

**Pengaruh Variasi *Magnesium Oxide* (MgO) Terhadap Karakteristik Semen
Gigi modifikasi Nano *Zinc Oxide Eugenol* (ZOE)**

Alwiyah¹, Drs. Siswanto, M.Si¹, DR. Nurul Taufiqu Rochman, M.Eng²

¹Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga

²Pusat Penelitian Metalurgi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Alwiyahkuddah23@gmail.com

Abstract.

The purpose of this research was to determine the effect of the proper MgO and MgO composition addition to produce the best ZOE dental cement. ZOE dental cement has lower mechanical properties compared to other dental cement, so it needs the addition of Al₂O₃ and MgO as dental cement powder. This research uses MgO variation of 0%, 1%, 3%, 5%, 10%. ZOE cement powder mixture was done by sintering the temperature of 1200°C for 1 hour continued with characterization by using XRD (X-Ray Diffraction). The mixing process of dental cement powder sintering results with eugenol liquid was implemented gradually, so it will bring a paste mixture. Comparison of dental cement powder and liquid is 2:1. Characterization of dental cement samples include of SEM (Scanning Electron Microscopy), hardness test and compressive strength test. The result and analysis shows that the surface morphology of dental cement samples with the addition of 3% MgO was smoother than other sample surface which had rough structure and many pores. Similarly, the analysis of the macroscopic yield the most optimum value of the hardness value of (44,17 ± 5,69) HVN and compressive strength value of (23.00 ± 0,12) MPa. This suggests that the addition of MgO can improve the microstructure and physical properties of dental cements.

Keywords: *Dental Cement, MgO Variation, Zinc Oxide Eugenol.*

Abstrak.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan MgO dan komposisi MgO yang tepat untuk menghasilkan semen gigi ZOE yang terbaik. Semen gigi ZOE mempunyai sifat mekanik yang rendah dibandingkan semen gigi yang lain, sehingga perlu dilakukan penambahan Al_2O_3 dan MgO sebagai bahan aditif pada bubuk semen gigi. Pada penelitian ini dilakukan variasi MgO sebesar 0%, 1%, 3%, 5%, 10%. Campuran bubuk semen ZOE tersebut dilakukan sintering dengan suhu $1200^{\circ}C$ selama 1 jam yang selanjutnya dilakukan karakterisasi menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*). Pencampuran bubuk semen gigi hasil sintering dengan cairannya eugenol dilakukan sedikit demi sedikit sehingga menghasilkan pasta. Perbandingan bubuk dan cairan semen gigi ini adalah 2:1. Karakterisasi sampel semen gigi ini meliputi karakterisasi SEM (*Scanning Electron Microscopy*), uji kekerasan dan uji tekan. Dari serangkaian penelitian dan analisis diperoleh bahwa morfologi permukaan sampel semen gigi dengan penambahan MgO sebesar 3% menunjukkan permukaan yang lebih halus dibandingkan dengan sampel lain yang struktur permukaannya tampak kasar dan banyak pori. Begitu pula dengan analisis makroskopis menghasilkan nilai yang paling optimum yaitu nilai kekerasan ($44,17 \pm 5,69$) HVN dan nilai kekuatan tekan ($23,00 \pm 0,12$) MPa. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan MgO dapat memperbaiki mikrostruktur dan sifat fisis semen gigi.

Kata kunci : *Semen gigi, Variasi MgO, Zinc Oxide Eugenol.*

PENDAHULUAN

Material penambal gigi mengalami perkembangan yang sangat pesat. Hal ini membuat dokter gigi mempunyai banyak pilihan bahan tambalan atau restorasi gigi untuk merawat dan memperbaiki gigi. Terdapat lima macam semen gigi sebagai bahan restorasi gigi. Lima bahan tersebut adalah semen seng fosfat (*zinc phosphate cement*), semen seng oksida eugenol (*zinc oxide eugenol cement*), semen polikarboksilat (*polycarboxylate cement*), semen silikat dan semen gelas ionomer (*glass ionomer cement*) [1]. Masing-masing semen gigi memiliki karakteristik yang berbeda sehingga berimplikasi pada aplikasinya.

Salah satu semen gigi yang sering dipakai untuk restorasi gigi adalah *zinc oxide eugenol* (ZOE). *Zinc oxide eugenol* memiliki keunggulan dibandingkan semen gigi lainnya. Keunggulan tersebut antara lain dapat mengurangi rasa nyeri pada pulpa gigi, mempunyai sifat antiseptik, dapat beradaptasi dengan baik pada kavitas, tidak mengiritasi pulpa sehingga dapat digunakan sebagai tambalan sementara yang berfungsi untuk menutup kavitas gigi dalam jangka waktu tertentu yaitu 3 sampai 7 hari. Semen gigi ini diharapkan dapat menjadikan pulpa sehat sebelum dilakukan tambalan tetap [2]. Namun, *zinc oxide eugenol* memiliki kekurangan yaitu sifat mekanik yang rendah dan kelarutan terhadap air tinggi.

