

**EFEK PENAMBAHAN BUBUK AMALGAM
TERHADAP KEKUATAN PERLEKATAN GESER
RESTORASI IONOMER GELAS**

Asal	: Hadiah	Klas	
	Pembelian		617.625
Terima Tgl:	12 MARET 2001		TUL
No. Induk :	102.335.427		e

c-1

**KARYA TULIS ILMIAH
(SKRIPSI)**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Guna memperoleh Gelar
Sarjana Kedokteran Gigi pada Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Jember



Oleh :

Yayuk Yuliasih
NIM. 9616101033

**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS JEMBER
2001**

**EFEK PENAMBAHAN BUBUK AMALGAM
TERHADAP KEKUATAN PERLEKATAN GESER
RESTORASI IONOMER GELAS**

**KARYA TULIS ILMIAH
(SKRIPSI)**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Kedokteran Gigi pada Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Jember

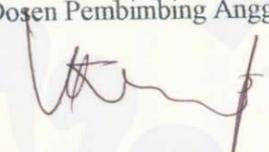
Oleh :

Yayuk Yuliasih
9616101033

Dosen Pembimbing Utama


drg. FX Ady Soesetijo, Sp. Pros
NIP. 131 660 770

Dosen Pembimbing Anggota


drg. Ekivantini Widjowati
NIP. 132 061 218

**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS JEMBER
2001**

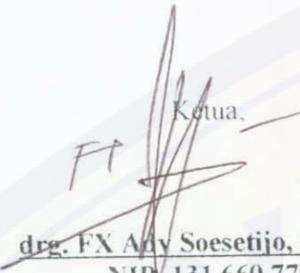
Diterima oleh :
Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember
Sebagai Karya Tulis Ilmiah (Skripsi)

Dipertahankan pada :

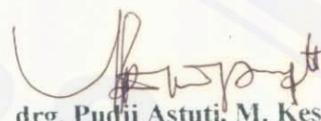
Hari : Senin
Tanggal : 29 Januari 2001
Pukul : 09.00 WIB
Tempat : Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Jember

Tim Penguji.

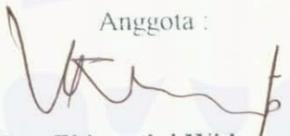
Ketua,


drg. FX Ady Soesetijo, Sp. Pros
NIP. 131 660 770

Sekretaris,


drg. Pudji Astuti, M. Kes
NIP. 132 142 482

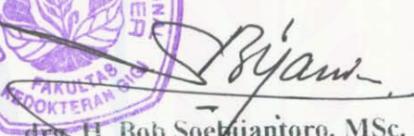
Anggota :


drg. Ekiyantini Widjowati
NIP. 132 061 218

Mengesahkan

Dekan Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Jember




drg. H. Bob Soehjantoro, MSc. Sp. Pros.
NIP. 130 238 901

Motto :

*Perang yang paling banyak mengalahkan orang
adalah perang menghadapi ketakutan akan kegagalan....*

Cobalah....

Mulai....

Awali....

*Dan yakinlah anda akan menang
Tak ada yang gagal total kalau ia berani mencoba
melakukan sesuatu yang berharga*

(R. H. Schuller)

Halaman Persembahan

Kupersembahkan karya ini kepada :

- ❖ Ayahanda dan Ibundaku tercinta, Ijinkanlah ananda mempersembahkan sungkem pangabekti yang berupa karya tulis ini sebagai wujud terimakasih atas asuhan dan bimbingan ayah dan ibu selama ini serta doa yang tiada pernah henti
- ❖ Adik-adikku tersayang Rinda hepiana dan Fiki Hermawan
- ❖ Yang terkasih Eka Hadi Sutrisno Amd, yang selalu sabar, telaten, mengarahkan serta membimbingku.. Terimakasih atas kasih dan sayangmu yang tiada tara.
- ❖ Almamaterku

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT, karena dengan rahmat, taufik dan hidayahnya, maka penulis dapat menyelesaikan penyusunan karya tulis ilmiah yang berjudul “ **Efek Penambahan Bubuk Amalgam terhadap Kekuatan Perlekatan Geser Restorasi Ionomer Gelas**”.

Karya Tulis Ilmiah ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Dokter Gigi pada Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. drg. H. Bob Soebijantoro, MSc. Sp. Pros., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember,
2. drg. FX Ady Soesetijo, Sp. Pros, selaku Dosen Pembimbing Utama dan drg. Ekiyantini Widyowati, selaku Dosen pembimbing Anggota yang telah memberi petunjuk, bimbingan serta saran selama penyusunan skripsi ini,
3. dr. Winardi Partoadmojo, selaku Kepala Taman Bacaan Fakultas Kedokteran Gigi beserta seluruh staf karyawan, Perpustakaan Pusat Universitas Jember serta Perpustakaan Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya, terima kasih atas pelayanan, bantuan serta keramahannya,
4. drg. Helal Soekartono dan seluruh staf pada Laboratorium Ilmu Bahan dan Teknologi Kedokteran Gigi serta Laboratorium Dasar Bersama Universitas Airlangga Surabaya, yang telah membantu dan memberikan ijin serta fasilitas untuk melaksanakan penelitian ini,
5. Sahabat-sahabatku : Kerik, Hatif, Soffi, Indah, Atik, Evi, Bayu, Men, Chemoet, Emon, Slepeh, Tacik dan rekan-rekan seperjuangan '96 yang telah memberikan bantuan dan dukungan hingga terselesaikannya karya ini, dan

6. Pada semua pihak yang telah banyak membantu serta memberikan dorongan pada penulis selama penulisan karya ini

Penulis menyadari tentunya karya ini masih ada kekurangannya, oleh karena itu penulis selalu membuka diri terhadap kritik dan saran demi kesempurnaan karya ini. Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi pembaca semua.

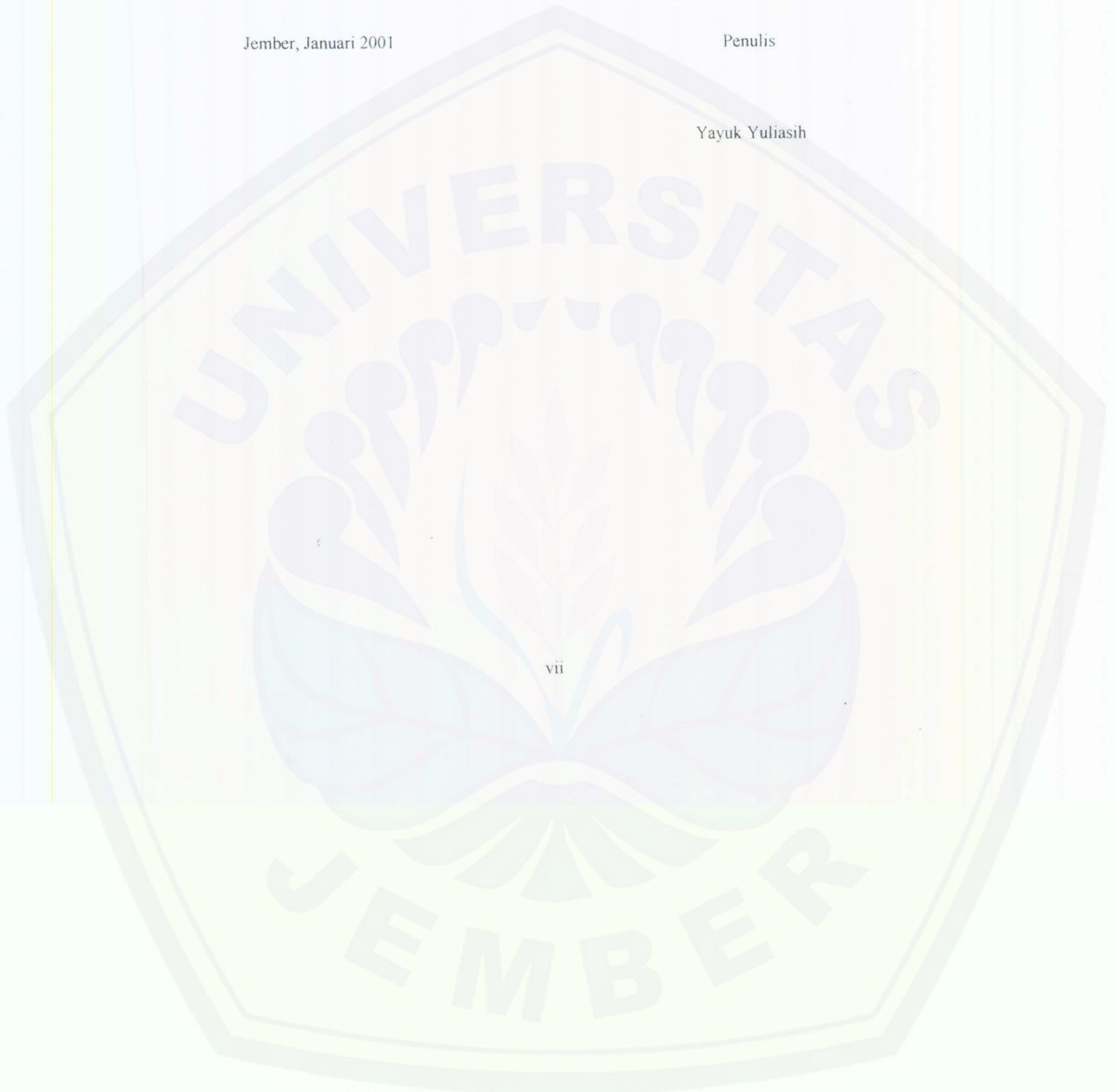
Amin ya robbal'amin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jember, Januari 2001

Penulis

Yayuk Yuliasih



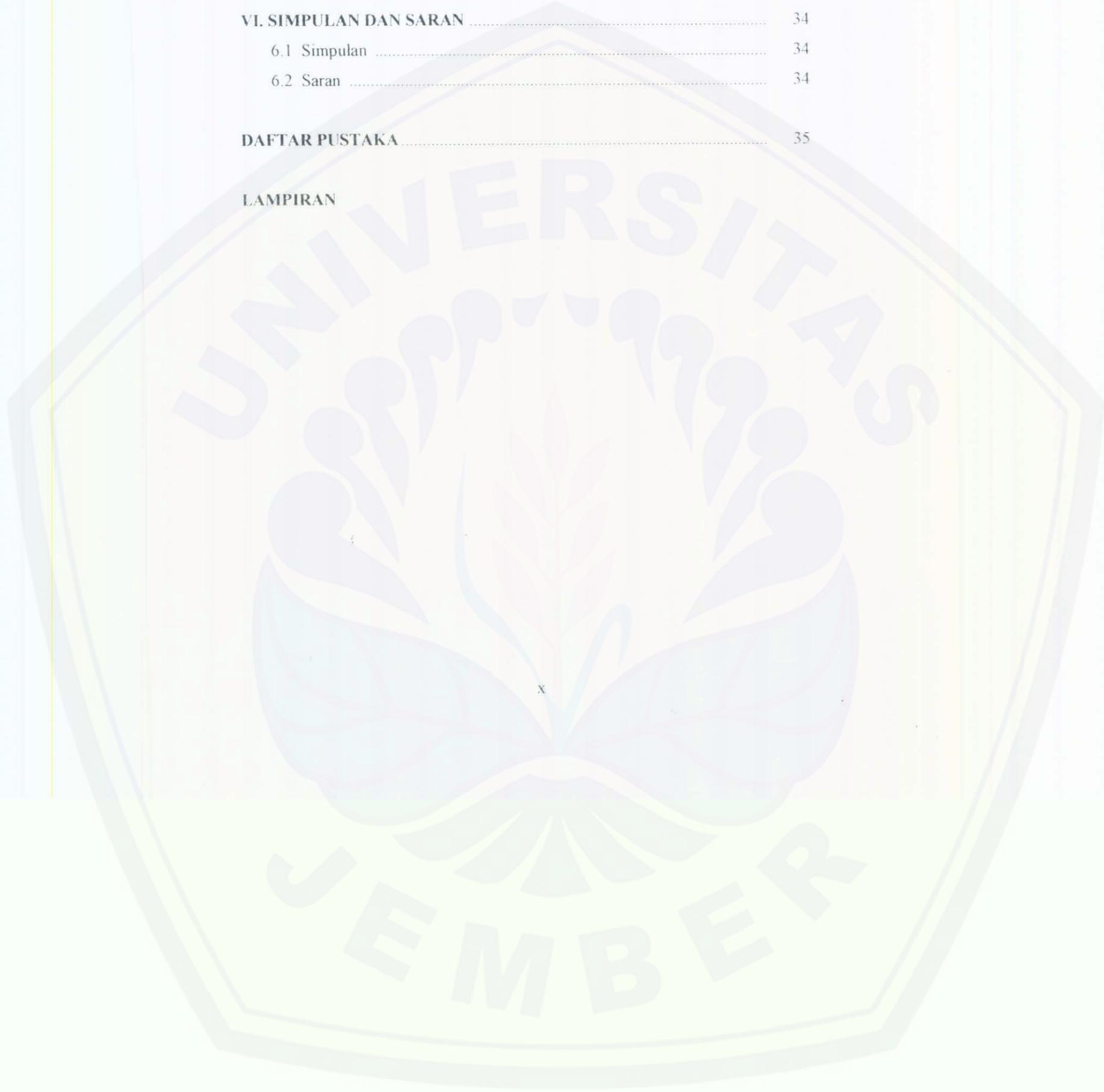
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
RINGKASAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Semen Ionomer Gelas	4
2.1.1 Komposisi Semen Ionomer Gelas	5
2.1.2 Sifat-Sifat Semen Ionomer Gelas	5
2.1.3 Mekanisme Pengerasan	6
2.1.4 Faktor Yang Mempengaruhi Kecepatan <i>Setting</i>	7
2.1.5 Tipe-tipe semen ionomer gelas	8

