



**PERBEDAAN *SETTING TIME* DAN *WORKING TIME* ANTARA *ZINC PHOSPHATE CEMENT* KONVENSIONAL DAN *ZINC PHOPSHATE CEMENT NANO***

**SKRIPSI  
UNTUK MEMENUHI PERSYARATAN  
MEMPEROLEH GELAR SARJANA**

**OLEH :**

**SHEILA ANANDA PUTRI  
155070400111007**

**PROGRAM STUDI SARJANA KEDOKTERAN GIGI  
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
2018**

## HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

### PERBEDAAN *SETTING TIME* DAN *WORKING TIME* ANTARA *ZINC PHOSPHATE CEMENT* KONVENSIONAL DAN *ZINC PHOPSHATE CEMENT NANO*

Oleh :  
**SHEILA ANANDA PUTRI**  
**NIM : 155070400111007**



**Menyetujui untuk diuji:**

**Pembimbing**

**drg. Chandra Sari Kurniawati, sp.KG**  
**NIP: 2012087901162001**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**PERBEDAAN *SETTING TIME* DAN *WORKING TIME*  
ANTARA *ZINC PHOSPHATE CEMENT* KONVENSIONAL  
DAN *ZINC PHOPSHATE CEMENT* NANO**

Oleh:  
**SHEILA ANANDA PUTRI**  
NIM: 155070400111007

Telah diujikan di depan Majelis Penguji pada tanggal  
19 Desember 2018 dan dinyatakan memenuhi syarat untuk  
memperoleh gelar Sarjana dalam Bidang Kedokteran Gigi

Menyetujui untuk diuji:

Dosen Pembimbing

**drg. Chandra Sari Kurniawati, sp.KG**  
NIP: 2012087901162001

Malang,  
Mengetahui,  
Ketua Program Studi Sarjana Kedokteran Gigi  
Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya

**drg. Yuliana Ratna Kumala, Sp. KG**  
NIP. 198004092008122004

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa naskah skripsi ini adalah hasil dari pekerjaan saya dan tidak pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik. Seluruh ide, materi, dan pendapat dari sumber lain telah dikutip dalam naskah ini dan dicantumkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila dalam naskah ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh SARJANA dibatalkan, serta diproses sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku (UU No 20 tahun 2003, Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70).

Malang. 19 Desember 2018  
Yang menyatakan,

Sheila Ananda Putri  
NIM: 155070400111007

## KATA PENGANTAR

*Bismillaahirohmaanirrohiim*

Segala puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya, serta sholawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada teladan dan junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW. Penulis sangat bersyukur karena telah menyelesaikan skripsi dengan judul “Perbedaan *Setting Time* dan *Working Time* antara *Zinc Phosphate Cement* Konvensional dan *Zinc Phosphate Cement Nano*”

Dalam penyusunan dan penulisan proposal ini, tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada yang terhormat:

1. drg. R. Setyohadi, MS, selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk mengikuti pendidikan sarjana kedokteran gigi di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya.
2. drg. Chandra Sari Kurniawati.,Sp.KG selaku pembimbing yang dengan sabar membimbing, memberikan pencerahan, dan senantiasa meluangkan waktunya, sehingga saya dapat menyelesaikan proposal ini.
3. Dr.drg.M.Chair Effendi, SU.,Sp.KGA selaku dosen penguji 1 dan drg. Lalita El Milla., M.Si selaku dosen penguji 2 yang

- dengan sabar membimbing, memberikan pencerahan, dan senantiasa meluangkan waktunya, sehingga saya dapat menyelesaikan proposal ini.
4. drg. Diena Fuadiyah, M.Si, dan seluruh staf Tim Skripsi FKG UB yang telah mengerahkan waktunya dan perhatiannya untuk setiap mahasiswa sehingga kami dapat menyelesaikan proposal dengan lancar.
  5. Kedua orang tua, Ibu dan Bapak tercinta yang paling berperan dalam penyusunan proposal ini dengan selalu memberikan doa, mencurahkan seluruh kasih sayang dan dukungannya dalam bentuk apapun.
  6. Sahabat-sahabat tercinta Haniah, Lira, Andira, Vira, Marshaila, Linda, dan Delany yang selalu memberikan semangat dan memberikan bantuannya setiap saat.
  7. Seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan proposal ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Demi perbaikan selanjutnya, mohon saran dan kritik yang membangun. Semoga dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan dapat menambah wawasan bagi pembaca di bidang ilmu kedokteran gigi.

Malang, 19 Desember 2018

Penulis

## ABSTRAK

Putri, Sheila A. 155070400111007. Program Studi Pendidikan Dokter Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya Malang. 23 November 2018, “**Perbedaan *Setting time* dan *Working Time Zinc Phosphate Cement Konvensional* dan *Zinc Phosphate Cement Nano*””. Pembimbing: drg. Chandra Sari Kurniawati, sp.KG**

*Zinc phosphate cement* adalah bahan semen yang memiliki sifat keasaman yang tinggi, sehingga dapat membuat jaringan pulpa teriritasi. *Zinc phosphate cement nano* memiliki *setting time* yang lebih cepat dari *zinc phosphate cement konvensional* sehingga menyebabkan reaksi eksotermis atau reaksi panas yang dikeluarkan saat manipulasi menjadi semakin cepat. *Setting time* yang cepat, akan diikuti oleh *working time* yang cepat pula. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan *setting time* dan *working time* antara *zinc phosphate cement konvensional* dengan *zinc phosphate cement nano*. Penelitian ini terdiri dari 20 sampel *zinc phosphate cement* yang dibagi menjadi 4 kelompok. Kelompok I merupakan 1 scoop (0,318 gr) *zinc phosphate cement konvensional* dengan 3 tetes *liquid*, kelompok II merupakan 1 scoop (0,386 gr) *zinc phosphate cement nano* dengan 4 tetes *liquid*, kelompok III merupakan 1 scoop (0,386 gr) *zinc phosphate cement nano* dengan 3 tetes *liquid*, sedangkan untuk kelompok IV merupakan 1 scoop (0,386 gr) *zinc phosphate cement nano* dengan 2 tetes *liquid*. Setiap sampel dilakukan pengadukan dengan gerakan melingkar dari *powder* ke *liquid*. Perhitungan *working time* dan *setting time* dilakukan menggunakan *stopwatch* dengan skala detik. Hasil uji one way anova dan uji korelasi-regresi menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara *setting time zinc phosphate cement konvensional* dan *zinc phosphate cement nano*, tetapi terdapat perbedaan yang tidak signifikan antara *working time zinc phosphate cement konvensional* dan *zinc phosphate cement nano*.

Kata kunci: *Setting time, working time, zinc phosphate cement*

## ABSTRACT

Putri, Sheila A. 155070400111007. Study Program Bachelor of Dentistry, Dentistry Faculty of Brawijaya University, Malang. November 23rd, 2018, **“The Difference of *Setting time* and *Working Time* between Conventional Zinc Phosphate Cement and Nano Zinc Phosphate Cement”**. Supervisor: drg. Chandra Sari Kurniawati, sp.KG

Zinc phosphate cement is cement that has a high acidity, so it can irritate the pulp. The setting time of zinc phosphate cement nano is faster than conventional zinc phosphate cement, so it will cause the exothermic reaction or the heat reaction that is produced during manipulation become faster. The faster setting time will be followed by faster working time too. The aim of this study was to evaluate the difference of setting time and working time between conventional zinc phosphate cement and nano zinc phosphate cement. This study consist of 20 samples of zinc phosphate cement that divided into 4 groups. Group I was 1 scoop (0,318 gr) of convensional zinc phosphate cement with 3 drops of liquid, group II was 1 scoop (0,386 gr) of nano zinc phosphate cement with 4 drops of liquid. Group III was 1 scoop (0,386 gr) of nano zinc phosphate cement with 3 drops of liquid, and group IV was 1 scoop (0,386 gr) of nano zinc phosphate cement with 2 drops of liquid. Each sample is manipulated in circular motion from powder to liquid. Setting time and working time were measured by stopwatch in second scale. One way anova and correlation-regression result showed that there was a significant difference of setting time between convensional zinc phosphate cement and nano zinc phosphate cement, but there was no signifcant different of working time between convensional zinc phosphate cement and nano zinc phosphate cement.

*Keywords: Setting time, working time, zinc phosphate cement*



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
<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.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.4.1 Manfaat Akademis.....	5
1.4.2 Manfaat Praktis.....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 <i>Zinc Phosphate Cement</i> .....	6
2.1.1 Komposisi.....	7
2.1.2 Manipulasi.....	8
2.1.3 Sifat-sifat.....	12
2.1.4 Kelebihan dan Kekurangan.....	15
2.2 Nanoteknologi dan Nanomaterial.....	16
2.2.1 Nanoteknologi.....	16
2.2.2 Nanomaterial.....	17
2.2.3 Pembuatan Nanomaterial.....	18
2.2.4 Sifat Nanomaterial.....	20
2.3 <i>Working Time</i> dan <i>Setting Time</i> .....	22
<b>III KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN.....</b>	<b>27</b>
3.1 Kerangka Konsep.....	27
3.2 Hipotesis.....	29

IV	METODE PENELITIAN.....	30
4.1	Rancangan Penelitian.....	30
4.2	Sampel Penelitian.....	30
4.3	Besar Sampel.....	30
4.4	Variabel Penelitian.....	31
4.4.1	Variabel Tidak Terikat.....	31
4.4.2	Variabel Terikat.....	31
4.5	Definisi Operasional.....	31
4.6	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	32
4.7	Alat dan Bahan.....	32
4.7.1	Alat Penelitian.....	32
4.7.2	Bahan Penelitian.....	32
4.8	Prosedur Penelitian.....	33
4.8.1	Persiapan dan Pemilihan Bahan.....	33
4.8.2	Pengelompokan Sampel.....	33
4.8.3	Tahap Pelaksanaan.....	33
4.8.4	Alur Penelitian.....	37
4.9	Analisis Data.....	39
<b>BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>		
5.1	Hasil Penelitian.....	40
5.2	Analisa Data.....	44
5.2.1	Analisa Data <i>Setting Time</i> Kelompok I, II, III, dan IV.....	45
5.2.2	Analisa Data <i>Working Time</i> Kelompok I, II, III, dan IV.....	48
5.2.3	Analisa Data <i>Setting Time</i> Kelompok I dan III.....	51
5.2.4	Analisa Data <i>Working Time</i> Kelompok I dan III.....	52
5.3	Pembahasan.....	54
<b>BAB VI PENUTUP</b>		
6.1	Kesimpulan.....	60
6.2	Saran.....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>62</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>64</b>
Lampiran 1: Dokumentasi Penelitian dan Pengamatan.....		64
Lampiran 2: Hasil Uji Statistika.....		68
Lampiran 3: Hasil PSA (Particle Size Analyzer).....		75



## DAFTAR GAMBAR

2.1	Botol dalam Posisi Vertikal dan Bubuk di Bagi Beberapa Bagian.....	9
2.2	Penambahan Bubuk ke dalam Campuran dengan Menggunakan Spatula dengan Gerakan Memutar.....	10
2.3	Bubuk di Aduk dalam Area Seluas Mungkin hingga Homogen.....	11
2.4	Konsistensi Luting “1 inch String” saat Spatula di Tarik ke Atas.....	12
2.5	Konsistensi Basis, dapat di gulung membentuk bola dan tidak lengket.....	12
2.6	Perbandingan ukuran mikro dan nanopartikel.....	18
2.7	Pendekatan Sintesis Nanopartikel, yaitu Top Down dan Bottom Up.....	19
2.8	Reaksi Setting <i>Zinc Phosphate Cement</i> .....	23
2.9	Hilangnya Air dari Cairan Semen Ketika Berkontak dengan Udara.....	25
5.1	Hasil Data <i>Setting Time</i> .....	43
5.2	Hasil Data <i>Working Time</i> .....	43



## DAFTAR TABEL

2.1	Komposisi Zinc Phosphate Cement.....	8
2.2	Efek dari Variabel yang di Manipulasi pada Sifat Semen Seng Fosfat.....	15
5.1	Hasil Data Setting Time.....	41
5.2	Hasil Data Working Time.....	41



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Salah satu tindakan seorang dokter gigi terhadap pasien adalah melakukan restorasi pada kavitas gigi. Terdapat berbagai macam bahan semen yang digunakan dokter gigi, salah satunya yaitu *zinc phosphate cement*. *Zinc phosphate cement* adalah salah satu semen yang paling lama digunakan dan sering dipakai dalam bidang kedokteran gigi. Semen tersebut memiliki beberapa kelebihan yaitu dapat menahan trauma mekanis dan mudah dalam manipulasinya. Tetapi, keasaman *zinc phosphate cement* yang tinggi, dapat membuat jaringan pulpa teriritasi khususnya pada kavitas yang dalam (Deynilisa, 2015).

Pada abad ke 21, perkembangan nano teknologi, yaitu nano material telah berkembang dengan pesat. Nano material adalah partikel yang berukuran sangat kecil dengan ukuran 1 – 100 nm (Priest, 2012). Nanomaterial memiliki paling tidak 1 dimensi pada skala nanometer, yaitu 1 nanometer sama dengan  $1 \times 10^{-9}$  m (Aguilar, 2013). Nanomaterial bukan hanya mengacu pada material yang berukuran nano, tetapi merupakan perkembangan dari material baru dimana struktur berskala nano yang dikontrol tersebut mempunyai efek yang dominan pada aplikasi yang diinginkan (Ramesh, 2009).



