

Pembuatan semen gigi Kalsium Fosfat – ZnO (Zinc Oxide)

Lailatul Badriyah, Siswanto, Jan Ady

Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga

Email : Lalaspitsii@yahoo.com

Abstract. Calcium phosphate cement-ZnO has been synthesized from dicalcium phosphate, tricalcium phosphate and tetra calcium phosphate with addition numbers of ZnO nanoparticles are 1gr, 2gr, 3gr and 4gr by Polymethyl Vinyl Ether Maleic Acid (PMVE-Ma) solution. Calcium phosphate cements has anti bacterial low strength, so it needs to be given the addition of ZnO nanoparticles that act as anti-bacterial. Based on the macroscopic characterization of mechanical test (compressive strength and hardness) and physical test (density) results, the value of the compressive strength, hardness and density are increasing when the mass of ZnO nanoparticles increasing. Macroscopic characterization supported by microscopic characterization use X-ray diffraction test that indicating an increase volume fraction of compound quantity that formed by synthesis of calcium phosphate-ZnO (Zinc Oxide) cement.

Keywords: *calcium phosphate cement, ZnO nanoparticles, macroscopic characterization, microscopic characterization*

Abstrak. Semen kalsium fosfat-ZnO telah disintesis dari dikalsium fosfat, trikalsium fosfat dan tetra kalsium fosfat dengan penambahan nanopartikel ZnO yaitu 1gr, 2gr, 3gr dan 4gr dalam larutan Polymethyl Vinyl Ether Maleic Acid (PMVE-Ma). Semen gigi kalsium fosfat memiliki sifat anti bakteri rendah, sehingga perlu diberi penambahan nanopartikel ZnO yang berfungsi sebagai anti bakteri. Berdasarkan hasil karakterisasi makroskopik yaitu uji mekanik (kekuatan tekan dan kekerasan) dan uji fisis (kerapatan), diperoleh nilai kekuatan tekan, kekerasan dan kerapatan yang meningkat seiring dengan pertambahan nanopartikel ZnO. Karakterisasi makroskopik didukung dengan karakterisasi mikroskopik berupa uji X-Ray diffraction yang menunjukkan peningkatan fraksi volume dari kuantitas senyawa keramik yang terbentuk dari hasil sintesis semen gigi kalsium fosfat-ZnO (Zinc Oxide).

Kata kunci : *Semen gigi kalsium fosfat, nanopartikel ZnO, karakterisasi makroskopik, karakterisasi mikroskopik*

PENDAHULUAN

Gigi adalah salah satu bagian organ tubuh yang berperan sangat penting dan tidak boleh terlupakan karena sebagai satu kesatuan pendukung penampilan yang sempurna. Di masyarakat kesehatan gigi sering kali kurang diperhatikan sehingga menimbulkan banyak masalah baik yang sederhana sampai yang paling kompleks. Namun, sampai saat ini masih banyak masyarakat yang melupakan pentingnya kebersihan dan kesehatan gigi. Tidak hanya anak-anak, sebagian besar orang dewasa banyak yang malas menjaga kesehatan dan kebersihan gigi. Salah satu permasalahan gigi yang banyak di jumpai dimasyarakat adalah karies gigi atau sering disebut gigi berlubang (Zaura,2012).

Jika frekuensi aktivitas makan dan jumlah sukrosa yang dikonsumsi berada dalam level tinggi disertai kebersihan mulut yang tidak terjaga, maka konsentrasi fluoride pada mulut dan kemampuan sistem penyangga (buffer) saliva (ludah) akan

menjadi rendah akibatnya tingkat keasaman mulut dan jumlah kuman *Streptococcus mutans* pun akan meningkat.

Keadaan ini akan membuat mineral gigi menghilang secara progresif yang disebut sebagai proses demineralisasi. Sebenarnya ada proses yang mengimbangi demineralisasi tersebut, yaitu proses remineralisasi oleh ludah. Ludah akan menetralkan asam sehingga ion mineral dari cairan di sekitar gigi dapat diletakkan kembali pada gigi. Dengan kata lain, proses karies dianggap sebagai hasil ketidakseimbangan antara proses demineralisasi dan remineralisasi yang terjadi terus menerus (Zaura, 2012).

