



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH DURASI *SANDBLASTING* PADA PERMUKAAN
RESTORASI *VENEER* RESIN KOMPOSIT TERHADAP KUAT
REKAT RESIN SEMEN DENGAN EMAIL GIGI**

TESIS

**OCTARINA
1006786026**

**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
PROGRAM STUDI ILMU KEDOKTERAN GIGI DASAR
PEMINATAN ILMU MATERIAL KEDOKTERAN GIGI
JAKARTA
JULI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH DURASI *SANDBLASTING* PADA PERMUKAAN
RESTORASI *VENEER* RESIN KOMPOSIT TERHADAP KUAT
REKAT RESIN SEMEN DENGAN EMAIL GIGI**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister

**OCTARINA
1006786026**

**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
PROGRAM STUDI ILMU KEDOKTERAN GIGI DASAR
PEMINATAN ILMU MATERIAL KEDOKTERAN GIGI
JAKARTA
JULI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Octarina
NPM : 1006786026
Tanda tangan : *Octarina*
Tanggal : 4 Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini disajikan oleh :
Nama : Octarina
NPM : 1006786026
Program Studi : Ilmu Kedokteran Gigi Dasar
Peminatan Ilmu Material Kedokteran Gigi
Judul Tesis : Pengaruh Durasi *Sandblasting* Pada Permukaan
Restorasi *Veneer* Resin Komposit Terhadap Kuat
Rekat Resin Semen Dengan Email Gigi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister pada Program Studi Ilmu Kedokteran Gigi Dasar, Peminatan Ilmu Material Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Andi Soufyan, drg. MKes

Pembimbing : Dr. Yosi Kusuma Eriwati, drg. MSi

Penguji 1 : Prof Dr. Lindawati S. Kusdhany, drg. SpProst(K)

Penguji 2 : Dr. Decky J. Indrani, drg. MDSc

Penguji 3 : Siti Triaminingsih, drg. MT

(.....)
(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 4 Juli 2012

KATA PENGANTAR/ UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Program Studi Ilmu Kedokteran Gigi Dasar Peminatan Ilmu Material Kedokteran Gigi pada Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

(1) Andi Soufyan, drg. MKes selaku dosen pembimbing utama yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam tesis ini.

(2) Dr.Yosi Kusuma Eriwati, drg, MSi, selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan ide-ide, mengarahkan dan membimbing saya dalam tesis ini.

(3) Prof Dr. Lindawati S. Kusdhany, drg Sp. Prost (K), Dr. Decky J. Indrani, drg. MDSc, Siti Triaminingsih drg, MT. yang telah bersedia menjadi penguji tesis ini dan juga memberikan saran dan masukan berharga untuk perbaikan tesis ini.

(4) Orang tua saya Bpk Andy Ernanto W dan Ibu Nany W, serta sahabat terbaik saya FX. Willy Ari P. yang selama ini, memberikan dukungan, menemani suka dan duka selama saya menjalani pendidikan dan penelitian di Universitas Indonesia.

(5) Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Trisakti yang telah membiayai sebagian besar biaya pendidikan dan penelitian saya

(6) Bagian Ilmu Material Kedokteran Gigi FKG Universitas Trisakti terutama Rosalina Tjandrawinata, drg. MSi. PhD, drg. Elly Hamid, DR. Riang Gunawan, drg MKes, drg. Marlina Tjandra, drg. Dharmadi, drg. Devi, drg. Dewi, yang telah mendukung dan membantu saya selama menempuh pendidikan di IMKG Universitas Indonesia.

(7) Laboratorium Ilmu Material Kedokteran Gigi UI yang telah membuat saya belajar banyak mengenai alat-alat laboratorium dan juga membantu saya untuk memperoleh data yang digunakan untuk penelitian dan selama pendidikan di IMKG Universitas Indonesia.

- (8) Kiang Multi Corp Grogol, Pak Soetrisno Karnadi dan drg. Sri Widiawati (nonnie) yang telah banyak membantu untuk sponsor bahan dan alat untuk penelitian yang saya gunakan selama penelitian;
- (9) Hans Dental Lab, terutama pak Handoko dan Robert yang telah membantu menyediakan alat *sandblasting* yang digunakan untuk penelitian yang saya lakukan.
- (10) Henny, drg dan pihak Ivoclair yang telah memberikan sponsor bahan yang digunakan untuk penelitian.
- (11) Ferry Jaya, drg teman seperjuangan di dental material yang telah membagi ilmu, bahan kuliah, dan masa-masa sulit selama di menempuh pendidikan di UI. Handoko, drg yang telah menemani masa-masa penelitian.
- (12) Niko, drg dan Siti Chandra drg, yang telah membantu dalam menempuh penelitian dan studi di IMKG UI.
- (13) dan tak terlupa teman dan staf bagian IMKG UI, pak Dudy, pak Slamet dan mbak Maryamah serta staf ICDE yang telah menyemangati perjalanan pendidikan saya hingga saat ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, Juli 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Octarina
NPM : 1006786026
Program Studi : Ilmu Kedokteran Gigi Dasar
Departemen : Ilmu Material Kedokteran Gigi
Fakultas : Kedokteran Gigi
Jenis karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

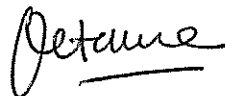
**PENGARUH DURASI *SANDBLASTING* PADA PERMUKAAN
RESTORASI *VENEER* RESIN KOMPOSIT TERHADAP KUAT
REKAT RESIN SEMEN DENGAN EMAIL GIGI**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif, ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (data base), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencatumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : 4 Juli 2012

Yang membuat pernyataan,



(Octarina)

ABSTRAK

Nama : Octarina
Program Studi : Ilmu Kedokteran Gigi Dasar
Peminatan Ilmu Material Kedokteran Gigi
Judul : Pengaruh Durasi *Sandblasting* Pada Permukaan Restorasi
Veneer Resin Komposit Terhadap Kuat Rekat Resin Semen
Dengan Email Gigi

Sandblasting dilakukan pada permukaan restorasi *veneer* indirek resin komposit sebelum direkatkan pada email menggunakan resin semen *Multi-step* dan SADRC. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh durasi *sandblasting* terhadap kuat rekat geser *veneer* indirek resin komposit yang direkatkan pada email. Pengujian kuat rekat geser menggunakan *Universal Testing Machine*, kemudian analisa patahan dengan *Stereomicroscope* dan *Scanning Electron Microscope*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa grup resin semen *Multi-step* menghasilkan kuat rekat geser yang lebih tinggi dan berbeda bermakna dibandingkan grup SADRC. Durasi *sandblasting* yang berbeda, tidak memberikan perbedaan nilai kuat rekat yang bermakna baik pada grup resin semen *Multi-step* maupun SADRC.

Kata kunci : *Veneer* Indirek Resin Komposit, *Sandblasting*, Resin Semen *Multi-step*, SADRC

ABSTRACT

Name : Octarina
Study Program: Basic Dental Science Emphasizing in Dental materials
Title : Effect of Sandblasting Duration to Indirect Composite Resin Veneer Restoration on Shear Bond Strength of Resin Cement to Enamel Surface.

Sandblasting was performed on the surface of indirect composite resin veneer (VIRK) restorations before bonding to enamel using Multi-step resin cement and SADRC. The purpose of this study was to determine the effect of sandblasting duration on Shear Bond Strength (SBS) of VIRK bonded to enamel. Shear Bond Strength test was done using Universal Testing Machine, failure analysis was evaluated using Stereomicroscope and Scanning Electron Microscope. The results showed that VIRK cemented with Multi-step produces higher SBS and significantly different than VIRK cemented with SADRC. Sandblasting duration did not influence SBS value of VIRK cemented with Multi-step and SADRC.

