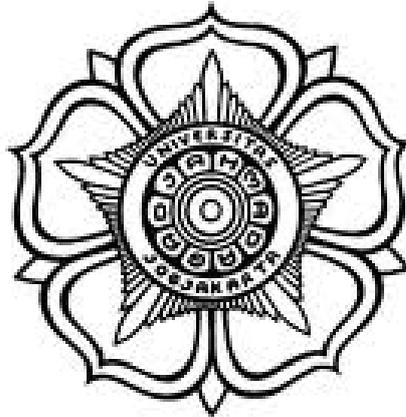


**PENGARUH KADAR *SILANE* SEBAGAI *COUPLING AGENT*
TERHADAP KEKUATAN TARIK PERLEKATAN PASAK FRC
E-GLASS PREFABRICATED DENGAN SEMEN IONOMER
KACA TIPE 1 SEBAGAI *LUTING CEMENT***

Tesis
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat S-2 Ilmu Kedokteran Gigi
Minat Biomaterial Kedokteran Gigi



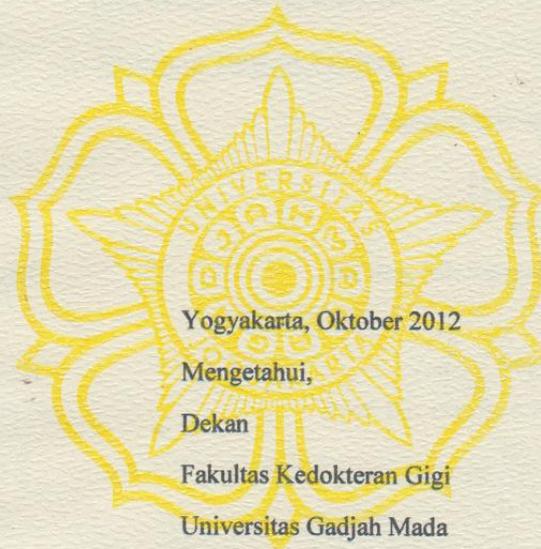
diajukan oleh:
Dwi Aji Nugroho
10/308306/PKG/00585

kepada
**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA
2012**

HALAMAN PERSETUJUAN

TESIS YANG BERJUDUL

**PENGARUH KADAR *SILANE* SEBAGAI *COUPLING AGENT*
TERHADAP KEKUATAN TARIK PERLEKATAN PASAK
FRC E-GLASS PREFABRICATED DENGAN SEMEN IONOMER
KACA TIPE 1 SEBAGAI *LUTING CEMENT***



Yogyakarta, Oktober 2012

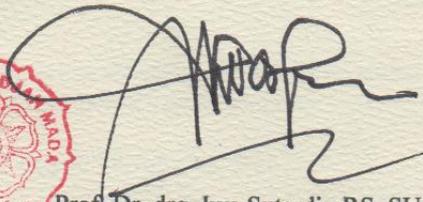
Mengetahui,

Dekan

Fakultas Kedokteran Gigi

Universitas Gadjah Mada




Prof. Dr. drg. Iwa Sutardjo RS, SU, Sp. KGA (K)

NIP 194905101978031002

Tesis

PENGARUH KADAR SILANE SEBAGAI COUPLING AGENT TERHADAP KEKUATAN TARIK PERLEKATAN PASAK FRC E-GLASS PREFABRICATED DENGAN SEMEN IONOMER KACA TIPE I SEBAGAI LUTING CEMENT

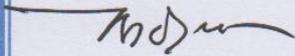
Dipersiapkan dan disusun oleh

DWI AJI NUGROHO

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 28 Agustus 2012

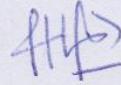
Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama



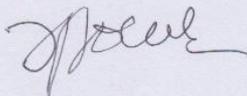
Dr. drg. Widjijono, SU

Anggota Dewan Penguji Lain

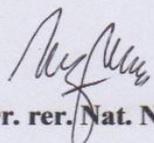


Dr. drg. Siti Sunarintyas, M.Kes

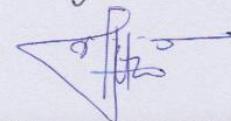
Pembimbing Pendamping



drg. Purwanto Agustiono, SU



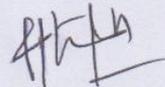
Prof. Dr. rer. Nat. Nuryono, M.S



Ir. Rini Dharmastiti, M.Sc., Ph.D.

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh gelas Magister

Tanggal: 28 Agustus 2012



Dr. drg. Siti Sunarintyas, M.Kes

Ketua Program Studi: Ilmu Kedokteran Gigi

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini bukan merupakan karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Oktober 2012

Dwi Aji Nugroho

PRAKATA

Segala puji hanyalah untuk Allah SWT, karena atas limpahan rahmat, karunia dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **“Pengaruh Kadar *Silane* sebagai *Coupling Agent* Terhadap Kekuatan Tarik Perlekatan Pasak *E-glass Fiber Reinforced Composite* dengan Sementasi Semen Ionomer Kaca Tipe 1”**. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa keberhasilan dan selesainya tesis ini karena adanya bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Bapak Rektor Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yang telah memberikan kemudahan kegiatan akademik.
2. Bapak Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yang telah memberikan kemudahan kegiatan akademik.
3. Ibu Ketua Program Studi S2 Ilmu Kedokteran Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yang telah mendukung dan memberikan perhatian terhadap kelancaran proses akademik.
4. Dr.drg.Widjijono,S.U. sebagai dosen pembimbing I yang telah membimbing, memberi petunjuk serta memberikan pengarahn selama penulisan tesis.
5. Drg. Purwanto Agustiono, S.U. sebagai dosen pembimbing II yang telah membimbing, memberi petunjuk serta memberikan pengarahan selama penulisan tesis.

6. Prof.Dr.rer.Nat.Nuryono,M.S. sebagai dosen penguji yang berkenan menguji dan memberikan masukan terhadap tesis ini.
7. Ir. Rini Dharmastiti, M.Sc, Ph.D sebagai dosen penguji yang berkenan menguji dan memberikan masukan terhadap tesis ini.
8. Bapak (almarhum) dan ibu (almarhumah) tercinta yang telah memberikan dukungan, doa dan nasihat untuk keberhasilan penulis.
9. Istri tercinta yang telah memberikan dukungan, doa dan nasihat untuk keberhasilan penulis
10. Staf administrasi S2 Ilmu kedokteran Gigi yang sangat ikhlas membantu kelancaran penulis untuk menyelesaikan urusan birokrasi saat penelitian tesis.
11. Seluruh teman-teman dan pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkann satu persatu yang telah memberikan semangat, dorongan dan doanya selama penulisan tesis ini.

Penulis berharap tesis ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya. Kritik dan saran yang sifatnya membangun dari semua pihak sangat penulis harapkan.

Yogyakarta, Agustus 2012

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman judul.....	i
Halaman persetujuan.....	ii
Halaman pernyataan.....	iv
Prakata.....	v
Daftar isi.....	vii
Daftar gambar.....	ix
Daftar tabel.....	x
Daftar lampiran.....	xi
Intisari.....	xii
<i>Abstract</i>	xiii
I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar belakang Permasalahan.....	1
B. Rumusan masalah.....	5
C. Tujuan penelitian.....	5
D. Manfaat penelitian.....	5
E. Keaslian penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Telaah pustaka.....	7
1. Pasak.....	7
a. Material pasak.....	7
b. Syarat pasak.....	7
2. Pasak <i>Fiber Reinforced Composite</i> (FRC).....	9
a. Definisi.....	9
b. Sifat Fisik, Mekanis, Kimiawi.....	9
c. Jenis pasak <i>fiber reinforced composite</i>	12
1. Pasak <i>fiber reinforced composite prefabricated</i>	12
2. Pasak <i>fiber reinforced composite fabricated</i>	13
d. Kegunaan.....	13
e. <i>E-glass Fiber</i>	14
3. Semen ionomer kaca tipe 1.....	14
a. Komposisi.....	14
b. Reaksi <i>setting</i>	15
c. Reaksi adhesi dengan struktur gigi.....	17
d. Manipulasi semen ionomer kaca tipe 1.....	18
4. <i>Silane</i> sebagai <i>coupling agent</i>	18
a. Komposisi.....	18
b. Reaksi <i>coupling</i>	18
c. Pengaruh <i>silane</i> terhadap sifat mekanis.....	20
5. Kekuatan tarik perlekatan.....	21
B. Landasan Teori.....	22
C. Hipotesis.....	23
D. Kerangka konsep.....	24
III. METODE PENELITIAN.....	25

A. Jenis penelitian.....	25
B. Identifikasi variabel.....	25
C. Definisi operasional.....	25
D. Bahan dan alat penelitian.....	26
E. Teknik Pengambilan sampel.....	28
F. Tempat penelitian.....	28
G. Jalannya penelitian.....	29
H. Analisis data.....	33
I. Skema alur penelitian.....	34
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
A. Hasil Penelitian.....	35
B. Pembahasan.....	37
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
A. Kesimpulan.....	39
B. Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tahap awal reaksi <i>setting</i> semen ionomer kaca.....	15
Gambar 2. Fase <i>gelation</i>	16
Gambar 3. Fase <i>hardening</i>	16
Gambar 4. Struktur <i>setting</i> semen ionomer kaca.....	17
Gambar 5. Mekanisme adhesi semen ionomer kaca.....	17
Gambar 6. Struktur <i>silane</i> sebagai <i>coupling agent</i>	19
Gambar 7. Ikatan matriks resin dengan permukaan glass melalui <i>silane</i>	19
Gambar 8. Struktur kimia bisGMA, siloksan, SIK.....	20
Gambar 9. Diagram susunan alat untuk menguji kekuatan tarik.....	21
Gambar 10. Cetakan baja berbentuk balok untuk membuat sampel.....	27
Gambar 11. Pembuatan sampel dentin gigi.....	30
Gambar 12. Sampel dentin gigi yang ditanam dalam cetakan baja.....	35
Gambar 13. Kondisi dentin gigi dan pasak FRC yang telah dilakukan uji tarik perlekatan.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Rerata kekuatan tarik perlekatan pasak FRC.....	35
Tabel 2. Rangkuman hasil uji anova satu jalur kekuatan tarik perlekatan pasak...	36
Tabel 3. Tabel ringkasan uji LSD kekuatan tarik perlekatan pasak FRC.....	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat keterangan penelitian.....	-1-
Lampiran 2. Uji anova satu jalur.....	-2-
Lampiran 3. Uji LSD.....	-3-
Lampiran 4. Uji normalitas	-4-
Lampiran 5. Surat keterangan kelaikan etik penelitian.....	-5-

**PENGARUH KADAR *SILANE* TERHADAP KEKUATAN TARIK
PERLEKATAN PASAK *E-GLASS FIBER REINFORCED COMPOSITE*
(FRC) DENGAN SEMEN IONOMER KACA (SIK) TIPE 1 SEBAGAI
*LUTING CEMENT***

