



**PERBEDAAN NILAI *COMPRESSIVE STRENGTH* ANTARA SEMEN SENG FOSFAT KONVESIONAL DAN SEMEN SENG FOSFAT NANO**

**PROPOSAL SKRIPSI  
UNTUK MEMENUHI PERSYARATAN MEMPEROLEH  
GELAR SARJANA KEDOKTERAN GIGI**

**OLEH :**

**ROBBY KAMAJAYA  
155070400111045**

**PROGRAM STUDI SARJANA KEDOKTERAN GIGI  
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**2019**

<b>DAFTAR ISI</b>	
<b>Hal.</b>	
<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN.....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB</b>	
<b>I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.3.1. Tujuan Umum.....	3
1.3.2. Tujuan Khusus.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.4.1. Manfaat Akademis.....	3
1.4.2. Manfaat Praktis.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Semen Seng Fosfat.....	5
2.1.1. Definisi.....	5
2.1.2. Reaksi Kimia.....	9
2.1.3. Waktu Kerja dan Waktu Pengerasan.....	10
2.1.4. Manipulasi.....	12
2.1.4.1. Rasio Bubuk dan Cairan.....	12
2.1.4.2. Kecepatan Pengadukan.....	13
2.1.4.3. Suhu Spatula Semen dan <i>Glass Lab</i> .....	14
2.1.4.4. Ukuran Partikel Bubuk.....	15
2.1.4.5. Buffering Agent pada Cairan.....	15
2.1.4.6. Kelembaban Lingkungan.....	15
2.1.4.7. Pengaplikasian Semen.....	16

2.1.5.	Sifat Fisik.....	16
2.1.5.1.	Sifat Mekanis.....	16
2.1.5.2.	Daya Larut.....	18
2.1.6.	Sifat Biologi.....	19
2.1.7.	Sifat Optik.....	20
2.2.	<i>Compressive Strength</i> .....	20
2.2.1.	Definisi.....	20
2.2.2.	Tekanan Pengunyahan.....	21
2.2.3.	Sifat Mekanis yang Mempengaruhi.....	22
2.2.4.	Ukuran Benda Uji.....	23
2.2.5.	Dimensi Benda Uji.....	24
2.2.6.	Alat Uji.....	24
2.3.	Nanosains, Nanopartikel, dan Nanoteknologi.....	25
2.3.1.	Definisi.....	25
2.3.2.	Sifat Optik.....	27
2.3.3.	Sifat Resistensi.....	27
2.3.4.	Sifat Mekanis.....	28
2.3.5.	Sifat Kimia.....	29
2.4.	Pembuatan Seng Fosfat Nano Metode Ball Milling.....	29
2.5.	Karakterisasi Nano Partikel.....	31
2.5.1.	XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ).....	31
2.5.2.	SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ).....	34

**III. KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN.....37**

3.1.	Kerangka Konsep.....	37
3.2.	Hipotesis Penelitian.....	38

**IV. METODE PENELITIAN.....39**

4.1.	Rancangan Penelitian.....	39
4.2.	Sampel Penelitian.....	39
4.3.	Besar Sampel.....	40
4.4.	Variabel Penelitian.....	40
4.4.1.	Variabel Bebas.....	40
4.4.2.	Variabel Terikat.....	40
4.4.3.	Variabel Terkendali.....	41
4.5.	Definisi Operasional.....	41





4.5.1.	Semen Seng Fosfat Konvensional.....	41
4.5.2.	Semen Seng Fosfat Nano.....	41
4.6.	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	42
4.7.	Alat dan Bahan Penelitian.....	42
4.7.1.	Alat Penelitian.....	42
4.7.2.	Bahan Penelitian.....	43
4.8.	Prosedur Penelitian.....	43
4.8.1.	Tahap Persiapan.....	43
4.8.1.1.	Persiapan dan Pemilihan Bahan.....	43
4.8.1.2.	Pengelompokan Sampel.....	44
4.8.2.	Tahap Pelaksanaan.....	44
4.8.2.1.	Sintesis Bubuk Nano Semen Seng Fosfat.....	44
4.8.2.2.	Tahap Pelaksanaan Kelompok I.....	44
4.8.2.3.	Tahap Pelaksanaan Kelompok II.....	45
4.8.2.4.	Penyimpanan Sampel.....	47
4.8.2.5.	Pengukuran <i>Compressive Strength</i> .....	47
4.9.	Alur Penelitian.....	49
4.10.	Analisis Data.....	50
<b>V.</b>	<b>HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA.....</b>	<b>51</b>
5.1.	Hasil Penelitian.....	51
5.2.	Analisis Data.....	55
5.2.1.	Uji Normalitas Data.....	55
5.2.2.	Uji Homogenitas Ragam.....	56
5.2.3.	Uji T-test.....	56
5.3.	Pembahasan.....	57
<b>VI.</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>59</b>
6.1.	Kesimpulan.....	59
6.2.	Saran.....	59
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>61</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>64</b>
	<b>Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian dan Pengamatan.....</b>	<b>64</b>
	<b>Lampiran 2. Hasil Uji Kuat Tekan.....</b>	<b>70</b>
	<b>Lampiran 3. Hasil Uji Statistik.....</b>	<b>71</b>



<b>Lampiran 4. Tabel Hasil XRD Semen Seng Fosfat Konvensional.....</b>	<b>72</b>
<b>Lampiran 5. Grafik Hasil XRD Semen Seng Fosfat Konvensional.....</b>	<b>73</b>
<b>Lampiran 6. Grafik dan Tabel Hasil PSA.....</b>	<b>74</b>
<b>Lampiran 7. Tabel Hasil XRD Semen Seng Fosfat Nano .....</b>	<b>75</b>
<b>Lampiran 8. Grafik Hasil XRD Semen Seng Fosfat Nano ....</b>	<b>76</b>



## ABSTRAK

Robby Kamajaya. 155070400111045. Program Studi Pendidikan Dokter Gigi. Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya Malang. 20 Nopember 2018. **“PERBEDAAN NILAI COMPRESSIVE STRENGTH ANTARA SEMEN SENG FOSFAT KONVESIONAL DAN SEMEN SENG FOSFAT NANO”**

Pembimbing: drg. Dini Rachmawati, Sp.KGA.

Semen seng fosfat merupakan bahan semen gigi yang masih banyak digunakan hingga kini. Salah satu kelemahan semen seng fosfat adalah sifat mekanisnya yang relatif rendah. Pada penelitian ini, dilakukan penelitian tentang kuat tekan semen seng fosfat konvensional dan nano. **Tujuan** dari penelitian ini untuk mengetahui perbedaan nilai kuat tekan antara semen seng fosfat konvensional dan nano. **Jenis penelitian** yang digunakan adalah *post test only group design* yang dilakukan di laboratorium. **Bahan** yang digunakan adalah semen seng fosfat konvensional dan semen seng fosfat nano. **Metode** yang dilakukan diawali dengan pembuatan semen seng fosfat nano menggunakan metode milling. Setelah semen seng fosfat nano terbentuk dilakukan uji XRD dan PSA untuk memastikan ukuran partikel dan tingkat kemurnian dari bubuk semen seng fosfat nano. Kemudian dilakukan manipulasi dan pencetakan tablet sebanyak 9 buah untuk setiap kelompok. Ukuran tablet semen memiliki tebal 2 mm dan diameter 14 mm. Proses pembuatan tablet dilakukan secara manual kemudian dilakukan uji kuat tekan menggunakan universal testing machine. Kuat tekan semen seng fosfat nano dibandingkan dengan semen seng fosfat konvensional. Data dianalisa menggunakan uji independent T-Test, didapatkan hasil  $p = 0,000$ , hasil tersebut menunjukkan  $p < 0,05$ . **Hasil** penelitian menunjukkan analisis *X-Ray Diffractometer (XRD)* menunjukkan partikel bubuk tersebut adalah seng fosfat, serta hasil *Scanning Electron Microscope (SEM)* menunjukkan ukuran partikel sebesar 627 nm. Nilai rata-rata kuat tekan semen seng fosfat nano lebih besar dibandingkan dengan semen seng fosfat konvensional. **Kesimpulan** penelitian ini adalah terdapat perbedaan kekuatan tekan antara semen seng fosfat konvensional dan semen seng fosfat nano.

**Kata kunci** : Nanopartikel, Semen Seng Fosfat, Kuat Tekan.



## ABSTRACT

Robby Kamajaya, 155070400111045. *Dentist Study Program*. Faculty of Dentistry Brawijaya University Malang, November 20, 2018. "***DIFFERENCES IN THE COMPRESSIVE STRENGTH VALUE BETWEEN CONVESSIONAL PHOSENIC CEMENT AND NANO PHOSPHATE CEMENT***".  
Advisor: drg. Dini Rachmawati, Sp.KGA.

*Zinc phosphate cement is a dental cement material that is still widely used today. One of the disadvantages of zinc phosphate cement is its relatively low mechanical properties. In this study, research was conducted on the compressive strength of conventional and nano zinc phosphate cement. The purpose of this study was to determine the differences in the value of compressive strength between conventional and nano zinc phosphate cement. The type of research used was post test only group design carried out in the laboratory. The materials used are conventional phosphate zinc cement and nano zinc phosphate cement. The method carried out begins with making zinc phosphate nano cement using the milling method. After nano zinc phosphate cement was formed XRD and PSA tests were carried out to ascertain the particle size and purity level of the nano zinc phosphate cement powder. Steering is done by manipulating and printing 9 tablets for each group. The size of the cement tablet has a thickness of 2 mm and a diameter of 14 mm. The tablet making process is done manually then the compressive strength test is done using universal testing mechine. Compressive strength of nano zinc phosphate cement compared to conventional zinc phosphate cement. Data was analyzed using the independent T-Test, the results obtained  $p = 0,000$ , these results show  $p < 0.05$ . The results showed the X-Ray Diffractometer (XRD) analysis showed that the powder particles were zinc phosphate, and the results of Scanning Electron Microscope (SEM) showed a particle size of 627 nm. The average compressive strength of nano zinc phosphate cement is greater than that of conventional zinc phosphate cement. The conclusion of this study is that there is a difference in compressive strength between conventional zinc phosphate cement and nano zinc phosphate cement. Keywords: Nanoparticles, Phosphate Zinc Cement, Compressive Strength.*





## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Semen gigi merupakan bahan penambal gigi pada mahkota gigi yang hilang. Secara umum terdapat empat macam semen gigi yang digunakan dalam bidang kedokteran gigi yaitu: semen seng fosfat (*zinc phosphate cement*), semen polikarboksilat (*polycarboxylate cement*), semen gelas ionomer (*glass ionomer cement*), dan semen seng oksida dan eugenol (*zinc oxide and eugenol cement*) (Anusavice, 2003).

Semen gigi yang digunakan pada penelitian ini adalah semen seng fosfat karena semen tersebut merupakan semen yang sampai saat ini masih sering digunakan, dan masih banyak tersedia di pasaran. Semen seng fosfat memiliki kelebihan memiliki ketahanan yang cukup selama berada di dalam rongga mulut karena memiliki daya larut yang rendah terhadap saliva (Anusavice, 2003). Namun semen seng fosfat juga memiliki kelemahan, diantaranya adalah waktu pembentukan semen yang cukup lama serta kekuatan tekan yang relatif rendah (Prastyo, 2012).

Semen seng fosfat digunakan sebagai basis dan *lutting* pada bidang konservasi. Berfungsi sebagai retensi protesa seperti inlay, onlay, mahkota, serta jembatan gigi (Anusavice, 2003). Lapisan semen yang digunakan untuk *lutting* memiliki syarat ketebalan



maksimum sebesar 25  $\mu\text{m}$  dan kekuatan tekan minimum sebesar 70 MPa. *Lutting* berbahan semen seng fosfat memiliki kuat tekan yang relatif rendah (McCabe, 2014).

Pada penelitian sebelumnya, pemakaian semen PCC dengan bubuk berbahan nanopartikel dapat meningkatkan sifat mekanik material yang terbentuk (Fadlillah, 2014). Acuan tersebut coba diaplikasikan dalam pembuatan semen seng fosfat dengan bubuk berbahan nanopartikel dengan harapan akan menambah kekuatan tekan semen seng fosfat konvensional.

Pembuatan nanomaterial akhir-akhir ini sangat banyak dilakukan. Menggunakan berbagai cara dan terus dikembangkan oleh para peneliti. Begitu pula pada perkembangan di bidang kedokteran gigi pemakaian *dental material* berbasis nano menjadi sangat populer dalam desain dan penggunaannya. Hal tersebut dikarenakan sifat fisika dan kimia pada nanomaterial berbeda dengan material asalnya. Salah satu sifat dari nanomaterial adalah meningkatkan sifat kuat tekan (Andrew, 2011).

Oleh karena hal tersebut penulis melakukan penelitian dengan membuat semen seng fosfat dengan merubah partikel bubuknya menjadi ukuran nano dan membandingkan nilai *compressive strength* pada semen seng fosfat nano dengan semen seng fosfat konvensional.