Keyword : Indirect Composite Resin Veneer, Sandblasting, Resin Cement Multi-step, SADRC

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISIONALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	3
1.2.1 Permasalahan Umum	3
1.2.2 Permasalahan Khusus	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.3.1 Tujuan Umum	4
1.3.2 Tujuan Khusus	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Restorasi <i>Veneer</i> Indirek Resin Komposit	6
2.2 Prinsip Adhesi.....	7
2.3 Resin Semen	9
2.3.1 Resin Semen <i>Multi-step</i>	10
2.3.2 <i>Self-Adhesive Resin Cement</i>	11
2.4 Perlakuan Permukaan Resorasi <i>Veneer</i> Indirek Resin Komposit	12
2.4.1 <i>Sandblasting</i>	13
2.4.2 Asam Hidrofluorik	15
2.4.2 <i>Silane</i>	16
2.5 Uji <i>Bond Strength</i>	16
2.6 Karakterisasi Email Manusia	17
2.7 Kerangka Teori.....	19
3. KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS	
3.1 Kerangka Konsep dan Ruang Lingkup Penelitian	20
3.2 Hipotesis	21
3.2.1 Hipotesis Mayor	21
3.2.2 Hipotesis Minor	21
4. METODE PENELITIAN	
4.1 Desain Penelitian	22
4.2 Alur Penelitian	22
4.3 Tempat dan Waktu Penelitian	23

4.4 Spesimen	23
4.5 Deskripsi Produk yang Digunakan	23
4.6 Jumlah Spesimen	25
4.7 Identifikasi Variabel dan Definisi Operasional	25
4.8 Cara Kerja.....	26
4.8.1 Persiapan Spesimen	26
4.8.1.1 Bahan	26
4.8.1.2 Persiapan Gigi	26
4.8.1.3 Spesimen <i>Veneer</i> Indirek Resin Komposit	26
4.8.1.4 Alat	27
4.8.2 Prosedur Kerja	28
4.8.3 Pengambilan Data	28
4.8.3.1 Alat Uji <i>Shear Bond Strength</i>	28
4.8.3.2 Prosedur Pengujian	28
4.8.3.3 Alat Pengamatan	28
4.9 Manajemen dan Analisa Data	29
5. HASIL	
5.1 Hasil Rata-rata Kekuatan Rekat Geser	30
5.2 <i>Failure Mode</i> dengan <i>Stereomicroscope</i>	33
5.3 Hasil Pemeriksaan <i>Scanning Electron Microscope</i>	36
6. PEMBAHASAN	41
7. KESIMPULAN DAN SARAN	
7.1 Kesimpulan	49
7.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	54

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Deskripsi Produk yang digunakan	23
Tabel 4.2 Identifikasi Variabel dan Definisi Operasional	25
Tabel 5.1 Nilai Rerata dan Standart Deviasi Kuat Rekat Geser <i>Veneer</i> Indirek Resin Komposit Dengan Resin Semen <i>Multi-step</i> dan SADRC.....	30
Tabel 5.2 Nilai Kemaknaan Kekuatan Rekat Geser Antar Resin Semen <i>Multi-step</i> dan SADRC	32
Tabel 5.3 Nilai Kemaknaan Antar Grup menggunakan Analisa Statistik <i>Two Way Anova</i>	32
Tabel 5.4 <i>Failure Mode</i> yang dilihat dengan <i>Stereomicroscope</i> Perbesaran 20x	35



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Terminologi Sistem Adhesif yang Melibatkan Satu Adhesif, Dua Substrat dan Dua <i>Interface</i>	8
Gambar 2.2 Aplikasi Resin Semen Pada Indirek Resin Komposit, Lightcuring, Hasil akhir	12
Gambar 2.3 Gambaran SEM Permukaan Komposit yang dikasarkan dengan 600 grit Silikon Karbid dan <i>Sandblasting</i> dengan 50µm Aluminium Oksida (pembesaran 1000x).....	14
Gambar 2.4 Aplikasi <i>Sandblasting</i> Pada Restorasi Indirek Resin Komposit	15
Gambar 2.5 Uji <i>Shear Bond Strength</i> dengan <i>Universal Testing Machine</i>	17
Gambar 2.6 Gambaran Melintang Preparasi Intraemail untuk Indikasi Kedalaman Reduksi	18
Gambar 2.7 Diagram Kerangka Teori Penelitian	19
Gambar 3.1 Diagram Kerangka Konsep	20
Gambar 4.1 Diagram Alur Penelitian	22
Gambar 5.1 Diagram Perbandingan Kekuatan Rekat Geser Terhadap Pengaruh Durasi <i>Sandblasting</i> VIRK Menggunakan Resin Semen <i>Multi-step</i> dan SADRC	30
Gambar 5.2 <i>Failure mode</i> menggunakan <i>stereomicroscope optic</i> dengan perbesaran 20X pada permukaan VIRK dan email menggunakan resin semen <i>multi-step</i>	33
Gambar 5.3 <i>Failure Mode</i> Menggunakan <i>Stereomicroscope</i> dengan Perbesaran 20X Pada Permukaan VIRK dan Email Menggunakan SADRC	34
Gambar 5.4 Gambaran SEM Pada Permukaan <i>Veneer</i> Indirek Resin Komposit (VIRK) dengan Perbesaran 1000X	36
Gambar 5.5 Kegagalan Perekatan Spesimen yang Menggunakan Resin Semen <i>Multi-step</i>	37
Gambar 5.6 Kegagalan Perekatan Spesimen yang Menggunakan Resin Semen SADRC	39

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Estetika pada bidang kedokteran gigi merupakan hal yang sangat penting, terutama untuk restorasi gigi anterior. Salah satu restorasi estetik yang banyak diminati adalah restorasi *veneer* untuk gigi anterior. Restorasi *veneer* digunakan untuk melapisi bagian gigi yang mengalami kerusakan pada bagian labial gigi vital maupun non vital yang mengalami perubahan warna, fraktur, gigi displasia atau hipoplasia.¹

Restorasi *veneer* dapat berupa restorasi direk atau tidak, dan dapat dibuat dengan resin komposit atau keramik. Restorasi *veneer* direk (*labial veneering* secara langsung di dalam mulut pasien) dengan menggunakan resin komposit sering dilakukan dokter gigi, namun perlu keterampilan yang tinggi dalam membentuk morfologi yang baik. Kelemahan restorasi ini adalah mudah aus dan fraktur, dan adanya pengerutan selama polimerisasi yang dapat menimbulkan kebocoran tepi.²

Restorasi *veneer* tidak langsung umumnya dibuat dari material keramik atau material resin komposit dan dikerjakan di laboratorium teknik. Restorasi *veneer* tidak langsung dengan bahan resin komposit memiliki beberapa keuntungan, antara lain dapat menghasilkan bentuk anatomi dan morfologi serta estetik yang baik, menghasilkan adaptasi tepi marginal yang baik, dan memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban kunyah. Apabila terjadi fraktur, perbaikan pada restorasi *veneer* tidak langsung dengan resin komposit lebih mudah dilakukan terutama di dalam mulut pasien dibandingkan dengan keramik.^{3,4,5} Preparasi restorasi *veneer* tidak langsung resin komposit dilakukan pada permukaan email merupakan preparasi minimal yang dilakukan untuk mengurangi permukaan gigi yang diambil.⁶

Suatu restorasi *veneer* tidak langsung resin komposit (VIRK) memerlukan perlekatan yang kuat dengan permukaan gigi agar restorasi *veneer* tidak mudah terlepas. Perlekatan ini dapat terjadi dengan adanya resin semen sebagai bahan adhesif.

. Resin semen merupakan bahan adhesif yang paling banyak digunakan untuk merekatkan *inlay*, *onlay*, *veneer*, *crown* yang terbuat dari material keramik maupun indirek resin komposit. Material resin semen, saat ini semakin sering digunakan karena menghasilkan sifat fisik yang serupa dengan wana gigi dan mampu berikatan dengan baik secara mekanis dan kimia pada email gigi maupun restorasi.^{7,8}

Berbagai macam resin semen telah digunakan antara lain resin semen dengan prosedur aplikasi *Multi-step* (MS), yaitu adanya prosedur etsa dengan asam fosfat, *priming* dan *bonding*. Dengan berkembangnya teknologi bahan adhesif telah diperkenalkan *self-adhesive dual-cured resin cement* (SADRC) yang merupakan produk baru pada resin semen dengan aplikasi satu tahapan. SADRC disebutkan dapat berikatan dengan jaringan gigi tanpa adanya aplikasi *etch*, *prime* dan *bond*, sehingga aplikasinya lebih mudah dan mengurangi tahapan klinis. *Self-adhesive dual-cured resin cement* juga dapat berikatan secara kimiawi terhadap struktur gigi serta memiliki beragam warna untuk menghasilkan estetik yang baik.^{7,9}

Studi klinis menunjukkan kurangnya retensi antara restorasi indirek dengan resin semen adalah penyebab utama dari kegagalan suatu restorasi.¹⁰ Ketahanan klinis suatu restorasi indirek resin komposit dipengaruhi oleh perlakuan permukaan pada bagian dalam dari restorasi indirek.¹¹ Beberapa perlakuan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan retensi restorasi indirek antara lain dengan perlakuan *sandblasting*, aplikasi asam hidrofluorik, *silanisasi* untuk *coupling agent* atau kombinasi dari beberapa perlakuan ini.^{3,11,12,13}

Perlakuan *sandblasting* akan menghasilkan permukaan restorasi yang kasar², sementara itu *silane* akan menciptakan adhesi kimia antara *filler* anorganik dan matrik organik dari bahan bonding.¹¹ Asam hidrofluorik telah digunakan untuk mengetsa restorasi *all ceramic*, tetapi efek asam hidrofluorik pada restorasi komposit tidak efektif untuk menghasilkan ikatan yang kuat antara resin semen dan restorasi indirek resin komposit.¹⁴

Prosedur *sandblasting* pada restorasi resin komposit pada umumnya dilakukan dengan durasi waktu 4 detik sampai 10 detik^{13,15,16,17} dan dengan tekanan udara 2-3 bar. Perekatan restorasi indirek resin komposit saat ini

umumnya menggunakan resin semen *Multi-step* dan menghasilkan kuat rekat antara 16 – 53 MPa.^{11,13,15} Dengan diperkenalkannya SADRC, sementasi VIRK dengan SADRC mulai banyak dilakukan namun belum banyak disertai data evaluasi keberhasilannya. Adapun prosedur *sandblasting* dokter gigi, seringkali diabaikan karena adanya keterbatasan peralatan. Dengan durasi *sandblasting* antara 4-10 detik, perlu diketahui pula pengaruh peningkatan durasi *sandblasting* terhadap kenaikan kuat rekat VIRK dengan email yang menggunakan 2 resin semen yang berbeda tersebut.