INTISARI

Pasak FRC biasanya disementasi pada saluran akar gigi menggunakan semen resin, tetapi semen tersebut tidak dapat berikatan secara kimiawi dengan struktur gigi. Semen yang memiliki ikatan kimiawi dengan struktur gigi adalah semen ionomer kaca (SIK). SIK tidak dapat berikatan dengan permukaan pasak FRC tanpa adanya *silane coupling agent*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh kadar *silane* terhadap kekuatan tarik perlekatan pasak *E-glass* FRC dengan sementasi SIK tipe 1. Penelitian ini menggunakan 20 gigi premolar pertama bawah dan dibagi menjadi 4 kelompok. Kelompok A, pasak *E-glass* FRC tanpa diolesi *silane*; kelompok B diolesi *silane* 1%; kelompok C diolesi *silane* 2%; kelompok D diolesi *silane* 3%. Pasak FRC semua kelompok disementasi dengan SIK tipe 1. Uji tarik perlekatan dilakukan dengan menggunakan *Torse's digital system universal testing machine*. Data yang diperoleh dianalisis dengan anova satu jalur dan LSD. Kekuatan tarik perlekatan yang diperoleh pada penelitian ini: kelompok A: $0,14 \pm 0,003$ MPa; kelompok B: $0,35 \pm 0,0094$ MPa; kelompok C: $0,71 \pm 0,0055$ MPa; kelompok D: $1,43 \pm 0,22$ MPa. Hasil uji anova menunjukkan bahwa terdapat perbedaan bermakna antara variasi kadar *silane*. Uji LSD menunjukkan adanya perbedaan bermakna rerata antar kelompok penelitian. Kesimpulan penelitian ini adalah terdapat pengaruh bermakna kadar *silane* terhadap kekuatan tarik perlekatan pasak *E-glass* FRC *prefabricated* dengan SIK tipe 1 sebagai *luting cement*.
Kata kunci: pasak *E-glass* FRC, *silane*, semen ionomer kaca

INFLUENCE SILANE LEVEL TO TENSILE STRENGTH E-GLASS FIBER REINFORCED COMPOSITE (FRC) POST PREFABRICATED WITH GLASS IONOMER CEMENT TYPE 1 AS LUTING CEMENT

ABSTRACT

FRC post has been commonly cemented by resin cement, but there is not adhesive with tooth structure. Cement that has adhesive system with tooth structure is glass ionomer cement. Glass ionomer cement (GIC) cannot be adhesive with FRC post without silane coupling agent. The aim of research was to know influence silane level to tensile strength of E-glass FRC post (cementing with GIC). This research used 20 first mandibula premolar teeth. We divided into 4 groups. Group A, FRC post without silane application; group B, with silane 1% application; group C, with silane 2% application; group D with silane 3% application. All FRC post were cemented by GIC. Tensile strength was tested by Torssee's digital system universal testing machine. Data was analyzed by anova and LSD. The following tensile strength values were obtained: group A: 0.14 ± 0.003 MPa; group B: 0.35 ± 0.0094 MPa; group C: 0.71 ± 0.0055 MPa; group D: 1.43 ± 0.22 MPa. The result of anova test showed that there were significant differences between silane level. The LSD test showed significant difference between mean groups. We concluded that silane level influence to tensile strength of E-glass FRC post prefabricated with GIC as luting cement.

Keywords: E-glass FRC post, silane, glass ionomer cement

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Permasalahan

Salah satu penyebab gigi menjadi nekrosis adalah faktor trauma atau karies yang tidak dilakukan perawatan. Gigi nekrosis dapat dipertahankan di dalam mulut apabila dilakukan perawatan saluran akar (PSA) dan restorasi yang tepat (Nam dkk., 2010). Preparasi pada PSA dapat menyebabkan dinding saluran akar menjadi tipis. Semakin sedikit jaringan keras gigi yang tersisa semakin kecil kekuatan gigi untuk menahan beban pengunyahan. Karies yang sangat luas menyebabkan preparasi dinding saluran akar juga menjadi lebar. Hal ini membuat gigi pasca PSA menjadi lebih getas dan rapuh sehingga resiko terjadi fraktur tinggi (Newman dkk., 2003). Menurut Sedgley dan Messer (1992) pada gigi pasca PSA lebih sering terjadi fraktur vertikal karena trauma atau preparasi saluran akar.

Setiap gigi pasca PSA berbeda dalam restorasi akhir yang akan digunakan, tergantung seberapa besar struktur gigi yang tersisa, tekanan horizontal dan beban pengunyahan. Gigi pasca PSA yang mengalami kehilangan banyak struktur gigi membutuhkan restorasi mahkota dengan pasak supaya gigi dapat berfungsi kembali secara normal (Cheung, 2005).

Pasak merupakan sebuah bangunan yang terbuat dari logam atau bukan logam yang dimasukkan ke dalam saluran akar untuk menambah retensi mahkota dan meneruskan tekanan-tekanan yang diterima gigi merata ke sepanjang akar. Pasak dapat dibedakan menjadi beberapa macam. Berdasarkan material yang digunakan terbagi atas pasak logam dan non logam. Beberapa pasak non logam

antara lain: pasak komposit, keramik, dan *fiber reinforced composite* (Cheung, 2005).

Saat ini restorasi pasak yang sering dijadikan pilihan terbuat dari material non logam terutama yang terbuat dari *fiber*. Material ini banyak dipilih karena mempunyai sifat fisikomekanis yang hampir menyerupai dentin (Akkayan dan Gulmez, 2002). Pemakaian pasak *fiber* sudah digunakan secara luas sehingga beberapa produsen berusaha menciptakan berbagai jenis pasak *fiber reinforced composite* (FRC). Berdasarkan cara pembuatannya pasak FRC terbagi atas 2 macam yaitu pasak jadi (*prefabricated*) dan pasak dibuat sendiri (*fabricated*) (Cheung, 2005).

Sistem pasak FRC *fabricated* dibuat sendiri oleh operator dengan cara memasukkan anyaman *polyethylene fibers* dan resin komposit *flowable* ke dalam saluran pasak hingga penuh dan sekaligus membangun *core* pasak. Banyaknya anyaman *polyethylene fibers* yang diperlukan tergantung dari besar saluran pasak. Pasak FRC *fabricated* dapat disesuaikan dengan bentuk saluran pasak sehingga meskipun saluran pasak sangat lebar dapat terisi penuh dengan anyaman *polyethylene fibers* (Newman dkk., 2003).

Pasak FRC *prefabricated* merupakan pasak dalam bentuk sediaan jadi yang diproduksi oleh pabrik. Pasak FRC *prefabricated* terbuat dari *unidirectional E-glass fiber* yang diselubungi oleh matriks resin (*epoxy resin*). Setiap pabrik membuat pasak FRC *prefabricated* dengan komposisi matriks dan fiber yang berbeda-beda (Seefeld dkk., 2007). Volume *fiber* pada pasak FRC *prefabricated*

bervariasi antara 40-65 vol %. Pasak FRC *prefabricated* lebih banyak digunakan oleh praktisi, karena prosedur penggunaannya lebih mudah dan cepat, tetapi pasak FRC *prefabricated* memiliki kelemahan yaitu tidak dapat menyesuaikan bentuk saluran akar (Freilich dkk., 2000).

Fiber yang dipergunakan untuk bahan pasak merupakan *fiber reinforced polymer* terbuat dari *fiber* yang diselubungi oleh polimer resin, biasanya merupakan *epoxy resin*. Pasak FRC tersusun atas minimal dua material antara lain material penguat yang mempunyai fungsi kekuatan dan ketahanan; dan material berupa matriks (menyelubungi material penguat) yang mempunyai fungsi mempermudah penggunaan. Aplikasi di bidang kedokteran gigi biasanya berupa *glass*, *polyethylene*, atau karbon *fiber* yang diselubungi oleh matriks resin komposit. *Fiber* tersusun atas berbagai konfigurasi yaitu *unidirectional* dan *bidirectional (braided, woven)* (Freilich dkk., 2000). Jumlah *fiber* yang terdapat dalam pasak FRC disebut juga volume *fiber* (Seefeld dkk., 2007).

Ikatan pasak *fiber* dengan matriks resin komposit berupa interaksi kimia antara permukaan pasak *fiber* dengan matriks resin komposit. Ikatan ini dapat menjadi lebih kuat jika pada permukaan pasak *fiber* dilapisi *silane* sebagai *coupling agent*. Oleh karena itu, pasak *fiber* yang telah dilapisi *silane* memiliki kekuatan fleksural yang lebih besar (Monticelli dkk., 2008). *Silane* sebagai *coupling agent* mengandung *3-methacryl-oxypropyltrimethoxysilane* (MPS). Penelitian Goracci dkk. (2005) menunjukkan bahwa penggunaan *silane* 1% untuk melapisi pasak *fiber* dapat meningkatkan *microtensile bond strength* pasak FRC *prefabricated*. Hasil penelitian Perdigao dkk. (2006) menunjukkan bahwa kadar

silane 1% tidak signifikan meningkatkan kekuatan tarik pada pasak FRC *prefabricated*.

Sistem adhesif pasak FRC pada saluran akar gigi terdiri atas *total etch* dan *self etch*. Pada sistem *total etch*, membutuhkan beberapa tahap perlakuan seperti pemberian etsa dilanjutkan adhesif dan semen resin. Pada tahap *self etch* tidak memerlukan tahap etsa, hanya adhesif atau semen resin saja. Pemberian etsa atau bahan adhesif memberikan retensi mekanis pada saluran akar gigi (Monticelli, 2008). Meskipun demikian, etsa atau bahan adhesif tidak dapat mengalir secara menyeluruh karena saluran akar gigi hanya saluran yang sangat kecil. Sifat hermetis material adhesif sangat berpengaruh terhadap kekuatan fleksural pasak. Sistem adhesif pasak FRC memerlukan ikatan kimiawi dan hermetis. Material adhesif yang memiliki ikatan kimiawi terhadap struktur gigi dan hermetis adalah semen ionomer kaca tipe 1 (Fernandes dan Dessai, 2001).

Semen ionomer kaca tipe 1 merupakan material adhesif untuk mahkota jaket, GTC, dan pasak logam. Material ini mampu berikatan secara kimiawi pada struktur gigi melalui reaksi gugus karboksil dari poliasam dengan kalsium di gigi (Annusavice, 2004). Semen ionomer kaca tipe 1 dapat menyebar ke seluruh saluran akar atau hermetis dengan menggunakan alat lentulospiral (Fernandes dkk., 2001). Oleh karena itu, material ini dapat diujicobakan pada pasak FRC sebagai *luting cement* untuk meningkatkan sifat mekanis pasak FRC. Meskipun demikian, semen ionomer kaca tidak dapat berikatan dengan pasak FRC. Pasak FRC perlu dilapisi *silane* sebagai *coupling agent* agar dapat berikatan dengan semen ionomer kaca tipe 1.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka timbul permasalahan: apakah ada pengaruh kadar *silane* sebagai *coupling agent* terhadap kekuatan tarik perlekatan pasak FRC *E-glass prefabricated* dengan semen ionomer kaca tipe 1 sebagai *luting cement*

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar *silane* sebagai *coupling agent* terhadap kekuatan tarik perlekatan pasak FRC *E-glass prefabricated* dengan semen ionomer kaca tipe 1 sebagai *luting cement*.

D. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi ilmiah tentang kadar *silane* yang tepat sebagai *coupling agent* untuk melapisi pasak FRC *E-glass prefabricated* agar dapat diperoleh kekuatan tarik perlekatan yang baik
2. Memberikan informasi ilmiah tentang ikatan kimiawi *silane* sebagai *coupling agent* terhadap semen ionomer kaca tipe 1 dengan *fiber reinforced composite*.
3. Memberikan informasi klinis tentang alternatif sementasi pasak *fiber reinforced composite*, yaitu dengan menggunakan semen ionomer kaca tipe 1.

E. Keaslian Penelitian

Beberapa penelitian mengenai *silane* sebagai *coupling agent* pasak FRC *prefabricated* yang pernah dilakukan adalah: Goracci dkk (2005) meneliti tentang *microtensile bond strength* pasak FRC *prefabricated* yang diselubungi oleh *silane*, dan Perdigao dkk. (2006) meneliti tentang efek *silane* terhadap *bond strength* pasak FRC *prefabricated*.

Pada penelitian ini yang akan dilakukan adalah menguji kekuatan tarik perlekatan pasak FRC *prefabricated* yang diolesi *silane* sebagai *coupling agent* dengan kadar *silane* yang berbeda dan semen ionomer kaca tipe 1 sebagai *luting cement*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Pasak

a. Material Pasak

Pasak merupakan sebuah bangunan yang terbuat dari logam atau bukan logam yang dimasukkan ke dalam saluran akar untuk menambah kekuatan restorasi dan meneruskan tekanan-tekanan yang diterima gigi merata ke sepanjang akar. Berdasarkan material pembuatnya, pasak dibagi 2 yaitu: pasak metal dan pasak non metal (*fiber*, resin komposit, *fiber reinforced composite*) (Cheung, 2005). Penggunaan pasak yang terbuat dari metal banyak terjadi kegagalan pada aspek retensi maupun sering terjadi fraktur gigi. Oleh karena itu, banyak peneliti yang mengembangkan pasak FRC karena mempunyai karakteristik yang tepat untuk berfungsi dan secara biomekanis dapat beradaptasi dengan struktur gigi pasca PSA. (Le Bell dan Ronlof, 2005)

b. Syarat Pasak

Syarat keberhasilan pemasangan pasak dipengaruhi oleh faktor retensi dan resistensi. Resistensi pasak menentukan kemampuan pasak dan gigi untuk menahan tekanan lateral dan rotasional. Resistensi pasak dipengaruhi oleh panjang pasak, kekakuan atau kekerasan, adanya faktor antirotasi, dan adanya

ferrule (Anne, 2006). Retensi merupakan kekuatan yang menahan kekuatan tarik. Retensi pasak dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu panjang, lebar, keruncingan pasak, semen luting, jenis pasak baik yang bersifat pasif atau aktif (Ferrari dkk., 2008). Menurut Le Bell dan Ronlof (2007) faktor yang mempengaruhi retensi pasak antara lain: panjang pasak, banyaknya dentin yang tersisa, desain pasak, semen *luting*.

Panjang pasak berpengaruh pada distribusi tekanan pada akar sehingga berpengaruh terhadap ketahanan terhadap fraktur. Semakin panjang pasak maka kemampuan retensi meningkat, dan akan menahan lebih lama di saluran pasak. Beberapa penelitian mengatakan bahwa banyaknya dentin yang tersisa akan mempengaruhi kekakuan dan ketahanan terhadap fraktur gigi. Peningkatan lebar saluran pasak dapat meningkatkan resiko terjadinya fraktur gigi. Oleh karena itu, penghilangan dentin di dalam saluran akar harus seminimal mungkin untuk melindungi substansi gigi yang tersisa dan meminimalisir terjadinya fraktur (Le Bell dan Ronlof, 2007).

Desain pasak mempengaruhi retensi dan kesuksesan restorasi. Berdasarkan dari keruncingannya, pasak paralel lebih retentif daripada *tapered*, karena dapat mendistribusikan tekanan lebih merata sepanjang saluran pasak. Pasak yang berulir lebih retentif daripada pasak yang halus atau rata (Le Bell dan Ronlof, 2007).

Beberapa semen *luting* yang sering digunakan untuk pasak antara lain semen ionomer kaca dan semen resin. Semen resin memerlukan aplikasi etsa dan *bonding* pada dinding saluran akar untuk memperoleh retensi yang baik. Aplikasi

etsa dan *bonding* tidak merata ke seluruh permukaan dinding saluran akar akan mengurangi retensi. Semen resin berikatan secara mekanis melalui etsa dan *bonding*. Semen ionomer kaca mempunyai kemampuan berikatan dengan struktur gigi secara kimiawi, aplikasinya mudah. Semen ionomer kaca sebagai semen *luting* juga dapat menutup dengan sempurna ke dalam saluran akar (Le Bell dan Ronlof, 2007).

2. Pasak *Fiber Reinforced Composite* (FRC)

a. Definisi

Pasak *fiber reinforced composite* (FRC) adalah pasak yang tersusun atas matriks polimer yang dikombinasikan dengan *fiber* sebagai material pendukung untuk memperoleh sifat material yang lebih baik. Pasak FRC tersusun atas minimal dua material antara lain material penguat yang mempunyai fungsi kekuatan dan ketahanan; dan material berupa matriks (menyelubungi material penguat). *Fiber* adalah serabut yang terbentuk dari substansi mineral (Anonim, 2011). Jenis *fiber* yang digunakan di kedokteran gigi adalah *fiber polyethylene*, *carbon*, *glass* dan *aramid*. Aplikasi *fiber* di bidang kedokteran gigi biasanya diperkuat dengan polimer atau matriks resin. *Fiber* tersusun atas berbagai konfigurasi yaitu *unidirectional fibers*, *braided*, dan *woven*. Umumnya *fiber* mempunyai diameter 7-10 μm (Freilich dkk., 2000). *Fiber glass* sering digunakan pada pasak dalam bentuk sediaan jadi (*prefabricated*), sedangkan *polyethylene* sering digunakan untuk pasak yang dibuat sendiri (*fabricated* atau *chairside application*) (Seefeld dkk., 2007).

b. Sifat Fisik, Mekanis, Kimiawi

Pasak FRC mempunyai sifat mekanis yang bagus dan dapat digunakan untuk berbagai macam kebutuhan, mampu mempertahankan struktur gigi sebanyak mungkin karena menggunakan preparasi minimal dan teknik adhesif yang mudah (Le Bell dan Ronlof, 2007). Sistem adhesif pada pasak FRC saat ini terdiri atas *total etch* dan *self etch*. Pada sistem *total etch*, membutuhkan beberapa tahap perlakuan berupa pemberian etsa, bahan adhesif dan semen resin. Pada tahap *self etch* tidak memerlukan tahap etsa, hanya pemberian bahan adhesif dan semen resin saja. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa semen resin *self-adhesive (self etch)* mempunyai keunggulan dapat mempersingkat prosedur pemasangan pasak karena tidak memerlukan tindakan pembersihan *smear layer*. Kekurangan semen resin *self etch* adalah perlekatan terhadap gigi masih kurang kuat bila dibandingkan dengan *total etch*. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa semen resin *total etch* menghasilkan kekuatan interfisial yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan semen resin *self etch*. Pengetsaan pada pasak FRC *prefabricated* menggunakan *hydrofluoric acid* dapat meningkatkan kekasaran permukaan pasak FRC *prefabricated* sehingga meningkatkan retensi (Monticelli, 2008).

Keunggulan pasak FRC dibandingkan dengan pasak logam yaitu estetik yang bagus dan lebih efisien. Pasak dan restorasi akhir dapat dipasang pada satu kunjungan (Schmage dkk., 2009). Kelebihan pasak FRC antara lain mempunyai modulus elastisitas yang hampir sama dengan dentin (20 GPa), kemampuan estetikanya bagus, tidak mengalami korosi atau arus galvanis, kekuatan

fleksuralnya lebih baik, mudah untuk diambil apabila terjadi kegagalan PSA, pada beberapa kasus daya retensinya lebih besar (Hicks, 2008).

Fiber reinforced composite memiliki kekuatan fleksural yang berbeda-beda berdasarkan pabrik pembuatnya. Karakteristik FRC seperti perbandingan antara *fiber* dengan resin komposit, lebar *fiber*, dan kekuatan hubungan antara resin komposit dan *fiber* mempunyai pengaruh terhadap sifat mekanis yang dimiliki oleh pasak FRC (Seefeld dkk., 2007). FRC merupakan material bebas logam yang memenuhi kriteria biokompatibel dan estetis. Untuk mendapatkan efek penguat yang bagus maka beberapa faktor penting harus diperhatikan, antara lain: orientasi *fiber*, jumlah *fiber*, pemasukan *fiber* dalam polimer matriks, adhesi yang kuat antara *fiber* dengan polimer matriks, tipe dan sifat *fiber* (Le Bell dan Ronlof, 2007)

Orientasi *fiber* (arah *fiber*) mempengaruhi sifat mekanis dan termis (suhu). *Fiber* dapat berupa *fiber* panjang dan berkelanjutan (*continuous*) atau *fiber* pendek (*discontinuous*). *Continuous unidirectional* memberikan kekakuan dan kekuatan mekanis pada komposit terhadap *fiber*. Oleh karena itu, pasak FRC dapat digunakan pada daerah yang mengalami tekanan tinggi. *Fiber continuous bidirectional (woven, weave)* yaitu *fiber* yang digunakan dalam 2 arah, sehingga memperkuat polimer dalam 2 arah juga. *Fiber woven* dapat menambah ketahanan polimer, berperan sebagai pencegah timbulnya retak (*crack*), dan sangat cocok digunakan pada daerah mahkota (Le Bell dan Ronnlof, 2007).

Kuantitas *fiber* berpengaruh pada kekuatan dan kemampuan menahan beban. Kuantitas *fiber* biasanya dilaporkan sebagai persentase volume (vol %).

Persentase volume *fiber* pada pasak FRC *fabricated* yaitu sekitar 5-15 %, sedangkan pada pasak FRC *prefabricated* 45-65 % (Seefeld dkk., 2007).

Fiber harus penuh terlapisi oleh resin, sehingga polimer resin harus berkontak dengan setiap permukaan *fiber* supaya mencapai perlekatan yang adekuat antara *fiber* dengan matriks polimer. Proses perlekatan dan pelapisan resin yang bagus akan menghasilkan distribusi tekanan dari matriks polimer ke *fiber*. Pelapisan yang tidak tepat akan menyebabkan masalah pada penggunaan FRC, seperti peningkatan penyerapan air melalui celah kosong, menyebabkan penurunan sifat mekanis, diskolorisasi FRC (Le Bell dan Ronlof, 2007).

c. Jenis Pasak *Fiber Reinforced Composite*

Pasak *fiber reinforced composite* ada dua jenis, yaitu: pasak *fiber reinforced composite prefabricated* dan pasak *fiber reinforced composite fabricated*.