2.1.6 Penggunaan Klinis.....	10
2.1.7 Perlekatan Semen Ionomer Gelas pada Enamel.....	11
2.2 Aloi Amalgam.....	11
2.2.1 Komposisi Aloi Amalgam	12
2.2.2 Klasifikasi Partikel Aloi Amalgam	13
2.2.3 Sifat-Sifat Fisik Aloi Amalgam	14
2.3 Penambahan Bubuk Logam Campur Amalgam pada Semen Ionomer Gelas.....	15
2.3.1 <i>Miracle Mixture</i>	15
2.3.2 <i>Glass Cermet Cement</i>	15
2.3 <i>Shear Strength</i>	15
III. METODE PENELITIAN	17
3.1 Macam, Tempat dan Waktu Penelitian.....	17
3.1.1 Macam Penelitian	17
3.1.2 Tempat Penelitian	17
3.1.3 Waktu Penelitian	17
3.2 Identifikasi Variabel.....	17
3.2.1 Variabel Bebas	17
3.2.2 Variabel Terikat	17
3.2.3 Variabel Terkendali	17
3.3 Bahan dan Alat.....	18
3.3.1 Bahan	18
3.3.2 Alat.....	18
3.4 Metode	19
3.4.1 Cara	19
3.4.2 Sampel	21
3.4.3 Jumlah Sampel	22
3.4.4 Pengukuran Sampel	22



3.5 Uji Statistik	22
3.6 Kerangka Penelitian	26
IV. HASIL DAN ANALISA DATA	27
V. PEMBAHASAN	30
VI. SIMPULAN DAN SARAN	34
6.1 Simpulan	34
6.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Kelima tipe dasar reaksi semen asam	4
Gambar 2. Reaksi Semen Ionomer Gelas	7
Gambar 3. Mekanisme perlekatan ionomer gelas	11
Gambar 4. Penempatan sampel pada alat dari kuningan.....	22
Gambar 5. Foto bahan-bahan penelitian	23
Gambar 6. Foto alat-alat penelitian.....	23
Gambar 7. Foto sampel sebelum dilakukan uji kekuatan perlekatan geser.....	24
Gambar 8. Foto sampel setelah dilakukan uji kekuatan perlekatan geser (A. kelompok I B. kelompok II)	24
Gambar 9. Foto sampel setelah dilakukan uji kekuatan perlekatan geser (A. kelompok III B. kelompok IV).....	25

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Nilai Kekuatan Perlekatan Geser Semen Ionomer Gelas dan Nilai Kekuatan Perlekatan Geser Semen Ionomer Gelas setelah Penambahan Bubuk Amalgam (kgf/cm^2).....	27
Tabel 2. Hasil Analisis Varians dari Rata-Rata Kekuatan Perlekatan Geser Semen Ionomer Gelas tanpa Penambahan Bubuk Amalgam dan Semen Ionomer Gelas dengan Penambahan Bubuk Amalgam (kgf/cm^2).....	28
Tabel 3. Hasil Uji-t Kekuatan Perlekatan Geser antara masing-masing kelompok sampel (kgf/cm^2).....	29



DAFTAR LAMPIRAN

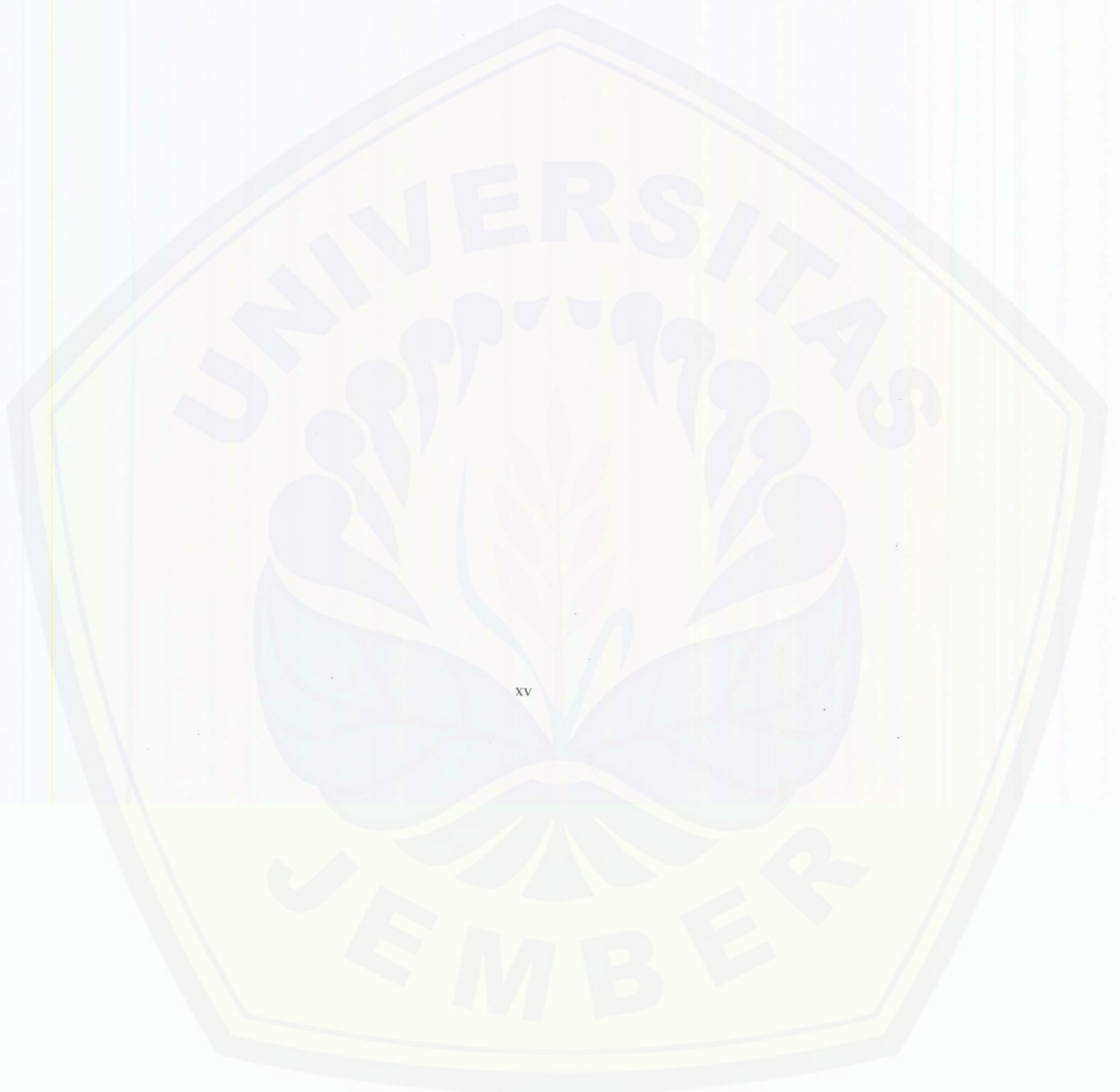
	Halaman
Lampiran 1. Simpangan Baku (SD) Kekuatan Perlekatan Geser Semen Ionomer Gelas (kgf/cm^2)	37
Lampiran 2. Simpangan Baku (SD) Kekuatan Perlekatan Geser Semen Ionomer Gelas dengan Penambahan Bubuk Amalgam sebesar 1/14 bagian berat ke dalam Bubuk Semen Ionomer Gelas (kgf/cm^2).....	38
Lampiran 3. Simpangan Baku (SD) Kekuatan Perlekatan Geser Semen Ionomer Gelas dengan Penambahan Bubuk Amalgam sebesar 1/7 bagian berat ke dalam Bubuk Semen Ionomer Gelas (kgf/cm^2).....	39
Lampiran 4. Simpangan Baku (SD) Kekuatan Perlekatan Geser Semen Ionomer Gelas dengan Penambahan Bubuk Amalgam sebesar 3/14 bagian berat ke dalam Bubuk Semen Ionomer Gelas (kgf/cm^2).....	40
Lampiran 5. Hasil Perhitungan Uji Anava Satu Arah.....	41
Lampiran 6. Hasil Perhitungan Uji-t	42

RINGKASAN

YAYUK YULIASIH, NIM: 9616101033. Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember. Efek Penambahan Bubuk Amalgam terhadap Kekuatan Perlekatan Geser Restorasi Ionomer Gelas di bawah bimbingan drg. FX Ady Soesetijo, Sp. Pros. (DPU) dan drg. Ekiyantini Widyowati (DPA).

Di bidang Kedokteran Gigi dikenal bermacam-macam bahan restorasi yang berkembang dengan pesat, tetapi untuk dapat diterima secara klinis terlebih dahulu harus diketahui sifat-sifat dari bahan yang akan dipakai. Semen ionomer gelas mula-mula dikenal sebagai *cavity liner*, *luting*, *pit* dan *fissure sealant* kemudian dikembangkan sebagai bahan restorasi. Semen ini mempunyai kekuatan dan ketahanan abrasi yang rendah sehingga tidak dapat digunakan pada gigi-gigi posterior atau daerah yang menerima beban kunyah yang besar, sehingga dilakukan penelitian untuk meningkatkan kekuatannya dengan menambahkan bubuk amalgam ke dalam bubuk semen ionomer gelas. Fuji IX ART merupakan produk semen ionomer gelas terbaru yang sangat efektif untuk bahan restorasi gigi dengan perlekatan secara fisiko-kimia pada struktur gigi, melepaskan fluor dan biokompatibilitas yang tinggi. **Tujuan** penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan kekuatan perlekatan geser antara semen ionomer gelas tanpa penambahan bubuk amalgam dan kekuatan perlekatan geser semen ionomer gelas dengan penambahan bubuk amalgam dengan perbandingan masing-masing 1/14, 1/7 dan 3/14. **Jenis** penelitian ini adalah eksperimental laboratoris, sampel berbentuk silindris dengan ukuran tinggi 10 mm dan diameter 4 mm. Sampel dibagi menjadi empat kelompok dengan masing-masing kelompok terdiri dari enam sampel. **Uji** analisa statistik yang telah dilakukan yaitu anava dengan tingkat kemaknaan 0,05 dan dilanjutkan dengan uji-t menunjukkan perbedaan yang bermakna antara kekuatan perlekatan geser semen ionomer gelas tanpa penambahan bubuk amalgam dengan kekuatan perlekatan geser semen ionomer gelas yang telah ditambah bubuk amalgam. **Hasil** penelitian ini menunjukkan nilai rata-rata kekuatan perlekatan geser tertinggi

pada semen ionomer gelas tanpa penambahan bubuk amalgam yaitu sebesar 61,100 kgf/cm² dan kekuatan perlekatan geser terendah pada semen ionomer gelas yang telah ditambah 3/14 bagian bubuk amalgam dari berat bubuk semen ionomer gelas yaitu sebesar 35,817 kgf/cm². Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang dapat dijadikan kerja klinik terutama dalam pemilihan bahan restorasi yang tepat dan dapat tahan lama. Selain itu dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya.



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di bidang Kedokteran Gigi dikenal bermacam-macam bahan restorasi. Bahan-bahan restorasi gigi berkembang dengan pesat, tetapi untuk dapat diterima secara klinis, terlebih dahulu harus diketahui sifat-sifat mekanis, fisik dan biokompatibilitas dari bahan yang akan dipakai. Keberhasilan atau kegagalan dari sebuah restorasi dapat ditentukan dari pemilihan bahan restorasi. Bermacam-macam bahan restorasi yang terdapat di pasaran, diantaranya adalah semen ionomer gelas. Semen ionomer gelas adalah suatu bahan yang mula-mula dikenal sebagai *cavity liner*, *luting*, *pit* dan *fissure sealant* kemudian dikembangkan menjadi bahan restorasi. Semen ionomer gelas mempunyai beberapa keunggulan diantaranya adalah kekuatannya lebih besar daripada semen seng fosfat, perlekatannya dengan enamel dan dentin secara fisiko-kimia, tidak mengiritasi jaringan mulut dan dapat mencegah terjadinya karies oleh karena ionomer gelas dalam pengerasannya mengeluarkan ion fluor yang berikatan dengan stuktur gigi (Phillips, 1991). Semen ionomer gelas selain mempunyai keunggulan juga mempunyai kekurangan (Phillips, 1991), kekuatan dan ketahanan abrasinya rendah sehingga semen ionomer gelas tidak dapat dipergunakan pada daerah yang menerima beban kunyah besar atau pada gigi posterior.