Peningkatan kekuatan pada semen gigi dapat dilakukan dengan penambahan bahan tertentu. Penambahan bahan tertentu tersebut harus memiliki kekuatan dan ketahanan abrasinya yang baik. Bahan yang berpotensi memperbaiki karakteristik tersebut adalah alumina (Al_2O_3). Hal ini disebabkan sifat alumina yang mudah dalam proses fabrikasi, ketahanan korosi yang baik, ketahanan pemakaian yang cukup lama, bioinert dan biokompabilitas yang baik.

Kelemahan sintesis ZOE- Al_2O_3 adalah memerlukan suhu sintering yang tinggi dan selama proses sintering terjadi penggumpalan bahan pada batas butirnya. Oleh sebab itu, untuk menurunkan suhu

sintering ini dapat dilakukan dengan cara penambahan bahan aditif tertentu misalnya MgO (*magnesium oxide*). Pemilihan aditif MgO berdasarkan fungsinya yaitu sebagai flux (menurunkan titik lebur) dan mencegah terjadinya pertumbuhan butir (grain) yang berlebih [3]. Penambahan MgO dalam sintering Al₂O₃ juga dapat mengurangi pori hingga mendekati nol sehingga meningkatkan densitas [4]. Maka dibutuhkan komposisi MgO yang tepat untuk memperoleh karakteristik yang terbaik.

Pada penelitian ini, material penyusun semen gigi *zinc oxide* yang digunakan berukuran nanometer karena dapat memperbaiki sifat fisis dan mekanis *zinc oxide eugenol cement* [5]. Perubahan ukuran bahan dasar semen gigi ini dari mikro ke nano menyebabkan perubahan kualitas semen gigi, terutama dari sifat fisis dan mekanik.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini bahan-bahan yang digunakan sebagai berikut: ZnO, MgO, Al₂O₃, Cairan eugenol komersial dan non komersial. Sedangkan alat-alat yang digunakan adalah spatula cement, cetakan akrilik, Pipet, mikrometer sekrup, neraca Analitik, *mixing slab*, beban untuk sampel, *furnace*, mortar, XRD, SEM, autograph, *MicroVickers Hardness*.

Penelitian ini diawali dengan mempersiapkan material bubuk semen gigi yang dibuat dengan mencampurkan ZnO, Al₂O₃ dengan rasio massa 70:30 % dan divariasikan komposisi MgO 1%, 3%, 5%, 10%, dan tanpa penambahan MgO. Tabel 1 menunjukkan komposisi material semen gigi yang dibuat.

Tabel 1 Komposisi material semen gigi

Jenis Sampel	Komposisi ZnO:Al ₂ O ₃ :MgO	Keterangan
A	70:30:0	Eugenol non-Komersial
B	70:29:1	
C	70:27:3	
D	70:25:5	
E	70:20:10	

F	70:25:5	Eugenol
		Komersial

Proses pencampuran material menggunakan mortar yang diharapkan dapat dihasilkan campuran yang homogen. Kemudian campuran disintering pada suhu 1200°C dengan waktu penahanan selama 1 jam. Material yang telah disintering, dicampurkan dengan eugenol dengan rasio bubuk semen gigi dan cairan sebesar 2:1 (gr:mL). Setelah sampel homogen maka dilakukan pencetakan sampel menggunakan cetakan yang terbuat dari akrilik sesuai dengan ukuran standart sampel dalam pengujian. Cetakan semen gigi dengan tebal 10 mm dan diameter 8 mm. Pengujian sampel ini membutuhkan permukaan yang datar dengan meratakannya menggunakan *spatula cement* dan meletakkan beban 2 kg pada cetakan semen gigi supaya padat. Setelah mengeras, 30 menit berikutnya sampel dapat dilepas dari cetakan. Sampel dibuat sebanyak 12 buah dan dapat dilakukan karakterisasi.

Karakterisasi sampel semen gigi ZOE yang terbentuk akan dilihat melalui beberapa uji. Uji tersebut meliputi uji mikroskopik dan makroskopik. Uji mikroskopik meliputi karakterisasi XRD dan SEM yang secara berturut-turut untuk mengetahui komposisi sampel dan menentukan struktur kristalnya serta untuk mengetahui struktur mikronya. Uji makroskopik meliputi uji kekerasan dan tekan yang secara berturut-turut berfungsi untuk mengetahui ketahanan sampel terhadap deformasi tekanan serta untuk mengetahui kemampuan semen gigi menahan beban.