1. Pasak *Fiber Reinforced Composite Prefabricated*

Pasak *fiber reinforced composite prefabricated* merupakan pasak FRC sediaan jadi yang dibuat melalui proses pabrikasi. Pasak FRC *prefabricated* mengandung volume tinggi dari *fiber continuous unidirectional* pada matriks polimer yang terpolimerisasi (Le Bell dan Ronlof, 2007). Jenis *fiber* yang sering digunakan pada pasak FRC *prefabricated* adalah *fiber glass*. *Fiber glass* yang sering digunakan di kedokteran gigi adalah *E-glass fiber*. Matriks yang sering digunakan adalah polimer *epoxy* atau campuran antara *Bis-GMA* dan *resin dimethacrylate* dengan derajat konversi yang tinggi. Derajat konversi yang tinggi berfungsi untuk melindungi dan menahan *fiber* selama proses pendistribusian

tekanan di dalam komposit (Papadogianis dkk., 2009). Menurut Kono dkk. (2009), kekuatan fleksural pasak FRC *prefabricated* 1200 MPa, sedangkan kekuatan tarik pasak FRC *prefabricated* adalah 25 MPa. Kuantitas *fiber* pada pasak FRC *prefabricated* bervariasi yaitu antara 40-65 vol% tergantung pabrik pembuatannya (Le Bell dan Ronnlof, 2007). Kelebihan pasak FRC *prefabricated* adalah tahap pemasangan lebih praktis karena sudah tersedia dalam bentuk sediaan jadi. Kekurangan pasak FRC *prefabricated* adalah tidak bisa menyesuaikan dengan bentuk saluran pasak (Newmann dkk., 2003).

2. Pasak *Fiber Reinforced Composite Fabricated*

Pasak *fiber reinforced composite fabricated* merupakan pasak FRC yang dibuat sendiri oleh operator, sering juga disebut *chairside application* (Freilich dkk., 2000). Pasak *fabricated* terbuat dari anyaman *fiber polyethylene* yang diselimuti oleh polimer resin dan dimasukkan ke dalam saluran pasak. Keunggulan *fiber polyethylene* mempunyai kekuatan yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan *fiber carbon* (Ferrari dkk., 2008). Anyaman *fiber polyethylene* terdiri atas 2 bentuk, yaitu *braided* dan *woven* (Freilich dkk., 2000).

d. Kegunaan

Fiber reinforced composite dapat digunakan untuk membuat gigi tiruan cekat anterior atau posterior, periodontal *splint*, restorasi inti pasak pada gigi pasca perawatan endodontik, reparasi gigi tiruan sebagian resin akrilik. Hal tersebut telah banyak diaplikasikan oleh dokter gigi di tempat prakteknya. Karena sifat mekanis dan estetik FRC yang bagus, maka akhir-akhir ini dikembangkan aplikasi FRC untuk implan dan basis gigi tiruan lengkap, tetapi masih perlu

penelitian lebih lanjut tentang aplikasi FRC untuk implan dan basis gigi tiruan lengkap (Freilich dkk., 2000).

e. E-Glass Fiber

E-glass atau biasa disebut *electrical grade glass* adalah material yang berasal dari insulator untuk pemasangan kawat listrik. Kemudian material ini dikembangkan menjadi material pembentuk *fiber*. Material ini disebut *E-glass fiber*. *E-glass fiber* adalah paling populer dan mempunyai kelebihan dibanding *fiber glass* yang lainnya. *E-glass fiber* memiliki kekuatan mekanis yang tinggi dan estetik yang bagus meskipun kekuatan mekanis *E-glass fiber* masih lebih rendah daripada *S-glass fiber*. Komposisi *E-glass fiber* adalah SiO₂ 54 wt%, Al₂O₃ 14 wt%, campuran CaO dan MgO 22 wt%, B₂O₃ 10 wt% dan campuran Na₂O dengan K₂O kurang dari 2 wt% (Anonim, 2010).

3. Semen Ionomer Kaca Tipe 1

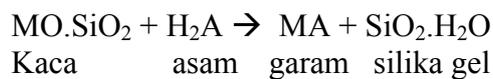
a. Komposisi

Semen ionomer kaca tipe 1 dirancang untuk sementasi. Sediaan semen ionomer kaca tipe 1 terdiri atas bubuk dan cairan. Komposisi bubuk semen ionomer kaca tipe 1 adalah kaca kalsium fluoroaluminosilikat (Annusavice, 2004). Kaca semen ionomer kaca tipe 1 terdiri atas tiga komponen, yaitu: silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃) dan kalsium fluorida (CaF₂). Ukuran partikel kaca pada bubuk semen ionomer kaca tipe 1 kurang dari 20 µm (van Noort, 2007). Cairan semen

ionomer kaca tipe 1 adalah larutan dari asam poliakrilat dengan konsentrasi 50% (Annusavice, 2004). Asam poliakrilat sangat mempengaruhi viskositas semen ionomer kaca tipe 1 (van Noort, 2007).

b. Reaksi *Setting*

Reaksi *setting* semen ionomer kaca tipe 1 melalui reaksi asam basa seperti:



Proses *setting* semen ionomer kaca terdiri atas tiga tahap yang *overlapping*, yaitu: *dissolution*, *gelation*, *hardening* (van Noort, 2007).

Dissolution terjadi saat cairan dicampur dengan bubuk/*powder*. Asam akan bereaksi dengan lapisan terluar dari serbuk kaca, menyebabkan aluminium, kalsium, natrium dan ion fluorida terlepas dan menyisakan partikel serbuk dan berperan sebagai inti kristal. Tahap awal reaksi *setting* semen ionomer kaca dapat dilihat pada gambar 1 (van Noort, 2007).

Fase *gelation* adalah *initial set* yang terjadi karena reaksi cepat ion kalsium *divalent* dengan gugus karboksil asam poliakrilat yang lebih siap daripada ion aluminium *trivalent*. Fase *gelation* dapat dilihat pada gambar 2. Setelah fase *gelation*, fase *hardening* dimulai dan dapat berakhir sampai 7 hari. Fase *hardening* merupakan lanjutan pembentukan aluminium *salt bridges* dan air yang terikat dengan silika gel, yang mengelilingi sisa partikel-partikel kaca. Ion aluminium sangat berperan dalam fase *hardening* (gambar 3). Ion aluminium *trivalent* dapat menjamin tingkat *crosslink* yang tinggi terhadap molekul *polyacid*. Struktur *setting* semen ionomer kaca tipe 1 (gambar 4) terdiri atas partikel kaca yang dikelilingi oleh silika gel di dalam matriks asam poliakrilat yang telah mengalami *crosslink* (van Noort, 2007).

c. Reaksi adhesi dengan struktur gigi

Semen ionomer kaca tipe 1 dapat berikatan secara langsung ke email dan dentin melalui reaksi gugus karboksil dari poliasam dengan kalsium di gigi, seperti pada gambar 5. Mekanisme adhesi ke email adalah ion-ion poliakrilat bereaksi dengan struktur apatit pada email, sehingga mendesak ion kalsium dan fosfat dan membentuk lapisan *intermediate* poliakrilat, fosfat dan kalsium atau ikatan secara langsung dengan kalsium pada apatit. Semen ionomer kaca tipe 1 dapat berikatan juga dengan dentin melalui ikatan hidrogen yang berikatan pada kolagen pada struktur apatit dentin (van Noort, 2007). Meskipun demikian, kekuatan ikatan semen dengan email akan lebih besar daripada dentin. Komponen anorganik dan homogenitas email lebih besar daripada dentin (Annusavice, 2004).

d. Manipulasi Semen Ionomer kaca Tipe 1

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam manipulasi semen ionomer kaca tipe 1 adalah permukaan gigi yang akan diaplikasi, pengadukan semen, penyemenan, dan pembuangan kelebihan semen. Struktur gigi yang akan diaplikasikan semen harus dibersihkan dengan pasta pumis, dibilas dan dikeringkan, namun jangan sampai mengalami dehidrasi. Pengeringan yang berlebihan akan membuka ujung-ujung tubulus dentinalis dan meningkatkan penetrasi cairan asam. Prosedur pengadukannya adalah bubuk dicampur ke cairan dalam jumlah besar dan diaduk dengan cepat selama 30-45 detik. Rasio bubuk dengan cairan bervariasi tergantung mereknya, tetapi umumnya berkisar antara 1,25-1,5 gram bubuk per 1 ml cairan. Penyemenan harus dilakukan sebelum semen mengeras. Waktu pengerasan bervariasi tergantung mereknya. Biasanya berkisar 4-5 menit (Annusavice, 2004).

4. *Silane sebagai Coupling Agent*

a. Komposisi

Silane adalah material perantara yang dapat digunakan untuk membuat ikatan antara dua material khusus. *Silane* mengandung γ -

methacryloxypropyltrimethoxysilane. Struktur *silane* sebagai *coupling agent* dapat dilihat pada gambar 6 (van Noort, 2007).

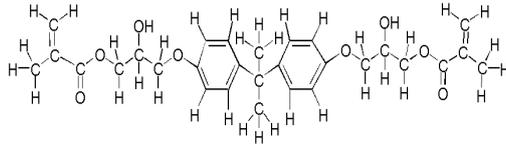
b. Reaksi *Coupling*

Resin matriks bersifat hidrofobik, sedangkan *silica-based glasses* bersifat hidrofilik. Oleh karena itu, resin matriks tidak memiliki kekuatan secara alami untuk berikatan dengan permukaan *glass* (gambar 7(a)). Penggunaan *silane coupling agent* mengakibatkan resin matriks berikatan dengan *glass*. *Silane coupling agent* memiliki gugus hidroksi yang dapat tertarik ke dalam gugus hidroksi pada permukaan *glass*, sehingga *silane* dapat berkontak dengan resin matriks dan menyebabkan gugus *organo-functional* bereaksi dengan resin matriks dan membentuk ikatan yang kuat. Selain itu, gugus metakrilat juga mampu berikatan dengan resin melalui ikatan karbon ganda, seperti pada gambar 7(b) (van Noort, 2007).

c. Pengaruh *silane* terhadap sifat mekanis

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *silane* dapat meningkatkan kekuatan mekanis suatu material. Penelitian Goracci dkk. (2005) menunjukkan bahwa penggunaan *silane* 1% untuk melapisi pasak fiber dapat meningkatkan *microtensile bond strength* pasak FRC *prefabricated*. Hasil penelitian Perdigao dkk. (2006) menunjukkan bahwa kadar *silane* 1% tidak signifikan meningkatkan kekuatan tarik pada pasak FRC *prefabricated*, meskipun ada peningkatan nilai kekuatan tarik.

