

**SIFAT MEKANIK DAN OPTIK KACA SENG-MAGNESIUM-
FOSFAT (ZnO-MgO-P₂O₅) DENGAN TEKNIK *MELT*
*QUENCHING***

SKRIPSI

Disusun untuk melengkapi syarat-syarat guna memperoleh gelar Sarjana Sains



*Building
Future
Leaders*

EKO BUDIYANTO

3225122063

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2016**

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

SIFAT MEKANIK DAN OPTIK KACA SENG-MAGNESIUM-FOSFAT (ZnO – MgO – P₂O₅) DENGAN TEKNIK MELT QUENCHING

Nama : Eko Budiyanto
No. Reg : 3225122063

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	: Prof. Dr. Suyono, M.Si NIP. 19671218 199303 1 005		9/8 2016
Wakil Penanggung Jawab			
Pembantu Dekan I	: Dr. Muktiningsih, M.Si NIP. 19640511 198903 2 001		9/8 2016
Ketua	: Dr. Anggara Budi Susila, M.Si NIP. 19601001 199203 1 001		3/8 2016
Sekretaris	: Riser Fahdiran, M.Si NIP. 19830717 200912 1 008		1/8 2016
Anggota			
Pembimbing I	: Prof. Dr. Agus Setyo Budi, M.Sc NIP. 19720728 199903 1 002		3/8 2016
Pembimbing II	: Dr. Erfan Handoko, M.Si NIP. 19571123 198703 1 002		1/8 2016
Penguji	: Dr. Mangasi Alion Marpaung, M.Si NIP. 19630426 198803 1 002		1/8 2016

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 26 Juli 2016.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini, mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta:

Nama : Eko Budiyanto

No. Registrasi : 3225122063

Jurusan : Fisika

Program Studi : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “**Sifat Mekanik dan Optik Kaca Seng-Magnesium-Fosfat ($ZnO-MgO-P_2O_5$) dengan Teknik *Melt Quenching***” adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri berdasarkan data yang diperoleh dan hasil penelitian pada bulan Januari 2016 sampai dengan Februari 2016.
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain atau jiplakan karya tulis orang lain atau bukan terjemahan karya tulis orang lain.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan saya bersedia menanggung segala akibat yang timbul jika pernyataan saya ini tidak benar.

Jakarta, Juli 2016

Yang membuat pernyataan



Eko Budiyanto

ABSTRAK

Eko Budiyanto. Sifat Mekanik dan Optik Kaca Seng-Magnesium-Fosfat (ZnO-MgO-P₂O₅) dengan Teknik *Melt Quenching*. Skripsi. Jakarta: Prodi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, 2016.

Pembentukan Kaca ZnO-MgO-P₂O₅ dengan penambahan komposisi ZnO antara 0-15 mol% telah berhasil dibuat dengan menggunakan teknik *Melt Quenching*. Kaca yang dibuat dikarakterisasi menggunakan difraksi sinar-X (XRD) untuk menganalisis struktur kristalnya, pengujian sifat mekanik dengan hardness vickers test, dan sifat optik dianalisis dengan photoluminescence spektroskopi. Analisis struktur kaca dari X-ray diffraction (XRD) menunjukkan bahwa kaca yang dibuat memiliki struktur amorf. Spektrum photoluminescence dominan memiliki emisi band pada pengamatan puncak di sekitar panjang gelombang 385nm. Sedangkan uji kekerasan dari kaca ZnO-MgO-P₂O₅ mengalami penurunan yang signifikan dengan semakin bertambahnya komposisi ZnO sebesar 5,082 – 1,993 GPa (gigapascal). Hubungan antara intensitas emisi dan puncak panjang gelombang dari ion seng dapat menunjukkan jumlah energi dari foton yang dipancarkan meningkat pada konsentrasi penambahan ion seng oksida sebesar 5 mol %. Dalam menganalisis spektrum photoluminescence faktor Q menjadi indikator untuk mengukur energi yang dihamburkan selama proses non radiasi. Penelitian ini menunjukkan bahwa faktor Q mengalami perubahan secara signifikan sehingga energi yang dihamburkan hampir sama.

Kata-kata kunci: kaca ZnO-MgO-P₂O₅; spektrum photoluminescence; melt quenching; XRD; uji kekerasan; faktor Q.

ABSTRACT

Eko Budiyo. Mechanical and Optical Properties of Glass Zinc-Magnesium-Phosphate ZnO-MgO-P₂O₅) by Melt Quenching Technique. Thesis. Jakarta: Department of Physics, Faculty Mathematics and Natural Sciences, State University of Jakarta, 2016.

Glass formation of ZnO-MgO-P₂O₅ with the addition of ZnO composition between 0-15 mol% has been by using techniques Melt Quenching. Glass were characterized using X-ray diffraction (XRD) to analyze the crystal structure, mechanical properties testing with vickers hardness test, and optical properties analyzed by a photoluminescence spectroscopy. Analysis of the glass structure of the X-ray diffraction (XRD) showed that the glass is made to have an amorphous structure. Photoluminescence spectrum has a dominant emission band on the observation of the peak around a wavelength of 385nm. While the hardness test of glass ZnO-MgO-P₂O₅ decreased significantly with the increasing ZnO composition of 5,082 – 1,993 GPa (Gigapascal). The relationship between emission intensity and peak wavelength of zinc ions can indicate the amount of energy of the emitted photon increases in the concentration of zinc oxide ion addition of 5 mol%. In analyzing the spectrum photoluminescence Q factor be an indicator for measuring the energy dissipated during the process of non-radiation. This study shows that the Q factor to change significantly so that the energy dissipated almost the same.

Keywords: *glass ZnO-MgO-P₂O₅; photoluminescence spectrum; melt quenching; XRD; hardness test: Q factor.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Sifat Mekanik dan Optik Kaca Seng-Magnesium-Fosfat (ZnO-MgO-P₂O₅) dengan Teknik *Melt Quenching*”**. Skripsi ini dibuat berdasarkan hasil studi literatur yang penulis lakukan dari buku-buku sumber, jurnal-jurnal, dan sebagainya.

Dalam penyusunan skripsi ini, tidak sedikit hambatan yang penulis hadapi karena keterbatasan kemampuan yang penulis miliki. Tetapi, atas bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, hambatan tersebut pun dapat penulis hadapi. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung membantu dalam penyusunan skripsi ini, terutama kepada :

1. Ibu Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si selaku ketua program studi Fisika.
2. Bapak Prof. Dr. Agus Setyo Budi, M. Sc selaku dosen pembimbing I yang dengan sabar membimbing, membantu, dan memberikan banyak masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Erfan Handoko, M.Si selaku dosen pembimbing II atas waktu bimbingan, masukan, dan saran-saran yang diberikan.
4. Bapak Dr. Anggara Budi Susila, M.Si selaku dosen pembimbing akademik.
5. Bapak Prof. Dr. Md Rahim bin Sahar selaku supervisor di Universiti Teknologi Malaysia (UTM) atas bimbingan, masukan, ilmu, dan saran-saran yang diberikan dalam penulisan skripsi ini.
6. Mentor-mentor di Universiti Teknologi Malaysia (UTM), yaitu Kak Puzi, Kak Nurulhuda, Kak Ezza, Kak Khamisah, Kak Amlah, dan Cek Wan Hairul atas bantuan konsultasi dan ilmu-ilmu yang diberikan selama proses penyusunan skripsi ini.
7. Kedua orang tua dan adik-adik tercinta yang selalu memberi dukungan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
8. Teman-teman tim skripsi, yaitu Indra Permana, Fathya Eliza Rosyadi dan Rizka Fatimah Kiranaatas kerja samanya.

9. Intan Khaerani, Hanifah Widya Putri, dan teman-teman Fisika 2012 yang selalu memberikan semangat bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini belum sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu, dengan rasa terima kasih, penulis menerima kritik dan saran untuk membangun kreatifitas penulis menjadi lebih baik. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat menambah ilmu pengetahuan bagi kita semua.

Jakarta, Juli 2016

Eko Budiyanto

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Perumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kaca	5
2.2 Fosfat Oksida (P ₂ O ₅)	7
2.3 Seng Oksida (ZnO)	8
2.4 Magnesium Oksida (MgO)	8
2.5 Sifat Mekanik	9
2.5.1 Uji Vickers Hardness	11
2.6 Sifat Luminescence	12
2.7 Teknik <i>Melt-Quenching</i>	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.3 Cara Kerja	15
3.3.1 Pembuatan Sampel Kaca	15
3.3.2 Analisis XRD	17
3.3.3 Uji Sifat Mekanik	17

3.3.4 Uji Sifat Luminescence	18
3.4 Diagram Alir Karakterisasi Sampel	19
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Hasil Difraksi Sinar-X dan Sifat Mekanik Kaca ZnO – MgO – P ₂ O ₅ ...	20
4.2 Sifat Optik Kaca ZnO-Mg)-P ₂ O ₅	22
BAB V KESIMPULAN	26
5.1 Kesimpulan	26
5.2 Saran.....	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN	31
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Ilustrasi Skematik Dua Dimensi Pada Susunan Atom, (a) Kristal dan (b) Kaca.....	5
Gambar 2. Kurva Pengaruh Temperatur Terhadap Entalpi dari <i>Glass Forming</i>	6
Gambar 3. Diagram Alir Pembuatan Kaca	16
Gambar 4. Diagram Alir Karakterisasi Sampel	19
Gambar 5. Pola XRD pada Sampel Kaca MgO-P ₂ O ₅	20
Gambar 6. Hubungan antara Nilai Kekerasan dengan Konsentrasi ZnO.....	21
Gambar 7. Spektrum Emisi Photoluminescence ($\lambda_{\text{exi}} = 300 \text{ nm}$).....	22
Gambar 8. Hubungan antara Intensitas Emisi dan Puncak Panjang Gelombang dari Ion Seng Oksida.	23
Gambar 9. Faktor Q	24

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Variasi Komposisi (mol%) Senyawa Seng-Magnesium-Fosfat.....	16
Tabel 2. Hasil Nilai Uji Kekerasan (HVN)	21

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kalkulasi Komposisi Kaca	31
Lampiran 2. Kalkulasi Nilai Kekerasan Sampel Kaca	34
Lampiran 1. Kalkulasi Nilai Q Faktor.....	36
Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian.....	37
Lampiran 1. Publikasi Ilmiah.....	41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kaca merupakan salah satu material yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari dalam berbagai bidang diantaranya industri, komunikasi dan elektronik. Kaca memiliki sifat khas seperti dapat ditembus oleh cahaya tampak dan sinar inframerah, amorf (non kristalin) dan keras namun rapuh terhadap benturan. Kaca dari segi fisika merupakan zat cair yang sangat dingin karena struktur partikel penyusunnya saling berjauhan. Ini disebabkan karena pendinginan secara cepat (*melt quenching*), sehingga partikel-partikelnya tidak sempat menyusun diri kembali secara teratur ^[1].

