Fabrikasi Kaca *Tellurite Zinc Bismuth* Dengan Teknik *Melt Quenching*

Wahyudi, Lia Angraeni
Prodi Pendidikan Fisika Fakultas Pendidikan MIPA dan Teknologi
IKIP PGRI Pontianak
wahyudi.kakap@gmail.com

DOI: 10.20527/bipf.v6i2.4910

ABSTRAK: Penelitian ini betujuan untuk memfabrikasi kaca Tellurite Zinc Bismuth (TZB) denga teknik *melt quenching* dan mendeskripsikan mengenai kondisi fisika (warna dan transparansi) kaca TZB. Bahan kaca yang digunakan dalam penelitian ini yakni serbuk Tellurite Oxide (TeO_2) dengan kemurnian 99,99%, serbuk Zinc Oxide (ZnO) dengan kemurnian 99,9%, dan serbuk Bismut Oxide (Bi_2O_3) dengan kemurnian 99,9%. Komposisi yang digunakan adalah (80-x)TeO_2-20ZnO-$x$$Bi_2O_3$ dengan x=8,12,16 (mol%). Tahapan penelitian meliputi penyiapan alat dan bahan, pembuatan sampel dan karakterisasi sampel. Bahan dilebur di dalam *furnace* CARBOLITE^{TM} pada suhu 900^{o}C selama 1 jam kemudian dituang ke dalam *mold* (cetakan) berukuran (3,5x2,5x0,5) cm yang telah dipanaskan pada suhu 300^{o}C dan didinginkan secara *natural cooling*. Kaca TZB hasil fabrikasi seperti tampak transparan. Semua sampel kaca yang terbentuk berwarna kuning kehijauan (*lime*). Perlu dilakukan analisis lebih lanjut berupa UV-VIS untuk menentukan secara pasti pengaruh konsentrasi Bi_2O_3 sifat optis kaca TZB yang telah difabrikasi.

Kata Kunci: Kaca, Tellurite, TZB, *Melt Quenching*.

ABSTRACT: *This research aims to fabricate Tellurite Zinc Bismuth (TZB) glass with melt quenching technique and to describe the physical condition (color and transparency) of TZB glass. The glass materials used in this research are Tellurite Oxide (TeO_2) powder with 99.99% purity, 99.9% powder of Zinc Oxide (ZnO), and Bismuth Oxide (Bi_2O_3) powder with 99.9% purity. The composition used is (80-x) TeO_2-20ZnO-xBi_2O_3 with x = 8.12,16 (mol%). Research stages include preparation of tools and materials, sample preparation and sample characterization. The material is melted in a CARBOLITE^{TM} furnace at 900°C for 1 hour then poured into a mold (sized) size (3.5x2.5x0.5) cm which has been heated at a temperature of 300^{o}C and cooled by natural cooling. TZB glass fabrication results as it looks transparent. All glass samples are formed in greenish yellow (lime). Further analysis of UV-VIS is necessary to determine the exact effect of Bi_2O_3 concentration of the fabricated optical properties of glass TZB.*

Keywords*: Glass, Tellurite, TZB, Melt Quenching.*

PENDAHULUAN

Peranan material kaca di dunia modern menjadi penting mengingat kaca banyak digunakan dalam berbagai piranti rumah tangga, benda seni dan teknologi lanjut. Kaca umumnya dibuat dari bahan silika (*soda lime-silicate)* dengan komposisi 72% SiO_2, 14% Na_2O, 11% CaO dan 3% bahan campuran lainnya (Shelby, 2005). Namun, di bidang teknologi khususnya teknologi di bidang optik dan fotonik, bahan pembuat kaca sudah menggunakan berbagai bahan yang disesuaikan dengan aplikasi yang diinginkan.

Salah satu contoh aplikasi kaca di bidang optik yang marak dikembangkan adalah fiber optik. Sampai saat ini, sebagian besar fiber optik terbuat dari bahan utama silika (SiO_2). Bahan silika memiliki kelebihan antara lain memiliki transparansi yang baik pada rentang 0,2 µm hingga 2 µm, memiliki sifat mekanis (uji tarik dan bending) yang kuat (Manning, 2011). Selama 25 tahun terakhir ini, penelitian tentang material fiber optik terus mengalami perkembangan. Material fiber optik dikembangkan untuk mendapatkan sifat mekanik dan optik yang menyamai kaca silika namun lebih dapat bekerja pada gelombang *infrared*. Hal ini tentu menjadi keterbatasan bagi kaca silika yang hanya dapat mentransmisikan cahaya dengan baik pada panjang gelombang 0,2 µm hingga 2 µm. Sehingga untuk aplikasi yang menggunakan gelombang *mid-infrared* seperti sensor *infrared*, kaca silika tidak dapat digunakan dengan baik.