Silane sebagai *coupling agent* dapat membuat ikatan antara dua material semen ionomer kaca dengan resin komposit (Anonim, 2010). *Silane* dapat berikatan dengan semen ionomer kaca. *Silane* terkondensasi menjadi siloksan. Siloksan membentuk ikatan kovalen dengan semen ionomer kaca pada rantai CH_2 semen ionomer kaca. *Silane* dapat berikatan dengan resin komposit. Siloksan dapat membentuk ikatan kovalen pada rantai C polimer resin komposit (Brinker dan Scherer, 1990).. Struktur kimia resin komposit (bisGMA) ditunjukkan pada gambar 8(a), struktur kimia *silane* terkondensasi menjadi siloksan pada gambar 8(b), struktur kimia semen ionomer kaca pada gambar 8(c).



bisGMA

5. Kekuatan Tarik Perlekatan

Penelitian ini menggunakan semen ionomer kaca tipe 1 sebagai *luting cement* pasak FRC, sehingga perlekatan pasak FRC dengan dentin dapat diketahui dengan uji kekuatan tarik perlekatan. Kekuatan tarik perlekatan adalah ukuran kekuatan suatu bahan ketika bahan tersebut menerima beban yang cenderung merenggangkan atau memperpanjang bahan tersebut. Kekuatan tarik perlekatan umumnya ditentukan dengan meletakkan suatu bahan berbentuk panjang, kawat atau bentuk *dumbbell* terhadap gaya tarik (uji tarik satu sumbu). Uji ini hanya dapat digunakan pada bahan yang umumnya menunjukkan deformasi elastis atau sedikit atau tanpa deformasi plastis (Anucavice, 2004). Uji tarik perlekatan menggunakan alat *Torse's universal testing machine*. Diagram susunan alat tersebut dapat dilihat pada gambar 9.

Gambar 9. Diagram susunan alat untuk menguji kekuatan tarik (van Noort, 2007).

Beban kompresif pada uji tarik perlekatan ditempatkan di lempeng datar terhadap sisi dari contoh bahan silindris pendek (lempeng). Gaya kompresi vertikal sepanjang sisi lempeng menghasilkan suatu tekanan tarik yang tegak lurus dengan bidang vertikal yang melalui pusat lempeng. Fraktur terjadi sepanjang bidang vertikal. Pada keadaan ini, tekanan tarik langsung seimbang dengan beban kompresi yang diaplikasikan (Anusavice, 2004). Kekuatan tarik dihitung dengan rumus sebagai berikut: (Sano dkk., 1994)

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

σ = kekuatan tarik (MPa)

P = gaya yang diaplikasikan pada sampel (N)

A = luas permukaan perlekatan (mm²)

B. Landasan Teori

Pasak *fiber reinforced composite* (FRC) adalah pasak yang tersusun atas matriks polimer yang dikombinasikan dengan *fiber* sebagai material pendukung untuk memperoleh sifat material yang lebih baik. *Fiber* yang digunakan di kedokteran gigi adalah *fiber polyethylene*, *carbon*, *glass* dan *aramid*. Jenis *E-glass fiber* memiliki kekuatan mekanis yang tinggi dan estetik yang bagus.

Semen ionomer kaca tipe 1 dapat digunakan sebagai sementasi pasak karena semen tersebut dapat berikatan secara langsung ke email dan dentin

melalui reaksi gugus karboksil dari poliasam dengan kalsium di gigi. Mekanisme adhesi ke email adalah ion-ion poliakrilat bereaksi dengan struktur apatit pada email, sehingga mendesak ion kalsium dan fosfat dan membentuk lapisan *intermediate* poliakrilat, fosfat dan kalsium atau ikatan secara langsung dengan kalsium pada apatit. Semen ionomer kaca tipe 1 dapat berikatan juga dengan dentin melalui ikatan hidrogen yang berikatan pada kolagen pada struktur apatit dentin.

Semen ionomer kaca tipe 1 tidak dapat berikatan dengan pasak FRC. Jika semen tersebut digunakan sebagai sementasi pasak FRC, maka diperlukan *silane* sebagai *coupling agent*. *Silane* dapat berikatan dengan semen ionomer kaca. *Silane* terkondensasi menjadi siloksan. Siloksan membentuk ikatan kovalen dengan semen ionomer kaca pada rantai CH₂ semen ionomer kaca. Selain itu, *silane* dapat berikatan dengan resin komposit. Siloksan dapat membentuk ikatan kovalen pada rantai C polimer resin komposit.

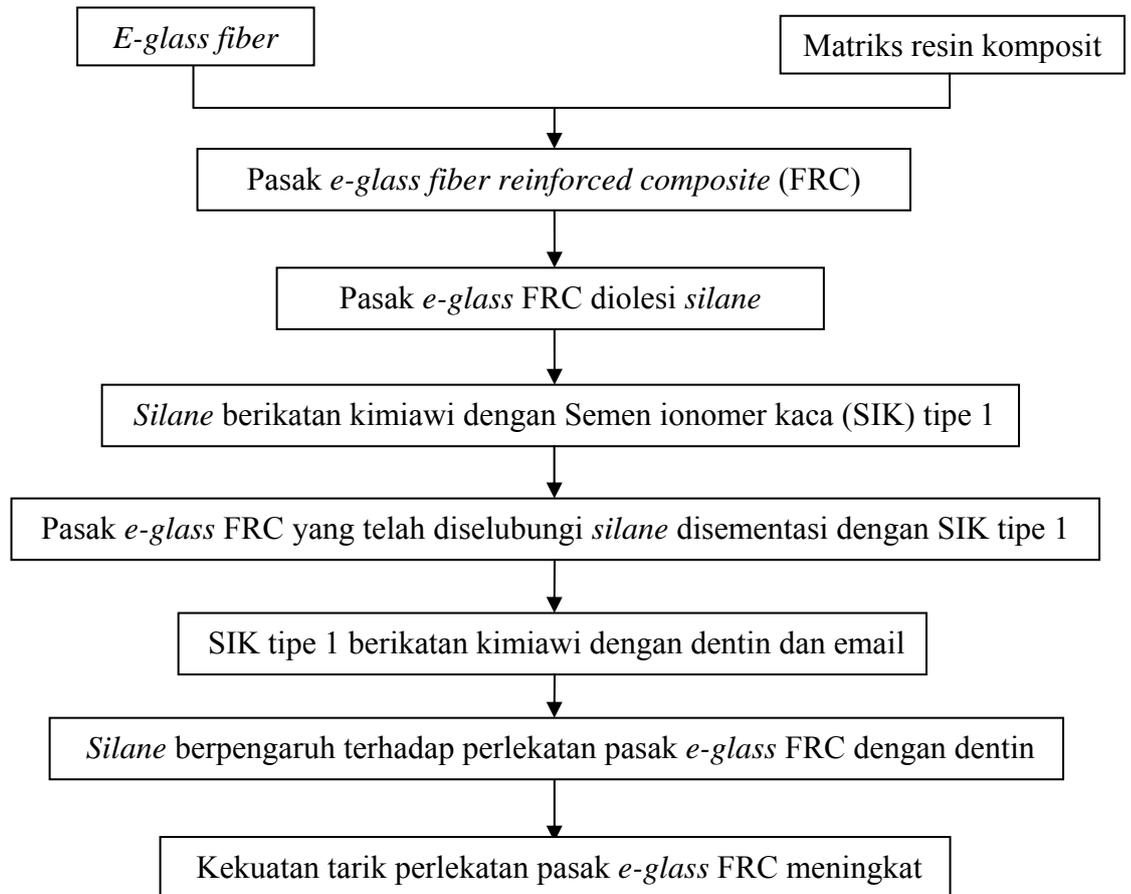
Ikatan *silane* terhadap semen ionomer kaca dan resin komposit dapat diuji dengan uji kekuatan tarik. Berdasarkan penelitian sebelumnya, kadar *silane* 1% dapat meningkatkan *microtensile bond strength* pasak FRC *prefabricated*, meskipun tidak signifikan. Oleh karena itu, penelitian ini akan menggunakan variasi kadar *silane* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kekuatan tarik perlekatan pasak *e-glass FRC prefabricated* dengan semen ionomer kaca tipe 1 sebagai *luting cement*.

C. Hipotesis

Berdasarkan landasan teori yang telah dikemukakan, maka diajukan hipotesis bahwa:

Terdapat pengaruh kadar *silane* sebagai *coupling agent* terhadap kekuatan tarik perlekatan pasak FRC *E-glass prefabricated* dengan semen ionomer kaca tipe 1 sebagai *luting cement*.

D. Kerangka Konsep



III. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah eksperimental laboratoris.

B. Identifikasi Variabel

1. Variabel pengaruh:
Kadar *silane* (1 %, 2 %, 3 %)
2. Variabel terpengaruh:
Kekuatan tarik pasak *e-glass FRC prefabricated*
3. Variabel terkendali:
 - a. Jenis pasak *fiber reinforced composite prefabricated (e-glass)*
 - b. Sampel gigi (premolar satu bawah)
4. Variabel tak terkendali: Usia gigi setelah waktu pencabutan

C. Definisi Operasional

1. Kadar *silane*

Kadar *silane* merupakan jumlah *γ-methacryloxypropyltrimethoxysilane* yang terdapat pada 6 ml (1 botol).

2. Semen ionomer kaca tipe 1

Semen ionomer kaca tipe 1 merupakan semen yang dirancang untuk sementasi restorasi pasak, mahkota jaket, gigi tiruan cekat, dapat berikatan secara kimiawi dengan email dan dentin. Komposisi semen ionomer kaca tipe 1 adalah kaca, *polyacid*, air dan asam tartarat.

3. Pasak *fiber reinforced composite prefabricated e-glass* (FRC)

Pasak *fiber reinforced composite prefabricated e-glass* merupakan pasak FRC sediaan jadi yang dibuat melalui proses pabrikan. Pasak FRC *prefabricated* mengandung volume tinggi dari fiber *continuous unidirectional* pada matriks polimer yang terpolimerisasi. Jenis fiber yang digunakan adalah *e-glass fiber*.

4. Kekuatan tarik perlekatan pasak FRC *e-glass prefabricated*

Kekuatan tarik perlekatan pasak FRC *e-glass prefabricated* adalah ukuran kekuatan perlekatan pasak FRC *e-glass prefabricated* yang telah disementasi pada gigi.