1.2 Permasalahan

1.2.1 Permasalahan Umum

Apakah ada pengaruh *sandblasting* pada permukaan restorasi VIRK dengan durasi yang berbeda terhadap kuat rekat dua resin semen yang berbeda pada permukaan email?

1.2.2 Permasalahan khusus

- 1.2.2.1 Apakah ada pengaruh *sandblasting* selama 5 detik pada permukaan restorasi VIRK terhadap kuat rekat geser resin semen *Multi-step* pada email gigi?
- 1.2.2.2 Apakah ada pengaruh *sandblasting* selama 10 detik pada permukaan restorasi VIRK terhadap kuat rekat geser resin semen *Multi-step* pada email gigi?
- 1.2.2.3 Apakah ada pengaruh *sandblasting* selama 15 detik pada permukaan restorasi VIRK terhadap kuat rekat geser resin semen *Multi-step* pada email gigi?
- 1.2.2.4 Apakah ada pengaruh *sandblasting* selama 5 detik pada permukaan restorasi VIRK terhadap kuat rekat geser SADRC pada email gigi?
- 1.2.2.5 Apakah ada pengaruh *sandblasting* selama 10 detik pada permukaan restorasi VIRK terhadap kuat rekat geser SADRC pada email gigi?
- 1.2.2.6 Apakah ada pengaruh *sandblasting* selama 15 detik pada permukaan restorasi VIRK terhadap kuat rekat geser SADRC pada email gigi?

1.3 Tujuan penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh durasi *sandblasting* pada permukaan restorasi VIRK terhadap kuat rekat geser dua resin semen yang berbeda pada permukaan email gigi

1.3.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah :

- 1.3.2.1 Untuk mengetahui pengaruh *sandblasting* selama 5 detik pada permukaan restorasi VIRK terhadap kuat rekat geser resin semen *Multi-step* pada email gigi
- 1.3.2.2 Untuk mengetahui pengaruh *sandblasting* selama 10 detik pada permukaan restorasi VIRK terhadap kuat rekat geser resin semen *Multi-step* pada email gigi
- 1.3.2.3 Untuk mengetahui pengaruh *sandblasting* selama 15 detik pada permukaan restorasi VIRK terhadap kuat rekat geser resin semen *Multi-step* pada email gigi
- 1.3.2.4 Untuk mengetahui pengaruh *sandblasting* selama 5 detik pada permukaan restorasi VIRK terhadap kuat rekat geser SADRC pada email gigi
- 1.3.2.5 Untuk mengetahui pengaruh *sandblasting* selama 10 detik pada permukaan restorasi VIRK terhadap kuat rekat geser SADRC pada email gigi
- 1.3.2.6 Untuk mengetahui pengaruh *sandblasting* selama 15 detik pada permukaan restorasi VIRK terhadap kuat rekat geser SADRC pada email gigi

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Menambah informasi dan pengetahuan bagi peneliti

1.4.2 Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi para dokter gigi sebagai pertimbangan untuk melakukan *sandblasting* pada permukaan restorasi VIRK dan pemilihan bahan adhesif resin semen.



BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Restorasi *Veneer* Indirek Resin Komposit

Restorasi resin komposit dapat berupa restorasi direk (langsung ditempatkan dalam kavitas) maupun indirek komposit resin (pembuatannya di luar mulut).

Restorasi direk resin komposit memiliki beberapa keterbatasan antara lain, adanya pengerutan selama proses polimerisasi sehingga kontur dan kontak proksimal menjadi tidak adekuat dan dapat menimbulkan kebocoran tepi dan karies sekunder.³ Untuk mengatasi kekurangan ini, dibuatlah generasi pertama indirek resin komposit pada awal 1980. Bahan indirek resin komposit ini masih memiliki jumlah *microfiller* anorganik yang sedikit, menyebabkan bahan ini mudah aus, *brittle* dan mudah retak sehingga penggunaan klinisnya masih kurang memuaskan.^{3,14}

Pada tahun 1990an, indirek resin komposit generasi kedua mulai dipasarkan. Komposisi indirek resin komposit ini terdiri dari gabungan komposit dengan mikro partikel hibrida dan kandungan *filler* yang tinggi (70%-80% berat) dengan ukuran partikel berkisar 0,04-3 μm .⁴ Kandungan *filler* yang dimiliki indirek resin komposit dapat mencapai dua kali lipat dibandingkan dengan jumlah matrik organik. Peningkatan jumlah *filler* akan meningkatkan sifat mekanik dan ketahanan terhadap keausan. Komposisi matrik organik yang lebih sedikit akan menyebabkan pengerutan polimerisasi berkurang.¹⁸ Indirek resin komposit menghasilkan sifat mekanik yang tinggi tidak hanya berasal dari komposisi *filler* anorganik saja yang tinggi, tetapi metode polimerisasi dengan tingkat intensitas sinar yang tinggi juga memegang peranan penting.¹⁹

Pembuatan indirek resin komposit generasi kedua ini dibuat dengan teknik yang kompleks yaitu dengan kombinasi panas, tekanan, vakum dan intensitas sinar yang tinggi.³ Intensitas *light curing* yang tinggi menyebabkan terjadinya polimerisasi yang sempurna. Polimerisasi yang sempurna akan meningkatkan ketahanan terhadap fraktur, meningkatkan *flexural* dan *diametral tensile strength*,

ketahanan terhadap keausan, meningkatkan kekuatan pada bagian *incisal edge*, dan kestabilan warna.²⁰

Berkembangnya teknologi dalam pembuatan dan komposisi bahan indirek resin komposit generasi ke dua meningkatkan sifat mekanik dengan ketahanan terhadap keausan dan juga menghasilkan sifat fisik yang baik dengan estetik menyerupai gigi asli.¹⁸ Oleh karena itu bahan indirek resin komposit generasi kedua memiliki indikasi klinis seperti *inlay*, *onlay*, *laminated veneer*, *jacket crown* dan restorasi untuk pendukung implant.²¹

Restorasi *veneer* biasanya digunakan untuk mengganti bagian atau kerusakan gigi pada bagian labial gigi vital atau nonvital yang mengalami perubahan warna, sebagian gigi yang fraktur, gigi displasia atau hipoplasia.^{1,4}

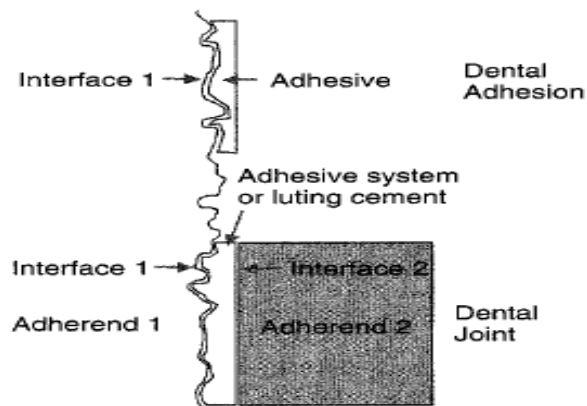
Apabila dibandingkan dengan restorasi *veneer* direk resin komposit, teknik *veneer* indirek resin komposit, dapat mengurangi polimerisasi *shrinkage*, sehingga lebih mudah mendapatkan kontak interproksimal dan anatomi oklusal yang baik, disamping itu *veneer* indirek resin komposit (VIRK) lebih tahan terhadap keausan dan dapat menghasilkan morfologi serta estetik yang baik.^{2,3}

