



**ANALISIS PERBEDAAN NILAI KEASAMAN  
ZINC PHOSPHATE CEMENT KONVENSIONAL DAN  
ZINC PHOSPHATE CEMENT NANO**

**SKRIPSI**

**UNTUK MEMENUHI PERSYARATAN  
MEMPEROLEH GELAR SARJANA**

**OLEH :**

**MARSHAILA GEOVANNI  
155070401111022**

**PROGRAM STUDI SARJANA KEDOKTERAN GIGI  
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
2019**



**HALAMAN PENGESAHAN  
SKRIPSI**

**ANALISIS PERBEDAAN NILAI KEASAMAN  
ZINC PHOSPHATE CEMENT KONVENSIONAL DAN  
ZINC PHOSPHATE CEMENT NANO**

Oleh:  
**MARSHAILA GEOVANNI**  
155070401111022

Telah diujikan di depan Majelis Penguji pada tanggal  
**19 Maret 2019** dan dinyatakan memenuhi syarat untuk  
memperoleh gelar Sarjana dalam Bidang Kedokteran Gigi

**Menyetujui untuk diuji:**

**Pembimbing**

**drg. Lalita El Mila, M.Si**  
**NIP : 2013048706302001**

**Malang,**  
**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi Sarjana Kedokteran Gigi**  
**Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya**

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



**HALAMAN PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**ANALISIS PERBEDAAN NILAI KEASAMAN  
ZINC PHOSPHATE CEMENT KONVENSIONAL DAN  
ZINC PHOSPHATE CEMENT NANO**

Oleh:

**MARSHAILA GEOVANNI**

**155070401111022**

**Menyetujui untuk diuji:**

**Pembimbing**

**drg. Lalita El Mila, M.Si**

**NIP : 2013048706302001**



## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah disertasi 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 peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No.20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 21 Maret 2019

Yang menyatakan,

Marshaila Geovanni

155070401111022

## ABSTRAK

Marshaila Geovanni, 155070401111022, Program Studi Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya Malang, 7 Januari 2019, “Analisis Perbedaan Nilai Keasaman *Zinc Phosphate Cement* Konvensional dan *Zinc Phosphate Cement Nano*”, Tim Pembimbing drg. Lalita El Mila, M.Si.

*Zinc Phosphate Cement* merupakan salah satu bahan di bidang kedokteran gigi yang digunakan sebagai semen luting. Bahan ini memiliki kelemahan yaitu tingkat keasamannya yang tinggi pada awal penggunaannya sehingga dapat berpotensi mengiritasi pulpa. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mempercepat peningkatan pH *zinc phosphate cement* adalah dengan merubah partikel *zinc phosphate cement* dari skala mikro menjadi skala nano. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbedaan nilai keasaman antara *zinc phosphate cement nano* dengan *zinc phosphate cement* konvensional. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental *posttest only control design* untuk melihat perbedaan nilai keasaman *zinc phosphate cement*. Sampel yang digunakan berjumlah 6, 3 sampel *zinc phosphate cement* konvensional dan 3 sampel *zinc phosphate cement* nano. Tiap sampel diukur berdasarkan 8 interval waktu yaitu, 2,5,10,15,20,30,60,1440 menit setelah pengadukan. Sehingga terdiri dari 16 kelompok. Nilai keasaman diukur menggunakan pH meter. Hasil uji statistika menunjukkan terdapat perbedaan yang bermakna antara nilai keasaman *zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement nano* (*One Way ANOVA*,  $p=0,000$ ). Kesimpulan dari penelitian ini adalah nilai keasaman antara *zinc phosphate cement* konvensional lebih tinggi dibandingkan *zinc phosphate cement nano*.

Kata Kunci : nilai keasaman, *zinc phosphate cement*, nano

## ABSTRACT

Marshaila Geovanni, 155070401111022, Department of Dentistry, Faculty of Dentistry, University of Brawijaya, January 7th, 2019, "Analysis of the Difference In Value Acidity Zinc *Phaosphate Cement* Conventional and Zinc *Phosphate Cement Nano*", Team Supervisor drg. Lalita El Mila, M.Sc.

*Zinc Phosphate Cement* is one of the ingredients in the field of dentistry that is used as a luting cement. This material discount disadvantage that high acidity levels in the beginning of its use so that it can potentially irritate the pulp. One attempt to do to accelerate the increase in the pH of zinc phosphate cement is by changing the particles of zinc phosphate cement into nanoscale micro scale. The purpose of this study to determine the difference in value between the zinc phosphate cement acidity nano with a conventional zinc phosphate cement. This research is an experimental research the posttest only control design to see the difference in the value of the acidity of the zinc phosphate cement. The sample was 6, 3 samples of conventional zinc phosphate cement and 3 samples of nano zinc phosphate cement. Each sample is measured based on 8 intervals ie, 2,5,10,15,20,30,60,1440 minutes after stirring. Thus consists of 16 groups. Value acidity was measured using a pH meter. The test results showed statistically significant difference between the value of the acidity of the zinc phosphate cement and zinc phosphate cement conventional nano ( $p = 0.000$ ). The conclusion of this study is a value between zinc phosphate cement acidity higher than that of conventional zinc phosphate cement nano.

Keywords: acidity values, zinc phosphate cement, nano

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan penyertaannya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Skripsi dengan judul “Analisis Perbedaan Nilai Keasaman *Zinc Phosphate Cement* Konvensional dan *Zinc Phosphate Cement Nano*”.

Dalam penulisan proposal skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Dengan selesainya proposal skripsi ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Drg. R. Setyohadi, M.S selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya
2. Drg. Yuliana Ratna Kumala, Sp.KG selaku Kepala Program Studi Pendidikan Dokter Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya
3. Drg. Lalita El Mila, M.Si sebagai dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing dan senantiasa memberi saran dan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
4. Dr.drg.M.Chair Effendi, SU.,Sp.KGA sebagai dosen penguji I yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan saran dan kritik kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.
5. Dr. Deni Shidqi Khaerudini,S.Si.,M.Eng. sebagai dosen penguji II yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan saran dan kritik kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.
6. drg. Diena Fuadiyah. M.Si selaku koordinator tim skripsi yang telah meluangkan waktu dan tenaganya sehingga dapat tersusun naskah skripsi ini dengan baik.



7. Seluruh Dosen dan Staff Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya atas segala ilmu yang telah diberikan kepada penulis.
8. Mama, Papa, Kakak dan keluarga besar yang selalu mendoakan, memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.
9. Teman-teman FKG 2015 dan YIC Narwastu yang sudah memberikan dukungan bagi penulis.
10. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis membuka diri untuk segala saran dan kritik yang membangun. Akhirnya, semoga proposal tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Malang, 7 Januari 2019

Penulis

**DAFTAR ISI**

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah.....	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.....	4
1.4.1 Manfaat Akademis.....	4
1.4.2 Manfaat Praktis.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Zinc Phosphate Cement.....	5
2.1.1 Definisi.....	5
2.1.2 Zinc Phosphate Cement sebagai Luting.....	5
2.1.3 Komposisi.....	7
2.1.4 Reaksi <i>Setting</i> .....	9
2.1.5 Manipulasi.....	10
2.1.6 Penggunaan Zinc Phosphate Cement dalam Single Crown.....	13
2.1.7 Sifat Zinc Phosphate Cement.....	15

2.1.8 Kelebihan dan Kekurangan <i>Zinc Phosphate Cement</i> .....	17
2.2 Nanomaterial .....	18
2.2.1 Definisi Nanomaterial .....	18
2.2.2 Nanopartikel .....	18
2.2.3 Pendekatan Pembuatan Nanopartikel .....	19
2.2.4 Nano di bidang Kedokteran Gigi .....	22
2.2.5 Kelebihan dan Kekurangan Partikel Nano .....	22
2.2.6 Sifat yang Diinginkan pada Partikel Nano .....	23
2.3 Nilai Keasaman .....	24
2.3.1 Definisi .....	24
2.3.2 Pengukuran pH .....	24
2.3.3 pH meter .....	25
<b>BAB III KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS</b> .....	27
3.1 Kerangka Konseptual .....	27
3.2 Hipotesis .....	28
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b> .....	29
4.1 Rancangan Penelitian .....	29
4.2 Sampel Penelitian .....	29
4.3 Variabel Penelitian .....	30
4.3.1 Variabel Bebas .....	30
4.3.2 Variabel Terikat .....	30
4.3.3 Variabel Terkendali .....	30
4.4 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	30
4.5 Bahan dan Alat Penelitian .....	31
4.5.1 Bahan Penelitian .....	31
4.5.2 Alat Penelitian .....	31
4.6 Definisi Operasional .....	32
4.7 Prosedur Penelitian .....	32
4.7.1 Persiapan dan Pemilihan Bahan .....	32
4.7.2 Pembuatan Sampel .....	32
4.7.3 Penyimpanan Sampel .....	33
4.7.4 Pengujian Tingkat Keasaman .....	33
4.8 Analisis Data .....	36



4.9 Alur Penelitian.....	37
<b>BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>38</b>
5.1 Hasil Penelitian.....	38
5.1.1 Zinc Phosphate Cement.....	38
5.1.2 Analisa Data.....	41
5.2 Pembahasan.....	44
<b>BAB VI PENUTUP.....</b>	<b>47</b>
6.1 Kesimpulan.....	47
6.2 Saran.....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>52</b>



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi permukaan protesa dengan permukaan gigi (Anusavice, 2013) ..... 6

Gambar 2. 2 Bubuk dan Cairan *Zinc Phosphate Cement* (Scheller dan Seridan, 2010)..... 9

Gambar 2. 3 Persiapan alat dan bahan..... 12

Gambar 2. 4 Prosedur ketiga membagi bubuk menjadi beberapa .... 12

Gambar 2. 5 Menyiapkan cairan dan bubuk yang telah dibagi ..... 12

Gambar 2. 6 Cara memanipulasi dengan gerakan memutar ..... 13

Gambar 2. 7 Konsistensi *zinc phosphate cement* sebagai luting (Scheller dan Seridan, 2010) ..... 13