Salah satu material kaca yang menjanjikan untuk dapat mentransmisikan cahaya pada daerah *infrared* dan lebih stabil adalah kaca tellurite. Kaca tellurite dapat bekerja hingga pada panjang gelombang *mid-infrared* yakni sekitar 5 µm. Berbeda dengan kaca silika, fosfat dan borat, kaca tellurite memiliki titik leleh yang rendah dan tidak higroskopis. Kaca tellurite juga memiliki densitas tinggi dan temperatur transformasi yang rendah (El-Mallawany, 2002). Indek bias kaca ini sekitar 2,0. Telurite juga memiliki ultraviolet *cut off wavelength* sekitar 418 nm hingga 445 nm. Menurut Sharaf El-Deen, Al-Salhi, & Ekholy, (2008), kaca tellurite juga memiliki kekuatan mekanik yang baik dan transmisi yang optimum dari sinar tampak hingga *mid-infrared* (4,5 µm).

Penambahan konsentrasi ZnO dalam bahan menyebabkan pengurangan nilai energi *band gap* optik kaca tellurite (Rosmawati, 2008). Densitas kaca meningkat (5,43 g/cm^3 hingga 6,26

g/cm^3) dan juga indek bias meningkat (dari 1,97 hingga 2,12 pada λ=632,8 nm) seiring meningkatnya konsentrasi bismuth dalam bahan kaca tellurite (Oo dkk., 2012). Penambahan Bi_2O_3 pada kaca tellurite dapat menaikkan viskositas kaca dan indek bias kaca (Suri dkk., 2006).

Diharapkan dengan adanya penambahan konsentrasi bahan campuran seperti Zinc dan Bismuth dalam bahan kaca didapatkan kaca tellurite dengan indek bias yang tinggi serta energi *band gap* optik kaca yang relatif rendah. Selain itu, diharapkan kaca berbasis tellurite yang dihasilkan memiliki *minimum loss* pada daerah *infrared* sehingga dapat diaplikasikan sebagai bahan fiber optik *infrared*, sensor *infrared*, *host* material yang baik untuk penguat laser dan aplikasi-aplikasi lainnya.

Terdapat berbagai cara (teknik) yang dapat dilakukan dalam membuat kaca, namun teknik yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik *melt quenching*.

KAJIAN PUSTAKA

Menurut Shelby (2005), kaca didefinisikan sebagai padatan amorf yang memiliki range keteraturan struktur atom yang pendek dan menunjukkan adanya daerah kaca transisi. Menurut ASTM (*American Society for Testing and Materials*), kaca merupakan produk anorganik yang dihasilkan dari leburan menjadi padatan melalui proses pendinginan tanpa menunjukkan adanya gejala kristalisasi. Dari definisi tersebut, kaca merupakan material non-kristalin yang diperoleh dengan proses *melt-quenching* (Yamane & Asahara, 2000). Namun, pengertian dari ASTM hanya terbatas pada bahan anorganik dan terbatas pada teknik *melt-quenching*. Padahal setiap bahan, anorganik, organik, atau logam, yang dibuat dengan teknik tertentu yang memperlihatkan ketidakteraturan susunan atom dan gejala kaca transisi disebut kaca. Selain teknik pendinginan leburan (*melt quenching*) material, kaca juga dapat dibuat dengan teknik pengendapan uap (*vapor deposition*) dan proses *sol-gel* (Shelby, 2005). Namun, teknik yang paling banyak digunakan saat ini adalah teknik pendinginan leburan (*melt quenching*) material. Teknik ini lebih mudah, efesien dan mampu memproduksi dalam jumlah yang besar.

Leburan material akan menjadi material padat berupa kristal atau kaca jika leburan tersebut didinginkan. Namun, struktur material yang terbentuk baik kaca ataupun kristal tergantung pada proses laju pendinginan. Jika

leburan material didinginkan dengan laju pendinginan lambat maka akan terbentuk suatu material dengan struktur atom yang teratur dan bersifat stabil dan mempunyai volume yang relatif kecil dan enthalpi yang relatif kecil yang disebut kristal. Namun apabila laju pendinginan dilakukan secara cepat maka terbentuk material yang struktur atomnya tidak teratur.

Pembentukkan kaca terjadi ketika leburan didinginkan menunjukkan adanya gejala kaca transisi. Kaca transisi merupakan fenomena perubahan fase suatu bahan dari fase cair ke fase padatan. Kaca pada suhu rendah berbentuk material amorf yang keras dan pada saat dipanaskan akan meleleh dan membentuk cairan. Tetapi, sebelum pelelehan akan terjadi keadaan seperti karet yang disebut dengan *rubbery*. Suhu dimana kaca yang keras berubah menjadi keadaan *rubbery* disebut suhu transisi kaca (T_g). Besaranya suhu transisi kaca (T_g) mendekati 2/3 dari suhu titik leburnya (T_m) (Ameida, 2005).