Bahan restorasi *veneer* indirek resin komposit ini dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan dari bahan restorasi *veneer* indirek keramik. Selain bahan indirek resin komposit ini menghasilkan sifat mekanik yang baik dan mudah dimanipulasi, juga lebih mudah dalam prosedur laboratorium dan kekerasannya mendekati dengan struktur gigi sehingga menjadi alternatif yang baik di samping keramik.¹⁴

2.2 Prinsip Adhesi

Kemampuan mengikat dua bahan meliputi dua mekanisme adhesi yang penting. Yang pertama bahan adhesi digunakan untuk melekat pada permukaan email dan dentin, dan yang kedua bahan adhesif dapat berikatan dengan komposit.²²

Adhesi atau *bonding* adalah kemampuan untuk membentuk *adhesive joining* atau ikatan adhesi. Pada bidang kedokteran gigi ikatan adhesi membutuhkan dua antarmuka.²³



Email > < Restorasi *Veneer* Indirek Resin Komposit

Gambar 2.1 Terminologi Sistem Adhesif yang Melibatkan Satu Adhesif, Dua Substrat dan Dua Antarmuka²³

Pada gambar 2.1 dapat terlihat, untuk terbentuknya ikatan adhesi antara permukaan email dan permukaan restorasi *veneer* indirek resin komposit, maka kedua substrat tersebut akan membentuk antarmuka, yang akan berikatan satu sama lain. Proses terbentuknya antarmuka untuk adhesi permukaan substrat diperlukan: (1) permukaan substrat yang bersih; (2) bahan adhesif yang dapat membasahi permukaan substrat dengan baik, yaitu sudut kontak yang kecil bahan adhesif akan menyebar pada permukaan; (3) terbentuknya adaptasi yang intim, tanpa adanya udara atau material lain diantaranya; (4) timbulnya ikatan fisik, kimia dan mekanik untuk menahan terlepasnya restorasi; (5) adanya bahan adhesif berikatan dengan baik dengan gigi dan restorasi.²³

Proses terbentuknya retensi pada email adalah dengan adanya perlakuan etsa asam yang akan membentuk mikroporositas pada antarmuka email. Aplikasi dari 30% sampai 40% asam fosfat akan menghilangkan sekitar 10 μm email superficial, yang menghasilkan permukaan kasar pada email. Email yang mengalami demineralisasi oleh etsa asam tersebut akan memudahkan penetrasi monomer ke dalam mikroporositas, sehingga akan menimbulkan retensi mikromekanik.²⁴

Proses terbentuknya retensi pada restorasi *veneer* indirek resin komposit, menyerupai pada permukaan email, tergantung dari perlakuan yang diberikan

pada permukaan restorasi. Perlakuan pada permukaan VIRK untuk meningkatkan adhesi antara lain dengan *sandblasting* dengan aluminium oksida atau diamond *sandblasting*. Perlakuan *sandblasting* akan menghasilkan *undercut* dan *groove* yang akan memfasilitasi terbentuknya ikatan mekanik pada VIRK. Disamping itu, perlakuan permukaan dengan ada aplikasi *silane* juga akan memfasilitasi terjadinya ikatan kimia pada VIRK.³

2.3 Resin Semen

Resin semen mulai populer karena memiliki sifat mekanik (kekuatan dan kekerasan) yang baik, sifat fisik yang serupa dengan warna gigi asli dan dapat berikatan secara kimia dengan struktur gigi, resin komposit dan porselen. *Dual-cured* resin semen memiliki dua mekanisme polimerisasi, yaitu polimerisasi dengan sinar dan polimerisasi secara kimia yang membuat semen ini dapat digunakan untuk *all ceramic*, resin komposit dan restorasi berbasis metal.⁷ Tujuan dari sementasi dengan bahan adhesif adalah untuk menciptakan kontak yang erat antara restorasi dan kavitas gigi melalui lapisan tipis resin semen.¹²

Resin semen berbahan dasar metil metakrilat mulai dibuat sejak tahun 1950an, memiliki sifat menyerupai *cold curing* resin akrilik, kuat, tidak mudah larut tetapi memiliki polimerisasi *shrinkage* yang tinggi yang dapat menyebabkan *microleakage*. Tingginya kandungan bahan kimia *amine* menyebabkan resin ini mudah mengalami perubahan warna menjadi coklat kekuningan.^{25,26}

Resin semen yang digunakan saat ini merupakan gabungan dari matrik resin *bis-GMA* atau *urethane dimethacrylate* dan *filler* dari partikel organik yang halus (20-80%). Resin ini dapat berupa *powder/liquid*, berkapsul atau sistem pasta dan dapat diklasifikasikan ke dalam tiga tipe menurut ISO 4049 berdasarkan metode polimerisasinya yaitu secara kimia, *light-cured* dan *dual-cured*.^{23,26}

Untuk meningkatkan ikatan adhesif pada konvensional resin semen *bis-GMA*, monomer adhesif biasanya ditambahkan untuk memberikan ikatan kimia pada struktur gigi dan permukaan metal. Ini termasuk bifungsional monomer fosfat, *10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate* (MDP) yang diperkenalkan pada tahun 1984 dan monomer karboksil, *4-methacryloxyethyl trimellitic*

anhydride (4-META). Ikatan resin difasilitasi dengan adanya monomer ini untuk pembentukan oksida metal yang ada pada basis tanpa penggunaan etsa asam.^{25,26}

Keuntungan dari resin semen antara lain memiliki kekuatan tekan dan tarik yang paling baik, dengan kelarutan yang rendah, dapat berikatan secara mikromekanik pada email dan dentin, permukaan *alloy* dan permukaan keramik, serta memiliki warna yang beraneka ragam.^{25,26} Kekurangan resin semen antara lain, manipulasi agak rumit, dapat mengalami kebocoran tepi dengan adanya polimerisasi *shrinkage*, dapat mengiritasi pulpa, tidak melepas fluor, modulus elastisitas rendah, semen yang mengeras sulit untuk dibersihkan.²⁶

Resin semen dapat diklasifikasikan berdasarkan metode aplikasinya menjadi *multi-step* dan *one step resin cement (self-adhesive dual cured resin cement)*.²⁷

2.3.1 Resin Semen *Multi-step*

Resin semen ini disebut dengan resin semen *multi-step* karena memerlukan beberapa tahapan untuk teknik aplikasinya. Resin semen *multi-step* memiliki teknik aplikasi dalam tiga tahapan, yaitu *etch*, *prime* dan *bonding*. Etsa menggunakan asam fosfat 35-37% diaplikasikan pada permukaan gigi, kemudian cuci dengan air mengalir dan dilanjutkan dengan tahapan *priming* dan *bonding*.²⁸ Bahan *prime* terdiri dari monomer hidrofilik dalam suatu pelarut. *Acidic primer* mengandung kelompok asam karboksil yang biasanya digunakan dalam bahan *self etching bonding*. Pelarut yang digunakan dalam *primer* yaitu, acetone, gabungan etanol dan air, atau hanya air saja. Bahan adhesif yang digunakan untuk proses *bonding* biasanya merupakan oligomer dimetakrilat yang bersifat hidrofobik. Bahan *bonding* ini harus kompatibel dengan monomer yang digunakan pada *primer* dan resin komposit.²³

Seiring kemajuan teknologi sistem *multi-step* teknik aplikasinya menjadi lebih sederhana, yang lebih dikenal menjadi *two step etch and rinse*. Teknik ini masih menggunakan *etch and rinse* tetapi mengkombinasikan bahan *prime* dan *bond* menjadi satu botol.²⁷

Resin semen *multi-step* merupakan bahan pilihan yang digunakan untuk sementasi restorasi *all porcelain* dan restorasi indirek resin komposit.¹⁰ Mekanisme

ikatan resin semen dengan permukaan email terjadi dengan adanya ikatan mikromekanik. Perlakuan *etsa* dilakukan dengan pengolesan asam fosfat pada email, akan membuka pori-pori dan menghilangkan *smear layer*, kemudian *prime* dan bahan adhesif akan membasahi, melekat dan berpenetrasi ke dalam pori-pori email untuk membentuk *resin tag* setelah dipolimerisasi. Terbentuknya *resin tag* menyebabkan terjadinya ikatan mikromekanik yang kuat antara resin semen dan email.^{23,28}

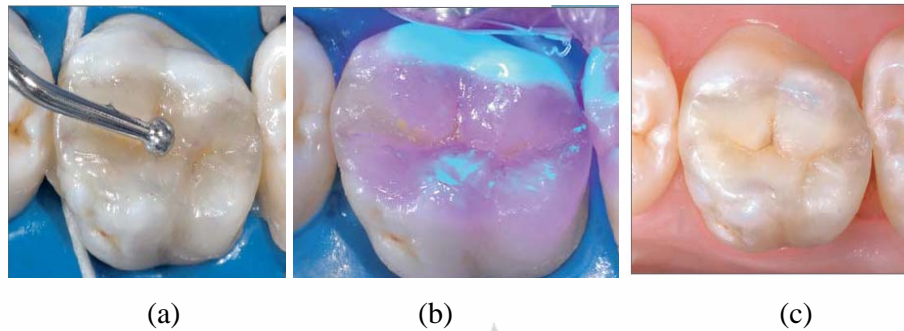
Teknik aplikasi resin semen *multi-step* ini merupakan prosedur yang kompleks dan sensitif, sehingga dapat mengurangi efektifitas *bonding*.²⁷ Untuk mengurangi kesulitan dan kesensitifan teknik pada restorasi maka baru-baru ini berkembang produk resin semen tanpa tahapan *etsa* dan *primer* dan *bonding*, yang lebih sering dikenal sebagai *self adhesive resin cement*.