Gambar 2. 8 Ilustrasi Tahapan Penempatan Semen ..... 14

Gambar 2. 9 Ilustrasi Cara Menempatkan Kedudukan Mahkota ..... 15

Gambar 2. 10 pH Semen Luting (Anusavice, 2013) ..... 17

Gambar 2. 11 Ilustrasi Pendekatan Pembuatan Nanopartikel ..... 19

Gambar 2. 12 Contoh pendekatan CVD pada pembuluh darah ..... 21

Gambar 2. 13 Ilustrasi pH meter (Emerson, 2010) ..... 26

Gambar 3.1 Kerangka Konsep..... 28

Gambar 5.1 Diagram pH *Zinc Phosphate Cement*..... 40

Gambar 5. 2 Gambar Diagram Garis perubahan pH *Zinc Phosphate Cement*..... 43



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi <i>Zinc Phosphate Cement</i> (Craig's dan M.Powers, 2012) .....	8
Tabel 5. 1 Tabel hasil pH <i>Zinc Phosphate Cement</i> Konvensional.....	39
Tabel 5.2 Tabel hasil uji pH <i>Zinc Phosphate Cement</i> Nano .....	43
Tabel 5.3 Hasil Uji Pos Hoc .....	46



## DAFTAR LAMPIRAN

UJI STATISTIKA.....	52
FOTO PENELITIAN.....	60
HASIL PSA.....	63



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bidang kedokteran gigi menggunakan semen sebagai luting untuk mengisi ruang antara protesa dan gigi yang dipreparasi serta mempertahankan mahkota buatan maupun gigi tiruan cekat pada permukaan gigi agar tidak terlepas (Burgess dan Ghuman, 2006).

Semen seng fosfat (*zinc phosphate cement*) merupakan salah satu bahan yang digunakan sebagai luting. Karakteristik yang harus dimiliki semen sebagai luting adalah tidak mengiritasi pulpa, memiliki waktu yang cukup untuk dilakukan pencampuran dan aplikasi pada restorasi, viskositas awal yang rendah, tidak menghantarkan termal dan listrik (McCabe dan Walls, 2008).

*Zinc phosphate cement* terdiri dari bubuk dan cairan (Sakaguchi dan M.Power, 2012). Komposisi bubuk terbesar dari *zinc phosphate cement* adalah *zinc oxide*. Cairan *zinc phosphate cement* mengandung air, *phosphoric acid*, *aluminium phosphate* dan beberapa kandungan lain. Ketika bubuk dan cairan *zinc phosphate cement* dicampurkan, maka *phosphoric acid* akan melarutkan *zinc oxide* kemudian bereaksi dengan *aluminium phosphate* dan akan membentuk gel *aluminumophosphate*. Air dapat mengendalikan ionisasi dari asam, yang akan mempengaruhi kecepatan reaksi cairan dan bubuk (Anusavice, 2013).

Sebagai bahan luting, *zinc phosphate cement* memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari semen seng fosfat adalah konduktivitas termal rendah, *setting time* cepat, dan murah

(Sheridan, 2010). Sedangkan kelemahan utama dari *zinc phosphate cement* adalah setelah komponen bubuk dan cairan dicampurkan tingkat keasaman *zinc phosphate cement* tinggi, berpotensi mengiritasi pulpa (Sheridan, 2010). *Zinc phosphate cement* konvensional memiliki pH 3,6 setelah 20 menit pengadukan, pH akan terus meningkat, setelah 1 jam pH menjadi 5,5 (Anusavice, 2013). Tingkat keasaman dengan pH dibawah 3,5 dapat mengiritasi pulpa (Fehrenbach dan Weiner, 2009). Untuk itu perlu dilakukan usaha dalam mempercepat peningkatan pH *zinc phosphate cement* untuk mengurangi resiko terjadinya iritasi pulpa.

Menurut penelitian yang dilakukan Arefi dan Zarchi (2012), menunjukkan semen dengan penambahan partikel nano *zinc oxide* mengalami peningkatan luas permukaan, atom sangat reaktif yang mengakibatkan reaksi terjadi lebih cepat. Semakin cepat reaksi terjadi, cairan asam akan cepat habis dan mempengaruhi pH semen.

Dengan material nano diduga dapat mempercepat reaksi semen dan pH semen cepat meningkat, sehingga mampu mengurangi resiko iritasi pulpa. Namun belum pernah dilakukan penelitian mengenai perbedaan tingkat keasaman *zinc phosphate cement* nano dan *Zinc phosphate cement* konvensional. Hal tersebut yang mendasari peneliti untuk meneliti perbedaan nilai keasaman antara *zinc phosphate cement* nano dengan *zinc phosphate cement* konvensional.

## 1.2 Rumusan Masalah

Apakah terdapat perbedaan nilai keasaman antara *zinc phosphate cement* nano dengan *zinc phosphate cement* konvensional?

## 1.3 Tujuan

### 1.3.1 Tujuan Umum

Mengetahui perbedaan nilai keasaman antara *zinc phosphate cement* nano dengan *zinc phosphate cement* konvensional.

### 1.3.2 Tujuan Khusus

- Mengetahui perubahan nilai keasaman *zinc phosphate cement* konvensional 2, 5, 10, 15, 20, 30, 60 dan 1440 menit kondisi *liquid* pada awal pengadukan
- Mengetahui perubahan nilai keasaman *zinc phosphate cement* nano 2, 5, 10, 15, 20, 30, 60 dan 1440 menit kondisi *liquid* pada awal pengadukan
- Mengetahui perbedaan nilai keasaman *zinc phosphate* konvensional dan *zinc phosphate* 2, 5, 10, 15, 20, 30, 60 dan 1440 menit kondisi *liquid* pada awal pengadukan

## 1.4 Manfaat Penelitian

### 1.4.1 Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi untuk perkembangan bidang ilmu material dan nano teknologi kedokteran gigi selanjutnya.

### 1.4.2 Manfaat Klinis

Penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi masyarakat terutama dokter gigi sebagai referensi penggunaan *zinc phosphate cement nano*



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Zinc Phosphate Cement

##### 2.1.1 Definisi

Merupakan salah satu bahan semen yang sudah digunakan sejak lama di bidang kedokteran gigi, dengan material utama *zinc phosphate* dan *phosphoric acid liquid* (Bonsor dan Pearson, 2013). Komponen ini dapat bereaksi satu sama lain, sehingga dalam memanipulasi bahan tersebut harus berhati-hati, agar hasil pengadukan sesuai dengan sifat fisik yang diinginkan (Powers dan Sakaguchi, 2006).

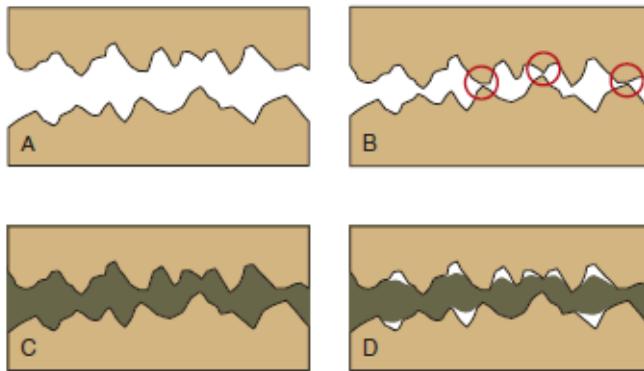
*Zinc phosphate cement* tersedia dalam bentuk bubuk dan suatu cairan, yang dapat dilakukan pencampuran di atas pelat yang terbuat dari kaca. Selain itu juga terdapat semen *zinc phosphate cement* dalam bentuk berupa kapsul, pencampuran tidak perlu dilakukan, karena akan secara otomatis tercampur dalam kapsul tersebut, kemudian dapat diaplikasikan melalui siring (McCabe dan Walls, 2014).

##### 2.1.2 Zinc Phosphate Cement sebagai Luting

Semen luting digunakan untuk mengisi celah mikroskopis antara protesa dan preparasi gigi. Seperti pada gambar 2.1 yang menggambarkan permukaan permukaan protesa. Gambar A menunjukkan permukaan gigi dan protesa yang tidak teratur. Gambar B yaitu dua permukaan ditekan tanpa adanya lapisan sehingga terbentuk titik kontak yang ditunjukkan dengan tanda lingkaran.

Gambar C menunjukkan aplikasi semen sebagai perekat kedua komponen. Gambar D merupakan gambaran celah yang terbentuk akibat ketidakmampuan lapisan untuk memenuhi celah pada permukaan yang benar (Anusavice, 2013).

**Gambar 2. 1(A) Ilustrasi permukaan protesa dengan permukaan gigi yang tidak teratur. (B) Dua permukaan ditekan tanpa adanya lapisan. (C) Aplikasi semen sebagai perekat kedua komponen. (D) Celah yang terbentuk akibat ketidakmampuan lapisan untuk memenuhi celah pada permukaan yang benar (Anusavice, 2013)**



Prosedur pemolesan (*polishing*) merupakan proses yang menghasilkan permukaan yang dipoles menjadi lebih halus dan mengkilap dengan menggunakan bahan abrasif yang menghilangkan goresan kecil pada permukaan ataupun menghilangkan noda (*stain*) (Anusavice, 2013; Eakle dan Carol, 2015). Permukaan gigi tiruan lepasan yang harus dilakukan pemolesan disebut permukaan poles.

Bagian permukaan poles meliputi permukaan gigi tiruan dari tepi gigi tiruan ke permukaan oklusal, termasuk permukaan bukal dan lingual gigi-geligi yang permukaannya berkontak dengan bibir, pipi

dan lidah. Gigi tiruan yang telah dipoles dengan baik dan halus akan meningkatkan kesehatan mulut dengan cara mencegah sisa makanan dan bakteri patogen melekat pada restorasi (Bonsor dan Pearson, 2013).

