

Review Article

## Pengaruh Penambahan Nanopartikel Seng Oksida (ZnO) terhadap Kekuatan Mekanik Semen Kedokteran Gigi: Telaah Sistematis

*The Effect of Additional Zinc Oxide Nanoparticles towards Mechanical Strength of Dental Cement: a Systematic Review*

Ardelina C Hartanto<sup>1</sup>, Evi UM Situmorang<sup>2\*</sup>, Mora Octavia<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

<sup>2</sup>Departemen Fisiologi-Fisika, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

<sup>3</sup>Departemen Ilmu Penyakit Gigi dan Mulut, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

Jl. Pluit Raya 2, Jakarta 14440

\*Penulis korespondensi

Email: [evi.situmorang@atmajaya.ac.id](mailto:evi.situmorang@atmajaya.ac.id)

Received: June 7, 2022

Accepted: June 12, 2023

### Abstrak

Semen gigi digunakan sebagai bahan pengisi, lapisan pelindung rongga, bahan *luting* untuk mahkota, jembatan, *inlay* dan peralatan ortodontik. Semen gigi memiliki kekuatan mekanik yang rendah sehingga memerlukan bahan tambahan untuk meningkatkan kekuatannya, seperti dengan menambahkan nanopartikel Seng oksida (ZnO). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan massa nanopartikel ZnO terhadap kekuatan tekan dan kekerasan semen kedokteran gigi. Penelitian ini menggunakan metode penelitian menggunakan telaah sistematis dengan memasukkan kata kunci pada *database Google Scholar, Pubmed, ProQuest dan Science Direct* dengan rentang waktu 2012-2022. Telaah sistematis ini dibuat berdasarkan *guideline PRISMA-P* dan dievaluasi dengan kriteria *JBICritical Appraisal tools*. Kriteria inklusi pada *review* ini adalah seluruh studi eksperimental yang sesuai dengan topik penelitian. Hasil pencarian berdasarkan kata kunci didapatkan 3.972 jurnal. Setelah dilakukan inklusi dan eksklusi didapatkan lima jurnal yang relevan untuk studi ini. Dari lima jurnal tersebut didapatkan bahwa kekuatan tekan dan kekerasan semen gigi terus meningkat seiring penambahan massa nanopartikel ZnO. Hal ini disebabkan karena partikel berukuran nano dapat mengisi ruang kosong antar partikel semen yang berukuran besar saat berikatan, juga meningkatkan ikatan *interlock* menjadi lebih kuat dan lebih homogen. Dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh penambahan massa nanopartikel ZnO terhadap kekerasan dan kekuatan tekan semen kedokteran gigi.

**Kata kunci:** nanopartikel; seng oksida; kekuatan tekan; kekerasan; semen gigi

### How to Cite:

Hartanto AC, Situmorang EUM, Octavia M. Pengaruh penambahan nanopartikel seng oksida (zno) terhadap kekuatan mekanik semen kedokteran gigi: telaah sistematis. *Journal of Medicine and Health*. 2023; 5(2): 200-11. DOI: <https://doi.org/10.28932/jmh.v5i2.4896>

© 2023 The Authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. 

## Review Article

### Abstract

Dental cements are used as filling materials, protective cavity liners, luting materials for crowns, bridges, inlays and orthodontic. However, dental cement lacks mechanical strength and requires additional materials to increase its mechanical strength, such as adding zinc oxide (ZnO) nanoparticles. This study aimed to determine the effect of increasing the mass of ZnO nanoparticles on dental cement's compressive strength and hardness. This study uses a research method using a systematic study by entering keywords in the Google Scholar, Pubmed, ProQuest, and Science Direct databases for the 2012-2022 time period. This systematic study was based on the PRISMA-P guidelines and evaluated using the JBI Critical Appraisal tools criteria. The inclusion criteria in this study were all experimental studies under the research topic. The results by entering keywords, 3,972 journals were obtained. After selection by inclusion and exclusion, the five relevant journals show that dental cement's compressive strength and hardness continued to increase with the addition of ZnO nanoparticle mass. That results is because nano-sized particles can fill the space between large cement particles when bonded, increasing the interlocking bond and more homogeneous. It can be concluded that there is an effect of increasing the mass of ZnO nanoparticles on the hardness and compressive strength of dental cement.

**Keywords:** *nanoparticles; zinc oxide; compressive strength; hardness; dental cement*

### Pendahuluan

Berdasarkan data Riskesdas tahun 2018 masalah gigi terbesar di Indonesia adalah gigi rusak/berlubang/sakit yaitu sebanyak 45,3%.<sup>1</sup> Sebagian besar terapi untuk karies gigi adalah dengan restorasi gigi. Semen kedokteran gigi dapat digunakan sebagai bahan pengisi, lapisan pelindung rongga, bahan *luting* untuk mahkota, jembatan, *inlay* dan peralatan ortodontik. Secara umum terdapat empat macam semen gigi yaitu semen seng fosfat, semen polikarboksilat, *Glass Ionomer Cement* (GIC) atau Semen ionomer kaca, serta semen *Zinc Oxide Eugenol* (ZOE).<sup>2</sup> Semen gigi tersebut memiliki kekuatan mekanik yang rendah jika dibandingkan dengan restorasi permanen seperti amalgam dan resin komposit. Saat ini semen digunakan pada gigi yang tekanan mengunyahnya rendah, selain itu juga dapat digunakan sebagai pelindung saraf dan pembuluh darah di ruang pulpa dan digunakan pada hampir 60% restorasi gigi.<sup>3</sup>