Karakterisasi dengan XRD (*X-Ray Diffraction*)

Persiapan sampel untuk karakterisasi XRD dapat dilakukan sebagai berikut. Mula-mula sampel digerus sampai halus. Kemudian sampel yang telah menjadi serbuk dengan permukaan rata dan mempunyai ketebalan yang cukup untuk meyerap sinar-x ditempatkan pada preparat seperti pada Gambar 3.5. Preparat kemudian ditempatkan pada sampel holder difraktometer sinar-X dengan menggunakan panjang gelombang

target Cu sebesar 1,541874 Å dan sudut 2θ yang digunakan antara 0 - 80°. Kemudian dilakukan pengamatan data untuk menentukan kandungannya. Data yang dihasilkan dari karakterisasi XRD adalah spektrum kontinu yang menggambarkan sudut-sudut terjadinya difraksi pada atom-atom bahan (2θ) dan besar nilai intensitas.

Analisis terhadap spektrum data XRD dapat dilakukan menggunakan program *search match*. Hasil *search match* berupa grafik dengan identifikasi fase dari senyawa- senyawa pada puncak-puncak intensitasnya yang selanjutnya digunakan untuk menentukan fraksi volume yang terbentuk menurut persamaan berikut:

$$F_V(f_n) = \frac{I(f_n)}{I_{total}} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana, $I(f_n)$ adalah intensitas fase-n yang ditinjau dan I_{total} adalah intensitas keseluruhan dari data XRD yang dihasilkan.

Selain itu, XRD juga menginformasikan ukuran kristal suatu senyawa. Untuk ukuran partikel, hasil XRD dianalisis dengan formula Scherrer yang diameter partikelnya memenuhi persamaan:

$$L = \frac{k \cdot \lambda}{B \cdot \cos \theta} \quad (2)$$

Dimana, L adalah ukuran butir kristal (Å), k adalah konstanta dengan nilai 0,9, adalah panjang gelombang sinar-X (Å) nilainya : 1,541874, B adalah lebar puncak pada setengah maksimum FWHM (rad), dan θ adalah sudut Bragg (°).

Karakterisasi Struktur Mikro (SEM)

Preparasi sampel sebelum dilakukan karakterisasi SEM dengan pengampelasan menggunakan ampelas ukuran tingkat kekasaran 120, 400, 800, dan 1200 secara bertahap. Kemudian setelah pengampelasan sampel dilakukan micropolish alumina dengan ukuran 0,3 mikro, 1 mikro, dan 5 mikro secara bertahap menggunakan mesin *grinding*. Sampel diamati dengan mikroskop optik untuk melihat keadaan permukaan sampel hingga dapat diteruskan untuk

preparasi. Selanjutnya sampel harus bebas dari H₂O, setelah sampel kering maka sampel ditempel pada *specimen holder* kemudian dibersihkan menggunakan *hand blower*. Sampel ini tidak dilakukan proses *coating* karena sampel tersebut akan dilakukan uji kekerasan. Setelah sampel siap maka dapat dimasukkan ke dalam *specimen chamber* untuk diamati struktur mikronya pada layar SEM dan dianalisis. Hasil dari SEM *image* yang akan menampilkan topografi (tekstur permukaan sampel) dan morfologinya (bentuk dan ukur dari partikel penyusun sampel).

Uji Kekuatan Tekan (Compressive strength)

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan alat *autograph*. Pengujian kekuatan dilakukan dengan menggunakan sampel berbentuk silinder yang bagian atas dan bawahnya telah dihaluskan dengan amplas. Sampel yang telah siap diuji ditempatkan pada bagian penekan mesin uji tekan, kemudian mesin dinyalakan dan mengatur kecepatan serta memilih range beban yang akan diukur. *Load cell* perlahan diturunkan kemudian distop dan mencatat besarnya gaya.