### 2.1.3 Komposisi

Komposisi utama bubuk dari bahan *zinc phosphate cement* adalah seng oksida 90%, oksida magnesium 10%, silikon dioksida, bismut trioksida dan masih banyak komponen kecil lainnya yang dapat mempengaruhi karakteristik semen dan sifat akhir semen ketika dimanipulasi. Bahan bubuk tersebut dicampur pada temperature 1000-1400°C, kemudian ditumbuk menjadi bubuk halus (Anusavice, 2004). Magnesium oksida berfungsi untuk mengurangi proses kalsinasi suhu. Silikon dioksida merupakan bahan yang tidak aktif, tapi membantu dalam proses kalsinasi. Bismut trioksida dipercaya membantu saat proses pencampuran dan apabila dalam jumlah banyak, dapat mempengaruhi *setting time* (Bonsor dan Pearson, 2013).

Komposisi cairan mengandung asam fosfor, aluminium fosfat, dan air sebanyak 33% yang dapat mengendalikan ionisasi dari asam, serta mempengaruhi kecepatan reaksi cairan dan bubuk (Anusavice, 2013). Cairan dari semen *zinc phosphate cement* disesuaikan untuk menetralkan atau *buffering* dan untuk mengencerkan, sehingga bubuk dan cairan dapat bereaksi sampai mengalami *setting time* dan kualitas mekanik (Bonsor dan Pearson, 2013).

**Tabel 2. 1 Komposisi Zinc Phosphate Cement (Craig's dan M.Powers, 2012)**

<b>Komposisi</b>	<b>Berat (%)</b>
<b>Powder</b>	
<b>ZnO</b>	90.2
<b>MgO</b>	8.2
<b>SiO<sub>2</sub></b>	1.4
<b>Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.1
<b>Misc, BaO, Ba<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaO</b>	0.1
<b>Liquid</b>	
<b>H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (free acid)</b>	38.2
<b>H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (combined with Al, Zn)</b>	16.2
<b>Al</b>	2.5
<b>Zn</b>	7.1
<b>H<sub>2</sub>O</b>	36.0

**Gambar 2. 2 Bubuk dan Cairan Zinc Phosphate Cement (Scheller dan Seridan, 2010)**



#### 2.1.4 Reaksi *Setting*

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



Ketika bubuk dan cairan *zinc phosphate cement* dicampurkan, asam fosfor akan berkontak dengan permukaan partikel dan akan terjadi pelepasan ion-ion seng ke dalam cairan. Aluminium akan membentuk ikatan dengan asam fosfor, bereaksi dengan seng, sehingga menghasilkan gel seng aluminofosfat di permukaan sisanya. Semen yang mengeras merupakan struktur inti terutama terdiri dari partikel seng oksida yang tidak bereaksi, dibungkus dengan matriks yang tidak berbentuk dan padat dari seng aluminofosfat (Anusavice, 2013).

### 2.1.5 Manipulasi

Reaksi antara bubuk *zinc phosphate cement* dan cairan *zinc phosphate cement* mempengaruhi karakteristik semen. Cara manipulasi yang tepat adalah memasukkan jumlah bubuk ke dalam cairan secara perlahan pada *glass slab* untuk mencapai konsistensi semen yang diinginkan (Bonsor dan Pearson, 2013). Kaca yang tebal akan menghilangkan panas dari reaksi semen. Apabila reaksi terjadi dengan cepat, *working time* tidak tersedia waktu untuk memanipulasi semen dengan tepat sebelum semen *setting* (Bonsor dan Pearson, 2013). Saat memanipulasi pada *glass slab*, akan efektif apabila suhu rendah namun tidak sampai di bawah titik embun. Suhu 18° sampai 24° diindikasikan untuk memanipulasi semen pada suhu ruang.

Jumlah bubuk yang dimanipulasikan dengan cairan yang diberikan sangat menentukan sifat-sifat campuran semen. Menggabungkan sedikit bubuk dan cairan pada awal manipulasi, meminimalkan panas yang timbul karena gesekan. Panas yang timbul dari gesekan ini dapat dikurangi dengan cara memanipulasi bahan di atas *glass slab* yang luas dan dingin. Spatula yang panjang dan memiliki bilah kecil digunakan untuk memanipulasi, mengontrol suhu dan *setting time* (Bonsor dan Pearson, 2013).

Untuk penggunaan sebagai luting dapat diukur dengan perbandingan bubuk : cairan = 1,45 g : 0,5ml (Manappalil, 2003). Proses pencampuran bubuk dan cairan sedikit demi sedikit. Pengadukan menggunakan spatula pada area yang luas dan memutar melawan arah jarum jam. Penyelesaian pengadukan kurang lebih 1,5 menit (Anusavice, 2013).



Alat dan bahan yang perlu dipersiapkan:

1. Kaca Mulut
2. Spatula
3. *Glass slab* dingin dan kering
4. Kasa
5. Plastik (Scheller dan Seridan, 2010)

Prosedur cara memanipulasi *zinc phosphate cement* :

1. Memastikan bahwa operator sudah bersih dan *glass slab* kering
2. Kocok botol dan pastikan tutup botol tertutup secara aman, untuk membebaskan partikel bubuk secara merata
3. Memindahkan bubuk di atas *glass slab* dengan takaran sesuai dengan instruksi pabrik. Dengan membagi bubuk menjadi tiga bagian.
4. Menyiapkan cairan di atas *glass slab* sesuai dengan intruksi pabrik, agar cairan keluar dari botol sesuai takaran, pegang botol tegak lurus dengan *glass slab*
5. Campurkan komponen bubuk dan cairan selama 15 detik. Gunakan spatula tipis yang terbuat dari logam dengan gerakan melingkar, pada luas permukaan *glass slab*
6. Apabila sudah bercampur, dilanjutkan dengan pencampuran bubuk lain, yang sudah di bagi dengan gerakan yang sama selama 15 detik
7. Ulangi langkah 5 dan 6 sampai konsistensi yang diinginkan

8. Kumpulkan seluruh campuran menggunakan spatula agar mudah diambil
9. Gunakan kasa untuk membersihkan kelebihan semen pada alat
10. Segera bersihkan spatula dan *glass slab* , apabila tidak terdapat cukup waktu dan sudah mengering, rendam dalam air

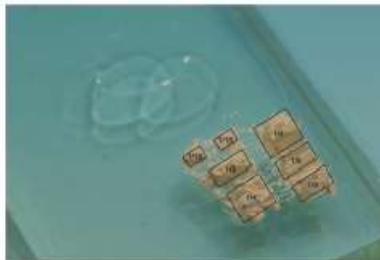
**Gambar 2. 3** Persiapan alat dan bahan



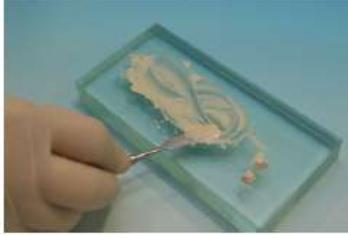
**Gambar 2. 4** Prosedur ketiga membagi bubuk menjadi beberapa



**Gambar 2. 5** Menyiapkan cairan dan bubuk yang telah dibagi



Gambar 2. 6 Cara memanipulasi dengan gerakan memutar



Gambar 2. 7 Konsistensi zinc phosphate cement sebagai luting (Scheller dan Seridan, 2010)



## 2.1.6 Penggunaan Zinc Phosphate Cement dalam Single Crown

Luting pada *single crown* terdiri dari tiga tahapan yaitu penempatan semen, menempatkan mahkota dan menghilangkan kelebihan semen.

### 2.1.6.1 Penempatan Semen

Semen harus melapisi seluruh permukaan bagian dalam mahkota dan menambahkan sedikit lebih semen untuk memastikan bahwa celah antara mahkota dan gigi sudah terisi. Semen harus mengisi sekitar setengah bagian celah di dalam mahkota dan harus bebas dari gelembung udara. Tidak mengisi seluruh celah mahkota dapat meningkatkan resiko terbentuknya gelembung udara, waktu

dan tekanan diperlukan untuk menempatkan mahkota dan waktu untuk menghapus kelebihan semen (Anusavice, 2013).

**Gambar 2. 8 Ilustrasi Tahapan Penempatan Semen**



#### 2.1.6.2 Menempatkan Mahkota

Ketika dudukan mahkota sudah siap, mahkota dapat dipasang. Untuk membantu meletakkan mahkota pada posisi yang benar, dapat dilakukan dengan menggunakan alat ultrasonik untuk menghasilkan getaran. Setelah itu dilakukan evaluasi untuk melihat kedudukan mahkota, dan mengintruksikan pasien untuk menggigit benda lembut seperti *cotton roll* untuk memastikan letak kedudukan mahkota dan mengeluarkan kelebihan semen (Anusavice, 2013).

Gambar 2.9 Ilustrasi Cara Menempatkan Kedudukan Mahkota



### 2.1.6.3 Menghilangkan Kelebihan Semen

Teknik untuk menghapus kelebihan semen biasanya yang dijelaskan di dalam instruksi pabrik. Untuk menghilangkan semen dianjurkan menggunakan *dental floss* yang diikat melalui interproksimal menyusuri margin setelah kedudukan mahkota pada posisi yang tepat.

### 2.1.7 Sifat Zinc Phosphate Cement

Sifat dari semen *zinc phosphate cement* :

1. *Zinc phosphate cement* mempunyai *compressive strenght* 104 Mpa dan *tensile strenght* 5,5 Mpa. Penggunaan bubuk semen yang optimal, kekuatan akan bertambah, apabila rasio bubuk diturunkan akan mengurangi kekuatan mekanisnya (Anusavice, 2013).
2. Modulus elastisitas sebesar 13 Gpa, seharusnya semen *zinc phosphate cement* dapat menahan perubahan bentuk elastik, dan

dapat menahan tekanan pengunyahan karena sifatnya cukup kaku (Anusavice, 2013).

3. Menurut spesifikasi ADA, daya larut *zinc phosphate cement* dalam air lebih rendah jika di tes.

4. Pergeseran seng *zinc phosphate cement* bergantung pada kunci mekanis, yaitu ikatan kedua permukaan dan bukan karena reaksi kimia (Anusavice, 2013).

