

## ANALISIS FTIR DAN MINIMUM LOSS PADA KACA TELLURITE-BISMUTH-ZINC-PLUMBUM UNTUK APLIKASI FIBER OPTIK INFRARED

### FTIR ANALYSIS AND MINIMUM LOSS IN GLASS BASED TELLURITE-BISMUTH-ZINC-PLUMBUM FOR INFRARED FIBER OPTICS APPLICATIONS

Wahyudi<sup>1\*</sup>, A. Marzuki<sup>2</sup>, Cari<sup>3</sup>, A. Pramuda<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup>Program Studi Pendidikan Fisika STKIP PGRI Pontianak

<sup>2,3</sup>Program Studi Ilmu Fisika Program Pascasarjana UNS Surakarta

Diterima: 16 September 2013. Disetujui: 05 November 2013. Dipublikasikan: Januari 2014

#### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis spektrum *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan menentukan minimum loss dari kaca Tellurite-Bismuth-Zinc-Plumbum (TBZP) yang dipengaruhi oleh variasi (PbO). Kaca TBZP difabrikasi dengan teknik *melt quenching* dengan komposisi  $55\text{TeO}_2-2\text{Bi}_2\text{O}_3-[43-x]\text{ZnO}-x\text{PbO}$  (%mol) dengan  $x=2, 3, 4, 5$ . Hasil uji spektrum Fourier Transform Infra Red (FTIR) menunjukkan pita absorpsi terbesar berada pada panjang gelombang lebih dari 620nm. Absorbansi tersebut lebih diakibatkan oleh adanya transisi vibrasi pada daerah infrared. Minimum loss pada kaca TBZP diprediksikan secara teoritis melalui fitting data infrared edge dengan kurva Rayleigh scattering. Minimum loss kaca TBZP sebesar 2,94 dB/km hingga 2,35 dB/km pada  $\lambda=5534,2\text{nm}$  hingga  $5821,2\text{nm}$ . Nilai minimum loss menurun seiring pertambahan konsentrasi ion  $\text{Pb}^{2+}$  dalam kaca TBZP. Sifat tersebut menjadikan kaca ini sebagai kandidat yang baik untuk aplikasi yang menggunakan gelombang infrared seperti fiber optik infrared.

#### ABSTRACT

The aims of this research were to analyze the spectrum of Fourier Transform Infra Red (FTIR) and determine the minimum loss of Tellurite-Bismuth-Zinc-Plumbum (TBZP) based glass which affected by the variation of (PbO). The TBZP glass has been fabricated by melt quenching technique with composition  $55\text{TeO}_2-2\text{Bi}_2\text{O}_3-[43-x]\text{ZnO}-x\text{PbO}$  (mol%) with  $x=2, 3, 4, 5$ . Fourier Transform Infra Red (FTIR) spectra test results showed that the greatest absorption bands were at wavelengths over 620nm. Vibrational transition has the reason behind the absorbance in the infrared region. Minimum loss on glass TBZP theoretically was predicted by fitted data from the infrared edge and rayleigh scattering curve. The minimum loss of TBZP was of the range 2,94 dB/km to 2,35 dB/km at  $\lambda=5534,2\text{nm}$  to  $5821,2\text{nm}$ . The minimum loss of TBZP glass decreases as the  $\text{Pb}^{2+}$  content in glass increases. This makes these glasses are good candidate for IR-application such as infrared optical fiber.

© 2014 Jurusan Fisika FMIPA UNNES Semarang

**Keywords:** FTIR; glass; minimum loss; tellurite.

#### PENDAHULUAN

Kaca telah dikembangkan selama bertahun-tahun sebagai material untuk berbagai aplikasi di bidang optik dan fotonik diantara-

nya fiber optik, laser, *planar waveguide*, *ultra fast switching*, fotodetektor, *integrated optic*, dan lain sebagainya. Berbagai aplikasi tersebut membutuhkan spesifikasi kaca tertentu sehingga dapat bekerja dengan baik. Salah satu contoh aplikasi kaca dibidang optik yang marak dikembangkan adalah fiber optik. Sampai saat

\*Alamat Korespondensi:

Jl. Ampera No.88 Pontianak, 78116  
E-mail: wahyudi.kakap@gmail.com

ini, sebagian besar fiber optik terbuat dari bahan utama silika ( $\text{SiO}_2$ ). Bahan silika memiliki kelebihan seperti transparansi yang baik pada rentang panjang gelombang 0,2  $\mu\text{m}$  hingga 2  $\mu\text{m}$  dan memiliki sifat mekanis (uji tarik dan bending) yang kuat (Manning, 2011). Namun kaca silika juga memiliki berbagai kekurangan seperti memiliki non-lineritas optis yang rendah sehingga menjadikannya kurang baik dibandingkan dengan material yang ideal untuk aplikasi optoelektronik. Selain itu kaca silika juga memiliki kekurangan dalam hal transmisi pada daerah infrared. Hal ini dikarenakan kaca silika memiliki nilai absorpsi yang besar pada panjang gelombang infrared sekitar 3  $\mu\text{m}$  (Massera, 2009). Kekurangan kaca silika dalam hal transmisi pada daerah infrared dapat diatasi dengan menggunakan kaca yang terbuat dari bahan fluoride. Namun, kaca fluoride merupakan kaca yang sukar dibuat karena kestabilan pada fase *glass* sangat singkat dan mudah terbentuk kristal pada proses fabrikasi (Richards & Jha, 2011), sehingga kaca berbahan fluoride belum dapat diterima oleh industri komersil secara luas.

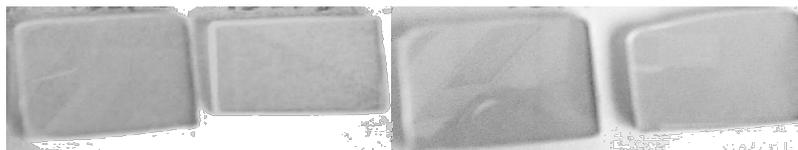
Material kaca yang menjanjikan yang dapat mentransmisikan cahaya pada daerah infrared melebihi kaca silika dan lebih stabil dari kaca fluoride adalah kaca tellurite. Kaca tellurite dapat bekerja hingga pada panjang gelombang mid-infrared yakni sekitar 5  $\mu\text{m}$ . memiliki stabilitas yang baik, homogenitas tinggi dan konduktivitas listrik yang relatif tinggi (Rajendran, 2000). Berbeda dengan kaca silikat, fosfat dan borat, kaca tellurite memiliki titik leleh yang rendah dan tidak adanya sifat higroskopis. Kaca tellurite juga memiliki densitas tinggi dan temperatur transformasi yang rendah (Mallawany, 2008). Indeks bias kaca ini sekitar 2,0. Tellurite juga memiliki panjang gelombang *cut off* yang panjang (Lezal *et al.*, 2001). Menurut Deen *et al.* (2008), kaca tellurite juga memiliki kekuatan mekanik yang baik dan transmisi yang optimum dari sinar tampak hingga mid-infrared. Puncak energi fonon kaca tellurite juga lebih kecil dibandingkan dengan kaca pospat, germanat dan *borate* (Deen *et al.*, 2008). Sifat tersebut yang sangat baik untuk generasi laser kaca pada panjang gelombang infrared. Penambahan  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  pada kaca tellurite dapat menaikkan viskositas kaca (Suri *et al.*, 2006) dan indeks bias kaca tellurite (Yousef *et al.*, 2007). Viskositas bahan kaca yang relatif tinggi akan menjadikan kaca stabil pada saat proses fabrikasi sehingga kaca lebih mudah terbentuk. Sedangkan penambahan

bahan dengan kemampuan polarisasi yang tinggi seperti  $\text{PbO}$  dapat menaikkan nonlinieritas optik kaca (Kim, 1993).

Aplikasi kaca sebagai bahan fiber optik telah dikembangkan dengan berbagai bahan. Namun, masing-masing bahan tersebut memiliki nilai loss (rugi-rugi) yang berbeda-beda pada daerah kerja (panjang gelombang) yang berbeda pula. Kaca tellurite-zinc memiliki ultra low loss sekitar 1 dB/km pada  $\lambda$  3,5  $\mu\text{m}$  hingga 4  $\mu\text{m}$  (Mallawany, 2002) sedangkan kaca fluoride memiliki loss sekitar 21 dB/km pada  $\lambda$  sekitar 2,52  $\mu\text{m}$  (Mitachi & Miyashita, 2007). Sehingga untuk aplikasi fiber optik infrared, kaca tellurite sebagai bahan fiber optik diyakini memiliki nilai loss yang terkecil pada daerah mid-infrared.