Menurut Deynilisa (2015), *Zinc phosphate cement* memiliki film semen yang paling tipis dengan ketebalan minimal 10 mikrometer. Semakin kecil ukuran partikel *zinc phosphate cement*, semakin cepat pula *setting timenya* (Anusavice, 2003). Semakin kecil ukuran partikel nya, maka luas permukaan bahan tersebut akan semakin besar. Luas permukaan yang semakin besar akan menyebabkan semakin banyaknya permukaan bahan yang mengalami reaksi sehingga terjadinya reaksi akan semakin cepat. Semen yang telah mengalami *setting time* sebesar 100% akan menunjukkan tingkat toksisitas yang hampir tidak ada (Schmalz & Bindsvlev, 2009).

Rasio *powder* dan *liquid zinc phosphate cement* yang semakin bertambah, akan mempercepat terbentuknya matriks fosfat sehingga *reaksi setting time* akan semakin cepat (Schmalz & Bindsvlev, 2009). Maka dari itu, pengurangan jumlah tetes *liquid zinc phosphate cement* akan menyebabkan *setting time* yang semakin cepat dan berkurangnya *liquid* yang digunakan sehingga akan mengurangi efek iritasi terhadap pulpa. *Setting time* yang semakin cepat akan menyebabkan reaksi eksotermis atau reaksi panas yang dikeluarkan saat manipulasi menjadi semakin cepat pula sehingga tingkat toksisitas akan berkurang. *Setting time* yang cepat, akan diikuti oleh *working time* yang cepat pula.

*Zinc phosphate cement* memiliki reaksi eksotermis yang paling banyak daripada reaksi eksotermis pada semen yang lain sehingga lebih mudah menyebabkan iritasi terhadap pulpa (Bonsor dan Pearson, 2013). Dengan merubahnya menjadi berukuran nano yaitu 1-100 nm, diharapkan dapat mengurangi potensi semen tersebut

terhadap iritasi pulpa, dan akan memperbaiki sifat-sifat *zinc phosphate cement* yang lain.

## 1.2 Rumusan Masalah

- a. Apakah terdapat perbedaan *setting time* antara *zinc phosphate cement* konvensional dengan *zinc phosphate cement nano*?
- b. Apakah terdapat perbedaan *working time* antara *zinc phosphate cement* konvensional dengan *zinc phosphate cement nano*?
- c. Apakah terdapat perbedaan *setting time* antara *zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement nano* dengan penurunan jumlah tetes liquid?
- d. Apakah terdapat perbedaan *working time* antara *zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement nano* dengan penurunan jumlah tetes liquid?

## 1.3 Tujuan Penelitian

### 1.3.1 Tujuan Umum

- a. Untuk mengetahui perbedaan *setting time* antara *zinc phosphate cement* konvensional dengan *zinc phosphate cement nano*.
- b. Untuk mengetahui perbedaan *working time* antara *zinc phosphate cement* konvensional dengan *zinc phosphate cement nano*.
- c. Untuk mengetahui perbedaan *setting time* antara *zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement nano* dengan penurunan jumlah tetes liquid.

- d. Untuk mengetahui perbedaan *working time* antara *zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement nano* dengan penurunan jumlah tetes liquid.

### 1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Menguji *setting time zinc phosphate cement nano*.
- b. Menguji *working time zinc phosphate cement nano*.
- c. Menganalisis perbedaan *setting time zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement nano*.
- d. Menganalisis perbedaan *working time zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement nano*.
- e. Menganalisis perbedaan *setting time* antara *zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement nano* dengan penurunan jumlah tetes liquid.
- f. Menganalisis perbedaan *working time* antara *zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement nano* dengan penurunan jumlah tetes liquid.

## 1.4 Manfaat Penelitian

### 1.4.1 Manfaat Akademis

Hasil penelitian ini secara akademis diharapkan dapat memperkaya wawasan/ilmu pengetahuan di bidang ilmu material kedokteran gigi, terutama mengenai *zinc phosphate cement nano*.

### 1.4.2 Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini secara praktis diharapkan dapat menambah wawasan tentang kelebihan penggunaan nano *zinc phosphate cement* pada bidang kedokteran gigi.





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Zinc Phosphate Cement*

*Zinc Phosphate Cement* adalah salah satu semen yang paling lama digunakan dan sering dipakai dalam bidang kedokteran gigi. Namun, belakangan ini semen tersebut jarang digunakan karena sifatnya yang asam ketika dimasukkan ke dalam kavitas. Semen ini terdiri dari bubuk dan cairan yang dimanipulasi di atas *glassplate* dengan menggunakan spatula semen. Penggunaan semen ini adalah sebagai bahan luting / perekat, sebagai basis bahan restorasi, dan sebagai tumpatan sementara. Konsistensi *zinc phosphate cement* sebagai luting adalah konsistensi campuran yang lebih encer daripada sebagai basis karena rasio bubuk dan cairan yang digunakan lebih rendah agar didapatkan sifat mengalir semen (McCabe dan Walls, 2014). Konsistensi bahan tersebut sebagai luting adalah ketika semen menggantung pada spatula yang dibalikkan atau ketika tidak putus saat semen ditarik dari *glasslab* pada spatula semen (Gopikrishna, 2015). Konsistensi *zinc phosphate cement* sebagai basis adalah hingga semen dapat di gulung seperti bola dan tidak lengket (Garg & Garg, 2011).

Kandungan utama bubuk *zinc phosphate cement* adalah *zinc oxide* dan *magnesium oxide*. Sedangkan untuk cairannya, sebagian besar mengandung asam fosfat (McCabe dan Walls, 2014). Bubuk dan cairan tersebut akan menimbulkan reaksi eksotermis atau reaksi panas

ketika mulai dimanipulasi. Semen tersebut mempunyai pH yang rendah, yaitu 4,5, tetapi keasaman *zinc phosphate cement* akan kembali netral dalam waktu 48 jam (Powers dan Wataha, 2017).

### 2.1.1 Komposisi

*Zinc phosphate cement* tersedia dalam dua bentuk, yaitu bubuk (*powder*) dan cairan (*liquid*). Bubuk semen ini mengandung zat utama yaitu *zinc oxide* dengan konsentrasi sebesar 90,3% sebagai komponen aktif, sedangkan sisanya yaitu oksida magnesium sebesar 8,2 % dan berbagai macam zat lainnya (Deynilisa, 2015). Cairan dari semen ini terutama mengandung asam fosfat sebanyak 54,4 % (McCabe dan Walls, 2014). Asam fosfat tersebut mempengaruhi kecepatan reaksi cairan bubuk (McCabe dan Walls, 2014). Aluminium pada cairan *zinc phosphate cement* memiliki peran utama dalam reaksi pembentukan semen (Schmalz & Bindslev, 2009).

Tabel 2.1 Komposisi Zinc Phosphate Cement

	Persentase Berat	
	Range	Typical
<b><i>Powder</i></b>		
ZnO	75-100	90,3
MgO	0-13	8,2
SiO <sub>2</sub>	0-5	0,1
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0-5	0,1
BaO <sub>1</sub> Ba <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> CaO	0-3	0,1
<b><i>Liquid</i></b>		
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (bebas asam)	38-59	38,2
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (dengan penambahan Al dan Zn)	10-19	16,2
Al	2-3	2,5
Zn	0-10	7,1
H <sub>2</sub> O	28-38	36,0

Sumber: Schmalz & Bindslev, 2009

### 2.1.2 Manipulasi

- a. Rasio bubuk dan cairan *zinc phosphate cement* menggunakan rasio yang ada di petunjuk pemakaian. Tidak perlu menggunakan alat ukur untuk mengambil bubuk dan cairan, karena sudah tersedia sendok ukur dari pabrik pembuatnya. Walaupun demikian, dianjurkan menggunakan jumlah bubuk yang maksimal sehingga dapat menambah kekuatan dan meminimalkan daya larutnya (Baum, dkk., 2014). Botol bubuk di kocok terlebih dahulu untuk

membebaskan partikel bubuk secara merata, lalu ditakar sesuai dengan sendok ukur yang tersedia. Bubuk semen yang telah berada di atas *glasslab* dibagi menjadi 4 hingga 6 bagian, tergantung petunjuk pabrik dari produknya. Botol cairan juga di putar sebelum ditetaskan (Powers dan Wataha, 2017). Cara mengeluarkan cairan yaitu dengan posisi tegak lurus terhadap *glasslab* dengan jarak yang dekat dengan *glasslab*. Cairan ditetaskan ketika akan dilakukan manipulasi dan tidak ditetaskan terlalu awal karena penguapan cairan akan menyebabkan perubahan rasio air-asam sehingga akan menyebabkan pH semakin turun dan viskositas semen akan bertambah (Garg & Garg, 2011).

Gambar 2.1 Botol dalam Posisi Vertikal dan Bubuk di Bagi Beberapa Bagian



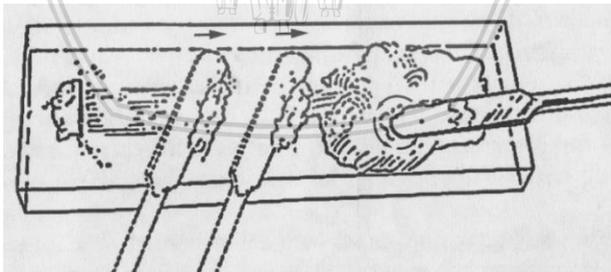
Sumber: Garg & Garg, 2011

- b. Pencampuran bubuk dan cairan *zinc phosphate cement* dilakukan di atas *glassplate* menggunakan spatula semen. Pencampuran sebaiknya dilakukan di atas *glassplate* yang didinginkan, tetapi tidak didinginkan dibawah titik beku karena akan menghasilkan uap air yang akan mempengaruhi sifat-sifat bahan nantinya (McCabe dan Walls, 2014). *Glassplate* didinginkan pada suhu 21°C dan dikeringkan, karena sisa air pada *glassplate* akan

menjadikan sifat yang merusak (Powers dan Wataha, 2017). *Glassplate* yang dingin dimaksudkan agar dapat meresap panas yang dikeluarkan dari reaksi pengadukan bubuk dan cairan *zinc phosphate cement*. Reaksi panas tersebut merupakan reaksi eksotermis yang keluar pada saat bubuk dan cairan dimanipulasi. Reaksi eksotermis pada *zinc phosphate cement* merupakan reaksi eksotermis yang paling banyak daripada semen yang lain sehingga lebih mudah menyebabkan iritasi terhadap pulpa (Bonsor dan Pearson, 2013).

- c. Pencampuran sebaiknya dilakukan dengan menambahkan bubuk sedikit demi sedikit ke cairan sehingga panas yang dihasilkan akan berkurang dan waktu kerja akan semakin bertambah, begitu juga dengan waktu pengerasannya (Anusavice, et al., 2013).

Gambar 2.2 Penambahan Bubuk ke dalam Campuran dengan Menggunakan Spatula dengan Gerakan Memutar



Sumber: Deynilisa, 2005

- d. Pengadukan dilakukan dengan cara memutar dengan luas permukaan seluas mungkin dalam waktu yang cepat untuk mengurangi reaksi eksotermis yang dihasilkan semen. Pengadukan dilakukan setiap penambahan bubuk dalam waktu 15 detik

sebelum penambahan bubuk selanjutnya, hingga bubuk pada *glassplate* telah habis. Waktu pengadukan biasanya selesai dalam 60-120 detik, tergantung produk (Powers & Wataha, 2017).

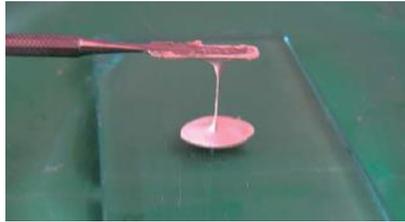
Gambar 2.3 Bubuk di Aduk dalam Area Seluas Mungkin hingga Homogen



Sumber: Deynilisa, 2005

- e. Konsistensi semen untuk luting adalah “1 inch string”, yang terbentuk ketika spatula ditarik ke atas. Hal tersebut dapat dinilai menggunakan spatula semen dengan cara menarik semen secara perlahan sehingga terlihat semen yang tidak putus, dengan panjang 12 hingga 19 mm. Jika panjang semen ketika diangkat pada spatula melebihi 19 mm, maka semen terlalu kental (Anusavice, et al., 2013). Konsistensi semen sebagai basis yaitu dapat digulung menjadi bola dan tidak lengket (Garg & Garg, 2011). Pengecekan konsistensi dilakukan setiap penambahan bubuk ke cairan. Cara pengadukan yang tepat akan menghasilkan ketebalan lapisan semen kurang dari 25  $\mu\text{m}$  seperti yang disyaratkan oleh ISO (McCabe dan Walls, 2014).

Gambar 2.4 Konsistensi Luting “1 inch String” saat Spatula di Tarik ke Atas (Garg & Garg, 2011).



Sumber: Garg & Garg, 2011

Gambar 2.5 Konsistensi Basis, dapat di gulung membentuk bola dan tidak lengket



Sumber: Garg & Garg, 2011

### 2.1.3 Sifat-sifat

#### 2.1.3.1 Sifat Mekanis

*Zinc phosphate cement* memiliki kekuatan tarik garis tengah atau *tensile strength* sebesar 5,5 Mpa (Baum, dkk., 2014). Kekuatan tekan tersebut mampu menahan protesa dan bahan restorasi di atasnya yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi. *Zinc phosphate cement* memiliki modulus elastisitas yang baik, yaitu sebesar 13 GPa (Baum, dkk., 2014). Kekuatan kompresi *zinc phosphate cement* adalah sekitar 80 – 110 MPa (Schmalz & Bindslev, 2009). Semen ini dapat menahan trauma mekanis sehingga cocok untuk digunakan sebagai bahan luting

dan basis karena kekuatan kompresi dan modulus elastisitas *zinc phosphate cement* cukup baik.