Tellurium oksida (TeO_2) merupakan bentuk oksida yang paling stabil dari tellurite (Te). Kaca tellurite murni memiliki suhu melting (T_m) sekitar 733^{o}C dan suhu kaca transisi (T_g) sekitar 484^{o}C, sedangkan kaca tellurite yang dicampur dengan bahan bismuth dan zinc (TZB) memiliki suhu kaca transisi (T_g) sekitar 330^{o}C (Massera, 2009). Kaca tellurite mimiliki warna *lime green* semi-transparan yang sangat pucat (Lambson dkk. dalam Rosmawati (2008). Paparan sinar-x menggunakan *Debye-Scherrer Powder Camera* pada kaca tellurite menunjukkan pola penyebaran spektrum melingkar yang menunjukan karakteristik dari sebuah kaca. Pengujian dengan mikroskop elektron menggunakan teknik *plastic replica* menunjukkan adanya pemisahan fase pada kaca tellurite. Hasil analisis thermal menunjukkan bahwa kaca tellurite memiliki suhu transformasi kaca sekitar 320^{o}C dan koefisien ekspansi linier dalam rentang suhu 0-320^{o}C sebesar 15,5 x 10^{-6} $^oC^{-1}$ (Lambson dkk. dalam Rosmawati, 2008).

Kaca telurite memiliki stabilitas kimia dan fisik yang baik. Densitas kaca tellurite murni sekitar 5,101 gram/cm^3 (Lambson dkk. dalam Mallawany, 2002), untuk kaca tellurite-bismuth berkisar (5,43-6,26) gram/cm^3 (Oo dkk., 2012), untuk kaca tellurite-zinc berkiar (4,806-5,283) gram/cm^3 (Rosmawati, 2008) dan untuk kaca tellurite-bismuth-zinc berkiar (6,15-6,18) gram/cm^3 (Massera, 2009). Tingkat kelarutan ion tanah jarang dalam *host* kaca tellurite sangat tinggi.

Kaca tellurite juga memiliki kekuatan mekanis yang baik. Kaca

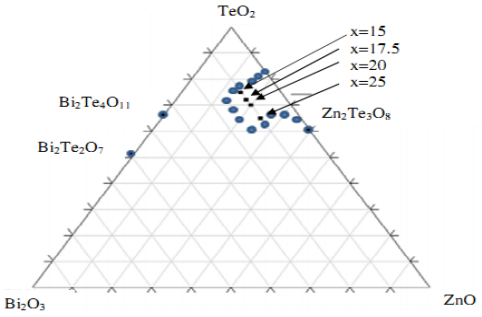
tellurite murni memiliki modulus young sekitar 50,70 Gpa dan modulus bulk sekitar 31,70 GPa (Lambson dkk. dalam El-Mallawany, 2002). Kaca tellurite-zinc memiliki *modulus longitudinal* berkisar (55,90-56,71) GPa, modulus shear berkisar (19,93-20,50) GPa, modulus bulk berkisar (30,66-28,04) GPa dan modulus young berkisar (47,10-51,37) Gpa (Rosmawati, 2008). Tingkat kompresibilitas (V/V_0) kaca tellurite murni berkisar 0,971-0,836 dengan kisaran tekanan (1-10)x10^9 Pa (El-Mallawany, 2002).

Kaca tellurite telah diteliti selama bertahun tahun. Beberapa komposisi hasil penelitian selama sepuluh tahun terakhir yang sudah pernah dibuat ditampilkan pada Tabel 1.

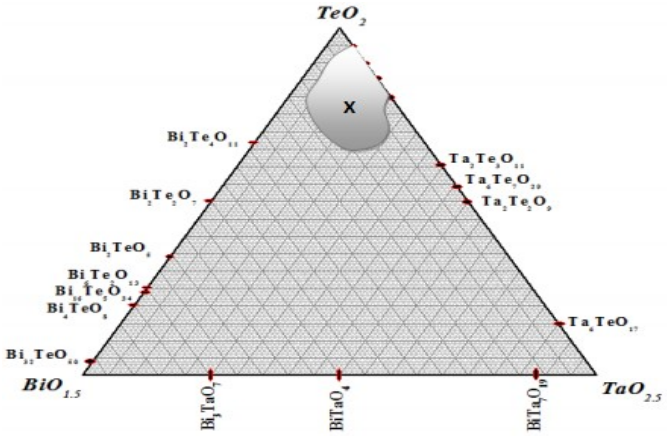
Tabel 1 Penelitian Kaca Tellurite selama Sepuluh Tahun Terakhir