Semen ionomer kaca dibagi menjadi 3 tipe, tipe I merupakan *luting agent*, tipe II merupakan bahan untuk restorasi gigi, tipe III untuk *lining* dan *fissure sealent*. Menurut ISO 3107:2011 mengenai persyaratan untuk *non-water-based zinc oxide/eugenol cements* yang cocok digunakan untuk *restorative dentistry* dan persyaratan untuk *non-eugenol cements* yang mengandung *zinc oxide and aromatic oils* yang cocok untuk *temporary cementation*, bahan pengisi tipe II harus memiliki kompresi minimum kekuatan 5 MPa.<sup>4</sup> Semakin berjalannya waktu, dilakukan berbagai penelitian mengenai bahan yang dapat ditambahkan ke dalam semen agar kekuatan tekan dan kekerasan dari semen dapat bertambah. Beberapa bahan yang dapat meningkatkan kekuatan tekan seperti asam orto-etoksibenzoat (EBA), metil metakrilat (MMA)<sup>5</sup> akan tetapi keduanya berpotensi menginduksi toksisitas.<sup>6,7</sup> Oleh karena itu perlu dicari bahan

## Review Article

lainnya yang lebih aman yang dapat meningkatkan kekuatan tekan dan kekerasan semen gigi, salah satu bahan yang bisa ditambahkan adalah nanopartikel Seng Oksida (ZnO). Menambahkan partikel berukuran kecil akan membuat kekuatan mekanik semen gigi meningkat jika dibandingkan dengan penambahan ukuran partikel yang lebih besar karena sifat mekanisnya lebih baik. ZnO merupakan bahan multifungsi, mempunyai sifat fisik dan kimia yang unik seperti stabilitas kimianya yang tinggi, koefisien penempelan elektrokimia yang tinggi dan dapat menyerap radiasi yang luas.<sup>8</sup> Penelitian mengenai partikel ZnO sudah banyak dilakukan, tetapi partikel yang berukuran nano lebih sedikit diteliti. Sebagian besar penelitian membahas mengenai daya antimikroba, *shear bond strength*, *solubility*, dan *flexural strength*. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa nanopartikel ZnO dapat membuat semen lebih cepat homogen, mempunyai daya antimikroba dan dapat menambah kekuatan mekanik. Dengan bertambahnya kekuatan mekanik ini diharapkan semen dapat bertahan lebih lama di rongga mulut, serta memperluas indikasi penggunaannya, sehingga dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama pada gigi dengan tekanan pengunyahan yang berat.

Penelitian serupa telah dilakukan, dengan menambahkan nanopartikel ZnO pada semen gigi kalsium fosfat dan hasilnya menunjukkan adanya peningkatan dari kekuatan tekan dan kekerasan seiring bertambahnya nanopartikel ZnO. Kekurangan penelitian tersebut adalah tidak membahas variasi waktu *milling*, ukuran dan bentuk partikel yang digunakan sehingga dalam penelitian ini akan dibahas faktor yang memengaruhi kekuatan tekan dan kekerasan semen gigi seperti variasi waktu *milling*, ukuran dan bentuk partikel yang digunakan.<sup>9</sup> Penelitian mengenai kekuatan tekan dan kekerasan masih jarang dilakukan, sebagian besar orang meneliti pada kekuatan mekanik berupa kekuatan lentur pada semen kedokteran gigi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan massa nanopartikel ZnO terhadap kekuatan tekan dan kekerasan semen kedokteran gigi.

### Metode

Desain penelitian ini berupa telaah sistematis yang bersumber dari *Google Scholar*, *PubMed*, *ProQuest* dan *Science Direct*. dengan rentang waktu tahun 2012-2022. Pencarian pada *database* berdasarkan kata kunci “*Nanoparticles OR Nanoparticle OR Nanocrystalline Materials OR Material, Nanocrystalline OR Nanocrystalline Material OR Nanocrystals OR Nanocrystal AND Zinc oxide OR Oxide, Zinc OR ZnO AND Mechanical properties OR Mechanical Test OR Test, Mechanical OR Tests, Mechanical OR Mechanical Testing OR Testing, Mechanical OR Hardness Test OR Test, Hardness OR Tests, Hardness OR Compressive Strength OR Compressive Strengths OR Strength, Compressive OR Strengths, Compressive AND cements OR*

## Review Article

*dental cements OR Cements, Dental OR Cement, Dental OR Adhesive, Dental OR dental restoration OR temporary dental restorations OR restorations, temporary dental OR temporary dental restoration OR dental restorations, temporary OR Restorations, Permanent Dental OR Permanent Dental Restorations OR Dental Restorations, Permanent*". Setelah penelusuran dilakukan pemeriksaan duplikasi menggunakan Zotero, sistem *journal manager* yang berbasis *open source*.