Kaca yang difabrikasi dalam penelitian ini menggunakan komposisi  $\text{TeO}_2\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-ZnO-PbO}$  dengan memvariasikan  $\text{PbO}$  dalam campuran bahan kaca. Banyak penelitian terdahulu yang mendesain kaca berbasis tellurite seperti yang direferensikan dalam penelitian. Namun, tidak ada komposisi yang baku dalam memfabrikasi sebuah kaca (Mallawany, 2008). Berbagai komposisi yang beragam dirancang untuk mendapatkan sifat kaca yang diinginkan sesuai dengan tujuan penelitian. Tidak semua komposisi bahan kaca dapat menghasilkan sebuah kaca karena hal tersebut tergantung pada daerah pembentukan kaca (*glass forming area*) yang ditentukan berdasarkan komposisi kaca. Beberapa penelitian terdahulu menggunakan bahan tellurite, bismuth, zinc, dan plumbum, namun belum ditemukan penelitian dengan komposisi bahan yang sama dengan komposisi bahan dalam penelitian ini. Komposisi bahan  $\text{TeO}_2\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-ZnO-PbO}$  dalam penelitian sudah dapat menghasilkan sebuah kaca (*TBZP*) dengan *glass forming area* tersendiri sehingga perbedaan komposisi bahan menjadi pembeda dengan penelitian lain. Penambahan atau variasi  $\text{PbO}$  pada kaca *TBZP* dalam penelitian ini bertujuan agar indeks bias kaca meningkat, *loss* pada kaca semakin kecil dan adanya pergeseran panjang gelombang pada daerah infrared terhadap transmisi kaca sehingga diketahui karakteristik transmisi kaca *TBZP* pada daerah infrared.

Berdasarkan penjelasan di atas maka permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimanakah karakteristik spektrum *FTIR* dan *minimum loss* kaca *TBZP* yang difabrikasi dengan variasi  $\text{PbO}$ . Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi  $\text{PbO}$  (% mol) dalam kaca *TBZP* terhadap ab-



**Gambar 1.** Kaca TBZP2, TBZP3, TBZP4 dan TBZP5

sorbansi/transmitansi pada spektrum Infrared dan mengetahui pengaruh variasi konsentrasi PbO (% mol) terhadap *loss* (rugi-rugi) kaca TBZP sehingga diperoleh rentang panjang gelombang infrared yang memiliki *loss* terkecil (*minimum loss*) pada kaca TBZP. Informasi-informasi tersebut berguna dalam mendesain sebuah divais optis dan fotonik yang bekerja dengan baik pada daerah panjang gelombang infrared seperti fiber optik infrared.