D. Bahan dan Alat Penelitian

1. Bahan penelitian

- a. Pasak FRC *prefabricated (e-glass)* (Fibrekleer, Pentron)
- b. *Silane* 1% (Monobond, Ivoclar Vivadent)
- c. *Silane* 2% (Monobond, Ivoclar Vivadent)

- d. *Silane 3%* (Monobond, Ivoclar Vivadent)
- e. Semen ionomer kaca tipe 1 (Fuji I, GC)
- f. *Paper pad*
- g. *Composite flowable* (Tetric flow, Ivoclar vivadent)

2. Alat Penelitian

- a. *Visible light cure* (Litex)
- b. *Universal testing machine*
- c. Alat diagnostik
- d. Alat bantu uji tarik perlekatan
- e. Bandul beban 1 kg
- f. *Sliding caliper* dengan ketelitian 0,01 mm
- g. *Agate spatula*
- h. *Micromotor*
- i. *Disc bur*
- j. *Microbrush*
- k. *Ball applicator*
- l. Cetakan sampel (baja berbentuk balok berukuran 15 x 15 x 10 mm)
(gambar 10)



Gambar 10. Cetakan baja berbentuk balok untuk membuat sampel

E. Teknik Pengambilan Sampel

Jumlah sampel pada penelitian ini ditentukan dengan menggunakan rumus dari Lameshow dkk. (1997) :

$$n = \frac{Z^2_{1-\alpha/2} \sigma^2}{d^2}$$

Keterangan rumus :

n = jumlah sampel tiap kelompok

Z = harga standar normal pada α tertentu yang digunakan dalam penelitian

σ = variansi populasi yang dapat diestimasi dari simpangan baku penelitian sejenis sebelumnya

d = Presisi (normal 0,01 – 0,25)

Berdasarkan rumus tersebut, maka perhitungan besar sampel penelitian ini adalah:

$$Z = 1,96 \quad (\alpha = 0,05 \rightarrow Z_{1-\alpha/2} = Z_{0,975} = 1,96)$$

$$\sigma = 0,135 \quad (\text{Sano dkk., 1994})$$

$$d = 0,155 \quad (\text{Darmawangsa, 2005})$$

sehingga $n = 5,294000756 \rightarrow$ dibulatkan menjadi 5

F. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium *skill lab* Kedokteran Gigi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UGM.

G. Jalannya Penelitian

1. Pemilihan dan Pembuatan Sampel Dentin Gigi

Sampel dentin gigi pada penelitian ini diperoleh dari gigi premolar pertama bawah sebanyak 20 gigi. Gigi yang digunakan harus memenuhi syarat tidak mengalami karies dan fraktur. Gigi-gigi tersebut diseleksi untuk mendapatkan ukuran dan panjang yang hampir sama. Gigi tersebut diukur dari arah CEJ, baik dari arah mesiodistal, bukolingual dan apikokoronal (panjang akar). Panjang gigi mesiodistal antara sekitar 6,5 mm, bukolingual sekitar 6,8 mm dan apikokoronal sekitar 15 mm. Gigi disimpan dalam larutan salin (Hafida dkk., 2011). Selanjutnya, gigi dipotong dengan *disc* bur pada bagian koronal sehingga diperoleh panjang gigi dari apikal ke arah koronal 15 mm dan dipotong lagi menjadi 2 bagian, yaitu bagian bukal dan lingual, sehingga diperoleh sampel dentin gigi dengan dua bentuk permukaan, yaitu permukaan lengkung dan permukaan datar. Kemudian sampel dentin gigi dibersihkan dengan akuades steril. Selanjutnya, sisi permukaan lengkung dentin gigi ditanam pada di cetakan baja berbentuk balok sampai batas sisi permukaan datar dengan resin akrilik *self cured* dan ditunggu sampai *setting* selama 5 menit. Kemudian sampel dilepas dari cetakan baja dan diperoleh sampel dentin gigi yang tertanam di resin akrilik.

Langkah-langkah pembuatan sampel dentin gigi dapat dilihat pada gambar 11. Sampel dentin gigi yang telah ditanam pada cetakan baja ditunjukkan gambar 12.



Gambar 12. Sampel dentin gigi yang telah ditanam dalam cetakan baja dengan resin akrilik.

2. Persiapan sampel penelitian

Simulasi penelitian uji tarik perlekatan pasak FRC *E-glass prefabricated* dengan sementasi SIK tipe 1 menggunakan sampel yang terdiri atas satu kesatuan dentin gigi, Semen ionomer kaca (SIK) tipe 1, *silane*, matriks resin komposit, pasak FRC *E-glass prefabricated*.

Pembuatan sampel:

- a. Potong panjang pasak *fiber e-glass prefabricated* menjadi 15 mm.
- b. Aplikasi *composite flowable* pada seluruh permukaan pasak *fiber* sebanyak 1 kali oles. Kemudian disinari dengan *visible light cure* merek litex dengan panjang gelombang 450-500 nm dengan jarak penyinaran 1 mm selama 20 detik. Sehingga diperoleh sampel pasak (Bofante dkk., 2007). Kemudian diukur luas permukaan pasak FRC *E-glass prefabricated* tersebut dengan menggunakan rumus jajaran genjang, yaitu: $\frac{1}{2} \times ((\text{jumlah sisi sejajar}) \times \text{tinggi})$
- c. Selanjutnya sampel dibagi menjadi 4 kelompok:

1. Kelompok A (tanpa *silane*):

Bubuk dan cairan SIK tipe 1 diletakkan di *paper pad*. Rasio bubuk dan cairan adalah 1,8 gram : 1 gram (*1 level scoop of powder to 2 drops of liquid*). Kemudian bubuk dan cairan SIK tipe 1 diaduk dengan *agate spatula* selama 20 detik dengan *working time* 2 menit (Instruksi GC *Gold label luting and lining cement*). Aplikasi SIK tipe 1 sebanyak 4 kali oles pada permukaan sisi bukal pasak FRC *E-glass prefabricated* dengan menggunakan *ball applicator* (Mohammadi dkk., 2008). Kemudian permukaan sisi bukal pasak FRC *E-glass prefabricated* yang terolesi SIK tipe 1 diaplikasikan pada sampel dentin gigi dengan menggunakan beban 1 kg (Darmawangsa, 2005), yang diletakkan pada permukaan lingual sampai SIK tipe 1 *setting* yaitu selama 4 menit 30 detik (Instruksi GC *Gold label luting and lining cement*).

2. Kelompok B (*silane* 1%)

Aplikasi *silane* 1% pada permukaan sisi bukal pasak FRC *E-glass prefabricated* sebanyak 2 kali oles dengan menggunakan *microbrush* dan ditunggu selama 60 detik, kemudian dikeringkan dengan semprot angin selama 30 detik (Perdigao dkk., 2006).

Bubuk dan cairan SIK tipe 1 diletakkan di *paper pad*. Rasio bubuk dan cairan adalah 1,8 gram : 1 gram (*1 level scoop of powder to 2 drops of liquid*). Kemudian bubuk dan cairan SIK tipe 1 diaduk dengan *agate spatula* selama 20 detik. Aplikasi SIK tipe 1 sebanyak 4 kali oles pada permukaan bukal pasak FRC *E-glass prefabricated* dengan menggunakan *ball applicator* (Mohammadi dkk., 2008). Kemudian permukaan sisi bukal pasak FRC *E-glass prefabricated* yang terolesi SIK tipe 1 diaplikasikan pada sampel dentin gigi dengan menggunakan beban 1 kg (Darmawangsa, 2005), yang diletakkan pada permukaan lingual sampai SIK tipe 1 *setting* yaitu selama 4 menit 30 detik.

Perlakuan sampel penelitian pada kelompok C dan D sama seperti kelompok B, maka untuk kelompok C dan D masing-masing menggunakan kadar *silane* 2% dan 3%.

Setelah perlakuan sampel di atas, sehingga diperoleh sampel dengan dua sisi yang berbeda. Sisi bukal pasak *E-glass* FRC telah diolesi *silane* dan sementasi SIK tipe 1 pada sampel dentin gigi, sedangkan sisi lingual adalah permukaan pasak FRC *E-glass*.

3. Uji Kekuatan Tarik Perlekatan

a. Persiapan uji tarik perlekatan

Sampel dimasukkan pada alat bantu uji tarik kemudian grip dipasang pada sisi lingual permukaan pasak FRC *e-glass prefabricated*. Selanjutnya, sampel telah siap untuk diberi perlakuan uji tarik perlekatan (Darmawangsa, 2005).

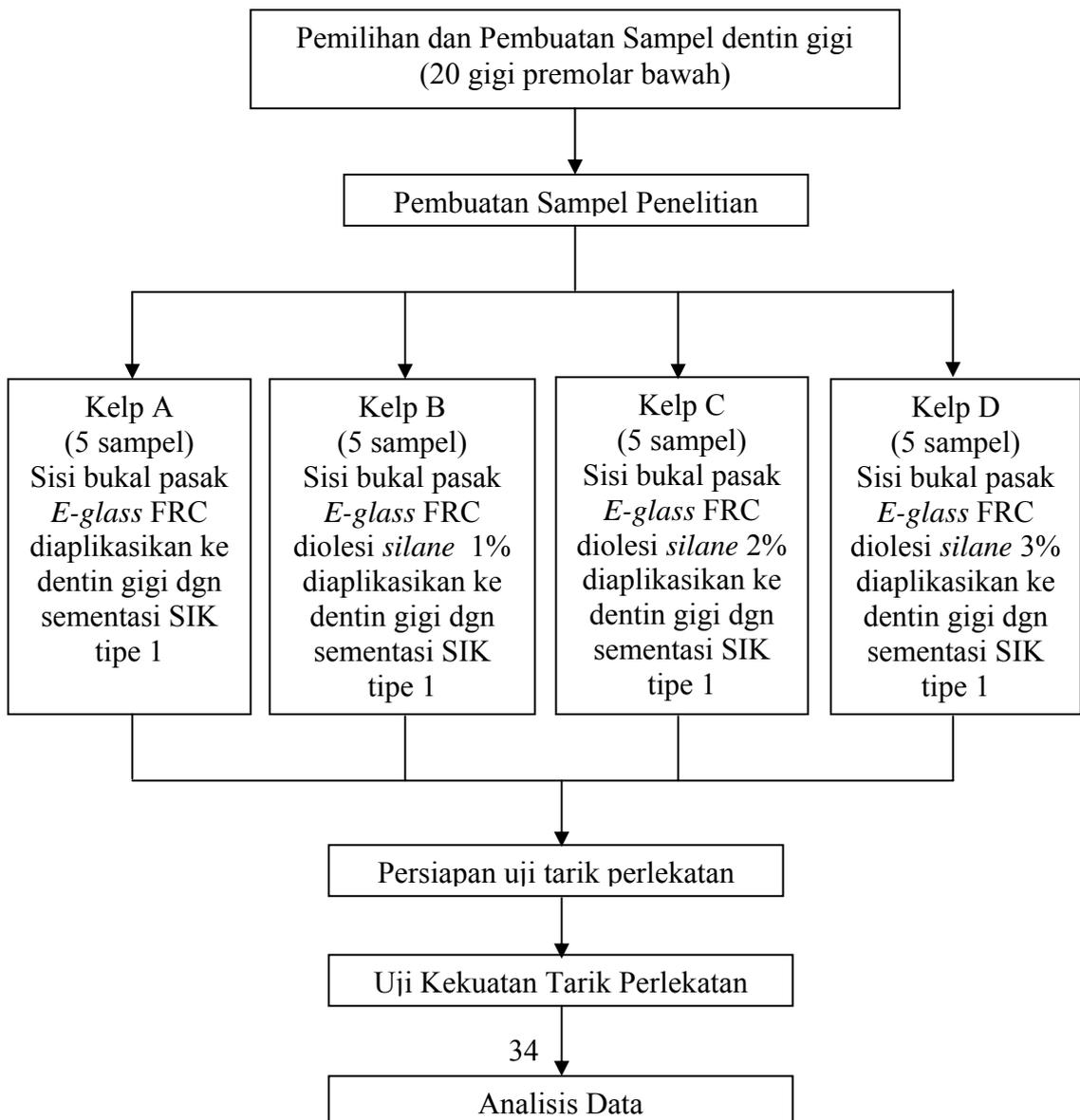
b. Uji tarik perlekatan

Alat uji tarik yang digunakan adalah *Torsee's digital system universal testing machine* tipe AMU-5DE, *Tokyo Testing Machine*. Uji tarik perlekatan tersebut dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Uji tarik perlekatan menghasilkan nilai kekuatan tarik perlekatan yang diperoleh dari besarnya beban tarik yang diperlukan hingga restorasi terlepas (cetakan terpisah). Data yang diperoleh berupa *load* atau gaya tarik dalam satuan MPa (Darmawangsa, 2005).