5. Sifat biologis semen *zinc phosphate cement* adalah cairan asam fosfor memiliki nilai keasaman yang tinggi. Setelah dua menit pengadukan, pH *zinc phosphate cement* berkisar 2, kemudian setelah 24 jam pH naik sekitar 5,5 dan mendekati pH normal setelah 48 jam. Jika adukan encer, maka pH akan lebih rendah. Sifat asam ini dapat mengakibatkan kerusakan pulpa. Pada semen yang dibuat dengan cairan dari asam fosfor radioaktif, asam semen dapat menembus 1,5 mm menembus ketebalan dentin. Jika dentin terletak di bawah semen tidak dilindungi dari penembusan asam melalui tubulus dentin, maka dapat terjadi cedera dentin (Anusavice, 2013). Tingkat keasaman dengan pH dibawah 3,5 dapat mengiritasi pulpa (Fehrenbach dan Weiner, 2009).

Semakin lama reaksi berjalan, partikel-partikel reaksi akan semakin berkurang, sehingga akan mempengaruhi konsentrasi dan pH suatu bahan (Sari, 2012).

**Gambar 2. 10 pH Semen Luting (Anusavice, 2013)**

TABLE 14-5 pH of Cements for Luting Applications

Time (minutes)	GLASS IONOMER			
	Zinc Phosphate	Polycarboxylate	Polysilic Liquid	Water-Soluble
2	2.1	3.4	2.3	1.8
5	2.5	3.9	3.0	2.0
10	3.1	4.4	3.8	2.4
15	3.3	4.8	3.9	3.5
30	3.6	4.9	4.0	4.2
60	3.7	5.0	4.2	4.5
90	4.3	5.1	4.6	4.8
1440	5.5	5.9	5.7	6.0

### 2.1.8 Kelebihan dan Kekurangan Zinc Phosphate Cement

Beberapa kelebihan dari semen deng fosfat adalah:

1. Mudah dimanipulasi
2. Membutuhkan waktu yang tidak lama setelah waktu kerja menuju pengerasan
3. Sifat semen untuk tujuan dapat diterima
4. Murah
5. Berhasil dilihat dari jejak perjalanannya

Kekurangan dari semen *zinc phosphate cement* adalah :

1. Terdapat kemungkinan mengiritasi pulpa
2. Tidak dapat berikatan dengan jaringan gigi atau bahan restoratif
3. Tidak memiliki antibakteri
4. Berwarna opak
5. Rapuh (Bonsor dan Pearson, 2013)

## 2.2 Nanomaterial

### 2.2.1 Definisi Nanomaterial

Nanoteknologi merupakan suatu studi tentang kontrol dari materi di bawah ukuran 100 nanometer, seringkali pada skala molekul atau atom (Burgess, 2012). The US National Nanotechnology mendefinisikan nanoteknologi dengan tiga syarat:

1. Mengembangkan teknologi dengan skala molekul atom atau makromolekul dengan skala antara 1-100 nm.
2. Menggunakan struktur, perangkat, dan sistem yang mempunyai sifat dan fungsi karena ukurannya yang kecil.
3. Kemampuan kontrol dan manipulasi pada skala atom dan molekul.

### 2.2.2 Nanopartikel

Nanopartikel adalah partikel yang berukuran 1-100 nanometer (Abdassah, 2017). Partikel dalam skala nanometer memiliki sifat fisik yang khas dibanding dengan partikel berukuran lebih besar (Martien, 2012).

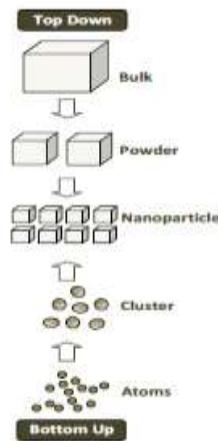
Material berpartikel nano lebih unggul pada sifat kimia dan fisika dibandingkan berukuran besar. Material berukuran nanometer memiliki sifat yang tidak dimiliki material berukuran besar. Sifat dari material tersebut dapat diubah melalui pengontrolan ukuran material, pengaturan komposisi kimiawai, pengaturan ukuran material, dan pengontrolan interaksi antar partikel. Nanopartikel

lebih fleksibel untuk dikombinasikan dengan teknologi lain (Martien, 2012).

### 2.2.3 Pendekatan Pembuatan Nanopartikel

Pembuatan nanopartikel dapat menggunakan dua metode yaitu *top-down* dan *bottom-up*. *Top-down* merupakan metode untuk memproduksi partikel nano dengan cara menghapus sebagian besar bahan. Contoh dari proses *top-down* adalah proses penggilingan, mengguna mesin dan litografi. Sedangkan *bottom-up* merupakan metode pembuatan nano partikel atom dengan atom. Contoh dari metode *top-down* adalah regenerasi jaringan dan sintesis protein (Najeeb .et al, 2016).

Gambar 2. 11 Ilustrasi Pendekatan Pembuatan Nanopartikel



#### 2.2.3.1 Top-down

Metode *top-down* yaitu membuat partikel menggunakan bahan yang besar. Pendekatan ini melibatkan berbagai

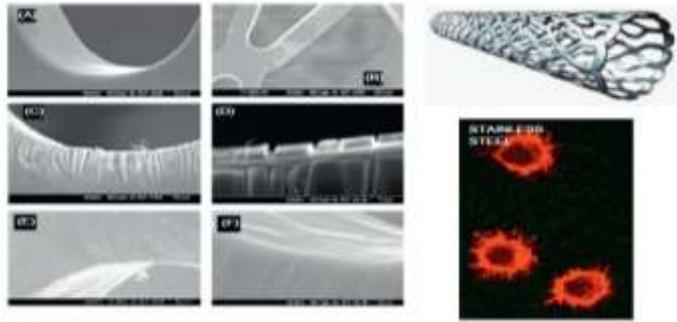
teknik dengan memanfaatkan teknologi seperti deposisi uap kimia (CVD), deposisi endapan (endapan PVD), litografi (fotolitografi, berkas elektron dan x-ray litografi), plasma etsa dan sebagainya untuk menghasilkan struktur fungsional ukuran micro dan nano. Pengembangan teknologi nano membuat banyak produk elektronik meningkatkan kualitas hidup di seluruh dunia. Ukuran partikel menyusut dari sekitar 75  $\mu\text{m}$  sampai dibawah 100 nm. Pendekatan *Top-down* perlu diperhatikan dalam penggunaannya untuk melapisi berbagai lapisan untuk meningkatkan fungsionalitas. Contohnya, *stent* adalah pembuluh darah yang dilapisi dengan menggunakan teknologi CVD, dengan *ultrahin diamond-like* lapisan karbon untuk meningkatkan *biocompatibility* dan aliran darah (Subramani, 2012).

Pendekatan *top-down*, bulk material akan dihancurkan dan dihaluskan, samapai berukuran nanometer. Pendekatan *top-down* dapat dilakukan menggunakan teknik MA-PM (*mechanical alloying- powder metallurgy*) dan MM-PM (*mechanical milling-powder metallgury*). Pada metode *mechanical alloying* dapat dilakukan dengan teknik *ball milling* dan *ultrasonic milling* (Sari, 2012).

*Ball milling* merupakan teknologi yang menggunakan energi tumbukan dengan bola-bola penghancur dengan dinding wadah, bola penghancur bergerak dengan putaran berlintasan planet di dalam wadah yang memiliki tuas pada kedua sisi. Material yang berada di antara bola penghancur dan dinding wadah akan

bertumbukan menghasilkan struktur material yang terpecah-pecah menjadi susunan yang lebih kecil (Chen *et.al*, 2005).

**Gambar 2. 12** Contoh pendekatan CVD pada pembuluh darah



**FIGURE 1.5**  
Examples of stents coated with diamond-like carbon using plasma-enhanced CVD

### 2.2.3.2 Bottom Up

Pendekatan yang melibatkan pembuatan struktur nano dari bawah ke atas dan perangkat dengan mengatur atom-atom. Menyusun partikel nano menjadi material yang lebih kompleks. Salah satu contoh pendekatan bottom up adalah metode kopresipitasi. Metode kopresipitasi merupakan metode sintesis senyawa anorganik, dilakukan dengan pengendapan lebih dari satu substansi ketika melewati titik jenuh. Proses sintesa dengan metode kopresipitasi menggunakan suhu rendah, ukuran partikel mudah dikontrol sehingga membutuhkan waktu yang relatif singkat (Rosyidah, *et al*, 2013).

#### 2.2.4 Nano di bidang Kedokteran Gigi

Bidang nano di kedokteran gigi mulai muncul dengan potensi yang signifikan untuk menghasilkan generasi baru alat klinis berteknologi maju dan perangkat untuk perawatannya gigi. Terdapat keyakinan bahwa teknologi nano akan memberi manfaat nyata di bidang kedokteran gigi. Laju penerapan teknologi nano dalam kedokteran gigi telah dilakukan (Mirsasaani, 2013).

#### 2.2.5 Kelebihan dan Kekurangan Partikel Nano

Kelebihan partikel nano:

- Ukuran partikel yang kecil lebih efisien dibanding partikel berukuran normal
- Menghasilkan sifat mekanik, kimia, biologi, fisik, listrik, termal pada skala nano membuka peluang aplikasi bahan dan teknologi di banyak bidang
- Menghasilkan inovasi baru (Sari, 2012).

Kelemahan partikel nano:

- Kemampuan menembus membran/lapisan jaringan tubuh
- Partikel ampu terabsorpsi berakumulasi dalam jaringan tubuh organisme yang terkena paparan
- Efek toksisitas nanomaterial mampu melalui berbagai sebab yaitu inflamasi dari iritasi fisis, kemampuan oksidasi, pelepasan radikal seperti sisa katalis.

## **2.2.6 Sifat yang Diinginkan pada Partikel Nano**

### **2.2.6.1 Sifat Optis**

Sebuah alasan utama untuk menggunakan partikel nano di bahan gigi adalah untuk meningkatkan sifat optik tanpa mengorbankan kekuatan mekanis dan memakai perlawanan. Sejak ukuran partikel nano partikel jauh lebih kecil daripada panjang gelombang cahaya partikel ini menunjukkan sebuah properti yang diinginkan untuk membuat estetika berupa memelihara dan menjaga keutuhan gigi (Mitra, 2012).