No	Komposisi	Peneliti/tahun
1	(100-x)TeO_2-xZnO	Rosmawati (2008)
2	(90-x)TeO_2-10Bi_2O_3-xZnO	Massera, (2009)
3	60TeO_2-(40-x)PbO-xSm_2O_3	Eraiah (2010)
4	80TeO_2-10ZnO-10Na_2O	Savelii dkk. (2011)
5	(100-x)TeO_2-xBi_2O_3	Oo dkk. (2012)
6	60TeO_2-xBi_2O_3-(30-x)-B_2O_3-10ZnO	Kundu dkk. (2014)
7	60TeO_2-xBi_2O_3-(30-x)-B_2O_3-10ZnO	Sayyed (2016)

Kaca yang dibuat untuk apalikasi tertentu memerlukan sifat tertentu pada kaca. Sifat atau karakteristik kaca tersebut dapat ditentukan dengan mengatur komposisi dari bahan kaca tersebut. Namun, dalam fabrikasinya tidak semua kaca yang dibuat dengan menggunakan bahan tertentu dan dengan komposisi tertentu akan menghasilkan kaca dengan baik. Untuk sistem kaca ternary, terdapat daerah-daerah (komposisi) tertentu dalam diagram fase (Gambar 1 dan Gambar 2) yang akan mudah terbentuknya sebuah kaca.



Gambar 1 Diagram daerah pembentukan kaca TeO_2-Bi_2O_3-ZnO (Massera, 2009)



Gambar 2 Diagram daerah pembentukan kaca TeO_2-Bi_2O_3-Ta_2O_5 (Yakine, Chagraoui, Moussaoui, & Tairi, 2012)

Pada Gambar 1, ditampilkan diagram daerah pembentukan untuk kaca TeO_2-Bi_2O_3-ZnO (Massera, 2009). Pada gambar tersebut kaca tellurite lebih mudah terbentuk pada daerah yang ditunjuk oleh anak panah. Tanda bulatan hitam besar merupakan batasan daerah pembentukan kaca. Pada daerah bertanda hitam besar, kaca telluirte yang terbentuk sebagian besar mengandung kristal tellurite. Sama halnya dengan Gambar 2, daerah pembentukan kaca tellurite yang sangat stabil atau terhindar dari kristalisasi adalah yang bertanda *x* (Yakine dkk., 2012). Selain komposisi, keberhasilan dalam membuat kaca juga ditentukan oleh laju pendinginan leburan. Kaca akan mudah terbentuk dan terhindar dari kristalisasi jika pendinginan dilakukan secara cepat.

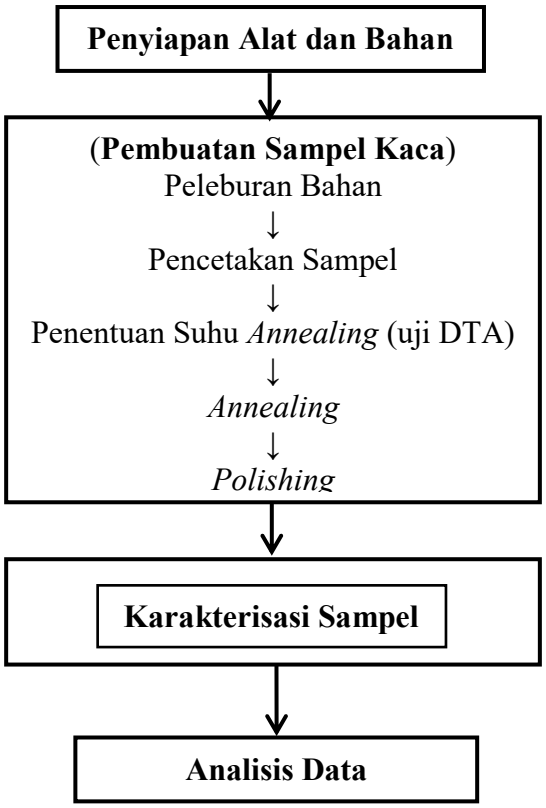
Analisis thermal digunakan untuk menentukan beberapa sifat penting dari kaca diantaranya untuk menentukan indikator stabilitas terhadap kristalisasi, menentukan kecenderungan pembentukan kaca (*glass-forming tendency*) dan energi aktivasi dalam proses kristalisasi pada kaca. Analisis thermal dapat dilakukan dengan menggunakan alat *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) atau *Differential Thermal Analyzer* (DTA) (Ozawa, 1999). Prinsip kerjanya adalah mendeteksi perubahan panas yang meningkat selama transformasi eksotermik dan penyerapan panas selama transformasi endotermik.