Perbaikan terhadap kerusakan gigi dapat dilakukan melalui restorasi gigi dengan penambalan. Terdapat beberapa biomaterial yang digunakan sebagai bahan penambal gigi. Bahan-bahan tersebut sebagian besar mengandung kalsium dan fosfor yang dipadu menjadi kalsium fosfat.

Kalsium fosfat merupakan salah satu jenis mineral yang sering diaplikasikan dalam bidang medis dan kedokteran gigi sebagai material buatan untuk menggantikan mineral jaringan pada gigi dikarenakan mempunyai komposisi dan kristalisasi yang hampir mirip dengan gigi manusia. Selain itu juga sifatnya yang tidak beracun, bioaktif dan terserap dengan baik (reabsorpsi). Sehingga kalsium fosfat dapat di jadikan sebagai semen gigi untuk perbaikan pada gigi yang berlubang (Zaura, 2012).

Inovasi kalsium fosfat semakin berkembang. Banyak penelitian terkait dengan biomaterial restorasi gigi yang difokuskan pada semen kalsium fosfat dikarenakan memiliki banyak keunggulan baik pada proses pembuatan dan pembentukan yang tidak memerlukan metode khusus, semen kalsium fosfat juga mengandung kalsium dan fosfor yang menyerupai gigi membuat semen ini memiliki biokompabilitas yang baik. Namun, pada kenyataannya semen kalsium fosfat juga memiliki kelemahan. Salah satunya sifat anti bakteri yang rendah. Peters et al, 2002 menunjukkan jumlah saluran pada gigi yang positif mengandung bakteri meningkat setelah perawatan restorasi gigi dengan kalsium fosfat. Sjogren et al, 1991 menyatakan bahwa sifat anti bakteri kalsium fosfat kurang baik disebabkan oleh penguraian ion Ca^{2+} dan PO_4^{3-} yang tidak stabil. Kelemahan ini diharapkan dapat dikurangi dengan menambahkan nanopartikel ZnO (Zinc Oxide) yang memiliki sifat meningkatkan anti bakteri pada komposisi bahan sehingga memenuhi persyaratan untuk aplikasi restorasi gigi (Rizka, 2012).

Penambahan persen jumlah ZnO tersebut akan berpengaruh terhadap semen gigi yang dihasilkan. Semakin banyak ZnO yang di tambahkan pada semen gigi kalsium fosfat, semakin baik sifat anti bakteri semen gigi tersebut. Namun penambahan ZnO yang terlalu banyak dapat mempengaruhi karakteristik dari semen gigi kalsium fosfat. Selain itu ZnO yang berukuran besar juga dapat mempengaruhi sifat mekanis dari semen kalsium fosfat. Semakin besar ukuran ZnO yang ditambahkan pada semen kalsium fosfat, semakin lambat pula semen tersebut menjadi homogen. Pada penelitian ini menggunakan ZnO yang berukuran nanopartikel karena ZnO dengan ukuran nanopartikel dapat mempercepat proses semen menjadi homogen (Erick, 2011).

Oleh sebab itu penelitian terkait penambahan ZnO (Zinc oxide) pada semen gigi sangat menarik. Untuk mengetahui kualitas semen gigi ini, sampel semen gigi di uji mekanik yaitu uji kekuatan tekan dan kekerasan dan uji fisis berupa densitas. Untuk mendukung uji makroskopik lakukan uji mikroskopik meliputi uji XRD (*X-Ray diffraction*).

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini bahan-bahan yang digunakan sebagai berikut: tetrakalsium fosfat dari sintesis kalsium hidrogen fosfat dan kalsium karbonat, dikalsium fosfat dihidrat dari sintesis monokalsium fosfat dan kalsium oksida, trikalsium fosfat dari sintesis ammonium fosfat dan kalsium nitrat, *polymethyl-vinyl ether-maleic acid* (PMVE-MA) dan nanopartikel ZnO (Zinc Oxide) berukuran 20nm. Sedangkan alat-alat yang digunakan adalah Spatula cement, *Mixing slab*, *Plastic Filling Instrument*, *Plugger Cement*, Neraca digital, Cetakan Teflon, Pipet tetes, Mikrometer sekrup, Kaca, *High Milling Energy*.