### METODE

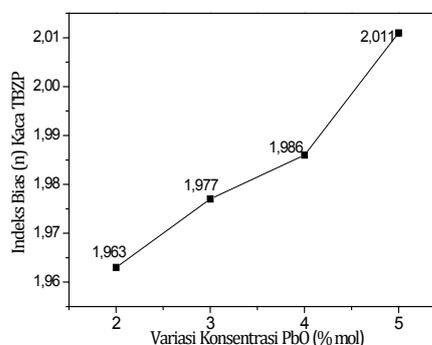
Kaca difabrikasi dengan teknik *melt quenching* dengan komposisi kaca  $55\text{TeO}_2 - 2\text{Bi}_2\text{O}_3 - [43-x]\text{ZnO} - x\text{PbO}$  (%mol) dengan  $x = 2, 3, 4, 5$ . Bahan pembuatan kaca yang digunakan yaitu Tellurite (IV) Oxide merek TECH kemurnian 99,99%, Bismuth (III) Oxide merek ALDRICH kemurnian 99,9%, Zinc Oxide merek BRATACO kemurnian 99,9% dan Lead (II) Oxide merek MERCK kemurnian 99%. Campuran bahan sebanyak 8 gram ditumbuk di dalam lumpang keramik kemudian dimasukkan ke dalam *crucible* platinum dan dilebur menggunakan furnace CARBOLITE™ pada suhu  $900^\circ\text{C}$  selama 1,5 jam. Leburan diaduk (*shake*) setiap 20 menit. Sampel kaca dicetak di dalam  *mold* berukuran (3,5x2,5x0,5)cm yang telah dipanaskan pada suhu  $250^\circ\text{C}$ . Setelah dicetak kaca didinginkan secara *natural cooling*. Salah satu sampel kaca TBZP diuji menggunakan *differential thermal analysis* (DTA) untuk menentukan kisaran suhu anealing. Sampel dianealing dengan furnace NABERTHERM™ pada suhu  $375^\circ\text{C}$  selama 6 jam kemudian didinginkan dengan *colling rate*  $2^\circ\text{C}/\text{menit}$  hingga mencapai suhu kamar. Permukaan sampel kaca dihaluskan menggunakan *polishing machine* secara tertahap dengan *sand paper* 1000, 2000 dan 4000. Indeks bias kaca diukur dengan metode sudut brewster. Absorbansi optis kaca pada daerah infrared diukur dengan Shimadzu FTIR dengan rentang bilangan gelombang  $4500\text{cm}^{-1} - 500\text{cm}^{-1}$ . Dari data absorbansi tersebut ditentukan nilai minimum loss pada kaca TBZP.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Kaca tellurite dengan sistem TBZP telah berhasil difabrikasi. Kaca TBZP dari hasil fabrikasi memiliki warna dasar kuning transparan (Gambar 1). Peningkatan konsentrasi ion  $\text{Pb}^{2+}$  dalam kaca tidak mempengaruhi warna dasar kaca tellurite. Fase amorf atau kristal pada kaca dapat dilihat dari sifat transparan kaca. Bahan tellurite yang bersifat transparan memiliki fase amorf. Sedangkan fase padatan dari bahan tellurite yang tidak transparan adalah fase kristal (Mallawany, 2002).

### Indeks Bias Kaca

Indeks bias kaca TBZP yang dihasilkan meningkat dari 1,949 hingga 2,011 seiring dengan meningkatnya konsentrasi ion  $\text{Pb}^{2+}$  dalam kaca (Gambar 2). Menurut Shelby (2005), nilai indeks bias suatu material dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kerapatan elektron, polarisabilitas, kerapatan kaca dan ekspansi thermal. Penambahan ion  $\text{Pb}^{2+}$  dalam bahan akan memutuskan ikatan Te-O-Te dan membentuk *non-bridging oxygen* (NBO) baru seperti Te-O- $\text{Pb}^{2+}$  dalam struktur kaca tellurite (Eraiah, 2010). Peningkatan jumlah *non-bridging oxygen* (NBO) akan meningkatkan indeks bias kaca karena kaca dengan jumlah NBO yang besar lebih dapat terpolarisasi sehingga terdapat hubungan yang proporsional antara polarisabilitas dengan indeks bias kaca (Mallawany *et.al.*, 2008).



**Gambar 2.** Grafik Indeks Bias Kaca TBZP

Pengaruh tingkat polarisabilitas terhadap indeks bias juga dapat dipahami dari Persamaan Lorentz-Lorenz (Dimitrov dan Komatsu, 2010) yang menunjukkan hubungan antara indeks bias kaca ( $n$ ), refraksi molar ( $R_m$ ) dan volum molar ( $V_m$ ) sebagai berikut.

$$n^2 = [1 + 2 (R_m/V_m)]/[1 - (R_m/V_m)] \quad (1)$$

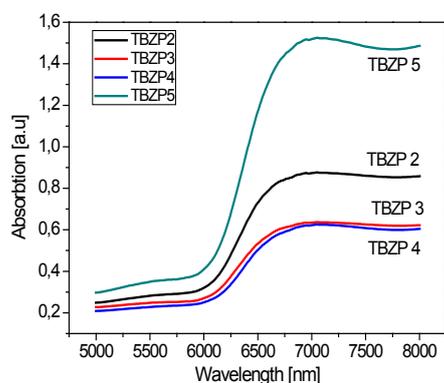
Jika  $R_m = 2,52 \alpha_m$  (Tichá *et.al*, 2004), dengan  $\alpha_m$  merupakan polarisabilitas molekul, maka Persamaan (1) akan menjadi sebagai berikut.

$$n^2 = [1 + 5,04(\alpha_m/V_m)]/[1 - 2,52(\alpha_m/V_m)] \quad (2)$$

Pada Persamaan (2), dapat dipahami bahwa jika polarisabilitas molekul meningkat maka indeks bias kaca juga akan meningkat. Penambahan konsentrasi ion  $Pb^{2+}$  akan meningkatkan polarisabilitas kaca sehingga indeks bias kaca TBZP meningkat.