Bahan fosfat merupakan salah satu *host* dari kaca memiliki sifat khas yang menarik yaitu memiliki pengembangan termal yang besar, suhu lebur yang rendah dan transparansi yang tinggi dalam daerah sinar ultraviolet ^[2,3]. Selain itu juga, kaca fosfat relatif lebih mudah dibuat dan mempunyai kemampuan campuran komposisi kaca yang lebih luas ^[4]. Bahan ini mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia yang rendah, sehingga untuk memperbaiki kekurangan ini, kaca fosfat dicampur dengan element yang mempunyai elektron valensi tinggi. Kaca fosfat juga mempunyai sifat mekanik yang lebih kuat karena kaca fosfat mempunyai sifat higroskopik, sehingga dibutuhkan penambahan *modifier* untuk mengurangi sifat higroskopiknya ^[5].

Seng oksida (ZnO) telah menarik perhatian karena aplikasi yang menjanjikan untuk perangkat optoelektronik ^[6,7]. Sifat *luminescence* dari ZnO telah

banyak dilakukan penelitian untuk berbagai aplikasi dalam bidang optik. Terutama, ZnO sebagai kunci penting untuk pengembangan baru, material *scintillating* super-cepat. Hal ini disebabkan karena emisi *excitonic* dari ZnO berada di daerah dekat *band-gap* sekitar 380 nm ^[8]. Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan mengenai sintesis film ZnO, serbuk nano-partikel dan kristal tunggal ^[9,10], hanya sedikit perhatian yang diberikan pada ZnO untuk di aplikasikan pada pembuatan kaca yang ada dalam bentuk nanokristal dalam matriks kaca.

Young Seok Kim dkk (2008) telah melakukan penelitian tentang efek dari ZnO pada spektrum *photoluminescence* (PL) dalam matriks kaca P₂O₅-ZnO-B₂O₃ (ZBP) dan perubahan sifat PL ketika nanokristal ZnO tertanam dalam matriks kaca melalui perlakuan panas. Penelitian tersebut membandingkan perbedaan komposisi dari ZnO dalam matriks kaca. Young Seok Kim dkk menemukan bahwa emisi band yang dominan terjadi dapat diamati pada puncak sekitar panjang gelombang 388 nm ^[11].

Sedangkan Zhuo-hao Xiao dkk (2016) meneliti tentang sifat mekanik yaitu *hardness* dari matriks kaca lithium seng magnesium silikat dengan menggunakan teknik *melt-quenching*. Sifat kekerasan dari penelitian ini didapat mulai dari 5.58 – 6.65 GPa (gigapascal), hasil tersebut didapat dari pengurangan komposisi seng dan penambahan magnesium. Namun perlakuan panas yang diberikan juga memiliki peranan penting dalam mempengaruhi sifat kekerasannya ^[12].

Penambahan MgO telah terbukti efektif menghambat pertumbuhan butiran pada keramik dan meningkatkan kekuatan patah dengan mengubah mekanisme pertumbuhan retak pada skala nano ^[13]. MgO yang dipres digunakan sebagai bahan

optik. MgO ini tembus pandang dari 0,3 sampai 7 μm . Indeks biasnya 1,72 pada 1 μm dan bilangan Abbe = 53,58. Pada penelitian ini, penulis mencoba melakukan penelitian yang berjudul “Sifat Mekanik dan Optik Kaca Seng-Magnesium-Fosfat (Zn-MgO-P₂O₅)” dengan menggunakan teknik *melt-quenching* dan pengujian sifat mekanik (uji kekerasan) dan juga sifat optik *luminescence*.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat diidentifikasi masalah-masalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana sifat fisik kaca ZnO – MgO – P₂O₅ yang menggunakan teknik *melt quenching* ?
- b. Bagaimana sifat termal kaca ZnO – MgO – P₂O₅ yang menggunakan teknik *melt quenching* ?
- c. Bagaimana struktur kaca ZnO – MgO – P₂O₅ yang menggunakan teknik *melt quenching* ?
- d. Bagaimana sifat mekanik kaca ZnO – MgO – P₂O₅ yang menggunakan teknik *melt quenching* ?
- e. Bagaimana sifat optikal kaca ZnO – MgO – P₂O₅ yang menggunakan teknik *melt quenching* ?

1.3 Pembatasan Masalah

Permasalahan dari penelitian ini dibatasi sebagai berikut.

- a. Sifat mekanik yang di tinjau adalah uji kekerasan dari kaca ZnO – MgO – P₂O₅ yang menggunakan teknik *melt quenching*.
- b. Sifat optik yang di tinjau adalah *luminescence* dari kaca ZnO – MgO – P₂O₅ yang menggunakan teknik *melt quenching*.

1.4 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana cara mengkarakterisasi sifat mekanik dari kaca ZnO – MgO – P₂O₅ yang menggunakan teknik *melt quenching*?
- c. Bagaimana cara menganalisis *luminescence* dari kaca ZnO – MgO – P₂O₅ yang menggunakan teknik *melt quenching*?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mempelajari cara pembuatan kaca dengan teknik *melt quenching* dan mengetahui bagaimana pengaruh dari sifat mekanik dan sifat optik luminescence pada kaca ZnO – MgO - P₂O₅.

1.6 Manfaat Penelitian

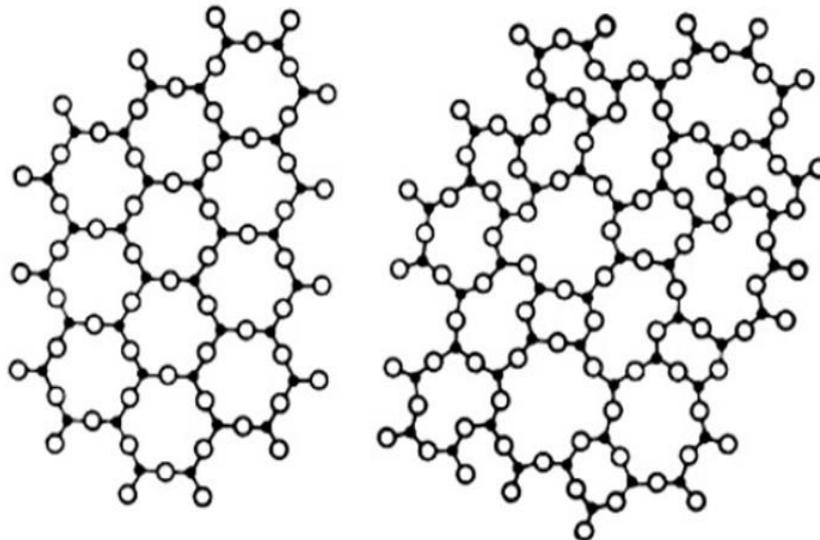
- a. Memberikan kontribusi di bidang material khususnya dalam penelitian mengenai kaca.
- b. Menjadi rujukan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kaca

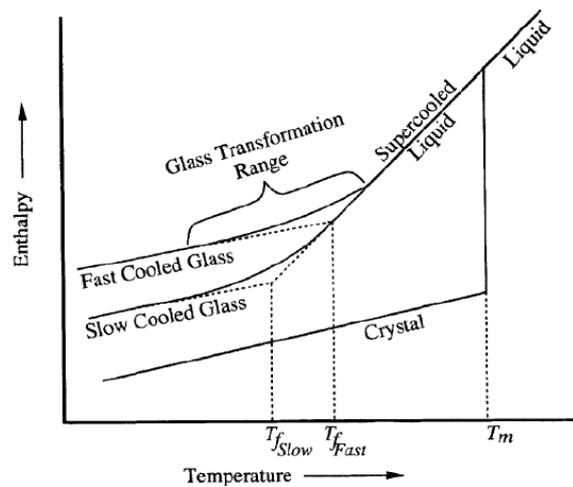
Menurut definisi *American Society for Testing and Materials* (ASTM) kaca adalah produk anorganik dari suatu peleburan yang didinginkan ke kondisi keras tanpa peng-kristalan. Kaca memiliki beberapa sifat unik seperti tingkat kekerasan yang tinggi, transparan pada suhu ruang, dan memiliki ketahanan korosi yang baik. Susunan atom dari kaca berbeda dengan susunan pada material kristal dan ketiadaan keteraturan jangka panjang, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Hal ini hampir menyerupai dengan susunan atom pada cairan.



Gambar 1. Ilustrasi Skematik Dua Dimensi Pada Susunan Atom, (a) Kristal dan (b) Kaca ^[14].

Setiap material yang menunjukkan perilaku transformasi kaca (*glass transformation*) adalah kaca. Perilaku *glass transformation* yakni keadaan keseimbangan dari cairan dan dari keadaan padatan beku. Proses transformasi kaca akan terjadi pada saat kaca dipanaskan. Pada saat suhu rendah, kaca yang berwujud

amorf akan mengeras. Kemudian setelah dipanaskan, kaca akan meleleh dan membentuk cairan. *Glass transformation* secara tradisional didasarkan pada diagram entalpi terhadap temperatur, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Ketika cairan didinginkan, struktur atom dari lelehan secara bertahap akan berubah dan akan terkarakterisasi dari suhu yang tepat dimana lelehan terjadi. Pendinginan ke suhu berapapun di bawah suhu leleh kristal biasanya akan mengubah suatu material ke keadaan kristal. Atom tersusun secara periodik dengan pembentukan jangka panjang. Jika hal ini terjadi, entalpi akan menurun tiba-tiba ke keadaan yang sesuai untuk terjadinya kristal. Pendinginan lanjutan kristal akan mengakibatkan penurunan lebih lanjut entalpi karena kapasitas panas dari kristal.