Semen ionomer gelas mempunyai kekuatan perlekatan geser yang rendah. Para ahli berupaya untuk meningkatkan sifat-sifat fisiknya dengan cara melakukan uji klinis ataupun uji laboratoris. Ismijatin (1990) dalam penelitiannya menambahkan aloi amalgam ke dalam bubuk semen ionomer gelas dengan perbandingan 1:7. Hasil yang diperoleh menunjukkan peningkatan pada kekuatan tekannya, tetapi belum diketahui bagaimana kekuatan gesernya yang merupakan daya ke arah horisontal. Soekartono (1995) meneliti kekuatan perlekatan geser semen ionomer gelas dengan menambahkan bubuk amalgam ke dalam bubuk semen ionomer gelas dengan perbandingan 1:7 dan diperoleh hasil bahwa kekuatan perlekatan geser semen ionomer gelas lebih besar dibandingkan dengan kekuatan perlekatan geser semen ionomer gelas yang telah ditambah bubuk

amalgam dengan perbandingan 1:7. Sebelumnya Simmons dalam Ismijatin (1990) telah memperkenalkan suatu bahan ionomer gelas yang disebut *Miracle Mixture*. *Miracle Mixture* adalah suatu bahan restorasi hasil penambahan logam campur amalgam ke dalam bubuk semen ionomer gelas dengan perbandingan tertentu, pada pencampuran ini tidak dilakukan *sintering* dengan temperatur tinggi. Penambahan bubuk amalgam yang merupakan aloi atau campuran dari dua atau lebih logam dimaksudkan untuk memperbaiki sifat yang kurang baik dari semen ionomer gelas, terutama kekuatan dan ketahanan abrasinya. Karena aloi amalgam merupakan campuran dari dua atau lebih logam maka diharapkan sifat logam yang satu dapat memperbaiki sifat logam yang lain, sehingga dapat diperoleh sifat bahan restorasi yang lebih baik.

Fuji IX ART, merupakan produk semen ionomer gelas baru dari fuji yang sangat efektif untuk bahan restorasi gigi dengan perlekatan secara fisiko-kimia pada struktur gigi, melepaskan fluorida dan biokompatibilitas yang tinggi. Fuji IX ini digunakan untuk restorasi satu permukaan, *fissure filling* dan sebagai *fissure sealant*.

Sampai saat ini belum diperoleh data yang pasti tentang kekuatan perlekatan geser bahan restorasi yang dibuat dengan campuran kedua bahan itu. Mengingat daya kunyah tidak hanya ke vertikal saja, maka perlu diketahui kemampuan bahan ini terhadap daya ke arah horizontal. Salah satu cara untuk mengukur daya kearah horizontal ini adalah dengan uji kekuatan geser restorasi/*shear strength* (Soekartono, 1995).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka timbul permasalahan sebagai berikut di bawah ini.

1. Apakah ada pengaruh pada penambahan bubuk amalgam ke dalam bubuk semen ionomer gelas terhadap kekuatan perlekatan gesernya, dan
2. Seberapa besar pengaruh penambahan bubuk amalgam terhadap kekuatan perlekatan geser restorasi ionomer gelas.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan kekuatan perlekatan geser antara semen ionomer gelas dibandingkan dengan kekuatan perlekatan geser semen ionomer gelas yang telah ditambah dengan bubuk amalgam dengan penambahan masing-masing $1/14$, $1/7$, dan $3/14$.

1.4 Manfaat Penelitian

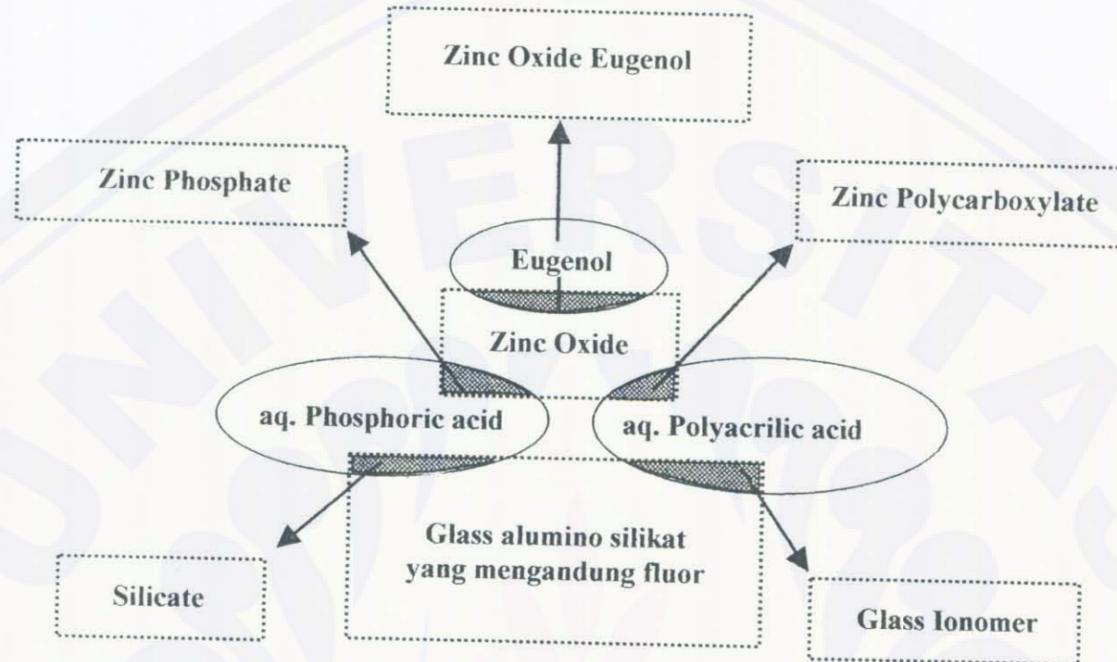
Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan informasi yang bermanfaat mengenai kekuatan perlekatan geser semen ionomer gelas dan kekuatan perlekatan geser semen ionomer gelas yang telah ditambah bubuk amalgam, sehingga nantinya operator dapat mengetahui dan dapat memilih bahan restorasi yang tepat dan tahan lama. Selain itu hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Semen Ionomer Gelas

Cecilia (1989) mengatakan bahwa semen ionomer gelas telah dikembangkan penggunaan klinisnya oleh Wilson pada tahun 1971 di laboratorium kimia (Government Chemist England). Nama lain untuk semen ini adalah ASPA yang berasal dari *Aluminium Silikat Polyacrylic Acid* (Combe, 1992). Semen ionomer gelas merupakan bahan semen yang mempunyai potensi sama dengan bahan restorasi. Semen ini merupakan hasil reaksi aluminosilikat dan asam polikarboksilat atau asam poliakrilat (Cecilia, 1989).



Gambar 1. Kelima tipe dasar reaksi semen asam

2.1.1 Komposisi semen ionomer gelas

Menurut Combe (1992) komposisi semen ionomer gelas adalah sebagai berikut dibawah ini.

- a. Polimer : 45–50% larutan asam akrilik/kopolimer asam itakonik distabilisasi dengan asam tartar untuk mencegah pengentalan dan pembentukan gel sewaktu penyimpanan, dan
- b. Bubuk : bahan ini serupa dengan yang terdapat pada semen silikat dihasilkan dengan cara pembauran *quartz* dan alumina dalam suatu fluks fluorida/kriolit/alumunium fosfat pada suhu 1000–1300°C, campuran ini lalu dikejutkan/*quenching* sehingga membentuk kaca yang opal.

2.1.2 Sifat-sifat semen ionomer gelas

Semen ionomer gelas mempunyai kekuatan kompresi yang tinggi (140-200 Mpa), tetapi kekuatan tariknya rendah (14-16 Mpa). Samir (1999), menyatakan bahwa semen ionomer gelas mempunyai kekuatan geser yang rendah ($6,5 \pm 1,9$ Mpa). Semen ini mempunyai daya perlekatan hampir sama dengan semen polikarboksilat tetapi lebih baik dari semen silikat. Sedangkan kekuatannya hampir sama dengan semen silikat, tetapi lebih resisten terhadap erosi (Wilson dkk, 1988). Keuntungan utama semen ini sebagai bahan *luting* adalah solubilitasnya yang relatif tinggi (0.3% sampai 3%) dibanding zinc fosphat 0.1% dan 0.04% zinc polikarboksilat (Craig dkk, 1997).

Semen ionomer gelas hingga saat ini telah banyak digunakan di klinik sebagai bahan sementasi, restorasi dan *vener*. Kebaikan semen ionomer gelas menurut Iskandar (1995) adalah sebagai berikut di bawah ini.

- a. Kekerasannya lebih besar dari semen silikat,
- b. Perlekatannya dengan enamel dan dentin secara kimia dan mekanis/fisiko-kimia,
- c. Dapat melepaskan fluor yang dapat bereaksi dengan struktur gigi, serta
- d. Bersifat biokompatibilitas.

Phillips (1991) dan Combe (1992) menyatakan, karena semen ionomer gelas mempunyai sifat kombinasi antara semen polikarboksilat dan semen silikat, maka mempunyai sifat yang sama dalam hal translusensi, kekerasan dan perlekatan terhadap jaringan gigi. Semen ionomer gelas terdiri dari bubuk kaca serupa dengan bubuk yang digunakan dalam semen silikat dan liquid asam poliakrilik seperti yang digunakan dalam semen polikarboksilat.

Wilson (1988) mengatakan sifat-sifat bahan restorasi ionomer gelas adalah sebagai berikut dibawah ini.

- a. Melekat pada enamel dan dentin secara kimia dan mekanis atau fisiko-kimia,
- b. Bersifat kariostatik oleh karena melepaskan fluor, dan
- c. Bersifat iritasi ringan terhadap jaringan pulpa.

Menurut Mc Cabe (1990) beberapa sifat semen ionomer gelas, yaitu memiliki adesi yang kuat karena adanya reaksi diantara *polyacid* dan kalsium dari gigi, sangat rapuh sehingga tidak dapat digunakan sebagai bahan restorasi pada *incisal edge* yang fraktur, translusensinya lebih baik daripada semen polikarboksilat karena adanya bagian inti gelas yang tidak bereaksi.

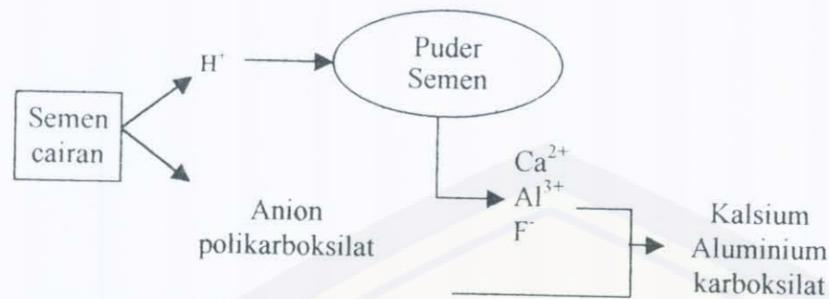
Keuntungan dari penggunaan semen ionomer gelas adalah sebagai berikut di bawah ini.

- a. Kekuatan tekan lebih besar daripada seng fosfat,
- b. Dapat melekat pada enamel, dentin dan sementum,
- c. Tidak mengiritasi jaringan mulut, serta
- d. Mencegah terjadinya karies ulang oleh karena melepas fluor yang akan berikatan dengan struktur gigi.

2.1.3 Mekanisme pengerasan

Pada pencampuran bubuk dan cairan semen ionomer gelas akan menghasilkan suatu reaksi yang berbentuk gel. Di dalam struktur tersebut terdapat bagian yang dikelilingi oleh bagian yang bereaksi. Bagian yang tidak bereaksi disebut inti dan yang bereaksi disebut matriks (Phillips, 1991).

Pada waktu pencampuran bubuk dan cairan ion kalsium dan aluminium ditarik dari permukaan partikel bubuk dan mengadakan *cross-link* secara ionik pada rantai poliakrilik sehingga semen ionomer gelas menjadi gel dan mengeras. Campuran yang terjadi berbentuk butiran-butiran yang berwarna putih susu berselubung gel silika dan tertanam dalam matriks poliakrilik (Combe, 1992).



Gambar 2. Reaksi semen ionomer gelas

2.1.4 Faktor yang mempengaruhi kecepatan *setting*

Menurut Wilson (1988) faktor yang mempengaruhi kecepatan *setting* adalah sebagai berikut di bawah ini.