#### Analisis FTIR dan Minimum Loss

Hasil uji FTIR menunjukkan cahaya lebih banyak ditransmisikan pada rentang panjang gelombang kurang dari 6000nm (Gambar 3). Sedangkan cahaya lebih banyak mengalami absorpsi pada panjang gelombang lebih dari 6500nm setelah melewati *IR edge* yang berada pada panjang gelombang sekitar 6250nm. Nilai absorpsi menurun mulai dari TBZP2, TBZP3 dan TBZP5 seiring dengan meningkatnya konsentrasi ion  $Pb^{2+}$  dalam bahan kaca TBZP yang memiliki ketebalan yang sama tiap sampel kaca. Namun, nilai absorpsi TBZP5 justru memiliki nilai absorpsi yang paling besar dibandingkan dengan komposisi lainnya setelah melewati *IR edge*.



**Gambar 3.** Grafik Absorbansi pada daerah Infrared Hasil Uji FTIR

Pada daerah infrared, absorpsi optis lebih diakibatkan oleh adanya transisi vibrasi, walaupun masih terdapat energi transisi elektronik, namun energi tersebut sangat lemah. Menurut Shelby (2005), absorpsi pada daerah infrared dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu: pertama, absorpsi karena *impurity* yang disebabkan oleh gas atau ikatan isotop hidrogen; kedua, adanya *infrared cutoff* atau *multiphonon edge*; dan ketiga, karena vibrasi struktur dasar. Ketika sumber sinar laser pada spectrophotometer memancarkan radiasi yang bersesuaian dengan panjang gelombang infrared dan mengenai sampel kaca maka terjadi interaksi yang menyebabkan molekul-molekul penyusun sampel kaca bergetar yang akan meningkatkan amplitudonya. Peningkatan amplitudo ini juga akan meningkatkan energi vibrasinya akibat adanya absorpsi pada frekuensi tertentu. Frekuensi penyerapan pada infrared ini adalah frekuensi yang bersesuaian dengan frekuensi dari vibrasi molekul-molekul tersebut.

Frekuensi dari absorpsi yang diakibatkan oleh transisi vibrasi ( $f$ ) secara matematis dapat dituliskan pada Persamaan (3) (Shelby, 2005).

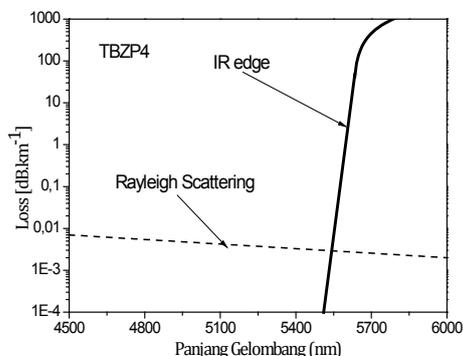
$$f = \left(\frac{1}{2\pi}\right) \sqrt{\frac{F}{\mu}} f = \left(\frac{1}{2\pi}\right) \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (3)$$

dengan  $F$  merupakan konstanta gaya dari ikatan antar atom dan  $\mu$  merupakan massa reduksi dari molekul. Konstanta gaya sebanding dengan kekuatan ikatan antar atom dan massa reduksi ditentukan berdasarkan massa atom.

