

DOI: doi.org/10.21009/0305020222

## SIFAT MEKANIK DAN OPTIK KACA SENG MAGNESIUM FOSFAT

Eko Budiyanto<sup>1,a)</sup>, Agus Setyo Budi<sup>1,b)</sup>, Erfan Handoko<sup>1,c)</sup>, Md. Rahim Sahar<sup>2,d)</sup>

<sup>1</sup>Prodi Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka No 1, Jakarta 13220

<sup>2</sup>Jabatan Fizik Fakulti Sains Universiti Teknologi Malaysia, UTM Skudai, Johor 81310

Email: <sup>a)</sup>ekobudiyanto\_ia2@yahoo.com, <sup>b)</sup>abihuda123@yahoo.com, <sup>c)</sup>erfisika92@gmail.com, <sup>d)</sup>mrahim057@gmail.com

### Abstrak

Kaca ZnO-MgO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dengan penambahan komposisi zno antara 0-15 mol% telah berhasil dibuat dengan menggunakan teknik *Melt Quenching*. Dengan analisis dari X-ray diffraction (XRD) struktur dari kaca yang diperoleh menunjukkan sifat bahan amorf. Spektrum photoluminescence dominan memiliki pita emisi pada pengamatan puncak di sekitar 385nm. Sedangkan uji kekerasan dari kaca ZnO-MgO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya komposisi ZnO.

**Kata-kata kunci:** kaca ZnO-MgO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; spektrum photoluminescence; melt quenching; XRD; uji kekerasan.

### Abstract

Glass ZnO-MgO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> with the addition of ZnO composition between 0-15 mol% has been successfully using techniques Melt Quenching. With the analysis of X-ray diffraction (XRD) structure of glass obtained showed properties of amorphous materials. Photoluminescence spectrum has a dominant emission band on the observation of the peak at around 385nm. Sedangkan hardness test of glass ZnO-MgO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> decreased with the increasing composition of ZnO.

**Keywords:** glass ZnO-MgO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; photoluminescence spectrum; melt quenching; XRD; hardness test..

## 1. Pendahuluan

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 [1,2]. Selain itu juga, kaca fosfat relatif lebih mudah dibuat dan mempunyai kemampuan campuran komposisi kaca yang lebih luas [3]. 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 [4].

Seng oksida (ZnO) telah menarik perhatian karena aplikasi yang menjanjikan untuk perangkat optoelektronik [5,6]. 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 [7]. Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan mengenai sintesis film ZnO, serbuk nano-partikel dan kristal tunggal [8,9], 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 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-ZnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (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 [10].

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), hasil tersebut didapat dari pengurangan komposisi seng dan penambahan magnesium. Namun perlakuan panas

yang diberikan juga memiliki peranan penting dalam mempengaruhi sifat kekerasannya [11].

Penambahan MgO telah terbukti efektif menghambat pertumbuhan butiran pada keramik dan meningkatkan kekuatan patah dengan mengubah mekanisme pertumbuhan retak pada skala nano [12]. MgO yang dipres digunakan sebagai bahan optik. MgO ini tembus pandang dari 0,3 sampai 7  $\mu\text{m}$ . Indeks biasnya 1,72 pada 1  $\mu\text{m}$  dan bilangan Abbe = 53,58. Pada penelitian ini, penulis mencoba melakukan penelitian yang berjudul "Sifat Mekanik dan Optik Kaca Seng-Magnesium-Fosfat ( $\text{ZnO-MgO-P}_2\text{O}_5$ )" dengan menggunakan teknik *melt-quenching* dan pengujian sifat mekanik (uji kekerasan) dan juga sifat optik *luminescence*.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Pembuatan Sampel Kaca

Sampel kaca dalam eksperimen ini terdiri dari campuran serbuk ZnO, MgO dan  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Sampel kaca akan dibuat 4 buah dengan komposisi yang berbeda dari serbuk ZnO dan  $\text{P}_2\text{O}_5$ . 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 disebut 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 dimasukkan ke dalam *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 dengan waktu secepat mungkin, dengan tujuan supaya bahan campuran tidak mempunyai waktu untuk membentuk bahan kristal. Proses menuang leburan ini dilakukan pada cetakan yang berada di dalam *furnace* yang bersuhu 300°C untuk proses *Annealing* selama 3 jam. 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 diuji dengan difraksi sinar-X [Rigaku SmartLab x-RAY diffractometer] untuk mengetahui apakah sampel kaca yang dibuat bersifat amorf atau kristal.