H. Analisis Data

Data dianalisis secara statistik menggunakan uji analisis varians satu arah (*anova*) untuk melihat perbedaan besarnya nilai kekuatan tarik pada empat kelompok yang diuji. Selanjutnya, dianalisis dengan uji LSD untuk melihat besarnya perbedaan antara masing-masing kelompok.

I. Skema Alur Penelitian



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada kelompok A, kelompok B, kelompok C dan kelompok D diperoleh persebaran data dari 0,0108 MPa (terkecil) sampai dengan 0,176 MPa (terbesar). Rerata kekuatan uji tarik perlekatan pasak *E-glass FRC prefabricated*, dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rerata kekuatan tarik perlekatan pasak *E-glass FRC prefabricated* pada keempat kelompok penelitian (MPa).

Kelompok	Rerata \pm standar deviasi
A (tanpa <i>silane</i>)	0,14 \pm 0,0037
B (<i>silane</i> 1%)	0,35 \pm 0,0094
C (<i>silane</i> 2%)	0,71 \pm 0,0055
D (<i>silane</i> 3%)	1,43 \pm 0,22

Tabel 1 menunjukkan bahwa rerata kekuatan tarik perlekatan pasak *E-glass FRC prefabricated* terbesar pada kelompok D (diolesi *silane* 3 %). Rerata

kekuatan tarik perlekatan juga semakin meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi *silane*.

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di atas telah diuji normalitas dan homogenitas. Berdasarkan uji normalitas dan homogenitas (dapat dilihat pada lampiran), data-data di atas berdistribusi normal dan homogen, sehingga dapat dilakukan uji parametrik. Uji parametrik yang digunakan untuk mengetahui pengaruh kadar *silane* terhadap kekuatan tarik perlekatan pasak *E-glass FRC prefabricated* adalah uji anova satu jalur, seperti terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Rangkuman hasil uji anova satu jalur kekuatan tarik perlekatan pasak *E-glass FRC prefabricated*.

Sumber Variasi	JK	db	KK	F	Sig
Antar kelompok	0,048	3	0,016	100,683	0,000
Dalam kelompok	0,003	16	0,000		
Total	0,05	19			

Berdasarkan tabel 2 dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh yang bermakna ($p < 0,05$) akibat variasi kadar *silane* terhadap kekuatan tarik perlekatan pasak *E-glass FRC prefabricated*. Selanjutnya, beda rerata antar kelompok dapat diketahui dengan uji statistik $LSD_{0,05}$ (tabel 3).

Tabel 3. Tabel ringkasan uji LSD kekuatan tarik perlekatan pasak *E-glass FRC prefabricated* pada keempat kelompok penelitian.

Konsentrasi <i>silane</i>	Tanpa <i>silane</i> (Kelompok A)	1% (kelompok B)	2% (Kelompok C)	3% (kelompok D)
Tanpa <i>silane</i>	-	-0,021*	-0,057*	-0,0123*
1%	-	-	-0,036*	-0,108*
2%	-	-	-	-0,072*
3%	-	-	-	-

Keterangan: * : signifikan ($p = 0,05$)

Hasil uji LSD menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna antara semua kelompok pada penelitian ini.

B. Pembahasan

Pasak yang digunakan pada penelitian ini adalah pasak *E-glass fiber reinforced composite prefabricated* telah diolesi *silane* dari pabrik yang memproduksinya, agar dapat berikatan dengan matriks resin komposit. *Silane* akan membentuk ikatan kovalen dengan rantai polimer resin komposit (Dreyfuss dkk., 2008).

Pasak *E-glass FRC prefabricated* biasanya disementasi pada gigi dengan semen resin komposit, tetapi semen tersebut tidak dapat berikatan secara kimiawi dengan struktur gigi (Prisco dkk., 2003). Semen yang mampu berikatan secara kimiawi dengan struktur gigi (email dan dentin) adalah semen ionomer kaca (Annusavice, 2004). Semen ionomer kaca tidak dapat berikatan dengan matriks resin komposit pada pasak *E-glass fiber reinforced composite* (FRC), sehingga diperlukan penambahan *silane coupling agent*.

Penelitian ini menambahkan *silane* (1%, 2%, 3%) pada permukaan matriks resin komposit, sehingga diperoleh hasil penelitian pada tabel 1 dan tabel 2. Tabel 1 menunjukkan bahwa kekuatan tarik perlekatan pasak *E-glass FRC prefabricated* sementasi SIK tipe 1 cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya kadar *silane*. Kecenderungan peningkatan kekuatan tarik perlekatan pasak dipengaruhi secara bermakna oleh variasi kadar *silane*, yang dibuktikan oleh hasil uji anova

satu jalur pada tabel 2. Oleh karena itu, hasil penelitian ini sesuai dengan hipotesis yang menyatakan bahwa terdapat pengaruh kadar *silane* terhadap kekuatan tarik perlekatan pasak *E-glass FRC prefabricated* sementasi SIK tipe 1. Peningkatan kekuatan tarik perlekatan pasak dapat terjadi karena adanya ikatan kovalen resin komposit dengan *silane*; ikatan kovalen antara *silane* dengan semen ionomer kaca (Brinker dan Scherer, 1990) dan ikatan semen ionomer kaca dengan struktur gigi (Annusavice, 2004).

Silane yang dioleskan di permukaan matriks resin komposit akan terkondensasi menjadi siloksan. *silane* dapat membentuk ikatan kovalen pada ujung rantai C polimer resin komposit. Gugus siloksan dapat berikatan dengan semen ionomer kaca. Siloksan membentuk ikatan kovalen dengan semen ionomer kaca pada gugus silanol (Si-OH) semen ionomer kaca (Brinker dan Scherer, 1990).

Semen ionomer kaca dapat berikatan secara langsung ke email dan dentin melalui reaksi gugus karboksil dari poliasam dengan kalsium di gigi. Mekanisme adhesi ke email adalah ion-ion poliakrilat bereaksi dengan struktur apatit pada email, sehingga mendesak ion kalsium dan fosfat dan membentuk lapisan *intermediate* poliakrilat, fosfat dan kalsium. Semen ionomer kaca dapat berikatan juga dengan dentin melalui ikatan hidrogen yang berikatan pada kolagen pada dentin (Annusavice, 2004).

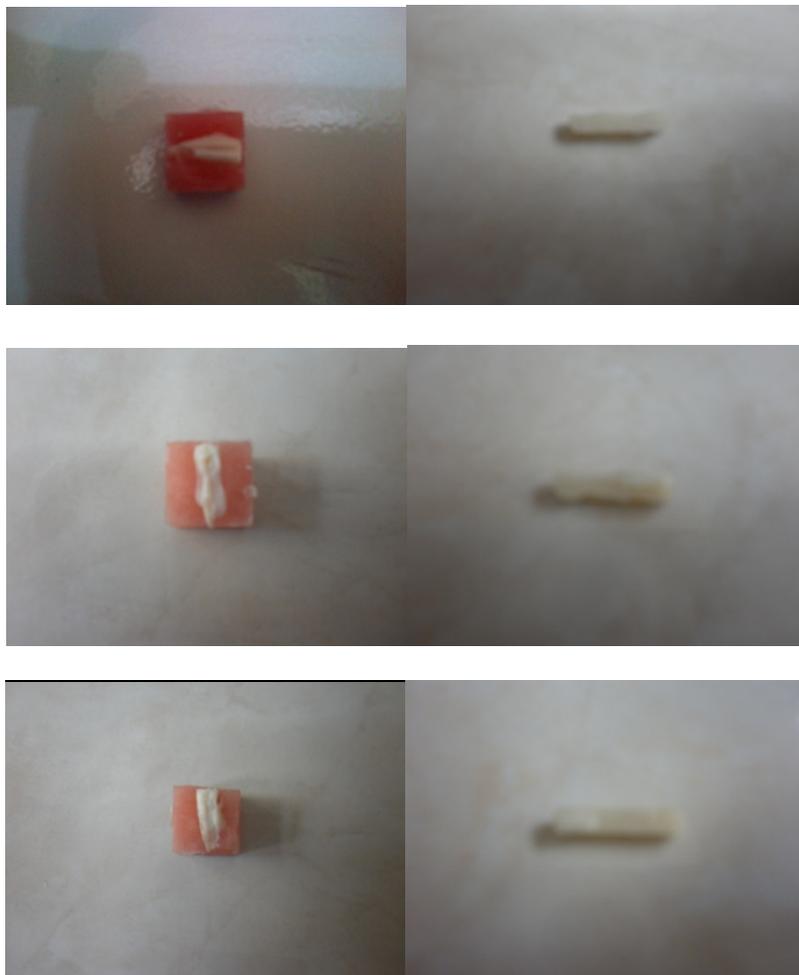
Tabel 3 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna antara semua kelompok. Perbedaan yang bermakna dapat terjadi karena adanya peningkatan kekuatan tarik perlekatan pasak antar kelompok penelitian yang

disebabkan oleh sifat adhesi antara matriks resin komposit dengan *silane*; antara *silane* dengan semen ionomer kaca (Dreyfuss dkk., 2008); antara semen ionomer kaca dengan struktur gigi (Annusavice, 2004). Selisih kekuatan tarik perlekatan pasak antara kelompok tanpa *silane* dengan kelompok *silane* 1% sebesar 0,021 MPa; kelompok *silane* 2% sebesar 0,057 MPa dan kelompok *silane* 3% sebesar 0,129 MPa. Peningkatan kekuatan tarik perlekatan pasak bila dibandingkan antara kelompok tanpa *silane* dengan kelompok *silane* 1%; 2%; 3% secara berurutan adalah 2,5 kali; 5,1 kali dan 10,2 kali.