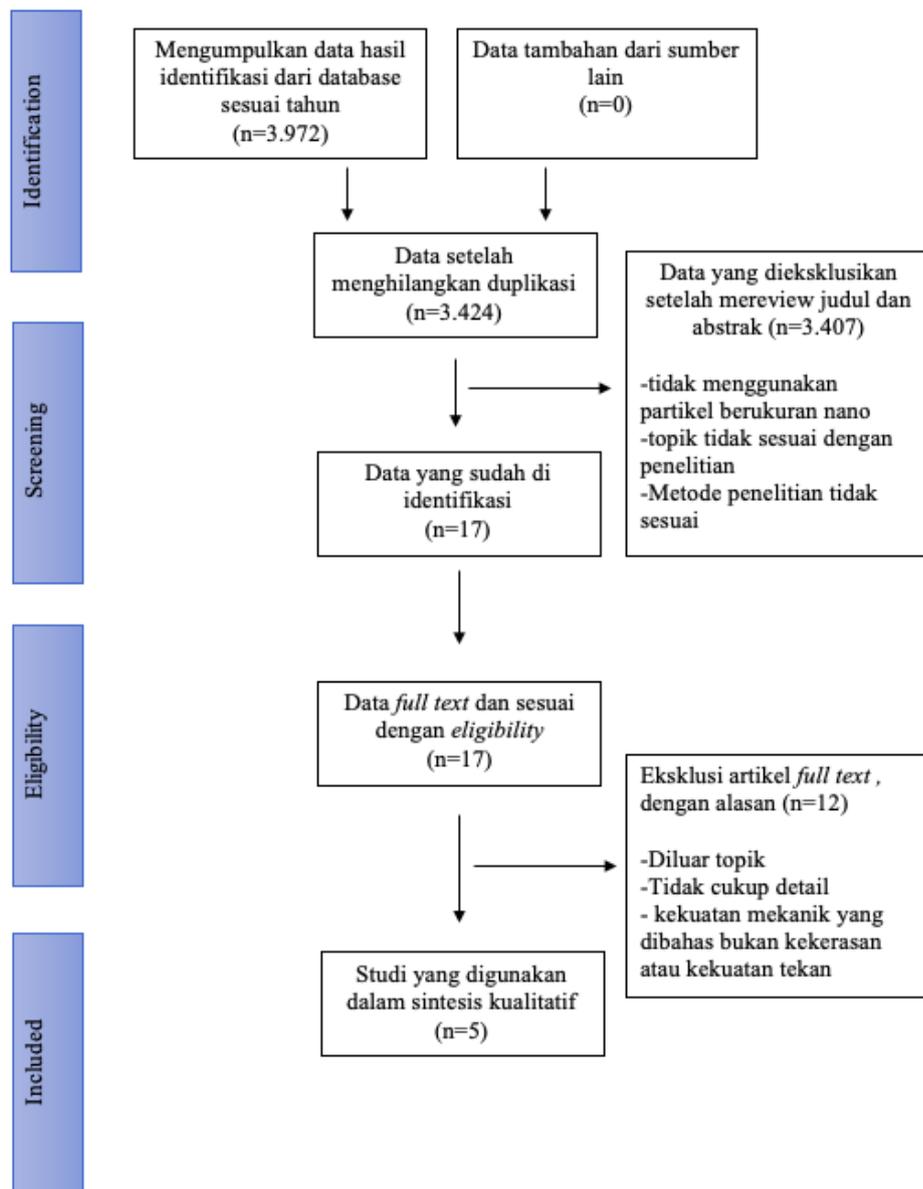
Kriteria inklusi pada penelitian ini adalah seluruh studi eksperimental penambahan massa nanopartikel ZnO terhadap kekuatan mekanik semen kedokteran gigi yang akan menilai kekuatan tekan dan kekerasan semen kedokteran gigi dengan rentang waktu 2011-2021. Kriteria eksklusi pada penelitian ini adalah penelitian *review* atau *case report*, data tidak *fulltext*.

Telaah sistematis ini dibuat berdasarkan guideline *Preferred Reporting for Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses-Protocols* (PRISMA-P).<sup>10</sup> Pengumpulan data secara independen dikumpulkan oleh tiga investigator. Investigator secara mandiri menilai dan mengevaluasi jurnal dengan kriteria *The Joanna Briggs Institute (JBI) Critical Appraisal tools*.<sup>11</sup> Setelah dilakukan skrining abstrak dan penyaringan jurnal untuk digunakan, jurnal yang tidak relevan di eksklusi.

### Hasil

Sebanyak 27 jurnal ditemukan di *Pubmed*, 2762 ditemukan di *ProQuest*, 869 di temukan di *Science Direct*, dan 278 ditemukan di *Google scholar* pada awal memasukan kata kunci (Gambar 1). Setelah dilakukan inklusi dan eksklusi didapatkan 5 jurnal yang relevan untuk studi ini. Tabel 1 merupakan ringkasan dari ke lima artikel tersebut.