2.3.2 Self Adhesive Resin Cement

Self-adhesive dual-cured resin cement (SADRC) yang dikenal sebagai *one-step application* merupakan sistem baru pada bahan yang digunakan untuk sementasi. Semen ini memiliki komposisi matrik organik yang merupakan perkembangan terbaru dari multifungsional *phosphoric acid methacrylate*. Kelompok asam fosfat ini menciptakan perubahan pada permukaan gigi dan berperan dalam adhesi.

Ikatan SADRC pada struktur gigi terjadi karena adanya ikatan kimia dengan struktur gigi. Terjadinya ikatan pada SADRC seperti ikatan dengan semen ionomer kaca pada ion logam, prosesnya sama seperti demineralisasi dengan asam pada dentin dan penetrasi resin dalam kolagen. Ini merupakan teknik sementasi yang mudah dan potensial untuk mengurangi rasa sakit *post-operative*. SADRC dapat berikatan dengan jaringan gigi tanpa adanya aplikasi *etch*, *prime* dan *bond*.⁷ Cara aplikasi resin semen SADRC secara klinis dengan satu tahapan dapat dilihat pada Gambar 2.2.¹²

Hal penting yang perlu diingat untuk stabilitas restorasi gigi adalah sifat kuat rekat dari semen, terutama pada gigi dengan masalah retensi. Oleh karena itu, penting sekali untuk dokter gigi dapat memilih bahan sementasi yang sesuai dan tepat guna mendapatkan kekuatan rekat yang optimal.⁷



Gambar 2.2 (a) Perekatan indirek resin komposit dengan resin, (b) Polimerisasi resin semen dengan *LED Light curing*, (c) Hasil Akhir setelah sementasi¹²

Ikatan antara *self-adhesive resin cement* dengan permukaan gigi terjadi tanpa adanya perlakuan, baik pada gigi maupun pada restorasi. Pada proses ini permukaan gigi dan restorasi diaplikasikan dengan resin semen dengan monomer metakrilat yang mengandung kelompok asam fosfat. Asam fosfat akan mendemineralisasi permukaan gigi dan menyebabkan monomer berpenetrasi sehingga membentuk *resin tag*. Namun, *self-adhesive resin cement* terdiri dari asam lemah yang akan mengurangi kekuatan rekat pada substrat email dengan tingginya kandungan anorganik pada jaringan email (kira-kira 96% dalam volume). Saat sebagian prisma pada permukaan email terlarut asam, ruangan interprisma membesar, yang menyebabkan monomer resin berdifusi ke dalam celah. Intra dan interprisma hibridisasi yang membentuk ikatan *self adhesive resin cement* pada permukaan email.²⁹

2.4 Perlakuan Permukaan Restorasi *Veneer* Indirek Resin Komposit

Kombinasi proses polimerisasi tergantung pada intensitas sinar, suhu, tekanan, vakum dan gas nitrogen akan menghasilkan restorasi indirek resin komposit mencapai level polimerisasi sampai 80%. Proses ini meningkatkan sifat mekanik dan memperluas indikasi penggunaan indirek resin komposit untuk *crown*, *inlay*, *onlay* dan *veneer* baik untuk gigi anterior maupun posterior.³

Pra perlakuan permukaan pada restorasi *veneer* indirek resin komposit dilakukan untuk meningkatkan retensi dengan resin semen. Perlakuan permukaan pada indirek restorasi dapat dilakukan dengan *sandblasting*, aplikasi asam

hidrofluorik atau aplikasi *silane* maupun kombinasi dari dua macam aplikasi tersebut.^{3,11,12,13}

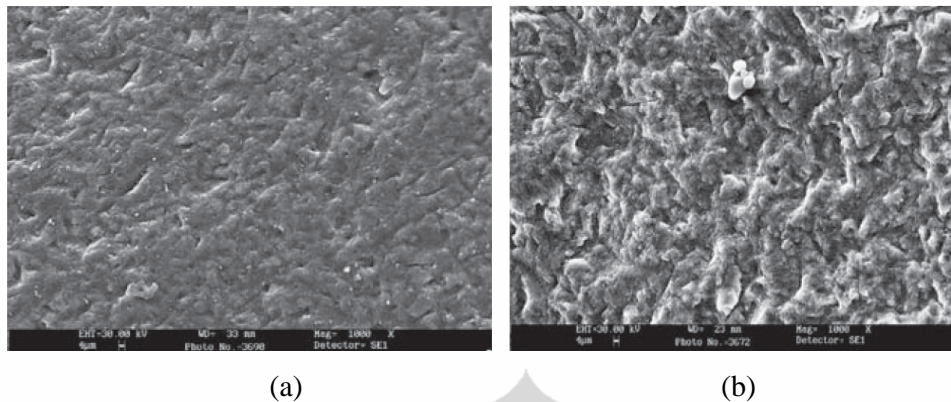
2.4.1 Sandblasting

Sandblasting adalah istilah umum untuk proses penghalusan, pembentukan dan pembersihan permukaan keras dengan menembakkan partikel padat pada permukaan keras menggunakan kecepatan yang tinggi. Efeknya mirip dengan penggunaan kertas amplas, tetapi menghasilkan hasil akhir yang lebih baik.³⁰

Pada bidang kedokteran gigi, biasanya digunakan partikel aluminium oksida sebagai media *sandblasting*. Tujuan dari *sandblasting* ini meliputi *divesting* bahan tanam *casting*, menghaluskan permukaan yang kasar, membuat permukaan yang halus menjadi kasar, membentuk permukaan, menghilangkan kontaminasi pada permukaan, serta meningkatkan daerah permukaan yang efektif untuk retensi mekanik pada restorasi pada saat sementasi.^{30,31}

Sandblasting pada permukaan restorasi VIRK dengan semprotan udara menggunakan partikel aluminium oksida berukuran 30-50 μm , dapat dilakukan pada laboratorium dental maupun dalam ruang praktek. Menurut Rocca dkk (2007), perlakuan *sandblasting* dengan aluminium oksida perlu dilakukan pada permukaan VIRK sebelum direkatkan pada permukaan email.¹²

Pada bahan indirek resin komposit, *sandblasting* akan menyebabkan permukaan komposit menjadi kasar, tidak beraturan, membersihkan kontaminasi dan memfasilitasi ikatan mekanik untuk bahan adhesif sehingga meningkatkan kuat rekat bahan adhesif dan substrat.¹¹ Menurut Roulet, 2000, *sandblasting* dengan aluminium oksida pada permukaan restorasi bertujuan untuk membersihkan permukaan yang akan meningkatkan retensi mekanik.²⁴



Gambar 2.3 (a) Gambaran SEM Permukaan Komposit yang dikasarkkan dengan 600 grit Silikon Karbid (Pembesaran 1000x) (b) Gambaran SEM Permukaan Komposit yang di *Sandblasting* dengan 50µm Aluminium Oksida (Pembesaran 1000X).¹³