Karakteristik lain yang sangat penting selain sifat thermal pada kaca adalah indek bias. Indek bias merupakan perbandingan kecepatan cahaya di dalam ruang hampa dengan kecepatan cahaya dalam suatu materi. Jika cahaya merambat pada suatu materi baik zat

padat maupun zat cair maka kecepatan perambatannya akan berubah sesuai dengan indek bias materi yang dilaluinya. Cahaya yang ditransmisikan dari suatu medium ke medium lainnya, misalnya dari udara ke kaca akan mengalami pembiasan atau pembelokkan yang disebabkan adanya perubahan kecepatan cahaya dalam medium akibat adanya interaksi antara cahaya dengan elektron dari atom suatu medium.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah eksperimen. Eksperimen yang dilakukan untuk memfabrikasi kaca dengan teknik *melt quenching*. Penelitian dilakukan dengan mencari komposisi kaca yang tepat sehingga dihasilkan kaca TZB (*Tellurite Zinc Bismuth*) yang transparan. Kegiatan diawali dengan pencarian komposisi bahan kaca serta perlakuan atau keadaan fabrikasi yang tepat dan pas sehingga terbentuk kaca yang transparan. Sampel kaca yang tela dufabrikasi kemudian di karakterisasi setelah melewati perlakukan *polishing*. Analisis kondisi fisika kaca TZB berupa pengamatan warna dan kondisi transparansi kaca.



Gambar 3 Bagan Alur Penelitian

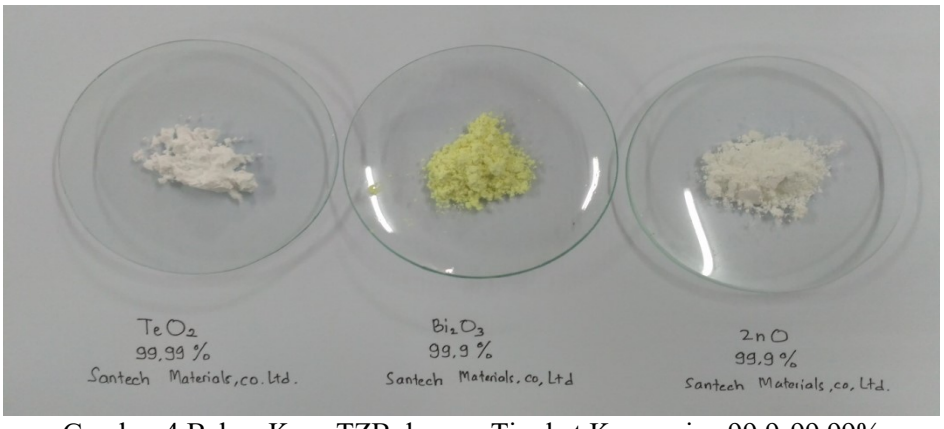
Penelitian dilakukan dengan membuat sampel kaca terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan karakterisasi dari sampel kaca tersebut. Tahapan penelitian meliputi penyiapan alat dan bahan, pembuatan sampel dan karakterisasi sampel. Tahap penyiapan terdiri dari penimbangan komposisi dan homogenisasi melalui penumbukan campuran bahan. Tahap pembuatan sampel terdiri dari peleburan, pencetakan sampel, *annealing* dan *polishing*. Tahap karakterisasi dalam penelitian ini dilakukan pada karakteristik sifat fisik kaca yang terbentuk terutama pada sifat transparansi kaca.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fabrikasi kaca TZB dilakukan dengan teknik *melt quenching*. Proses fabrikasi diawali dengan penyiapan bahan (Gambar 4) sebelum dilakukan peleburan. Perhitungan komposisi telah dilakukan dengan perhitungan stoikiometri dengan komposisi (80-x)TeO_2-20ZnO-$x$$Bi_2O_3$ dengan x= 8, 12, 16 (mol%) didapatkan massa serbuk masing-masing bahan kaca sesuai yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Massa Bahan Kaca Berdasarkan Komposisi

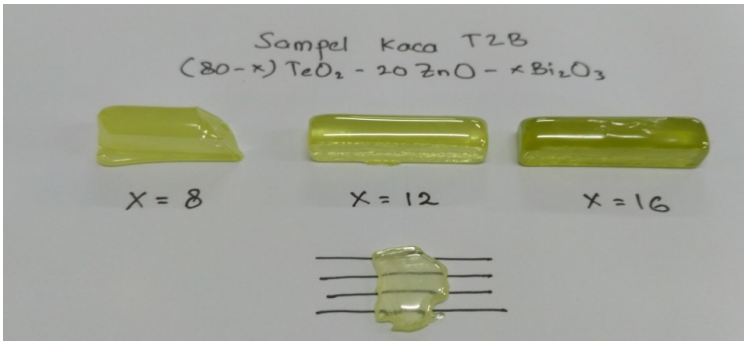
No	Bahan	Massa Bahan berdasarkan Komposisi (Gram)		
		X=8	X=12	X=16
1	TeO_2	6,82	6,01	5,05
2	ZnO	0,97	0,90	0,80
3	Bi_2O_3	2,21	3,09	4,15
TOTAL		10,00	10,00	10,00