Review Article



Gambar 1. Diagram PRISMA

Review Article

Studi	Jenis Semen	Sampel	Massa Nanopartikel ZnO		Ukuran Nanopartikel ZnO	Kekuatan tekan ( <i>Compressive Strength</i> )		Kekerasan ( <i>Vickers Hardness</i> )		Kesimpulan
			%	g		Alat ukur	Hasil (Mpa)	Alat ukur	Hasil (VH)	
Bakhori, <i>et al.</i> (2019) <sup>12</sup>	Semen Zinc Oxide Eugenol (ZOE)	ZnO-Ax	0,1g	21,11 nm	Autograph (AG-X plus 20 kN)	43	Vickers Hardness (FIE VM-50)	18	Kekuatan tekan dan Kekerasan paling tinggi pada sampel A yang dikaitkan dengan ukuran partikel ZnO yang lebih kecil.	
		ZnO-B	0,1g	56,73 nm		28		13		
		ZnO-K	0,1g	2012 nm		18		11		
Nguyen, <i>et al.</i> (2019) <sup>13</sup>	Semen Polikarboksilat ZnO konvensional	HY-Bond	0%		Autograph (universal testing machine (AG-1; Shimadzu, Kyoto, Japan))	52			ZnO nanospheres meningkatkan kekuatan tekan dari semen polikarboksilat ZnO konvensional.	
		1%	1%	51						
		5%	5%	55						
		10%	10%	60						
		15%	15%	60						
Hemmati, <i>et al.</i> (2017) <sup>14</sup>	Semen seng fosfat	Zn.Ph 1	0%		Autograph (universal testing machine (Sanatam, Iran))	75,88 ± 8,98			Penambahan Nanopartikel Seng Oksida ke dalam semen seng fosfat dan seng polikarboksilat kekuatan tekannya terpengaruh.	
		Zn. Ph 2 (Sebelum sintering)	10%			77,40 ± 8,86				
		Zn. Ph 3 (Sesudah sintering)	10%			56,58 ± 12,32				
	Semen Seng Polikarboksilat	Zn.PCa 1	0%			76,68 ± 7,12				
		Zn. Pca 2 (Sebelum sintering)	10%			87,96 ± 20,56				
		Zn. PCa 3 (Sesudah sintering)	10%			110,25 ± 5,21				
Prastyo, <i>et al.</i> (2012) <sup>2</sup>	Semen seng fosfat	A	0 g			1,014		17,35	Seiring penambahan massa nanopartikel ZnO semakin meningkat juga nilai kekuatan dan kekerasan semen gigi.	
		B	0,1 g			5,218		23,65		
		C	0,5 g			7,402		26,05		
		D	1 g			5,764		25,55		
		E	1,5 g			9,917		27,75		
Panahandeh, <i>et al.</i> (2018) <sup>15</sup>	Semen Glass Ionomer Cements (GICs)	1	0%		Mean size:20 nm Ketebalan:2 nm; diameter:2 μ Ketebalan:<20 nm, Panjang:>1 μ		Vickers hardness device (HVS-1000, Laizhou Huayin Testing Inc., Taiwan)	52,49±0,93	Pada sampel 2 dan 3 secara signifikan menurunkan kekerasan, sedangkan pada sampel 4 sedikit menurunkan kekerasan.	
		2 ( <i>nanospherical ZnO particle</i> )	5%			45,76±1,23				
		3 ( <i>nanoflower ZnO particles</i> )	5%			48,67±0,75				
		4 ( <i>nanorod ZnO particles</i> )	5%			51,51±0,52				

Tabel 1. Tabel Abstraksi Artikel

## Review Article

### Diskusi

Di dalam rongga mulut, bahan restorasi mengalami tekanan mekanik dan kimia akibat oklusi, diet, plak, dan kebiasaan pasien. Salah satu persyaratan bahan restorasi yang ideal adalah memiliki properti fisik yang setara dengan gigi asli dan stabil secara dimensi. Semen gigi yang beredar memiliki kekuatan tekan dan kekerasan yang rendah. Kekuatan mekanik ini memengaruhi ketahanan restorasi di dalam rongga mulut, jika kekuatan mekanik semen gigi yang digunakan ini rendah maka tambalan gigi akan lebih cepat lepas dan mudah terdegradasi / aus secara mekanik. *Compressive strength* email adalah sebesar 380 MPa, dentin 300 MPa, Amalgam 350-510 MPa, resin komposit 250-400 MPa, sedangkan semen ionomer kaca sebesar 250 - 300 MPa, semen polikarboksilat 70 MPa dan Zinc Oxide Eugenol sebesar 26 MPa.<sup>16</sup>

*Vickers Hardness* email adalah sebesar 300 kg/mm<sup>2</sup>, dentin 60 kg/mm<sup>2</sup>, amalgam 100 kg/mm<sup>2</sup>, resin komposit 60 kg/mm<sup>2</sup>, sedangkan semen ionomer kaca sebesar 40 kg/mm<sup>2</sup> dan bahan-bahan berbasis semen lainnya 40 kg/mm<sup>2</sup>.<sup>16</sup> Restorasi menggunakan resin komposit dapat bertahan selama 10 tahun. Diharapkan dengan modifikasi penambahan nanopartikel seng oksida, nantinya semen gigi ini dapat digunakan sebagai restorasi semi-permanen atau permanen/tetap. Rentang yang dapat diterima untuk kekuatan tekan ZOE harus 6 MPa – 28 MPa (tipe I) dan 5 MPa- 55 MPa (tipe II) untuk bahan restorasi / bahan tambal sementara.<sup>17</sup> Sebagai bahan restorasi sementara, ZOE harus memiliki kekuatan mekanik yang tinggi agar tetap berada dalam kavitas dan mencegah peradangan.