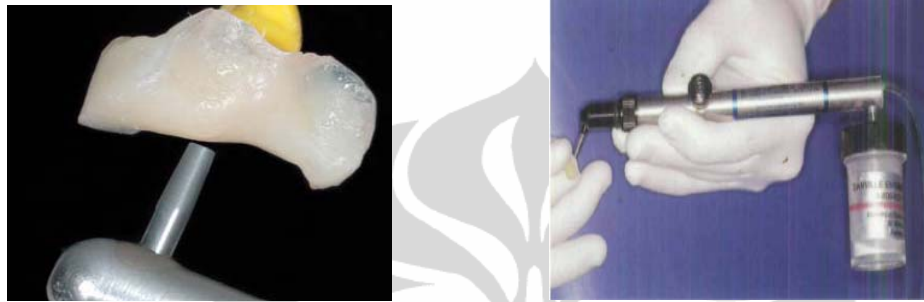
Gambaran SEM yang didapat pada hasil penelitian D'Arcangelo C dan Vanini L (2007), menunjukkan permukaan indirek resin komposit yang hanya dikasarkkan dengan kertas amplas 600 grit Gambar 2.3 (a). Sedangkan Gambar 2.3 (b) menunjukkan perlakuan permukaan restorasi indirek resin komposit dengan *sandblasting* 50 µm aluminium oksida memberikan gambaran SEM dengan permukaan yang kasar dengan cekungan-cekungan untuk retensi. Hasil penelitian D'arcangelo menunjukkan, restorasi indirek resin komposit yang mendapat perlakuan dengan *sandblasting* dengan aluminium oksida 50µm selama 10 detik dengan jarak 5 mm dari permukaan restorasi dan tekanan 30 Psi menghasilkan kuat rekat rata-rata sebesar 16,51 MPa. Sedangkan restorasi indirek resin komposit tanpa diberikan perlakuan *sandblasting* memiliki rata-rata kuat rekat geser sebesar 11,17 MPa.¹³

Menurut Rathke dkk, 2007, perlakuan resin komposit dengan *sandblasting* menggunakan aluminium oksida 50µm selama 4 detik dengan jarak 5 mm pada restorasi menghasilkan kekasaran permukaan terdalam sebesar 15 µm dan menghasilkan kekuatan rekat berkisar 17.1 – 28.9 MPa.¹⁵

Penelitian yang dilakukan Soares dkk, 2004 menyatakan *sandblasting* dengan durasi 10 detik terhadap permukaan restorasi *veneer* indirek resin komposit dengan partikel aluminium oksida 50 µm menghasilkan kekuatan rekat sebesar 23,28 sampai 53,05 MPa.¹¹

Sementara Menurut Passos SP dkk, perlakuan *sandblasting* pada indirek resin komposit dengan aluminium oksida dengan jarak 10 mm selama 4 detik dengan tekanan 2.8 bar menghasilkan kekuatan rekat sebesar 46.4 MPa.⁵

Aplikasi secara klinis dari perlakuan *sandblasting* dapat terlihat pada Gambar 2.4. dimana, *sandblasting* dilakukan pada permukaan dalam indirek resin komposit.^{3,12}



Gambar 2.4 Aplikasi *Sandblasting* Pada Restorasi Indirek Resin Komposit^{3,12}

2.4.2 Asam Hidrofluorik

Perlakuan permukaan restorasi dengan asam hidrofluorik 5% umumnya dilakukan pada restorasi indirek. Cara aplikasinya dengan pengolesan pada permukaan bagian dalam restorasi indirek, kemudian dibiarkan selama 60 detik dan cuci dengan air mengalir kemudian dikeringkan.¹²

Permukaan restorasi indirek keramik yang diberi perlakuan dengan asam hidrofluorik akan menghasilkan pola topografi yang akan menyediakan tempat untuk terjadinya ikatan mikromekanik. Pemberian asam hidrofluorik akan menurunkan sudut kontak, sehingga meningkatkan energi permukaan, bahan adhesif resin semen dapat membasahi permukaan restorasi dengan baik.³²

Perlakuan permukaan indirek resin komposit dengan asam hidrofluorik atau ortofosforik akan melarutkan partikel anorganik pada komposit. Terlarutnya partikel anorganik menyebabkan matrik organik menjadi lemah, yang dapat menyebabkan kuat rekat dengan resin semen akan berkurang.¹²

2.4.3 Silane

Silane diaplikasikan pada restorasi indirek untuk memperkuat ikatannya dengan resin semen. *Silane* adalah *coupling agent* yang dapat membentuk ikatan kimia pada kedua substrat.

Silane adalah molekul bifungsional yang berperan sebagai bahan *bonding* antara partikel anorganik dan adhesif matrik resin komposit. Bahan *bonding* ini memiliki struktur kimia $R-Si(OR)_3$, dimana R adalah kelompok organofungsional, yang akan berikatan dengan golongan metakrilat, yang terkandung pada bahan adhesif atau semen komposit, menciptakan ikatan kovalen setelah polimerisasi.¹⁰ Pada tahap hidrolisis kelompok *alkyl* (R) pada *silane* mengandung kelompok sianolol mengikat ke permukaan *filler* dengan membentuk ikatan *siloxane* (Si-O-Si) yang melepas air, untuk melengkapi proses *bonding*. Aplikasi *silane* ini penting untuk adhesi restorasi indirek, dimana *silane* dapat membentuk ikatan kimia antara fasa partikel anorganik pada resin komposit dan fasa organik pada resin semen.¹¹

Menurut D'arcangelo dkk (2007), salah satu sifat penting dari *silane* adalah untuk meningkatkan pembasahan dari permukaan material dengan membuat permukaan menjadi hidrofobik, sehingga resin semen yang memiliki sifat hidrofobik mudah mengalir pada permukaan restorasi.¹³

2.5 Uji Bond Strength

Uji *bond strength* adalah analisis yang paling populer yang berhubungan dengan material kedokteran gigi. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menilai kuat rekat bahan adhesif. Untuk mendapatkan hasil nilai *bond strength* dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu *tensile bond strength* atau *shear bond strength*.³³

Shear bond strength adalah pengujian yang paling sering dilakukan. Pengujian ini dilakukan secara *in vitro* untuk mengetahui kuat rekat suatu bahan restorasi terhadap gigi dengan cara melakukan geseran pada bahan yang akan diuji sampai bahan tersebut terlepas.²³ Pengujian *shear bond strength* menggunakan alat *Universal Mechanical Testing Machine* (Gambar 2.5).³⁴ Menurut ISO 11405 diameter yang digunakan untuk pengujian berkisar 3 sampai 4,5 mm.

Keberhasilan ikatan antara email dan dentin dengan restorasi resin komposit berkisar antara 15-35 MPa.²³

Can-Karabuulut DC dan Karabulut B, 2010, melakukan penelitian dengan menggunakan uji *shear bond strength* pada email berdasarkan ISO 11450 tahun 2003 yang menggunakan spesimen dengan diameter 3 mm dan tinggi 2 mm.³⁵

Tipe dari *failure* ada 3 macam yaitu, *adhesive failure* yaitu kegagalan yang muncul pada *interface* bahan adhesif/substrat; *cohesive failure* yaitu kegagalan yang muncul pada substrat atau bahan adhesif tersebut; *mixed failure* yaitu kegagalan muncul sebagian pada adhesif sebagian pada kohesif.^{23,33}



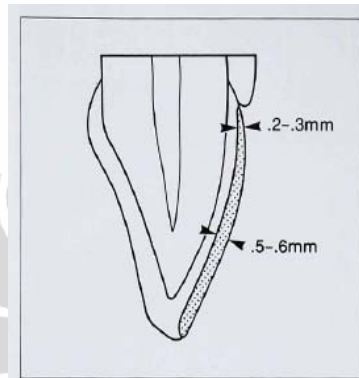
Gambar 2.5 Uji *Shear Bond Strength* Menggunakan *Universal Testing Machine* ³⁴

2.6 Karakterisasi Email Manusia

Adhesi pada kedokteran Gigi berhubungan erat dengan substrat, dimana meliputi adhesi dengan email dan dentin. Oleh karena itu penting sekali mengetahui struktur anatomi serta komposisi dari email dan dentin.²³

Email merupakan bagian terkeras dan terluar dari struktur anatomi gigi manusia. Email mengandung 95% mineral dan sekitar 5% adalah material organik dan air. Komponen mineral dari email sebagian besar berupa hidroksiapatit berkisar 89% dari keseluruhan volume struktur email. Diantara hidroksiapatit ada sejumlah kecil kandungan protein dan air. Hidroksiapatit ini berbentuk kristalin dalam bentuk prisma dan *rods* yang homogen. Pembentukan ikatan dengan material adhesif pada email akan lebih mudah diprediksi dibandingkan dengan email, karena struktur kristal yang homogen.^{23,36}

Perlakuan etsa pada permukaan email dengan asam fosfat 30-40% akan melarutkan *smear layer* yang terbentuk dari preparasi kavitas. Permukaan email yang telah teretsa akan tampak tampilan keputih-putihan. Aplikasi bahan *bonding* setelah perlakuan etsa, akan membentuk *microtag* dan *macrotag* dengan jaringan email.²³