Kekuatan *zinc phosphate cement* mencapai  $\frac{3}{4}$  dari kekuatan finalnya dalam waktu 1 jam. Sifat mekanik *zinc phosphate cement* juga dipengaruhi oleh rasio bubuk dan cairan. Semakin banyak bubuk yang digunakan, maka semakin bertambah sifat mekanik semen tersebut (Bonsor dan Pearson, 2013). Rasio bubuk dan cairan yang rendah akan menghasilkan sifat mekanik yang rendah pula.

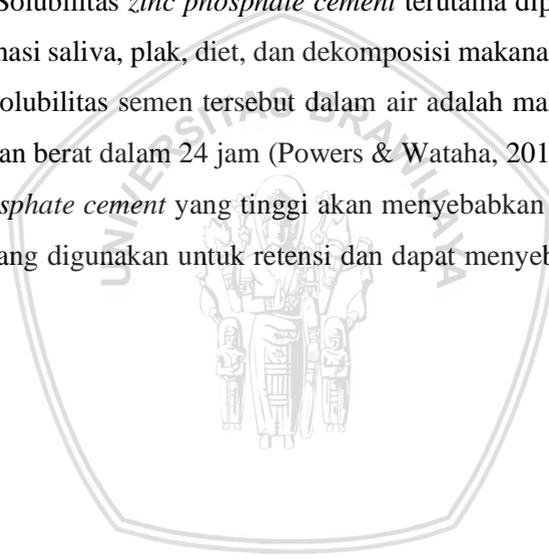
### 2.1.3.2 Sifat Biologi

Sifat keasaman *zinc phosphate cement* sangat tinggi dengan adanya asam fosfat pada cairannya sehingga semen ini sangat iritasi terhadap pulpa. Semakin banyak cairan yang digunakan, sifat dari *zinc phosphate cement* juga akan semakin mengiritasi (Bonsor dan Pearson, 2013). *Zinc phosphate cement* sebagai bahan luting memiliki tingkat keasaman yang lebih tinggi daripada *zinc phosphate cement* sebagai basis karena kandungan cairannya yang lebih banyak.

Tingkat pH semen menunjukkan angka 2 dalam 2 menit setelah manipulasi, dan akan meningkat menjadi 5,5 setelah 24 jam (Schmalz & Bindslev, 2009). Maka dari itu, serangan pada pulpa biasanya terjadi pada jam-jam awal setelah pengaplikasian semen ke dalam kavitas (Baum, dkk., 2014). Asam fosfat dalam semen tersebut dapat menembus dentin dengan ketebalan 1,5 mm sehingga jika kavitas yang dalam tidak dilindungi oleh bahan pelapik, maka asam akan mengalir melalui tubulus dentin ke pulpa (Baum, dkk., 2014).

Jika asam fosfat telah mengenai pulpa, maka akan mengakibatkan inflamasi pulpa ataupun kematian pulpa (Bonsor dan Pearson, 2013). Sifat keasaman dan toksisitas *zinc phosphate cement* bergantung terhadap *setting time*. Semen tersebut mengiritasi pada fase awal, tetapi menjadi hampir tidak mengiritasi setelah *setting* pada 100% kelembapan udara (Schmalz & Bindslev, 2009).

Solubilitas *zinc phosphate cement* terutama dipengaruhi oleh kontaminasi saliva, plak, diet, dan dekomposisi makanan pada rongga mulut. Solubilitas semen tersebut dalam air adalah maksimum 0,2% kehilangan berat dalam 24 jam (Powers & Wataha, 2017). Solubilitas *zinc phosphate cement* yang tinggi akan menyebabkan berkurangnya semen yang digunakan untuk retensi dan dapat menyebabkan retensi plak.



Tabel 2.2 Efek dari Variable yang Di Manipulasi pada Sifat Semen Seng Fosfat

Variabel yang di Manipulasi	Kekuatan Kompresive	Ketebalan Film	Solubilitas Awal	Keasaman	Setting Time
Rasio B/C ↓	Berkurang	Berkurang	Bertambah	Bertambah	Melambat
Kecepatan penambahan bubuk ↑	Berkurang	Bertambah	Bertambah	Bertambah	Lebih cepat
Suhu ↑	Berkurang	Bertambah	Bertambah	Bertambah	Lebih cepat
Kontaminasi air	Berkurang	Bertambah	Bertambah	Bertambah	Lebih cepat

Sumber: Powers dan Wataha, 2017

## 2.1.4 Kelebihan dan Kekurangan

### 2.1.4.1 Kelebihan

1. *Zinc phosphate cement* mudah dimanipulasi jika rasio bubuk dan cairan tepat.
2. Sifat mekanik *zinc phosphate cement* cukup baik. Hal tersebut dapat dilihat dari kekuatan kompresi dan modulus elastisitas yang cukup baik sehingga semen ini dapat menahan trauma mekanis dari bahan tumpatan di atasnya dan dari protesa yang memiliki kekuatan tekan yang besar.
3. *Zinc phosphate cement* saling mengunci pada kekasaran permukaan gigi (undercut), walaupun tidak adhesif pada email dan dentin. Semen ini membentuk tag diantara micro-irregularitis dari gigi dan bahan restorasi. *Zinc phosphate cement* mengalir pada undercut permukaan restorasi dan permukaan gigi (McCabe dan Walls, 2014).

4. *Setting time* dan *working time* dapat dikontrol. Memperlambat *setting time* dapat dilakukan dengan cara mengurangi rasio bubuk cairan dan menurunkan suhu pada *glassplate*. Adanya kontaminasi air akan mempercepat *setting time*.

#### 2.1.4.2 Kekurangan

1. Semen ini tidak memiliki sifat adhesif terhadap email dan dentin, sehingga kavitas harus memiliki desain retensi yang baik pada saat preparasi. Desain retensi yang baik menyebabkan semen menjadi sukar dilepaskan dari jaringan gigi karena saling mengunci dengan undercut pada gigi.
2. Nilai pH *zinc phosphate cement* rendah sehingga keasamannya tinggi. Hal ini disebabkan karena asam fosfat yang dapat mengiritasi pulpa.
3. Semen ini mempunyai sifat yang mudah pecah karena kekuatan tensile atau kekuatan tariknya lebih rendah dari kekuatan kompresinya.
4. Efek anti bakteri *zinc phosphate cement* sangat kecil.
5. Mudah larut dalam cairan mulut, sehingga harus dijaga dari kontaminasi saliva sebelum semen mengeras.

## 2.2 Nanoteknologi dan Nanomaterial

### 2.2.1 Nanoteknologi

Tanpa disadari, manusia telah menggunakan nano teknologi dalam waktu yang sangat lama. Hal tersebut dapat dibuktikan dari proses pembuatan besi, meruncingkan pisau cukur, dll. Istilah “Nanoteknologi” diciptakan oleh Prof Eric Drexler, seorang dosen dan

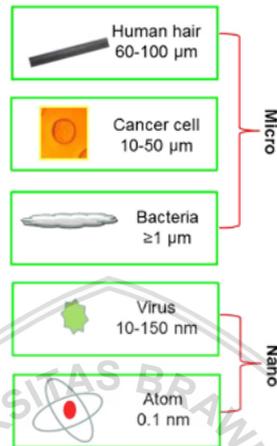
ilmuan nanoteknologi. Nanoteknologi adalah produksi bahan dan struktur fungsional dalam skala nano dengan menggunakan berbagai metode fisika dan kimia (Subramani dan Ahmed, 2011).

Pada abad ke 21, nanoteknologi bertujuan untuk menemukan, mendeskripsikan, dan memanipulasi suatu bahan dalam skala nano yang digunakan untuk mengembangkan kemampuan baru dengan potensi aplikasi pada berbagai bidang, seperti bidang ilmiah, teknik, teknologi, dan kedokteran (Aguilar, 2013). Nanoteknologi adalah pemahaman dan kontrol materi yang berdimensi antara 1 – 100 nanometer (Priest, 2012). Beberapa tahun belakangan ini, nanomaterial dalam kedokteran gigi telah berkembang cukup pesat. Perkembangan nanomaterial dalam kedokteran gigi telah membuat perawatan gigi menjadi lebih aman, cepat, hanya sedikit rasa sakit, dan dapat dipercaya (Subramani dan Ahmed, 2011).

### **2.2.2 Nanomaterial**

Perkembangan nanoteknologi tidak dapat dipisahkan dari penelitian tentang nanomaterial dan nanopartikel. Nanomaterial adalah material dengan dimensi berukuran 100 nm atau kurang (Ramesh, 2009). Nanomaterial memiliki paling tidak 1 dimensi pada skala nanometer, yaitu 1 nanometer sama dengan  $1 \times 10^{-9}$  m (Aguilar, 2013). Dewasa ini, nanomaterial bukan hanya mengacu pada material yang berukuran nano, tetapi merupakan perkembangan dari material baru dimana struktur berskala nano yang dikontrol tersebut mempunyai efek yang dominan pada aplikasi yang diinginkan.

Gambar 2.6 Perbandingan Ukuran Mikro dan Nanopartikel



Sumber: Aguilar, 2013

### 2.2.3 Pembuatan Nanomaterial

Nanomaterial hadir dengan komposisi yang berbeda, ukuran yang berbeda, bentuk yang berbeda, dan sifat intrinsik yang berbeda. Hal tersebut membuat nanomaterial menjadi unik, dan perbedaan fungsi tiap grupnya membuatnya menjadi lebih serba guna. Secara garis besar, pembuatan nano dibagi menjadi 2 pendekatan, yaitu *top down* dan *bottom up*.

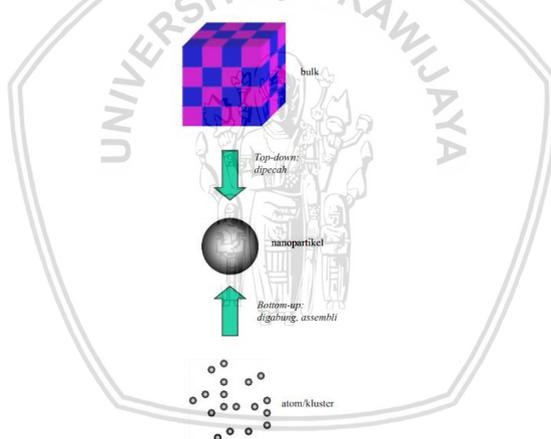
#### 1. *Top down*

Pembuatan nanomaterial dengan cara memisahkan molekul dalam jumlah besar menjadi berukuran nano (Ramesh, 2009). Contoh proses *top down* adalah penggilingan, permesinan, dan litografi (Khurshid, et al., 2015).

## 2. *Bottom up*

*Bottom up* merupakan cara pembuatan nanomaterial dari skala yang lebih halus, yaitu level atom dan level molekul yang diubah menjadi ukuran nano (Subramani dan Ahmed, 2011). Metode ini difokuskan pada perakitan material, objek, atau perangkat dari komponen individual.

Gambar 2.7 Pendekatan Sintesis Nanopartikel, yaitu *Top Down* dan *Bottom Up*



Sumber: Abdullah, dkk., 2008

Pengolahan pendekatan ini didasarkan pada sintesis kimia dan pertumbuhan bahan yang sangat teratur. Sebuah molekul dapat membungkus dirinya sendiri berdasarkan sifat kimia dan fisik dan membentuk bentukan 2 dimensi atau 3 dimensi. Alat yang telah dipakai untuk membangun atom menjadi berukuran nano adalah *Scanning Tunneling Microscope (STM)* (Subramani dan Ahmed, 2011).

### 2.2.3.1 Sintetis melalui Proses Sol-Gel

Proses sol-gel merupakan proses pembuatan nanomaterial dengan memproduksi senyawa anorganik melalui reaksi kimia dari suspensi sol menjadi gel (Subramani dan Ahmed, 2011). Tahap awal dari metode ini yaitu prekursor mengalami hidrolisis dan reaksi kondensasi untuk membentuk koloid, yang dikenal sebagai sol.

### 2.2.3.2 Mechanical Milling

*Mechanical milling* merupakan metode *top down* yang merubah material *bulk* menjadi partikel kecil dengan mengurangi ukurannya (Wiley & Inc, 2016). Metode ini memerlukan banyak energi dan waktu. *Ball milling* adalah salah satu tipe *mechanical milling* yang banyak digunakan. *Ball milling* terdiri dari ruang yang berputar yang merupakan media penggilingan. Distribusi dari ukuran partikel yang dihasilkan dari tehnik ini cukup luas, bentuknya pun bervariasi. Maka dari itu, metode ini digunakan untuk bahan tertentu yang tidak dipermasalahkan jika terdapat ukuran dan morfologi yang bervariasi, misalnya nanokomposit (Wiley & Inc, 2016).

### 2.2.4 Sifat Nanomaterial

Penggunaan nanoteknologi yang kuat berdasarkan pemikiran bahwa nanomaterial dapat digunakan untuk memanipulasi struktur bahan dan mendapatkan perbaikan sifat bahan yaitu sifat mekanik dan sifat optik.

## 1. Sifat Optik

Karena ukuran nanopartikel lebih kecil daripada panjang gelombang cahaya, maka tidak dapat dilihat dengan mata telanjang sehingga lebih memberikan gambaran estetik bagi material restoratif. Sebagai contoh yaitu komposit yang memiliki efek opalescent yang diinginkan setelah berukuran nano, yaitu nanokomposit.