## 1.2. Rumusan Masalah

Apakah terdapat perbedaan nilai *compressive strength* antara semen seng fosfat konvensional dan semen seng fosfat nano?

## 1.3. Tujuan Penelitian

### 1.3.1. Tujuan Umum

Untuk menganalisa perbedaan antara nilai *compressive strength* pada semen seng fosfat konvensional dengan semen seng fosfat nano.

### 1.3.2. Tujuan Khusus

- a. Untuk mengukur nilai *compressive strength* pada semen seng fosfat konvensional.
- b. Untuk mengukur nilai *compressive strength* pada semen seng fosfat nano.
- c. Untuk menganalisis data perbedaan nilai *compressive strength* semen seng fosfat konvensional dan semen seng fosfat nano.

## 1.4. Manfaat Penelitian



#### 1.4.1. Manfaat Akademis

Untuk menambah pengetahuan dalam bidang kedokteran gigi tentang perbandingan *compressive strength* pada semen seng fosfat konvensional dengan semen seng fosfat nano.

#### 1.4.2. Manfaat Praktis

- a. Penelitian ini dapat digunakan sebagai sumber informasi tentang perbandingan *compressive strength* pada semen seng fosfat konvensional dengan semen seng fosfat nano untuk acuan penelitian selanjutnya.



**BAB II**  
**TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1. Semen Seng Fosfat**

**2.1.1 Definisi**

Semen seng fosfat adalah bahan semen dalam kedokteran gigi yang terdiri dari bubuk dan cairan yang berada pada dua botol yang terpisah (Anusavice, 2003). Semen seng fosfat digunakan sebagai *luting* dan basis. Untuk menghasilkan *luting agent* digunakan campuran dengan rasio bubuk yang sedikit. *Luting agent* berfungsi sebagai bahan perekat komponen. Sedangkan untuk menghasilkan basis digunakan campuran dengan rasio bubuk yang lebih banyak. Basis merupakan dasar dari restorasi yang berfungsi sebagai pelindung pulpa terhadap *thermal injury*, *galvanic shock*, dan reaksi kimia (Anusavice, 2003).

Gambar 2.1 Bubuk dan cairan semen seng fosfat.



Sumber : McCabe, 2014.



Material pelindung pulpa harus dapat melindungi pulpa dari zat kimia, elektrik, thermal, serta menahan tekanan saat mengunyah. Material pelindung pulpa-dentin harus dapat mencegah *injury* pulpa-dentin dari material yang berbahaya, mendorong penyembuhan organ pulpa-dentin yang mengalami *injury*, mencegah penetrasi dan pertumbuhan bakteri, kompatibel dengan material restorasi, tidak larut dalam cairan rongga mulut. Semen seng fosfat memenuhi persyaratan sebagai *luting* maupun basis (McCabe, 2014).

Semen seng fosfat memiliki *setting time* yang cukup untuk pencampuran material hingga penempatan pada restorasi di dalam mulut. Campuran bubuk dan cairan semen seng fosfat memiliki viskositas awal yang rendah, sehingga cukup baik digunakan sebagai *luting* karena penginsersian restorasi dapat ditempatkan dengan sempurna sehingga tidak ada celah (McCabe, 2014). Semen seng fosfat tidak menghantarkan listrik sehingga memenuhi syarat sebagai *luting*, sebab banyak restorasi yang disemenkan ke gigi yang berbahan logam (McCabe, 2014).

Komposisi utama dari bubuk semen seng fosfat adalah seng oksida dan magnesium oksida, sedangkan komposisi utama dari cairan semen seng fosfat adalah air dan asam fosfat. Kandungan dari bubuk adalah seng oksida sebesar 90 %, serta metal oksida lainnya sebesar 10 %. Komposisi dari bubuk diaduk bersama pada temperatur 1000-1400 °C menjadi *cake* yang kemudian ditumbuk menjadi bubuk halus. Ukuran partikel bubuk akan berpengaruh terhadap kecepatan pengerasan. Semakin kecil ukuran partikelnya, semakin cepat semen untuk mengeras (Anusavice, 2003).

Komposisi dari cairan semen seng fosfat mengandung asam fosfat sebesar 50% - 60% serta gabungan dari fosfat dengan AI atau Zn sebanyak 10% yang berfungsi sebagai larutan penyangga. Larutan penyangga tersebut ditambahkan untuk menyetabilkan pH

Komposisi	Berat (%)
-----------	-----------

dari asam fosfat dan mengurangi reaktivitasnya. Kandungan lain dari cairan semen seng fosfat adalah air sebesar 28% - 38%. Air berfungsi untuk mengendalikan ionisasi dari asam yang akan berpengaruh terhadap kecepatan reaksi. Air yang berlebihan akan mempengaruhi sifat fisik dari material yang telah *setting* (McCabe, 2014).

Perbandingan takaran bubuk dan cairan semen seng fosfat disesuaikan dengan takaran dari pabrik karena setiap merk dagang memiliki perbandingan yang berbeda dengan merk dagang lainnya. Rata-rata takaran semen yang digunakan untuk basis memiliki konsistensi *putty-like* dengan rasio bubuk : cairan yang digunakan sekitar 2,5 hingga 3,5 : 1. Sedangkan semen yang digunakan untuk *luting* campurannya lebih cair dengan rasio bubuk yang digunakan lebih rendah. Hal tersebut untuk memastikan semen yang encer selama menempatkan restorasi (Schmalz, 2009).

Tutup botol dibuka hanya pada saat meneteskan cairan dalam jumlah yang telah ditentukan, kemudian segera ditutup kembali karena cairan yang dibiarkan terbuka dalam udara akan mengakibatkan penguapan kandungan air atau bertambahnya kandungan air dalam cairan, tergantung pada kelembaban ruangan penyimpanan material (McCabe, 2014).

Tabel 2.1. Kandungan bubuk dan cairan pada semen seng fosfat

Sum ber: Pow ers and Saka guch i, 2006 K andu ngan	Powder	
	ZnO	90,2
MgO	8,2	
SiO <sub>2</sub>	1,4	
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,1	
Misc, BaO, Ba <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , CaO	0,1	
Liquid		
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (free acid)	38,2	
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (dikombinasi dengan Al dan Zn )	16,2	
Al	2,5	
Zn	7,1	
H <sub>2</sub> O	36,0	

air sangat berpengaruh terhadap reaksi asam-basa, sehingga komposisi cairan harus dijaga agar reaksi dapat berlangsung dengan stabil. Penguapan air dari cairan dan degradasi semen dapat mempengaruhi perubahan komposisi dan kecepatan reaksi semen. Efek degradasi dapat dilihat dari memburamnya cairan yang sudah terlalu lama atau terdapat kristalisasi fosfat di dalam botol pada udara panas dan kering karena air yang menguap (Anusavice, 2003).

Komposisi akan berpengaruh terhadap laju reaksi. Jika perubahan komposisi terjadi, maka cairan tidak bisa lagi digunakan dan harus dibuang. Hanya sedikit perubahan dari kandungan air dalam cairan dapat mengakibatkan perubahan besar pada sifat-sifat semen, akibatnya kualitas semen akan menurun. Selain itu tidak dianjurkan untuk mencampurkan bubuk dan cairan dari merek yang



berbeda karena dapat merubah sifat fisik pada semen yang dihasilkan (McCabe, 2014).

### 2.1.2 Reaksi Kimia

Pencampuran antara bubuk dengan cairan dari semen seng fosfat mengakibatkan asam fosfor berkontak dengan permukaan partikel dan melepas ion-ion seng ke dalam cairan. Aluminium yang sudah membentuk ikatan dengan asam fosfor akan bereaksi dengan seng dan menghasilkan gel seng aluminofosfat pada permukaan partikel sisanya. Sehingga, semen yang mengeras adalah sebuah struktur inti utama yang terdiri atas partikel oksida seng yang tidak bereaksi, dibalut dengan cairan seng aluminofosfat yang berupa matriks padat (Anusavice, 2003).

Pada pencampuran bubuk dan cairan terjadi reaksi yang menghasilkan formasi seng fosfat yang relatif tidak larut sebagai berikut.



Hanya lapisan permukaan partikel zinc oxide yang bereaksi yang akan meninggalkan inti yang tidak berikatan, tetapi terhubungkan secara bersama oleh matriks fosfat (McCabe, 2014).

Reaksi kimia dari pencampuran material ini sangat eksotermis. Reaksi eksotermis terjadi dikarenakan permukaan dari bubuk larut bersama cairan asam (Anusavice, 2003).

### 2.1.3 Waktu Kerja dan Waktu Pengerasan

Waktu kerja atau *working time* adalah waktu yang diukur dari awal pengadukan hingga komponen bubuk dan cairan menyatu dengan sempurna untuk diletakkan pada lokasi gigi yang sudah

direncanakan sebelumnya. Panjangnya waktu kerja dipengaruhi oleh kecepatan pembentukan matriks.

Kelebihan semen dibuang dari tepi tamalan pada saat waktu kerja, sebelum semen menjadi keras (Anusavice, 2003).

Standar ISO menentukan bahwa waktu kerja maksimal sekitar 6 menit untuk basis dan 8 menit untuk *luting*. Mendinginkan *glass lab* akan memperpanjang waktu kerja (Powers and Sakaguchi, 2006).

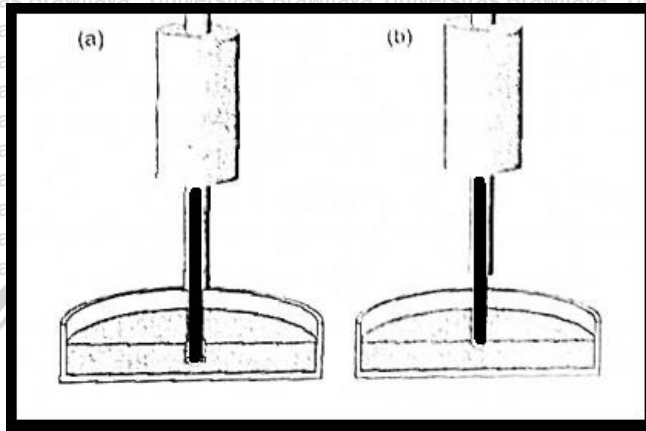
Tahap setelah waktu kerja adalah waktu pengerasan yang berarti dimensi yang sudah menetap. Waktu pengerasan atau *setting time* adalah waktu ketika pembentukan matriks telah mencapai titik dimana gangguan fisik dari luar tidak akan mengakibatkan perubahan dimensi yang menetap (Anusavice, 2003). Waktu pegerasan dari semen seng fosfat dipengaruhi oleh suhu. Semakin tinggi suhu maka semakin cepat waktu pengerasan dan semakin lama waktu pengadukan akan semakin lama waktu pengerasan (Powers and Sakaguchi 2006).

Terdapat *setting time* minimal untuk semen seng fosfat yaitu sekitar 2,5 menit untuk *luting* dan 2 menit untuk basis. *Setting time* maksimal 8 menit untuk *luting* dan 6 menit untuk basis. Hal tersebut dirancang untuk memastikan bahwa terdapat *working time* yang tepat. Pengerasan awal material biasanya terjadi dalam waktu 4 - 7 menit, kekuatan semen akan terus meningkat seiring bertambahnya waktu (Mc Cabe, 2014).

Bertambahnya waktu kerja dan pengerasan memungkinkan lebih banyak bubuk yang bisa digabungkan ke dalam adukan.

Karena dengan bertambahnya bubuk akan menambah kekuatan fisik semen (Anusavice, 2003).

Gambar 2.2. (a) Kondisi semen yang belum mengeras diberikan tekanan dari luar. (b) Kondisi semen yang sudah mengeras diberikan tekanan dari luar.



Sumber : Mc Cabe, 2014.

## 2.1.4 Manipulasi

Pada manipulasi semen seng fosfat terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan. Prosedur manipulasi semen seng fosfat akan mempengaruhi sifat dari semen yang akan dihasilkan nanti.

Untuk memperoleh sifat semen seng fosfat yang diharapkan diperlukan cara manipulasi yang benar.

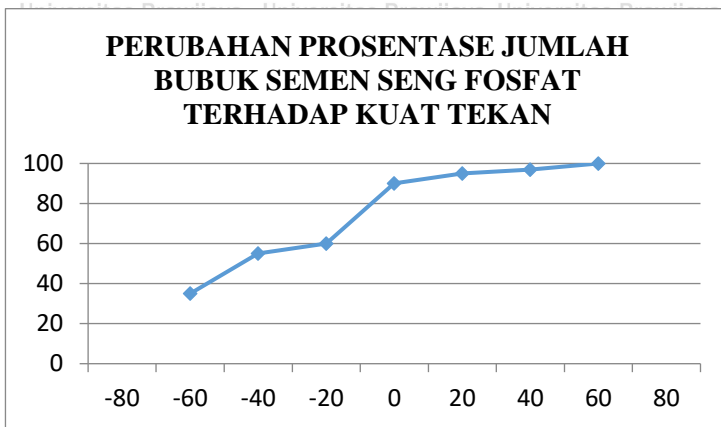
### 2.1.4.1 Rasio Bubuk dan Cairan

Dalam pencampuran dianjurkan untuk memaksimalkan jumlah bubuk untuk mengurangi daya larut dan menambah kekuatan semen. Mengurangi rasio bubuk akan memperpanjang waktu kerja, namun prosedur tersebut dapat mengurangi kekuatan tekan semen



dan akan menghasilkan semen dengan pH awal yang rendah (Anusavice, 2003).