Gambar 2. Kurva Pengaruh Temperatur Terhadap Entalpi dari Glass Forming

Jika cairan bisa didinginkan di bawah suhu leleh kristal tanpa kristalisasi, *supercooled liquid* diperoleh. Struktur cairan terus tersusun ulang selama suhu menurun, tetapi tidak ada penurunan mendadak dalam entalpi karena penyusunan ulang struktur terputus. Selama cairan didinginkan lebih lanjut, viskositas meningkat. Kenaikan viskositas akhirnya menjadi begitu besar sehingga atom tidak bisa lagi sepenuhnya menyusun ulang ke struktur cairan yang seimbang selama

waktu tertentu. Saat entalpi mulai menyimpang dari garis ke-seimbangan, kurva kemiringan menurun secara bertahap, sampai akhirnya terpengaruh oleh kapasitas panas dari cairan beku yang mengakibatkan viskositas menjadi begitu besar. Akibatnya, struktur cairan menjadi tetap dan tidak lagi bergantung pada suhu. Daerah suhu yang terletak di antara batas *equilibrium liquid* dan *frozen liquid*, dikenal sebagai daerah transformasi kaca. Sehingga cairan yang membeku tersebut adalah kaca.

2.2 Fosfat Oksida (P₂O₅)

Bahan fosfat oksida (P₂O₅) secara intrinsik bersifat insulator, namun P₂O₅ juga bersifat sebagai semikonduktor tipe-*n* ketika disintesis dalam proses reduksi. Semikonduktor tipe-*n* mengalami kekurangan sedikit atom oksigen dalam perjalanannya menuju kisi kristalnya dan menghasilkan kekosongan oksigen terionisasi yang berperilaku sebagai donor. Bahan P₂O₅ mempunyai titik lebur 690°C, sehingga stabil pada temperatur sedang dan konduktivitasnya bergantung pada lingkungan atmosfer. P₂O₅ transparansi pada daerah panjang gelombang UV hingga 280 nm sehingga berpotensi untuk aplikasi *device* optoelektronik generasi baru sebagai TCO (*Transparent Conductive Oxide*) pada daerah UV^[15] karena hasil eksperimen menunjukkan bahwa fosfat oksida memiliki *band-gap* (celah pita) bervariasi antara 4,4,-4,8 eV. Bahan fosfat merupakan *host* dari pembuatan kaca karena memiliki sifat termal yang besar dan suhu lebur yang rendah. Selain itu, bahan fosfat relatif lebih mudah dibuat dan mempunyai kawasan campuran komposisi kaca yang lebih luas.

2.3 Seng Oksida (ZnO)

Seng oksida adalah senyawa anorganik dengan rumus molekul ZnO. Senyawa ini berbentuk bubuk berwarna putih yang tidak larut dalam air. Bubuk ini banyak digunakan sebagai bahan aditif dan banyak produk, seperti plastik, keramik, kaca, semen, karet (misalnya ban mobil), cat, salep, pelumas, perekat, baterai, dan lain-lain. ZnO memiliki berat molekul 81,408 gr/mol, densitas 5,606 gr/cm³, titik lebur 1975°C, dan titik didih 2360°C. Selain itu, memiliki indeks bias n_D sebesar 2,0041. Senyawa ini memiliki entalpi pembentukan standar -348,0 KJ mol⁻¹ dan entalpi molar standar 43,9 J mol⁻¹ K⁻¹. ZnO memiliki *band gap* (celah pita energi) relatif besar yaitu ~ 3,3 eV dan energi ikat eksitasi 60 MeV pada suhu kamar. Keuntungan terkait *band gap* yang besar, yaitu mampu bertahan pada medan listrik yang besar, suara elektronik yang lebih rendah, suhu yang tinggi, dan tingginya daya operasi. Kebanyakan ZnO memiliki karakteristik tipe-n.

2.4 Magnesium Oksida (MgO)

Magnesium oksida (MgO) dapat terbentuk sebagai mineral alam, dimana ditemukan pada batuan kapur metamorf dan dolomit metamorf, pada lahar gunung dan pada batu serpentinit. Dalam hal ini tidak membentuk deposit garam atau batuan, sebab dikonversi menjadi magnesium hidroksida dengan uap air di atmosfer. Magnesium oksida stabil dalam atmosfer oksida hingga 2300°C dan 1700°C dalam atmosfer reduksi. Sifat fisik magnesium oksida adalah: titik lebur 2800°C, kekerasan 5–6 skala Mohs, densitas 3,58 g/cm³, entalpi pembentukan 298 K = -14.900 KJ/kg.

Magnesium oksida mempunyai titik leleh yang sangat tinggi yaitu berkisar sekitar 2800°C. Sehingga magnesium oksida stabil pada temperatur tinggi. Oksida lain yang mempunyai titik leleh setinggi magnesium oksida maupun di atasnya yaitu thorium oksida dan uranium oksida. Tetapi kedua oksida tersebut merupakan senyawa radioaktif. Magnesium oksida diperingkatkan sebagai bahan isolator yang paling tahan panas untuk aplikasi praktek. Magnesium oksida juga mempunyai konduktivitas panas yang cukup baik. Magnesium oksida juga memiliki tahanan listrik yang sangat baik, sehingga banyak digunakan sebagai material insulator dengan karakteristik cenderung tidak berubah saat dipanaskan. Magnesium oksida juga merupakan material yang aman bagi tubuh manusia ^[16].

2.5 Sifat Mekanik

Sifat mekanik material, merupakan salah satu faktor terpenting yang mendasari pemilihan bahan dalam suatu perancangan. Sifat mekanik dapat diartikan sebagai respon atau perilaku material terhadap pembebanan yang diberikan, dapat berupa gaya, torsi atau gabungan keduanya. Dalam prakteknya pembebanan pada material terbagi dua yaitu beban statik dan beban dinamik. Perbedaan antara keduanya hanya pada fungsi waktu dimana beban statik tidak dipengaruhi oleh fungsi waktu sedangkan beban dinamik dipengaruhi oleh fungsi waktu. Untuk mendapatkan sifat mekanik material, biasanya dilakukan pengujian mekanik. Pengujian mekanik pada dasarnya bersifat merusak (*destructive test*), dari pengujian tersebut akan dihasilkan kurva atau data yang mencirikan keadaan dari material tersebut.

Setiap material yang diuji dibuat dalam bentuk sampel kecil atau spesimen. Spesimen pengujian dapat mewakili seluruh material apabila berasal dari jenis, komposisi dan perlakuan yang sama. Pengujian yang tepat hanya didapatkan pada material uji yang memenuhi aspek ketepatan pengukuran, kemampuan mesin, kualitas atau jumlah cacat pada material dan ketelitian dalam membuat spesimen. Sifat mekanik tersebut meliputi antara lain: kekuatan tarik, ketangguhan, kelenturan, keuletan, kekerasan, ketahanan aus, kekuatan impak, kekuatan mulur, kekeuatan leleh dan sebagainya. Sifat-sifat mekanik material yang perlu diperhatikan:

- Tegangan yaitu gaya diserap oleh material selama berdeformasi persatuan luas.
- Regangan yaitu besar deformasi persatuan luas.
- Modulus elastisitas yang menunjukkan ukuran kekuatan material.
- Kekuatan yaitu besarnya tegangan untuk mendeformasi material atau kemampuan material untuk menahan deformasi.
- Kekuatan luluh yaitu besarnya tegangan yang dibutuhkan untuk mendeformasi plastis.
- Kekuatan tarik adalah kekuatan maksimum yang berdasarkan pada ukuran mula.
- Keuletan yaitu besar deformasi plastis sampai terjadi patah.
- Ketangguhan yaitu besar energi yang diperlukan sampai terjadi perpatahan.
- Kekerasan yaitu kemampuan material menahan deformasi plastis local akibat penetrasi pada permukaan.

2.5.1 Uji Vickers Hardness

Pengujian *Vickers Hardness* yang termasuk di sini memiliki dua alasan. Pertama, Brinell bola baja, indenter ditentukan untuk memiliki *Vickers Hardness* (HV) minimal 850 menggunakan beban 10-kgf dan, kedua, pengujian yang agak mirip dengan lekukan yang dibuat dan jumlah kekerasan ditentukan dari rasio P/A dengan beban P dalam kilogram dan luas permukaan A dari lekukan dalam milimeter persegi. Indenter adalah berlian piramida berbasis persegi dengan sudut 136° (ASTM E92). Beban bervariasi sesuai dengan perilaku dan/atau ketebalan material yang diuji selama rentang 1-120 kg.

Vickers Hardness (HV) dihitung dari

$$HV = \frac{2P \sin(\alpha/2)}{d^2} = \frac{1.844P}{d^2} \quad (1)$$

Dimana P = beban, kgf

d = rata-rata diagonal, mm

α = sudut berlian = 136°

Mesin penguji Vickers Hardness terdiri dari pengujian untuk sampel, indenter dan sampel untuk dibawa ke dalam kontak secara bertahap dengan lancar, di bawah beban yang telah ditentukan. Beban ini diterapkan untuk jangka waktu tertentu. Mesin ini dirancang agar tidak ada goyang dari sisi ke sisi sementara beban sedang diterapkan atau dihapus. Sebuah mikroskop pengukuran biasanya dipasang pada mesin dengan cara yang memungkinkan untuk mudah menemukan kesan di bidang optik.

Indentor yang dipoles sangat lancip memiliki sudut $136^\circ \pm \frac{1}{2}^\circ$. Jelas, indentor harus diperiksa secara berkala untuk keretakan, kepingan, dan kelonggaran dalam pemasangannya.