Dengan menggunakan Persamaan (3), dapat diprediksikan bahwa absorpsi vibrasional akan bergeser menuju daerah infrared jika gaya ikat semakin lemah atau massa atom semakin besar. Pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa penambahan ion  $Pb^{2+}$  dalam kaca khususnya dari komposisi TBZP2, TBZP3 dan TBZP4, menjadikan kurva absorpsi pada *IR edge* atau *multiphonon edge* bergeser menuju panjang gelombang yang lebih panjang khususnya pada sekitar panjang gelombang 6250nm hingga 6500nm. Hal ini dikarenakan penambahan ion  $Pb^{2+}$  menjadikan massa reduksi total ( $\mu$ ) molekul penyusun bahan kaca TBZP akan bertambah. Bahan PbO yang digunakan untuk membuat kaca TBZP memiliki massa molekul relatif yang cukup besar yakni 223,20gram/mol. Bertambahnya massa reduksi total ( $\mu$ ) molekul penyusun bahan kaca TBZP menjadikan frekuensi vibrasi atom semakin

rendah. Karena frekuensi berbanding terbalik dengan panjang gelombang, maka kurva absorbansi vibrasional pada *IR edge* bergeser menuju panjang gelombang yang lebih tinggi.

Penentuan minimum loss kaca *TBZP* didapat dari perpotongan kurva *IR edge* dengan kurva rayleigh scattering pada grafik *loss* (dB/km) versus *wavelength* (nm) (Brady *et.al.*, 1998, Simpson, 2008, Lancry *et.al.*, 2009). Dari titik perpotongan tersebut diperoleh informasi panjang gelombang dengan loss yang terendah. Kurva *rayleigh scattering* diadopsi dari hasil penelitian penelitian Brady *et.al* (1998). Hasil grafik penentuan minimum loss kaca *TBZP* dapat dilihat pada Gambar 4 dan panjang gelombang dengan loss terendah ditampilkan pada Tabel 1.



**Gambar 4.** Kurva minimum loss kaca tellurite pada *TBZP4* dari hasil perpotongan kurva *IR edge* dengan kurva rayleigh scattering.

**Tabel 1.** Nilai loss dan panjang gelombang pada prediksi minimum loss kaca *TBZP*

Sampel	Prediksi Loss	
	Nilai Loss (dB/km)	$\lambda$ (nm)
TBZP2	2,94	5534,2
TBZP3	2,65	5663,7
TBZP4	2,51	5727,4
TBZP5	2,35	5821,2

Pada Tabel 1 dapat diketahui nilai minimum loss kaca tellurite berkisar antara 2,35 dB/km hingga 2,94 dB/km pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 5848,9nm hingga 5534,2nm. Penambahan konsentrasi ion  $Pb^{2+}$  menjadikan *loss* pada kaca *TBZP* menjadi semakin rendah. Hasil ini menunjukkan minimum loss pada kaca *TBZP* lebih berada pada daerah middle infrared (MIR). Jika diaplikasikan sebagai bahan fiber optik, maka fiber optik dengan bahan kaca *TBZP* yang dihasilkan pada penelitian ini me-

iliki *loss* yang jauh lebih rendah daripada fiber optik yang dijual secara komersial yang memiliki *loss* mencapai 5 hingga 50 dB/km (Saad, 2009).

Besarnya *loss* pada kaca dipengaruhi beberapa faktor intrinsik dan ekstrinsik (Feng *et.al.*, 2008). *Loss* secara ekstrinsik diakibatkan adanya beberapa pengotor atau ketidakmurnian dalam bahan baku kaca (Mallawany, 2002). *Loss* secara ekstrinsik lebih disebabkan oleh adanya penyerapan ultraviolet, penyerapan infrared dan rayleigh scattering (Saad, 2009). Rendahnya *loss* kaca *TBZP* yang difabrikasi dalam penelitian ini diperkirakan karena rendahnya penyerapan (absorbansi) pada daerah infrared. Kemudian dengan komposisi bahan yang digunakan, kestabilan kaca terhadap pengkristalan lebih kecil, sehingga nilai *loss* yang dipengaruhi oleh faktor rayleigh scattering (*loss* karena adanya penghamburan oleh kristal) kemungkinan kecil terjadi. Hal tersebut menjadikan kaca *TBZP* dalam penelitian ini memiliki *loss* yang kecil.