### **2.2.6.2 Sifat Keausan**

Resistensi dari keausan gigi adalah sesuatu yang sangat penting. Sebuah restorasi mungkin terjadi keausan dari tempat fisik atau kondisi patologis. Mastikasi selama mengunyah makanan atau bruxism dapat menyebabkan gesekan dari batu restoratif oleh kebalikan gigi dan hasil dalam kekalahan tersebut materi dan pada akhirnya bentuk anatomi asli. Partikel nano lebih halus dibandingkan partikel mikro (Mitra, 2012).

### **2.2.6.3 Sifat Mekanis**

Menurut penelitian, partikel nano ditemukan untuk memperkuat mekanisme yang berbeda dibandingkan dengan partikel yang lebih besar, partikel nano menghasilkan perbaikan signifikan untuk kekuatan suatu bahan, hal tersebut dipengaruhi kondisi lingkungan dan penyimpanan (Mitra, 2012).

## 2.3 Nilai Keasaman

### 2.3.1 Definisi

Nilai keasaman suatu komponen dinyatakan dengan istilah derajat keasaman atau pH. Keasaman yang dimaksud adalah konsentrasi ion hidrogen ( $H^+$ ) dalam pelarut air. Nilai pH berkisar dari 0 sampai 14. Larutan dikatakan netral apabila memiliki nilai pH sebesar 7. Larutan memiliki sifat basa apabila nilai  $pH > 7$  dan larutan memiliki sifat asam apabila nilai  $pH < 7$ .

### 2.3.2 Pengukuran pH

Pengukuran pH dapat dilakukan dengan menggunakan kertas lakmus, indikator universal dalam bentuk kertas, cairan atau stik, kalorimeter dan pH meter atau elektrometri. Kertas lakmus merah dan lakmus biru hanya digunakan untuk menguji apakah bersifat asam atau basa saja. Apabila kertas lakmus merah diletakkan pada larutan asam tetap berwarna merah, sedangkan lakmus biru pada larutan asam akan berubah menjadi warna merah. Apabila kertas lakmus biru diletakkan pada larutan basa, akan tetap berwarna biru, sedangkan apabila lakmus merah diletakkan pada larutan basa maka akan berubah warna menjadi biru (Oxtoby, 2001).

Indikator universal kertas berwarna kuning, apabila dicelupkan pada larutan asam, maka kertas lakmus berubah menjadi warna merah. Sedangkan apabila kertas indikator universal diletakkan pada larutan basa, maka akan berubah menjadi warna biru atau ungu. Indikator universal cair hampir sama dengan indikator universal kertas. Larutan indikator diteteskan pada larutan

yang akan diuji, kemudian dibandingkan dengan pita warna indikator. Indikator universal stik hampir sama dengan indikator kertas, stik dicelupkan pada larutan kemudian warna yang muncul dibandingkan dengan warna standar pada kotak beserta skala pH-nya (Oxtoby, 2001).

Kalorimeter merupakan metode pengukuran derajat keasaman yang terdiri dari 2 tabung diisi dengan 25 ml air sampel.

Salah satu tabung ditambahkan 1 mL indikator pH, kemudian diaduk. Tabung lain sebagai blangko, diletakkan di dalam kalorimeter. Kalorimeter dinyalakan, kemudian blangko dipindahkan, digantikan tabung yang satunya dan dibaca nilai pH-nya.

pH meter merupakan indikator yang dapat menentukan derajat keasaman suatu larutan dengan menampilkan nilai pH dengan ketelitian tinggi. pH meter bekerja dengan prinsip elektrolit atau konduktivitas suatu larutan (Oxtoby, 2001).

Untuk mengukur *zinc phosphate cement* interval waktu yang di gunakan adalah 2, 5, 10, 15, 20, 30, 60 dan 1440 menit. Sesuai dengan interval waktu setelah dua menit pengadukan , pH *zinc phosphate cement* berkisar 2, kemudian setelah 24 jam pH naik sekitar 5,5 (Anusavice, 2013).

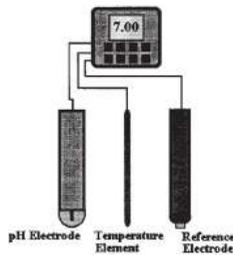
### 2.3.3 pH meter

Pengukuran pH dapat dilakukan menggunakan pH meter. Pengukuran pH didasarkan pada penggunaan elektroda

sensitif (biasanya terbuat dari kaca), referensi elektroda dan suhu elemen yang akan memberikan sinyal pada analisis pH. Kebanyakan sensor pH dirancang untuk menghasilkan sinyal 0 mV di pH 7,0, dengan sensitivitas dari -59,16 mV pada suhu 25 derajat Celcius.

Pengukuran pH didasarkan dari sensor pH dengan konsentrasi ion hidrogen dalam larutan yang merupakan suatu ukuran keasaman atau kebasaan suatu larutan (Emerson, 2010).

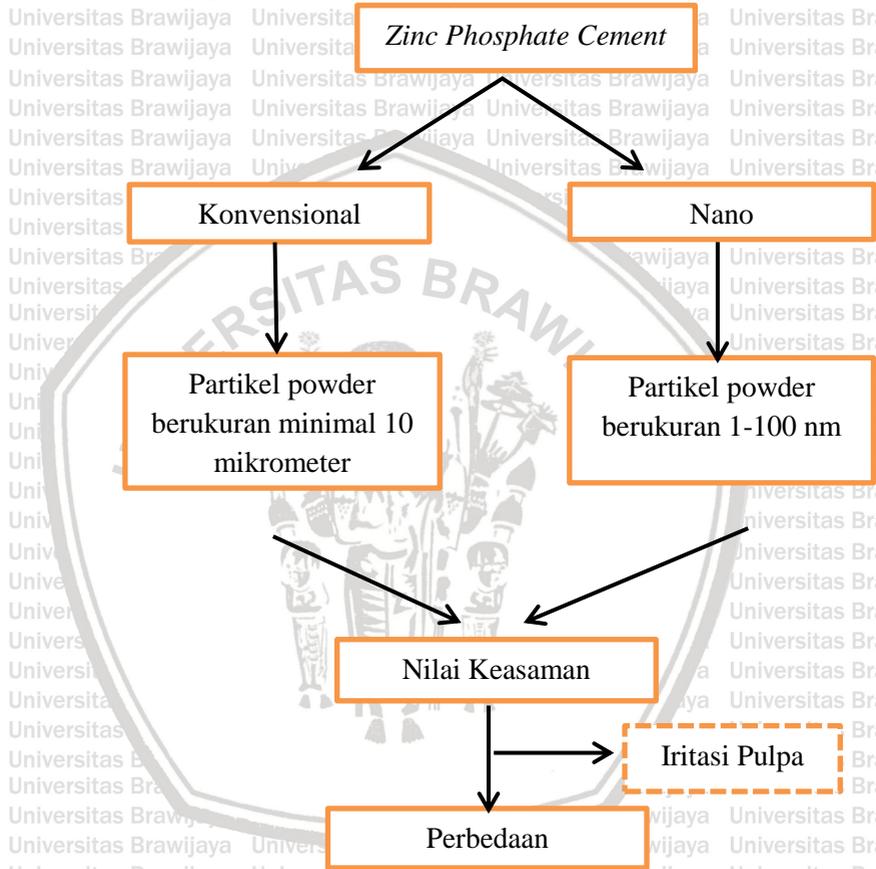
**Gambar 2. 13 Ilustrasi pH meter (Emerson, 2010)**



BAB III

KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS

3.1 Kerangka Konsep



Keterangan:



Variabel yang tidak diteliti

Gambar 3.1 Kerangka Konsep Perbedaan Nilai Keasaman Zinc Phosphate Cement Konvensional dan Nano Zinc Phosphate Cement



*Zinc phosphate cement* merupakan salah satu jenis semen di bidang kedokteran gigi yang sering digunakan sebagai luting. Luting merupakan suatu bahan yang digunakan untuk menutup celah antara gigi dan restorasi. Syarat semen sebagai luting antara lain adalah tidak mengiritasi pulpa, memiliki waktu yang cukup untuk dilakukan pencampuran dan aplikasi pada restorasi, viskositas awal yang rendah, tidak menghantarkan termal dan listrik.

*Zinc phosphate cement* terdiri dari dua macam yaitu konvensional dan partikel nano. Ukuran semen konvensional minimal 10 mikrometer. Sedangkan semen nano berukuran antara 1-100 nanometer. *Zinc phosphate cement* konvensional memiliki pH 3,6 setelah 20 menit pengadukan, pH akan terus meningkat, setelah 1 jam pH menjadi 5,5 (Anusavice, 2013).

Material berukuran nano akan bereaksi lebih cepat, sehingga pH dari *zinc phosphate cement* akan cepat meningkat. *Zinc phosphate cement* konvensional dan nano akan dilakukan perhitungan tingkat keasamannya. Hasil dari pengukuran tingkat keasaman akan dibandingkan.

### 3.2 Hipotesis

Nilai keasaman *Zinc phosphate cement* nano lebih rendah dibandingkan dengan *Zinc phosphate cement* konvensional.

## BAB IV

### METODE PENELITIAN

#### 4.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *experimental laboratory* yang merupakan salah satu metode penelitian dengan melakukan percobaan. Pendekatan yang akan dilakukan adalah *Posttest Only Design* untuk mengetahui adanya perbedaan tingkat keasaman luting *Zinc Phosphate Cement* konvensional dan luting *Zinc Phosphate Cement* nano.

#### 4.2 Sampel Penelitian

Sampel yang digunakan pada penelitian adalah luting *zinc phosphate cement* konvensional dan luting *zinc phosphate cement* nano. Rumus dari Hulley (Notoadmodjo 2010) digunakan sebagai dasar perhitungan yaitu :

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

$$8(n-1) \geq 15$$

$$8n - 8 \geq 15$$

$$8n \geq 23$$

$$n \geq 3$$

Keterangan :

P = jumlah perlakuan.

n = jumlah sampel yang digunakan per perlakuan.

Minimal besar sampel adalah 3 tiap kelompok. Pada penelitian ini terdapat 8 interval waktu yang dilakukan pengukuran, sehingga terdapat 16 kelompok yang terdiri dari 8 *zinc phosphate cement* konvensional dan 8 *zinc phosphate cement* nano.

### 4.3 Variabel Penelitian

#### 4.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dari penelitian ini adalah *zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement* nano.