Pada penelitian pembuatan semen gigi kalsium fosfat dalam dua tahap yaitu tahap persiapan dan tahap sintesis sampel. Pada tahap persiapan yaitu mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Selanjutnya pada tahap sintesis terdapat dua tahap, tahap pertama yaitu sintesis sampel bubuk kalsium fosfat. Proses sintesis Tetrakalsium fosfat, dikalsium fosfat dihidrat dan trikalsium fosfat masing-masing 3gram dilakukan dengan cara mencampurkan kalsium hidrogen fosfat dan kalsium karbonat. Sintesis dikalsium fosfat dilakukan dengan cara mencampurkan monokalsium fosfat dan kalsium oksida. Sintesis trikalsium fosfat dengan cara mencampurkan kalsium nitrat dan ammonium fosfat. . Selanjutnya ditimbang sesuai persen berat yang telah ditentukan yaitu 60% dari berat Tetrakalsium fosfat , 30% dari berat Dikalsium fosfat , 10% dari berat Trikalsium fosfat dan dicampur. Kemudian campuran ini dihaluskan menggunakan high milling energy selama 15 menit hingga massa partikel tereduksi menjadi lebih kecil lalu diayak menggunakan ayakan ukuran 75 μm . Tahap kedua adalah proses pembuatan sampel dilakukan dengan mencampurkan bubuk semen kalsium fosfat, ZnO (Zinc Oxide) dan Larutan Polymethyl vinyl ether Maleic Acid sesuai dengan persen berat yang telah ditentukan dalam penelitian. Perbandingan bubuk dan larutan polimer ini 1:1. Bubuk dan cairan dicampur secara manual sampai homogen dengan menggunakan adukan spatula semen pada plastic filling instrument. setting time yang dibutuhkan adalah 90 detik. Hasilnya berupa pasta yang selanjutnya dicetak dalam bentuk silinder menggunakan cetakan sampel yang terbuat dari bahan teflon. Sampel hasil cetakan siap dikarakterisasi setelah proses pengeringan selama 1hari pada suhu ruangan (Khashaba,2010).

Uji Kekuatan Tekan

Parameter penting karakteristik yang diukur dan diamati dari sebuah material semen gigi kalsium fosfat dengan penambahan ZnO adalah untuk mengetahui sifat mekanik kekuatan tekan material. Sampel di tekan dengan gaya tertentu hingga tepat retak. Besar gaya (F) yang mengenai luas sampel (A) dicatat. Berdasarkan hasil ini dapat diperoleh nilai kekuatan tekan dengan menggunakan persamaan :

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Dengan $\sigma = \text{Stress}$ (N/m²), F = Beban (N), A = Luas permukaan (m²)

Uji kekerasan

Uji kekerasan bertujuan mengetahui daya tahan material semen gigi kalsium fosfat terhadap indenter intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk pyramid. Langkah pertama yaitu dengan melakukan penekanan pada permukaan sampel menggunakan indenter berupa intan yang berbentuk piramid dengan sudut kemiringan 136° pada permukaan sampel dengan waktu penetrasi (t) yang telah

ditentukan akan diperoleh berkas-berkas diagonal (d_1 dan d_2) dan gaya beban (F). Dari data yang diperoleh dapat dihitung nilai kekerasan (HV) dengan menggunakan persamaan:

$$VHN = \frac{1,854 F}{d^2} \quad (2)$$

Uji kerapatan

Uji kerapatan (densitas) pada semen gigi kalsium fosfat-ZnO bertujuan memperoleh rapat komposisi pada sampel. Nilai kerapatan dapat diperoleh dari perbandingan massa (m) dan volume (v) sampel. Massa diukur dalam neraca digital dan volume sampel diukur menggunakan gelas ukur. Kemudian dihitung menggunakan formula (Pipit,2012):

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (3)$$

Uji X-Ray Diffraction

Uji XRD bertujuan untuk mengetahui komposisi bahan yang terkandung dalam semen gigi kalsium fosfat-ZnO . Sampel ditembakkan sinar-X pada panjang gelombang λ dan posisi 2θ sebanyak n foton . Hasil dari karakterisasi berupa difraksi tersaji dalam bentuk grafik spektrum dan tabel , dapat dihitung menggunakan formula :

$$2d\sin\theta = n\lambda \quad (4)$$

Dimana n adalah orde difraksi (1,2,3,4,.....), d adalah jarak antar bidang (m), θ adalah sudut difraksi dan λ adalah panjang gelombang sinar-X (nm).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembuatan semen gigi kalsium fosfat-ZnO (Zinc Oxide) dengan variasi massa ZnO yang dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1 Variasi Persen berat larutan ZnO (Zinc Oxide)