Gambar 4 Bahan Kaca TZB dengan Tingkat Kemurnian 99,9-99,99%

Kaca TZB hasil fabrikasi seperti tampak pada Gambar 5 yang terlihat transparan. Fase amorf atau kristal pada kaca dapat dilihat dari sifat transparan kaca. Bahan tellurite yang bersifat transparan memiliki fase amorf. Fase

padatan dari bahan tellurite yang tidak transparan adalah fase kristal. Perlu dilakukan analisis yang mendalam menggunakan *Differential Thermal Analysis* (DTA) dan Difraksi sinar-X (XRD) untuk mengetahui apakah kaca yang dihasilkan memiliki fase kristal atau amorf.



Gambar 5 Sampel Kaca (80-x)TeO_2-20ZnO-xBi_2O_3 dari Proses *Melt Quenching*

Pada proses hasil fabrikasi diperoleh tingkat akurasi penimbangan massa bahan kaca hanya sampai pada 0,01 gram karena keterbatasan neraca massa dengan akurasi yang tinggi (Gambar 6). Kemudian bahan yang telah ditimbang selanjutnya dicampur dan dimasukkan ke dalam lumpang untuk di tumbuk agar ukuran partikel bahan menjadi lebih kecil.

(a)

(b)

Gambar 6 (a) Proses Penimbangan Bahan dengan Akurasi 0,01g.
(b) Proses Penumbukkan Bahan Kaca TZB.

Kemudian dilanjutkan pada proses peleburan (*melt quenching*) yang dilakukan dengan cara memanaskan campuran bahan yang telah dimasukkan ke *crucible* ke dalam furnace (Gambar 7.a). Suhu awal pemanasan 30^0C kemudian dinaikkan pada suhu peleburan 900^0C selama 1 jam. Dilakukan pengadukkan (*shake*) tiga kali setiap interval 20 menit (Gambar 7.b). Tujuan pengadukan adalah untuk meningkatkan homogenitas bahan

leburan melalui konveksi dan inter difusi dari atom-atom penyusunnya. Pada saat diaduk, leburan terlihat bening. Hal ini ditandai dengan terlihatnya bagian dasar *crucible*. Pengadukan ini dilakukan berulang-ulang pada suhu maksimum yang stabil (900^{o}C). Pada saat pengadukan, seringkali terlihat adanya gelembung-gelembung di dasar *crucible*. Jika gelembung-gelembung tersebut tidak hilang maka suhu leburan dinaikkan menjadi 950^{o}C, dan ketika sudah gelembung tersebut hilang, suhu *furnace* dikembalikan menjadi 900^{o}C.

(a) (b)

Gambar 7 (a) Proses Peleburan Bahan (*Melt Quenching*).
(b) Proses Pengadukan (*shake*) leburan TZB.

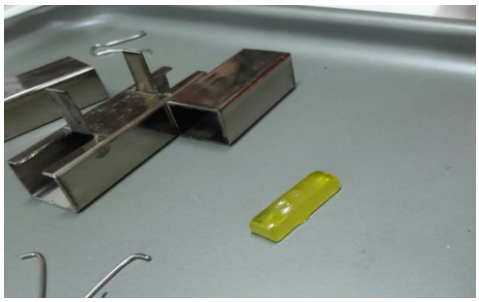
Setelah dilebur kemudian dilakukan pencetakkan bahan campuran kedalam cetakan (*mold*) yang telah dipanaskan pada suhu 30^{0}C di dalam oven (Gambar 8.a). Pemanasan ini agar kaca tidak pecah saat didinginkan secara *natural cooling*. Setelah dilakukan penuangan bahan ke dalam cetakkan kemudian cetakkan yang berisi bahan kembali dimasukkan ke dalam oven yang telah dimatikan agar bahan dingin secara alami (Gambar 8.b).

(a) (b)

Gambar 8 (a) Proses Penuangan Bahan ke dalam Cetakan (*Mold*).
(b) Proses Pendinginan Secara *Natural Cooling*.

Setelah leburan kaca didinginkan selama 15 menit, cetakkan kaca dibuka dengan perlahan agar tidak pecah. Cetakkan dibuka muali dari penutup sisi cetakkan kemudian dilanjutkan dengan pelepasan rangka cetakkan (Gambar 9). Setelah kaca terlepas dari cetakkan selanjutnya dilakukan perapian struktur sampel dan diakhiri dengan *labeling* masing-masing sampel kaca.