Pasak FRC biasanya disementasi menggunakan semen resin. Kekuatan tarik perlekatan pasak FRC yang disementasi dengan semen resin sebesar 5,02 MPa. Penelitian kekuatan tarik perlekatan pasak dengan semen resin tersebut menggunakan gigi premolar bawah yang tidak karies dicabut, kemudian langsung dilakukan perawatan saluran akar dan restorasi pasak FRC serta uji kekuatan tarik perlekatan (Bofante dkk., 2007). Kekuatan tarik perlekatan pada penelitian ini tertinggi adalah 1,43 MPa. Kekuatan tarik perlekatan pasak pada penelitian ini lebih kecil jika dibandingkan dengan kekuatan tarik perlekatan pasak dengan sementasi semen resin. Perbedaan kekuatan tarik ini dapat terjadi karena pada penelitian Bofante dkk. (2007) menggunakan gigi yang dicabut langsung dilakukan perawatan saluran akar dan restorasi pasak serta uji tarik perlekatan, sedangkan pada penelitian ini menggunakan sampel gigi yang dicabut setelah beberapa minggu.

Gigi yang telah lama dicabut akan terjadi perubahan struktur gigi. Struktur dentin terdiri atas bahan anorganik, bahan organik dan air. Kandungan bahan

anorganik dentin, seperti kalsium, hidroksiapatit dan lain-lain akan berkurang banyak pada gigi yang telah lama dicabut. Kalsium dentin dapat berkurang menjadi 17%. Kandungan bahan organik, seperti kolagen, akan mengalami penurunan pada gigi yang telah lama dicabut. Kandungan kolagen dentin akan turun menjadi 20%. Perubahan struktur gigi tersebut akan mempengaruhi ikatan kimiawi antara gigi dengan material seperti semen ionomer kaca, karena mekanisme adhesif semen ionomer kaca dengan gigi melibatkan bahan organik dan anorganik pada email dan dentin (Woelfel dan Scheid, 1997).





Gambar 13. (A)-(H). kondisi dentin gigi dan pasak *E-glass FRC prefabricated* yang telah dilakukan uji tarik perlekatan. (A)-(B). Kelompok A (tanpa *silane*); (C)-(D). Kelompok B (*silane* 1%); (E)-(F). Kelompok C (2%); (G)-(H). Kelompok D (*silane* 3%).

Gambar 13 menunjukkan kondisi dentin gigi dan pasak *E-glass FRC* yang telah dilakukan uji tarik perlekatan. Gambar 13 (A) menunjukkan bahwa semen ionomer kaca masih menempel pada dentin gigi, sehingga gambar 13 (B) terlihat permukaan pasak *E-glass FRC prefabricated* tidak ada SIK. Kondisi tersebut dapat terjadi karena tidak terdapat ikatan SIK dengan matriks resin komposit. Gambar 13 (C)-(H) menunjukkan bahwa sebagian semen ionomer kaca masih menempel pada dentin gigi dan sebagian lagi menempel pada permukaan pasak *E-glass FRC prefabricated*. Jika dibandingkan antara kelompok B (*silane* 1%), C (*silane* 2%) dan D (*silane* 3%), maka cenderung semen ionomer kaca semakin banyak menempel pada permukaan pasak *E-glass FRC prefabricated* seiring dengan meningkatnya kadar *silane*. Keadaan tersebut dapat terjadi karena diperkirakan semakin banyak ikatan kovalen yang terbentuk antara *silane* dengan SIK pada kadar *silane* yang lebih tinggi, tetapi kadar *silane* yang optimal belum diketahui. Semen ionomer kaca akan menempel semua pada permukaan pasak FRC pada kadar *silane* yang optimal.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh kadar *silane* terhadap kekuatan tarik perlekatan pasak *e-glass fiber reinforced composite* dengan sementasi semen ionomer kaca tipe 1 dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kadar *silane* berpengaruh terhadap kekuatan tarik perlekatan pasak *e-glass fiber reinforced composite* dengan sementasi semen ionomer kaca tipe 1.
2. Kekuatan tarik perlekatan pasak *e-glass fiber reinforced composite* cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya kadar *silane*.

B. SARAN

Dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kadar *silane* yang optimal untuk meningkatkan kekuatan tarik perlekatan pasak FRC *prefabricated* dan menggunakan sampel gigi yang waktu setelah dicabut tidak lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Akkayan, B., dan Gulmez, T., 2002, Resistance to Fracture of Endodontically Treated Teeth Restored with Different Post Systems, *J Prosth Dent*; 6(7): 431-7.
- Anne, R.G., 2006, Adaptation of Adhesive Post and Cores to Dentin after In Vitro Occlusal Loading: Evaluation of Post Material Influence, *J Adhes Dent*; 7 (8): 409-19.
- Anonim, 2010, Silane as Coupling Agent, available from: <http://www.material.com/silane/definition>. diunduh November 2011.
- Anonim, 2011, Definition of fiber. Available from: <http://www.efunda-dictionary.com/fiber/definition>. diunduh November, 2011.
- Annusavice, K.J., 2004, *Buku Ajar Ilmu Bahan Kedokteran Gigi, ed.10*. Penerbit: Buku Kedokteran EGC, Jakarta, h. 40-261.
- Beech, D.R., Tyas, M.J., Solomon, A., 2001, Bond strength of restorative Materials to Human Dentin: Influence of post Extraction Time, *Dent Material*; 7(1): 7-15.
- Bill, M.C., 2001, Glass-ionomer Dental Restorative, *Progress in Polymer Science*; 26(4): 577
- Bofante, G., Kaizer, O.B., Pegoraro, L.F., Valle, A.L., 2007, Tensile Bond Stregth of Glass Fiber Posts with Different Resin Cements, *Braz Oral Res*; 21(2):159-64.
- Brinker, C.J., Scherer, G.W., 1990, *Sol-Gel Science: The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing*, 1st edition, Academic Press, California, h 620.

- Cheung, W., 2005, A Review of the Management of Endodontically treated teeth. *J Am Dent Assoc*; 5(6): 611-619.
- Darmawangsa, 2005, Pengaruh Sudut Bevel terhadap Kekuatan Tarik Perlekatan Resin Komposit Sinar Tampak dan Enamel Gigi, *Tesis*, h 25-26
- Dreyfuss, P., Fetters, L.J., Gent, A.N., 2008, Chemistry of Silane Coupling Reactions: Reaction of Dimethylmethoxysulcanated Poly(butadiene) with Triethylsilanol and with Glass, *Macromolecules*; 8(11): 1036-1038.
- Fernandes, A.S., Dessai, G.S., 2001, Factor Affecting the Fracture Resistance of Post Core Reconstructed Teeth, *Int J Prosth*; 7(14): 355-63.
- Ferrari, M., Breschi, L., dan Grandini, S., 2008, *Fiber Post and Endodontically Treated Teeth*, MDM, Wendywood, h.39-163.
- Freilich, M.A., Meiers, J.C., Duncan, J.P., dan Goldberg, J.A., 2000, *Fiber Reinforced Composite in Clinical Dentistry*. Chicago: Quintessence. h. 39-43.
- Goracci, C., Rafaelli, O., Monticelli, F., Balleri, P., Bertelli, E., Ferrari, M., 2005, The Adhesion between Fiber Posts and Composite Resin Cores; Microtensile Bond Strength with and without Post Silanization, *J Dent Mater*; 8(12): 437-444.
- Hafida, N., Wignyo, H., Emma, M., 2011, Perbedaan Ketahanan Fraktur antara Penggunaan Pasak *Fiber Reinforced Composite Prefabricated* dan *Fabricated* pada Lebar Saluran Pasak yang Berbeda, *Jurnal Kedokteran Gigi*; 2(1): 32-37.
- Hicks, N., 2008, Esthetic Fiber Reinforced Composite Posts, *Smile dent J*, <http://www.smiledentaljournal.com/index.php>. diunduh Juli 2011.
- Lameshow, Hosmer, Jr., Klar dan Luanga, 1997, *Besar Sampel dalam Penelitian*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 2, 46, 80.
- Le Bell, A.M., Lasilla, L.V.J., Kangasniemi, I., dan Valittu, P.K., 2005, Bonding of Fiber-Reinforced Composite Post to Root Canal Dentin, *J Dent*; 8(33): 533-9
- Le Bell, A.M., Ronlof, 2007, Fiber Reinforced Composite as Root Canal Post, *Medica Odontologica*, <http://oa.doria.fi/handle/10024/33576> diunduh Juli 2011.

- Mirsasaani, S.S., Maedeh, H.M., Nafiseh, B., 2006, Dental Nanomaterial, *Advances in Diverse Industrial Applications of nanocomposite*; 3(4):123-28
- Mohammadi, N., Ajami, A.A., Kimyai, S., Aval, M.R., 2008, Effect of Different Luting Cements on Fracture Resistance in Endodontically Treated Teeth, *IEJ*; 3(4): 97-102.
- Monticelli, F., Ferrari, M., dan Toledano, M., 2008, Cement System and Surface Treatment Selection for Fiber Post Luting, *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*; 8(13):214-21
- Nam, S.H., Chang, H.S., Min, K.S., Lee, Y., Cho, H.W., dan Bae, J.M., 2010, Effect of The Number of Residual Walls on Fracture Resistances, Failure Patterns, and Photoelasticity of Simulated Premolars Restored with or without Fiber Reinforced Composite Post, *J Endod*; 8(36):297-301
- Newman, M.P., Yaman, P., Dennison, J., Rafter, M., dan Billy, E., 2003, Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth Restored with Composite Post, *J Prosth Dent*; 12(89): 360-7.
- Prisco, D., Santis, R.D., Mollica, F., Ambrosio, L., 2003, Fiber Post Adhesion to Resin Luting Cements in The Restoration of Endodontically Treated Teeth, *Operative Dentistry*; 28(5): 515-521.
- Perdigao, J., Gomes, G., Lee, I.K., 2006, Effect of Silane on the Bond Strengths of Fiber Posts, *J. Dent Mater*; 10(22): 752-758
- Sano, H., Shono, T., Sonoda, H., Takatsu, T., Ciucchi, B., Carvalho, H., Pashley, D.H., 1994. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength (Evaluation of a Microtensile Bond Test). *J. Dent Mater*; 3(10): 236-240.
- Schmage, P., Nergiz, I., Platzer, U., dan Pfeifer, P., 2009, Yield Strength of Fiber Reinforced Composite Post with Coronal Retention, *J Prosth Dent*; 8(10): 382-7.
- Sedgley, C.M., dan Messer, H.H., 1992, Are Endodontically Treated Teeth more Brittle?, *J Endod*; 9(18): 332-334.
- Seefeld, F., Wenz, H.Z., Ludwig, K., Kern, M., 2007, Resistance to Fracture and Structural Characteristics of Different Fiber Reinforced Composite Post Systems, *Dent Mat*; 7(23): 265-71.
- Van Noort, 2007, *Introduction to Dental Materials*, 3rd ed. Mosby Company, St.Louis.

Woelfel, J.B., Scheid, R.C., 1997, *Dental Anatomy: It's Relevance to Dentistry*,
WilliamsWilkins, California, h 55