Kode sampel	Massa kalsium fosfat (gr)	Massa ZnO (gr)	PMVE-MA (ml)
I	9	1	5
II	8	2	5
III	7	3	5
IV	6	4	5

Hasil karakterisasi makroskopik dan mikroskopik

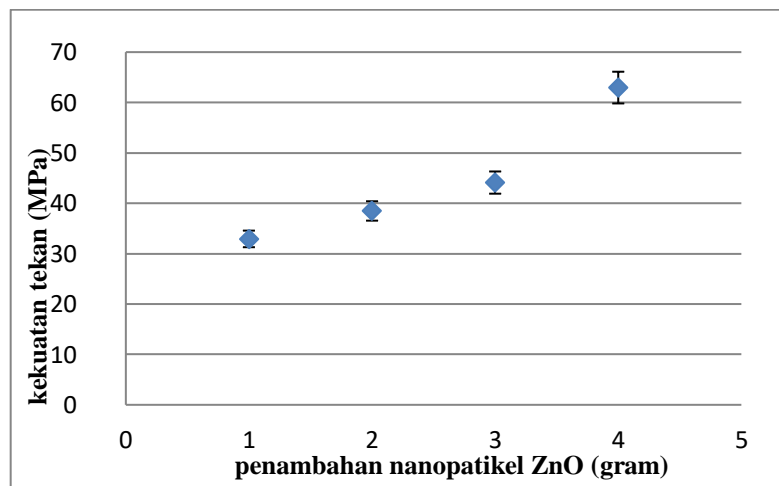
Karakterisasi makroskopik meliputi uji mekanik yaitu uji kekuatan tekan dan uji kekerasan serta uji fisis yaitu uji kerapatan. Hasil karakterisasi makroskopik pada penelitian ini disajikan pada tabel 2

Tabel 2. Data Hasil Karakterisasi makroskopik Kalsium fosfat – ZnO

Sampel	Massa ZnO (gram)	Kekuatan Tekan (Mpa)	Kekerasan (VHN)	Densitas (g/cm ³)
I	1	32,928 ± 0,051	7,56 ± 0,066	1,08 ± 0,0025
II	2	38,476 ± 0,059	7,76 ± 0,033	1,359 ± 0,0031
III	3	44,108 ± 0,066	7,86 ± 0,033	1,433 ± 0,0032
IV	4	62,962 ± 0,093	8,1 ± 0,057	1,656 ± 0,0038

Hasil Uji kekuatan tekan (*Compressive Strength*)

Uji kekuatan tekan dilakukan menggunakan alat Autograph. Uji ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tekan sampel menerima beban dari luar. Data yang diperoleh dari hasil uji ini berupa gaya maksimum yang diterima sampel sampai tepat terjadi kerusakan. Grafik hubungan antara nilai kekuatan tekan semen gigi kalsium fosfat-ZnO dengan penambahan ZnO disajikan pada Gambar 1