Keuntungan dari uji Vickers Hardness adalah dalam pengukuran diagonal dari lekukan. Sebuah pengukuran yang lebih akurat dapat diperoleh dari diagonal persegi dibandingkan dengan diameter lingkaran di mana pengukuran harus dibuat antara dua garis singgung lingkaran. Uji Vickers Hardness dapat secara akurat digunakan untuk kekerasan sampai 1300 (sekitar 850 HB). Pengujian ini dapat dilakukan pada bahan setipis 0,00024 mm. sering digunakan untuk menunjukkan kerapuhan kasus nitrida-baja. Sehingga kekerasan ditentukan sebagai ukuran kualitas baik memakai nitrida baja ^[17].

2.6 Sifat Luminescence

Beberapa material dapat menyerap energi dan kemudian memancarkan sebuah cahaya tampak, fenomena ini dikenal dengan Luminescence. Energi diserap ketika elektron promosi menuju tingkat energi yang lebih tinggi, sedangkan cahaya tampak dipancarkan saat elektron tersebut kembali ke tingkat energi yang lebih rendah. Jika pancaran terjadi dengan waktu yang sangat singkat kurang dari satu detik, maka dinamakan fluorescence, sedangkan bila pancaran memiliki waktu yang lebih lama, maka dinamakan phosphorescence. Contoh dari fenomena Luminescence ini salah satunya adalah pada benda benda fosfor yang dapat menyala dalam gelap beberapa saat ^[18].

2.7 Teknik *Melt-Quenching*

Fabrikasi kaca dapat dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya adalah *Chemical Vapor Deposition (CVD)*, proses *sol gel-formation* dan *melt quenching technique*. *Melt quenching technique* merupakan peleburan bahan kristal menjadi lelehan yang diikuti oleh terbentuknya kaca dari lelehan.

Pada proses *melt quenching technique*, bahan disiapkan dengan mencampur semua bahan kemudian menggerus bahan untuk homogenitas yang tinggi. Hasil gerusan kemudian diletakkan dalam crucible yang terbuat dari tanah liat, platina, atau keramik, kemudian dimasukkan ke dalam furnace bersuhu (900-1100°C). Kelebihan dari metode *melt quenching technique* yaitu fleksibilitas komposisi yang luas. Hal ini dikarenakan pendinginan yang cepat, selain itu persiapan kaca dengan bermacam-macam komposisi sangat memungkinkan. Bahkan sampai terdiri dari sepuluh jenis penyusun kaca yang dihasilkan memiliki 7 sifat yang khusus yaitu dengan ion aktif seperti ion tanah jarang atau logam transisi.

Kelemahan dari metode *melt quenching technique* ini diantaranya adalah sangat sulit untuk membuat kaca dengan kemurnian yang sangat tinggi. Hal ini dapat dipengaruhi oleh kemurnian komposisi bahan serta kontaminasi dari crucible dan furnace ^[14].

Kebanyakan kaca yang dibentuk biasanya diberi perlakuan annealing pada jangkauan suhu yang lebih tinggi dari suhu transisi kaca untuk mengurangi tegangan suhu (thermal stress) yang dihasilkan selama proses pembentukan kaca, dan kemudian didinginkan sampai suhu ruang. Sehingga kaca yang dihasilkan tidak mudah patah.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Februari 2016 di Laboratorium UTM Malaysia.

3.2 Alat dan Bahan

1. Bahan Magnesium oksida (MgO)
2. Bahan Seng oksida (ZnO)
3. Bahan Fosfat (P₂O₅)
4. Furnace
5. Sinar-x
6. Neraca Mettler Ae 163
7. Mesin Milling
8. Cawan (Crucible)
9. Penjepit Cawan (Crucible)
10. Vickers hardness
11. Photoluminescence Spectroskopi

3.3 Cara Kerja

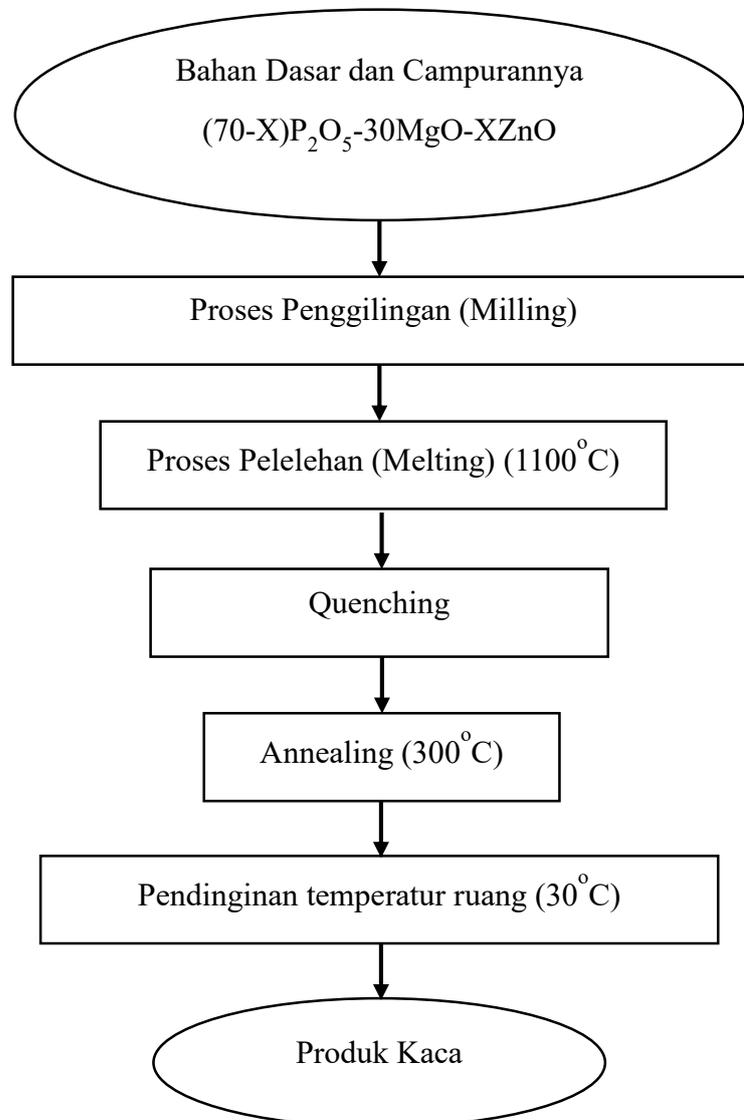
3.3.1 Pembuatan Sampel Kaca

Sampel kaca dalam eksperimen ini terdiri dari campuran serbuk ZnO, MgO dan P₂O₅. Sampel kaca akan dibuat 4 buah yang berbeda dari segi komposisi ZnO dan P₂O₅. Semua bahan dicampur dengan komposisi yang berbeda. Kuantiti semua campuran ditimbang mengikuti satuan mol dengan menggunakan neraca elektronik. Campuran yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam *crucible* silika dan diaduk untuk memperoleh suatu campuran yang homogen. Proses ini di sebut sebagai proses *milling*. Adapun teknik yang digunakan dalam pembuatan sampel kaca ini adalah teknik *Melt Quenching*.

Pembuatan sampel kaca dilakukan setelah campuran bahan kaca selesai melalui proses *milling*, kemudian *crucible* silika yang berisi campuran bahan kaca tadi dimasukkan kedalam *furnace* yang bersuhu 1100°C selama 30 menit dengan tujuan semua bahan campuran benar-benar melebur secara merata. Proses ini disebut proses *melting*. Campuran yang sudah melebur, kemudian dituangkan ke dalam cetakan yang berada di dalam *furnace* bersuhu 300°C dengan waktu secepat mungkin, dengan tujuan supaya bahan campuran tadi tidak mempunyai waktu untuk membentuk bahan kristal. Proses ini disebut proses *Annealing* yang di diamkan selama 3 jam di dalam *furnace*. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya retakan (*crack*) pada sampel kaca. Proses terakhir, suhu *furnace* diturunkan sampai pada suhu kamar dengan kadar penurunan suhu adalah 1.0°C/menit. Sampel kaca yang diperoleh kemudian di ujikaji dengan difraksi sinar-X untuk mengetahui apakah sampel kaca yang dibuat bersifat amorf atau kristal.

Nomer Sampel	Komposisi Nominal (mol%)		
	P2O5	MgO	Zn
S-1	70	30	0
S-2	65	30	5
S-3	60	30	10
S-4	55	30	15

Tabel 1. Variasi Komposisi (mol%) Senyawa Seng-Magnesium-Fosfat



Gambar 3. Diagram Alir Pembuatan Kaca

3.3.2 Analisis XRD

Sampel kaca yang diperoleh kemudian diuji dengan difraksi sinar-X dengan menggunakan alat [Rigaku SmartLab x-RAY diffractometer] untuk mengetahui apakah sampel kaca yang dibuat bersifat amorf atau kristal. Untuk pengujian ini digunakan salah satu dari 4 sampel kaca dengan menghasilkan pola difraksi berbentuk grafik.