Tabel 2.2 Perbandingan pengurangan dan penambahan bubuk terhadap kekuatan tekan semen seng fosfat



Sumber: Anusavice, 2003.

Rasio yang dianjurkan untuk semen seng fosfat adalah sekitar 1,4 gram bubuk dengan 0,5 ml cairan. Peningkatan kekuatan dapat dilakukan dengan cara menambah lebih banyak bubuk daripada yang dianjurkan (Anusavice, 2003).

Cairan diperlukan dalam pembuatan semen seng fosfat untuk memicu proses kimiawi, membasahi agregat, dan memberikan kemudahan dalam pembuatan semen. Cairan yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai. Sedangkan, cairan yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan semen.

Sebagian besar kandungan dari cairan semen seng fosfat adalah air. Air memiliki gaya tarik menarik antar partikel. Adhesi



merupakan gaya tarik menarik antara partikel yang tidak sejenis, yang dimaksud adalah ikatan yang terjadi antara partikel bubuk dan cairan semen seng fosfat.

#### 2.1.4.2 Kecepatan Pengadukan

Bubuk semen seng fosfat dibagi dalam jumlah kecil dan dicampur secara bertahap ke dalam cairan, hal tersebut bertujuan agar bubuk dan cairan tercampur merata. Penuangan cairan ke alas aduk dilakukan jika pengadukan sudah siap dimulai. Hal tersebut bertujuan agar kandungan air pada cairan tidak menguap.

Tiap bagian bubuk yang telah dipisahkan sebaiknya dicampur selama 15 - 20 detik sebelum menambah bagian selanjutnya. Pencampuran secara keseluruhan bubuk dan cairan tersebut harus selesai berkisar 1,5 hingga 2 menit (Anusavice, 2003).

Memperpanjang waktu pengadukan akan menghancurkan matriks yang sedang terbentuk. Jika matriks terpecah maka dibutuhkan tambahan waktu untuk membangun kembali matriks tersebut. Semakin panjang waktu pengadukan maka semakin panjang pula waktu kerja dan pengerasan semen seng fosfat (Anusavice, 2003). Pengadukan semen seng fosfat dilakukan menggunakan spatula berbahan *stainless steel*, membentuk pola angka 8, gerakan bolak balik, dan menggunakan teknik *spreading* (Gladwin, 2009).

#### 2.1.4.3 Suhu Spatula Semen dan *Glass Lab*

Suhu spatula semen dan *glass lab* yang tinggi mempercepat *setting time*, maka pencampuran bubuk dan cairan sebaiknya dilakukan di atas *glass lab* yang tebal dan bersuhu dingin.

Mendinginkan *glass lab* akan memperlambat reaksi kimia antara bubuk dan cairan, sehingga pembentukan matriks fosfat juga diperlambat. *Setting time* yang panjang memungkinkan praktisi menggunakan bubuk dalam jumlah yang maksimal sebelum pembentukan matriks berlanjut ke titik dimana adukan menjadi kaku (Bonsor, 2013).

Mengatur temperatur alas aduk merupakan metode yang paling efektif untuk mengendalikan waktu kerja dan pengerasan. Pada prosedur ini dianjurkan menggunakan alas aduk yang memiliki temperatur kamar sekitar 18 – 24 °C (Powers and Sakaguchi, 2006). Pengadukan dilakukan dengan teknik *spreading* agar adonan semen menyebar sehingga memfasilitasi penyerapan panas dengan memperluas area pencampuran di atas *glass lab* yang bertujuan untuk meminimalkan panas dari reaksi *setting* semen seng fosfat (Gladwin, 2009).

#### 2.1.4.4 Ukuran Partikel Bubuk

Ukuran partikel memiliki pengaruh terhadap kepadatan material, semakin kecil ukuran partikel bubuk semen, semakin padat dan kuat suatu material karena lebar ruang kosong antar partikel akan berkurang (Mc Cabe, 2014).

#### 2.1.4.5 *Buffering Agents* pada Cairan

Penambahan *buffering agents* berupa aluminium fosfat dan seng fosfat dapat menghambat kerja asam fosfat yang terdapat dalam cairan semen seng fosfat, sehingga waktu pengerasan menjadi lebih lama. Selain itu penambahan larutan penyangga bertujuan untuk menyetabilkan pH dari asam fosfat dan mengurangi reaktivitas



cairan sehingga mengurangi resiko terjadinya cedera pulpa akibat pH yang rendah (Mc Cabe, 2014).

#### **2.1.4.6 Kelembaban Lingkungan**

Kelembaban juga berpengaruh pada *setting time*, semakin lembab kondisi lingkungan maka semakin tinggi kadar airnya, sehingga semakin lama pula *setting time* (McCabe, 2014).

Bertambahnya kadar air dari cairan akan menurunkan nilai kekuatan tekan dari semen seng fosfat (Anusavice, 2003).

#### **2.1.4.7 Pengaplikasian Semen**

Pengaplikasian material hasil pencampuran bubuk dan cairan harus segera dipasangkan sebelum terjadi pembentukan matriks. Setelah campuran diletakkan pada lokasi yang sudah direncanakan, adonan semen ditahan dengan ditekan hingga semen mengeras untuk mengantisipasi rongga udara yang terjebak dalam semen. Prosedur pengaplikasian semen dilakukan pada daerah kerja yang harus tetap kering (Anusavice, 2003).

Pembuangan kelebihan semen dapat dilakukan setelah semen mengeras dengan menggunakan bur. Pengulaskan selapis vernis atau lapisan anti-tebus lain pada daerah tepi perlu dilakukan. Tujuan lapisan vernis adalah memberi lebih banyak waktu pada semen untuk menjadi matang dan mengembangkan daya tahan yang lebih tinggi terhadap pelarutan cairan oleh karena cairan saliva (Anusavice, 2003).

#### **2.1.5 Sifat Fisik**

##### **2.1.5.1 Sifat Mekanis**

Kuat tekan semen seng fosfat relatif kurang kuat untuk digunakan sebagai semen restorasi yang menahan tekanan pengunyahan yang cukup besar (Prastyo, 2012). Semen seng fosfat memiliki kekuatan kompresi yang bervariasi sesuai dengan rasio bubuk dan cairan.

Peningkatan kekuatan dapat dilakukan dengan cara menambah lebih banyak bubuk daripada yang dianjurkan (Anusavice, 2003).

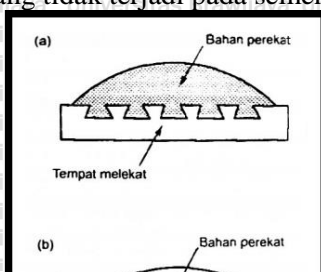
Tabel 2.3. Pengaruh perubahan variabel terhadap sifat mekanis semen seng fosfat

Perubahan Variabel	Properti				
	Kuat Tekan	Tebal Film	Daya Larut	Asam	Setting Time
Pengurangan rasio bubuk	Turun	Turun	Naik	Naik	Turun
Penambahan suhu <i>mixing</i>	Turun	Naik	Naik	Naik	Naik
Kontaminasi air	Turun	Naik	Naik	Naik	Naik

Sumber: Anusavice, 2003

Retensi yang terjadi pada saat pengerasan semen seng fosfat berupa kunci mekanis pada pertemuan kedua permukaan dan tidak melibatkan reaksi kimia dengan jaringan keras di sekitar semen seng fosfat baik pada gigi atau bahan restorasi *crown metal* atau *metal-supported* (Segarra, 2015).

Gambar 2.3 (a) Retensi mekanis pada semen seng fosfat, (b) Retensi kimiawi yang tidak terjadi pada semen seng fosfat.



Sumber: (Segarra, 2015).

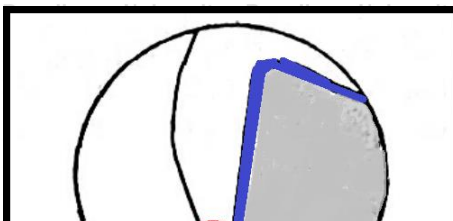
### 2.1.5.2 Daya Larut

Semen seng fosfat memiliki daya larut yang relatif rendah di dalam air bila dites menurut spesifikasi ADA. Kecepatan pelarutan dari semen seng fosfat jauh lebih besar di dalam larutan asam organik seperti asam laktat, asetat, dan terutama sitrat (Anusavice, 2003).

*Luting* semen akan mengalami erosi secara perlahan-lahan di dalam rongga mulut karena pelarutan dan abrasi. Erosi mengakibatkan hilangnya *luting* semen yang menyebabkan terjadinya kegagalan restorasi. Faktor utama penyebab hilangnya *luting* semen atau lepasnya restorasi adalah buruknya desain retensi pada restorasi (Hatrick, 2016).

Berdasarkan standar dalam ISO 9917, dijelaskan bahwa kecepatan erosi semen seng fosfat lebih kecil daripada semen polikarboksilat, tetapi lebih besar daripada semen ionomer kaca (McCabe, 2014).

Gambar 2.4 Kelarutan semen sering terjadi di bagian tepi restorasi





Sumber: McCabe, 2014.

### 2.1.6 Sifat Biologi

Asam fosfor mengakibatkan keasaman semen menjadi tinggi pada saat protesa berkontak dengan gigi. Pada dua menit pertama sejak awal pengadukan, pH semen seng fosfat sekitar 3,5 kemudian pH naik hingga mencapai sekitar 6,7 pada jam ke- 24. Semakin encer bahan adukan yang digunakan, pH akan semakin rendah dan tetap rendah dalam jangka waktu yang lama (Pameijer, 2012).

Kerusakan pulpa terjadi akibat keasaman dari semen seng fosfat selama beberapa jam pertama setelah pemasangan basis. Pada suatu penelitian semen seng fosfat yang terbuat dengan cairan yang mengandung asam fosfor radioaktif menunjukkan bahwa asam fosfor dari semen dapat menembus ketebalan dentin hingga 1,5 mm (McCabe, 2014).

Dikarenakan kekuatan asam pada semen seng fosfat, dentin yang terletak di bawah semen harus dilindungi terhadap penembusan asam fosfor melalui tubulus dentin dengan menggunakan *sublining* seperti kalsium hidroksida atau *zinc oxide eugenol*, hal tersebut untuk mencegah terjadinya cedera pulpa (Anusavice, 2003).

Semen seng fosfat juga dapat melindungi gigi dari resiko karies. Dalam kandungan bubuk semen seng fosfat terdapat sejumlah kecil garam flourida. Material ini diperkirakan dapat terlepas dari

semen yang telah *setting* dan memberi proteksi terhadap gigi. Jumlah fluoride yang terlepas lebih sedikit daripada jumlah yang terlepas dari semen silikat atau semen ionomer kaca (McCabe, 2014).

## 2.1.7 Sifat Optik

Semen seng fosfat yang telah mengeras memiliki perbedaan warna dengan bahan dasarnya ketika saat berupa campuran bubuk dan cairan yang masih basah. Material yang telah mengeras memiliki warna yang lebih radiopak, dikarenakan konsentrasi tinggi dari seng oksida yang tidak bereaksi. Hal tersebut mengakibatkan penampilan estetik dari mahkota porselen yang bahan *lutingnya* semen seng fosfat menjadi buruk.

Tampilan restorasi akan menjadi semakin buruk jika pada bagian margin restorasi terlihat *luting* semen sehingga tampak perbedaan warna yang mencolok antara bahan restorasi dan *luting*. Untuk mengatasi agar bagian margin mahkota tidak terlihat dilakukan dengan meletakkan margin di dalam krevis atau sulkus gingiva untuk menyembunyikan *luting* semen (McCabe, 2014).

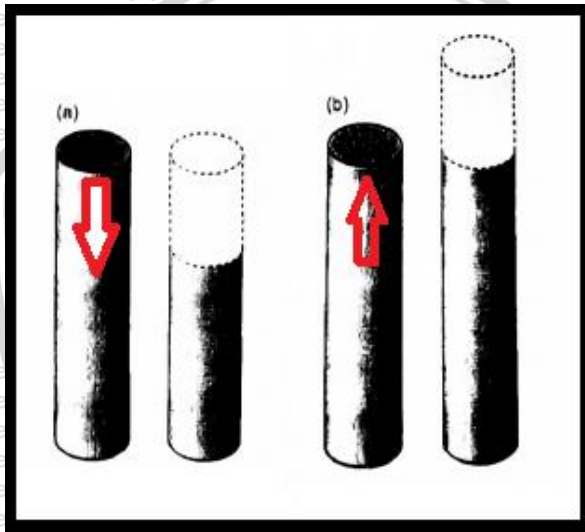
## 2.2 Compressive Strength

### 2.2.1 Definisi

*Compressive strength* adalah kapasitas dari suatu bahan atau struktur dalam menahan beban secara langsung dengan arah berlawanan hingga bahan tersebut *fraktur*. Nilai *compressive strength* menunjukkan bahwa sampai dimana suatu material tersebut dapat menerima tekanan maksimal sebelum material itu mengalami *fraktur* (Utami *et al.*, 2008).