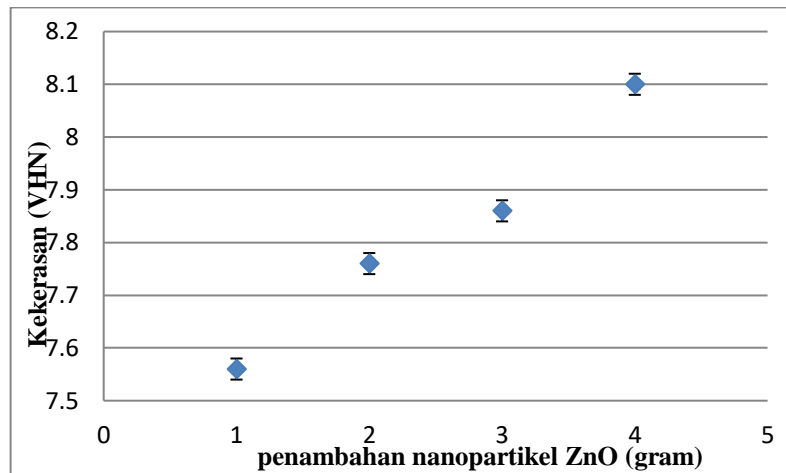


Gambar 1 Grafik Kekuatan Tekan Semen gigi Kalsium fosfat – ZnO

Pada hasil uji kekuatan tekan, nilai kekuatan tekan tertinggi terjadi pada sampel dengan massa ZnO 4 gram dengan nilai (62,962 ± 0,093) MPa. Nilai kekuatan tekan semakin meningkat seiring dengan pertambahan massa ZnO. Hal ini terjadi karena ZnO yang berukuran nanopartikel dapat menutupi sifat rapuh yang dimiliki oleh semen gigi kalsium fosfat. Semakin besar nanopartikel ZnO yang ditambahkan pada semen gigi kalsium fosfat, maka akan berkurang sifat kerapuhannya (Eriek,2011).

Hasil Uji Kekerasan (Hardness)

Uji kekerasan menggunakan *Micro Vickers Hardness Test* yang bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan sampel menerima tekanan benda keras. Data yang diperoleh dari hasil uji kekerasan berupa nilai kekerasan (VHN). Grafik hubungan antara nilai kekerasan semen gigi kalsium fosfat dengan variasi massa ZnO disajikan pada Gambar 2

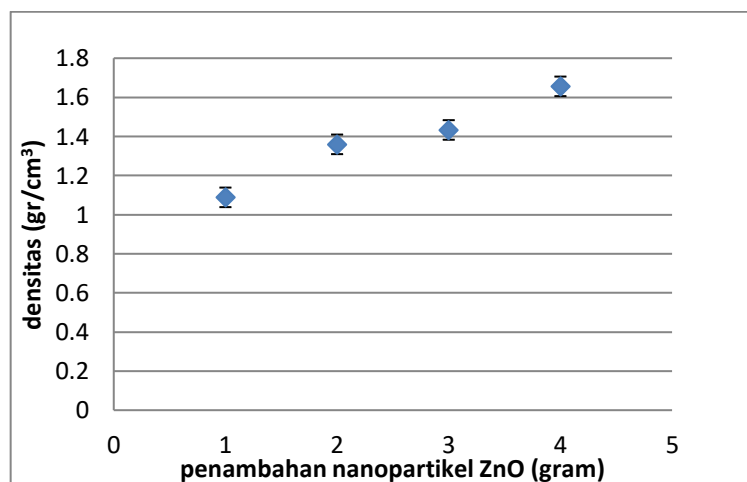


Gambar 2 Grafik kekerasan Semen Gigi Kalsium Fosfat – ZnO

Pada hasil uji kekerasan, nilai tertinggi terjadi pada sampel dengan penambahan massa ZnO 4 gram dengan nilai $(8,1 \pm 0,057)$ VHN dan nilai terendah pada sampel dengan penambahan ZnO 1 gram yaitu $(7,56 \pm 0,066)$ VHN. Dari grafik 4.2 menunjukkan bahwa semakin besar massa ZnO yang ditambahkan pada semen gigi kalsium fosfat, semakin besar pula nilai kekerasannya. Hal ini dikarenakan semakin besar massa nanopartikel ZnO yang ditambahkan, maka distribusi atom pada sampel akan semakin bertambah rapat jarak antar rantai sehingga sifat kekerasannya akan bertambah pula (Eriek, 2011).

Hasil uji kerapatan (*density*)

Kerapatan dihitung dengan menggunakan perbandingan antara massa sampel dengan volume sampel. Grafik hubungan antara nilai densitas semen gigi kalsium fosfat dengan variasi massa ZnO disajikan pada Gambar 4.3.