Dari lima jurnal yang meneliti mengenai nanopartikel ZnO, terdapat dua jurnal yang meneliti kekuatan tekan dan kekerasan dari semen yang ditambahkan nanopartikel seng oksida.<sup>2,12</sup> Dua jurnal tersebut melaporkan kekuatan tekan dengan satuan Megapascal (MPa) dan satuan Vickers Hardness (VH) pada kekerasan, dan menggunakan satuan nanopartikel seng oksida dalam bentuk gram. Pada jurnal yang diteliti oleh Bakhori, *et al.* menggunakan penambahan massa yang sama semua yaitu 0,1g dan dengan ukuran nanopartikel seng oksida yang berbeda di tiap sampel.<sup>12</sup> Pada jurnal yang diteliti Prastyo, *et al.* menggunakan penambahan massa nanopartikel seng oksida yang berbeda di tiap sampel dengan ukuran nanopartikel yang sama.<sup>2</sup>

Terdapat dua jurnal yang membahas mengenai kekuatan tekan dari semen yang ditambah nanopartikel seng oksida. Pada jurnal tersebut melaporkan kekuatan tekan dengan satuan MPa dan satuan nanopartikel seng oksida dalam %. Jurnal yang diteliti oleh Nguyen, *et al.* menggunakan penambahan massa nanopartikel seng oksida yang berbeda di tiap sampel.<sup>13</sup> Jurnal yang diteliti oleh Hemmati, *et al.* menggunakan penambahan massa nanopartikel yang sama di sampel yaitu sebesar 10%, pada jurnal tersebut menggunakan dua jenis semen untuk sampelnya, yaitu semen seng fosfat dan semen seng polikarboksilat.<sup>14</sup>

## Review Article

Nguyen, *et al.* menyebutkan salah satu keterbatasan dari semen seng polikarboksilat konvensional adalah sifat mekaniknya rendah.<sup>13</sup> Riahi dan Nazari melaporkan bahwa memasukkan nanopartikel ZnO ke dalam semen Portland secara signifikan meningkatkan kekuatan tekan dan kekerasannya.<sup>19</sup> Sebuah penelitian yang membandingkan persamaan dari senyawa dan unsur kimia dari semen Portland putih lokal buatan pabrik dan non-pabrik sebagai bahan pengganti *Mineral Trioxide Aggregate* (MTA) yang digunakan untuk perawatan saluran akar gigi. Diperoleh hasil bahwa semen Portland putih lokal buatan non pabrik ini memenuhi syarat dan menyerupai sifat dari MTA. Dengan demikian, semen Portland dapat digunakan untuk perawatan saluran akar gigi, tetapi perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai karsinogenitas terhadap sel pulpa gigi.<sup>20</sup> Pada penelitian Nguyen, *et al.* ini saat ditambahkan nanopartikel seng oksida pada semen polikarboksilat seng oksida konvensional dan kekuatan tekannya terus meningkat yaitu 1,2x lebih besar untuk semen dengan 10% dan 15% ZnO nanospheres dibandingkan semen polikarboksilat ZnO konvensional. Hal ini karena nanopartikel ini berfungsi sebagai pengisi, saat menambahkan partikel berukuran nano ke partikel yang berukuran makro akan meningkatkan kerapatannya secara signifikan. Partikel berukuran nano bekerja dengan cara mengisi ruang kosong antar partikel semen yang berukuran besar saat berikatan, juga meningkatkan ikatan *interlock* menjadi lebih kuat dan lebih homogen. Chan, *et al.* melaporkan bahwa penambahan nano ke makro ini telah didemonstrasikan dalam sistem resin komposit nano-hibrida gigi.<sup>21</sup>

Penelitian Hemmati, *et al.* melakukan penelitian berbeda pada semen seng fosfat dan semen seng polikarboksilat oksalat. Hasil penelitian didapatkan kekuatan tekan pada semen seng fosfat ini meningkat dari  $75,88 \pm 8,98$  MPa menjadi  $77,40 \pm 8,86$  MPa saat nanopartikel seng oksida dimasukkan sebelum disintering dan pada saat nanopartikel seng oksida dimasukkan setelah sintering terjadi penurunan. Hal ini sesuai dengan temuan Tabari *et al.* yang menambahkan nanopartikel seng oksida ke ZOE's dan terjadi penurunan kekuatan.<sup>22</sup> Penurunan kekuatan tekan ini dijelaskan bahwa persentase berat nanopartikel ini sangat tinggi untuk semen seng fosfat, akibat persentase yang sangat tinggi ini menghasilkan sampel yang cacat dan struktur yang tidak teratur.<sup>14</sup>