Setiap bahan material memiliki nilai kekuatan terhadap gaya yang berbeda, tergantung dari jenis bahan material tersebut. *Compressive strength* dianggap sebagai indikator yang penting dalam material kedokteran gigi karena *compressive strength* yang besar dibutuhkan untuk menahan tekanan pengunyahan dalam rongga mulut (Anusavice, 2003).

Gambar 2.5. (a) Ilustrasi gambar uji *compressive strength*, (b) Ilustrasi gambar uji *tensile strength*.



Sumber: Mc Cabe, 2014.

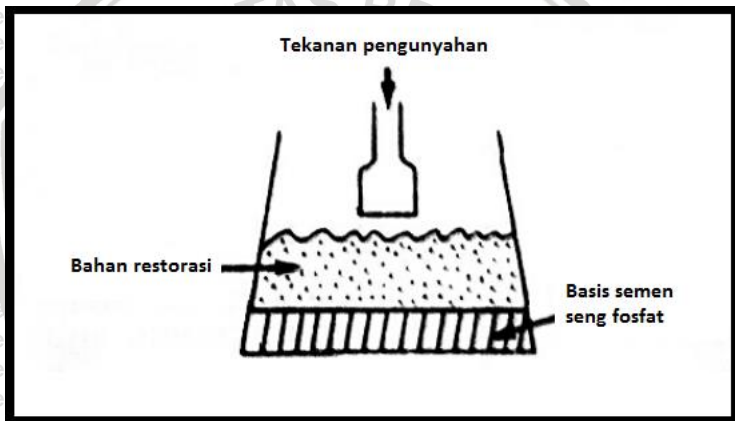
### 2.2.2 Tekanan Pengunyahan

Pengujian *compressive strength* dari semen seng fosfat akan menghasilkan suatu nilai kuat tekan, nilai tersebut nantinya akan dibandingkan antara semen seng fosfat konvensional dan semen seng fosfat nano. Nilai kuat tekan dari semen diharapkan mampu menahan besar gaya yang dihasilkan dari tekanan pengunyahan.



Tekanan pengunyahan maksimal yang dapat ditahan adalah 756 N. Namun nilai tersebut bervariasi antara 400 N hingga 890 N, pada regio premolar berkisar dari 222 N hingga 445 N, pada regio kaninus dari 133 N hingga 334 N, dan pada insisivus dari 89 N hingga 111 N. Pada umumnya tekanan gigit pada pria lebih besar dibandingkan dengan tekanan gigit pada wanita dan lebih besar pada dewasa dibanding pada anak-anak (Mandhyan, 2012).

Gambar 2.6. Semen sebagai basis yang menahan tekanan pengunyahan



Sumber: Mc Cabe, 2014.

### 2.2.3 Sifat Mekanis yang Mempengaruhi *Compressive Strength*

Nilai *compressive strength* dipengaruhi oleh sifat mekanis dari suatu material yaitu *stress* dan *strain*. *Stress* atau tekanan merupakan perbandingan antara gaya terhadap luas penampang daerah yang dikenai gaya tersebut. *Strain* atau regangan didefinisikan sebagai perbandingan perubahan panjang benda terhadap panjang mula-mula akibat suatu gaya (Utami *et al.*, 2008).

Benda padat yang dikenai gaya akan mengalami perubahan ukuran. Jika gayanya berupa gaya tarik maka benda akan memanjang, sebaliknya jika berupa gaya tekan, maka benda akan memendek. Regangan vertikal yang terjadi diakibatkan oleh dimensi panjang yang jauh lebih besar dari lebarnya. Sehingga untuk mendapatkan nilai *compressive strength* agar benda uji lebih cepat *fracture*, digunakan bahan uji dengan ketebalan yang rendah dan diameter yang lebar (Utami *et al.*, 2008).

Hukum Hooke menyatakan bahwa *strain* berbanding lurus dengan *stress*. Ketika benda mengalami regangan terdapat nilai *ductility* atau keuletan yang menyatakan besarnya regangan plastis hingga patah. Jika suatu benda diberikan tekanan yang melewati batas regangan elastis benda atau memasuki batas regangan plastis, maka akan terjadi pergeseran tetap atom-atom dalam suatu bahan. Hal tersebut mengakibatkan ukuran benda tidak dapat kembali seperti semula (Utami *et al.*, 2008).

#### 2.2.4 Ukuran Benda Uji

Berdasarkan beberapa teori dan penelitian yang pernah dilakukan, secara umum didapat kesimpulan bahwa semakin bertambahnya ukuran benda uji menyebabkan turunnya nilai kuat tekan dan memunculkan variasi nilai hasil pengujian. Inilah yang dinamakan dengan *size effect* atau pengaruh ukuran, yang menyatakan bahwa bertambahnya diameter benda uji mengakibatkan nilai kekuatan tekan menjadi berkurang (Talinusa, 2014).

Teori pengaruh ukuran pada benda uji menyatakan bahwa semakin besar ukuran benda uji, semakin besar pula faktor penyebab

berkurangnya kekuatan tekan seperti kelebihan bahan liquid, segregasi pemisahan, ter terbakarnya udara, serta terjadinya cacat pada benda uji. Hal tersebut menyebabkan resiko terbentuknya bagian yang lemah dari benda uji menjadi meningkat. Sebaliknya untuk benda uji yang lebih kecil resiko terjadinya cacat atau bagian terlemah akan berkurang (Talinusa, 2014). Sehingga untuk mendapatkan data yang akurat digunakan bentuk silinder atau tablet yang berukuran kecil.

### 2.2.5 Dimensi Benda Uji

Pengujian *compressive strength* di laboratorium bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang mewakili mutu dari semen seng fosfat yang diuji. Untuk mendapatkan nilai yang dapat diakui dan diterima, maka pengujian haruslah mengikuti standar-standar yang telah ditentukan, misalnya untuk dimensi dari benda uji harus sesuai dengan uji *compressive strength* yang sudah pernah dilakukan. Bentuk silinder dipilih karena sesuai dengan rumus perhitungan kuat tekan serta alat uji yang digunakan.

### 2.2.6 Alat Uji

Pengujian *compressive strength* dari semen seng fosfat dengan menggunakan pil tablet dengan alat uji tekan dengan menggunakan universal testing machine (digital force gauge) tipe Imada ZP-200 N. Penelitian uji tekan dilakukan dengan memasukkan bahan berbentuk pil tablet dalam mesin universal testing machine (digital force gauge) dan diberi gaya tertentu hingga pil tablet pecah. Besar gaya yang diberikan pada saat pil tablet pecah disebut sebagai kekuatan tekan (Fadlillah *et al.*, 2014).



Gambar 2.7. Universal Testing Machine (Digital Force Gauge).

Angka pada layar adalah beban maksimum dalam satuan Newton.



## 2.3 Nanosains, Nanopartikel, dan Nanoteknologi

### 2.3.1 Definisi

Nanosains adalah suatu studi tentang fenomena dan manipulasi bahan pada skala molekuler dan makromolekuler, dimana sifatnya berbeda secara signifikan dari bahan yang berbeda di skala yang lebih besar. Nanopartikel berasal dari bahasa Yunani, yang berarti kecil. Nanomaterial memiliki materi penyusun dalam skala ukuran nano (Homy, 2016). Suatu obyek dapat dikatakan nanopartikel dalam ukuran 1-100 nm. Nanopartikel dihasilkan melalui sintesis modern di laboratorium. Nanoteknologi merupakan teknologi pembuatan produk dengan struktur penyusun suatu material dengan skala nano yang di dalam prosesnya menggunakan berbagai macam metode fisika dan kimia.

Pada saat ini perkembangan nanoteknologi menjadi semakin meningkat di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi. Penggunaan nanomaterial dengan memanipulasi struktur material bertujuan untuk meningkatkan sifat kimia, mekanik, dan optikal dari suatu benda (Heiligtag and Niederberger, 2013). Penggunaan partikel nano juga terjadi pada berbagai macam material kedokteran gigi. Material gigi dengan partikel nano memiliki sifat yang berbeda dengan material gigi dengan partikel konvensional (Andrew, 2011).

Partikel nano menghasilkan dimensi yang lebih baik, sehingga menjadi pilihan para klinisi kedokteran gigi. Parameter lain yang menjadi alasan mengapa nanopartikel menjadi pilihan adalah ukuran partikel yang sangat kecil dan memiliki permukaan area yang luas sehingga volume suatu properti menjadi meningkat sehingga memiliki tingkat kepadatan yang lebih tinggi (Heiligtag and Niederberger, 2013).

Besarnya ukuran partikel penyusun mempengaruhi sifat dari benda, berdekatnya antar matriks suatu material akan mengakibatkan terjadinya interaksi skala molekuler antar partikel dan membentuk sebuah material. Pada partikel berukuran nano sifat *dental adhesive* yang meningkat. Kekuatan adesif merupakan gaya tarik-menarik antar partikel penyusun material (Andrew, 2011). Dari sifat tersebut diharapkan dapat meningkatkan nilai kuat tekan dari semen seng fosfat.

### 2.3.2 Sifat Optik

Para praktisi menggunakan nanopartikel pada material kedokteran gigi adalah untuk memperbaiki sifat optik tanpa

mengurangi kekuatan mekanis dari suatu bahan. Ukuran partikel yang berukuran nano mengakibatkan tingkat *opacity visual* menjadi rendah (Andrew, 2011).

Partikel nano mengakibatkan pengurangan ruang antar partikel, sehingga jarak antar partikel menjadi semakin rapat. Oleh karena hal tersebut dihasilkan visual yang lebih baik. Ketika semen fosfat digunakan sebagai bahan luting terutama pada bagian marginal, maka sifat optik yang dihasilkan oleh partikel nano diharapkan cukup baik sehingga meningkatkan nilai estetik (Andrew, 2011).

### 2.3.3 Sifat Resistensi

Ketahanan dari bahan kedokteran gigi dalam rongga mulut sangatlah penting. Terutama pada penggunaan bahan restorasi untuk menahan proses pengunyahan makanan atau *bruksism* yang dapat mengakibatkan atrisi pada bahan restorasi.

Pada beberapa penelitian yang dilakukan oleh ACTA tentang nanokomposit menunjukkan bahwa nanokomposit lebih lembut dari segi pemakaiannya dibandingkan dengan komposit konvensional yang lebih kasar. Terdapat juga penelitian yang menjelaskan bahwa pemakaian nanokomposit lebih resisten dibanding komposit konvensional (Aguilar, 2013).

### 2.3.4 Sifat Mekanis

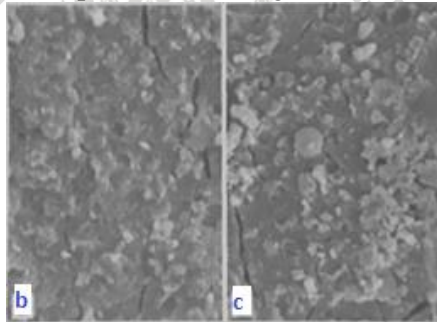
Seluruh sifat mekanis dari material kedokteran gigi berbahan dasar nanopartikel, yang meliputi *tensile strength*, *compressive strength*, *flexural strength*, dan *fracture resistance* menunjukkan



nilai yang sama atau lebih baik dibandingkan material berbahan dasar konvensional (Subramani and Ahmed, 2011).

Pada penambahan nanopartikel seng oksida, tingkat kekerasan dan kekuatan dari semen gigi akan meningkat seiring dengan penambahan nanopartikel seng oksida. Pada hasil analisis *X-Ray Diffractometer* (XRD) menunjukkan gambaran permukaan sampel mengalami perubahan yang semakin rapat. Hasil XRD menunjukkan bahwa penambahan nano seng oksida pada semen seng fosfat tidak membentuk senyawa baru (Prastyo *et al.*, 2012).

Gambar 2.8 Hasil XRD Penambahan Nanopartikel Seng Oksida pada Semen Seng Fosfat



Sumber: Prastyo *et al.*, 2012.

### 2.3.5 Sifat Kimia

Bentuk nanopartikel semen seng fosfat dapat mempercepat pembentukan semen dan menambah kekuatan semen. Hal tersebut didasarkan pada ukuran partikel bubuk akan mempengaruhi kecepatan pengerasan dan kekuatan tekan serta kekerasan. Semakin kecil ukuran partikel bubuk semakin cepat semen mengeras (Klabunde, 2011).