Data yang diperoleh dari eksperimen yaitu diameter sampel dan gaya yang dibutuhkan untuk menekan sampel. Nilai dari *Compressive Strength* dapat diperoleh dari persamaan :

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (3)$$

Dengan F dan A berturut-turut adalah besarnya gaya dan luas permukaan sampel

Uji kekerasan (Hardness)

Pengukuran tingkat kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat uji *Micro Vickers Hardness*. Pengujian ini menggunakan pembebanan sebesar 200 gf (1,96 N) dan mempunyai beberapa ketentuan yaitu sampel yang digunakan benar-benar halus dan rata pada permukaannya. Salah satu cara yang digunakan untuk mendapatkan sampel yang memiliki permukaan rata adalah dengan metode *molding*. Proses *molding* dilakukan dengan cara menambahkan *epoxy resin* dan *hardener* pada sampel

yang berbentuk silinder di suatu cetakan. Pengukuran tingkat kekerasan dilakukan dengan penekanan pada permukaan sampel dengan menggunakan intan piramid dengan sudut kemiringan 136° . Pengukuran tingkat kekerasan dilakukan pada tiga titik yang berbeda.

Dari hasil pengukuran uji kekerasan, nilai kekerasan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$VHN = \frac{1,8544}{d^2} P \quad (4)$$

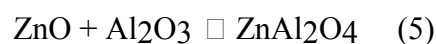
Dengan, VHN adalah bilangan kekerasan *Vickers*, P adalah beban atau gaya (kgf), d adalah diagonal rata-rata (mm)

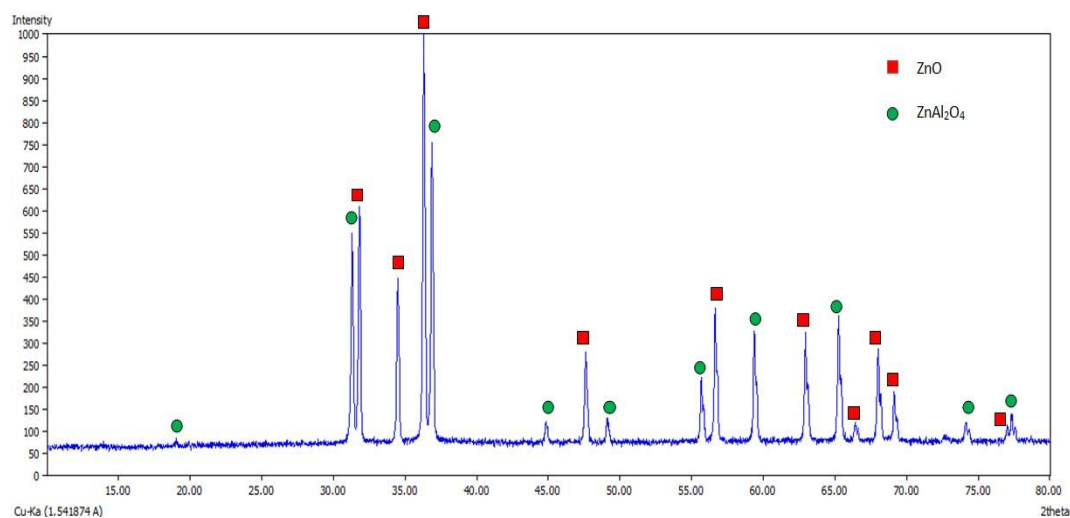
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Karakterisasi XRD (*X-Ray Diffraction*)

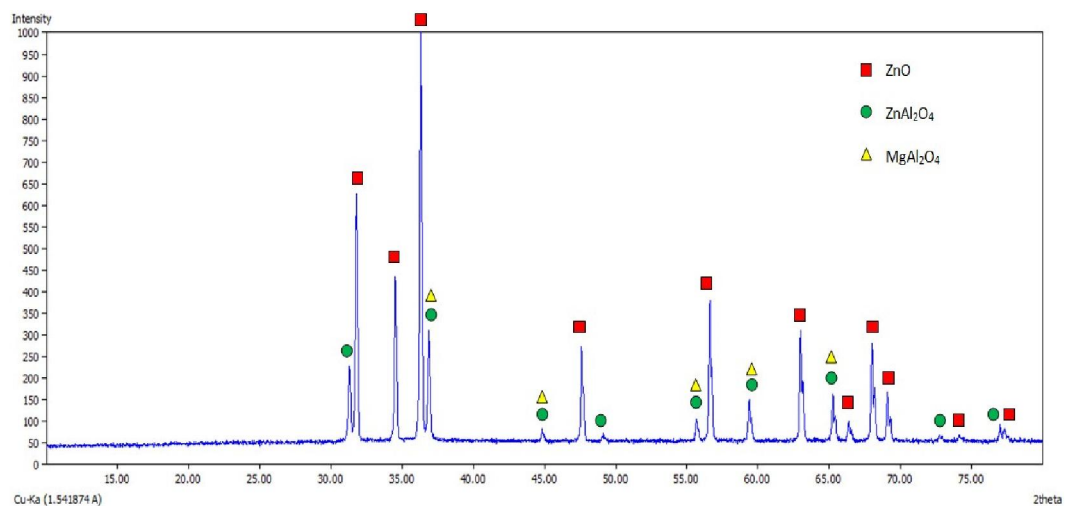
Uji XRD hanya dilakukan untuk sampel A, C dan E. Hasil uji XRD tersebut ditunjukkan oleh Gambar 1. Data XRD Gambar 1 selanjutnya dilakukan *search match*. Dari hasil karakterisasi XRD dilakukan analisa kualitatif dengan cara pencocokan (*search match*) spektrum hasil karakterisasi XRD dengan standar file data yang telah diketahui yaitu data JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standard*). Hal ini dilakukan untuk mengetahui senyawa-senyawa yang terkandung dalam bubuk modifikasi semen *zinc oxide eugenol*.