Penelitian Prastyo, *et al.* mendapatkan hasil bahwa kekuatan tekan dan kekerasan semen seng fosfat terus bertambah seiring dengan penambahan massa nanopartikel ZnO, dengan kekuatan tertinggi adalah sebesar 9,917 Mpa pada penambahan 1,5 g nanopartikel ZnO. Tetapi penelitian Prastyo, *et al.* menggunakan satuan massa nanopartikel seng oksida menggunakan gram, sedangkan penelitian Hemmati, *et al.* menggunakan satuan persen sehingga hasil penelitian di antara kedua peneliti tersebut kurang dapat dibandingkan. Hasil tersebut jauh di bawah hasil

## Review Article

penelitian Hemmati, *et al.* yang kekuatan tekan paling tingginya mencapai  $77,40 \pm 8,86$  MPa. Kemungkinan massa nanopartikel seng oksida yang digunakan pada penelitian Prastyo, *et al.* jauh di bawah penelitian Hemmati, *et al.* Kemungkinan massa nanopartikel seng oksida yang digunakan dalam penelitian Prastyo, *et al.* tidak mencapai ambang batas. Penambahan berbagai nanopartikel ke bahan gigi yang berbeda, masing-masing memiliki ambang batas maksimum penambahan massa nanopartikel ZnO di mana tidak ada lagi peningkatan kekuatan tekan dan kekerasan yang lebih jika sudah sampai di ambang batas.<sup>23</sup> Penambahan massa nanopartikel pada jumlah yang sedikit akan memiliki *disperse* yang baik sedangkan pada penambahan massa yang terlalu banyak, sampel akan membentuk bundel dan aglomerasi yang menyebabkan cacat struktur yang membuat sifat mekanik menjadi buruk.<sup>23,24</sup> Hal ini berbeda pada penambahan massa pada semen seng polikarboksilat didapatkan kekuatan tekannya meningkat. Hal ini sama seperti pembahasan sebelumnya karena ukuran yang sangat kecil distribusi nanopartikel ini di antara partikel yang lebih besar menghasilkan kepadatan pengisi yang lebih tinggi.<sup>14</sup>

Terdapat satu jurnal yang membahas mengenai kekerasan dari semen yang di tambah nanopartikel seng oksida, dengan penambahan massa yang sama di tiap sampel yaitu sebesar 5% dan masing – masing sampel memiliki ukuran dan bentuk nanopartikel seng oksida yang berbeda yaitu sampel 1 adalah kontrol, sampel 2 memiliki *Mean size*: 20 nm, sampel 3 memiliki ketebalan: 2 nm; diameter: 2  $\mu$ , sampel 4 memiliki ketebalan: <20 nm panjang: >1  $\mu$ . Pada jurnal tersebut melaporkan kekerasan dengan satuan VH.<sup>15</sup>

Ukuran partikel juga mempengaruhi kekuatan tekan dan kekerasan semen, pada penelitian Nofrizal *et al.* melakukan penelitian mengenai penambahan partikel berukuran nano dan mikro pada semen gigi seng oksida eugenol didapatkan hasil kekuatan tekan dan kekerasan yang lebih tinggi pada partikel berukuran nano dan kekuatan tekan dan kekerasannya terus bertambah seiring menambahkan massa nanopartikel, berbeda dengan sampel yang memakai mikro partikel dimana hasil kekuatan tekan dan kekerasan terus menurun seiring penambahan mikro partikel.<sup>25</sup> Hal ini sama dengan penelitian yang dilakukan Panahandeh *et al.* dimana ditambahkan massa 5% nanopartikel pada sampel dengan ukuran dan bentuk nanopartikel yang berbeda pada GICs.<sup>15</sup> Pada sampel yang mengandung partikel ZnO nanospherical dan nanoflower kekerasannya secara signifikan lebih rendah dari kelompok kontrol, sedangkan pada sampel yang menggunakan partikel ZnO nanorod didapat hasil kekerasan yang tidak signifikan lebih rendah. Hal ini disebabkan karena partikel tidak homogen sehingga membentuk aglomerasi sebagian besar permukaan, selain itu nanopartikel ZnO lebih lembut jika dibandingkan partikel kaca, aglomerasi dipermukaan dapat memungkinkan terjadinya lekukan yang menyebabkan kekerasan menjadi menurun. Selain itu, aglomerasi di permukaan, membuat reaksi antara nanopartikel

## Review Article

dengan semen menjadi tidak efisien dan terbentuk porositas (terutama yang menggunakan partikel nanoflower) sehingga membuat kekerasan menurun.<sup>15</sup>

Prastyo, *et al.* melakukan penelitian pada semen seng fosfat dengan menggunakan 5 sampel yaitu A (0 gram nanopartikel ZnO), B (0,1 gram nanopartikel ZnO), C (0,5 gram nanopartikel ZnO), D (1 gram nanopartikel ZnO), E (1,5 gram nanopartikel ZnO) dari ke 5 sampel ini didapatkan hasil kekuatan tekan dan kekerasan yang terus bertambah seiring penambahan massa nanopartikel seng oksida, tetapi pada sampel D (1 gram nanopartikel ZnO) terdapat penurunan kekuatan tekan dan kekerasan, setelah dilakukan analisis permukaannya dari hasil *Scanning Electron Microscope (SEM)* terlihat sebaran nanopartikel ZnO tidak nampak homogen, yang menyebabkan sampel D tidak homogen adalah saat pengadukan sampel tidak tercampur hingga homogen. Terlihat pada sampel lain kekuatan tekan dan kekerasannya terus bertambah seiring bertambahnya massa nanopartikel seng oksida hal ini karena ukuran nanopartikel seng oksida yang berukuran nano sehingga mengisi ruang kosong antar partikel semen yang berukuran besar dalam berikatan. Hal ini mengakibatkan berkurangnya retakan yang membuat kekuatan tekan dan kekerasannya menjadi meningkat.<sup>2</sup>