- Komposisi gelas khususnya ratio alumina/silika dan kandungan fluorida, ratio yang tinggi alumina/silika akan mempercepat waktu pengerasan dan memperpendek waktu kerja,
- Ukuran partikel bubuk gelas, kehalusan dari bubuk akan mempercepat waktu pengerasan dan memperpendek waktu kerja,
- Penambahan asam tartarik, akan mempertinggi waktu pengerasan tanpa memperpendek waktu kerja,
- Perbandingan relatif dalam pencampuran semen, yaitu gelas/*polyacid/tartaric acid*/air. Proporsi gelas yang tinggi dan proporsi air yang rendah akan mempercepat waktu pengerasan dan memperpendek waktu kerja (Crisp dkk, 1976 dalam Wilson, 1988), dan
- Temperatur pada waktu pencampuran, temperatur yang tinggi akan mempercepat waktu pengerasan dan memperpendek waktu kerja.

2.1.5 Tipe-tipe semen ionomer gelas

Semen ionomer gelas mempunyai sifat kombinasi antara semen silikat dengan semen polikarboksilat sehingga mempunyai sifat yang lebih baik, untuk penggunaan klinik telah dikembangkan berbagai jenis semen ionomer gelas yang secara komersil telah dipasarkan sesuai dengan penggunaannya.

a. Tipe Fuji I

Sebagai bahan untuk meletakkan mahkota jaket atau jembatan pada gigi (Combe, 1992).

1. Bubuk partikel halus,
2. Sifat *flow* baik, dan
3. Membentuk lapisan tipis.

b. Tipe Fuji II

Sebagai bahan restorasi ada 2 macam (Wilson, 1988).

1. Restorasi estetik, bahan ini penting sebab dipakai untuk merestorasi gigi-gigi anterior, dan
2. Restorasi penguat (*reinforced*), yang penting yaitu kekuatan fisik, tahan terhadap cairan di mulut dan pengerasan yang cepat supaya dapat dipulas.

c. Tipe Fuji III

Sebagai semen pelapis (*lining*). Dipakai sebagai dasar dari bahan restorasi, juga sebagai adesi dentin sebelum ditumpat komposit untuk mengurangi kebocoran yang disebut teknik *Sandwich*. Menurut Samir, dkk (1999) sebagai liner semen ionomer gelas terdapat partikel dengan ukuran kecil (5 μm atau lebih kecil). Sifat yang baik dari semen ionomer gelas liner yaitu melepaskan fluor dalam waktu yang lama. Percobaan yang dilakukan bertujuan untuk memperbaiki sifat fisik semen ionomer gelas menjadi lebih baik dimana kekuatan merupakan sesuatu yang amat penting.

d. Tipe Fuji IX

1. Fuji IX ART

Fuji IX ini merupakan produksi semen ionomer gelas yang baru sebagai bahan restorasi yang khusus didesain untuk teknik ART (*Atraumatic Restorative Treatment*). Preparasi kavitas dengan menggunakan Fuji IX ART berbeda dengan preparasi biasa dan tehnik aplikasinya telah dimodifikasi untuk mencapai keberhasilan yang tinggi dengan fasilitas yang minimal. Tehnik ART (*Atraumatic Restorative Treatment*) adalah suatu prosedur yang didasari pada tehnik pengambilan jaringan karies dengan hanya menggunakan *hand instrument*. Fuji IX teknik ART memberikan kemudahan bagi tenaga kesehatan di seluruh dunia untuk memberikan perawatan gigi yang mudah bagi setiap orang. Bahan dan alat dapat ditransportasikan dengan mudah di berbagai tempat sampai tempat yang terpencil sekalipun.

Adapun keuntungan dari Fuji IX ART adalah sebagai berikut di bawah ini.

- a. Berikatan secara kimia dengan enamel dan dentin,
- b. Terus menerus melepaskan fluor,
- c. Biokompatibilitas yang baik,
- d. Sensitifitas terhadap air minimal,
- e. Kekuatan tekan tinggi, serta
- f. Radiopak.

2. Fuji IX GP

Fuji IX GP ini merupakan bahan tumpatan tetap yang digunakan pada gigi posterior sulung baik pada karies kelas I maupun kelas II, juga digunakan untuk melapisi atau menutup fisur serta cocok untuk restorasi gigi permanen baik pada kelas I maupun kelas II. Bahan ini merupakan generasi baru semen ionomer gelas yang mempunyai tujuan menghentikan tahap awal lesi karies dan memungkinkan proses penyembuhan melalui remineralisasi. Fuji IX GP tersedia dalam bentuk bubuk dan cairan. Tersedia dalam enam macam warna yaitu : A2, A3, A3,5, B2, B3, dan C4.

Untuk A2 dan B2 terutama digunakan untuk pasien anak-anak. Semen ini mempunyai biokompatibilitas yang baik terhadap pulpa, bersifat adesif pada jaringan keras gigi baik pada usia anak-anak sampai usia lanjut. Fuji IX GP mempunyai sifat dapat melepaskan fluorida, *wear resistant*, mempunyai kekuatan yang tinggi dalam menerima beban kunyah, uji klinis jangka panjang, dapat mengurangi kelanjutan karies, digunakan untuk perawatan dan penyembuhan lesi karies dan mempunyai sifat estetik yang baik.

2.1.6 Penggunaan klinis

Menurut Phillips (1991), bahan restorasi ionomer gelas merupakan reaksi dari aluminosilikat dan asam polikarboksilat atau asam poliakrilat. Bubuk dari semen ionomer gelas serumpun dengan bubuk semen silikat yang merupakan campuran partikel kalsium, aluminium, fluor, silikat gelas dengan ukuran 40 μm sebagai bahan restorasi dan berukuran 25 μm sebagai semen pelapis.

Wilson (1988) dan Mc Cabe (1990) menganjurkan pemakaian semen ionomer gelas yaitu sebagai berikut di bawah ini.

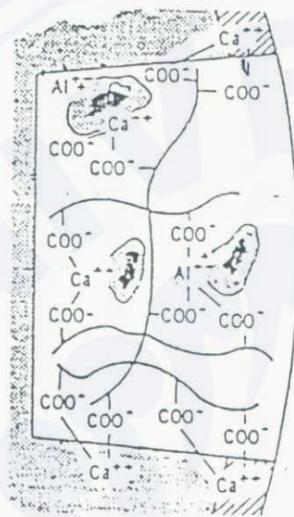
- a. *Seal* pada oklusal pit dan fisur,
- b. Bahan restorasi pada oklusal fisur dengan gejala karies masih dini,
- c. Bahan restorasi gigi sulung,
- d. Bahan restorasi kelas III yang mencapai bidang lingual,
- e. Bahan restorasi kelas V dan bukan di daerah labial, serta
- f. Bahan restorasi untuk memperbaiki kerusakan karena erosi dan ditumpat tanpa melakukan preparasi pada kavitas.

2.1.7 Perlekatan semen ionomer gelas pada enamel

Semen ionomer gelas telah dibuktikan oleh beberapa peneliti, memiliki sifat yang penting yaitu dapat melekat pada enamel dan dentin (Wilson, 1988).

Perlekatan semen ionomer gelas pada gigi sama seperti semen polikarboksilat yaitu oleh karena adanya pertukaran ion kalsium dalam enamel dengan ion karboksil dalam semen polikarboksilat (Combe, 1992).

Semen ionomer gelas mampu mengadakan perlekatan secara fisiko-kimia terhadap enamel dan dentin, dimana kumpulan karboksil dari asam poliakrilik bereaksi dengan ion kalsium dari enamel dan dentin untuk membentuk *cross link*, sehingga dapat meningkatkan ikatan pertautan dari bahan restorasi terhadap dinding kavitas. Keadaan tersebut dapat membentuk kerapatan antara bahan restorasi dengan dinding kavitas (Phillips, 1991).



Gambar 3. Mekanisme perlekatan semen ionomer gelas

2.2 Aloi Amalgam

Meskipun amalgam telah dipakai sebagai restorasi lesi karies sejak lama, amalgam merupakan suatu bahan yang paling banyak digunakan. Kualitas yang paling baik dari amalgam ini adalah tahan lama dan mudah manipulasinya.

Amalgam adalah restorasi yang cukup murah dan dapat diselesaikan dalam satu kali kunjungan. Dapat dikatakan bahwa amalgam merupakan suatu bahan restorasi yang paling banyak dipergunakan dokter gigi (Baum dkk, 1997).

Amalgam bersifat tarnish dan korosi. Tarnish bila terdapat sulfur, menghasilkan suatu lapisan sulfida pada permukaan restorasi. Korosi pada amalgam konvensional oleh adanya fase γ_2 . Begitu γ_2 mengalami korosi terbentuk dua produk sebagai berikut di bawah ini.

1. Terbentuk Sn^{2+} , dengan adanya saliva ditemui produk korosi seperti SnO_2 dan $\text{Sn(OH)}_2\text{Cl}$, dan
2. Terbentuk Hg yang dapat bereaksi dengan sisa fase γ yang sebelumnya tidak bereaksi (Combe, 1992).

2.2.1 Komposisi aloi amalgam

Menurut Phillips (1991) kandungan utama dari dental amalgam adalah *silver* (perak) dan *tin* (timah). Elemen lainnya seperti tembaga, seng, emas dan merkuri. Suatu bubuk aloi perak-timah menyusun sebagian besar dari banyak bubuk aloi berkadar tembaga tinggi (Baum dkk, 1997).

- a. Perak, aloi amalgam konvensional pada umumnya mengandung 40 – 70 % perak. Efek umum dari perak adalah membentuk senyawa logam dengan merkuri, yang sangat mempengaruhi perubahan dimensional yang terjadi selama pengerasan. Perak cenderung meningkatkan pemuai, juga menambah kekuatan (Baum dkk, 1997),
- b. Timah, umumnya terdapat dalam konsentrasi 25-27 %, mempengaruhi amalgam dengan cara yang berlawanan dari perak yaitu menurunkan pemuai selama pengerasan. Karena afinitasnya terhadap merkuri, timah memperbaiki amalgamasi dari aloi. Jika dikombinasi dengan merkuri dalam proses amalgamasi akan terbentuk senyawa timah-merkuri yang mengurangi kekuatan dan meningkatkan korosi (Baum dkk, 1997),



- c. Tembaga, terdapat dalam 6 % atau kurang, untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan, meningkatkan pemuatan selama pengerasan, dan meminimalkan reaksi dari logam dan aloi (Phillips, 1991),
- d. Seng, terdapat dalam 1 % (Phillips, 1991). Mengurangi oksidasi dari logam lain yang ada dalam aloi. Bila logam dileburkan selama pembuatan aloi selalu ada kontaminasi oksigen. Seng dengan cepat bereaksi dengan oksigen dan mencegah kontaminasi oksigen dengan perak, timah atau tembaga. Oksida-oksida dari logam ini akan melemahkan amalgam (Baum dkk, 1997), serta
- e. Merkuri, terdapat dalam konsentrasi sampai dengan 3 % untuk mereduksi waktu pencampuran dan meningkatkan *setting* amalgam. Merkuri bisa berpenetrasi dari restorasi ke dalam struktur gigi. Sebuah analisa yang dilakukan di bawah restorasi amalgam menunjukkan keberadaan merkuri yang sebagian menyebabkan diskolorasi dari gigi. Penggunaan merkuri radioaktif dalam amalgam perak juga menunjukkan bahwa sebagian merkuri bisa masuk ke pulpa gigi (Baum dkk, 1997).

2.2.2 Klasifikasi partikel aloi amalgam

Menurut Combe (1992) berdasarkan banyaknya tembaga yang terdapat di dalam logam campur amalgam maka aloi ini dibedakan atas.

- a. Amalgam konvensional, yaitu suatu logam campur amalgam yang mempunyai kadar tembaga rendah, dan
- b. Amalgam *high copper*, yaitu logam campur amalgam yang mempunyai kadar tembaga tinggi.

Sedangkan berdasarkan bentuk dari partikel logam campur amalgam dibedakan atas.

- a. Alo *lathe-cut*, menurut Phillips (1991) alo *lathe-cut* dibuat dari leburan logam dan biasanya dalam bentuk batang padat atau batang baja yang dipanaskan untuk menghasilkan komposisi yang seragam, kemudian batang ini dijadikan partikel yang lebih kecil lagi (200 μm) untuk mempermudah pencampuran dengan Hg.

- b. Aloi sferis, dibuat dengan prosedur pengatoman. Berbentuk bulatan kecil ($40 \mu\text{m}$). Bila bereaksi dengan Hg proses amalgamasinya cepat sehingga tidak diperlukan Hg yang terlalu banyak, kondensasi cukup ringan dan adaptasi dengan dinding kavitas baik karena aloi sferis cenderung mengalir kedalam dan menyesuaikan diri lebih cepat pada bagian dalam kavitas (Baum dkk, 1997), dan
- c. Aloi *blended*, amalgam dengan partikel-partikel logam campur yang merupakan campuran antara bentuk *lathe-cut* dengan sferis.