#### 4.3.2 Variabel Terikat

Variabel terkait dari penelitian ini adalah tingkat keasaman dari masing-masing luting *zinc phosphate cement*.

#### 4.3.3 Variabel Terkendali

1. Pembuatan sampel luting *zinc phosphate cement* konvensional dengan pengadukan gerakan melingkar menggunakan spatula semen, selama 60 detik (Anusavice, 2013).
2. Pembuatan sampel luting *zinc phosphate cement* nano dengan pengadukan gerakan melingkar menggunakan spatula semen, selama selama 60 detik (Anusavice, 2013).
3. Cara pengujian tingkat keasaman

### 4.4 Lokasi dan Waktu Penelitian

Laboratorium Biokimia-Biomolekuler Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya pada bulan September-Desember 2018.

## 4.5 Bahan dan Alat Penelitian

### 4.5.1 Bahan Penelitian

Bahan- bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. *Zinc phosphate cement* konvensional, *powder* Elite Cement 100 kemasan 125g dan *liquid* Elite Cement 100 kemasan 100g (GC, Jepang).
- b. *Zinc phosphate cement* nano, yaitu *powder* Elite Cement 100 kemasan 125g yang disintesis menggunakan metode milling di LIPI Puspitek Serpong dan *liquid* Elite Cement 100 kemasan 100g (GC, Jepang).
- c. *Distilled water*

### 4.5.2 Alat Penelitian

Alat- alat yang digunakan pada penelitian ini adalah

1. Spatula semen
2. *Glass slab*
3. Elektroda pH meter
4. Inkubator
5. Neraca Analitik

## 4.6 Definisi Operasional

1. *Zinc phosphate cement* konvensional yang digunakan dalam penelitian ini adalah *zinc phosphate cement* produk *powder* Elite Cement 100 125g dan *liquid* Elite Cement 100 kemasan 100g (GC, Jepang).
2. *Zinc phosphate cement* nano yaitu *powder* Elite Cement 100 kemasan 125g yang disintesis menggunakan metode milling di LIPI Puspitek Serpong dan *liquid* Elite Cement 100 kemasan 100g (GC, Jepang).
3. Tingkat keasaman merupakan tingkatan sifat asam dari suatu bahan yang diukur berdasarkan pH menggunakan alat pH meter. Suatu material bersifat asam apabila memiliki pH 1-6, pH 7 menyatakan material bersifat netral dan pH 8-14 bersifat basa (Chang, 2003).

## 4.7 Prosedur Penelitian

### 4.7.1 Persiapan dan Pemilihan Bahan

*Zinc phosphate cement* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *zinc phosphate cement* produk Elite Cement 100 125g *powder* dan *liquid* Elite Cement 100 kemasan 100g, bubuk *zinc phosphate cement* nano yaitu yaitu *powder* Elite Cement 100 kemasan 125g yang disintesis menggunakan metode milling di LIPI Puspitek Serpong.

#### 4.7.2 Pembuatan Sampel

Total sampel yang diperlukan adalah 6 sampel. Masing-masing sampel *zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement* nano berjumlah 3 sampel. Setiap sampel dibuat pada *mixing pad* dengan diameter 13mm dan tinggi material 2mm (Saskalauskaite *et al.*, 2008).

#### 4.7.3 Penyimpanan Sampel

Sampel disimpan pada inkubator dengan suhu 37°C setelah dilakukan pengukuran pH setiap interval waktu (Saskalauskaite *et al.*, 2008).

#### 4.7.4 Pengujian Tingkat Keasaman

Prosedur pengujian *Zinc Phosphate Cement* Konvensional:

1. Memastikan bahwa alat dan bahan telah siap
2. Kocok botol dan pastikan tutup botol tertutup secara aman, untuk membebaskan partikel bubuk secara merata
3. Memindahkan bubuk di atas *glass slab* dengan takaran sesuai dengan rasio bubuk : liquid 0,29 g : 0,15 g (sesuai dengan sendok takar nomer 3). Bubuk ditimbang menggunakan neraca analitik dan liquid menggunakan mikropipet. Dengan membagi bubuk menjadi tiga bagian
4. Menyiapkan cairan di atas *glass slab* sesuai dengan intruksi pabrik, agar cairan keluar dari botol sesuai takaran, pegang botol tegak lurus dengan *glass slab*

5. Campurkan komponen bubuk dan cairan selama 15 detik. Gunakan spatula tipis yang terbuat dari logam dengan gerakan melingkar, pada batas area seluas 4 cm di atas permukaan *glass slab*
6. Apabila sudah bercampur, dilanjutkan dengan pencampuran bubuk lain, yang sudah di bagi dengan gerakan yang sama selama 15 detik
7. Ulangi langkah 5 dan 6 sampai konsistensi yang diinginkan
8. Kumpulkan seluruh campuran menggunakan spatula dengan diameter 13 mm dan tinggi 2 mm
9. Kemudian *zinc phoshate cement* konvensional yang telah berbentuk sampel diberi *distilled water* sebanyak 2mL menggunakan spuit apabila sampel *setting*
10. Pada permukaan sampel yang telah basah dilakukan pengukuran pH menggunakan elektroda yaitu 2, 5, 10, 15, 20, 30, 60 dan 1440 menit pada awal pengadukan
11. Setiap jeda interval waktu pengukuran, sampel disimpan pada kamar penyimpanan pada suhu 37°C
12. Setelah elektroda digunakan, elektroda harus dinetralkan dengan menggunakan larutan *buffer*
13. Melakukan langkah-langkah nomor 1 sampai 12 sebanyak jumlah sampel (Saskalauskaite *et al.*, 2008).

### Prosedur pengujian *Zinc Phosphate Cement* nano :

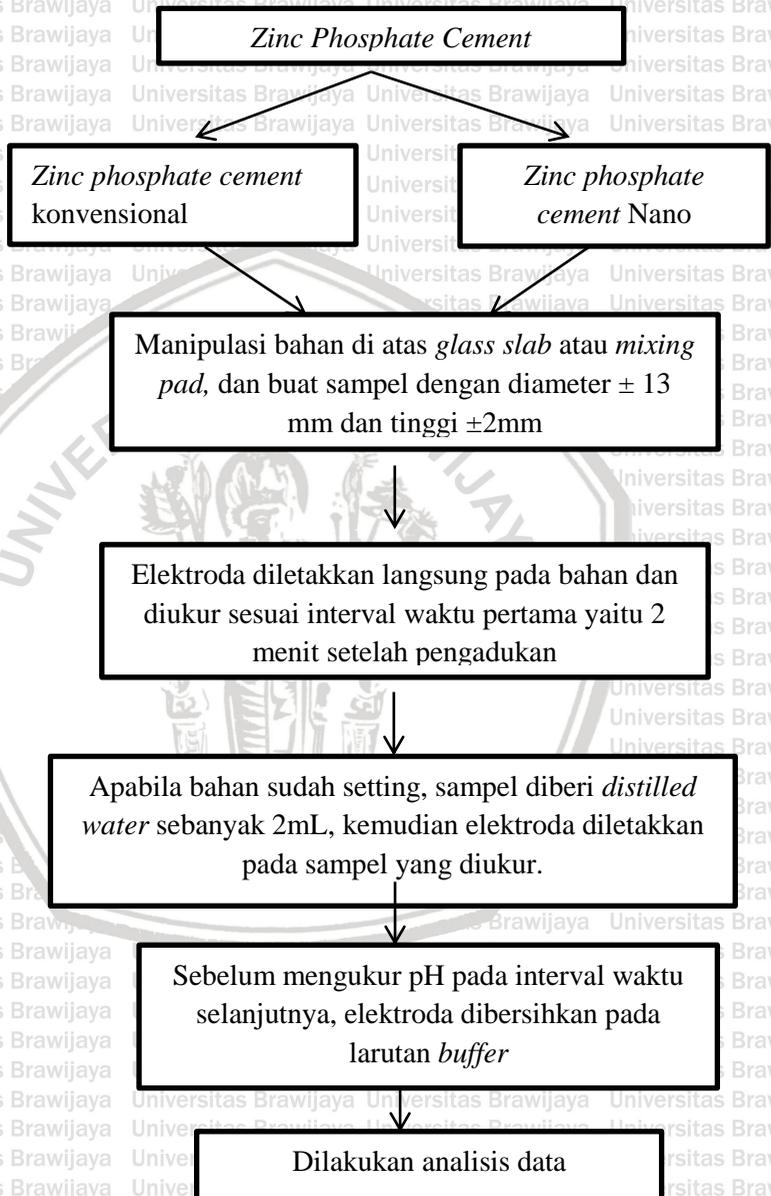
1. Memastikan bahwa alat dan bahan telah siap
2. Memindahkan bubuk dan cairan di atas *glass slab* dengan perbandingan bubuk : cairan , 0,29g : 0,15g. Bubuk ditimbang menggunakan neraca analitik dan liquid menggunakan mikropipet. Dengan membagi bubuk menjadi tiga bagian
3. Campurkan komponen bubuk dan cairan selama 15 detik. Gunakan spatula tipis yang terbuat dari logam dengan gerakan melingkar, pada batas area seluas 4 cm di atas permukaan *glass slab*
4. Apabila sudah bercampur, dilanjutkan dengan pencampuran bubuk lain, yang sudah di bagi dengan gerakan yang sama selama 15 detik
5. Ulangi langkah 3 sampai konsistensi yang diinginkan
6. Kumpulkan seluruh campuran menggunakan spatula dengan diameter 13mm dan tinggi 2mm
7. Kemudian *zinc phoshate cement* konvensional yang telah berbentuk sampel diberi dengan *distilled water* sebanyak 2mL menggunakan spuit apabila sampel *setting*
8. Pada permukaan sampel yang telah basah dilakukan pengukuran pH menggunakan elektroda yaitu 2, 5, 10, 15, 20, 30, 60 dan 1440 menit pada awal pengadukan

9. Setiap jeda interval waktu pengukuran, sampel disimpan pada kamar penyimpanan pada suhu 37°C
10. Setelah elektroda digunakan, elektroda harus direnda dengan menggunakan larutan *buffer*
11. Melakukan langkah-langkah nomor 1 sampai 10 sebanyak jumlah sampel (Saskalauskaite *et al.*, 2008).