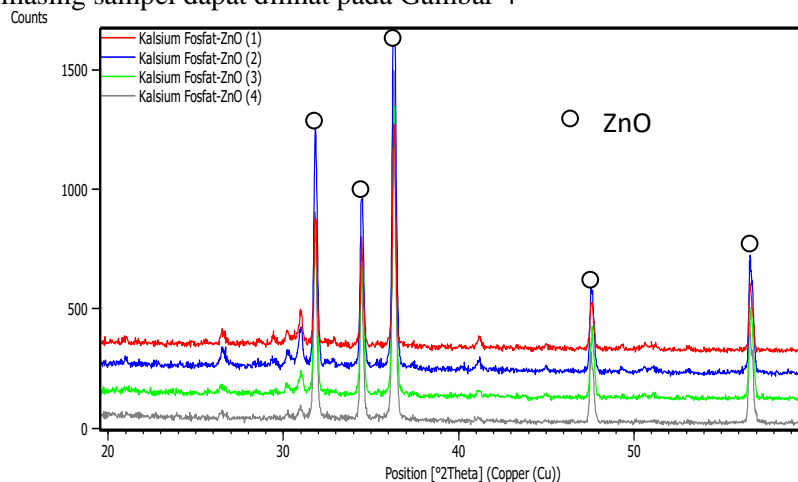
Gambar 3 Grafik Densitas Semen Gigi Kalsium Fosfat-ZnO

Grafik hasil pengukuran densitas pada Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai densitas semakin naik seiring dengan bertambahnya massa ZnO. Hal ini dapat terjadi karena semakin besar massa ZnO yang ditambahkan, maka jarak rongga antar butir pada sampel akan diisi oleh nanopartikel ZnO sehingga memperkecil rongga semen gigi kalsium fosfat (Eriek, 2011). Nilai densitas terendah yaitu pada sampel dengan penambahan massa ZnO 1gram sedangkan nilai densitas tertinggi yaitu pada sampel

dengan penambahan massa ZnO 4 gram. Besarnya densitas dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya proses kompaksi(pencetakan). Besarnya tekanan yang diberikan pada saat kompaksi sangat mempengaruhi distribusi ikatan antara butir penyusun semen gigi kalsium fosfat dengan ZnO yang berpengaruh juga terhadap volume dari sampel tersebut. Selain itu, proses *mixing* antara *powder* dan *liquid* pada saat sintesis semen gigi kalsium fosfat dengan nanopartikel ZnO harus homogen (Eriek, 2011).

Hasil Uji X-Ray Diffraction

Sifat mikroskopik sampel hasil penelitian diuji dengan XRD. Uji ini menggunakan X'pert Pro MPD (Multi-Purpose Diffractometer) dengan software Highscore Plus untuk proses *searchmatch*. Hasilnya berupa grafik identifikasi spektrum masing masing sampel dapat dilihat pada Gambar 4



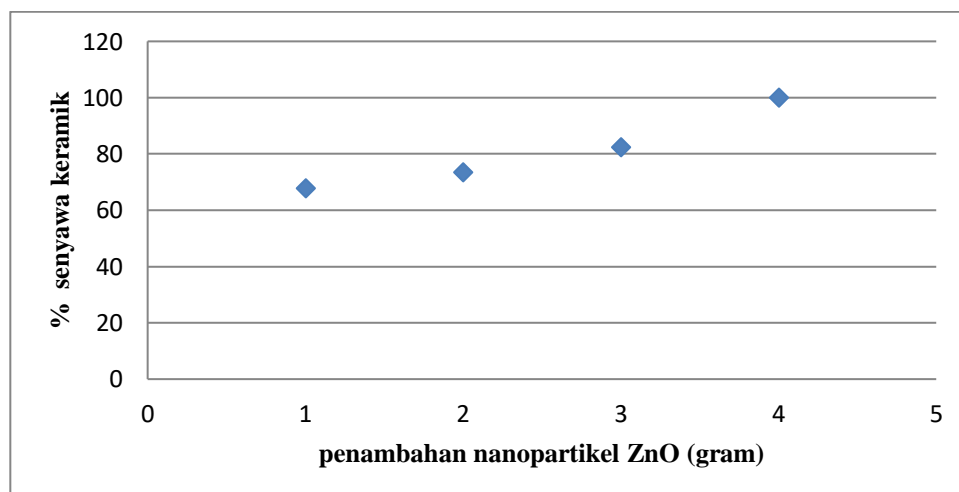
Gambar 4 Pola spektrum XRD komposit

Dari spektrum hasil karakterisasi XRD dapat dilakukan analisis kuantitatif dengan cara melakukan pencocokan (*search match*) spektrum hasil karakterisasi XRD dengan data JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standard*) yang bertujuan untuk mengetahui senyawa yang terkandung dalam sampel hasil penelitian (identifikasi fasa). Tiap fasa yang teridentifikasi dapat diketahui intensitasnya dengan menghitung fraksi volum yang di sajikan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2. Hasil Identifikasi Fasa Kalsium Fosfat-ZnO