Dari data XRD menunjukkan bahwa karakterisasi XRD pada sampel A senyawa yang terbentuk pada hasil sintering adalah ZnO dan ZnAl₂O₄ (Gambar 1a). Pada sampel C senyawa yang terbentuk adalah ZnO, ZnAl₂O₄, dan MgAl₂O₄ (Gambar 1b). Pada sampel E senyawa yang terbentuk adalah ZnO, ZnAl₂O₄, dan MgAl₂O₄ dan MgO (Gambar 1c). Pembentukan senyawa ZnAl₂O₄ dan MgAl₂O₄ menunjukkan terjadinya reaksi sebagai berikut:

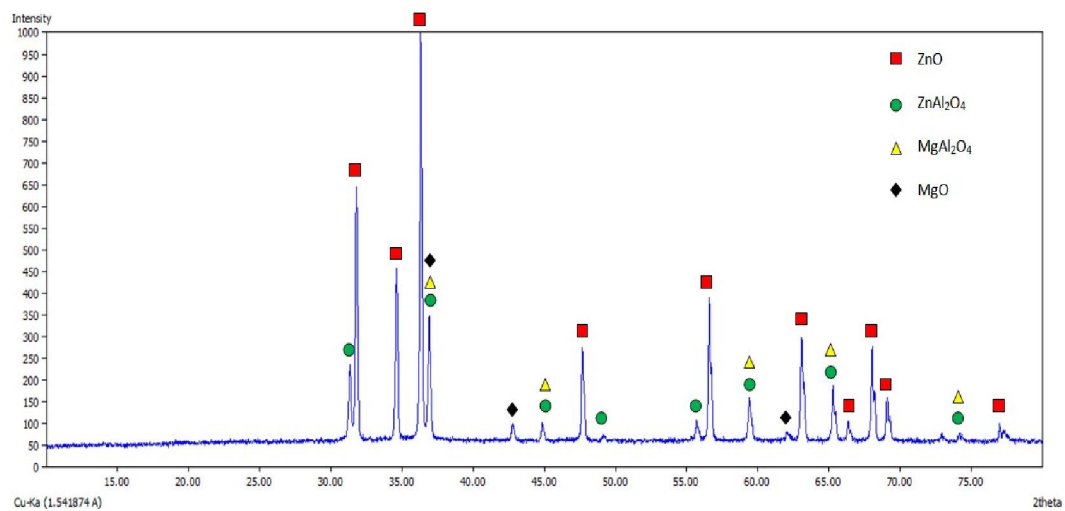




(a)



(b)



(c)

Gambar 1 Hasil Karakterisasi XRD Sampel Semen Gigi *Zinc Oxide Eugenol*

(a) Sampel A (b) Sampel C (c) Sampel E

Berdasarkan pada Gambar 1 dapat dilihat puncak-puncak senyawa yang terbentuk pada bubuk semen gigi *Zinc Oxide Eugenol* dengan menggunakan Persamaan (1) fraksi volumenya dinyatakan dalam Tabel 2 dan Lebar puncak XRD memberikan informasi tentang ukuran kristal. Dari grafik dengan menggunakan Persamaan *Scherrer* (2) ukuran kristal dinyatakan dalam Tabel 3.