Kestabilan tiap kaca terhadap pengkristalan berbeda-beda. Semuanya dipengaruhi berbagai faktor seperti komposisi bahan, laju pendinginan saat fabrikasi dan sebagainya. Perbedaan tersebut dapat dilihat dari hasil temuan Lin *et.al* (2009) yang mendapatkan nilai *loss* terkecil pada kaca tellurite zinc natrium sekitar 0,24 dB/m hingga 0,7 dB/m pada panjang gelombang 1,55 $\mu$ m. Namun, nilai *loss* terkecil yang ditemukan oleh Lin *et.al* lebih berada pada panjang gelombang infrared jarak dekat (*near infrared*) sedangkan dalam penelitian ini, nilai *loss* terkecil kaca *TBZP* diperoleh pada panjang gelombang infrared jarak menengah (*middle infrared*). Dengan melihat karakteristik dari kaca yang dihasilkan ini, maka kaca *TBZP* yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan untuk membuat fiber optik yang dapat bekerja pada daerah mid-infrared.

Fiber optik yang dijual secara komersial dipasaran umumnya terbuat dari bahan silika ( $Si_2O$ ). Namun, fiber optik berbahan silika hanya dapat mentransmisikan gelombang pada rentang cahaya tampak dan memiliki *loss* yang cukup besar (Massera, 2009). Agar dapat mentransmisikan pada rentang gelombang infrared, maka modifikasi bahan pembuat kaca dan komposisi dilakukan pada berbagai penelitian salah satunya pada penelitian ini. Fiber optik infrared merupakan fiber optik yang dapat mentransmisikan radiasi gelombang pada rentang panjang gelombang infrared. Fiber optik infrared sangat giat dikembangkan karena ber-

bagai aplikasi dapat dirancang dengan menggunakan fiber optik infrared. Aplikasi yang dikembangkan saat ini dan masa depan dengan menggunakan fiber optik infrared sebagai sensor dan penguat transmisi antara lain; sensor kimia berbasis fiber optik infrared, radiometri berbasis fiber optik infrared, aplikasi penguat transmisi pada laser Er:YAG/CO<sub>2</sub>, pencitraan termal dan aplikasi lainnya (Harrington, 1999). Karakteristik bahan pembuat fiber optik infrared yang diinginkan adalah memiliki daya transmisi yang besar dan *loss* yang kecil pada panjang gelombang infrared salah satunya seperti karakteristik bahan yang dibahas dari penelitian ini.

### PENUTUP

Kaca TBZP telah berhasil difabrikasi dengan variasi konsentrasi PbO. Indeks bias kaca TBZP meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi ion Pb<sup>2+</sup> dalam kaca. Meningkatnya indeks bias kaca disebabkan meningkatnya polarisabilitas kaca akibat penambahan ion Pb<sup>2+</sup> yang membentuk non-bridging oxygen (NBO) dalam struktur kaca tellurite. Hasil uji FTIR menunjukkan absorbansi terbesar pada panjang gelombang lebih dari 6500nm setelah melewati *IR edge* yang berada pada panjang gelombang sekitar 6250nm. Absorbansi pada daerah infrared menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi ion Pb<sup>2+</sup> dalam bahan kaca TBZP dan menggeser kurva absorbansi vibrasional pada *IR edge* bergeser menuju panjang gelombang yang lebih tinggi. Penambahan konsentrasi ion Pb<sup>2+</sup> menjadikan *loss* pada kaca TBZP menjadi semakin rendah dengan kisaran 2,35 dB/km hingga 2,94 dB/km pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 5534,2nm hingga 5848,9nm. Hal ini menjadikan kaca TBZP baik untuk aplikasi divais optis dan fotonik yang bekerja pada daerah mid-infrared seperti fiber optik infrared.