#### 4.8 Analisis Data

Data terlebih dahulu dilakukan uji normalitas dan homogenitas varian menggunakan tes *Saphiro-Wilk* dan *Levene's test*. Jika hasil data  $p \geq 0,05$  maka distribusi data normal. Apabila data terdistribusi normal dapat dilakukan analisis menggunakan uji One Way Anova, jika data tidak terdistribusi normal maka dapat dilakukan analisis data menggunakan uji Kruskal Wallis untuk melihat perbedaan nilai keasaman dari kedua jenis luting *zinc phosphate cement* ini.

#### 4.9 Alur Penelitian



**BAB V**

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**5.1 Hasil Penelitian**

**5.1.1 Zinc Phosphate Cement**

Hasil data pengukuran nilai keasaman *zinc phosphate cement* konvensional sebagai berikut.

**Tabel 5. 1** Tabel hasil uji pH Zinc Phosphate Cement Konvensional

Menit	I	II	III	Rata-rata
2	1,73	3,53	3,36	2,87
5	2,57	3,90	4,24	3,57
10	5,30	4,95	5,41	5,22
15	6,21	6,11	6,23	6,18
20	6,30	6,25	6,43	6,33
30	6,42	6,30	6,50	6,40
60	6,77	6,52	6,79	6,69
1440	6,79	6,67	6,88	6,78

Dalam tabel 5.1 didapatkan pH *zinc phosphate cement* konvensional pada 2 menit pertama pada awal pengadukan didapatkan pH rata-rata sebesar 2,87 dan setelah 1440 menit atau 24 jam didapatkan pH rata-rata yang mendekati normal yaitu sebesar 6,78.

Hasil data pengukuran nilai keasaman *zinc phosphate cement* nano sebagai berikut.

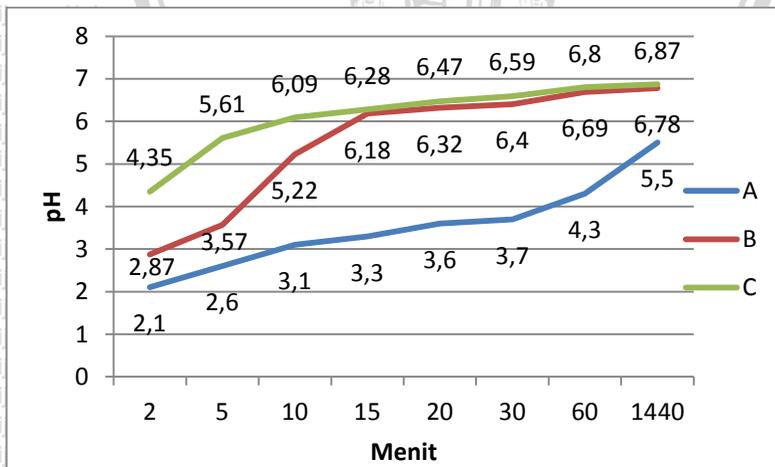


**Tabel 5.2** Tabel hasil uji pH *Zinc Phosphate Cement Nano*

Menit	I	II	III	Rata-rata
2	4,36	4,34	4,35	4,35
5	5,20	5,51	6,14	5,62
10	5,96	5,91	6,39	6,09
15	6,09	6,27	6,49	6,28
20	6,22	6,52	6,66	6,47
30	6,35	6,68	6,73	6,59
60	6,85	6,70	6,86	6,80
1440	6,90	6,81	6,92	6,88

Dalam tabel 5.2 didapatkan pH *zinc phosphate cement nano* pada 2 menit pertama pada awal pengadukan didapatkan pH rata-rata sebesar 4,35 dan setelah 1440 menit atau 24 jam didapatkan pH rata-rata yang mendekati normal yaitu sebesar 6,88.

**Gambar 5. 1** Gambar Diagram Garis perubahan pH *Zinc Phosphate Cement*



Gambar 5.1 (A) Merupakan pH *zinc phosphate cement* menurut Anusavice 2013, (B) Merupakan hasil uji pH *zinc phosphate cement* konvensional (C) Merupakan hasil uji pH *zinc phosphate cement* Nano.

### 5.1.2 Analisa Data

Data yang telah didapatkan dari hasil penelitian dilakukan analisa data menggunakan perangkat lunak SPSS. Data tersebut dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas. Uji normalitas untuk mengetahui data berdistribusi normal atau tidak normal. Uji normalitas yang digunakan adalah *saphiro-wilk* karena data kurang dari 50. Lalu dilakukan uji homogenitas varian menggunakan uji *Levene* untuk mengetahui data homogen atau tidak. Setelah uji tersebut dilakukan, didapat data yang berdistribusi normal dan homogen, maka dilakukan uji *One Way Anova* untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan nilai keasaman *zinc phosphate cement* konvensional dan *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.

#### 5.1.2.1 Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui distribusi data pada sampel, normal atau tidak. Pada penelitian ini, uji normalitas yang dipakai menggunakan uji *Saphiro-Wilk* karena data yang digunakan <50. Uji normalitas terpenuhi, bila nilai signifikansi penghitungan  $p > 0,05$ . Didapatkan hasil p-value 0,938 dengan nilai signifikansi yang didapatkan lebih besar dari 0,05. Jadi, dapat

disimpulkan bahwa data berdistribusi normal sehingga uji normalitas terpenuhi. Selanjutnya, dilakukan uji homogenitas data.

### 5.1.2.2 Uji Homogenitas

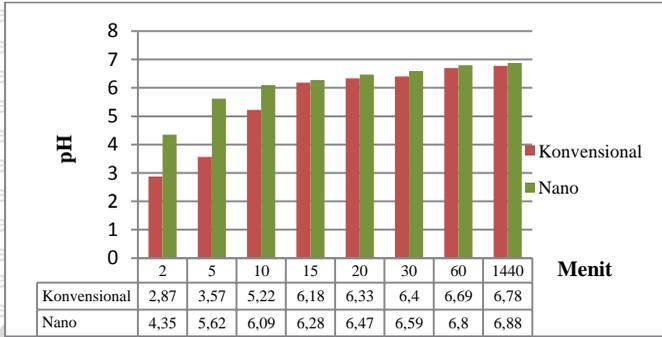
Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah data mempunyai variasi yang sama (homogen) atau tidak. Pada penelitian ini, uji homogenitas yang digunakan adalah *Levene's test*. Didapatkan hasil p-value = 0,062 dengan nilai signifikansi lebih besar daripada 0,05 sehingga sampel dinyatakan homogen.

### 5.1.2.3 Uji One Way Anova

Uji one way anova dilakukan setelah uji normalitas dan uji homogenitas karena data berdistribusi normal dan homogen. Uji One Way Anova dilakukan dua kali yaitu within dan between. Uji within untuk mengetahui signifikansi masing-masing data *zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement* nano. One Way Anova between dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan nilai keasaman antara *zinc phosphate cement* konvensional dengan *zinc phosphate cement* nano. Data dikatakan terdapat perbedaan jika nilai signifikansi ( $p < 0,05$  (5%)). Pada penelitian ini, didapatkan nilai signifikansi pada kelompok konvensional ( $p$ ) 0,061 dan pada kelompok nano ( $p$ ) 0,105. Dimana masing-masing data sampel untuk kelompok konvensional dan nano tidak signifikan atau tidak terdapat perbedaan. Pada uji between yang membandingkan antara *zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement* nano, ( $p$ ) 0,000 maka terdapat perbedaan

nilai keasaman *zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement* nano.

Gambar 5. 2 Gambar Means Plot perubahan pH Zinc Phosphate Cement



### 5.1.2.4 Hasil Uji Post Hoc

Tabel 5.3 Hasil Uji Pos Hoc Tukey Zinc Phosphate cement Konvensional dan nano

	K2	K5	K10	K15	K20	K30	K60	K1440
N2	0,004*	0,494	0,340	0,000*	0,041*	0,000*	0,000*	0,000*
N5	0,000*	0,000*	0,993	0,892	0,641	0,474	0,089	0,047*
N10	0,000*	0,000*	0,312	1,000	1,000	0,999	0,836	0,676
N15	0,000*	0,000*	0,092	1,000	1,000	1,000	0,992	0,958
N20	0,000*	0,000*	0,023*	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
N30	0,000*	0,000*	0,008*	0,993	1,000	1,000	1,000	1,000
N60	0,000*	0,000*	0,001*	0,814	0,970	0,994	1,000	1,000
N1440	0,000*	0,000*	0,001*	0,676	0,912	0,973	1,000	1,000

signifikan

Tabel 5.3 merupakan tabel data uji post hoc yang 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%)).

## 5.2 Pembahasan

Pada hasil uji pH *zinc phosphate cement* konvensional di menit kedua dan kelima, pH antara tiga sampel tidak stabil. Pada menit kedua sampel pertama nilai pH 1,73; sampel kedua 3,53 dan sampel ketiga 3,36. Sedangkan pada menit kelima, nilai pH sampel pertama sebesar 2,57; sampel kedua 3,9 dan sampel ketiga 4,24. Ketika diuji ulang untuk meyakinkan apakah data yang diperoleh benar, data yang diperoleh sebagai berikut. pH *zinc phosphate cement* konvensional di menit kedua pada sampel pertama diperoleh nilai pH 1,9; pada sampel kedua sebesar 3,21 dan pada sampel ketiga sebesar 3,37. Di menit kelima, pada sampel pertama didapatkan nilai pH sebesar 2,7; sampel kedua 3,84 dan sampel ketiga 4,16. pH yang didapatkan tidak stabil seperti nilai pH *zinc phosphate cement* nano, pada setiap sampel nilai pH memiliki selisih yang sedikit. Hal tersebut dikarenakan, reaksi pada *powder* yang berukuran lebih besar, luas permukaannya kecil, sehingga saat dicampur dengan *liquid*, reaksi tidak terjadi secara sempurna dan pH menjadi tidak stabil. Hal ini kemungkinan yang menjadi kelemahan *zinc phosphate cement* konvensional.