## 2.4 Pembuatan Seng Fosfat Nano Metode Ball Milling

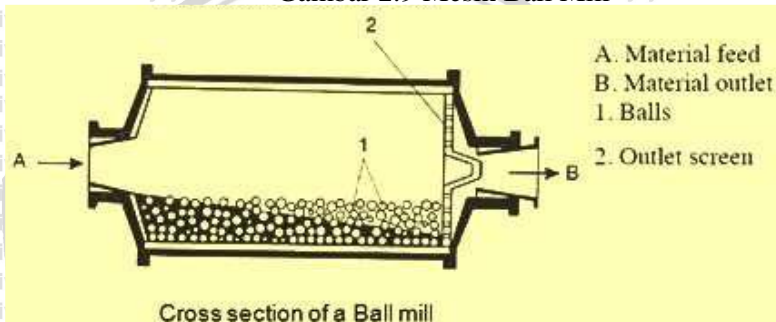
Bubuk dari semen seng fosfat konvensional diubah ukuran partikelnya ke dalam bentuk nano menggunakan metode Ball Milling. Proses kerja mesin *Ball Mill* masih dikerjakan secara manual. *Ball Mill* terbuat dari logam yang mempunyai karakteristik keras sekaligus tidak mudah pecah dan tahan korosi untuk menanggung beban dan lingkungan selama proses penggilingan materi (Ganive, 2012).

Prinsip kerja mesin milling tersebut adalah dengan memotong atau menyayat permukaan benda kerja dengan pisau bermata banyak yang berputar baik secara vertikal maupun horizontal dimana benda kerja ini dijepit pada ragum dan meja mesin digerakkan sejalan sumbu X,Y,Z (Ernawati, 2014). Ball milling ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan sistem yang lain, biaya yang dikeluarkan menggunakan mesin ini rendah, cocok untuk melakukan proses penggilingan dalam jumlah yang banyak dan berkelanjutan. Demikian pula cocok untuk membuka serta menutup sirkuit pada penggilingan dan berlaku untuk semua jenis kekerasan suatu bahan (Sanjaya and Zainul, 2015).

Ball milling ini juga biasa digunakan untuk menggiling. Penggilingan ini dapat dilakukan dalam keadaan basah maupun kering (Eskandarany et al,1992). Proses pembentukan dilakukan dengan kecepatan yang rendah. Ball milling ini sudah terbukti efektif (Deng, 2009) dalam memproduksi material amorf. Hasil *milling* adalah material yang dihasilkan setelah mengalami perlakuan pada mesin *milling* yang meliputi pengurangan ukuran-ukuran

karena pemakanan yang dilakukan oleh pahat. Hasil *milling* dapat dikatakan baik atau buruk didasarkan oleh dua faktor, yaitu ketepatan pada ukuran-ukurannya (kepresisian) dan tingkat kualitas permukaan yang dihasilkan. Melihat kedua faktor tersebut maka hasil *milling* dapat dikatakan baik apabila material yang dihasilkan sesuai dengan ukuran yang diinginkan dan permukaan material mempunyai tingkat kekasaran yang rendah (halus).

Gambar 2.9 Mesin Ball Mill



Sumber: [www.911metallurgist.com/ball-mills-vs-rod-mills](http://www.911metallurgist.com/ball-mills-vs-rod-mills).

## 2.5 Karakterisasi Nanopartikel

### 2.5.1 XRD (*X-Ray Diffractometry*)

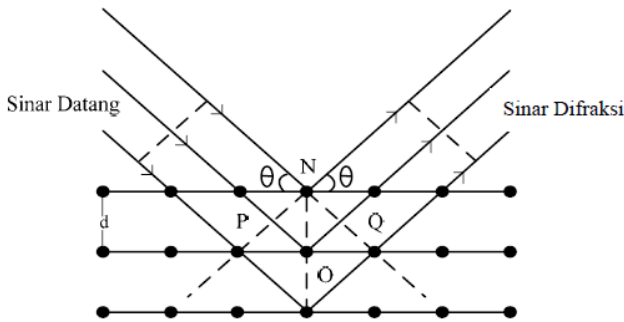
Difraksi sinar-X digunakan untuk mengidentifikasi struktur kristal suatu padatan dengan membandingkan nilai jarak  $d$  (bidang kristal) dan intensitas puncak difraksi dengan data standar.

Pengujian ini merupakan aplikasi langsung dari pemakaian sinar X untuk menentukan jarak antara kristal dan jarak antara atom dalam kristal. Prinsip dasar dari XRD adalah hamburan elektron yang mengenai permukaan kristal. Bila sinar dilewatkan ke permukaan kristal, sebagian sinar tersebut akan terhamburkan dan



sebagian lagi akan diteruskan ke lapisan berikutnya. Sinar yang dihamburkan akan berinterferensi secara konstruktif (menguatkan) dan destruktif (melemahkan). Hamburan sinar yang berinterferensi inilah yang digunakan untuk analisis.

Gambar 2.10 Difraksi Bidang Atom



Sumber: Deng, 2009.

Difraksi sinar-X hanya akan terjadi pada sudut tertentu sehingga suatu zat akan mempunyai pola difraksi tertentu. Pengukuran kristalinitas relatif dapat dilakukan dengan membandingkan jumlah tinggi puncak pada sudut-sudut tertentu dengan jumlah tinggi puncak pada sampel standar.

Di dalam kisi kristal, tempat kedudukan sederetan ion atau atom disebut bidang kristal. Bidang kristal ini berfungsi sebagai cermin untuk merefleksikan sinar-X yang datang. Posisi dan arah dari bidang kristal ini disebut Indeks Miller. Setiap kristal memiliki bidang kristal dengan posisi dan arah yang khas, sehingga jika disinari dengan sinar-X pada analisis XRD akan memberikan difraktogram yang khas pula.



Dari data XRD yang diperoleh, dilakukan identifikasi puncak-puncak grafik XRD dengan cara mencocokkan puncak yang ada pada grafik tersebut dengan database ICDD menggunakan metode Search – Match dengan bantuan software Match versi 2.

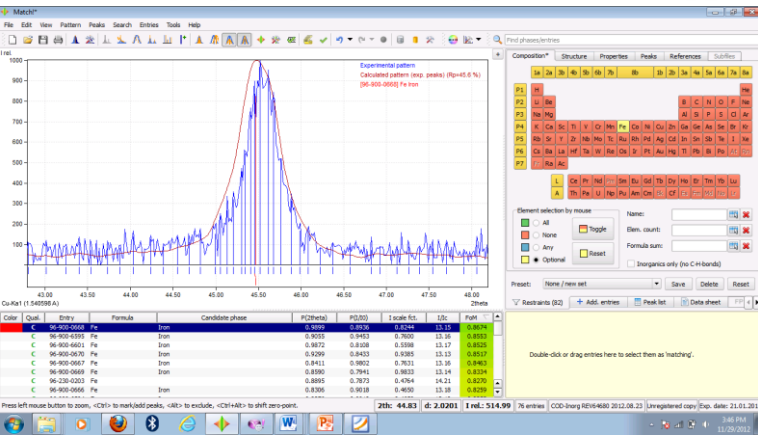
Pada versi 2 software Match akan langsung melakukan *fitting peak* setelah file dibuka. Setelah melakukan *fitting peak* maka langkah selanjutnya adalah memilih beberapa kandidat fasa yang berada di bawah kurva, dimana kandidat fasa yang dipilih harus pas dengan *peak* yang muncul. Sebelumnya agar lebih jelas puncak-puncak yang akan ditentukan fasanya harus diperbesar dahulu dengan *mendrag* daerah yang akan diperbesar. Suatu fasa dikatakan identik dengan fasa database ICDD yaitu dengan syarat terdapat minimal ada 3 puncak pada grafik yang identik dengan grafik pada database.

Gambar 2.11 Instrumentasi X-Ray Diffraction



Sumber: Deng, 2009.

Gambar 2.12 Contoh pembacaan hasil XRD menggunakan aplikasi



Sumber: <http://nizammetallurgist.blogspot.com/2014/12/contoh-cara-membaca-grafik-xrd>.

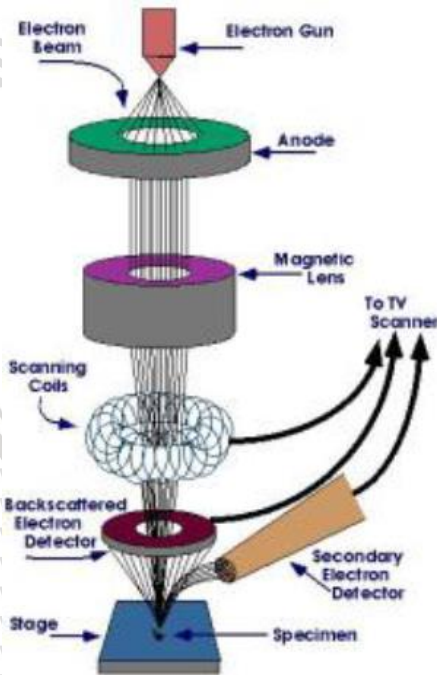




### 2.5.2 SEM (Scanning Electron Microscope)

SEM (Scanning Electron Microscope ) merupakan mikroskop elektron yang didesain untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis menggunakan berkas electron. Adapun fungsi utama dari SEM antara lain dapat digunakan untuk mengetahui informasi-informasi mengenai topografi (ciri-ciri permukaan), morfologi (bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek ), dan Informasi kristalografi objek. Pada instrument SEM terintegrasi sebuah detektor EDX (Energy Dispersive X-ray) yang memungkinkan dilakukannya mikroanalisis secara kualitatif dan semi kuantitatif untuk menentukan komposisi unsur-unsur dari suatu objek material.

Gambar 2.13 Prinsip kerja SEM



Sumber: Zhou W., et al, 2006.

Prinsip kerja SEM yaitu bermula dari electron beam yang dihasilkan oleh sebuah filamen pada electron gun dengan filamen



berupa lilitan tungsten yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan diberikan kepada lilitan yang mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron melaju menuju ke anoda. Elektron berinteraksi dengan sampel komposisi molekuler. Energi dari elektron menuju ke sampel secara langsung dalam proporsi jenis interaksi elektron yang dihasilkan dari sampel. Serangkaian energi elektron terukur dapat dihasilkan yang dianalisis oleh sebuah mikroprosesor yang canggih yang menciptakan gambar tiga dimensi atau spektrum elemen yang unik yang ada dalam sampel dianalisis. Ini adalah rangkaian elektron yang dibelokkan oleh tumbukan dengan elektron yang dihamburkan oleh sampel EDX untuk mengenali jenis atom dipermukaan yang mengandung multi atom para peneliti lebih banyak menggunakan teknik EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

EDS dihasilkan dari Sinar X karakteristik, yaitu dengan menembakkan sinar X pada posisi yang ingin kita ketahui komposisinya. Maka setelah ditembakkan pada posisi yang diinginkan maka akan muncul puncak – puncak tertentu yang mewakili suatu unsur yang terkandung. Dengan EDS dapat juga dilakukan elemental mapping (pemetaan elemen) dengan memberikan warna berbeda – beda dari masing – masing elemen di permukaan bahan. EDS bisa digunakan untuk menganalisa secara kuantitatif dari persentase masing – masing elemen.

Gambar 2.14 Instrumentasi Uji SEM







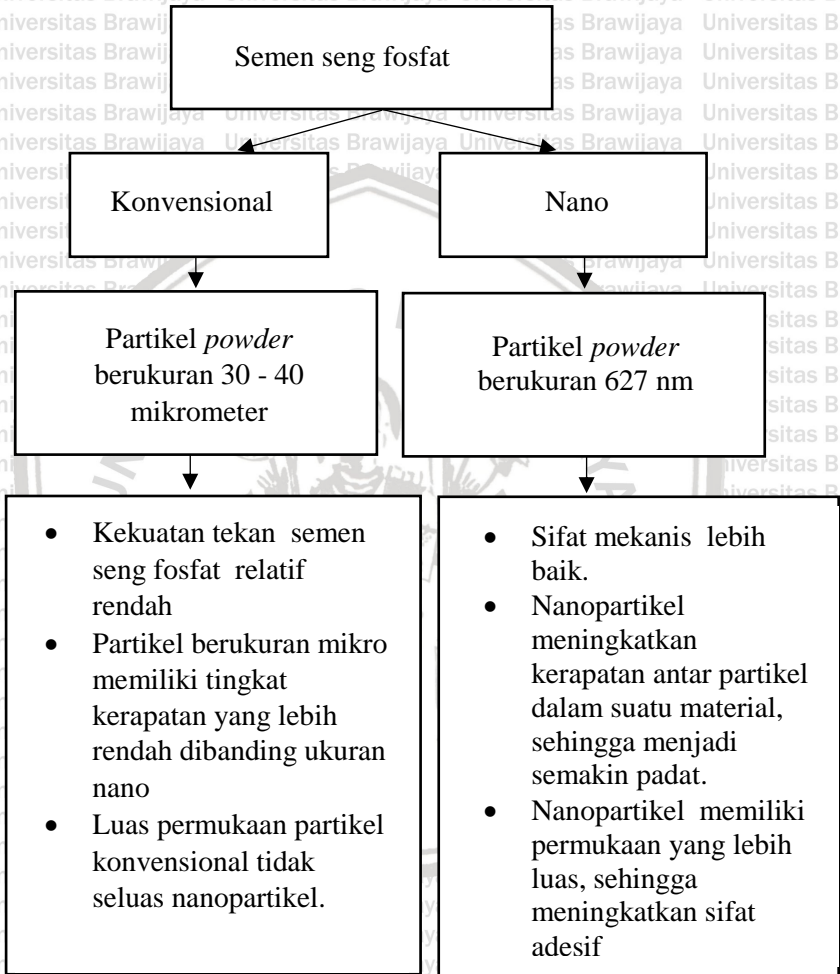




### BAB III

## KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN

### 3.1. Kerangka Konsep





Semen seng fosfat terdiri dari bubuk dan cairan. Perbedaan antara semen seng fosfat konvensional dan semen seng fosfat nano adalah ukuran partikel bubuknya. Partikel dari bubuk semen seng fosfat konvensional berukuran 30-40 mikrometer sedangkan ukuran partikel dari bubuk semen seng fosfat nano adalah 627 nm. Semen seng fosfat konvensional memiliki kekuatan tekan yang relatif rendah (Mc Cabe, 2014).