Kemampuan membuat suatu material dengan opacity yang rendah, memberikan berbagai pilihan warna dan opacity untuk tepi insisal dan untuk lapisan akhir dalam restorasi. Sehingga material yang berukuran nano akan membuat material tersebut lebih transparan dan menjadi lebih estetik jika digunakan sebagai bahan restoratif.

## 2. Sifat Mekanik

Ukuran, rata-rata diameter nano partikel, distribusi nanopartikel, dan ikatannya sangat mempengaruhi sifat mekanik dari nanomaterial itu sendiri (Pameijer, 2011). Beberapa sifat mekanik nanomaterial adalah kekuatan, kekerasan, dan ketahanan aus (*wear resistance*)

### a. Kekerasan dan kekuatan

Sebanding dengan berkurangnya ukuran nanopartikel, kekerasan dan kekuatan tarik materialnya juga akan bertambah pada ukuran kurang dari 100 nm, setidaknya pada ukuran 15 nm (Pokropivny, et al., 2007).

b. Ketahanan Aus (*Wear Resistance*)

Tingkat keausan dari bahan restorasi disebabkan oleh kondisi patologis dan fisika nya. Pengunyahan dan kondisi bruksism dapat menyebabkan ausnya bahan restoratif ataupun anatomi gigi yang berlawanan. Menurut Academish Centrum Thandeelkunde Amsterdam (metode ACTA), ketahanan aus pada nanofiller komposit bertambah dibandingkan dengan komposit hibrid dan mikro hibrid (Subramani dan Ahmed, 2011).

### 2.3 *Working time* dan *setting time*

*Working time zinc phosphate cement* adalah waktu yang diperlukan untuk menempatkan dan memanipulasi bahan di mulut (Hatrick & Eakle, 2016). *Working time* atau waktu kerja adalah waktu yang diukur dari awal pengadukan hingga terbentuk konsistensi kekentalan yang cukup rendah yang dapat mengalir dibawah tekanan (Baum, dkk., 2014). *Setting time zinc phosphate cement* adalah waktu dimana bahan sudah tidak dapat dimanipulasi di dalam mulut (Hatrick & Eakle, 2016).

Reaksi *setting time zinc phosphate cement* berawal ketika *powder* dan *liquid zinc phosphate cement* dimanipulasi. Ketika dimanipulasi, asam fosfat pada *liquid* akan menyerang permukaan partikel dan melarutkan zinc oxide sehingga akan melepaskan ion zinc ke dalam cairan. Aluminium dan asam fosfat akan bereaksi dengan ion zinc tersebut dan membentuk gel zinc aluminofosfat. Semen yang telah *setting* ini mengandung struktur inti yang terdiri dari partikel zinc

oxide yang tertanam pada zinc aluminofosfat dengan diameter sebesar 25  $\mu\text{m}$  (Schmalz & Bindslev, 2009).

*Working time zinc phosphate cement* adalah 3-4 menit. Sedangkan untuk *setting time zinc phosphate cement* kira-kira 5 sampai 9 menit dari awal manipulasi (Powers dan Wataha, 2017). *Setting time* tidak boleh terlalu lama, untuk menghindari pengerjaan yang terlalu lama.

Gambar 2.8 Reaksi *Setting Zinc Phosphate Cement*



Sumber: McCabe & Walls, 2014

*Setting time zinc phosphate cement* dipengaruhi oleh rasio bubuk dan cairan, waktu pengadukan, suhu pengadukan, air, dan kecepatan penggabungan bubuk.

### 2.3.1 Rasio bubuk cairan

Rasio bubuk-cairan yang dianjurkan adalah 2,5 hingga 3,5 g/ml, yaitu sebesar 1,4 g bubuk dan 0,5 ml cairan (Schmalz & Bindslev, 2009). Tidak dianjurkan mengurangi rasio bubuk cairan untuk menambah waktu kerja dan pengerasan, karena akan merugikan sifat fisik yang lain dan akan menghasilkan semen dengan pH yang rendah. Mengurangi rasio *powder* dan *liquid*, akan menambah *working time* dan *setting time zinc phosphate cement* tersebut (Schmalz & Bindslev, 2009).

### 2.3.2 Waktu pengadukan

Waktu pengadukan yang ditambah akan memperlama *setting time* (Deynilisa, 2015). Hal ini dikarenakan matriks yang terbentuk disaat pencampuran bubuk dan cairan, akan hancur (Baum, dkk., 2014). Hancurnya matriks ini menandakan bahwa butuh tambahan waktu untuk membangun matriks kembali, sehingga *setting time* akan semakin lama.

### 2.3.3 Suhu Pengadukan

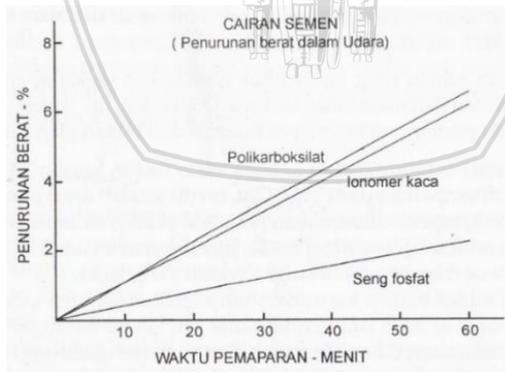
Suhu *glassplate* yang digunakan untuk mengaduk bubuk dan cairan *zinc phosphate cement*, akan mempengaruhi waktu pengerasannya. Semakin tinggi suhunya, maka waktu pengerasan akan semakin cepat (Deynilisa, 2015). Sebaliknya, semakin dingin *glassplate* yang digunakan, maka akan semakin lama waktu pengerasannya. Hal ini terjadi karena dengan suhu yang rendah, pembentukan matriks dari reaksi kimia akan melambat juga (Baum, dkk., 2014). Suhu *glassplate* yang dingin juga akan menambah *working time* dari semen tersebut (Powers & Wataha, 2017). *Working time* juga dapat diperlama dengan cara peletakan semen ke restorasi yang menghadap ke gigi, bukan pada gigi yang dipreparasi. Restorasi tersebut telah berada pada suhu ruangan sedangkan gigi berada di suhu mulut yaitu 37°C, sehingga *working time* akan semakin lama.

### 2.3.4 Air

Perubahan konsistensi dan *setting time* bisa terjadi karena penguapan air dari cairan di dalam botol. Penguapan air dari cairan terjadi jika botol cairan tidak ditutup setelah dipakai dan menyebabkan penguapan air sehingga mempengaruhi kandungan air di dalam cairan.

Adanya air yang berlebihan dalam pengadukan juga akan mempengaruhi *setting time* dan sifat fisik lainnya. Air dalam pengadukan akan mempercepat reaksi kimia yang terjadi sehingga waktu pengerasan akan semakin cepat. Perubahan sedikit pada kandungan air akan menyebabkan perubahan pada sifat-sifat semen yang tidak dapat diterima (McCabe dan Walls, 2014).

Gambar 2.9 Hilangnya Air dari Cairan Semen ketika Kontak dengan Udara



Sumber: Baum, dkk., 2014

### 2.3.5 Kecepatan penggabungan bubuk ke cairan

Pengadukan yang dilakukan dengan sedikit demi sedikit menarik bubuk ke cairan akan mengurangi panas yang dihasilkan dari reaksi eksotermis dan waktu kerja juga akan bertambah (Baum, dkk., 2014). Hal ini terjadi karena konsentrasi *zinc phosphate cement* yang dihasilkan tidak cukup untuk meningkatkan viskositas yang nyata (McCabe dan Walls, 2014). Penggabungan *powder* ke *liquid* yang semakin cepat, juga akan mempercepat *setting time*.

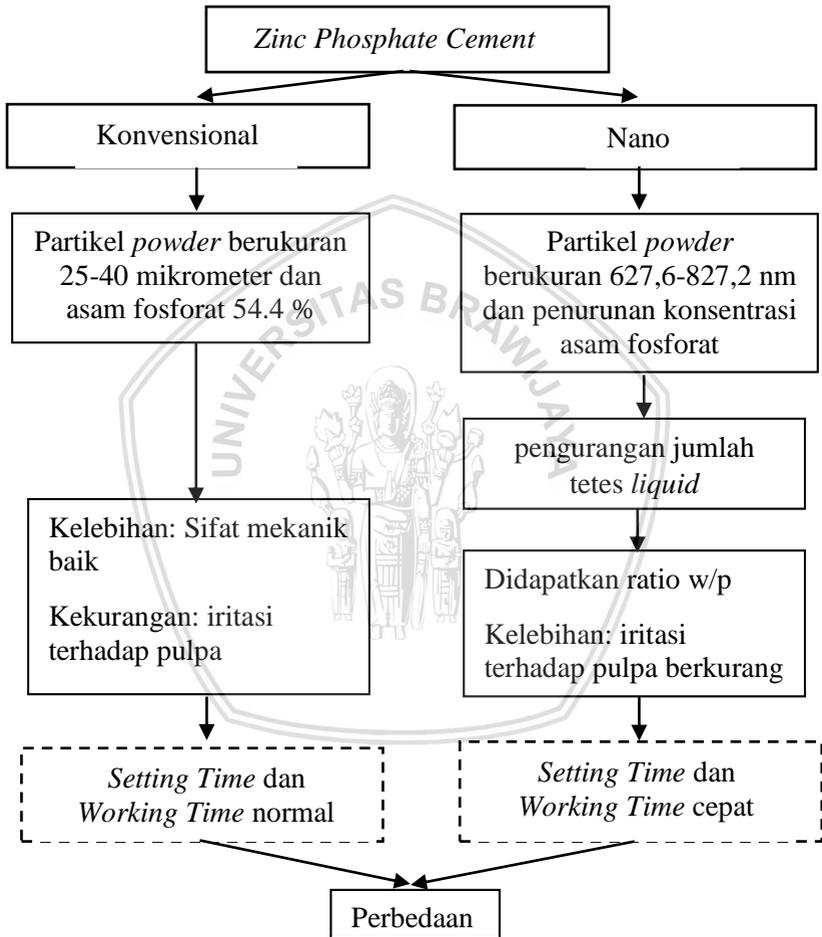
### 2.3.6 Ukuran Partikel

Ukuran bubuk *zinc phosphate cement* yang besar akan membentuk lapisan semen yang tebal pula. Sebaliknya, ukuran bubuk yang kecil akan menjadikan penempatan mahkota yang benar (McCabe dan Walls, 2014). Ukuran partikel bubuk *zinc phosphate cement* yang semakin kecil, akan menyebabkan reaksi dengan asam fosfat semakin cepat, sehingga *setting time* akan semakin cepat pula (Anusavice, et al., 2013). Material yang semakin cepat *setting time* nya, maka kelarutan akan semakin minimal (McCabe dan Walls, 2014).

### BAB III

#### KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN

##### 3.1 Kerangka Konsep



Keterangan:



Variabel diteliti

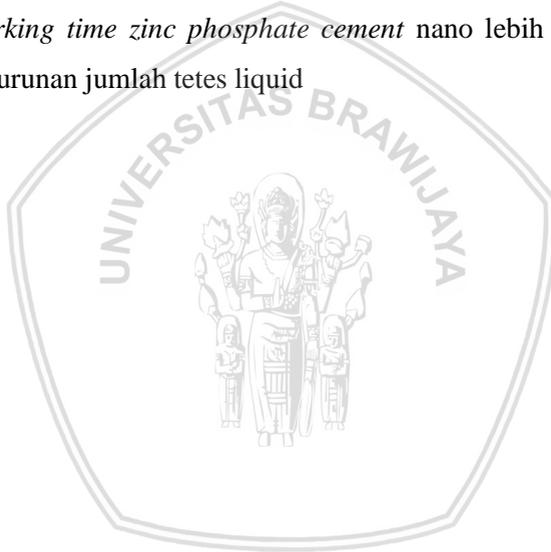


*Zinc phosphate cement* merupakan semen dalam kedokteran gigi yang mempunyai ukuran partikel sebesar 25-40 mikrometer dan konsentrasi asam fosforat sebesar 54,4%. *Zinc phosphate cement* memiliki kekuatan mekanis yang baik, tetapi juga dapat mengiritasi pulpa jika tidak diberi bahan pelapik pada kavitas yang dalam. Sifat iritasi pulpa ini dikarenakan oleh asam fosforat pada cairannya yang memiliki pH sangat rendah, yaitu 4,5.

Pengubahan *powder* pada *zinc phosphate cement* menjadi berukuran nano dapat meningkatkan sifat mekanis dan sifat biologis semen tersebut. Salah satu sifat mekanisnya adalah kekuatannya. Ukuran *powder* yang semakin halus, akan meningkatkan perekatan semen pada undercut gigi sehingga akan meningkatkan kekuatan semen tersebut. Begitu pula dengan *setting time* dan *working time* nya. Ukuran partikel yang semakin kecil, akan mempercepat waktu pengerasan *zinc phosphate cement*. Penambahan dan pengurangan tetes *liquid* dilakukan untuk mendapatkan w/p ratio *zinc phosphate cement* nano yang optimal, serta untuk mengurangi efek iritasi terhadap pulpa. Jumlah tetes *liquid* yang berkurang, akan menyebabkan *setting time* yang semakin cepat. Jika *setting time* menjadi lebih cepat, maka reaksi eksotermis semen akan lebih cepat pula, sehingga akan mengurangi potensi terhadap iritasi pulpa. *Zinc phosphate cement* konvensional dan nano akan dilakukan perhitungan waktu pengerasan dan waktu kerjanya. Hasil dari pengukuran *setting time* kedua bahan tersebut akan dibandingkan, begitu pula dengan *working timenya*.