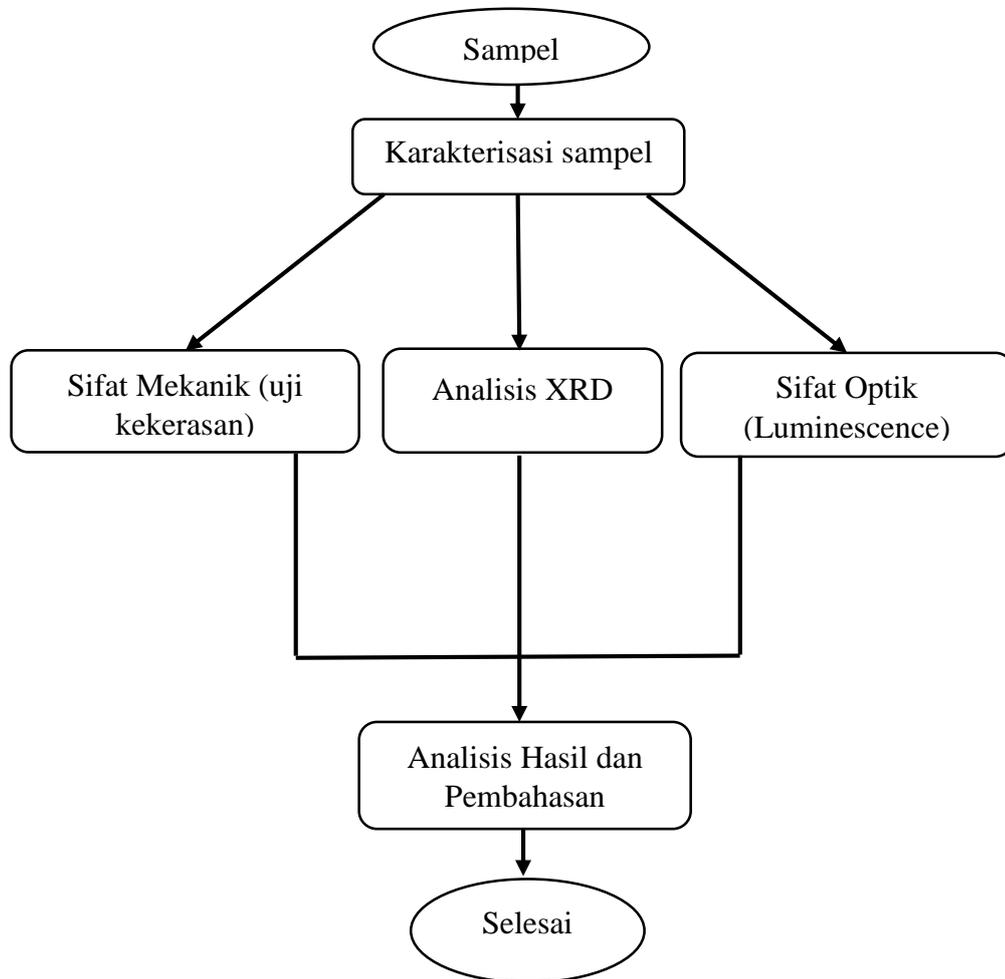
3.3.3 Uji Sifat Kekerasan

Untuk menguji kekerasan permukaan masing-masing sampel, dilakukan di permukaan atas sampel menggunakan alat micro hardness tester. Sampel diletakkan di bagian tengah dari landasan uji hardness tester, diperiksa dengan mikroskop, setelah terlihat ganti lensa mikroskop dengan diamond penetrator. Alat diaktifkan, sehingga ujung diamond penetrator turun menekan sampel dan naik kembali, meninggalkan indentasi pada permukaan sampel. Bentuk indentasi yang dihasilkan diamati melalui lensa mikroskop dengan pembesaran 400 kali, sehingga akan tampak bentuk belah ketupat. Panjang diagonal diukur dengan menempatkan 2 tanda garis yang ada pada alat micro hardness tester pada kedua ujung bentuk diagonal tersebut. Selanjutnya tombol baca ditekan, akan muncul data nilai kekerasan permukaan dalam satuan Vickers Hardness Number (VHN) [19].

3.3.4 Uji Sifat Luminescence

Spektrum PL optik kaca diukur menggunakan alat Photoluminescence Spectroskopi yang telah banyak digunakan untuk menyelidiki energi band gap dan spektrum emisi semua sampel. Sampel kaca yang telah siap kemudian ditempatkan di spektrometer dan discan untuk radiasi spektrum panjang gelombang dalam kisaran $200\text{-}900\text{cm}^{-1}$. Penelitian ini menggunakan panjang gelombang eksitasi sebesar 300 nm. Intensitas Photoluminescence dapat memberikan informasi tentang kualitas permukaan luar dan dalam dari sampel. Hal ini berguna untuk mengkarakterisasikan seberapa cepat proses material dalam sifat photoluminescence. Hasil yang diperoleh melalui alat tersebut berupa grafik dari spektrum PL.

3.4 Diagram Alir Karakterisasi Sampel



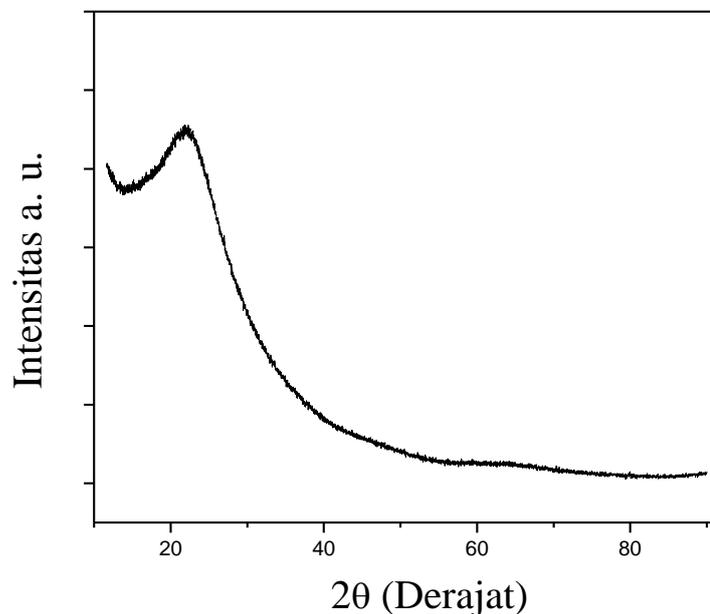
Gambar 4. Diagram Alir Karakterisasi Sampel

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Difraksi Sinar-X dan Sifat Mekanik Kaca ZnO – MgO – P₂O₅

Pembentukan kaca ZnO-MgO-P₂O₅ dengan menggunakan teknik *melt-quenching* telah berhasil dibuat. Teknik ini dipilih karena lebih mudah dilakukan dalam pembentukan sampel kaca. Sampel kaca yang diperoleh berwarna merah muda dan transparan. Warna merah muda terjadi karena pengaruh campuran dari serbuk ZnO, MgO, dan P₂O₅. Perbedaan warna juga terlihat karena perbedaan komposisi serbuk ZnO yang diberikan. Pengujian difraksi sinar-X memperlihatkan bahwa sampel 1 adalah bersifat amorf. Hal itu terlihat pada Gambar 5, dimana pola XRD memiliki puncak yang lebar dalam jarak 15-35° 2θ.

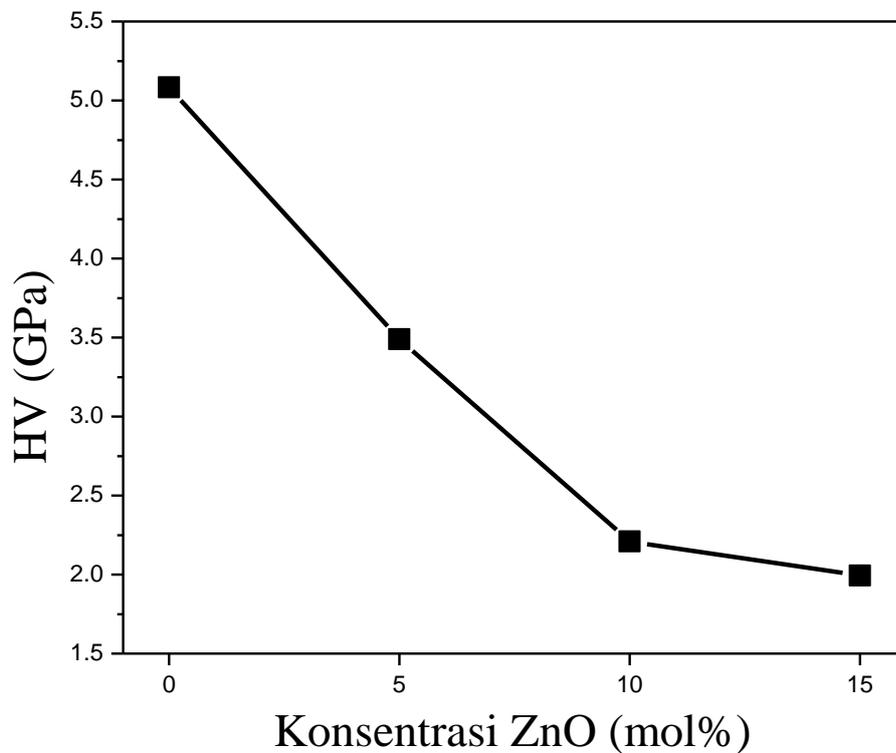


Gambar 5. Pola XRD pada Sampel Kaca MgO-P₂O₅

Karakterisasi sifat mekanik berupa uji kekerasan dari kaca ZnO-MgO-P₂O₅ yang dihasilkan dengan menggunakan alat hardness tester yang terdapat di laboratorium jurusan fisika UTM, Malaysia. Hasil uji kekerasan terhadap 4 sampel kaca dapat dilihat pada tabel.

Komposisi Bahan	Daya Tekan (kg)	Kekerasan (kg/mm ²)	Kekerasan (GPa)
S1	100	518.251	5.082
S2	100	355.709	3.488
S3	100	225.395	2.210
S4	100	203.250	1.993

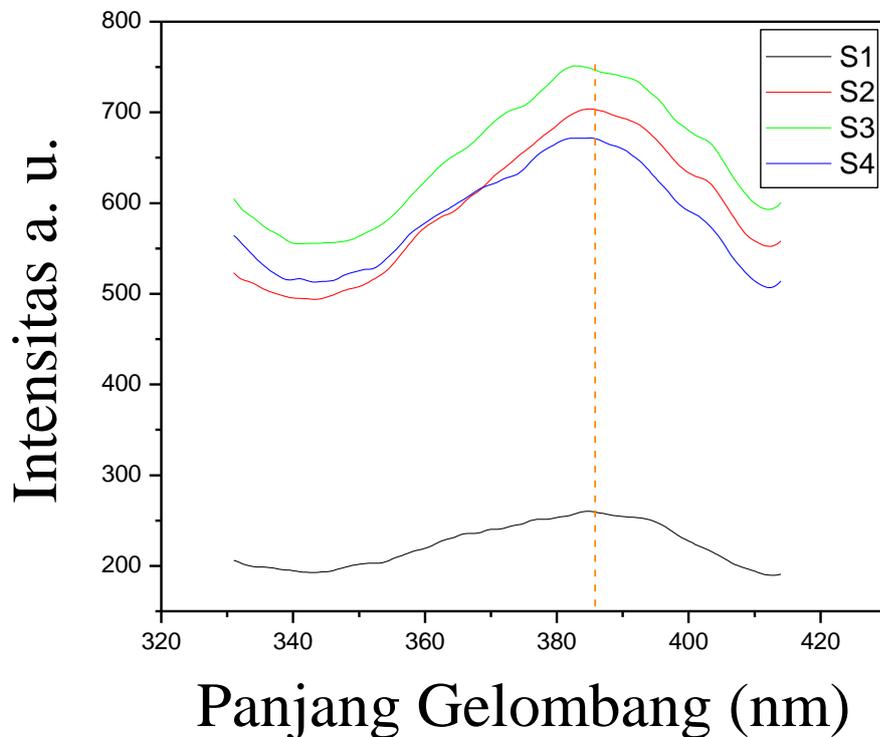
Tabel 2. Hasil Nilai Uji Kekerasan (HVN)