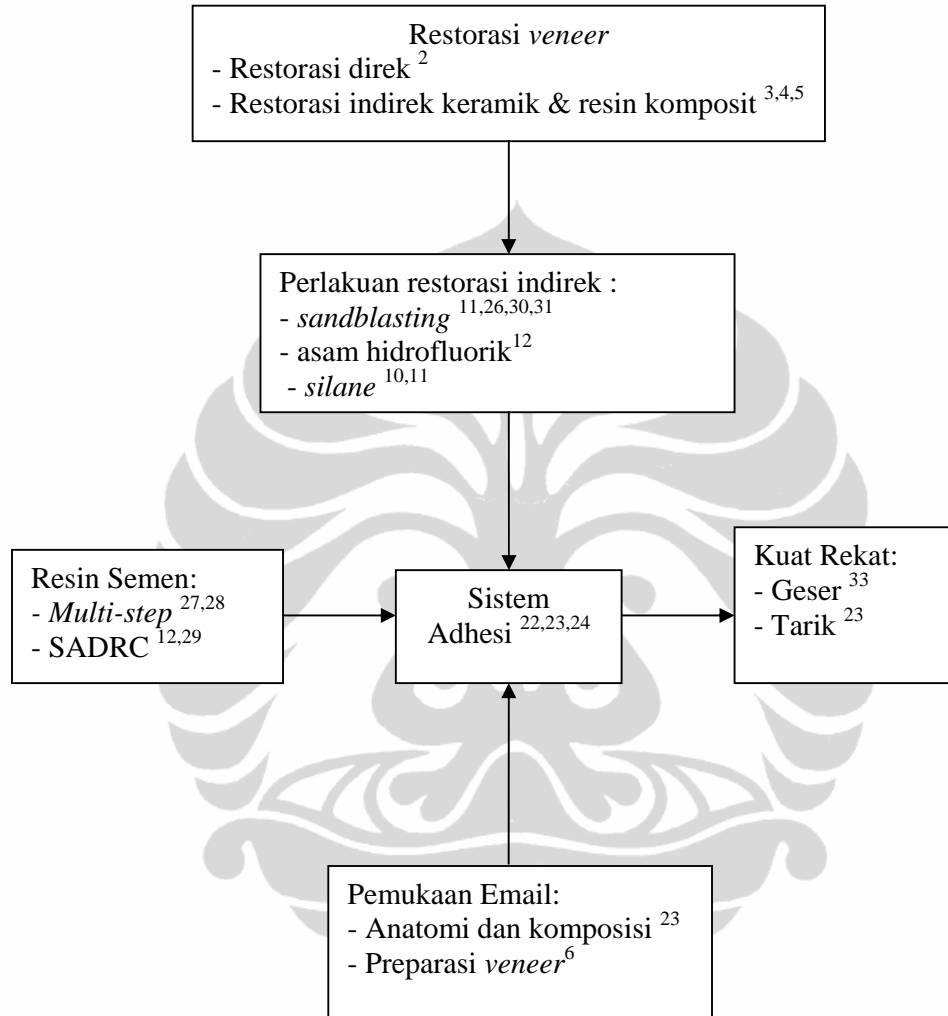


Gambar 2.6 Gambaran Melintang Preparasi Intraemail Untuk Indikasi Kedalaman Reduksi Pada Gingiva (0,2-0,3 mm) dan Pada Midfasial (0,5-0,6 mm).⁶

Preparasi restorasi *veneer* indirek dilakukan pada permukaan email. Preparasi yang dilakukan pada permukaan email merupakan preparasi minimal yang dilakukan untuk mengurangi jumlah permukaan gigi yang diambil. Menurut Heyman 1987, bahwa preparasi yang ideal untuk restorasi *veneer* indirek resin komposit adalah dengan mereduksi email daerah gingiva berkisar antara 0,2 sampai 0,3 mm, sedangkan untuk bagian midfasial berkisar 0,5 -0,6 mm.⁶

2.9 Kerangka Teori

Diagram kerangka teori dapat dilihat pada gambar 2.7



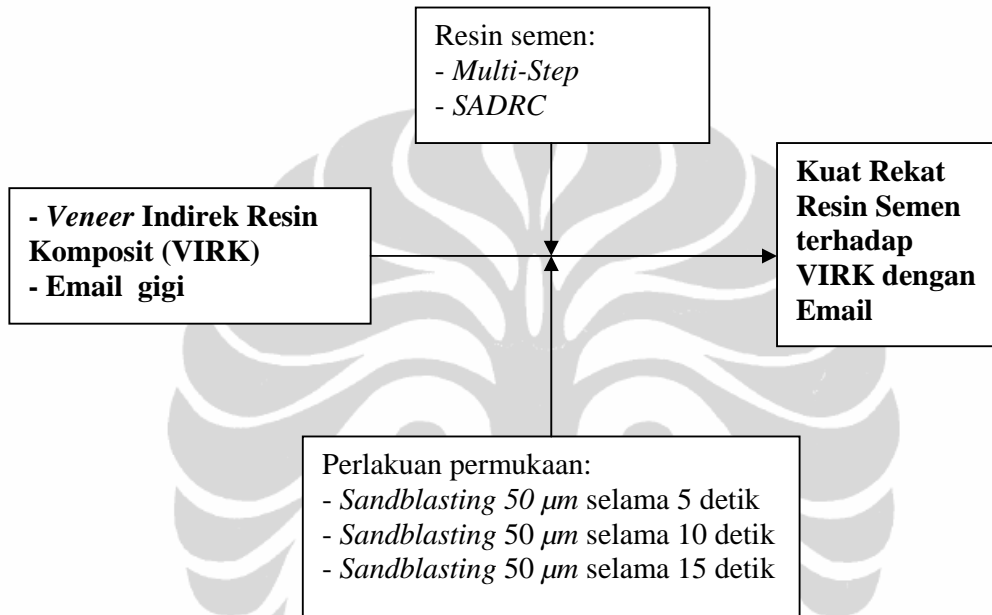
Gambar 2.7 Diagram Kerangka Teori Penelitian

BAB 3

KERANGKA KONSEP

3.1 Kerangka Konsep dan Ruang Lingkup Penelitian

Diagram konsep dan ruang lingkup penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Kerangka Konsep

Variabel Bebas : *Veneer* Indirek Resin Komposit

Variabel Terikat : Kuat Rekat Indirek Resin komposit

Variabel Konfonding : - Resin semen *Multi-step*
- Resin Semen SADRC
- *Sandblasting* 50 µm selama 5 detik
- *Sandblasting* 50 µm selama 10 detik
- *Sandblasting* 50 µm selama 15 detik

3.2 Hipotesis

3.2.1 Hipotesis Mayor

Terdapat pengaruh meningkatnya durasi *sandblasting* pada restorasi VIRK terhadap kuat rekat dua resin semen yang berbeda pada permukaan email

3.3.2 Hipotesis Minor

- 3.3.2.1 Ada pengaruh durasi *sandblasting* selama 5 detik pada restorasi VIRK terhadap kuat rekat geser resin semen *Multi-step* pada permukaan email
- 3.3.2.2 Ada pengaruh durasi *sandblasting* selama 10 detik pada restorasi VIRK terhadap kuat rekat geser resin semen *Multi-step* pada permukaan email
- 3.3.2.3 Ada pengaruh durasi *sandblasting* selama 15 detik pada restorasi VIRK terhadap kuat rekat geser resin semen *Multi-step* pada permukaan email
- 3.3.2.4 Ada pengaruh durasi *sandblasting* selama 5 detik pada restorasi VIRK terhadap kuat rekat geser *SADRC* pada permukaan email
- 3.3.2.5 Ada pengaruh durasi *sandblasting* selama 10 detik pada restorasi VIRK terhadap kuat rekat geser *SADRC* pada permukaan email
- 3.3.2.6 Ada pengaruh durasi *sandblasting* selama 15 detik pada restorasi VIRK terhadap kuat rekat geser *SADRC* pada permukaan email