Tabel 2 Fraksi Volume Senyawa yang Terbentuk Pada Sampel

Sampel	Fraksi Volume (%)			
	ZnO	ZnAl ₂ O ₄	MgAl ₂ O ₄	MgO
A	58,93	41,07	-	-
C	79,24	17,11	3,65	-
E	75,58	15,97	5,38	3,07

Tabel 3 Ukuran Kristal Senyawa

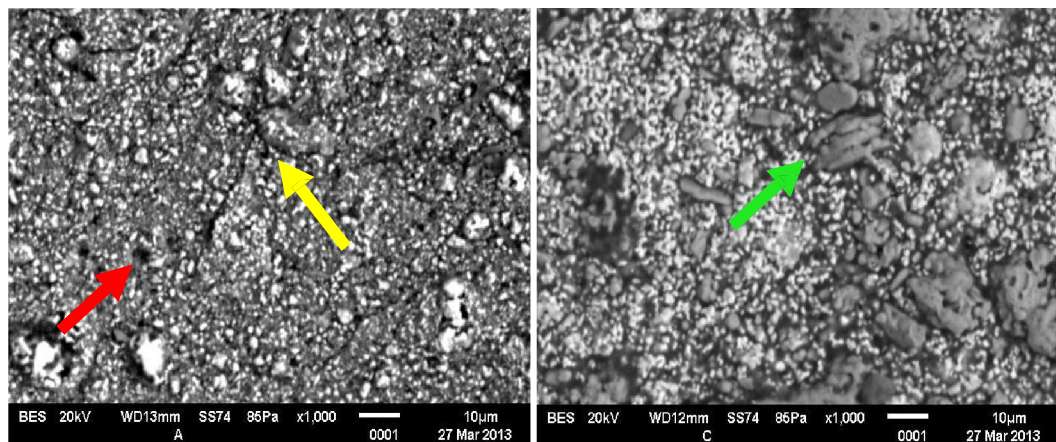
Jenis Sampel	Ukuran Kristal (Å)	Ukuran Kristal (Å)
A	533	518
C	614	606
E	539	536

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh sampel C memiliki ukuran kristal ZnO maupun ZnAl₂O₄ yang tertinggi. Hal ini dapat dijelaskan oleh konsep pembentukan senyawa. Ketika suatu senyawa diberi perlakuan suhu serta lama pemanasan yang sama, sedangkan pada saat itu pula ditambahkan komposisi bahan lain dalam hal ini senyawa MgO. Maka untuk membentuk senyawa baru diperlakukan waktu relatif lama ketika komposisi bahan aditif semakin bertambah.

Hasil karakterisasi XRD ini mendukung hasil uji kekerasan dan kekuatan tekan. Semakin kecil lebar puncak maka sifat mekanisnya semakin baik, hal ini dikarenakan ukuran kristalnya yang besar.

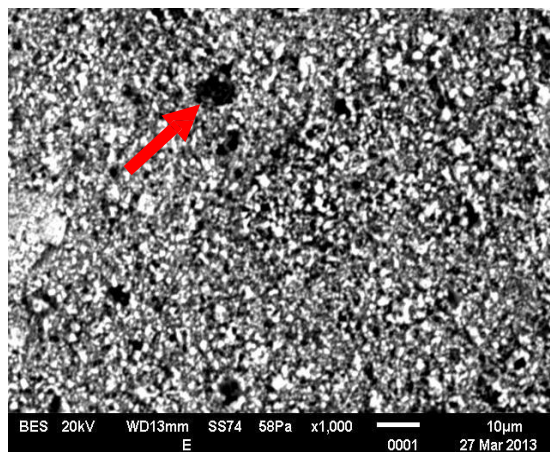
Hasil Karakterisasi Struktur Mikro (SEM)

Gambar 2 menunjukkan penampakan mikrostruktur pada permukaan semen gigi.



(a)

(b)



(c)

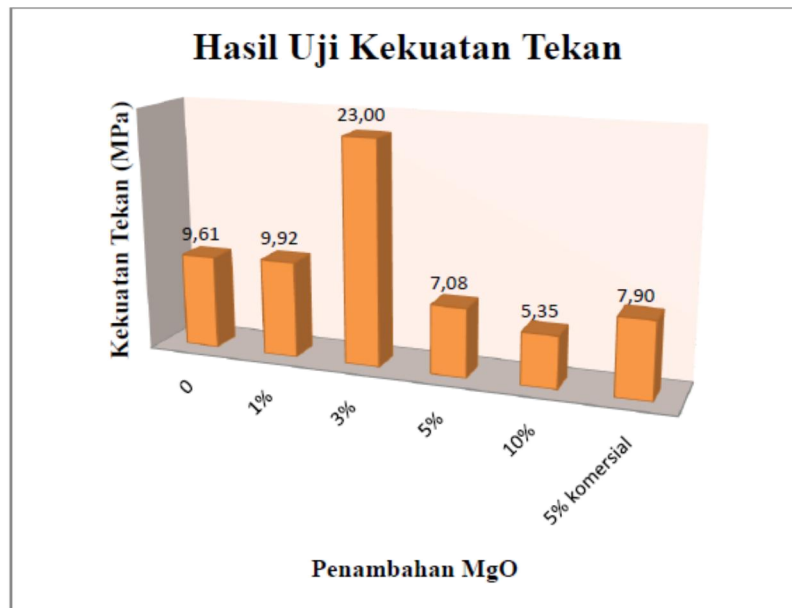
Gambar 2 Hasil Karakterisasi SEM Semen Gigi ZOE dengan (a) Penambahan MgO 0% (b) Penambahan MgO 3% (c) Penambahan MgO 10%