Gambar 6. Hubungan antara Nilai Kekerasan dengan Konsentrasi ZnO

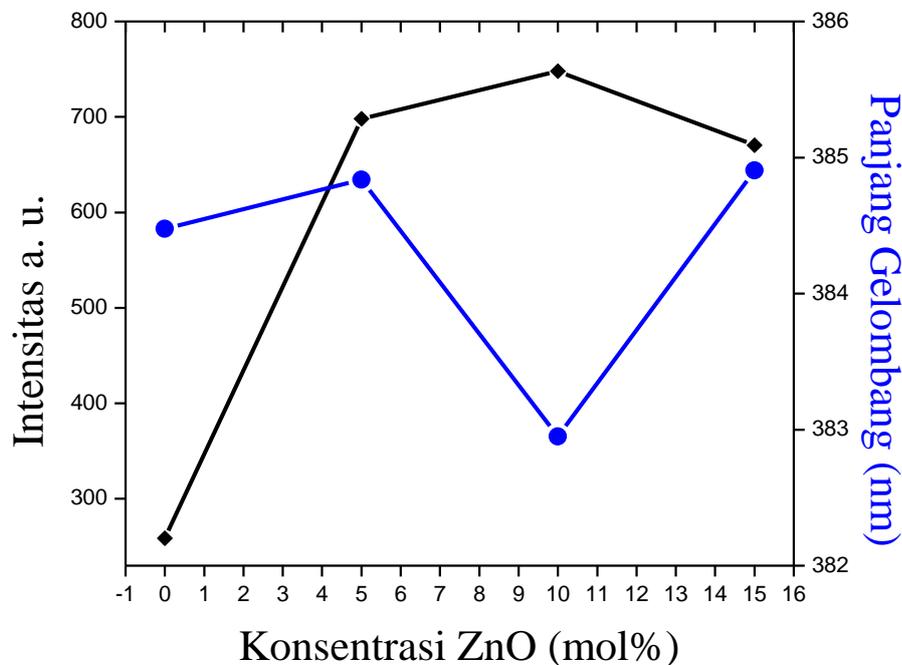
Dari hasil uji kekerasan yang dilakukan terhadap kaca ZnO-MgO-P₂O₅ dengan 4 komposisi ZnO yang berbeda antara 0 – 15 mol % dapat menghasilkan kaca ZnO-MgO-P₂O₅ secara baik dan efektif. Nilai uji kekerasan yang dihasilkan berkisar antara 5,082 – 1,993 GPa. Berbeda dengan hasil yang dilakukan oleh Zhuo-hao Xiao memiliki nilai yang lebih besar yaitu 6,65 – 5,58 (GPa). Dari kedua penelitian tersebut memiliki nilai hasil uji kekerasan yang mengalami penurunan dengan semakin meningkatnya komposisi ZnO yang diberikan. Hal tersebut disebabkan oleh perubahan struktur karena peningkatan jarak antar atom dari kaca yang lebih banyak. Pada gambar memperlihatkan bahwa kaca ZnO-MgO-P₂O₅ bersifat non-bridging oxygen (NBO).

4.2 Sifat Optik Kaca ZnO – MgO – P₂O₅



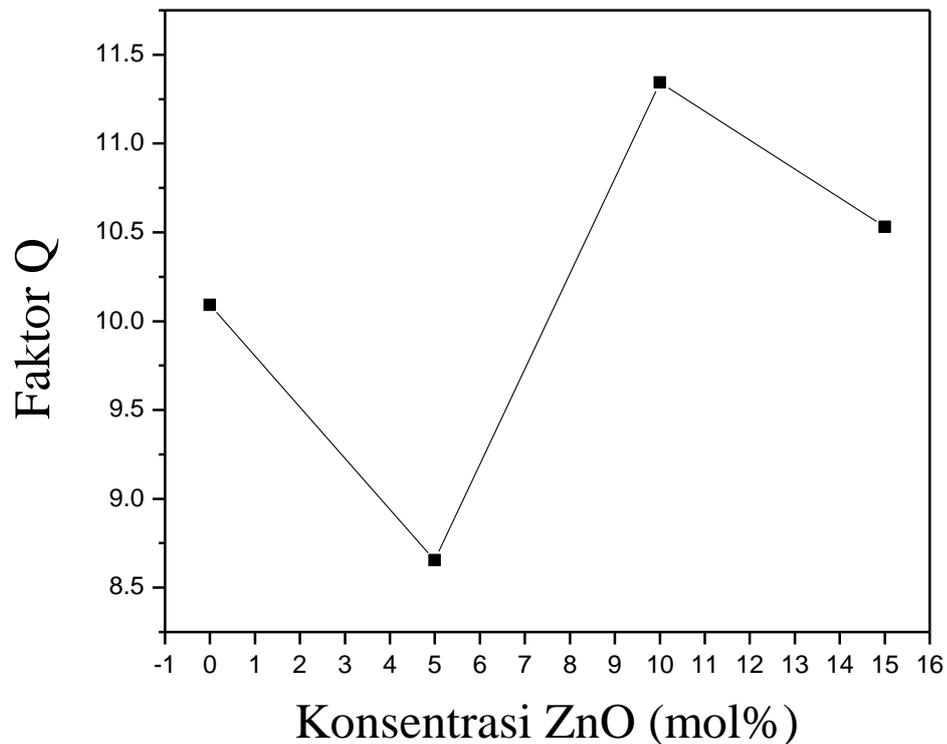
Gambar 7. Spektrum Emisi Photoluminescence ($\lambda_{exi} = 300 \text{ nm}$)

Gambar 6 memperlihatkan bahwa perubahan spektrum emisi PL terjadi karena kondisi ZnO yang berbeda konsentrasinya. Sampel kaca terlihat memiliki emisi band yang luas pada panjang gelombang diantara 385 nm dan tereksitasi dibawah panjang gelombang 300 nm, hal tersebut jelas terjadi pada emisi band UV dari ZnO [13]. Sedangkan Young Seok Kim melakukan penelitian yang menemukan bahwa emisi band yang dominan terjadi dapat diamati pada puncak sekitar pancang gelombang 388 nm. Dapat disimpulkan bahwa penelitian ini menghasilkan emisi band yang lebih rendah namun memiliki energi yang lebih besar. Sampel kaca (S1) memiliki intensitas emisi paling rendah, hal tersebut dikarenakan S1 tidak memiliki campuran terhadap ion ZnO. Selanjutnya sampel kaca (S3) memiliki intensitas emisi maksimum pada campuran ZnO dengan komposisi 10 mol%. Sampel kaca (S2) dan (S4) memiliki pola spektrum photoluminescence yang tidak jauh berbeda dan tidak mengalami kekosongan oksigen seiring bertambahnya konsentrasi ZnO.



Gambar 8. Hubungan antara Intensitas Emisi dan Puncak Panjang Gelombang dari Ion Seng Oksida

Hubungan antara intensitas emisi dan puncak panjang gelombang dari ion seng dapat dilihat pada gambar 8. Melalui gambar 8 dapat memperkenalkan ion seng ke dalam sistem kaca ($\text{ZnO-MgO-P}_2\text{O}_5$) yang menunjukkan jumlah energi dari foton yang di pancarkan meningkat pada konsentrasi penambahan ion seng oksida sebesar 10 mol %. Intensitas pada puncak panjang gelombang spektrum photoluminescence memberikan informasi mengenai laju rekombinasi elektron hole pada reaksi fotokatalisis. Karena semakin tinggi intensitas semakin cepat laju rekombinasinya (pemutusan rantai atom).



Gambar 9. Faktor Q

Faktor kualitas merupakan indikator untuk mengukur energi yang dihamburkan selama proses non radiasi. Terjadi pengurangan di sampel 2 pada nilai faktor Q, dan terjadi peningkatan yang signifikan pada sampel 3. Hal tersebut dapat

di jelaskan bahwa semakin tinggi nilai faktor Q dapat mengakibatkan energi yang rendah disekitarnya akan hilang. Dalam hasil ini, tampaknya faktor Q berubah secara signifikan sehingga energi yang dihamburkan hampir sama.

BAB V

KEIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan.

