ = <i>Transverse Magnetic</i>	
$I$ = Intensitas cahaya	
$R_m$ = Refraksi molar	$\text{cm}^3/\text{mol}$
$\alpha_m$ = Polarisabilitas molekul	$\text{\AA}^3$
$\alpha_i$ = Polarisabilitas kation	$\text{\AA}^3$
$\alpha_{o2-}$ = Polarisabilitas ion oksida	$\text{\AA}^3$
$\Lambda$ = Basisitas optik dari medium	
$\rho$ = Densitas	$\text{gram}/\text{cm}^3$
$m$ = Massa	gram
$\mu$ = Massa reduksi	kg

## DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran 1.	Gambar Alat dan Bahan.....	82
Lampiran 2.	Data Pengukuran Densitas dengan Piknometer.....	85
Lampiran 3.	Data Pengukuran Indeks Bias.....	86
Lampiran 4.	Data Hasil Perhitungan Nilai Polarisabilitas Elektronik Ion Oksida dan Basisitas Optik Hasil Prediksi dan Pengukuran.....	89
Lampiran 5.	Perhitungan Massa Reduksi Kaca.....	111
Lampiran 6	Prediksi Minimum <i>Loss</i> .....	113