Salah satu cara untuk meningkatkan kuat tekan dari semen seng fosfat yaitu dengan mengubah ukuran partikel bubuk semen seng fosfat menjadi nano. Nanopartikel akan menghasilkan luas permukaan yang lebih tinggi dan reaksi kimia antara bubuk dan cairan meningkat sehingga sifat adesif dari suatu material akan meningkat, disertai dengan peningkatan kuat tekan pula. (Andrew, 2011).

Selain luas permukaan, tingkat kepadatan suatu materi yang tersusun atas partikel nano akan lebih padat, sehingga mengurangi jumlah ruang kosong yang tidak bisa dijangkau oleh partikel konvensional. Semakin padat suatu material maka akan semakin tinggi nilai kuat tekan suatu materi (Heiligtag and Neiderberger, 2013).

### 3.1 Hipotesis Penelitian

Terdapat perbedaan nilai *compressive strength* antara semen seng fosfat konvensional dan semen seng fosfat nano. Dimana nilai *compressive strength* semen seng fosfat nano lebih besar dari semen seng fosfat konvensional.



## BAB IV METODE PENELITIAN

### 4.1. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah *post test only group design* karena tidak memerlukan *pre test* eksperimen. Pada penelitian ini dilakukan uji laboratorium yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai kuat tekan semen seng fosfat konvensional dengan semen seng fosfat nano. Secara skematis dalam bentuk rancangan penelitian digambarkan sebagai berikut :



Keterangan :

PS2 : Pembuatan semen seng fosfat nano

S1 : Semen seng fosfat konvensional

S2 : Semen seng fosfat nano

U : Uji kuat tekan

AD : Analisis data

### 4.2. Sampel Penelitian

Pada penelitian ini sampel yang digunakan adalah semen seng fosfat konvensional dan semen seng fosfat nano.





### 4.3. Besar Sampel

Jumlah sampel minimal dihitung dengan menggunakan rumus dari Hulley (Hananta, 2015) :

$$P(n-1) \geq 15$$

$$2(n-1) \geq 15$$

$$2n-2 \geq 15$$

$$2n \geq 17$$

$$n \geq 9$$

Keterangan :

P = jumlah kelompok perlakuan.

n = jumlah sampel yang digunakan tiap kelompok perlakuan.

Berdasarkan rumus tersebut, jumlah minimal sampel sebanyak 9 buah untuk tiap kelompok sampel. Sehingga secara keseluruhan dibutuhkan sebanyak 9 sampel semen seng fosfat konvensional dan 9 sampel semen seng fosfat nano.

### 4.4 Variabel Penelitian

#### 4.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dari penelitian ini adalah semen seng fosfat konvensional dan semen seng fosfat nano.

#### 4.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah *compressive strength* semen seng fosfat konvensional dan semen seng fosfat nano.

#### 4.4.3 Variabel Terkendali

Variabel terkendali dalam penelitian ini antara lain :

- a. Cara pembuatan tablet semen seng fosfat
- b. Ukuran benda uji

#### 4.5 Definisi Operasional

##### 4.5.1 Semen Seng Fosfat Konvensional

Merupakan bahan semen dalam kedokteran gigi yang terdiri dari bubuk dan cairan yang terpisah. Komposisi dari bubuknya mengandung ZnO 90,2%, MgO 8,2% serta metal oksida lainnya sebesar 1,6%. Sedangkan cairannya mengandung  $H_2PO_4$ , Al, Zn, dan  $H_2O$ . Semen ini didapatkan dari toko bahan kedokteran gigi.

Bentuk sampel adalah silinder dengan diameter 14 mm dan tebal 2 mm. Menggunakan alat ukur Autograph universal testing machine.

Cara pengukuran dengan menempatkan sebuah sampel pada posisi yang telah tersedia, kemudian menggerakkan *crosshead* permukaan sampel hingga fracture kemudian hasil uji dicatat. Skala ukur yang digunakan adalah rasio dan satuan ukur yang digunakan adalah MPa.

##### 4.5.2 Semen Seng Fosfat Nano

Merupakan bahan semen dalam kedokteran gigi yang terdiri dari bubuk dan cairan yang terpisah. Komposisi dari bubuknya mengandung ZnO 90,2%, MgO 8,2% serta metal oksida lainnya sebesar 1,6%. yang memiliki ukuran partikel nano. Sedangkan cairannya mengandung  $H_2PO_4$ , Al, Zn, dan  $H_2O$ .

Bubuk semen nano didapatkan melalui metode milling yang bahan dasarnya adalah semen seng fosfat konvensional kemudian dilakukan PSA dan XRD untuk mengetahui ukuran dan jenis partikel. Untuk cairannya sama seperti semen seng fosfat konvensional, diperoleh di toko bahan kedokteran gigi.

Sampel berbentuk silinder dengan diameter 14 mm dan tebal 2 mm. Pengukuran menggunakan alat ukur universal testing machine (digital force gauge).

Cara pengukuran dengan menempatkan sebuah sampel pada posisi yang telah tersedia, kemudian menggerakkan *crosshead* ke permukaan sampel hingga fraktur kemudian hasil uji dicatat. Skala ukur yang digunakan rasio dan satuan ukur yang digunakan adalah MPa.

#### 4.6 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di rumah peneliti untuk pembuatan tablet semen seng fosfat. Untuk pengukuran *compressive strength* dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa dan Teknologi Pengolahan Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli-  
Nopember 2018.

#### 4.7 Alat dan Bahan Penelitian

##### 4.7.1 Alat Penelitian

a. Alat cetakan sampel bentuk silinder dengan diameter 14 mm dan ketebalan 2 mm.

b. *Filling instrument*



- c. *Glass lab*
- d. Spatula semen
- e. Wadah penyimpanan tablet
- f. Universal Testing Mechine (Digital Force Gauge)
- g. *Handpiece low speed straight*
- h. *Stone*
- i. Mikromotor

#### 4.7.2 Bahan Penelitian

- a. Semen seng fosfat konvensional
- b. Semen seng fosfat nano

#### 4.8 Prosedur Penelitian

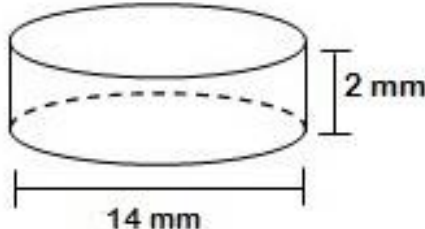
##### 4.8.1 Tahap Persiapan

##### 4.8.1.1 Persiapan dan Pemilihan Bahan

*Zinc phosphat cement* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *zinc phosphat cement* konvensional dari toko bahan kedokteran gigi dan *zinc phosphat cement* nano yang didapatkan dari LIPI menggunakan metode milling.

Cetakan sampel terbuat dari mika plastik berbentuk silindris dengan diameter 14 mm setebal 2 mm sehingga didapatkan cetakan berupa cetakan tablet.

Gambar 4.1 Bentuk dan ukuran sampel



#### 4.8.1.2 Pengelompokan Sampel

Sebanyak 18 sampel dibagi menjadi 2 kelompok yang masing-masing terdiri dari 9 sampel. Kelompok I adalah semen seng fosfat dengan komposisi *powder* berukuran konvensional. Kelompok II adalah semen seng fosfat dengan komposisi *powder* berukuran nano.

### 4.8.2 Tahap Pelaksanaan

#### 4.8.2.1 Sintesis Bubuk Nano Semen Seng Fosfat

Semen seng fosfat nano memiliki komposisi yang sama dengan semen seng fosfat konvensional. Produk semen seng fosfat didapatkan dari toko yang menyediakan bahan kedokteran gigi.

Perubahan ukuran partikel bubuk semen seng fosfat dilakukan menggunakan metode milling selama 10 menit.

Karakterisasi hasil sintesis nanopartikel semen seng fosfat dilakukan dengan menggunakan uji SEM dan XRD (Pengujian Difraktometer Sinar-X). Dari hasil uji XRD didapatkan informasi berupa komponen fasa yang terbentuk beserta ukurannya.

#### 4.8.2.2 Tahap Pelaksanaan Kelompok I

a. Dipersiapkan *glasslab* yang berisi *powder* berukuran konvensional dan *liquid* semen seng fosfat dengan perbandingan 3:3, kemudian *powder* dibagi menjadi tiga bagian. Penetesan *liquid* dengan cara membalikkan botol tegak lurus, sedangkan pengukuran *powder* menggunakan sendok ukur sediaan pabrik ukuran tiga sebanyak dua *scoop*.

- b. Dilakukan pencampuran *powder* ke dalam *liquid* sebagian demi sebagian. Pada tiap bagian dilakukan pencampuran dengan gerakan memutar menggunakan spatula semen.
- c. Dilakukan pengadukan setiap bagian sebelum dilakukan penambahan berikutnya hingga homogen, ditandai oleh tidak terputusnya semen ketika ditarik menggunakan spatula semen.
- d. Mengaplikasikan segera hasil pencampuran bubuk dan cairan pada cetakan yang sudah disiapkan. Kemudian diaplikasikan menggunakan *filling instrument plastic* pada cetakan.
- e. Setelah *setting*, membuang kelebihan semen menggunakan *stone* yang dipasang pada *handpiece*.
- f. Keluarkan hasil cetakan dan simpan.

#### 4.8.2.3 Tahap Pelaksanaan Kelompok II

- a. Dipersiapkan *glasslab* yang berisi *powder* berukuran nano dan *liquid* semen seng fosfat dengan perbandingan 3:4 (sesuai dengan penelitian pendahuluan), kemudian *powder* dibagi menjadi 3 bagian. Penetasan *liquid* dengan cara membalikkan botol tegak lurus, sedangkan pengukuran *powder* menggunakan sendok ukur sediaan pabrik ukuran tiga sebanyak dua *scoop*.
- b. Dilakukan pencampuran *powder* ke dalam *liquid* sebagian demi sebagian. Pada tiap bagian dilakukan pencampuran dengan gerakan memutar menggunakan spatula semen.
- c. Dilakukan pengadukan setiap bagian sebelum dilakukan penambahan berikutnya hingga homogen, ditandai oleh tidak terputusnya semen ketika ditarik menggunakan spatula semen.



- d. Mengaplikasikan segera hasil pencampuran bubuk dan cairan pada cetakan yang sudah disiapkan. Kemudian diaplikasikan menggunakan *filling instrument plastic* pada cetakan.
- e. Setelah *setting*, membuang kelebihan semen menggunakan *stone* yang dipasangkan pada *handpiece*.
- f. Keluarkan hasil cetakan dan simpan.

Gambar 4.2. Cetakan tablet semen seng fosfat



Gambar 4.3. Bentuk tablet semen seng fosfat hasil cetakan



#### 4.8.2.4 Penyimpanan Sampel

Sampel disimpan pada wadah dengan suhu kamar  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  dengan wadah yang tertutup rapat selama 24 jam.