### DAFTAR PUSTAKA

- Brady, D.J., Schweizer, T., Wang, J. & Hewak, D.W. 1998. Minimum Loss Predictions and Measurements in Gallium Lanthanum Sulphide based Glasses and Fibre. *Journal of Non-Crystalline Solid*. 242: 92-98.
- Deen, L.M.S.E., Salhi, M.S.A. & Kholy, M.M.E. 2008. IR and UV Spectral Studies for Rare Earths-doped Tellurite Glasses. *Journal of Alloys and Compounds* 465: 333-339.
- Dimitrov, D. & Komatsu, T. 2010. An Interpretation of Optical Properties of Oxides and Oxide Glasses in Term of The Electronic Ion Polarizability and Average Single Bond Strength (Review). *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy* 45(3): 219-250.
- Eraiah, B. 2010. Optical Properties of Lead-Tellurite Glasses doped with Samarium Trioxide. *Journal Bullk Material Science* 33(4): 391-394.
- Harrington, J.A. 1999. *Infrared Fiber Optics*. OSA Handbook, Vol. III. USA: McGraw Hill Publisher
- Kim, S.H., Yoko, T. & Sakka, S. 1993. Nonlinear Optical Properties of TeO<sub>2</sub>-Based Glasses: La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TeO<sub>2</sub> Binary Glasses. *Journal American Ceram Society* 76: 865-869.
- Lancy, M., Regnier, E. & Poumellec, B. 2009. *Fictive Temperature Measurements in Silicabased Optical Fibers and Its Application to Rayleigh Loss Reduction*, Optical Fiber New Developments, Christophe Lethien (Ed.). Croatia: In-Tech Europe.
- Lezal, D., Jitka, P., Petr, K., Jana, B., Marcel, P. & Jiri, Z. 2001. Heavy Metal Oxide Glasses: Preparation and Physical Properties. *Journal of Non-Crystalline Solid* 284: 288-295.
- Lin, A., Zhang, A., Bushong, E.J. & Toulouse, J. 2009. Single-Core Tellurite Glass Fiber for Infrared and Nonlinear Applications. *Journal of Optic Express*. OSA. Vol. 17(19), pp. 16716-16721.
- Mallawany, R.E. 2002. *Tellurite Glasses Handbook: Physics Properties and Data*. USA: CRC Press.
- Mallawany, R.E., Abdallah, M.D. & Ahmed I.A. 2008. New Tellurite Glass: Optical Properties. *Journal Material Chemistry and Physics* 109: 291-296.
- Manning, S. 2011. A Study of Tellurite Glass for Electro-optic Fibre Devices. A Thesis Doctor of Philosophy in the Faculty of Science School of Chemistry & Physics University of Adelaide. Australia.
- Massera, J. 2009. Nucleation and Growth Behavior of Tellurite-based Glasses Suitable for Mid-Infrared Applications. A Thesis Doctor of Philosophy of Material Science and Engineering of Clemson University. United States.
- Mitachi, S. & Miyashita, T. 2007. Preparation of low-loss fluoride glass fibre. *Electronic Letters*, Vol.18(4), pp.170-171. Artikel tersedia di <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp>, diakses pada tanggal 29 Nov 2012.
- Oo, H.M., Halimah, M.K. & Yusoff, W.M.D.W. 2012. Optical Properties of Bismuth Tellurite based Glasses. *International Journal of Molecular Science* 13: 4623-4631.
- Rajendran, V. 2000. Elastic properties of the lead containing bismuth tellurite glasses: An ultrasonic study. *Proceedings of 15th WCNDT*, 15-21 October 2000 at Rome, Italy.
- Richards, B.D.O. & Jha, A. 2011. Oxide Glasses for Mid-Infrared Lasers. Ar-

- tikel tersedia di <http://spie.org/x47665.xml?pf=true&ArticleID=x47665>, diakses pada tanggal 29 Nov 2012.
- Saad, M. 2009. Fluoride Glass Fibre: Atr of State. Proceeding of SPIE Vol. 7316. No.1-16.
- Shelby, J.E. 2005. Introduction to Glass Science and Technology 2nd edition. USA: The Royal Society Of Chemistry.
- Simpson, D.A. 2008. *Spectroscopy of Thulium Doped Silica Glass*. Thesis Submitted for the Degree of PhD Optical Technology Research Laboratory School of Electrical Engineering: University of Victoria. Australia.
- Suri, N., Bindra, K.S., Kumar, P., Kamboj, M.S. & Thangaraj, R. 2006. Thermal Investigations Ion Bulk Se(80-x) Te2O-Bix Chalcogenide Glass. Journal of Ovonic research 6(2)111-118.
- Tichá, H., Schwarz, J., Tichý, L. & Mertens, R. 2004. Physical Properties Of PbO-ZnO-P2O5 Glasses II. Refractive Index And Optical Properties. Journal of Optoelectronics and Advanced Materials 6(3): 747-753.
- Yousef, E., Houtzel, M. & Rüssel, C. 2007. Effect of ZnO and Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Addition on Linear and Non-linear Optical Properties of Tellurite Glasses. Journal of Non-Crystalline Solid 353: 333-338.