### 3.2 Hipotesis

- a. *Setting time zinc phosphate cement* nano lebih cepat daripada *zinc phosphate cement* konvensional.
- b. *Working time zinc phosphate cement* nano lebih cepat daripada *zinc phosphate cement* konvensional.
- c. *Setting time zinc phosphate cement* nano lebih cepat dengan penurunan jumlah tetes liquid
- d. *Working time zinc phosphate cement* nano lebih cepat dengan penurunan jumlah tetes liquid



## BAB IV

### METODE PENELITIAN

#### 4.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *true experimental laboratory design* (penelitian eksperimental murni) dengan pendekatan *post test with control group*. Pada penelitian ini dilakukan uji laboratorium yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan *setting time* dan *working time zinc phosphate cement nano* dengan *zinc phosphate cement konvensional*.

#### 4.2 Sampel Penelitian

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *zinc phosphate cement konvensional* dan nano.

#### 4.3 Besar Sampel

Jumlah sampel minimal dihitung dengan menggunakan rumus Hulley:

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

$$4(n-1) \geq 15$$

$$4n - 4 \geq 15$$

$$4n \geq 19$$

$$n \geq 4,75 \text{ atau dibulatkan menjadi } 5$$

Keterangan:

P = jumlah kelompok = 4

n = jumlah sampel

Minimal besar sampel adalah 5 tiap kelompok. Pada penelitian ini terdapat 4 kelompok, sehingga total sampel yang digunakan adalah 20 sampel yang setiap sampel nya dilakukan uji *setting time* dan *working time*.

#### 4.4 Variabel Penelitian

##### 4.4.1 Variabel Tidak Terikat

Variabel tidak terikat dalam penelitian ini adalah konsentrasi *liquid zinc phosphate cement* yaitu 4 tetes, 3 tetes, dan 2 tetes, dan *zinc phosphate cement nano*

##### 4.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah *setting time* dan *working time zinc phosphate cement*

#### 4.5 Definisi Operasional

- Zinc phosphate cement* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *zinc phosphate cement* produk Elite Cement 100 35g.
- Setting time zinc phoshat cement* adalah waktu dimana bahan sudah tidak dapat dimanipulasi di dalam mulut (Hatrack & Eakle, 2016). Mengerasnya semen ditandai dengan sonde yang tidak

dapat menggores semen tersebut. Perhitungan *setting time* menggunakan *stopwatch* dengan skala detik.

- c. *Working time zinc phosphate cement* adalah waktu yang diizinkan untuk menempatkan dan memanipulasi bahan di mulut (Hatrack & Eakle, 2016). *Working time* diukur dari saat mulai manipulasi *powder* dan *liquid* hingga bahan homogen. Perhitungan *working time* menggunakan *stopwatch* dengan skala detik.

#### **4.6 Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Ruang Skill Lab Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya pada bulan Oktober 2018

#### **4.7 Alat dan Bahan Penelitian**

##### **4.7.1 Alat Penelitian**

- a. Spatula semen
- b. *Glass lab*
- c. *Stopwatch*
- d. Sonde
- e. Sendok ukur sediaan pabrik no 3

##### **4.7.2 Bahan Penelitian**

- a. *Zinc phosphate cement* produk Elite Cement 100 35g
- b. *Zinc phosphate cement* dengan *powder nano*

## 4.8 Prosedur Penelitian

### 4.8.1 Persiapan dan Pemilihan Bahan

*Zinc phosphate cement* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *zinc phosphate cement* produk GC Elite Cement 100 35g, *powder zinc phosphate cement nano*, dan *liquid* nya sebanyak 4 tetes, 3 tetes, dan 2 tetes.

### 4.8.2 Pengelompokan Sampel

Sebanyak 20 sampel dibagi menjadi 4 kelompok yang masing-masing terdiri dari 5 sampel. Kelompok I adalah ZPC konvensional dengan komposisi *powder* 1 *scoop* (0,31 gr) dan *liquid*nya 3 tetes. Kelompok II adalah ZPC Nano dengan komposisi 1 *scoop powder* (0,38 gr) dan *liquid* sebanyak 4 tetes. Kelompok III merupakan ZPC nano dengan komposisi 1 *scoop powder nano* (0,38 gr) dengan *liquid* sebanyak 3 tetes. Kelompok IV merupakan 1 *scoop powder nano* (0,38 gr) dan *liquid* sebanyak 2 tetes.

### 4.8.3 Tahap Pelaksanaan

#### 4.8.3.1 Tahap Pelaksanaan Kelompok I

- Dipersiapkan 5 *glassplate* dengan masing-masing berisi *powder* ZPC konvensional 1 *scoop* (0,31 gr) dan *liquid* ZPC sebanyak 3 tetes yang diletakkan terpisah, kemudian *powder* dibagi menjadi 3 bagian. Penetesan *liquid* dengan cara membalikkan botol tegak

- lurus, sedangkan pengukuran *powder* menggunakan sendok ukur sediaan pabrik no 3.
- b. Dilakukan pencampuran bubuk ke dalam *liquid* sebagian demi sebagian. Pada tiap bagian dilakukan pencampuran dengan gerakan memutar menggunakan spatula semen.
  - c. Dihitung *working time* mulai dari awal pengadukan hingga homogen, yang ditandai oleh tidak terputusnya semen ketika ditarik menggunakan spatula semen.
  - d. Dihitung *setting time* mulai dari awal pengadukan hingga semen mengeras yang ditandai oleh sonde yang tidak dapat menggores semen tersebut.

#### 4.8.3.2 Tahap Pelaksanaan Kelompok II

- a. Dipersiapkan 5 *glassplate* dengan masing-masing berisi *powder* ZPC nano 1 *scoop* (0,38 gr) dan *liquid* ZPC sebanyak 4 tetes yang diletakkan terpisah, kemudian *powder* dibagi menjadi 3 bagian. Penetasan *liquid* dengan cara membalikkan botol tegak lurus, sedangkan pengukuran *powder* menggunakan sendok ukur sediaan pabrik no 3.
- b. Dilakukan pencampuran bubuk ke dalam *liquid* sebagian demi sebagian. Pada tiap bagian dilakukan pencampuran dengan gerakan memutar menggunakan spatula semen.
- c. Dihitung *working time* mulai dari awal pengadukan hingga homogen, yang ditandai oleh tidak terputusnya semen ketika ditarik menggunakan spatula semen.

- d. Dihitung *setting time* mulai dari awal pengadukan hingga semen mengeras yang ditandai oleh sonde yang tidak dapat menggores semen tersebut.

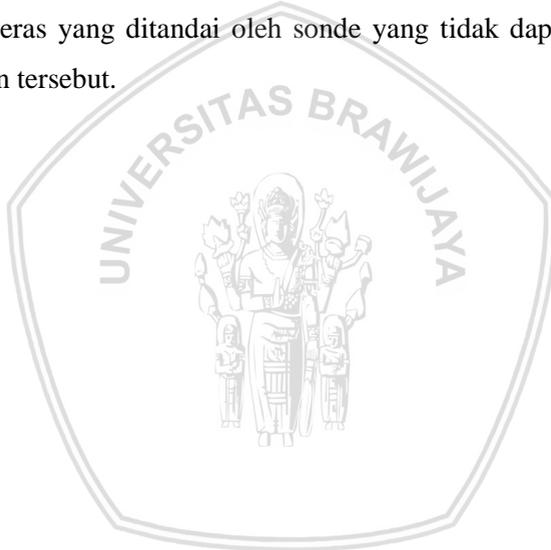
#### 4.8.3.3 Tahap Pelaksanaan Kelompok III

- a. Dipersiapkan 5 *glassplate* dengan masing-masing berisi *powder* ZPC nano 1 *scoop* (0,38 gr) dan *liquid* ZPC sebanyak 3 tetes yang diletakkan terpisah, kemudian *powder* dibagi menjadi 3 bagian. Penetasan *liquid* dengan cara membalikkan botol tegak lurus, sedangkan pengukuran *powder* menggunakan sendok ukur sediaan pabrik no 3.
- b. Dilakukan pencampuran bubuk ke dalam *liquid* sebagian demi sebagian. Pada tiap bagian dilakukan pencampuran dengan gerakan memutar menggunakan spatula semen.
- c. Dihitung *working time* mulai dari awal pengadukan hingga homogen, yang ditandai oleh tidak terputusnya semen ketika ditarik menggunakan spatula semen.
- d. Dihitung *setting time* mulai dari awal pengadukan hingga semen mengeras yang ditandai oleh sonde yang tidak dapat menggores semen tersebut.

#### 4.8.3.4 Tahap Pelaksanaan Kelompok IV

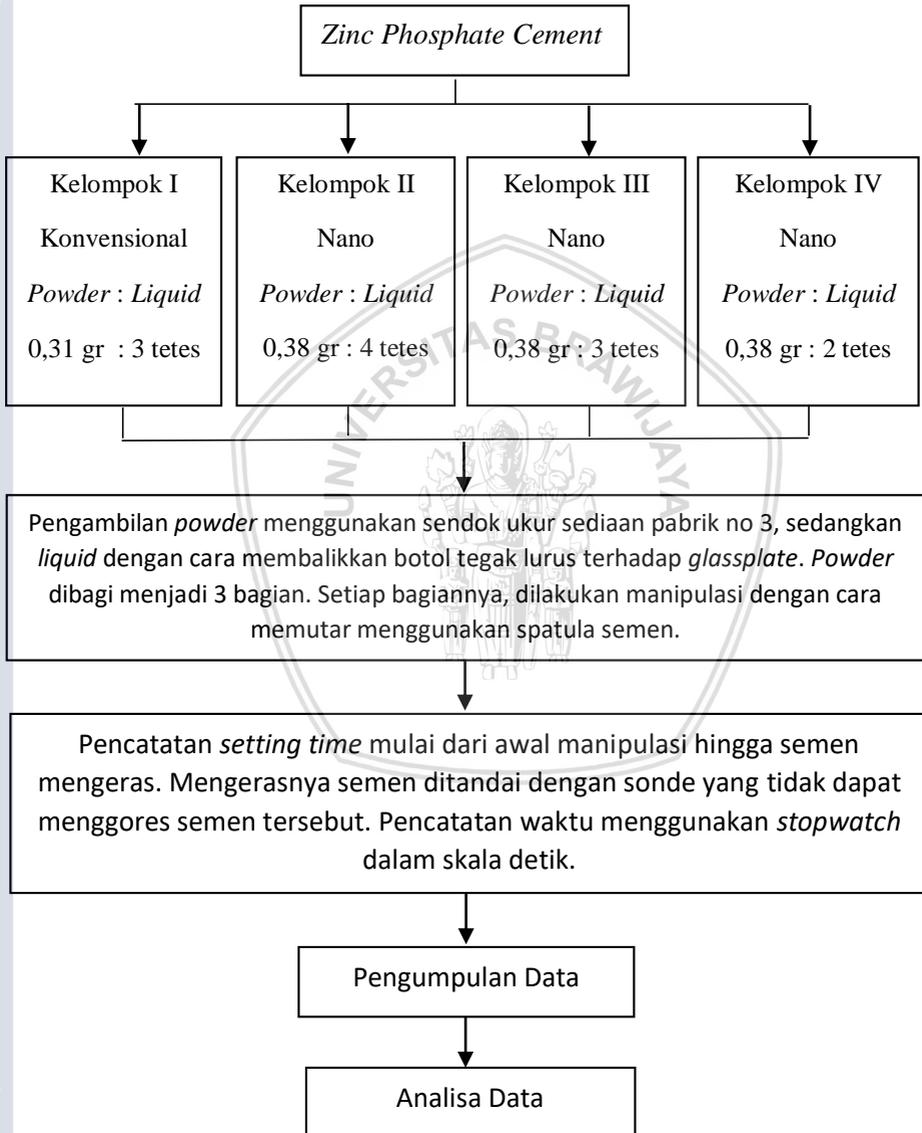
- a. Dipersiapkan 5 *glassplate* dengan masing-masing berisi *powder* ZPC nano 1 *scoop* (0,38 gr) dan *liquid* ZPC sebanyak 2 tetes yang diletakkan terpisah, kemudian *powder* dibagi menjadi 3 bagian. Penetasan *liquid* dengan cara membalikkan botol tegak lurus, sedangkan pengukuran *powder* menggunakan sendok ukur sediaan pabrik no 3.

- b. Dilakukan pencampuran bubuk ke dalam *liquid* sebagian demi sebagian. Pada tiap bagian dilakukan pencampuran dengan gerakan memutar menggunakan spatula semen.
- c. Dihitung *working time* mulai dari awal pengadukan hingga homogen, yang ditandai oleh tidak terputusnya semen ketika ditarik menggunakan spatula semen.
- d. Dihitung *setting time* mulai dari awal pengadukan hingga semen mengeras yang ditandai oleh sonde yang tidak dapat menggores semen tersebut.