#### 4.8.2.5 Pengukuran *Compressive Strength*

- a. Menghidupkan mesin dan memasang aksesoris alat, sesuai dengan sampel yang akan dianalisa memakai tekanan.
- b. Cursor ditempatkan di ZERO dan di ON kan supaya antara alat uji dan monitor computer menunjukkan angka sama pada waktu pengujian.
- c. Meletakkan sample dibawah aksesoris penekan sampel dengan aksesoris penahan sample. Menempatkan sampel tablet kelompok 1 dan 2 satu persatu pada posisi yang telah tersedia.
- d. Cursor diletakkan pada tombol berwarna merah, dan di ON kan sehingga computer secara otomatis akan mencatat gaya (N) dan jarak yang ditempuh oleh tekanan terhadap sample.
- e. Menekan tombol panah ke bawah untuk melakukan penekanan (Compression) Menggerakkan *crosshead* ke permukaan sampel dan menekan hingga sampel terbelah menjadi 2. *Fraktur* dari sampel dapat diketahui dari terbelahnya tablet semen seng fosfat.
- f. Setelah pengujian selesai tekan tombol kotak untuk berhenti dan menyimpan data
- g. Hasil pengukuran berupa grafik dapat dicatat atau langsung diprint
- h. Setelah selesai matikan komputer dan alat *compressive strength*

- i. Mencatat angka pada alat ukur pada saat terjadi *fraktur* dan menghitung kuat tekan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C_s = \frac{2P}{\pi TD}$$

Keterangan :

P = Beban maksimum yang dibebankan (N)

T = Tebal sampel (cm)

D = Diameter sampel (cm)

C<sub>s</sub> = Kekuatan tekan sampel (Mpa)

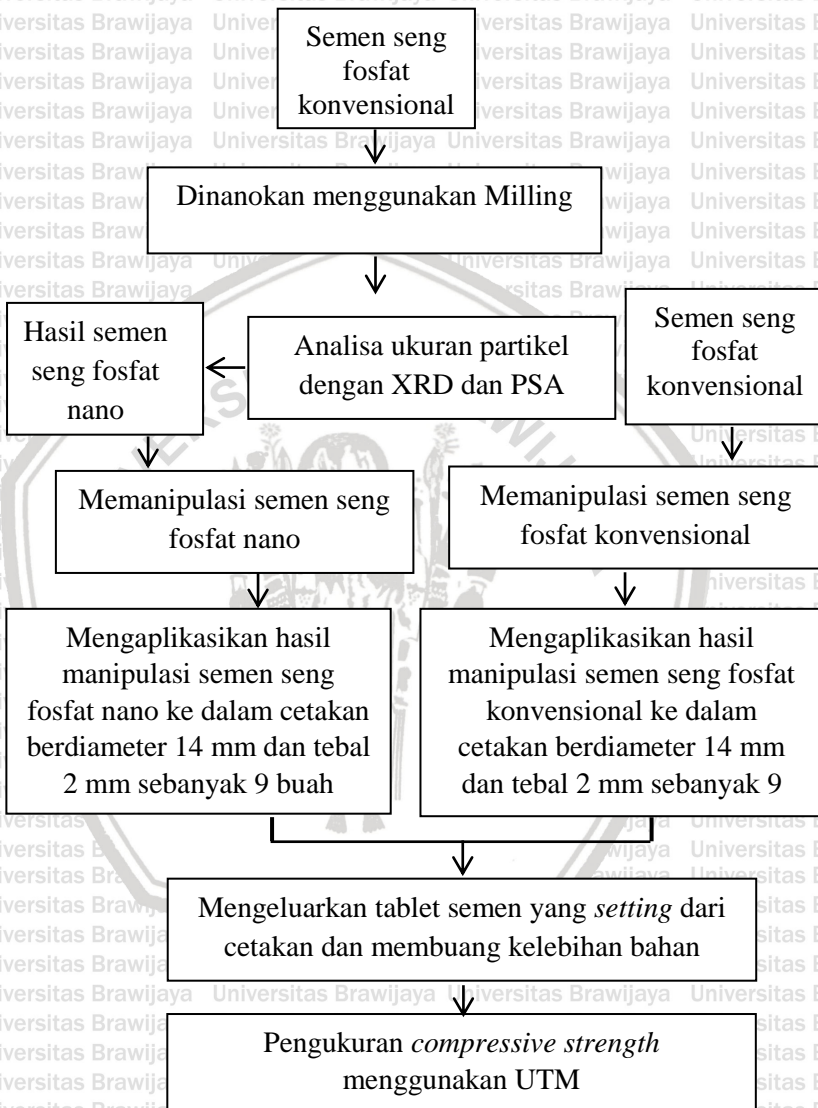
π = phi = 3,14

Gambar 4.4. Universal Testing Mechine (Digital Force Gauge)





### 4.9 Alur Penelitian



Menghitung hasil dengan rumus dan mencatat hasil perhitungan dari masing-masing kelompok sampel

Hasil

Analisa Data

#### 4.10 Analisis Data

Hasil pengukuran *compressive strength* semen seng fosfat konvensional dan semen seng fosfat nano dilakukan analisis data dengan uji normalitas dan uji homogenitas. Uji normalitas dan uji homogenitas menggunakan tes sapiro wilk dan tes levene karena merupakan metode uji normalitas yang efektif dan valid untuk sampel berjumlah kurang dari 50. Apabila data terdistribusi normal ( $p > 0,05$ ) maka digunakan uji T-Test Independen untuk melihat perbedaan *compressive strength* dari kedua jenis semen seng fosfat ini. Namun jika data tidak terdistribusi normal ( $p < 0,05$ ) maka digunakan uji Mann-Whitney (Dahlan,2014).





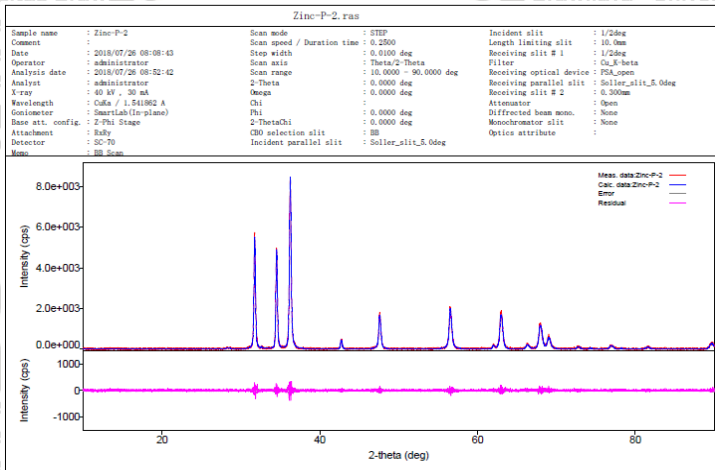
## BAB V

# HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

### 5.1 Hasil Penelitian

Karakterisasi dilakukan menggunakan XRD untuk mengidentifikasi jenis partikel dan PSA untuk melihat ukuran partikel yang menghasilkan data pada gambar 5.1 dan 5.2.

Gambar 5.1 Hasil XRD menunjukkan bahwa *peak* dari partikel tersebut sesuai dengan *peak* seng fosfat.



Gambar 5.2 Hasil PSA menunjukkan bahwa ukuran rata-rata partikel tersebut sebesar 627.6 nm.

No	Data	Repet. No	pH	Ave.Diameter(nm)	PD	Mean,(nm) D (10%)	(nm) D (50%)	(nm) D (90%)	(nm)
1	IF2018080717-3_20130110_144407_1	1	NA	1222.5	-0.324	894.0	781.2	878.7	989.6
2	IF2018080717-3_20130110_144407_2	2	NA	791.3	-0.221	625.1	530.8	613.0	709.1
3	IF2018080717-3_20130110_144407_3	3	NA	873.7	-0.322	681.5	570.7	667.7	782.8
<b>Average :</b>				962.5	-0.289	733.5	627.6	719.8	827.2



Penelitian yang dilakukan menggunakan 18 sampel yang terbagi menjadi 2 kelompok yaitu :

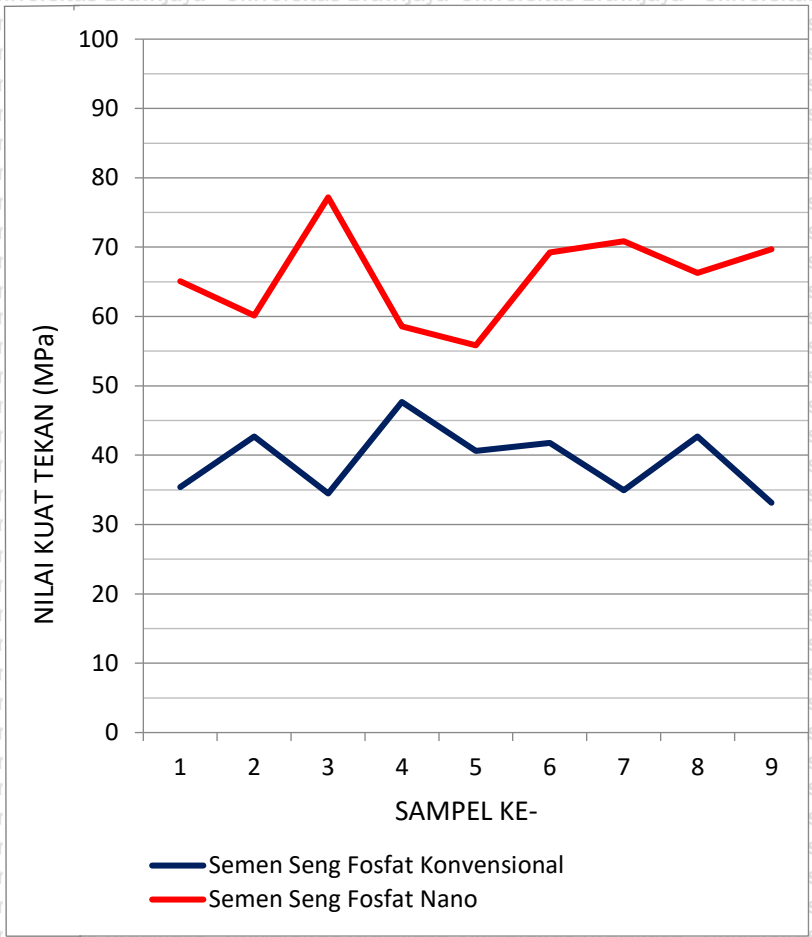
- a. Kelompok 1 : tablet semen seng fosfat konvensional
- b. Kelompok 2 : tablet semen seng fosfat nano

Tabel 5.1 Hasil penelitian *compressive strength* dari kedua kelompok.

Kelompok Sampel	Tablet semen seng fosfat konvensional	Tablet semen seng fosfat nano
1	35,41	65,06
2	32,69	60,12
3	34,50	77,18
4	47,67	58,57
5	40,63	55,84
6	41,77	69,24
7	34,96	70,85
8	42,68	66,29
9	33,14	69,69

Tabel 5.1, menunjukkan besar nilai *compressive strength* sampel 1 dan sampel 2 dalam satuan MPa. Untuk memperjelas gambaran nilai *compressive strength* dapat dilihat pada diagram garis sebagaimana tertera pada gambar 5.1.

Gambar 5.3 Hasil penelitian *compressive strength* dari kedua kelompok.



Hasil penelitian rata - rata *compressive strength* dari kedua kelompok tersebut dapat dilihat pada tabel 5.2



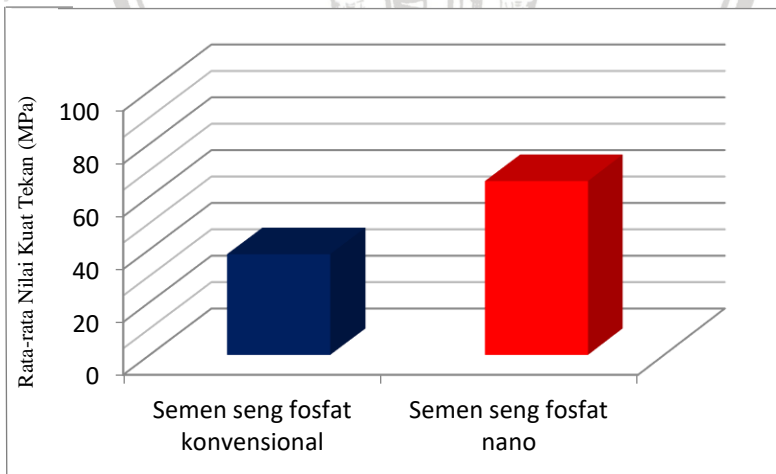


Tabel 5.2. Rata-rata *compressive strength* semen seng fosfat konvensional dan semen seng fosfat nano

Sampel (18)	Nilai <i>Compressive Strength</i> (MPa)	
	Kelompok 1 (semen seng fosfat konvensional)	Kelompok 2 (semen seng fosfat nano)
Mean	38,16	65,87

Tabel 5.2. menunjukkan bahwa besar rata-rata nilai *compressive strength* kelompok 2 lebih besar dibandingkan kelompok 1. Untuk memperjelas gambaran perbedaan *compressive strength* dapat dilihat pada diagram batang sebagaimana tertera pada gambar 5.2.

Gambar 5.4. Rata-rata *compressive strength* semen seng fosfat konvensional dan semen seng fosfat nano



## 5.2. Analisa Data

Hasil penelitian ini berupa nilai kuat tekan yang dianalisis secara statistik dengan program komputer dengan nilai signifikansi 0.05 ( $p = 0.05$ ) dan nilai kepercayaan 95% ( $\alpha = 0.05$ ) menggunakan metode T-test. Uji normalitas dengan menggunakan uji *Shapiro-Wilk* karena jumlah sampel  $< 50$  untuk mengetahui penyebaran data penelitian normal atau tidak dan uji homogenitas ragam menggunakan uji *Levene* untuk mengetahui ragam data tersebut homogen atau tidak. Jika data yang diperoleh berdistribusi normal dan data penelitian homogen maka uji statistika dapat dilanjutkan menggunakan uji T-test.