Dapat terlihat bahwa struktur mikro dari semen gigi modifikasi ZOE sampel A memiliki permukaan yang kasar dan terdapat banyak pori-pori antar partikelnya. Pada sampel ini juga terlihat adanya retakan

(Gambar 2a). Sedangkan Pada semen gigi sampel C terlihat permukaan yang lebih halus dan berkurangnya pori dibandingkan sampel tanpa penambahan MgO dan MgO 10%. Struktur mikro sampel ini juga terlihat ikatan antar butir partikel yang satu dengan partikel yang lain dalam jumlah banyak dan sebagian sudah membentuk kesatuan yang utuh. Dari hasil SEM ini terlihat bahwa struktur permukaannya kurang homogen karena proses *mixing* yang kurang sempurna (Gambar 2b). Pada semen gigi sampel E terlihat permukaan yang kasar dan terdapat pori-pori antar partikelnya. Peristiwa ini dikarenakan efek jenuh untuk penambahan MgO yang terlalu banyak (Gambar 2c).

Hasil Uji Kekuatan Tekan

Pengukuran uji kekuatan tekan sampel dilakukan dengan memberikan beban pada sampel sampai patah.



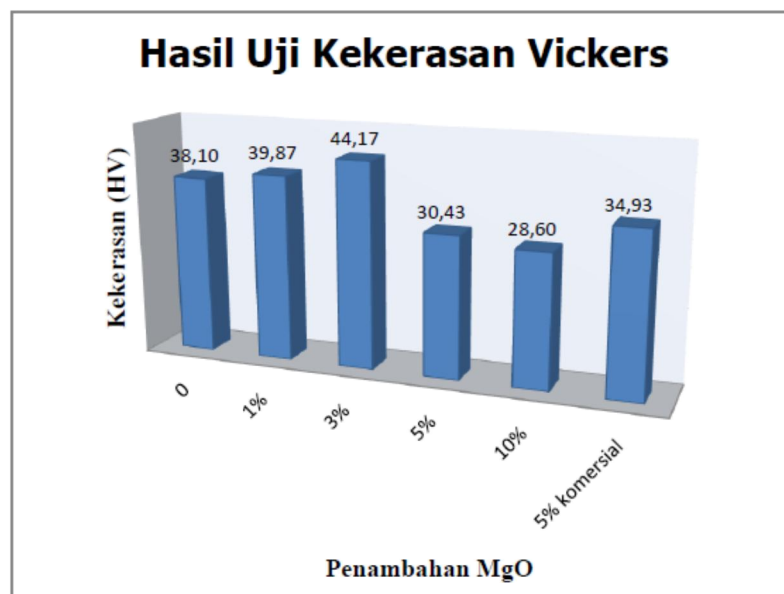
Gambar 3 Grafik Hubungan Antara Sampel (Variasi Komposisi MgO) Terhadap Kekuatan Tekan

Pada Gambar 3 diketahui bahwa pengaruh penambahan MgO terhadap nilai kekerasan memberikan nilai optimum pada sampel C yaitu $(23,00 \pm 0,12)$

Mpa. Pada literatur nilai *compressive strength* untuk semen gigi *zinc oxide eugenol* yaitu berkisar 6-30 MPa. Namun nilai kekuatan tekan setelah sampel C mengalami penurunan karena adanya titik jenuh dengan penambahan MgO yang berlebih. Hasil ini juga didukung dengan karakterisasi XRD dimana pada sampel C memiliki ukuran kristal yang paling tinggi sehingga mengakibatkan kekuatan tekan yang paling tinggi. Serta karakterisasi SEM, dari hasil tersebut menunjukkan terbentuknya ikatan antar partikel yang lebih baik dibandingkan dengan sampel A maupun sampel E. Selain itu pada sampel C jumlah porositas yang jauh berkurang juga berkontribusi pada peningkatan nilai kekuatan tekan.