2.2.3 Sifat-sifat Fisik Amalgam

- a. Perubahan dimensi (*Dimensional change*), kebanyakan logam mengkerut bila didinginkan. Karena pengerasan amalgam nyata-nyata suatu proses pendinginan, maka perubahan dimensi juga akan terjadi (Baum dkk, 1997). ADA specification no.1 untuk aloi dan dental amalgam menyatakan bahwa pada 24 jam terakhir perubahan dimensi (ekspansi atau kontraksi) harus tidak lebih dari $20 \mu\text{m}/\text{cm}$ (Craig, 1997).
- b. Kekuatan (*Strength*), cukupnya kekuatan untuk menahan fraktur adalah persyaratan utama untuk bahan restorasi. Fraktur walaupun pada daerah yang kecil, atau banyaknya margin yang terbuka akan mempercepat kambuhnya karies dan kegagalan klinis. Kekuatan amalgam biasanya diukur dengan memberikan tekanan kompresi pada potongan bahan. Walaupun pada dasarnya tekanan utama pada pengunyahan adalah kompresi, tekanan lain juga harus diperhatikan (Baum dkk, 1997). Kekuatan amalgam ditentukan oleh dua faktor lain selain komposisi aloi (Phillips, 1991). Salah satunya adalah efek jumlah merkuri yang tersisa setelah pemampatan. Kedua adalah porositas, disini selalu terjadi kekosongan internal dalam massa amalgam dan dengan meningkatnya jumlah kekosongan maka kekuatan akan menurun. Jadi untuk mencapai kekuatan maksimal prosedur manipulasi haruslah dirancang untuk mengontrol kandungan merkuri dalam restorasi akhir dan untuk meminimalkan porositas. Sedangkan Baum (1997), mengatakan bahwa untuk

mencegah keretakan marginal restorasi amalgam dibutuhkan kekuatan tekan minimal 11,6 psi (80 MN/m^2), serta

- c. Aliran (*Creep*), bila logam diletakkan di bawah tekanan akan mengalami perubahan bentuk. Ciri-ciri ini disebut aliran (*creep*). Jika *creep* aloi terlalu tinggi dan manipulasinya cenderung mengakibatkan *creep*, potensi kerusakan tepi lebih besar.

2.3 Penambahan Bubuk Logam Campur Amalgam pada Semen Ionomer Gelas

2.3.1 *Miracle Mixture*

Ismijatin (1990) memperkenalkan suatu bahan yang disebut *miracle mixture*, yaitu dengan menambahkan logam campur amalgam ke dalam bubuk semen ionomer gelas dengan tujuan untuk meningkatkan daya tahan terhadap pemakaian, meningkatkan kekuatan tarik serta meningkatkan daya tahan abrasinya. Bahan tersebut dapat melekat pada enamel dan dentin secara fisiko-kimia serta bersifat kariostatik karena mengandung fluor. Juga dianjurkan untuk menambahkan logam campur amalgam ke dalam bubuk semen ionomer gelas dengan perbandingan 1 : 7

2.3.2 *Glass Cermet Cement*

Pertama kali diperkenalkan oleh Mc Lean (Ismijatin, 1990), bahan ini merupakan penambahan bahan metal seperti *pallidum*, *silver alloy* atau perak murni ke dalam bubuk ionomer gelas. Teknik pencampuran pada suhu tinggi (800°C) sehingga gelas dan bubuk metal dapat bercampur dengan baik dan dapat terjadi ikatan yang baik diantara partikel-partikel bahan tersebut.

2.4 *Shear Strength*

Menurut Combe (1992) kekuatan perlekatan geser adalah kekuatan yang dihasilkan oleh pertemuan dua benda yang mempunyai gaya yang berlawanan

arah dan bisa memberikan tekanan pada benda itu sehingga benda tersebut mengalami perubahan. Adapun rumusnya adalah sebagai berikut.

$$T = P/A \text{ kgf/cm}^2$$

Keterangan : P kekuatan untuk memecahkan sediaan (kgf)
A luas penampang sediaan (cm²)
T kekuatan perlekatan geser (kgf/cm²)



III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Macam, Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Macam penelitian : penelitian eksperimental laboratoris

3.1.2 Tempat penelitian : a. Pembuatan sampel dilakukan di Laboratorium Ilmu Bahan dan Teknologi Fakultas Kedokteran Gigi UNAIR, dan
b. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Dasar Bersama UNAIR

3.1.3 Waktu penelitian : Bulan Agustus - September 2000

3.2 Identifikasi Variabel

3.2.1 Variabel bebas : penambahan bubuk amalgam ke dalam bubuk semen ionomer gelas dengan penambahan masing-masing 1/14, 1/7 dan 3/14.

3.2.2 Variabel terikat : a. Kekuatan perlekatan geser antara gigi dengan semen ionomer gelas, dan
b. Kekuatan perlekatan geser antara gigi dengan campuran semen ionomer gelas dan bubuk amalgam.

3.2.3 Variabel terkendali : perbandingan bubuk dan cairan semen ionomer gelas, perbandingan bubuk amalgam dan bubuk semen ionomer gelas, waktu pencampuran bubuk amalgam dan bubuk semen ionomer gelas, waktu *setting* semen ionomer gelas, waktu setting semen ionomer gelas yang telah ditambah bubuk



amalgam, penempatan gigi pada cetakan, bentuk dan ukuran sampel, dan cetakan cincin plastik dengan diameter 4 mm dan tinggi 5 mm.

3.3 Bahan dan Alat

3.3.1 Bahan

- a. Ionomer gelas merek GC Fuji IX ART buatan 76-1-Hasunuma-Cho, Itabashi-ku, Tokyo Japan,
- b. Bubuk amalgam merk *New Ultrafine Alloy*, Southern Dental Industries, Australia dengan komposisi : Ag 55 %, Sn 28,7 %, Cu 16,3 %,
- c. Elemen gigi,
- d. Alkohol 70%,
- e. Akrilik *self cured*,
- f. Vaseline, dan
- g. *Aquadest*.

3.3.2 Alat

Alat yang digunakan adalah sebagai berikut di bawah ini.

- a. Cetakan berupa cincin plastik yang terdiri dari 2 cetakan yaitu bagian atas dan bawah dengan ukuran masing-masing diameter 4 mm, tinggi 5 mm,
- b. *High speed* merek Pana – air, NSK Nakanishi Inc. Japan,
- c. Diamond bur merek EDENTA, Swiss,
- d. Ampelas kasar,
- e. Ampelas halus,
- f. *Paper pad*,
- g. *Agate spatel*,
- h. Alat penekan dari logam,
- i. Alat dari kuningan tempat sampel untuk dilakukan untuk uji *shear strength*,
- j. *Autograph* merek Shimadzu Japan,

- k. Amalgamator, serta
- l. Timbangan

3.3 Metode

3.4.1 Cara

Persiapan sampel

1. Mahkota dari gigi-gigi Insisivus dipotong sesuai bentuk cetakan yang berupa cincin plastik dengan diameter 4 mm dan tinggi 2 mm,
2. Potongan gigi-gigi tersebut dihaluskan dengan ampelas kasar kemudian ampelas halus,
3. Setelah itu dimasukkan ke dalam alkohol 70 %, setelah 10 menit dikeluarkan dan dikeringkan dengan semprotan udara atau *cotton pellet* sampai kering, serta
4. Kemudian gigi-gigi tersebut dimasukkan cincin plastik bagian bawah dengan posisi enamel menghadap kesetengah cetakan, sehingga permukaan enamel berada ditengah-tengah cetakan. Kelebihan tempat pada cetakan ditambahkan akrilik jenis *self cured* sebagai bahan fiksasi kemudian dibagi menjadi empat kelompok.

Kelompok I

- a. Cincin plastik yang telah diisi dengan potongan gigi (bagian enamel) dan akrilik sebagai bahan fiksasi diletakkan pada suatu plat fiksasi kemudian di atasnya diberi cetakan lagi (cincin plastik) dan diisi dengan adonan semen ionomer gelas, dengan perbandingan bubuk dan cairan 3,6 : 1 gr,
- b. Setelah dicampur selama 30 detik, adonan dimasukkan ke dalam cetakan secara perlahan sehingga tidak terjadi porositas pada semen ionomer gelas,
- c. Setelah adonan masuk seluruhnya diatas adonan ditekan dengan alat penekan dari logam yang ujungnya telah diolesi vaselin, alat ini berfungsi untuk menekan adonan semen ionomer gelas sehingga

- permukaan enamel seluruhnya kontak dengan semen ionomer gelas dan menghasilkan satu cetakan yang kompak dan utuh,
- d. Setelah *setting* alat penekan dilepas dari cetakan (waktu setting 3 menit),
 - e. Kemudian kelebihan tempat pada cetakan diisi dengan akrilik jenis *self cured* sebagai bahan fiksasi,
 - f. Sesudah terkumpul semua, dipilih beberapa dengan kriteria utuh, rata, tidak porus dengan ukuran tinggi 10 mm dan ukuran diameter 4 mm, serta
 - g. Diambil 6 buah secara random dipakai sebagai sampel untuk diukur.

Kelompok II

- a. Cara memasukkan adonan kedalam cetakan sama dengan kelompok I,
- b. Bedanya terletak pada adonannya, setiap adonan bubuk semen ionomer gelas ditambah 1/14 bagian bubuk amalgam dari berat bubuk semen ionomer gelas dengan perbandingan bubuk semen ionomer gelas dan bubuk amalgam sebesar 3,34 : 0,26 gr,
- c. Cara pencampuran : bubuk semen ionomer gelas ditimbang seberat 3,6 gr kemudian disiapkan,
- d. Amalgam ditimbang beratnya 1/14 bagian dari berat bubuk semen ionomer gelas yaitu sebesar 0,26 gr,
- e. Berat bubuk semen ionomer gelas dikurangi berat bubuk amalgam,
- f. Kedua bubuk dimasukkan dalam satu wadah dan dimasukkan ke dalam amalgammator selama 20 detik, sehingga terjadi campuran yang homogen antara bubuk semen ionomer gelas dengan bubuk amalgam,
- g. Setelah itu campuran kedua bubuk dicampur dan diaduk dengan cairan semen ionomer gelas dengan perbandingan bubuk dan cairan 3,6 : 1 gr,
- h. Kemudian adonan dimasukkan ke dalam cetakan dan ditekan dengan alat penekan yang ujungnya telah diolesi vaselin,
- i. Setelah *setting* (5 menit), kelebihan tempat diisi dengan akrilik jenis *self cured* sebagai bahan fiksasi,

- j. Setelah itu sampel-sampel tersebut dimasukkan ke dalam wadah yang berisi akuades dan setelah 24 jam sampel diukur kekuatan perlekatan gesernya,
- k. Pengukuran sampel dilakukan dengan cara meletakkan pada sebuah alat dari kuningan sehingga posisi sampel berada ditempat yang tepat, artinya bidang yang akan digeser tepat pada permukaan enamel,
- l. Sesudah alat tersebut siap maka alat tersebut diletakkan pada alat *autograph*, serta
- m. Mencatat angka kekuatan perlekatan geser tiap sampel.

Kelompok III

- a. Cara memasukkan adonan sama dengan kelompok II,
- b. Bedanya terletak pada adonannya, setiap adonan bubuk semen ionomer gelas ditambah 1/7 bagian bubuk amalgam dari berat bubuk semen ionomer gelas dengan perbandingan bubuk semen ionomer gelas dan bubuk amalgam sebesar 3,1 : 0,5 gr, kemudian dicampur dengan cairan semen ionomer gelas dengan perbandingan 3,6 : 1 gr, dan
- c. Cara penimbangan dan pengukuran sama dengan kelompok II.

Kelompok IV

- a. Cara memasukkan adonan sama dengan kelompok III,
- b. Bedanya, setiap adonan bubuk semen ionomer gelas ditambah 3/14 bagian bubuk amalgam dari berat bubuk ionomer gelas dengan perbandingan bubuk semen ionomer gelas dan bubuk amalgam sebesar 2,8 : 0,8 gr, kemudian dicampur dengan cairan semen ionomer gelas dengan perbandingan 3,6 : 1 gr, dan
- c. Cara penimbangan dan pengukuran sama dengan kelompok III.

3.4.2 Sampel

- a. Bentuk sampel : silindris dengan diameter 4 mm dan tinggi 10 mm, dan

b. Kriteria sampel : lurus,

Gigi : permukaan rata dan halus, adaptasi dengan bahan restorasi baik.