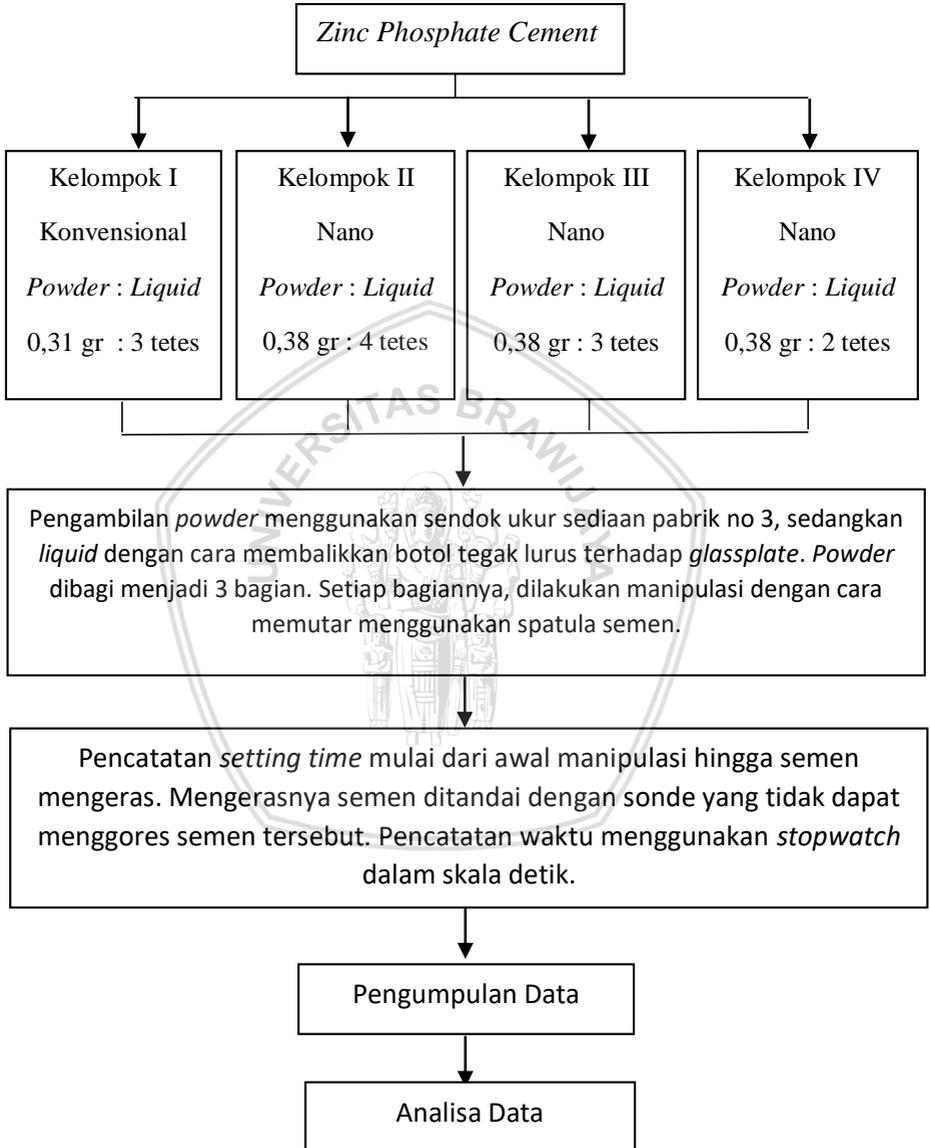


## 4.8.4 Alur Penelitian

### 4.8.4.1 Alur Penelitian *Setting Time Zinc Phosphate Cement*



#### 4.8.4.2 Alur Penelitian *Working Time Zinc Phosphate Cement*



#### 4.9 Analisis Data

Hasil pengukuran *setting time* dan *working time* ZPC konvensional dan ZPC nano pada kelompok I, II, III, dan IV dilakukan uji normalitas untuk mengetahui data normal atau tidak. Uji normalitas menggunakan uji Kolmogorov Smirnov karena data kurang dari 50. Jika data normal, maka dilakukan analisis dengan statistik parametrik yaitu uji One Way Anova. Setelah itu dilakukan uji homogenitas varian agar diketahui bahwa data yang digunakan homogen atau tidak. Jika data dikatakan tidak normal, maka dilakukan analisis non parametrik yaitu Kruskal Wallis.

Hasil pengukuran *setting time* dan *working time* ZPC konvensional dan ZPC nano pada kelompok I dan III dilakukan uji normalitas untuk mengetahui data normal atau tidak. Uji normalitas menggunakan uji Shapiro-wilk karena data kurang dari 50. Jika data normal, maka dilakukan analisis dengan statistik parametrik yaitu uji T test. Setelah itu dilakukan uji homogenitas varian agar diketahui bahwa data yang digunakan homogen atau tidak. Jika data tidak normal, dilakukan uji Mann Whitney.

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini diperoleh dengan mengukur *setting time* dan *working time zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement nano*. *Setting time* diukur dengan *stopwatch* yang ditandai dengan sonde yang tidak dapat menggores semen tersebut, sedangkan *working time* diukur dari saat mulai manipulasi *powder* dan *liquid* hingga bahan homogen yang ditandai dengan tidak terputus nya semen ketika ditarik dengan spatula semen. Total sampel dalam penelitian ini adalah 20 sampel yang setiap sampel nya dilakukan uji *setting time* dan *working time*. Penelitian ini terdiri dari 4 kelompok, yaitu kelompok I terdiri dari *zinc phosphate cement* konvensional dengan *powder* 1 *scoop* (0,31 gr) dan *liquid* 3 tetes, kelompok II terdiri dari *zinc phosphate cement nano* dengan *powder* 1 *scoop* (0,38 gr) dan *liquid* 4 tetes, kelompok III terdiri dari *zinc phosphate cement nano* dengan *powder* 1 *scoop* (0,38 gr) dan *liquid* 3 tetes, dan kelompok IV terdiri dari *zinc phosphate cement nano* dengan *powder* 1 *scoop* (0,38 gr) dan *liquid* 2 tetes. Hasil data *setting time* dan *working time zinc phosphate cement* konvensional dan nano adalah sebagai berikut.

Tabel 5.1 Hasil Data *Setting Time*

<b>Sampel</b>	<b>Kelompok I (ZPC konvensional dengan 3 tetes liquid)</b>	<b>Kelompok II (ZPC nano dengan 4 tetes liquid)</b>	<b>Kelompok III (ZPC nano dengan 3 tetes liquid)</b>	<b>Kelompok IV (ZPC nano dengan 2 tetes liquid)</b>
1	582 detik	247 detik	130 detik	77 detik
2	587 detik	257 detik	129 detik	84 detik
3	690 detik	335 detik	168 detik	94 detik
4	611 detik	240 detik	121 detik	115 detik
5	669 detik	313 detik	140 detik	113 detik
Rata-rata	627,80 detik	278,40 detik	137,60 detik	96,60 detik

Tabel 5.2 Hasil Data *Working Time*

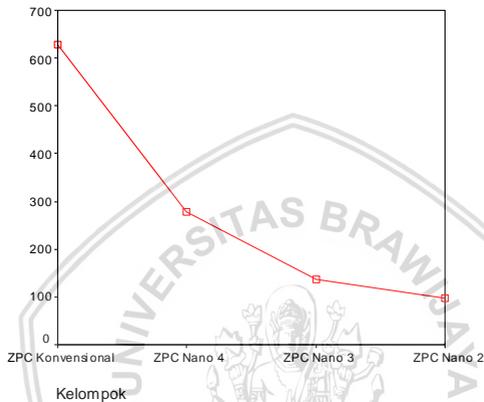
<b>Sampel</b>	<b>Kelompok I (ZPC konvensional dengan 3 tetes liquid)</b>	<b>Kelompok II (ZPC nano dengan 4 tetes liquid)</b>	<b>Kelompok III (ZPC nano dengan 3 tetes liquid)</b>	<b>Kelompok IV (ZPC nano dengan 2 tetes liquid)</b>
1	67 detik	38 detik	57 detik	54 detik
2	73 detik	33 detik	37 detik	30 detik
3	83 detik	48 detik	47 detik	22 detik
4	100 detik	39 detik	24 detik	33 detik
5	98 detik	35 detik	30 detik	31 detik
Rata-rata	84,20 detik	38,60 detik	39 detik	34 detik

Tabel 5.1 menunjukkan perubahan *setting time* yang lebih cepat pada kelompok II, III, dan IV dibandingkan pada kelompok I. Hal ini menunjukkan bahwa kelompok II, III, dan IV atau pada *zinc phosphate cement* nano mempunyai *setting time* yang lebih cepat dari pada kelompok I atau pada *zinc phosphate cement* konvensional. *Setting time* kelompok IV atau *zinc phosphate cement* nano dengan 2 tetes *liquid* lebih cepat daripada kelompok III atau *zinc phosphate cement* nano dengan 3 tetes *liquid*. Begitu juga dengan kelompok III atau *zinc phosphate cement* nano dengan *liquid* 3 tetes memiliki *setting time* yang lebih cepat dari kelompok II atau *zinc phosphate cement* nano dengan 4 tetes *liquid*. Hal ini menunjukkan bahwa dengan jumlah tetes *liquid* yang berkurang, maka *setting time* akan semakin cepat.

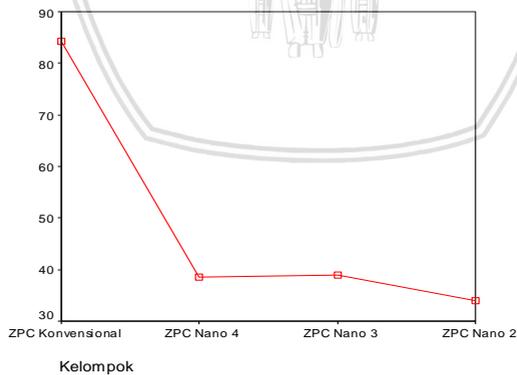
Tabel 5.2 menunjukkan perubahan *working time* yang lebih cepat pada kelompok II, III, dan IV dibandingkan pada kelompok I. Hal ini menunjukkan bahwa kelompok II, III, dan IV atau pada *zinc phosphate cement* nano mempunyai *working time* yang lebih cepat dari pada kelompok I atau *zinc phosphate cement* konvensional. *Working time* kelompok IV atau *zinc phosphate cement* nano dengan 2 tetes *liquid* lebih cepat daripada kelompok III atau *zinc phosphate cement* nano dengan 3 tetes *liquid*. Tetapi pada kelompok III atau *zinc phosphate cement* dengan 3 tetes *liquid* memiliki *working time* yang lebih lambat pada kelompok II atau *zinc phosphate cement* dengan 4 tetes *liquid*. Hal ini menunjukkan bahwa dengan jumlah tetes *liquid* yang berkurang, maka *working time* akan semakin cepat. Pada kelompok III terdapat anomali yang kemungkinan diakibatkan karena

kecepatan pengadukan yang berbeda. Perubahan *setting time* dan *working time* zinc phosphate cement dapat digambarkan dalam gambar berikut.

Gambar 5.1 Hasil Data *Setting Time*



Gambar 5.2 Hasil Data *Working Time*



## 5.2 Analisa Data

Data yang telah didapatkan dari hasil penelitian dilakukan analisa data menggunakan program kompoter SPSS. Data tersebut dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas. Uji normalitas untuk mengetahui data berdistribusi normal atau tidak normal. Uji normalitas menggunakan Kolmogorov Smirnov karena data kurang dari 50. Lalu dilakukan uji homogenitas varian untuk mengetahui data homogen atau tidak. Setelah uji tersebut dilakukan, didapatkan data yang berdistribusi normal dan homogen, maka dilakukan uji One Way Anova untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan *setting time* dan *working time* antara *zinc phosphate cement* konvensional dengan *zinc phosphate cement* nano. Jika hasil dari uji One Way Anova menunjukkan terdapat perbedaan antar variabel, maka dilakukan uji Post Hoc untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang bermakna antar kelompok. Lalu dilakukan uji Korelasi-Regresi. Uji Korelasi bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan yang spesifik antar variabel, sedangkan uji regresi untuk mengetahui besar pengaruh antar variabelnya.

Data pada kelompok I atau *zinc phosphate cement* konvensional dengan 3 tetes liquid dan pada kelompok III atau *zinc phosphate cement* nano dengan 3 tetes liquid dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas. Uji normalitas untuk mengetahui data berdistribusi normal atau tidak normal. Uji normalitas menggunakan uji Shapiro-wilk karena data kurang dari 50. Jika data normal, maka dilakukan analisis dengan statistik parametrik yaitu uji T test. Setelah itu dilakukan uji homogenitas varian agar diketahui bahwa data yang

digunakan homogen atau tidak. Jika data tidak normal, dilakukan uji Mann Whitney.

## 5.2.1 Analisa Data *Setting Time* Kelompok I, II, III, dan IV

### 5.2.1.1 Hasil Uji Normalitas

Uji normalitas pada penelitian ini menggunakan uji Kolmogorov Smirnov karena data kurang dari 50. Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak. Data dikatakan berdistribusi normal jika dihasilkan signifikansi ( $p$ )  $> 0,05$  (5%). Pada penelitian ini, dihasilkan signifikansi ( $p$ ) data *setting time* sebesar 0,200 sehingga data berdistribusi normal.

### 5.2.1.2 Hasil Uji Homogenitas Varian

Uji homogenitas varian dilakukan setelah uji normalitas. Uji homogenitas varian dilakukan untuk mengetahui data homogen atau tidak. Pada uji homogenitas Levene, data dikatakan homogen jika nilai signifikansi ( $p$ )  $> 0,05$  (5%). Pada penelitian ini, didapatkan nilai signifikansi ( $p$ ) 0,436 sehingga pada penelitian ini didapatkan data *setting time* dengan varian yang sama atau homogen.