Hipotesa penelitian ditentukan sesuai dengan rumusan masalah penelitian, yaitu  $H_0$  diterima apabila nilai signifikansi ( $\text{sig.}$ )  $< 0.05$ .  $H_0$  dari penelitian ini adalah terdapat perbedaan nilai *compressive strength* antara semen seng fosfat nano dan semen seng fosfat konvensional, sedangkan  $H_1$  dari penelitian ini adalah tidak terdapat perbedaan nilai *compressive strength* antara semen seng fosfat nano dan semen seng fosfat konvensional. Analisis data tidak perlu dilakukan uji korelasi dan regresi karena hanya terdapat dua kelompok data.

### 5.2.1. Uji Normalitas Data

Uji normalitas dilakukan menggunakan uji *Shapiro-Wilk* yang berguna untuk mengetahui data penelitian berdistribusi normal atau tidak. Jumlah data pada uji *Shapiro-Wilk* adalah  $< 50$  dengan nilai signifikansi ( $p$ )  $> 0.05$  agar uji normalitas terpenuhi.

Berdasarkan uji *Shapiro-Wilk* ini didapatkan nilai signifikansi pengujian normalitas data sebesar  $0.053 > 0.05$  sehingga kesimpulan yang didapat adalah data berdistribusi normal.

### 5.2.2. Uji Homogenitas Ragam

Uji homogenitas ragam dilakukan menggunakan uji *Levene* yang berguna untuk mengelompokkan data menjadi data parametrik atau non parametrik. Data penelitian dikatakan homogen apabila nilai signifikansi hasil perhitungan  $(p) > 0.05$ . Berdasarkan uji *Levene* ini didapatkan nilai signifikansi pengujian homogenitas data sebesar  $0.567$  sehingga kesimpulan yang didapat adalah data homogen dan parametrik. Setelah data penelitian berdistribusi normal, homogen, dan data parametrik, langkah selanjutnya dilakukan uji T-test.

### 5.2.3. Uji T-test Independen

Uji T-test bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai kuat tekan antar kelompok penelitian secara keseluruhan. Uji T-test terpenuhi apabila nilai signifikansi  $(p) < 0.05$  atau  $H_0$  ditolak.

Perhitungan menggunakan uji T-test antara kelompok 1 dan kelompok 2 memiliki nilai signifikansi  $(p)$  sebesar  $0.000$  atau  $(p) < 0.05$  atau  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima sehingga kesimpulan yang didapat adalah terdapat perbedaan nilai *compressive strength* antara semen seng fosfat nano dan semen seng fosfat konvensional.

Dari hasil uji T-test didapatkan Mean Difference sebesar  $27,71$  yang menunjukkan bahwa perubahan ukuran partikel bubuk menjadi nano mampu meningkatkan kekuatan tekan sebesar  $27,71$  MPa.



### 5.3 Pembahasan

Semen seng fosfat memiliki kelemahan yaitu kekuatan tekan yang relatif rendah (Prastyo, 2012). Untuk meningkatkan kekuatan tekan dilakukan perubahan ukuran partikel menjadi lebih kecil (Meenakshi, 2012).

Hasil *milling* dilakukan karakterisasi untuk mengetahui jenis partikel menggunakan XRD. Hasil XRD menunjukkan terdapat lebih dari 3 gambaran puncak (garis biru) yang sesuai dengan puncak pada database (garis merah) yang merupakan partikel dari seng fosfat, sehingga dapat disimpulkan bahwa partikel tersebut adalah seng fosfat.

Setelah dipastikan bahwa partikel tersebut adalah seng fosfat, dilakukan karakterisasi untuk mengetahui ukuran menggunakan SEM. Hasil SEM menunjukkan ukuran partikel 627 nm yang masih belum mencapai ukuran partikel 0-300 nm, sehingga untuk mendapatkan ukuran partikel yang lebih kecil perlu diadakan penelitian lebih lanjut menggunakan metode yang mampu menghasilkan ukuran partikel yang diharapkan.

Melihat asal mula ukuran partikel semen seng fosfat konvensional sebesar 30 mikrometer diubah menjadi 627 nanometer, prosedur *Ball Milling* telah merubah ukuran partikel secara signifikan.

Perubahan ukuran partikel akan mempengaruhi nilai kuat tekan dari suatu material (Heiligtag and Niederberger, 2013). Hal tersebut dibuktikan dengan melakukan uji kuat tekan antara kedua kelompok sampel. Dari hasil uji kuat tekan didapatkan nilai rata-rata

perhitungan kedua kelompok sampel semen seng fosfat tersebut.

Besar kuat tekan dari semen seng fosfat konvensional adalah 38.16

MPa dan besar kuat tekan dari semen seng fosfat nano adalah 65.87

MPa. Perubahan ukuran partikel terbukti dapat meningkatkan nilai

kuat tekan sebesar 27.71 MPa. Hasil penelitian tersebut

menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kekuatan tekan antara

semen seng fosfat konvensional dan semen seng fosfat nano, dimana

nilai kuat tekan semen seng fosfat nano lebih besar dari semen seng

fosfat konvensional. Hasil tersebut sesuai dengan penjelasan

Heiligtag and Niederberger, 2013 serta Andrew, 2011. Bahwa

peningkatan nilai kuat tekan pada semen seng fosfat nano

dikarenakan ukuran partikel nano memiliki dimensi yang lebih kecil.

Dengan dimensi partikel yang lebih kecil, permukaan area partikel

akan menjadi lebih luas. Sehingga tingkat kepadatan suatu properti

akan meningkat. Hal tersebut mengakibatkan nilai kuat tekan dari

suatu materi juga akan meningkat (Heiligtag and Niederberger,

2013). Selain karena tingkat kepadatan suatu materi yang lebih

tinggi, peningkatan kuat tekan yang terjadi dikarenakan perubahan

sifat adhesif suatu material karena perubahan ukuran partikel yang

menjadi lebih kecil. Pada partikel berukuran nano terjadi

peningkatan kekuatan adhesif (tarik menarik) antar partikel.

Peningkatan kekuatan adhesif antar partikel pada suatu material akan

meningkatkan nilai kuat tekan dari semen seng fosfat (Andrew,

2011).





## BAB VI PENUTUP

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai perbedaan nilai *compressive strength* antara semen seng fosfat konvensional dan semen seng fosfat nano maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

- a. Rata-rata nilai *compressive strength* semen seng fosfat konvensional sebesar 38.16 MPa
- b. Rata-rata nilai *compressive strength* semen seng fosfat nano sebesar 65.87 MPa
- c. Terdapat perbedaan nilai *compressive strength* antara semen seng fosfat konvensional dan semen seng fosfat nano. Dimana nilai *compressive strength* semen seng fosfat nano lebih besar dari pada semen seng fosfat konvensional.

### 6.2 Saran

Sebagai saran dari penelitian yang sudah dilakukan agar dapat lebih dikembangkan lagi secara lebih menyeluruh di masa yang akan datang, maka diajukan beberapa saran sebagai berikut.

- a. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai pembuatan semen seng fosfat nano menggunakan metode yang lain untuk mendapatkan ukuran partikel dibawah 600 nm.
- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sifat mekanik semen seng fosfat nano yang lain.

c. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sifat-sifat semen  
seng fosfat yang lain.







## DAFTAR PUSTAKA

- Andrew, W., 2011. *Emerging Nanotechnologies in Dentistry*. 2nd Ed., St Louis, USA: Elsevier.
- Aguilar, Z., 2013. *Nanomaterials for Medical Applications*. 1<sup>st</sup> Ed., St Louis, USA: Elsevier.
- Anusavice, K.J. *Phillip's science of dental materials*, 1996, Phillips : *Buku Ajar Ilmu Bahan Kedokteran Gigi*. Budiman J.A dan Purwoko S. (penerjemah), 2003, EGC, Jakarta, Indonesia, hal. 477-480.
- Bonsor, S. J. & Pearson, J. G., 2013. *A Clinical Guide to Applied Dental Materials*. 1<sup>st</sup> Ed., USA: Elsevier, Churchill Livingstone, London, p.163-166.
- Deng S, Zhang J, Ye L. 2009. Halloysite-epoxy nanocomposites with improved particle dispersion through ball mill homogenisation and chemical treatments. *Composites Science and Technology* 69:2497-505.
- Dahlan, Muhamad Sopiudin. 2014. Statistik untuk Kedokteran dan Kesehatan. 6<sup>th</sup> Ed., Epidemiologi Indonesia, p. 2-46.
- Ernawati Jassin IY. 2014. Efektifitas Kinerja Mesin *Ball Mill* pada Formula Coklat Berdasarkan Perbandingan Suhu Dan RPM (*Rotation Per Minute*) *Jurnal Galung Tropika* 3, p.116-26
- Fadillah, D.A., Sustiwawan F., Lie, H.A., Purwanto, *Pengaruh Komposisi Nano Semen Terhadap Kuat Tekan Mortar*, 2014, 3 (4): 1031-1042.
- Ganive Pangesthi Aji HP. Pengaruh Milling Time Terhadap Pembentukan Fasa  $\gamma$ -MgAl Hasil Mechanical Alloying *JURNAL TEKNIK POMITS*. 2012, Vol. 1: 1-5.

Gladwin, M. & Bagby, M. 2009. *Clinical Aspect of Dental Materials : Theory, Practice, and Cases*. 3<sup>rd</sup> Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Hananta, J.S. 2015. *Perbedaan Compressive Strength Resin Modified Glass Ionomer Cements Encapsulated dalam Larutan Obat Kumur Beralkohol dan Non-Alkohol*. Tugas Akhir. Tidak diterbitkan, Fakultas Kedokteran Gigi Brawijaya Malang.

Hatrack, C. D. & Eakle, W. S., 2016. *Dental Materials Clinical Applications for Dental Assistants and Dental Hygienists*. Third ed. USA: Elsevier.

Heiligtag, F. J., Nierderberger M., 2013. *The fascinating world of nanoparticle research*. Mater. Today.

Homby A. S., 2016. *Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English* Oxford Univesity Press.

Zhou W, Xianming, Feng Zhou, Bo Yu, and Wemin Liu. *PEG-mediated Synthesis of Nanostructures at Room Temperature*. no 11-12.2006: 2551-2555.

Klabunde, K.J., *Nanoscale Material in Chemistry*, (John Wiley & Sons, Inc, New York, 2001), hal. 1-18.

Sanjaya, H., & Zainul, R. 2015. Characterization of napa soil and adsorption of Pb (II) from aqueous solutions using on column method.

Mandhyan, D., Mehrotra, N., and Ravikant. *A Comparative Evaluation of Compressive Strength, Tensile Strength and Bond Strength of Various Dental Materials*. *Journal of Recent Advances in Applied Sciences*, 2012, 27(23): 59-61.

Meenakshi, S.D., Rajarajan, M., Rajendran, S., Kennedy, R. dan Brindha, G. *Elixir Nanotechnology*, 2012, hal. 10618-10620.

McCabe, JF., & Walls, A. W. G., *Applied Dental Materials*, 9<sup>th</sup>, Edition, 2008, Bahan Kedokteran Gigi, Sunarintyas S.

(penerjemah), dan Mustaqimah D. N., 2014, EGC, Jakarta, Indonesia hal 389-394.

Pameijer, C. H., 2012. *A Review of Luting Agents. International Journal of Dentistry*, 2012 8 (4): 7-11.

Powers M.J., and Sakaguchi R.L., 2006. *Craig's Restorative Dental Materials*, 12<sup>th</sup> Ed., Mosby, St. Louis, Missouri, p.488-491.

Prastyo T. R., Wahyu E.R.W., Nofrizal, Wahyu D.N., Ikono R., Bambang W.W., Sukarto A., Siswanto., Rochman N.T., 2012., *Pengaruh Nanopartikel ZnO Terhadap Strukturmikro Semen Gigi Seng Fosfat*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan, Serpong hal 27-30.

Schmalz, G. & Bindslev, D. A., 2009. *Biocompatibility of Dental Materials*. 1<sup>st</sup> Ed. Leipzig: Springer.

Segarra, M. S. & Segarra, A., 2015. *A Practical Clinical Guide to Resin Cements*. 1<sup>st</sup> Ed. London: Springer.

Subramani, K. & Ahmed, W., 2012. *Emerging Nanotechnologies in Dentistry. Procces, Materials, and Application* 2<sup>nd</sup> Ed. Elsevier St Louis, US: page:16-30

Subramani, K., Ahmed, W. & Hartsfield, J. K., 2013. *Nano Biomaterials in Clinical Dentistry*. USA: Elsevier.

Talinusa, O. G., *Pengaruh Dimensi Benda Uji Terhadap Kuat Tekan Beton*, 2014. 12 (2): 344-350.

Utami, M.B., Aisyah, N., Ikhsan, F.M., 2008. *Pengukuran Compressive Strength Benda Padat*. (Abstract). FEBS Letter, 2008.381(1): 83-86.