- Pembentukan kaca ZnO- MgO-P₂O₅ dengan menggunakan teknik melt-quenching telah berhasil dibuat.
- Pengujian difraksi sinar-X memperlihatkan bahwa semua sampel adalah bersifat amorf.
- Sampel kaca ZnO-MgO-P₂O₅ memiliki sifat photoluminescence pada efek ion ZnO dengan puncak emisi band yang dominan di sekitar panjang gelombang 385 nm.
- Nilai uji kekerasan pada kaca ZnO-MgO-P₂O₅ didapat antara 5,082 – 1,993 GPa.
- Hubungan antara intensitas emisi dan puncak panjang gelombang dari ion seng menunjukkan jumlah energi dari foton yang di pancarkan meningkat pada konsentrasi penambahan ion seng oksida sebesar 10 mol %.
- Faktor Q mengalami perubahan secara signifikan sehingga energi yang dihamburkan hampir sama.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan bagi rekan-rekan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan pembuatan kaca dilakukan dengan menggunakan krusibel yang terbuat dari platinum untuk menghindari kontaminasi kaca dengan material *furnace*.
2. Analisis difraksi sinar-X dilakukan pada keseluruhan sampel untuk analisa lebih mendalam spektrum yang dihasilkan.
3. Pengujian sifat mekanik disarankan mengamati dengan seksamaa jejak indenter yang di tinggalkan di sampel kaca.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rohman, L. H. K. 2010. *Fabrikasi dan Karakterisasi Sifat Mekanik Kaca Magnetik Berbasis Barium Ferit*. Semarang: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- [2] Shih P. Y, Yung S. W, T. S. Chin, Thermal and corrosion behavior of P_2O_5 - Na_2O - CuO glasses, *J. Non-Cryst. Solids*. 224 (1998), p. 143-152.
- [3] Xiaoyan Y, Delbert E. Day, Gary J, dkk, Properties and structure of sodium-iron phosphate glasses, *J. Non-Cryst. Solids*. 215 (1997), p. 21-31.
- [4] Khattak G. D, Khawaja E. E, dkk, Composition-dependent loss of phosphorus in the formation of transition-metal phosphate glasses, *J. of Non-Cryst.Solids*. 194 (1996), p. 1-12.
- [5] M. Altaf, M. Ashraf Chaudry, Physical properties of lithium containing cadmium phosphate glasses. *J. Mod. Phys*. 1 (2010), p. 201-205.
- [6] Y. I. Alivov, E. V. Kalinina, A. E. Cherenkov, D. C.Look, B. M. Ataev, A. K. Omnev, M. V. Chukichev and D. M. Bagnall, Fabrication and characterization of n-ZnO/p-AlGa_N heterojunction light-emitting diodes on 6H-SiC substrates, *Appl. Phys. Lett.* 83 (2003), p. 4179-4721.
- [7] S. H. Park, Electronic and Optical Properties of ZnO/ZnMgO quantum well lasers with piezoelectric and spontaneous polarization, *J. Korean Phys. Soc.* 50 (2007), p. 16-20.

- [8] S. E. Derenzo, M. J. Weber and M. K. Klintonberg, Temperature dependence of the fast, near-band-edge scintillation from CuI, HgI₂, PbI₂, ZnO:Ga and CdS:In, Nucl. Instr. Meth. A 486 (2002), p. 214-219.
- [9] T. Sekiguchi, S. Miyashita, K. Obara, T. Shishido and N. Sakagami, Hydrothermal growth of ZnO single crystals and their optical characterization, J. Cryst. Growth. 72 (2000), p. 214-215.
- [10] J. T. Grant, Analysis of surfaces and thin films by using auger electron spectroscopy and x-ray photoelectron spectroscopy, J. Korean Phys. Soc. 51 (2007), p. 925-932.
- [11] Y. S. Kim, K. H. Lee, T. H. Kim, Y. J. Jung, B. K. Ryu, Effect of ZnO addition on the photoluminescence of a novel phosphate glass, J. the Korean Physical Society, 53 (2008), p. 232-235.
- [12] Z. Xiao, X. Sun, K. Liu, W. Luo, Y. Wang, M. Luo, R. Han, Y. Liu, Crystallization behaviors, thermo-physical properties and seal application of Li₂O-ZnO-MgO-SiO₂ glass-ceramics, J. alloys and compounds. 657 (2016), p. 231-236.
- [13] J. Raharjo, S. Rahayu. Pengaruh Penambahan MgO dan SiO₂ Serta Suhu Sintering Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Keramik α -Alumina. Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, Yogyakarta (2015), p. B13 1-6.
- [14] Yamane, M dan Asahara, Y. 2000. *Glasses for Photonics*. Inggris: Cambridge University Press.

- [15] Husono, H., Ohta, H., Orita, M., Ueda, k , and Hirani, M., 2002, *Frontier of Transparent Conductive Oxide Thin Films*, Vacuum 66, p. 419.
- [16] Lukman Hadi Surya. 2008. *Proses Perolehan Magnesium dengan Cara Elektrolisis Bahan Hidromagnesit dan Magnesium Oksida*. Depok: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Indonesia.
- [17] Blake, Alexander. 1985. *Handbook of Mechanics, Materials, and Structures*. John Wiley & Sons.
- [18] Nurhidayu Binti Shahami. 2010. *Synthesis of Iron Borophosphate Glass Doped With Various Rare Earth*. Malaysia: Universiti Teknologi Malaysia.
- [19] Meizarini, A dan Irmawati. 2005. *Kekerasan permukaan semen ionomer kaca konvensional tipe II akibat lama penyimpanan*. Surabaya: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga Surabaya. P. 147.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kalkulasi Komposisi Kaca

Sistem Kaca : $x \text{ ZnO} - 30 \text{ MgO} - (70 - x) \text{ P}_2\text{O}_5$ dengan $x = 0, 5, 10,$ dan $15 \text{ mol } \%$

Kode Sampel	Komposisi Kimia (mol %)		
	ZnO	MgO	P ₂ O ₅
Sampel 1	0	30	70
Sampel 2	5	30	65
Sampel 3	10	30	60
Sampel 4	15	30	55

Berat Atomik (AW) Tiap Unsur :

$$\text{P} = 30,974 \text{ gr/mol,}$$

$$\text{Zn} = 65,39 \text{ gr/mol.}$$

$$\text{O} = 15,999 \text{ gr/mol,}$$

$$\text{Mg} = 24,305 \text{ gr/mol}$$

Berat Molekular (MW) Senyawa :

$$\text{ZnO} = 1 (65,39) + 1 (15,999) = 65,39 + 15,999 = 81,389 \text{ gr/mol}$$

$$\text{MgO} = 1 (24,305) + 1 (15,999) = 24,305 + 15,999 = 40,304 \text{ gr/mol}$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 2 (30,974) + 5 (15,999) = 61,948 + 79,995 = 141,943 \text{ gr/mol}$$

a. *Sampel 1* : $30 \text{ MgO} - 70 \text{ P}_2\text{O}_5$

$$\begin{aligned} \text{MW Total} &= \text{mol } \% \text{ MgO} + \text{mol } \% \text{ P}_2\text{O}_5 \\ &= 0,3 \cdot 40,304 + 0,7 \cdot 141,943 \\ &= 12,0912 + 99,3601 \\ &= 111,4513 \text{ gr/mol} \end{aligned}$$

Fraksi Berat (WF) Senyawa :

$$\text{WF MgO} = \frac{\text{mol \% MgO} \cdot \text{MW MgO}}{\text{MW Total}} = \frac{0,3 \cdot 40,304}{111,4513} = 0,1085$$

$$\text{WF P}_2\text{O}_5 = \frac{\text{mol \% P}_2\text{O}_5 \cdot \text{MW P}_2\text{O}_5}{\text{MW Total}} = \frac{0,7 \cdot 141,943}{111,4513} = 0,8915$$

Untuk 15 gr Sistem Kaca :

$$\text{MgO} = 0,1085 \cdot 15 \text{ gr} = 1,6275 \text{ gr}$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 0,8915 \cdot 15 \text{ gr} = 13,3725 \text{ gr}$$

b. Sampel 2 : 5 ZnO – 30 MgO – 65 P₂O₅

$$\begin{aligned} \text{MW Total} &= \text{mol \% ZnO} + \text{mol \% MgO} + \text{mol \% P}_2\text{O}_5 \\ &= 0,05 \cdot 81,389 + 0,3 \cdot 40,304 + 0,65 \cdot 141,943 \\ &= 4,0694 + 12,0912 + 92,263 \\ &= 108,4236 \text{ gr/mol} \end{aligned}$$

Fraksi Berat (WF) Senyawa :

$$\text{WF ZnO} = \frac{\text{mol \% ZnO} \cdot \text{MW ZnO}}{\text{MW Total}} = \frac{0,05 \cdot 81,389}{108,4236} = 0,0375$$

$$\text{WF MgO} = \frac{\text{mol \% MgO} \cdot \text{MW MgO}}{\text{MW Total}} = \frac{0,3 \cdot 40,304}{108,4236} = 0,1115$$

$$\text{WF P}_2\text{O}_5 = \frac{\text{mol \% P}_2\text{O}_5 \cdot \text{MW P}_2\text{O}_5}{\text{MW Total}} = \frac{0,65 \cdot 141,943}{108,4236} = 0,851$$

Untuk 15 gr Sistem Kaca :

$$\text{ZnO} = 0,0375 \cdot 15 \text{ gr} = 0,5625 \text{ gr}$$

$$\text{MgO} = 0,1115 \cdot 15 \text{ gr} = 1,6725 \text{ gr}$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 0,851 \cdot 15 \text{ gr} = 12,765 \text{ gr}$$

c. Sampel 3 : 10 ZnO – 30 MgO – 60 P₂O₅

$$\begin{aligned} \text{MW Total} &= \text{mol \% ZnO} + \text{mol \% MgO} + \text{mol \% P}_2\text{O}_5 \\ &= 0,1 \cdot 81,389 + 0,3 \cdot 40,304 + 0,6 \cdot 141,943 \\ &= 8,1389 + 12,0912 + 85,1658 \\ &= 105,3959 \text{ gr/mol} \end{aligned}$$

Fraksi Berat (WF) Senyawa :

$$\text{WF ZnO} = \frac{\text{mol \% ZnO} \cdot \text{MW ZnO}}{\text{MW Total}} = \frac{0,1 \cdot 81,389}{105,3959} = 0,0772$$

$$\text{WF MgO} = \frac{\text{mol \% MgO} \cdot \text{MW MgO}}{\text{MW Total}} = \frac{0,3 \cdot 40,304}{105,3959} = 0,1147$$

$$\text{WF P}_2\text{O}_5 = \frac{\text{mol \% P}_2\text{O}_5 \cdot \text{MW P}_2\text{O}_5}{\text{MW Total}} = \frac{0,6 \cdot 141,943}{105,3959} = 0,8081$$