Hasil Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan sampel dilakukan dengan metode *microvickers hardness*. Pemberian beban saat pengambilan data yaitu 200 gf atau 1,94 N. Pengukuran tingkat kekerasan dilakukan pada tiga titik yang berbeda. Dari ketiga titik nilai kekerasan masing-masing sampel tersebut kemudian diperoleh rata-rata nilai HVN.



Gambar 4 Grafik Hubungan Antara Sampel (Variasi Komposisi MgO) Terhadap Kekerasan

Pada Gambar 4 diketahui bahwa pengaruh penambahan MgO terhadap nilai kekerasan memberikan nilai optimum pada sampel C yaitu $(44,17 \pm 5,69)$ HVN. Nilai kekerasan yang meningkat seiring semakin bertambahnya komposisi MgO dalam bubuk semen gigi *zinc oxide eugenol*. Namun nilai kekerasan setelah sampel C mengalami penurunan karena adanya titik jenuh dengan penambahan MgO yang berlebih. Hasil ini juga didukung dengan karakterisasi XRD dimana pada sampel C memiliki ukuran kristal yang paling tinggi sehingga mengakibatkan kekerasan yang paling tinggi. Serta didukung dengan karakterisasi SEM melalui struktur mikronya. Dari hasil tersebut menunjukkan terbentuknya ikatan antar partikel yang lebih baik dibandingkan dengan sampel A maupun sampel E. Selain itu pada sampel C jumlah porositas yang jauh berkurang juga berkontribusi pada peningkatan nilai kekerasan.

KESIMPULAN

Dari serangkaian penelitian dan analisis tentang penambahan MgO terhadap modifikasi semen gigi *Zinc Oxide Eugenol*, diperoleh kesimpulan bahwa seiring bertambahnya komposisi MgO maka sifat mikroskopis (karakterisasi XRD dan XRD) maupun makroskopis (uji kekerasan dan kuat tekan) semakin baik. Namun hasil karakterisasi setelah penambahan 3% MgO mengalami penurunan karena adanya titik jenuh dengan penambahan MgO yang berlebih. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa penambahan 3% MgO (sampel C) menghasilkan nilai yang terbaik untuk kekerasan yaitu $(44,17 \pm 5,69)$ HVN dan kuat tekan yaitu $(23,00 \pm 0,12)$ MPa. Serta didukung oleh hasil struktur morfologinya yang lebih halus dibandingkan sampel lainnya. Ini membuktikan bahwa penambahan MgO dapat memperbaiki mikrostruktur dan meningkatkan sifat fisisnya yaitu mengurangi porositas.

SARAN

Penelitian modifikasi semen gigi *zinc oxide eugenol* ini merupakan langkah awal untuk memperbaiki kekurangan dari semen gigi *zinc oxide eugenol*. Untuk memperoleh hasil yang lebih baik maka disarankan pencampuran bubuk

semen gigi dengan menggunakan HEM (*High Energy Milling*) yang berfungsi untuk memperkecil ukuran partikel sehingga menjadi serbuk yang berukuran yang lebih halus dan melakukan perbandingan bubuk dan cairan yang lebih variatif. Hal ini dikarenakan semakin meningkatnya jumlah serbuk pada perbandingan serbuk dan cairan maka semakin meningkat pula kekerasannya dan semakin berkurang pula kelarutannya. Selain hal di atas, disarankan proses pengujian dan penelitian lebih lanjut yang harus dilakukan diantaranya uji biokompatibilitas dan uji kelarutan pada semen gigi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penyusun sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu selama penyusunan laporan ini diantaranya Bapak Drs. Siswanto, M.Si. selaku pembimbing I, dan Dr. Nurul Taufiqu Rochman, M.Eng selaku pembimbing II atas bantuan dan dukungan yang diberikan selama pengerjaan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Noort, RV. 1994. *Introduction to Dental Material*. Monley: London.
- [2]Astuti, Malia Widhi dkk. 2007. *Daya Anti Bakteri Bahan Tumpatan Sementara Zinc Oxide Eugenol*. Universitas Hang Tuah: Surabaya.
- [3]Muljadi, Perdamean. 1999. *Pengaruh Aditif MgO terhadap Sifat Fisis Al₂O₃ untuk Substrat Elektron*. LIPI Puspiptek: Tangerang.
- [4]Ramlan. 2010. *Karakterisasi Keramik Na₂O-Al₂O₃ Dengan Variasi MgO Sebagai Komponen Elektrolit Padat*. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya: Sumatera Selatan.
- [5]Prihatini, Ardini. 2011. *Sintesis dan Karakterisasi Semen Gigi Berbasis Nano Zinc Oxide*. Skripsi Fsaintek UNAIR: Surabaya.