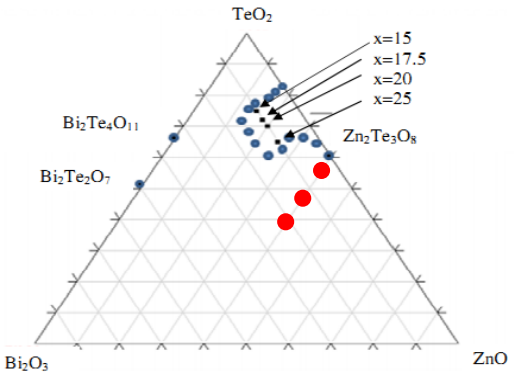
(a)



(b)

Gambar 9 Proses Pelepasan Sampel dari Cetakkan (*Mold*)

Dari hasil propotype sampel kaca TZB diperoleh hasil bahwa 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 (Wahyudi dkk., 2014). Untuk sistem kaca ternary, terdapat daerah-daerah (komposisi) tertentu dalam diagram fase (Gambar 10) yang akan mudah terbentuknya sebuah kaca.

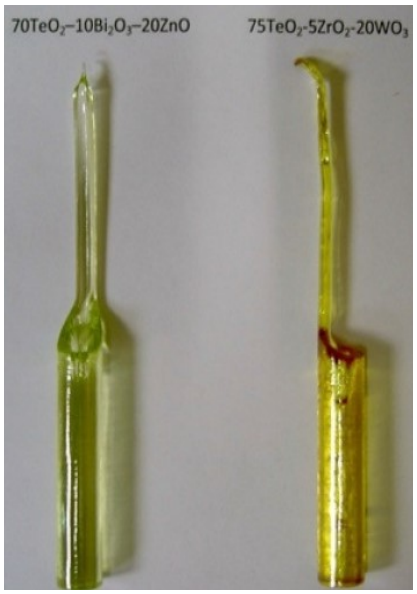


Gambar 10 Diagram daerah pembentukan kaca TeO_2-Bi_2O_3-ZnO (Massera, 2009)

Hasil Penelitian Massera (2009) pada Gambar 10, di atas kaca tellurite lebih mudah terbentuk pada daerah yang ditunjuk oleh anak panah. Tanda bulatan hitam besar merupakan batasan daerah pembentukan kaca. Pada daerah bertanda hitam besar, kaca telluirte yang terbentuk sebagian besar mengandung

kristal tellurite. Namun, penelitian ini mencoba memfabrikasi salah satu sampel yang berada di luar komposisi daerah pembentukan kaca yang telah ditentukan oleh Massera. Daerah tersebut terlihat dari titik meah pada Gambar 8 dengan komposisi bahan (80-x)TeO_2-20ZnO-xBi_2O_3. Hasil menunjukkan bahwa diluar daerah yang telah ditentukan masih dimungkinkan ternetuk kaca seperti yang telah difabrikasi dalam penelitian ini tepatnya pada x=16 (Gambar 10).

Semua sampel kaca yang terbentuk berwarna kuning kehijauan (*lime*) dengan gradasi semakin hijau pada konsenmtrasi bismuth yang semakin tinggi. Menurut Konishi dkk., (2003), warna pada kaca dapat disebabkan oleh penambahan ion logam transisi, ion tanah jarang atau suspensi koloid partikel logam. Efek warna pada kaca secara umum dibuat dengan mencampurkan bahan kaca dengan ion logam transisi 3*d* atau ion tanah jarang transisi 4*f* (lantanida), dimana warna muncul dari sebuah efek yang disebut efek medan *ligan* (Shelby, 2005). Namun dalam penelitian ini, bahan baku kaca (tellurite-zinc-bismuth) tidak menggunakan logam transisi dan ion tanah jarang sehingga warna kuning kehijauan pada kaca TZB lebih disebabkan oleh suspensi koloid partikel bismuth. Sehingga kaca TBZ lebih berwarna kuning-kehijauan. Sampel kaca yang dhasilkan dalam penelitian ini serupa dengan temuan Massera (2009) yang tampak pada Gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11 Sampel Kaca Tellurite yang dihasilkan dari Penelitian Massera (2009).

Warna kuning kehijauan pada kaca TZB lebih disebabkan oleh suspensi koloid partikel bismuth tersebut memiliki ukuran yang bersesuaian dengan panjang gelombang kuning sehingga ketika seberkas cahaya polikromatik masuk ke dalam kaca maka panjang gelombang kuning diserap sedangkan panjang gelombang lainnya akan dibiaskan. Hal ini menjadikan kaca TZB berwarna kuning kehijauan.

Penambahan Bi_2O_3 pada kaca tellurite selain berkontribusi pada

tampilan warna kaca juga dapat menaikkan viskositas kaca dan indek bias kaca Suri dkk., (2006). Selain menaikkan indek bias, penambahan Bi_2O_3 dalam campuran kaca tellurite dapat menaikkan densitas kaca dan menurunkan energi *band gap* kaca (Yousef dkk., 2007). Namun perlu dilakukan analisis lebih lanjut berupa UV-VIS untuk menentukan secara pasti pengaruh konsentrasi Bi_2O_3 sifat optis kaca TZB yang telah difabrikasi.