Untuk 15 gr Sistem Kaca :

$$\text{ZnO} = 0,0772 \cdot 15 \text{ gr} = 1,158 \text{ gr}$$

$$\text{MgO} = 0,1147 \cdot 15 \text{ gr} = 1,7205 \text{ gr}$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 0,8081 \cdot 15 \text{ gr} = 12,1215 \text{ gr}$$

d. Sampel 4 : 15 ZnO – 30 MgO – 55 P₂O₅

$$\begin{aligned} \text{MW Total} &= \text{mol \% ZnO} + \text{mol \% MgO} + \text{mol \% P}_2\text{O}_5 \\ &= 0,15 \cdot 81,389 + 0,3 \cdot 40,304 + 0,55 \cdot 141,943 \\ &= 12,2084 + 12,0912 + 78,0686 \\ &= 102,3682 \text{ gr/mol} \end{aligned}$$

Fraksi Berat (WF) Senyawa :

$$\text{WF ZnO} = \frac{\text{mol \% ZnO} \cdot \text{MW ZnO}}{\text{MW Total}} = \frac{0,15 \cdot 81,389}{102,3682} = 0,1193$$

$$\text{WF MgO} = \frac{\text{mol \% MgO} \cdot \text{MW MgO}}{\text{MW Total}} = \frac{0,3 \cdot 40,304}{102,3682} = 0,1181$$

$$\text{WF P}_2\text{O}_5 = \frac{\text{mol \% P}_2\text{O}_5 \cdot \text{MW P}_2\text{O}_5}{\text{MW Total}} = \frac{0,55 \cdot 141,943}{102,3682} = 0,7626$$

Untuk 15 gr Sistem Kaca :

$$\text{ZnO} = 0,1193 \cdot 15 \text{ gr} = 1,7895 \text{ gr}$$

$$\text{MgO} = 0,1181 \cdot 15 \text{ gr} = 1,7715 \text{ gr}$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 0,7626 \cdot 15 \text{ gr} = 11,439 \text{ gr}$$

Lampiran 2. Kalkulasi Nilai Kekerasan Sampel Kaca

a. Sampel 1 : 30 MgO – 70 P₂O₅

$$= 100 \text{ kgf}$$

$$d_1 = 0,587 \text{ mm}^2$$

$$d_2 = 0,606 \text{ mm}^2$$

$$d = 0,356 \text{ mm}^2$$

$$HV = \frac{2P \sin(\alpha/2)}{d^2} = \frac{1,844P}{d^2} = \frac{1,844 \times 100}{0,356^2} = 5,082 \text{ (GPa)}$$

b. Sampel 2 : 5 ZnO – 30 MgO – 65 P₂O₅

$$= 100 \text{ kgf}$$

$$d_1 = 0,758 \text{ mm}^2$$

$$d_2 = 0,682 \text{ mm}^2$$

$$d = 0,518 \text{ mm}^2$$

$$HV = \frac{2P \sin(\alpha/2)}{d^2} = \frac{1,844P}{d^2} = \frac{1,844 \times 100}{0,518^2} = 3,489 \text{ (GPa)}$$

c. Sampel 3 : 10 ZnO – 30 MgO – 60 P₂O₅

$$P = 100 \text{ kgf}$$

$$d_1 = 0,684 \text{ mm}^2$$

$$d_2 = 0,693 \text{ mm}^2$$

$$d = 0,474 \text{ mm}^2$$

$$HV = \frac{2P \sin(\alpha/2)}{d^2} = \frac{1,844P}{d^2} = \frac{1,844 \times 100}{0,474^2} = 2,210 \text{ (GPa)}$$

d. *Sampel 4 : 15 ZnO – 30 MgO – 55 P₂O₅*

$$P = 100 \text{ kgf}$$

$$d_1 = 0.911 \text{ mm}^2$$

$$d_2 = 0.994 \text{ mm}^2$$

$$d = 0.907 \text{ mm}^2$$

$$HV = \frac{2P \sin(\alpha/2)}{d^2} = \frac{1,844P}{d^2} = \frac{1,844 \times 100}{0,907^2} = 1,993 \text{ (GPa)}$$

Lampiran 3. Kalkulasi Nilai Q faktor

a. Sampel 1 : 30 MgO – 70 P₂O₅

FWHM = 38,1

Puncak Panjang Gelombang = 384,475 nm

$$Q = \frac{FWHM}{Puncak\ Panjang\ Gelombang} = \frac{38,1}{384,475} = 10,091$$

b. Sampel 2 : 5 ZnO – 30 MgO – 65 P₂O₅

FWHM = 44,465

Puncak Panjang Gelombang = 384,838 nm

$$Q = \frac{FWHM}{Puncak\ Panjang\ Gelombang} = \frac{44,465}{384,838} = 8,655$$

c. Sampel 3 : 10 ZnO – 30 MgO – 60 P₂O₅

FWHM = 33,759

Puncak Panjang Gelombang = 382,948 nm

$$Q = \frac{FWHM}{Puncak\ Panjang\ Gelombang} = \frac{33,759}{382,948} = 11,344$$

d. Sampel 4 : 15 ZnO – 30 MgO – 55 P₂O₅

FWHM = 36,553

Puncak Panjang Gelombang = 384,905 nm

$$Q = \frac{FWHM}{Puncak\ Panjang\ Gelombang} = \frac{36,553}{384,905} = 10,53$$

Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian

a. Preparasi dan Proses Pembuatan Kaca

(persiapan alat dan bahan yang digunakan)



(spatula untuk mengambil material) (krusibel sebagai tempat mereaksikan campuran)



(proses penimbangan sesuai komposisi)



(proses *milling*)



(proses pembuatan kaca menggunakan dua buah *furnace*)



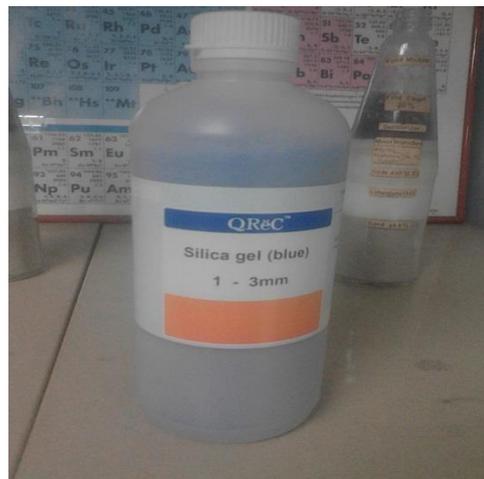
(proses *melting* 1100°C selama 30 menit)

(proses *annealing* 300°C selama 3 jam)



(proses *cooling down* pada suhu ruang)

(gel silika mencegah terjadinya kelembaban)



(sampel 1 berwarna *soft pink*)



(sampel 2 berwarna *pink*)



(sampel 3 berwarna *light pink*)



(sampel 4 berwarna *light pink*)



(mesin *polishing* untuk meratakan permukaan sampel dengan ketebalan 2,5 mm)



b. Analisis Difraksi Sinar-X (XRD)

(uji difraksi sinar-X untuk menegaskan sifat amorf dari sampel kaca)



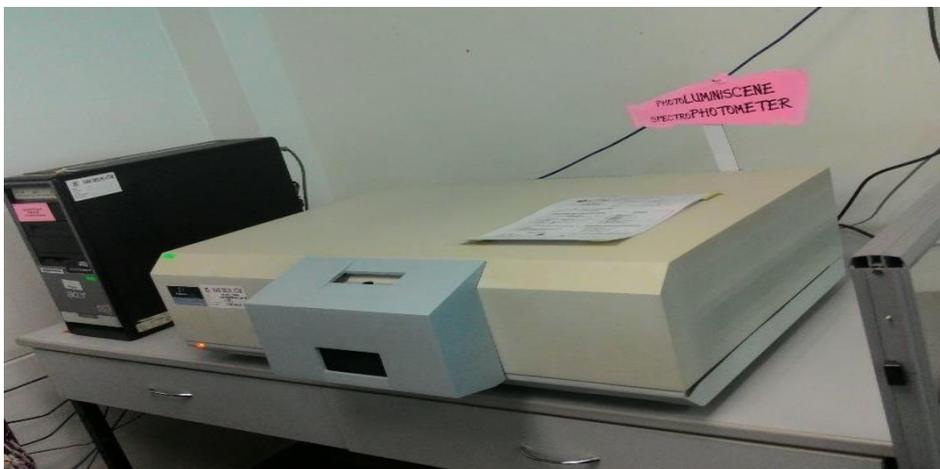
c. Pengujian Sifat Mekanik

(pengujian kekerasan sampel kaca dengan metode vickers hardness)



d. Pengujian Sifat Optik (Photoluminescence)

(menggunakan photoluminescence spektrofotometer)



Lampiran 5. Publikasi Ilmiah

- Judul Karya Tulis Ilmiah : Sifat Mekanik dan Optik Kaca Seng
Magnesium Fosfat ($\text{ZnO-MgO-P}_2\text{O}_5$)

Penulis : Eko Budiyanto, Agus Setyo Budi, Erfan
Handoko, Md. Rahim Sahar

Event : Seminar Nasional Fisika 2016, Universitas
Negeri Jakarta

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Eko Budiyanto lahir di Jakarta, 3 Desember 199e, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Bosri dan Samiani. Pendidikan formal yang dilakukan penulis meliputi SDN Ragunan 05 Pagi 17 Agustus tahun 2000 – 2006, SMPN 107 Jakarta 17 Agustus tahun 2006 – 2009, dan SMA SULUH Jakarta 17 Agustus tahun 2009 – 2012. Kemudian di tahun yang sama, penulis diterima melalui jalur tertulis Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) untuk Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta (UNJ).

Selama perkuliahan pernah menjadi Asisten Laboratorium untuk mata kuliah Praktikum Elektronika pada semester 5. Pada September sampai Oktober 2015 melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).

Pada Mei 2016, penulis menjadi pemakalah Seminar Nasional Fisika di Universitas Negeri Jakarta (UNJ). Kemudian di tahun yang sama, menyelesaikan penelitian skripsi di bidang material dengan judul “Sifat Mekanik dan Optik Kaca Seng-Magnesium-Fosfat ($ZnO-MgO-P_2O_5$) dengan Teknik *Melt Quenching*” di bawah bimbingan Prof. Dr. Agus Setyo Budi, M.Sc dan Dr. Erfan Handoko, M.Si.