Sampel	Massa ZnO	Senyawa	Fraksi Volum
I	1 gram	ZnO	61,23%
		Ca ₄ P ₂ O ₉	16,2%
		CaHPO ₄	15,24%
		Ca ₃ P ₂ O ₈	5,83%
		CaCO ₃	1,48%
II	2gram	ZnO	73,37%
		Ca ₃ P ₂ O ₈	5,43%
		CaHPO ₄	19,09%
		CaCO ₃	2,09%
III	3gram	ZnO	74,9%
		Ca ₄ P ₂ O ₉	8,48%
		Ca ₃ P ₂ O ₈	16,6%
IV	4gram	ZnO	100%

Dari hasil perhitungan fraksi volum, Persen fraksi volum meningkat seiring dengan penambahan massa ZnO. Hal ini sesuai dengan prosedur penelitian yang kemudian dibuktikan dengan perhitungan fraksi volum. Terdapat beberapa mineral keramik yang terbentuk dari hasil sintesis semen gigi kalsium fosfat-ZnO yaitu *Zinc Oxide* dengan rumus molekul ZnO, *tetrakalsium fosfat* dengan rumus molekul $\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_8$, *trikalsium fosfat* dengan rumus molekul $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_8$, mineral *monetite* dikalsium fosfat dengan rumus molekul CaHPO_4 dan mineral hasil sintesis kalsium fosfat yaitu *calcite* (CaCO_3). Adanya *powder* MPCM yang tersisa tidak ikut bereaksi sehingga CaO yang terlalu lama diudara bereaksi dengan CO_2 dan terbentuklah *calcite* (CaCO_3). Pada penelitian ini, *zinc oxide* merupakan senyawa keramik terbanyak yang terdeteksi pada sampel. Hal ini dikarenakan semakin banyak massa nanopartikel zinc oxide yang ditambahkan maka semakin meningkat pula nilai fraksi volume yang teridentifikasi pada sampel. Penambahan ZnO dengan massa yang berbeda-beda pada semen gigi kalsium fosfat meningkatkan kuantitas senyawa keramik yang dihasilkan untuk kontribusi terhadap sifat makroskopis sampel. Kuantitas senyawa keramik terbanyak yang terdeteksi adalah ZnO (*Zinc Oxide*). Kuantitas total dari senyawa keramik ini memberikan kontribusi terhadap sifat makroskopik sampel yaitu kekerasan (*Hardness*). Hal ini disajikan melalui grafik hubungan antara kuantitas senyawa keramik yang dihasilkan dari sintesis semen gigi kalsium fosfat-ZnO dengan variasi massa ZnO. Grafik tersebut disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik % senyawa keramik

Grafik hubungan antara kuantitas senyawa keramik yang dihasilkan dari sintesis semen kalsium fosfat-ZnO terhadap penambahan massa ZnO yang disajikan pada Gambar 4.12 menunjukkan peningkatan kuantitas senyawa keramik yang terdeteksi dengan pertambahan massa ZnO. Hal tersebut berpengaruh terhadap sifat mekanik (kekuatan tekan dan kekerasan) sampel. Berdasarkan penelitian, bertambahnya kuantitas senyawa kalsium fosfat yang dihasilkan menyebabkan kekuatan tekan dan kekerasannya semakin meningkat pula (Eriek,2011).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil sintesis, pengujian, pengamatan, serta hasil dan penambahan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat diambil kesimpulan bahwa semakin meningkatnya persen berat ZnO yang ditambahkan pada semen

gigi kalsium fosfat, nilai kekuatan tekan, kekerasan dan densitasnya pun juga meningkat. Serta pada sintesis semen gigi kalsium fosfat-ZnO yang potensial dalam penelitian ini yaitu sekitar penambahan persen berat ZnO sebesar 3 gram yang dapat diaplikasikan sebagai bahan restorasi gigi.