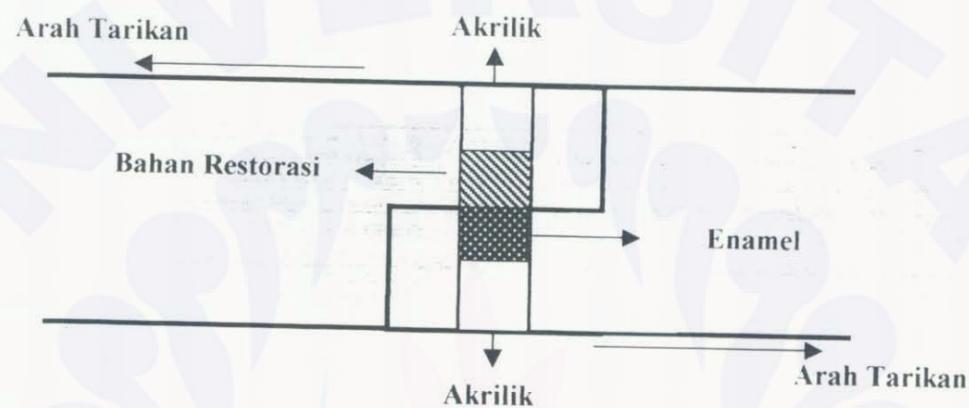
Bahan : permukaan utuh, rata dan tidak porus.

3.4.3 Jumlah Sampel

Terdiri dari 24 sampel yang terbagi dalam 4 kelompok, tiap kelompok ada 6 sampel.

3.4.4 Pengukuran Sampel

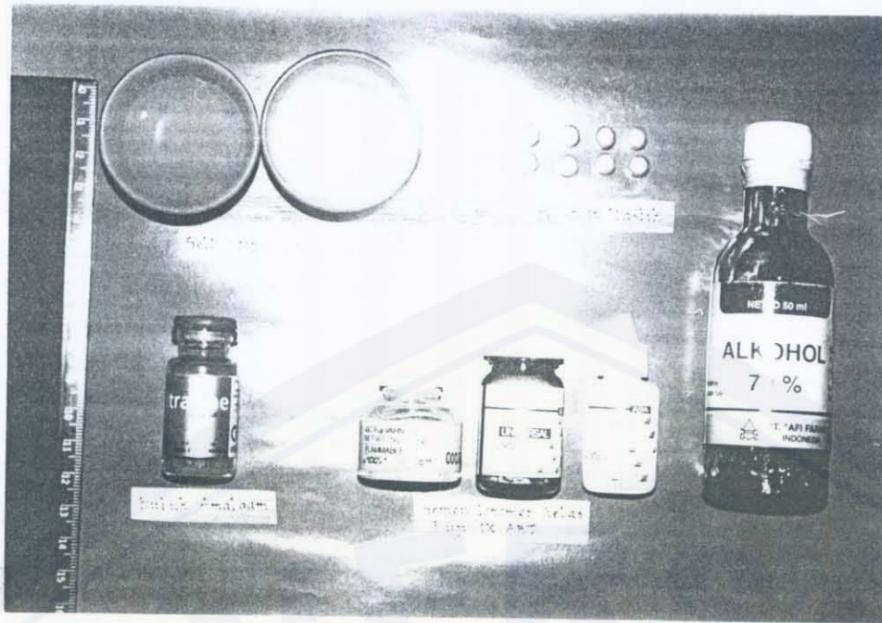
- Dilakukan dengan cara meletakkan pada suatu alat sehingga posisi sampel berada ditempat yang tepat, artinya bidang yang akan digeser tepat pada permukaan enamel yang dilekati semen ionomer gelas/ campuran semen ionomer gelas dengan amalgam.
- Sesudah alat tersebut siap, diletakkan pada alat *autograph*, dan
- Dan dicatat angka pergeseran pada alat tersebut.



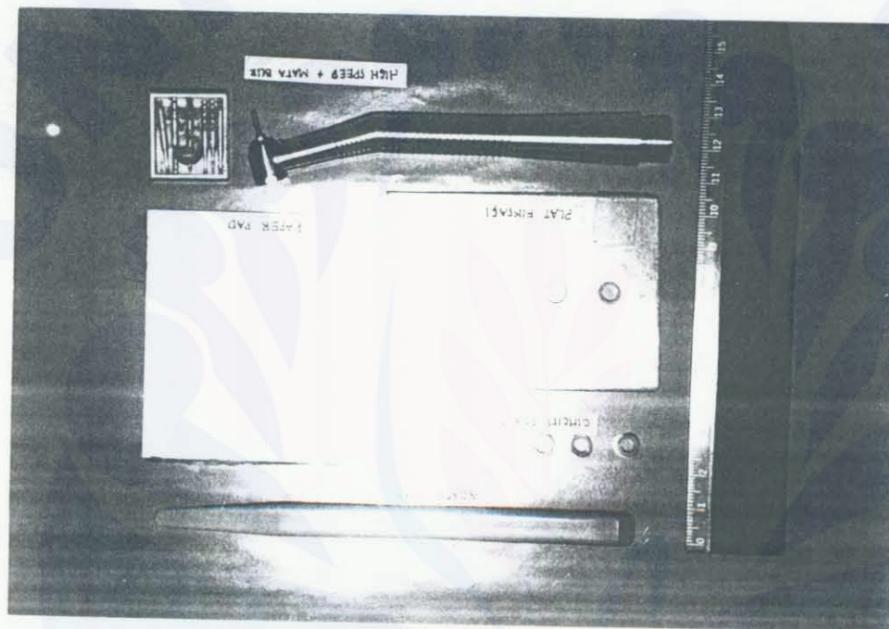
Gambar 4. Penempatan sampel pada alat dari kuningan

3.5 Uji Statistik.

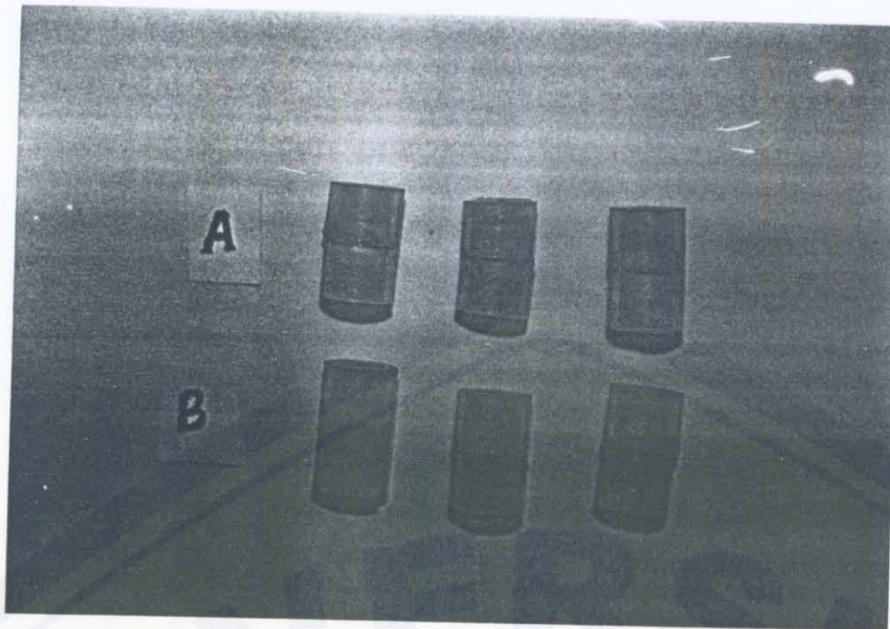
Uji Statistik yang dipergunakan adalah menggunakan uji anava dan dengan uji-t dengan tingkat kemaknaan $\alpha = 0,05$.



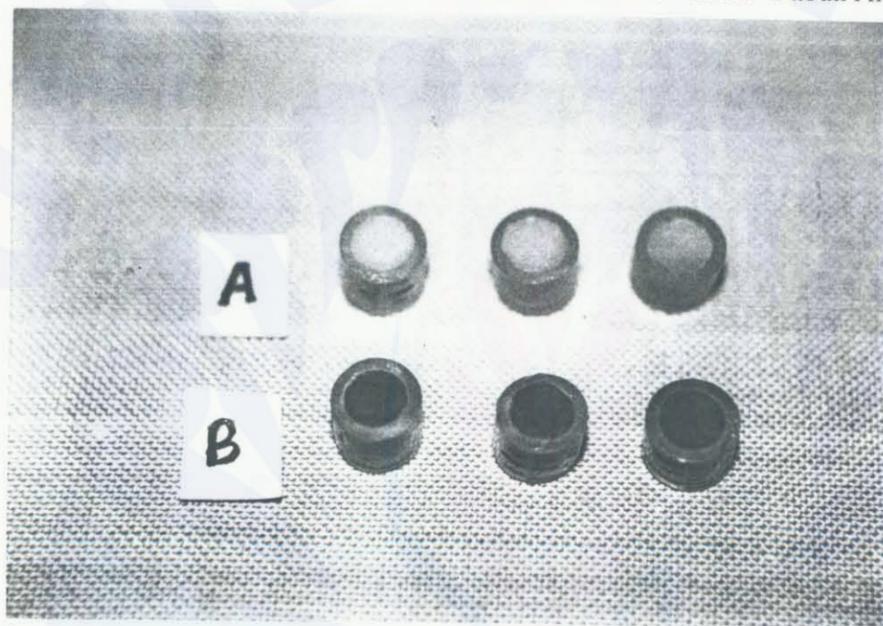
Gambar 5. Foto bahan-bahan penelitian



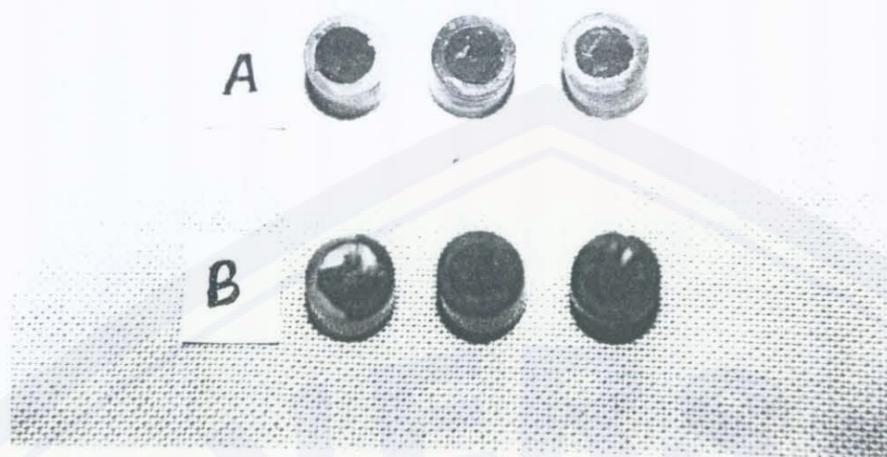
Gambar 6. Foto alat-alat penelitian



Gambar 7. Foto sampel sebelum dilakukan uji kekuatan perlekatan geser
(A.Semen Ionomer Gelas B.Semen Ionomer Gelas+Bubuk Amalgam)



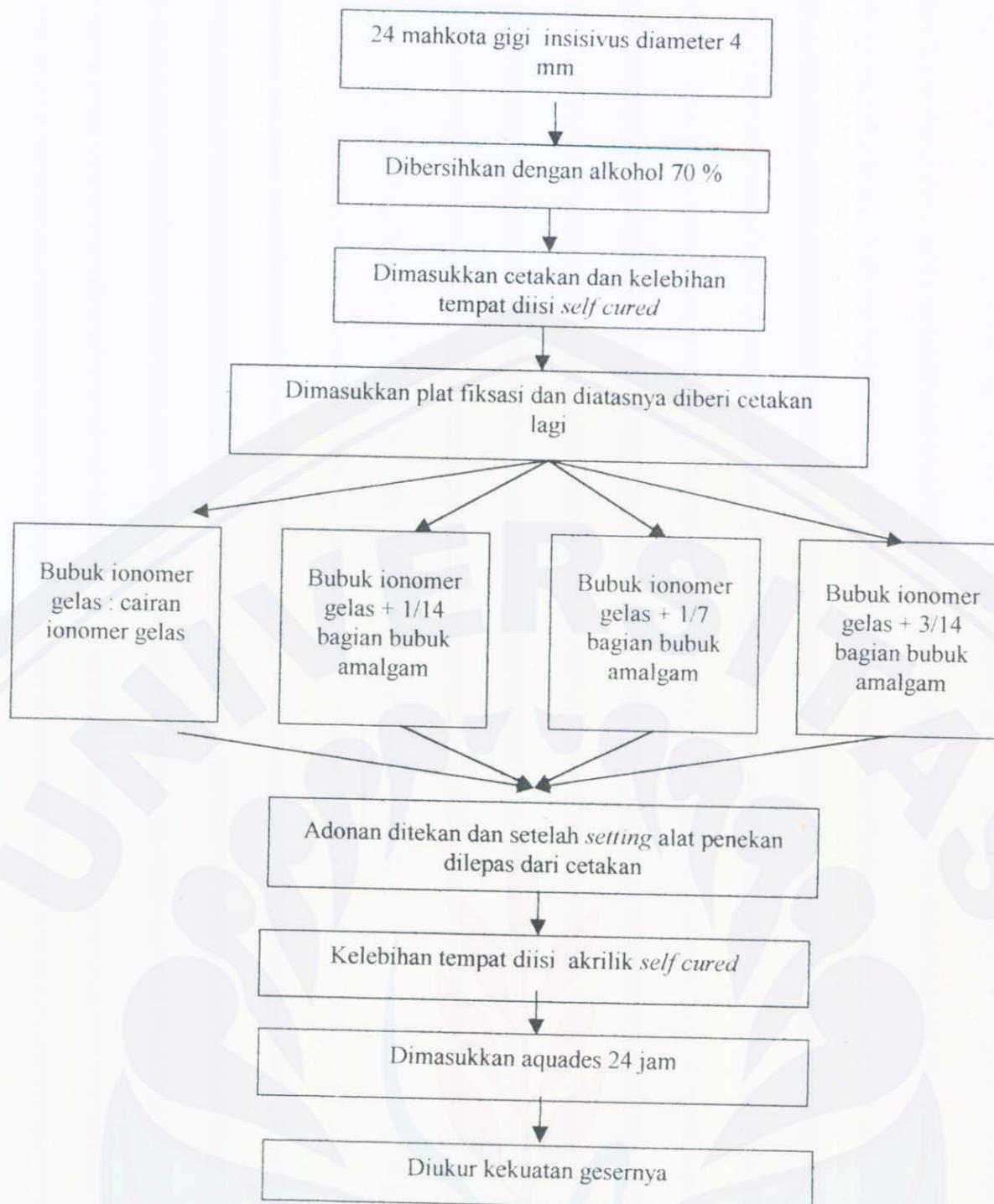
Gambar 8. Foto sampel setelah dilakukan uji kekuatan perlekatan geser
(A. kelompok I B. Kelompok II)