**Tabel 1.** Komposisi sampel kaca.

Sampel Kaca	P2O5 (mol%)	MgO (mol%)	Zn (mol%)	Hasil
S-1	70	30	0	transparan, merah muda
S-2	65	30	5	transparan, merah muda
S-3	60	30	10	transparan, merah muda
S-4	55	30	15	transparan, merah muda

### 2.2 Sifat Optik

Sifat optik yang ditinjau dalam penelitian ini adalah *photoluminescence* dengan menggunakan alat *Photoluminescence spectrophotometer*. Setelah sampel selesai *dipolish* kemudian di letakkan di dalam alat tersebut. Selanjutnya menentukan panjang gelombang exitasi 300 nm di dalam software.

### 2.3 Sifat Mekanik

Sifat mekanik yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menguji kekerasan dari sampel kaca yang telah dibuat dengan menggunakan alat *Vickers hardness tester*. Pada alat ini memiliki indenter berbentuk berlian piramida. Nilai *Vickers hardness* diukur dengan menggunakan persamaan.

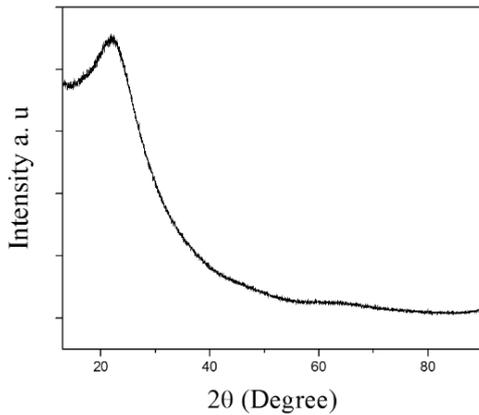
$$HV = \frac{2P \sin(\alpha/2)}{d^2} = \frac{1.844P}{d^2} \quad (1)$$

Dimana P = beban, kgf  
d = rata-rata diagonal, mm  
 $\alpha$  = sudut berlian = 136°

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Pembentukan Kaca

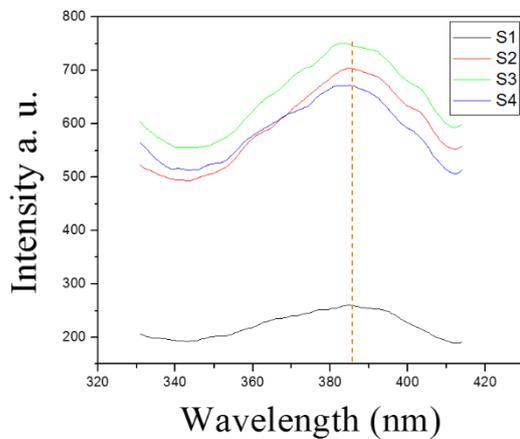
Pembentukan kaca  $\text{ZnO-MgO-P}_2\text{O}_5$  dengan menggunakan teknik *melt-quenching* telah berhasil dibuat. Teknik ini dipilih karena lebih mudah dilakukan dalam pembentukan sampel kaca. Sampel kaca yang diperoleh berwarna merah muda dan transparan. Warna merah muda terjadi karena pengaruh campuran dari serbuk ZnO, MgO, dan  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Perbedaan warna juga terlihat karena perbedaan komposisi serbuk ZnO yang diberikan. Pengujian difraksi sinar-X memperlihatkan bahwa semua sampel adalah bersifat amorf. Hal itu terlihat pada Gambar 1, dimana pola XRD memiliki puncak yang lebar dalam jarak 15-35° 2 $\theta$ .



**Gambar 1.** Pola XRD pada sampel kaca ZnO-MgO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

3.2 Sifat Optik

Gambar 2 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]. 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%.