SARAN

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik pada penelitian selanjutnya disarankan untuk dilakukan penelitian lanjutan terkait uji termal dan uji konduktivitas listrik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih sedalam-dalamnya kepada semua pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Allauddin, S., 2004, *In Vitro Remineralization of Human Enamel with Bioactive Glass Containing Dentifrice Using Confocal Microscopy and Nanoindentation Analysis for Early Caries Defense*, Thesis University of Florida
- [2] Almatser, Sunita., 2009, *Ilmu Gizi untuk kesehatan dan produktifitas kerja*, Rineka Cipta, Jakarta
- [3] Anusavice, J.K..2003. *Philips: Buku Ajar Ilmu Bahan Kedokteran Gigi, Alih Bahasa: Johan Arif Budiman dan Susi Purwoko*. Jakarta: E.GC.
- [4] Arsyad, 2001. *Ilmu material bahan seng oksida* , Jakarta . Balai Pustaka
- [5] Barsoum, M., 1997, *Fundamentals of Ceramic*, New York : Mc Graw-Hill Companies
- [6] Besford, 1996, *Dental materials*. Teks:U.S. Army Medical Department Center And School Fort Sam Houston, Texas
- [7] Cindika, Afifa., 2008, *Penggunaan High Strength*, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta
- [8] Combe E. C., 1992, *Notes and Dental Materials*, 6 th edition Churchill
- [9] Cornacchia, Tulimar P.M., Las Casas, Estevam B., Cimini Jr, Carlos Alberto., Peixoto, Rodrigo G., 2010, *3D finite element analysis on esthetic indirect dental restorations under thermal and mechanical loading*, International Federation for Medical and Biological Engineering 2010, Med Biol Eng Comput (2010) 48:1107-1113, DOI 10.1007/s/d11517-010-0661-7
- [10] Craig, *Restorative Dental Materials*, chapters 4 and 8, USA Mosby Co., St Louis, Mo, USA, 11th edition, 1997.
- [11] Hamzah, Fanani., 2010, *Gelas Keramik Untuk Bahan Restorasi Gigi, Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia Vol 19. No1*, Juni 2010:51-62
- [12] Hernandezbattez And Ozgur et al . 2008. *Structure of Zinc Phosphate Dental Cement*. Wisconsin: College of Engineering, Marquette University, Milwaukee, Wisconsin, USA.
- [13] Khashaba, R M., MervetM. Moussa, Donald J.Mettenburg, Frederick A. Rueggeberg, Norman B. Chutkan, and James L. Borke, 2010. *Polymeric-Calcium Phosphate Cement Composites Material Properties: In Vitro and In Vivo Investigations*, International Journal of Biomaterials Volume 2010, Article ID 691452 doi:10.1155/2010/691452
- [14] Nugroho, P., Satoto, R., Sukartini, E., Rahmini, E., dan Karyaningsih, I., 2008, *Pembuatan Semen Tambal Gigi Dengan Bahan Dasar Polimer*, Prosiding

Pertemuan Ilmiah Pengetahuan dan Teknologi Bahan 2008, Serpong : ISSN 1411-2213

- [15] Noort, R. V., 1994, *Introduction to Dental Material*, London, Mosley
- [16] Pipit, D.N., 2012, *Sintesis dan Karakterisasi Semen Gigi Komposit Kalsium Fosfat-Kitosan*, Skripsi Universitas Airlangga
- [17] Rizka. 2012, *Uji anti bakteri nano semen gigi zinc oxide eugenol*, Skripsi Universitas Airlangga
- [18] Rochman, Nurul Taufiqu. 2009. *HKI Media/Vol.IV/No.3*. Tangerang: PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang
- [19] Van Vlack L.H. and Djaprie S. 1985. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam) Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.
- [20] Wyatt, Oliver. 1974. *Metal, Ceramics, and Polimers*. New York: John Wiley & Sons, New York.
- [21] H. D. Young (1992). *University Physics 8e*. Addison-Wesley. ISBN 0201529815. Chapter 38
- [22] Widodo , Eriek. 2011. *Pengaruh pemberian nanopartikel ZnO terhadap mikrostruktur semen gigi seng fosfat (Zinc Phosphate Cement)*, Skripsi Universitas Airlangga
- [23] Zaura. 2012. *Pedoman pelaksanaan kesehatan gigi dan mulut*. Golden Terayon Press , Jakarta