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Bakhori, *et al.* yang menggunakan massa nanopartikel seng oksida yang sama di semua sampel yaitu 0,1 gram, tetapi setiap sampel memiliki ukuran partikel yang berbeda, pada sampel 1 (ukuran 21,11 nm), sampel 2 (56,73 nm), sampel 3 (2012 nm) dapat dilihat pada sampel 1 memiliki ukuran partikel paling kecil dan didapatkan hasil kekuatan tekan dan kekerasan paling tinggi, hal ini karena ikatan *interlock* lebih kuat pada ukuran partikel yang lebih kecil dan distribusi ukurannya lebih homogen jika dibandingkan dengan sampel lain yang ukurannya lebih besar. Sehingga kekuatan tekan dan kekerasannya menjadi lebih kuat.<sup>12</sup> Pada massa yang sama yaitu 0,1 gram nanopartikel seng oksida didapatkan hasil yang cukup berbeda dengan penelitian oleh Prastyo, *et al.* Hal ini karena ukuran dari nanopartikelnya sendiri juga berbeda dimana pada penelitian Prastyo, *et al.* tidak dituliskan ukuran nanopartikelnya, sehingga hasil yang diperoleh berbeda. Hal ini karena semakin kecil ukuran partikel maka kekuatan tekan dan kekerasannya semakin meningkat.<sup>2,12</sup> Mayasari, *et al.* juga melakukan penelitian dan menemukan bahwa variasi waktu milling juga mempengaruhi kekuatan tekan dan kekerasan dari semen. Terdapat 5 sampel dimana sampel A waktu milling selama 0 menit, sampel B selama 5 menit, sampel C 10 menit, sampel D 15 menit, sampel E 25 menit. Hasil uji kekerasan dan kekuatan tekan pada sampel A didapat (44,76 MPa; 125,407 MPa), sampel B didapatkan (108,5 MPa; 353,005 MPa), sampel C didapatkan (104,6 MPa; 242,082 MPa), sampel D didapatkan (112,3 MPa; 364,074 MPa), sampel E didapatkan (148,0 MPa; 401,831 MPa) dapat dilihat pada waktu milling yang paling lama didapatkan kekuatan tekan dan

## Review Article

kekerasan paling tinggi, hal ini karena waktu milling yang lama akan membantu proses homogenisasi dari pencampuran semen dengan nanopartikel ZnO sehingga didapatkan kekuatan tekan dan kekerasan yang lebih tinggi.<sup>3</sup>

### Simpulan

Kekuatan tekan dan kekerasan semen gigi terus meningkat seiring penambahan massa nanopartikel seng oksida sampai terjadinya ambang batas dimana kekuatan tekan dan kekerasan semen sudah tidak dapat meningkat. Kekuatan tekan dan kekerasan semen juga dipengaruhi oleh ukuran partikel dimana semakin kecil ukuran partikel ikatan *interlock*nya semakin kuat sehingga kekuatan tekan dan kekerasannya menjadi meningkat, selain itu berbagai bentuk partikel seperti *nanospherical*, *nanoflower*, *nanorod* juga mempengaruhi karena partikel yang bentuknya besar akan sulit menjadi homogen sehingga kekuatan mekaniknya menurun. Variasi waktu *milling* juga memengaruhi dimana semakin lama waktu millingnya semakin homogen, sehingga kekuatan tekan dan kekerasannya ikut meningkat. Dengan beberapa temuan di atas diharapkan semen dapat lebih bertahan lama di rongga mulut sehingga indikasi penggunaan semen dapat lebih luas di bidang kedokteran gigi.