Gambar 9. Foto sampel setelah dilakukan uji kekuatan perlekatan geser
(A. kelompok III B. Kelompok IV)



3.6. Kerangka Penelitian



IV. HASIL DAN ANALISA DATA

Setelah dilakukan pengukuran dengan alat *Autograph* diperoleh data kekuatan perlekatan geser yaitu nilai kekuatan perlekatan geser semen ionomer gelas dan nilai kekuatan perlekatan geser semen ionomer gelas yang telah ditambah bubuk amalgam dengan perbandingan tertentu. Hasilnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Nilai Kekuatan Perlekatan Geser Semen Ionomer Gelas dan Nilai Kekuatan Perlekatan Geser Semen Ionomer Gelas setelah Penambahan Bubuk Amalgam (kgf/cm²)

No Sampel	Kelompok I	Kelompok II	Kelompok III	Kelompok IV
1.	68,7	35,5	38,5	32,5
2.	52,9	38,9	35,7	37,3
3.	59,5	45,7	40,8	36,6
4.	65,8	49,0	42,0	37,0
5.	63,7	39,8	38,7	36,5
6.	56,0	40,5	37,0	35,0
Jumlah	366,6	249,4	232,7	214,9
Rata-rata	61,100	41,567	38,783	35,817
SD	6,040	4,909	2,331	1,808

Keterangan :

- Kelompok 1 : Semen ionomer gelas tanpa penambahan bubuk amalgam (sebagai kontrol)
- Kelompok 2 : Semen ionomer gelas dengan penambahan 1/14 bagian bubuk amalgam ke dalam bubuk semen ionomer gelas
- Kelompok 3 : Semen ionomer gelas dengan penambahan 1/7 bagian bubuk amalgam ke dalam bubuk semen ionomer gelas
- Kelompok 4 : Semen ionomer gelas dengan penambahan 3/14 bagian bubuk amalgam ke dalam bubuk semen ionomer gelas

Dari tabel 1 diatas terlihat bahwa nilai kekuatan perlekatan geser semen ionomer gelas lebih tinggi daripada semen ionomer gelas yang ditambah bubuk amalgam. Untuk mengetahui adakah perbedaan terhadap kekuatan perlekatan geser masing-masing kelompok dilakukan uji ANAVA.

Tabel 2. Hasil Analisis Varians dari Rata-rata Pengukuran Kekuatan Perlekatan Geser Semen Ionomer Gelas dan Semen Ionomer Gelas setelah Penambahan Bubuk Amalgam (kgf/cm²)

SK	Db	JK	KT	F-hitung	F tabel(5%)	Prob
P	3	2352.663	784.221	45.269*	3.10	4.223x10 ⁻⁹
E	20	346.470	17.324			
T	23	2699.133				

Keterangan :

SK : Sumber Keragaman	E : Error
Db : Derajat bebas	T : Total
JK : Jumlah Kuadrat	Prob : Probabilitas
KT : Kuadrat Tengah	F : Analisa statistik
P : Perlakuan	* : Berbeda bermakna

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh F-hitung lebih besar dari F tabel pada tingkat kemaknaan 0,05 sehingga Ho ditolak dan HA diterima. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna terhadap kekuatan perlekatan geser antara keempat kelompok sampel. Hasil uji tersebut dilanjutkan dengan uji-t untuk mengetahui kemaknaan statistik dari masing-masing kelompok sampel.

Tabel 3. Hasil Uji-t Kekuatan Perlekatan Geser antara masing-masing kelompok sampel (kgf/cm^2)

Beda antara	t-hitung	t-tabel	Probabilitas
Kel I vs Kel II	6.2496*	2.015	7.686×10^{-4}
Kel I vs Kel III	11.0752*	2.015	5.228×10^{-5}
Kel I vs Kel IV	11.6819*	2.015	4.038×10^{-5}
Kel II vs Kel III	1.9809	2.015	0.0522
Kel II vs Kel IV	2.5908*	2.015	0.0244
Kel III vs Kel IV	2.9493*	2.015	0.0160

Berdasarkan hasil uji-t yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut di bawah ini.

- a. Terdapat perbedaan kekuatan perlekatan geser yang bermakna ($p < 0,05$) antara kelompok I (kontrol) dengan kelompok II,
- b. Terdapat perbedaan kekuatan perlekatan geser yang bermakna ($p < 0,05$) antara kelompok I (kontrol) dengan kelompok III,
- c. Terdapat perbedaan kekuatan perlekatan geser yang bermakna ($p < 0,05$) antara kelompok I (kontrol) dengan kelompok IV,
- d. Terdapat perbedaan kekuatan perlekatan geser yang tidak bermakna ($p > 0,05$) antara kelompok II dan kelompok III,
- e. Terdapat perbedaan kekuatan perlekatan geser yang bermakna ($p < 0,05$) antara kelompok II dan kelompok IV, serta
- f. Terdapat perbedaan kekuatan perlekatan geser yang bermakna ($p < 0,05$) antara kelompok III dan kelompok IV.

V. PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan semen ionomer gelas yang lebih baik sifatnya, yaitu lebih tahan terhadap abrasi, lebih keras permukaannya, telah dilaporkan oleh beberapa peneliti dengan menambahkan bubuk amalgam ke dalam bubuk semen ionomer gelas.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada enam sampel untuk setiap perlakuan didapatkan perbedaan yang bermakna pada kekuatan perlekatan geser antara semen ionomer gelas dengan semen ionomer gelas yang telah ditambah bubuk amalgam dengan penambahan masing-masing 1/14, 1/7 dan 3/14.

Pada tabel 1 dapat diketahui bahwa nilai rata-rata kekuatan perlekatan geser semen ionomer gelas lebih tinggi ($61,100 \text{ kgf/cm}^2$) daripada nilai rata-rata kekuatan perlekatan geser semen ionomer gelas yang telah ditambah bubuk amalgam dengan penambahan 1/14 ($41,567 \text{ kgf/cm}^2$), tetapi kekuatan tersebut masih lebih tinggi daripada kekuatan perlekatan geser semen ionomer gelas yang telah ditambah bubuk amalgam 1/7 ($38,783 \text{ kgf/cm}^2$) maupun penambahan 3/14 ($35,817 \text{ kgf/cm}^2$). Setelah diuji Anava didapatkan perbedaan yang bermakna untuk semua kelompok.

Perbedaan ini mungkin disebabkan karena pada kelompok I (kelompok ionomer gelas) polialkenoat yang terjadi banyak bereaksi dengan enamel sehingga kekuatannya tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Combe (1992), pada saat bubuk ionomer gelas dan cairannya dicampur, cairan dari ionomer gelas melepas H^+ , setelah tercampur dengan bubuk ionomer gelas, bubuk ionomer gelas melepas Ca^{2+} dan Al^{3+} . Ion-ion tersebut berikatan dengan masa cair menjadi semen dan mengadakan *cross link* yang menyebabkan pengerasan pada masa tersebut dan disebut ikatan polialkenoat.

Disebutkan pula oleh Phillips (1991) bahwa semen ionomer gelas mampu mengadakan perlekatan secara fisiko-kimia terhadap enamel dan dentin, dimana kumpulan karboksil dari asam poliakrilik bereaksi dengan ion kalsium dari enamel dan dentin untuk membentuk *cross link*, sehingga dapat meningkatkan

ikatan pertautan dari bahan restorasi terhadap dinding kavitas. Keadaan tersebut dapat membentuk kerapatan antara bahan tumpatan dengan dinding kavitas.

Pada kelompok II, dimana penambahan bubuk amalgam 1/14 bagian dari bubuk semen ionomer gelas menunjukkan nilai rata-rata kekuatan perlekatan geser lebih rendah daripada nilai rata-rata kekuatan perlekatan geser semen ionomer gelas dan lebih tinggi daripada nilai kekuatan perlekatan geser semen ionomer gelas yang ditambah 1/7 dan 3/14 bagian bubuk amalgam. Hal ini disebabkan karena setelah bubuk dan cairan dicampur maka reaksi yang terjadi adalah antara bubuk ionomer gelas dengan cairannya dan bubuk amalgam dengan cairan ionomer gelas, sehingga polialkenoat yang terjadi sedikit, mungkin karena sebagian cairan tidak bereaksi dengan bubuk amalgam tetapi hanya berfungsi untuk membasahi permukaan bubuk-bubuk logam.

Kurangnya polialkenoat mengakibatkan kurang kuatnya perlekatan geser antara semen ionomer gelas yang telah dicampur dengan bubuk amalgam dengan enamel (Soekartono, 1995).

Hal ini juga sesuai dengan pendapat Leksono (1988) bahwa penambahan bahan seperti aloi amalgam ke dalam bubuk semen ionomer gelas, meningkatkan nilai kekerasan bahan, tetapi makin banyak aloi amalgam yang ditambahkan maka mengurangi kesempatan diantara partikel-partikel semen ionomer gelas dengan partikel-partikel aloi amalgam, oleh karena pada saat pencampuran dengan cairannya, untuk membuat suatu restorasi maka yang mengadakan reaksi hanyalah antara bubuk semen ionomer gelas saja sedangkan aloi amalgamnya tidak diketahui.

Pada kelompok III, dimana penambahan bubuk amalgam 1/7 bagian dari bubuk semen ionomer gelas menunjukkan nilai rata-rata kekuatan perlekatan geser lebih rendah daripada nilai rata-rata kekuatan perlekatan geser semen ionomer gelas dan lebih tinggi daripada nilai rata-rata kekuatan perlekatan geser kelompok IV (penambahan 3/14 bagian bubuk amalgam). Penyebabnya sama dengan kelompok II yaitu kurangnya polialkenoat mengakibatkan kurang kuatnya perlekatan geser antara ionomer gelas yang telah dicampur bubuk amalgam dengan enamel.

Prasetyo (1995) mengatakan oleh karena bubuk amalgam yang ditambahkan dapat mengisi atau menempati ruangan matrik semen ionomer gelas, sehingga dapat menghalangi partikel gelas untuk mengadakan *cross link*. Bubuk amalgam dan unsur yang ada dalam semen ionomer gelas tidak bereaksi tetapi hanya berikatan secara *Vander Walls*, sedangkan ikatan ini merupakan ikatan yang paling lemah dan hanya terjadi ikatan secara fisik sehingga kurang kuat dibandingkan dengan ikatan yang lain. Selain itu semakin partikel bubuk amalgam yang terdapat dalam bubuk semen kemungkinan akan menyebabkan terganggunya pembentukan gel, sehingga semen kurang tahan terhadap tekanan yang diterima atau dapat juga oleh karena terhalangnya reaksi antara inti gelas dengan asam poliakrilik terutama gugus karboksil/hidroksil untuk membentuk ikatan jala (Prasetyo, 1999).

Pada kelompok IV, dimana penambahan bubuk amalgam 3/14 bagian dari berat bubuk ionomer gelas menunjukkan nilai rata-rata kekuatan perlekatan geser paling rendah oleh karena cairan tidak dapat membasahi dengan baik semua bubuk, karena bubuk terlalu banyak sehingga tidak terjadi ikatan kimia yang baik. Jadi kemungkinan penambahan partikel bubuk amalgam tersebut hanya mengisi celah matrik yang masih kosong setelah semen ionomer gelas ini mengeras dan penambahan partikel yang berlebihan tidak meningkatkan kekerasan permukaan tetapi sebaliknya.