**Gambar 2.** Spektrum emisi photoluminescence ( $\lambda_{exc} = 300$  nm).

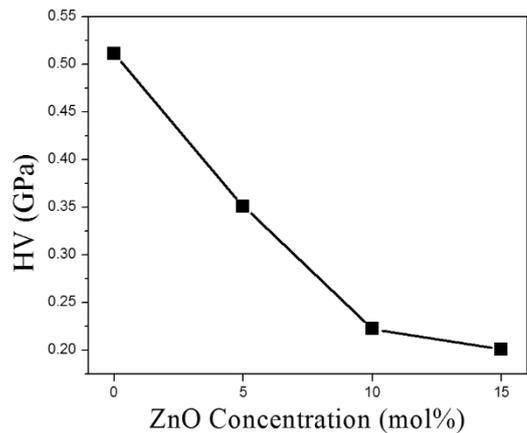
3.3 Sifat Mekanik

Karakterisasi sifat mekanik berupa uji kekerasan dari kaca ZnO-MgO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> yang dihasilkan dengan menggunakan alat harness tester yang terdapat di laboratorium jurusan fisika UTM, Malaysia. Hasil uji kekerasan terhadap 4 sampel kaca dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2.** Pengukuran uji kekerasan sampel kaca ZnO-MgO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dengan penambahan komposisi ZnO.

Komposisi Bahan	Daya Tekan (kg)	Kekerasan (kg/mm <sup>2</sup> )	Kekerasan (GPa)
S1	10	52.106	0.52106
S2	10	35.764	0.35764
S3	10	22.662	0.22662
S4	10	20.435	0.20435

Dari hasil uji kekerasan yang dilakukan terhadap kaca ZnO-MgO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dengan 4 komposisi ZnO yang berbeda antara 0% - 15% dapat menghasilkan kaca ZnO-MgO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> secara baik dan efektif. Nilai uji kekerasan yang dihasilkan berkisar antara 0,20435 % - 0,52106% GPa. Nilai hasil uji kekerasan tersebut mengalami penurunan yang signifikan dengan semakin meningkatnya komposisi ZnO yang diberikan. Hal tersebut disebabkan oleh perubahan struktur karena peningkatan jarak antar atom dari kaca yang lebih banyak.



**Gambar 3.** Hubungan antara nilai kekerasan dengan konsentrasi ZnO.

Gambar 3 memperlihatkan grafik nilai uji kekerasan yang menurun dengan bertambahnya konsentrasi ZnO. Hal tersebut terjadi karena perubahan struktur meningkat dalam jarak antar atom dari sampel kaca terjadinya non-bridging oxygen (NBO).

4. Simpulan

Pembentukan kaca ZnO-MgO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dengan menggunakan teknik melt-quenching telah berhasil dibuat. Dengan perubahan konsentrasi ZnO sebesar 0; 5; 10; 15 mol %. Pengujian difraksi sinar-X memperlihatkan bahwa semua sampel adalah bersifat amorf. Sampel kaca ZnO-MgO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 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-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> didapat antara antara 0,20435 % - 0,52106% GPa.

## Ucapan Terimakasih

Saya mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Rahim Sahar dan anggota AOMRG yang telah membimbing saya selama penelitian. Selain itu saya juga mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Agus Setyo Budi, M. Sc dan Dr. Erfan Handoko, M. Si yang membimbing saya dalam pembuatan paper ini.

## Daftar Acuan

- [1] Shih P. Y, Yung S. W, T. S. Chin, Thermal and corrosion behavior of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Na<sub>2</sub>O-CuO glasses, *J. Non-Cryst. Solids.* 224 (1998), p. 143-152.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] M. Altaf, M. Ashraf Chaudry, Physical properties of lithium containing cadmium phosphate glasses. *J. Mod. Phys.* 1 (2010), p. 201-205.
- [5] 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-AlGaIn heterojunction light-emitting diodes on 6H-SiC substrates, *Appl. Phys. Lett.* 83 (2003), p. 4179-4721.
- [6] 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.
- [7] S. E. Derenzo, M. J. Weber and M. K. Klintonberg, Temperature dependence of the fast, near-band-edge scintillation from CuI, HgI<sub>2</sub>, PbI<sub>2</sub>, ZnO:Ga and CdS:In, *Nucl. Instr. Meth. A* 486 (2002), p. 214-219.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.

- [11] 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 Li<sub>2</sub>O-ZnO-MgO-SiO<sub>2</sub> glass-ceramics, *J. alloys and compounds.* 657 (2016), p. 231-236.
- [12] J. Raharjo, S. Rahayu. Pengaruh Penambahan MgO dan SiO<sub>2</sub> Serta Suhu Sintering Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Keramik  $\alpha$ -Alumina. *Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, Yogyakarta (2015), p. B13 1-6.
- [13] M. Nikl, J. Pejchal, R. Jinhua, J. Zhang, G. Chen, A. Beitlerova, A. Yoshikawa and T. Fukuda, Photoluminescence of ZnO-aggregates in oxide glasses, *Opt. Mater.* 29 (2007), 552-555.