### 5.2.1.3 Hasil Uji One Way Anova

Setelah dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas, dilakukan uji One Way Anova karena data berdistribusi normal dan homogen. Uji One Way Anova dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan *setting time* antara *zinc phosphate cement* konvensional dengan *zinc phosphate cement* nano (kelompok I, II, III,

dan IV). Data dikatakan terdapat perbedaan jika nilai signifikansi ( $p$ )  $< 0,05$  (5%). Pada penelitian ini, didapatkan nilai signifikansi ( $p$ ) 0,000 maka terdapat perbedaan *setting time zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement* nano.

#### 5.2.1.4 Hasil Uji Post Hoc

Uji Post Hoc dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang bermakna antar kelompok. Uji post hoc dikatakan terdapat perbedaan yang bermakna jika nilai signifikansi ( $p$ )  $< 0,05$  (5%). Hasil uji post hoc secara garis besar terdapat perbedaan yang bermakna antara kelompok kontrol (kelompok I) terhadap kelompok perlakuan (kelompok II, III, dan IV), tetapi juga terdapat perbedaan yang tidak bermakna pada *zinc phosphate cement* nano dengan *liquid* 3 tetes terhadap *zinc phosphate cement* nano dengan *liquid* 2 tetes. Didapatkan hasil uji post hoc sebagai berikut.

a. ZPC Konvensional

Terdapat perbedaan yang bermakna antara ZPC konvensional dengan ZPC nano dengan *liquid* 4 tetes, 3 tetes, dan 2 tetes yang ditandai dengan nilai signifikansi ( $p$ ) sebesar 0,000.

b. ZPC Nano dengan 4 tetes *liquid*

Terdapat perbedaan yang bermakna antara ZPC nano dengan 4 tetes *liquid* terhadap ZPC konvensional, ZPC nano dengan 3 tetes *liquid*, dan 2 tetes *liquid* yang ditandai dengan signifikansi ( $p$ ) sebesar 0,000.

c. ZPC Nano dengan 3 tetes *liquid*

Terdapat perbedaan yang bermakna antara ZPC nano dengan 3 tetes *liquid* terhadap ZPC konvensional dan ZPC nano dengan 4 tetes *liquid* yang ditandai dengan nilai signifikansi ( $p$ ) sebesar 0,000, tetapi terdapat perbedaan yang tidak bermakna antara ZPC nano dengan 3 tetes *liquid* terhadap ZPC nano dengan 2 tetes *liquid* dengan nilai signifikansi ( $p$ ) sebesar 0,281.

d. ZPC Nano dengan 2 tetes *liquid*

Terdapat perbedaan yang bermakna antara ZPC nano dengan 2 tetes *liquid* terhadap ZPC konvensional dan ZPC nano dengan 4 tetes *liquid* yang ditandai dengan nilai signifikansi ( $p$ ) sebesar 0,000, tetapi tidak terdapat perbedaan yang bermakna antara ZPC nano dengan 2 tetes *liquid* terhadap ZPC nano dengan 3 tetes *liquid* dengan nilai signifikansi ( $p$ ) sebesar 0,281.

### 5.2.1.5 Hasil Uji Korelasi-Regresi

Uji Korelasi dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat. Pada penelitian ini, uji korelasi bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan yang signifikan antara jumlah *liquid zinc phosphate cement* nano terhadap *setting time*. Hubungan antar variabel dikatakan berpengaruh jika nilai signifikansi ( $p$ ) < 0,05 (5%). Pada penelitian ini, didapatkan nilai signifikansi ( $p$ ) 0,000 maka terdapat hubungan yang signifikan antara jumlah *liquid zinc phosphate cement* nano terhadap *setting time*.

Uji Regresi dilakukan untuk mengetahui besar hubungan antar variabel. Uji regresi dilakukan pada kelompok *zinc phosphate*

*cement nano* untuk mengetahui besar pengaruh jumlah tetes *liquid zinc phosphate cement nano* terhadap *setting time*. Besar pengaruh jumlah tetes *liquid zinc phosphate cement nano* terhadap *setting time* diketahui dari nilai R square yaitu sebesar 82,1%. Pengaruh tersebut berbanding terbalik, yaitu semakin sedikit jumlah tetes *liquid zinc phosphate cement nano* maka semakin cepat *setting time* nya.

## **5.2.2 Analisa Data Working Time Kelompok I, II, III, dan IV**

### **5.2.2.1 Hasil Uji Normalitas**

Uji normalitas pada penelitian ini menggunakan uji Kolmogorov Smirnov karena data kurang dari 50. Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak. Data dikatakan berdistribusi normal jika dihasilkan signifikansi ( $p > 0,05$  (5%). Pada penelitian ini, dihasilkan signifikansi ( $p$ ) data *working time* sebesar 0,089 sehingga data berdistribusi normal.

### **5.2.2.2 Hasil Uji Homogenitas Varian**

Uji homogenitas varian dilakukan setelah uji normalitas. Uji homogenitas varian dilakukan untuk mengetahui data homogen atau tidak. Pada uji homogenitas Levene, data dikatakan homogen jika nilai signifikansi ( $p > 0,05$  (5%). Pada penelitian ini, didapatkan nilai signifikansi ( $p$ ) 0,244 sehingga pada penelitian ini didapatkan data *working time* dengan varian yang sama atau homogen.

### **5.2.2.3 Hasil Uji One Way Anova**

Setelah dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas, dilakukan uji One Way Anova karena data berdistribusi normal dan

homogen. Uji One Way Anova dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan *working time* antara *zinc phosphate cement* konvensional dengan *zinc phosphate cement* nano (kelompok I, II, III, dan IV). Data dikatakan terdapat perbedaan jika nilai signifikansi ( $p$ )  $< 0,05$  (5%). Pada penelitian ini, didapatkan nilai signifikansi ( $p$ ) 0,000 maka terdapat perbedaan *working time zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement* nano.

#### 5.2.2.4 Hasil Uji Post Hoc

Uji Post Hoc dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang bermakna antar kelompok. Uji post hoc dikatakan terdapat perbedaan yang bermakna jika nilai signifikansi ( $p$ )  $< 0,05$  (5%). Hasil uji post hoc secara garis besar terdapat perbedaan yang bermakna antara kelompok kontrol (kelompok I) terhadap kelompok perlakuan (kelompok II, III, dan IV), tetapi juga terdapat perbedaan yang tidak bermakna pada *zinc phosphate cement* nano dengan *liquid* 4 tetes terhadap *zinc phosphate cement* nano dengan *liquid* 3 tetes dan *liquid* 2 tetes. Terdapat juga perbedaan yang tidak bermakna pada ZPC nano dengan *liquid* 3 tetes terhadap ZPC nano dengan *liquid* 2 tetes. Didapatkan hasil uji post hoc sebagai berikut.

##### a. ZPC Konvensional

Terdapat perbedaan yang bermakna antara ZPC konvensional dengan ZPC nano dengan *liquid* 4 tetes, 3 tetes, dan 2 tetes yang ditandai dengan nilai signifikansi ( $p$ ) sebesar 0,000.

b. ZPC Nano dengan 4 tetes *liquid*

Terdapat perbedaan yang bermakna antara ZPC nano dengan 4 tetes *liquid* terhadap ZPC konvensional yang ditandai dengan nilai signifikansi ( $p$ ) sebesar 0,000. Tetapi terdapat perbedaan yang tidak bermakna antara ZPC nano dengan 4 tetes *liquid* terhadap 3 tetes *liquid* yang ditandai dengan nilai signifikansi ( $p$ ) sebesar 1,000, dan terhadap 2 tetes *liquid* dengan jumlah signifikansi ( $p$ ) sebesar 0,927.

c. ZPC Nano dengan 3 tetes *liquid*

Terdapat perbedaan yang bermakna antara ZPC nano dengan 3 tetes *liquid* terhadap ZPC konvensional yang mempunyai nilai signifikansi ( $p$ ) sebesar 0,000. Tetapi terdapat perbedaan yang tidak bermakna antara ZPC nano dengan 3 tetes *liquid* terhadap 4 tetes *liquid* yang ditandai dengan nilai signifikansi ( $p$ ) sebesar 1,000, dan terhadap 2 tetes *liquid* dengan jumlah signifikansi ( $p$ ) sebesar 0,909.

d. ZPC Nano dengan 2 tetes *liquid*

Terdapat perbedaan yang bermakna antara ZPC nano dengan 2 tetes *liquid* terhadap ZPC konvensional yang ditandai dengan nilai signifikansi ( $p$ ) sebesar 0,000. Tetapi terdapat perbedaan yang tidak bermakna antara ZPC nano dengan 2 tetes *liquid* terhadap 4 tetes *liquid* yang ditandai dengan nilai signifikansi ( $p$ ) sebesar 0,927, dan terhadap 3 tetes *liquid* dengan jumlah signifikansi ( $p$ ) sebesar 0,909.

### 5.2.2.5 Hasil Uji Korelasi-Regresi

Uji Korelasi dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat. Pada penelitian ini, uji korelasi bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan yang signifikan antara jumlah *liquid zinc phosphate cement* nano terhadap *working time*. Hubungan antar variabel dikatakan berpengaruh jika nilai signifikansi ( $p < 0,05$  (5%). Pada penelitian ini, didapatkan nilai signifikansi ( $p$ ) 0,500 maka terdapat hubungan yang tidak signifikan antara jumlah *liquid zinc phosphate cement* nano terhadap *working time*.

Uji Regresi dilakukan untuk mengetahui besar hubungan antar variabel. Uji regresi dilakukan pada kelompok *zinc phosphate cement* nano untuk mengetahui besar pengaruh jumlah tetes *liquid zinc phosphate cement* nano terhadap *working time*. Besar pengaruh jumlah tetes *liquid zinc phosphate cement* nano terhadap *working time* diketahui dari nilai R square yaitu sebesar 3,6%.

## 5.2.3 Analisa Data *Setting Time* Kelompok I dan III

### 5.2.3.1 Uji Normalitas

Uji normalitas pada penelitian ini menggunakan uji Kolmogorov Smirnov karena data kurang dari 50. Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak. Data dikatakan berdistribusi normal jika dihasilkan signifikansi ( $p > 0,05$  (5%). Pada penelitian ini, dihasilkan signifikansi ( $p$ ) data *setting time* sebesar 0,200 sehingga data berdistribusi normal.

### 5.2.3.2 Uji T Test

Setelah dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas, dilakukan uji T Test karena data berdistribusi normal dan homogen. Uji T Test dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan *setting time* antara *zinc phosphate cement* konvensional dengan *zinc phosphate cement* nano (kelompok I dan III). Data dikatakan terdapat perbedaan jika nilai signifikansi ( $p$ )  $< 0,05$  (5%). Pada penelitian ini, didapatkan nilai signifikansi ( $p$ ) 0,000 maka terdapat perbedaan *setting time zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement* nano.

## 5.2.4 Analisa Data *Working Time* Kelompok I dan III

### 5.2.4.1 Uji Normalitas

Uji normalitas pada penelitian ini menggunakan uji Kolmogorov Smirnov karena data kurang dari 50. Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak. Data dikatakan berdistribusi normal jika dihasilkan signifikansi ( $p$ )  $> 0,05$  (5%). Pada penelitian ini, dihasilkan signifikansi ( $p$ ) data *setting time* sebesar 0,089 sehingga data berdistribusi normal.

### 5.2.4.2 Uji T Test

Setelah dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas, dilakukan uji T Test karena data berdistribusi normal dan homogen. Uji T Test dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan *setting time* antara *zinc phosphate cement* konvensional dengan *zinc phosphate cement* nano (kelompok I dan III). Data dikatakan terdapat

perbedaan jika nilai signifikansi ( $p < 0,05$  (5%). Pada penelitian ini, didapatkan nilai signifikansi ( $p$ ) 0,001 maka terdapat perbedaan *setting time zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement nano*.

### 5.3 Pembahasan

Hasil pengukuran *setting time* dan *working time zinc phosphate cement* konvensional dan nano menunjukkan nilai rata-rata *setting time zinc phosphate cement* nano dengan 3 tetes *liquid* sebesar 137,60 detik dan *zinc phosphate cement* konvensional dengan 3 tetes *liquid* menunjukkan nilai rata-rata 627,80 detik. Hasil pengukuran *working time zinc phosphate cement* nano dengan 3 tetes *liquid* menunjukkan nilai rata-rata sebesar 39 detik dan *zinc phosphate cement* konvensional dengan 3 tetes *liquid* memiliki nilai rata-rata sebesar 84,20 detik. Nilai rata-rata *setting time* dan *working time* dari kedua kelompok tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai rata-rata *setting time* dan *working time* antara *zinc phosphate cement* nano dan *zinc phosphate cement* konvensional. *Zinc phosphate cement* nano memiliki *setting time* dan *working time* yang lebih cepat dari *zinc phosphate cement* konvensional.

*Setting time* dan *working time* yang lebih cepat pada *zinc phosphate cement* nano terjadi karena dengan semakin kecil ukuran partikel bubuk *zinc phosphate cement*, akan mengakibatkan reaksi terjadi lebih cepat sehingga *setting time* nya akan semakin cepat pula (Anusavice, et al., 2013). Reaksi tersebut terjadi ketika dilakukan

manipulasi antara *powder* dan *liquid zinc phosphate cement*. Asam fosfat yang terdapat pada *liquid* akan menyerang permukaan partikel dan membuat *zinc oxide* pada *powder* terlarut sehingga ion *zinc* terlepas ke dalam *liquid*. Aluminium dan asam fosfat pada *liquid* bereaksi dengan ion *zinc* tersebut dan membentuk gel aluminofosfat. Gel aluminofosfat merupakan *zinc oxide* yang dilapisi oleh aluminofosfat dan gel *zinc fosfat*. *Zinc phosphate cement* yang telah *setting* ini mengandung struktur inti yang terdiri dari partikel *zinc oxide* yang tertanam pada matriks *zinc aluminofosfat* (Schmalz & Bindslev, 2009).