Sesuai dengan pendapat Combe (1992) bahwa dengan adanya penambahan bahan pengisi (*filler*) yang berlebihan maka akan memperlemah ikatan partikelnya. Jadi bubuk amalgam tidak bereaksi dengan partikel yang ada dalam semen ionomer gelas, sehingga dikatakan bahwa penambahan bubuk amalgam tersebut hanya sebagai bahan pengisi logam.

Pada uji kekuatan perlekatan geser, lepasnya sampel bisa terjadi pada bahan restorasi itu sendiri, pada perlekatan antara bahan restorasi dan gigi, maupun pada enamel atau dentin (Pangerapan, 1993). Dari hasil penelitian yang telah dilakukan lepasnya sampel sebagian terjadi pada bahan restorasi itu sendiri dan sebagian terjadi antara bahan restorasi dan gigi. Jika lepasnya sampel terjadi pada bahan restorasi berarti bahwa daya kohesi dari bahan restorasi tersebut lebih

kecil dari daya adesinya dengan gigi. Sebaliknya jika lepasnya sampel terjadi antara bahan restorasi dengan gigi menunjukkan bahwa daya adesinya dengan gigi lebih kecil.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada kelompok I dan II lepasnya sampel banyak terjadi pada perlekatan antara bahan restorasi dan gigi, hal ini mungkin karena pada saat bubuk semen ionomer gelas dan cairan dicampur, cairan berperan sebagai donor proton dan bubuk sebagai reseptor, kemudian mengadakan *cross link* yang membuat semen menjadi gel dan mengeras. Semen ini akan mengadakan *cross link* dengan struktur yang terdapat pada enamel, di mana enamel mengandung hidroksiapatit dengan gugus hidroksil yang lemah, sehingga struktur ini lebih mudah larut. Pada saat terjadi pertautan antara semen dan enamel gugus hidroksil akan lepas dan diganti dengan fluor dari semen menjadi fluoroapatit yang lebih tahan terhadap kelarutan, sehingga ikatannya menjadi lebih kuat.

Sedangkan pada kelompok III dan IV lepasnya sampel banyak terjadi pada bahan restorasi, karena pada saat bubuk dan cairan dicampur akan terjadi reaksi seperti pada semen ionomer gelas murni dan terjadi reaksi antara bubuk amalgam dan cairan (asam) membentuk garam. Semakin banyak bubuk amalgam ditambahkan maka akan semakin banyak garam yang terbentuk dan adanya sisa cairan (asam) yang bersifat melarutkan menyebabkan semen menjadi lemah. Jadi dengan adanya bubuk amalgam akan menghalangi *cross link* antara enamel dengan semen ionomer gelas untuk membentuk fluoroapatit, dan pada waktu dilakukan uji kekuatan geser bahan restorasi pecah sebelum mencapai pertautan antara enamel dengan bahan restorasi.

VI. SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut di bawah ini.

1. Penambahan bubuk amalgam ke dalam bubuk ionomer gelas menunjukkan perbedaan kekuatan perlekatan geser yang bermakna antara semen ionomer gelas yang ditambah bubuk amalgam dan semen ionomer gelas tanpa penambahan bubuk amalgam,
2. Penambahan bubuk amalgam ke dalam bubuk ionomer gelas menurunkan kekuatan perlekatan geser,
3. Nilai rata-rata kekuatan perlekatan geser tertinggi didapatkan pada semen ionomer gelas tanpa penambahan bubuk amalgam, yaitu $61,100 \text{ kgf/cm}^2$,
4. Nilai rata-rata kekuatan perlekatan geser terendah didapatkan pada penambahan bubuk amalgam ke dalam bubuk semen ionomer gelas dengan penambahan $3/14$ bagian dari bubuk semen ionomer gelas, yaitu $35,817 \text{ kgf/cm}^2$, dan
5. Adanya penambahan bahan pengisi (*filler*) yang berlebihan akan memperlemah ikatan partikelnya.

6.2 Saran

Dengan adanya hasil penelitian ini maka penelitian lebih lanjut masih perlu dilakukan untuk mengetahui jenis ikatan kimiawi antara bubuk logam campur amalgam dengan bubuk semen ionomer gelas untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kekuatan perlekatan gesernya. Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya dengan menambahkan bubuk amalgam dengan perbandingan yang lebih kecil dari $1/14$ bagian dari berat semen ionomer gelas agar diperoleh peningkatan pada kekuatan perlekatan gesernya.

DAFTAR PUSTAKA

- Baum, L. Phillips, R.W and Melvin, R.L. 1997. *Buku Ilmu Konservasi Gigi*. Edisi III. Jakarta. Penerbit Buku Kedokteran. EGC.
- Cecilia, G.J. Iskandar, S. Prijambodo, S.K. 1989. *Resin Komposit untuk Restorasi Gigi Posterior*. Surabaya. Laboratorium Konservasi Gigi Tumpatan. FKG UNAIR.
- Combe, E.C. 1992. *Notes on Dental Materials*. 6thed. Edinburgh. London and New York Churchil Livingstone.
- Craig, R.W, O'Brien, W.J, and Powers, J.M. 1997. *Dental Materials Properties and Manipulation*. 4thed. St. Louis. Toronto. London. C.V. Mosby Co.
- Ismijatin, K. 1990. *Pengaruh Penambahan Logam Campur Amalgam Ke dalam Bubuk Ionomer Glass terhadap Kekuatan Tekan*. Surabaya. Majalah Kedokteran Gigi.
- Leksono, B. S. 1988. *Pengaruh Penambahan Amalgam Alloy ke dalam Bubuk Gelas Ionomer terhadap Kekerasan Permukaan Bahan Gelas Ionomer*. Jember. Sekolah Tinggi Kedokteran Gigi.
- Mc Cabe. 1990. *Anderson's Applied Dental Materials*. 7thed. Oxford. London. Edinburgh. Boston. Melbourne. Paris. Berlin. Vienna. Blackwell Scientific Publications.
- Nasir, M. 1998. *Metode Penelitian*. Jakarta. Ghalia Indonesia.
- Pangerapan, E. 1993. "Perbedaan Kekuatan Ikat Resin Adhesif pada Restorasi Bonded Amalgam Tembaga Tinggi dan Amalgam Tembaga Rendah." Dalam Majalah Kedokteran Gigi. Edisi Foril IV vol 2. Jakarta.
- Phillips, R.W. 1991. *Science of Dental Materials*. 9thed. Philadelphia. London. Toronto. Montreal. Sydney. Tokyo. W.B. Saunders Co.
- Prasetyo, E. A. 1995. *Kekerasan Permukaan Semen Ionomer Gelas setelah Penambahan Bubuk Perak Murni*. Majalah Kedokteran Gigi UNAIR 28 (4).
- , 1999. *Kekuatan Tekan setelah Penambahan Bubuk Perak Murni di dalam Bubuk Semen Ionomer Gelas*. Majalah Kedokteran Gigi UNAIR. 32 (2).

- Samir, E.P. Leigh, V.W and Judy, Z. 1999. *Effects of different types of lights guides on shear bond strength*. American Journal of Orthodontic and Dento Facial Orthopedics. St Louis. USA. Mosby Co.
- Iskandar, S. 1995. *Faktor-faktor yang Menunjang Keberhasilan suatu Restorasi Estetik*. Simposium Esthetic Dentistry. Surabaya. Laboratorium Ilmu Konservasi Gigi. FKG Unair.
- Wilson, A.D. and Mc.Lean, J.W. 1988. *Ionomer Glass Cement*. Chicago. London. Berlin. Sao Paulo. Tokyo and Hongkong. Quintessence Publishing Co.



Lampiran 1. Simpangan Baku (SB) Kekuatan Perlekatan Geser Semen Ionomer Gelas (kgf/cm²).

No. Sampel	X	$X - \bar{X} = X_1$	$(X - \bar{X})^2 = X_2$
1	68,7	7,6	57,76
2	52,9	-8,2	67,24
3	59,5	-1,6	2,56
4	65,8	4,7	22,09
5	63,7	2,6	6,76
6	56,0	-5,1	26,01
Σ	366,6		182,42
\bar{X}	61,100		

$$\begin{aligned}
 \text{SB} &= \frac{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2}}{N - 1} \\
 &= \sqrt{\frac{182,42}{5}} \\
 &= \sqrt{36,484} = 6,040198672 \\
 &= 6,040
 \end{aligned}$$

Lampiran 2. Simpangan Baku (SB) Kekuatan Perlekatan Geser Semen Ionomer Gelas dengan Penambahan Bubuk Amalgam sebesar 1/14 bagian berat ke dalam Bubuk Semen Ionomer Gelas (kgf/cm^2).

No. Sampel	X	$X - \bar{X} = X_1$	$(X - \bar{X})^2 = X_2$
1	35,5	-6,067	36,808489
2	38,9	-2,667	7,1122889
3	45,7	4,133	17,081689
4	49,0	7,433	55,249489
5	39,8	-1,767	3,122289
6	40,5	-1,067	1,148489
Σ	249,4		120,513334
\bar{X}	41,567		

$$\begin{aligned}
 \text{SB} &= \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{N - 1}} \\
 &= \sqrt{\frac{120,513334}{5}} \\
 &= \sqrt{24,1026668} = 4,909448034 \\
 &= 4,909
 \end{aligned}$$

Lampiran 3. Simpangan Baku (SB) Kekuatan Perlekatan Geser Semen Ionomer Gelas dengan Penambahan Bubuk Amalgam sebesar 1/7 bagian berat ke dalam Bubuk Semen Ionomer Gelas (kgf/cm^2).

No. Sampel	X	$X - \bar{X} = X_1$	$(X - \bar{X})^2 = X_2$
1	38,5	-0,283	0,080089
2	35,7	-3,083	9,504889
3	40,8	2,017	4,068289
4	42,0	3,217	10,349089
5	38,7	-0,083	$6,889 \times 10^{-3}$
6	37,0	-1,783	3,179089
Σ	232,7		27,188334
\bar{X}	38,783		

$$\begin{aligned}
 \text{SB} &= \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{N - 1}} \\
 &= \sqrt{\frac{27,188334}{5}} \\
 &= \sqrt{5,4376668} = 2,331883359 \\
 &= 2,331
 \end{aligned}$$

Lampiran 4. Simpangan Baku (SB) Kekuatan Perlekatan Geser Semen Ionomer Gelas dengan Penambahan Bubuk Amalgam sebesar 3/14 bagian berat ke dalam Bubuk Semen Ionomer Gelas (kgf/cm²).

No. Sampel	X	$X - \bar{X} = X_1$	$(X - \bar{X})^2 = X_2$
1	32,5	-3,317	11,002489
2	37,3	1,483	2,199289
3	36,6	0,783	0,6131089
4	37,0	1,183	1,399489
5	36,5	0,683	0,466889
6	35,0	-0,817	0,667489
Σ	214,9		17,142737
\bar{X}	35,817		

$$\begin{aligned}
 SB &= \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N - 1}} \\
 &= \sqrt{\frac{17,142737}{5}} \\
 &= \sqrt{3,428574} = 1,808823671 \\
 &= 1,808
 \end{aligned}$$

Lampiran 5. Hasil perhitungan uji anava satu arah

ANALYSIS OF VARIANCE

ONE-WAY ANOVA

ANOVA

Group	Mean	N
1	61.100	6
2	41.567	6
3	38,783	6
4	35.817	6
GRAND MEAN	44.317	24

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO	PROB.
Between	2352.663	3	784.221	45.269	4.223E-09
Within	346.470	20	17.324		
Total	2699.133	23			

Lampiran 6. Hasil perhitungan uji-t

**HYPOTHESIS TESTS FOR MEANS
DIFFERENCE BETWEEN MEANS : PAIRED OBSERVATIONS
T-TEST (1 VS 2)**

HEADER DATA FOR : B: SEMEN LABEL : KEKUATAN
PERLEKATAN

NUMBER OF CASES : 6 NUMBER OF VARIABLES : 4
HYPOTHESIZED DIFF = .0000
MEAN = 19.5333
STD. DEV. = 7.6560
STD. ERROR = 3.1256
N = 6 (CASES = 1 TO 6)
T = 6.2496 (D.F = 5) GROUP 1 : KEL 1
GROUP 2 : KEL 2
PROB. = 7.686E-04

**HYPOTHESIS TESTS FOR MEANS
DIFFERENCE BETWEEN MEANS : PAIRED OBSERVATIONS
T-TEST (1 VS 3)**

HEADER DATA FOR : B: SEMEN LABEL : KEKUATAN
PERLEKATAN

NUMBER OF CASES : 6 NUMBER OF VARIABLES : 4
HYPOTHESIZED DIFF = .0000
MEAN = 22.3167
STD. DEV. = 4.9358
STD. ERROR = 2.0150
N = 6 (CASES = 1 TO 6)
T = 11.0752 (D.F = 5) GROUP 1 : KEL 1
GROUP 2 : KEL 3
PROB. = 5.22BE-05