### Daftar Pustaka

1. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Laporan Nasional Riset Kesehatan Dasar. Kementerian Kesehatan RI [Internet]. 2018;1–582. Available from: <https://dinkes.kalbarprov.go.id/wp-content/uploads/2019/03/Laporan-Risikesdas-2018-Nasional.pdf>
2. Prastyo T, Wahyu EWR, Nofrizal, Wahyu D, Ikono R, Bambang W, et al. Penanopartikel ZnO terhadap Strukturmikro Semen Gigi Seng Fosfat. *J Sains Mater Indones*. 2012;3:27–30.
3. Mayasari D, Siswanto MS, Hikmawati D. Pengaruh Variasi Waktu Milling terhadap Sifat Fisis Seng Fosfat dan Nano Zinc Oxide. *Jurnal Fisika dan Terapannya*. 2013;1(1):23.
4. Standar Internasional ISO 3107: 2011 Kedokteran Gigi-Semen Seng oksida/eugenol dan semen seng oksida/non-eugenol.2011
5. Itskovich R, Lewinstein I, Zilberman U. The Influence of Zinc Oxide Eugenol (ZOE) and Glass Ionomer (GI) Base Materials on the Microhardness of Various Composite and GI Restorative Materials. *Open Dent J*. 2014;8:13-19. Published 2014 Feb 7. doi:10.2174/1874210601408010013
6. Leggat PA, Kedjarune U. Toxicity of methyl methacrylate in dentistry. *Int Dent J [Internet]*. 2003;53(3):126–31. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1875-595X.2003.tb00736.x>
7. Fujisawa S, Atsumi T, Satoh K, Sakagami H. Interaction between 2-ethoxybenzoic acid (EBA) and eugenol, and related changes in cytotoxicity. *J Dent Res*. 2003;82(1):43–7.
8. Segets D, Gradl J, Taylor RK, Vassilev V, Peukert W. Analysis of optical absorbance spectra for the determination of ZnO nanoparticle size distribution, solubility, and surface energy. *ACS nano*. 2009;3(7):1703-10.
9. Badriyah L, Ady J. [Internet]. Pembuatan semen gigi kalsium fosfat – ZnO. *Journal.unair.ac.id*. 2013 [Cited 27 July 2021]. Available from: (1)
10. Page M J, McKenzie J E, Bossuyt P M, Boutron I, Hoffmann T C, Mulrow C Det al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews *BMJ* 2021; 372 :n71 doi:10.1136/bmj.n71
11. Briggs J. Checklist for Quasi-experimental studies. *Joanna Briggs Inst [Internet]*. 2017; [Cited 2021 July 2]. Available from: <http://joannabriggs.org/research/critical-appraisal-tools.htmlwww.joannabriggs.org%0Awww.joannabriggs.org>
12. Bakhori SKM, Mahmud S, Mohamad D, Masudi SM, Seeni A. Surface morphological and mechanical properties of zinc oxide eugenol using different types of ZnO nanopowder. *Mater Sci Eng C*. 2019;100:645–54.

Review Article

13. Nguyen TMT, Wang PW, Hsu HM, Cheng FY, Shieh D Bin, Wong TY, et al. Dental cement's biological and mechanical properties improved by ZnO nanospheres. *Mater Sci Eng C*. 2019;97:116–23.
14. Hemmati MA, Hamze F, Fatemi M, Najafi F, Rezvani MB. Evaluating the Physical Properties of Novel Zinc Phosphate and Zinc Polycarboxylate Cements Containing Zinc Oxide Nanoparticles. *Avicenna J Dent Res*. 2017;9(3):e60720.
15. Panahandeh N, Torabzadeh H, Aghaee M, Hasani E, Safa S. Effect of incorporation of zinc oxide nanoparticles on mechanical properties of conventional glass ionomer cements. *J Conserv Dent*. 2018;21(2):130-5.
16. Jacobsen P. Restorative dentistry an integrated approach. 2nd ed. UK: Blackwell; 2008.p.74-87
17. JJ Manappallil, *Bahan Dasar Gigi*, 4<sup>th</sup> ed., Penerbit Medis Jaypec Brother; 2016.p.98-102
18. Situmorang EMH, Henniwuriyama V, Soegijono B. Oligodynamic Cu-Zn composite fabricated by powder metallurgy method. *J Phys Conf Ser*. 2019;1191(1).
19. Riahi S, Nazari A. Physical, mechanical and thermal properties of concrete in different curing media containing ZnO<sub>2</sub> nanoparticles. *Energy Build*. 2011;43(8):1977–84.
20. Purnomo D. Persamaan Senyawa dan Unsur Kimia Semen Portland Putih Lokal Sebagai Bahan Pengganti Mineral Trioxide Aggregate Pada Perawatan Saluran Akar Gigi - Brawijaya Knowledge Garden [Internet]. *Repository.ub.ac.id*. 2013 [Cited 24 May 2022]. Available from: <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/123507/>
21. Chan KHS, Mai Y, Kim H, Tong KCT, Ng D, Hsiao JCM. Review: Resin composite filling. *Materials (Basel)*. 2010;3(2):1228–43.
22. Tabari M, Samadi F, Hosein-Khani P, Poorsattar Bejeh Mir A, Soltan Karimi V. Evaluasi sifat fisik nano-ZOE: Sebuah studi mikroskop elektronik pemindaian (SEM). *India J Dent*. 2013;4(2):77–82.
23. Chen L, Yu Q, Wang Y, Li H. BisGMA/TEGDMA komposit gigi yang mengandung nanofibers hidroksiapatit rasio aspek tinggi. *Penyok*. 2011;27(11):1187–95.
24. Sadat-Shojai M, Atai M, Nodehi A, Khanlar LN. Nanorods hidroksiapatit sebagai pengisi baru untuk meningkatkan sifat perekat gigi: Sintesis dan aplikasi. *Penyok*. 2010;26(5):471–82.
25. Nofrizal N, Prihantini A, Nugroho DW, Prastyo T, Ikono R, Sukarto A, Siswanto S, Rochman NT. Sintesis dan Karakteristik Semen Gigi Berbasis Nanopartikel Zinc Oxide. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 2018;13(4):11–4.