SIMPULAN

Berdasarkan tujuan dan hasil penelitan, maka dapat disimpulkan bahwa telah dilakukan fabrikasi kaca berbasis tellurite (TZB) komposisi (80-x)TeO_2-20ZnO-xBi_2O_3 dengan x= 8, 12, 16 (mol%) dengan teknik *melt quenching*. Semua sampel kaca yang terbentuk berwarna kuning kehijauan (*lime*) dengan gradasi semakin hijau pada konsenmtrasi bismuth yang semakin tinggi. Kaca yang dihasilakan dapat sebagai bahan dasar dalam pembuatan fiber optik *infrared*, sensor *infrared*, *host* material yang baik untuk penguat laser dan aplikasi-aplikasi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Ameida, R. (2005). Optical dan Glass Photonic: Lec7. Structures of Glass III and Phase Separation. In *Book Chapter. Lehigh University: Bethlehem.*

El-Mallawany, R. (2002). *Tellurite Glasses Handbook: Physics Properties and Data*. USA: CRC Press.

Eraiah, B. (2010). Optical Properties of Lead–Tellurite Glasses doped with Samarium Trioxide. *Journal Bullk Material Science*, *33*(4), 391–394.

Konishi, T., Hondo, T., Araki, T., Nishio, K., Tsuchiya, T., Matsumoto, T., … Inoue, S. (2003). Investigation of Glass Formation and Color Properties in The P2O5–TeO2–ZnO System. *Journal of Non-Crystalline Solids*, *324*(1–2), 58–66.

Kundu, R. S., Dhankhar, S., Punia, R., Nanda, K., & Kishore, N. (2014). Bismuth modified physical, structural and optical properties of mid-IR transparent zinc boro-tellurite glasses. *Journal of Alloys and Compounds*, (587), 66–73.

Manning, S. (2011). *A Study of Tellurite Glass for Electro-Optic Optical Fibre Devices*. Thesis Submitted for the Degree of PhD Faculty of Science: 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 Engeneering: Clemson University. United States.

Oo, H. M., Halimah, M. K., & Yusoff, W. M. D. . (2012). Optical Properties of Bismuth Tellurite based Glasses. *International Journal of Molecular Science*, *13*,

4623–4631.

Ozawa, T. (1999). Thermal Analysis-Review and Prospect. *Thermochimica Acta*, *355*, 35–42.

Rosmawati, B. H. (2008). *Elastic, Optical And Thermal Properties Of TeO2-ZnO And TeO2-ZnO-AlF3 Glass Systems*. Thesis Submitted for the Degree of PhD: University of Putra Malaysia. Malaysia.

Savelii, I., Jules, J. C., Gadret, G., Kibler, B., Fatome, J., El-Amraoui, M., … Smektala, F. (2011). Suspended Core Tellurite Glass Optical fibers for Infrared Supercontinuum Generation. *Optical Materials Journal*, (33), 1661–1666.

Sayyed, M. I. (2016). Bismuth modified shielding properties of zinc boro-tellurite glasses. *Journal of Alloys and Compounds*, (688), 111–117.

Sharaf El-Deen, L. ., Al-Salhi, M. ., & Ekholy, M. . (2008). IR and UV Spectral Studies for Rare Earths-doped Tellurite Glasses. *Journal of Alloys and Compounds*, *465*, 333–339.

Shelby, J. E. (2005). *Introduction to Glass Science and Technology 2nd edition*. USA: The Royal Society Of Chemistry. pp.202-221.

Suri, N., Bindra, K. ., Kumar, P., Kamboj, M. ., & Thangaraj, R. (2006). Thermal Investigations Ion Bulk Se(80-x) Te2O-Bix Chalcogenide Glass. *Journal of Ovonic Research*, *2*(6), 111–118.

Wahyudi, W., Marzuki, A., Cari, C., & Pramuda, A. (2014). Analisis FTIR dan Minimum Loss pada Kaca Tellurite-Bismuth-Zinc-Plumbum untuk Aplikasi Fiber Optik Infrared. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, *10*(1), 59–65.

Yakine, I., Chagraoui, A., Moussaoui, A., & Tairi, A. (2012). Synthesis And Characterization of New Amorphous And Crystalline Phases In Bi2O3-Ta2O5-TeO2 System. *Journal Mater Environ Science*, *3*(4), 776–785.

Yamane, M., & Asahara, Y. (2000). *Glasses for Phononics*. United Kingdom: Cambridge University Press.

Yousef, E., Hotzel, H., & Rüssel, R. (2007). Effect of ZnO and Bi2O3 addition on linear and non-linear optical properties of tellurite glasses. *Journal of Non-Cristaline Solids*, *353*(4), 333–338.