Ukuran partikel *powder zinc phosphate cement* yang semakin kecil, akan meningkatkan luas permukaan (Abdullah, et al., 2008). Partikel yang berukuran nano mempunyai luas permukaan yang lebih besar (Wiley & Inc, 2016). Luas permukaan yang semakin besar menyebabkan semakin banyaknya permukaan yang melakukan reaksi sehingga reaksi akan terjadi lebih cepat (Anusavice, 2003). Reaksi *powder* dan *liquid* tersebut merupakan reaksi eksotermis. Reaksi eksotermis adalah reaksi panas yang dikeluarkan pada saat *powder* dan *liquid zinc phosphate cement* dimanipulasi. Reaksi eksotermis pada *zinc phosphate cement* merupakan reaksi eksotermis yang paling banyak daripada semen yang lain sehingga lebih mudah menyebabkan iritasi terhadap pulpa (Bonsor dan Pearson, 2013).

Faktor lain yang mempengaruhi *setting time* dan *working time zinc phosphate cement* adalah rasio antara *powder* dan *liquid* nya. Mengurangi rasio antara *powder* dan *liquid*, akan menambah *working time* dan *setting time zinc phosphate cement* (Schmalz & Bindslev,

2009). Bertambahnya rasio *powder* dan *liquid zinc phosphate cement* akan menyebabkan semakin cepatnya pembentukan matriks fosfat sehingga *setting time* akan semakin cepat pula (McCabe & Walls, 2014). Rasio *powder* dan *liquid zinc phosphate cement* yang dianjurkan adalah 2,5 hingga 3,5 g/ml, yaitu sebesar 1,4 g powder / 0,5 ml liquid (Schmalz & Bindslev, 2009).

Teori tersebut dibuktikan pada hasil penelitian ini bahwa dengan menambah rasio *powder* dan *liquid zinc phosphate cement* nano, atau dengan mengurangi jumlah tetes *liquid* akan mempercepat *working time* dan *setting time*. Pada penelitian ini, didapatkan nilai rata-rata *setting time zinc phosphate cement* nano dengan 4 tetes *liquid* sebesar 278,40 detik, pada *zinc phosphate cement* nano dengan 3 tetes *liquid* sebesar 137,60 detik, sedangkan untuk *zinc phosphate cement* nano dengan 2 tetes *liquid* yaitu 96,60 detik. Nilai rata-rata *working time zinc phosphate cement* nano dengan 4 tetes *liquid* sebesar 38,60 detik, *zinc phosphate cement* nano dengan 3 tetes *liquid* sebesar 39 detik, dan *zinc phosphate cement* nano dengan 2 tetes *liquid* sebesar 34 detik. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat *setting time* dan *working time zinc phosphate cement* nano yang semakin cepat dengan bertambahnya rasio antara *powder* dan *liquid* atau dengan berkurangnya jumlah tetes *liquid*.

Kecepatan penggabungan *powder* ke *liquid* pada *zinc phosphate cement* juga dapat mempengaruhi *working time* dan *setting time*. Penggabungan *powder* ke *liquid* yang semakin cepat, akan mempercepat reaksi yang terjadi, dan begitu juga sebaliknya (McCabe

dan Walls, 2014). Pengadukan yang dilakukan dengan sedikit demi sedikit menarik *powder* ke *liquid* akan menambah *setting time* dan *working time*, dan mengurangi reaksi eksotermis atau reaksi panas yang dikeluarkan saat manipulasi. Pengadukan *powder* ke *liquid* yang sedikit demi sedikit tersebut juga memungkinkan lebih banyak bubuk yang dapat digunakan untuk manipulasi *zinc phosphate cement* (Anusavice, 2003).

Teori tersebut dapat menjelaskan adanya peningkatan *working time* sebesar 0,4 detik pada kelompok III yaitu *zinc phosphate cement* nano dengan *liquid* 3 tetes dibanding pada kelompok II yaitu *zinc phosphate cement* nano dengan 4 tetes *liquid*. Hal tersebut kemungkinan diakibatkan karena kecepatan penambahan *powder* ke *liquid* yang lebih lama pada kelompok III daripada kelompok II sehingga *working time* pada kelompok III juga lebih lambat.

Waktu pengadukan *powder* dan *liquid zinc phosphate cement* dapat mempengaruhi *setting time* dan *working time*. Waktu pengadukan yang diperlama akan menyebabkan matriks yang terbentuk saat pencampuran *powder* dan *liquid zinc phosphate cement* menjadi hancur, sehingga memerlukan waktu lebih untuk membangun matriks kembali. Matriks tersebut merupakan matriks zinc aluminofosfat yang terbentuk saat reaksi eksotermis pada saat manipulasi *powder* dan *liquid zinc phosphate cement*. Bertambahnya waktu untuk membentuk matriks yang telah hancur tersebut, akan menyebabkan *working time* dan *setting time* semakin lambat (Anusavice, 2003).

Semen yang memiliki ukuran partikel nano, memiliki karakteristik yang berbeda dengan semen berukuran besar. Perbedaan karakteristik semen berukuran nano dengan semen berukuran besar disebabkan karena skala yang berkurang. Skala yang berkurang menyebabkan luas permukaan per satuan massa menjadi lebih besar. Luas permukaan yang bertambah mengakibatkan semakin banyaknya atom yang memiliki koordinasi lebih rendah yang berada di permukaan. Atom permukaan tersebut kurang stabil sehingga mengakibatkan permukaan nanomaterial lebih reaktif. (Wiley & Inc, 2016). Luas permukaan yang besar juga menyebabkan semakin banyaknya permukaan yang melakukan reaksi sehingga reaksi *setting time* semakin cepat (Anusavice, 2003)

Pada penelitian ini, *zinc phosphate cement* nano memiliki ukuran partikel yang lebih kecil daripada *zinc phosphate cement* konvensional. Hal tersebut menunjukkan bahwa reaksi *setting time* dan *working time* pada *zinc phosphate cement* nano lebih cepat daripada *zinc phosphate cement* konvensional. Hal ini dapat dibuktikan dengan adanya nilai *setting time* dan *working time* *zinc phosphate cement* nano yang lebih kecil daripada *zinc phosphate cement* konvensional.

Pada penelitian ini, w/p ratio *zinc phosphate cement* nano yang paling optimal adalah 1 *scoop* (0,38 gr) *powder zinc phosphate cement* nano dengan 4 tetes *liquid* dibandingkan pada kelompok lain. Hal tersebut dikarenakan pada *zinc phosphate cement* nano dengan 4 tetes *liquid* lebih homogen daripada kelompok lainnya yang diketahui dari

konsistensi 1 inch string atau ketika semen tidak terputus ketika ditarik menggunakan spatula semen. Namun, konsistensi pada *zinc phosphate cement* nano dengan 4 tetes *liquid* masih terlalu tebal dibandingkan dengan konsistensi *zinc phosphate cement* konvensional sesuai petunjuk pabrik. Hal tersebut dikarenakan pada *zinc phosphate cement* nano dengan 4 tetes *liquid* didapatkan konsistensi 1 inch string lebih dari  $\frac{3}{4}$  inch atau lebih dari 19 mm, sehingga sebaiknya perlu dilakukan penambahan jumlah tetes *liquid* untuk mendapatkan konsistensi 1 inch string yang ideal. Konsistensi 1 inch string yang ideal adalah ketika semen tidak terputus saat ditarik menggunakan spatula semen dengan panjang  $\frac{1}{2}$  inch hingga  $\frac{3}{4}$  inch atau 12 mm hingga 19 mm (Anusavice, et al., 2013).

Penambahan jumlah tetes *liquid* dapat mengakibatkan semakin turunnya pH karena pada *liquid* terdapat asam fosfat. Sifat keasaman *zinc phosphate cement* sangat tinggi dengan adanya asam fosfat pada cairannya sehingga semen ini sangat iritasi terhadap pulpa. Semakin banyak cairan yang digunakan, sifat dari *zinc phosphate cement* juga akan semakin mengiritasi (Bonsor dan Pearson, 2013).

Hasil penelitian ini sesuai dengan hipotesis penulis, yaitu terdapat perbedaan *setting time* dan *working time* antara *zinc phosphate cement* nano dan *zinc phosphate cement* konvensional, dimana *setting time* dan *working time* *zinc phosphate cement* nano lebih cepat daripada *zinc phosphate cement* konvensional, serta *setting time* *zinc phosphate cement* nano lebih cepat dengan penurunan jumlah tetes *liquid* dan *working time* *zinc phosphate cement* nano lebih cepat dengan penurunan jumlah tetes *liquid*.

## BAB VI

### PENUTUP

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai perbedaan *setting time* dan *working time* antara *zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement* nano maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut

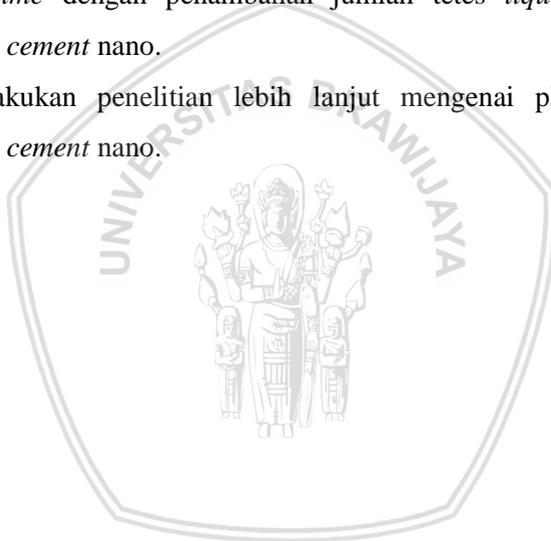
1. Terdapat perbedaan *setting time* *zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement* nano
2. Terdapat perbedaan *working time* *zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement* nano
3. *Setting time* *zinc phosphate cement* nano lebih cepat daripada *zinc phosphate cement* konvensional
4. *Working time* *zinc phosphate cement* nano lebih cepat daripada *zinc phosphate cement* konvensional
5. Terdapat hubungan yang signifikan antara jumlah tetes *liquid zinc phosphate cement* nano terhadap *setting time* sebesar 82,1 %.
6. *Setting time* *zinc phosphate cement* nano akan semakin cepat dengan penurunan jumlah tetes *liquid*.
7. Terdapat hubungan yang tidak signifikan antara jumlah tetes *liquid zinc phosphate cement* nano terhadap *working time* sebesar 3,6 %.
8. *Working time* *zinc phosphate cement* nano akan semakin cepat dengan penurunan jumlah tetes *liquid*.

9. W/p ratio *zinc phosphate cement* nano yang ideal adalah 1 *scoop* (0,385 gr) *powder* dengan 4 tetes *liquid*.

## 6.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini, maka perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai hal berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai *setting time* dan *working time* dengan penambahan jumlah tetes *liquid zinc phosphate cement* nano.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pH *zinc phosphate cement* nano.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Abdullah, M., Virgus, Y., N. & K., 2008. Review: Sintesis Nanomaterial. *Jurnal Nanosains % Nanoteknologi*, Volume 1, p.2
- Aguilar, Z., 2013. *Nanomaterials for Medical Applications*. USA: Elsevier.
- Anusavice, K. J., Shen, C. & Rawls, H. R., 2013. *Philips' Science of Dental Materials*. 12 ed. USA: Elsevier.
- Deynilisa, S., 2015. *Ilmu Konservasi Gigi*. Jakarta: EGC.
- Garg, N. & Garg, A., 2011. *Textbook of Preclinical Conservative Dentistry*. India: Jaypee Brothers Medical Publishers.
- Gopikrishna, V., 2015. *Preclinical Manual of Conservative Dentistry and Endodontics*. Second ed. India: Elsevier.
- Hatrick, C. D. & Eakle, W. S., 2016. *Dental Materials Clinical Applications for Dental Assistants and Dental Hygienists*. Third ed. USA: Elsevier.
- Khurshid, Z. et al., 2015. Advances in Nanotechnology for Restorative Dentistry. *materials*.
- McCabe, J. F. & Walls, A. W. G., 2014. *Bahan Kedokteran Gigi*. 9 ed. Jakarta: EGC.
- Pamejjer, C. H., 2011. A Review of Luting Agents. *International Journal of Dentistry*, Volume 2012, p. 7.
- Pokropivny, V. et al., 2007. *Introduction to Nanomaterials and Nanotechnology*. Ukraine: Tartu University Press.
- Powers, J. M. & Wataha, J. C., 2017. *Dental Materials Foundations and Applications*. 11 ed. USA: Elsevier.
- Priest, S. H., 2012. *Nanotechnology and The Public Risk Perception and Risk Communication*. USA: CRC Press.



- Ramesh, K. T., 2009. *Nanomaterials Mechanics and Mechanisms*. USA: Springer.
- Schmalz, G. & Bindsvlev, D. A., 2009. *Biocompatibility of Dental Materials*. Leipzig: Springer.
- Subramani, K. & Ahmed, W., 2011. *Emerging Nanotechnologies in Dentistry*. 2nd ed. St Louis, US: Elsevier.
- Subramani, K., Ahmed, W. & Hartsfield, J. K., 2013. *Nano Biomaterials in Clinical Dentistry*. USA: Elsevier.
- Wiley, J. & Inc, S., 2016. *Nanomaterial Characterization an Introduction*. USA: Library of Congress Cataloging.