Menurut Anusavice 2013 seperti pada gambar 5.1, nilai keasaman *zinc phosphate cement* menunjukkan bahwa pH awal setelah dua menit pengadukan sebesar 2,1. Sedangkan uji pH pada penelitian ini, *zinc phosphate cement* konvensional memiliki pH

awal setelah dua menit pengadukan sebesar 2,87. pH awal diperoleh lebih rendah dibandingkan dengan pH awal pada penelitian ini, faktor yang mungkin mempengaruhi hal tersebut adalah akurasi perbandingan *powder* dan *liquid* yang berbeda, lama manipulasi bahan yang berbeda, dan juga akurasi dari alat pengukur yaitu pH meter. Selain itu, menurut Anusavice 2013 pH akan mendekati normal setelah 24 jam yaitu mencapai pH 5,5. Sedangkan pada penelitian ini, pada menit kelima setelah pengadukan *zinc phosphate cement* nano pH sudah mencapai 5,62. Hal ini menunjukkan pH *zinc phosphate cement* nano jauh lebih cepat mendekati pH normal dibandingkan *zinc phosphate cement* konvensional.

Pada hasil data penelitian ini, didapatkan bahwa nilai keasaman yang diukur dengan pH dari *zinc phosphate cement* konvensional lebih tinggi dibanding *zinc phosphate cement* nano. Ukuran partikel *powder zinc phosphate cement* yang semakin kecil, akan meningkatkan luas permukaan. Luas permukaan yang semakin besar menyebabkan semakin banyaknya permukaan yang melakukan reaksi sehingga pH semakin tinggi dan reaksi akan terjadi lebih cepat. Hipotesa tersebut dibuktikan dalam hasil penelitian ini bahwa dengan merubah ukuran *powder zinc phosphate cement* menjadi nano menyebabkan nilai keasaman *zinc phosphate cement* konvensional lebih tinggi dibandingkan *zinc phosphate cement* nano.

Dapat dilihat dari hasil pengukuran *zinc phosphate cement* konvensional pada menit kedua memiliki pH dengan rata-rata 2,87; sedangkan untuk *zinc phosphate cement* nano pada menit ke kedua

pH rata-rata mencapai 4,35. Untuk menit kelima *zinc phosphate cement* konvensional memiliki pH rata-rata sebesar 3,57; sedangkan *zinc phosphate cement* nano memiliki pH rata-rata sebesar 5,61. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *zinc phosphate cement* nano pada menit kedua telah memasuki tahap aman untuk pemakaian material gigi. Sedangkan untuk *zinc phosphate cement* konvensional, mencapai tahap aman setelah lima menit. Hal tersebut dikarenakan tingkat keasaman dengan pH dibawah 3,5 dapat mengiritasi pulpa.

Semakin lama durasi waktu, semakin kecil selisih peningkatan pH. Hal tersebut dikarenakan reaksi antara *powder* dan *liquid* telah terjadi pada awal pengadukan. Semakin lama pH *zinc phosphate cement* akan naik, karena komponen *powder* dan *liquid* telah berikatan dan pH akan semakin stabil. Oleh sebab itu pada uji Post Hoc, semakin lama durasi setelah pengadukan, data yang diperoleh tidak signifikan, karena selisih perubahan pH tidak terlalu tinggi. Tetapi pada uji posthoc, data antara N2 dengan K5 dan K10 tidak signifikan, hal tersebut dikarenakan pada *zinc phosphate cement* nano menit kedua memiliki pH 5,62, sedangkan K5 dan K10 memiliki pH 3,57 dan 5,22. Selisih diantara nilai pH N2 dengan K5 dan K10 tidak terpaut jauh, sehingga nilai yang dihasilkan tidak signifikan atau tidak terdapat perbedaan yang berarti.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa hipotesis penelitian ini dapat diterima, yaitu nilai keasaman *zinc phosphate cement* nano lebih rendah dibandingkan *zinc phosphate cement* konvensional.

## BAB VI PENUTUP

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai perbedaan nilai keasaman *zinc phosphate cement* konvensional dan *zinc phosphate cement* nano, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada uji anova antar sampel *zinc phosphate cement* konvensional tidak terdapat perbedaan yang bermakna.

Begitu juga dengan uji anova antar sampel *zinc phosphate cement* nano. Tetapi ketika *zinc phosphate cement* konvensional dan nano diuji anova, terdapat perbedaan yang bermakna. Dengan nilai keasaman *zinc phosphate cement* nano lebih rendah dibandingkan *zinc phosphate cement* konvensional.

2. Berdasarkan uji nilai keasaman pada penelitian ini, *zinc phosphate cement* konvensional aman digunakan setelah 5 menit pengadukan karena memiliki pH rata-rata sebesar 3,57; sedangkan *zinc phosphate cement* nano jauh lebih aman bahkan dengan waktu pengadukan yang lebih singkat yaitu 2 menit, karena memiliki pH rata-rata sebesar 5,61. Hal tersebut dikarenakan tingkat keasaman dengan pH dibawah 3,5 dapat mengiritasi pulpa.



3. Pada uji posthoc terdapat perbedaan yang signifikan antara :

a. *Zinc phosphate cement* konvensional menit ke 2 (K2) dengan *zinc phosphate cement* nano menit ke 2 (N2) sampai dengan menit ke 1440 (N1440)

b. *Zinc phosphate cement* konvensional menit ke 5 (K5) dengan *zinc phosphate cement* nano menit ke 5 (N5) sampai dengan menit ke 1440 (N1440)

c. *Zinc phosphate cement* konvensional menit ke 10 (K10) dengan *zinc phosphate cement* nano menit ke 20 (N20), menit ke 30 (N30), menit ke 60 (N60), menit ke 1440 (N1440)

d. *Zinc phosphate cement* nano menit ke 2 (N2) dengan *zinc phosphate cement* konvensional menit ke 15 (K15), menit ke 20 (K20), menit ke 30 (K30), menit ke 60 (K60), menit ke 1440 (K1440)

e. *Zinc phosphate cement* nano menit ke 5 (N5) dengan *zinc phosphate cement* konvensional menit ke 1440 (K1440)

## 6.2 Saran

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

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai efek toksik *zinc phosphate cement* nano
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sifat fisik lain dari *zinc phosphate cement* nano.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Abdassah, Marline. Nanopartikel dengan Gelasi Ionik. *Farmaka*, 2017, 15 (1): 45-52
- Anusavice, K. J., 2013. *Philip's Science of Dental Materials*. 12 ed. USA: Elsevier
- Arefi, M. Reza, Zarchi, S.Rezaei. Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles and Their Effect on the Compressive Strength and Setting Time of Self-Compacted Concrete Paste as Cementitious Composites. *MDPI*, 2012, 13 (4): 4340-4350
- Bonsor, S. J. & Pearson, J. G., 2013. *A Clinical Guide to Applied Dental Materials*. USA: Elsevier.
- Burgess, R., 2012. *Understanding Nanomedicine An Introductory Textbook*. US: CRC Press.
- Burgess J, Ghuman T, 2008. *A Practical Guide To The Use Of Luting Cements-A Peer Reviewed Publication*. (Online), (<http://www.inedce.com/courses/1526/PDF/APracticalGuide.pdf>. diakses pada tanggal 14 Desember 2017)
- Emerson, 2010. *Theory and Practice of pH Measurement*. USA : Rosemount Analytical
- Manappallil JJ., 2003. *Basic Dental Materials*. New Delhi: Jaypee Brothers
- Margaret J. Fehrenbach, Jane Weiner, 2009. Edition, 2. Publisher, Elsevier Science Health Science Division, (online), ([https://books.google.co.id/books/about/Saunders\\_Review\\_of\\_Dental\\_Hygiene.html?id=TE9bPQAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.co.id/books/about/Saunders_Review_of_Dental_Hygiene.html?id=TE9bPQAACAAJ&redir_esc=y) diakses pada tanggal 17 Januari 2018)
- Martien, R., Adhyatmika, Irianto, Iramie D. K., Farida, V., Sari, Dian Purwita. 2012. Perkembangan Teknologi Nanopartikel Sebagai Sistem Penghantaran Obat. *Majalah Farmasetik*, 2012, 8 (1): 133-143.

McCabe, J. F. & Walls, A. W. G., 2014. *Bahan Kedokteran Gigi*. 9 ed. Jakarta: EGC

Mirsasaani, S., Hemati. M. *et al.* Nanotechnology and Nanobiomaterials in Dentistry. *Nanobiomaterials in Clinical Dentistry*, 2013, 6(1): 121-126

Mitra, S.B. Nanoparticles for Dental Materials : Synthesis, Anaysis, and Applications Chapter 2. *Emerging Nanotchnologies in Dentistry*, 2012, Micro and Nano Technologies: 17-39.

Najeeb, S., Khurshid, Z., Zafar, M., Khan, A., Zohaib, S., Marti, J. *et al.* Modifications in glass ionomer cements: nano-sized fillers and bioactive nanoceramics. *Pubmed*, 2016, 17(7): 1134

Notoadmojo, S., 2012. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta : Rineka Cipta

Oxtoby, D.W., Gillis, H.P., Nachtrieb, N.H., 2001. *Prinsip-prinsip Kimia Modern Edisi ke-4 Jilid 1*. Diterjemahkan oleh S.S. Achmadi. Jakarta: Erlangga.

Rao, Jyotsna, 2014, *QRS for BDS II year 2nd Edition*. India : Elsevier

Nurul Rosyidah, Sri Yani Purwaningsih, Darminto: *Sintesis Nanopartikel ZnO dengan Metode Kopresipitasi*. 2013. 1-7

Sakaguchi RL, Powers JM, 2012. *Craig's Restorative Dental Materials* 13th Ed. United State: Mosby

Sari, Ika Nurmala, 2012. *Nanomaterial*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret

Saskalauskaite E., Tam Laura E., McComb Dorothy. Flexural Strenght, Elastic Modulus, and pH Profile of Self-etch Resin Luting Cements. *Journal of Phrostopodontics*, 2008, 17(4): 262-268.

Scheller-Sheridan C, 2010. *Basic Guide to Dental Materials*. United Kingdom: WileyBlackwell

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