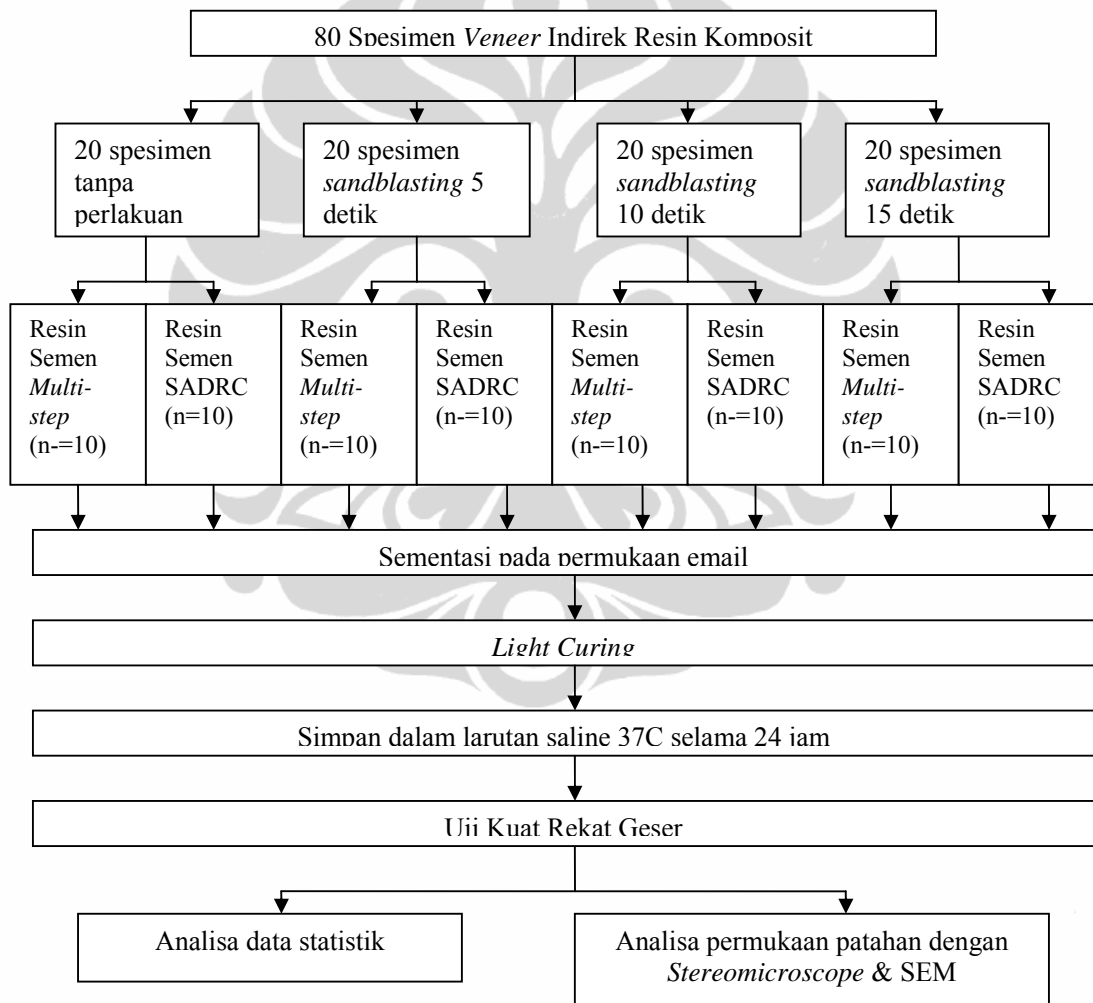
BAB 4
METODA PENELITIAN

4.1 Desain Penelitian

Penelitian true experimental laboratoric

4.2 Alur Penelitian

Diagram alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Diagram Alur Penelitian

4.3 Tempat dan Waktu penelitian

Lokasi penelitian di laboratorium Ilmu Material Kedokteran Gigi FKG UI Jakarta dan Hans Lab Jakarta. Waktu penelitian Januari-Maret 2012.

4.4 Spesimen

Material yang digunakan dalam spesimen ini dideskripsikan dalam Tabel 4.1, sebanyak 80 spesimen dibuat dengan menggunakan cetakan *stainless steel* berukuran diameter 3 mm dan ketebalan 3 mm (sesuai ISO 11405 tahun 2003) dibagi menjadi 4 kelompok (masing-masing 20 spesimen berdasarkan perlakuan durasi *sandblasting* yang dilakukan), kemudian masing-masing dibagi menjadi 2 sub kelompok dilekatkan dengan resin semen yang berbeda untuk pengujian *shear bond strength*.

4.5 Deskripsi Produk yang Digunakan

Komposisi dan prosedur aplikasi bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat dari tabel 4.1.

Tabel 4.1 Komposisi Dan Prosedur Aplikasi Bahan Yang Digunakan

Material	Merk	Manufaktur	Komposisi	Prosedur Aplikasi
Indirek Resin Komposit	<i>Ceramage Body</i>	Shofu, Kyoto, Japan	<i>Zirconium silicate filler (amorphous), UDMA</i> dan lainnya	Spesimen dibuat dalam cetakan silindris berukuran 3x3 mm kemudian masukan dalam alat curing <i>Solidilite</i> selama 3 menit
Bubuk <i>Sandblasting</i>	<i>Aluminium Oxide</i>	Eisenbacher, Germany	Aluminium oksida 50 µm	Bubuk aluminium oksida dimasukan ke dalam alat ECO <i>sandblasting</i> , kemudian semprotkan pada permukaan restorasi dengan tekanan 2 bar, jarak 10 mm, diameter <i>nozzle</i> 1 mm selama 10 detik.
Resin Semen <i>Multi-step</i>	<i>Total Etch</i>	Ivoclar Vivadent Schaan Liechtenstein	37% <i>phosphoric acid</i>	1. Aplikasikan <i>total etch</i> pada permukaan email selama 15 detik, cuci dengan air mengalir selama 5 detik dan keringkan.
	<i>Excite F DSC</i>	Ivoclar Vivadent Schaan	<i>HEMA, dimethacrylate, phosphoric acid acrylate, highly</i>	

	Liechtenstein		<i>dispersed silicone dioxide, initiator, stabilizer dan potassium fluoride dalam larutan alkohol</i>	2. Aplikasi <i>Excite F DSC</i> pada permukaan email, gerakan kuas secara beraturan selama 10 detik kemudian semprot dengan udara secara perlahan.
<i>Monobond-S</i>	Ivoclar Vivadent Schaan Liechtenstein		Larutan alkohol dalam <i>silane methacrylate</i>	3. Aplikasi <i>Monobond-S</i> pada permukaan restorasi indirek resin komposit selama 60 detik kemudian semprot dengan udara secara kuat.
<i>Variolink N Base</i>	Ivoclar Vivadent, Schaan Liechtenstein		<i>Monomer: Bis-GMA, urethane dimethacrylate dan triethylene glycol dimethacrylate. Filler inorganik: barium glass, ytterbium trifluoride, Ba-Al-fluorosilicate glass dan spheroid mixed oxide. Bahan tambahan: initiator, stabilizer dan pigmen.</i>	4. Aplikasi <i>Variolink N Base</i> pada permukaan preparasi dan restorasi, tekan selama 3-4 detik. Light curing selama 40 detik dengan intensitas sinar 500 mW/cm ² .
<i>Self-Adhesive Dual-Cured Resin Cement (SADRC)</i>	Breeze	Pentron, USA	<i>BisGMA, UDMA, TEGDMA, HEMA, 4-MET, Silane treated barium glass, silica (amorphous), minor additive, Ca-Al-F silicate, curing system</i>	Aduk kedua pasta dalam <i>mixing tip</i> , aplikasi pada permukaan, <i>light curing</i> 40 detik.

4.6 Jumlah Spesimen

Pembagian spesimen ditentukan dengan rumus yang dikemukakan oleh Federer, yaitu $(t-1)(n-1) \geq 15$. Dimana t merupakan jumlah kelompok perlakuan dan n merupakan jumlah sample per kelompok perlakuan. Perhitungannya dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$(t-1)(n-1) > 15.$$

$$(4-1)(n-1) > 15$$

$$3n-3 > 15$$

$$3n > 18$$

$$n > 6$$

Spesimen dibuat menjadi 10 buah untuk menghindari bias yang ada.

4.7 Identifikasi Variabel dan Definisi Operasional Variabel Penelitian

Identifikasi variabel dan definisi operasional variabel penelitian dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Identifikasi Variabel dan Definisi Operasional Variabel Penelitian

Definisi Operasional	Satuan	Skala	Alat Ukur	Cara Ukur
<p><i>Shear bond strength</i> adalah uji untuk mengetahui kekuatan rekat suatu bahan restorasi pada gigi dengan melakukan geseran pada bahan yang diuji</p> $SBS = \frac{F}{\pi r^2}$ <p>F= beban maks, yang diberikan pada spesimen (Kgf) R = jari-jari</p>	MPa	Numerik	<i>Universal testing machine</i>	Melakukan geseran pada spesimen VIRK yang dilekatkan pada permukaan email sampai terlepas.
<i>Sandblasting</i> 5 detik adalah perlakuan mekanik menggunakan partikel aluminium oksida 50 μ m dengan durasi 5 detik	detik	Nominal	ECO <i>Sandblaster</i> dan <i>Stopwatch</i>	Menyemporkan aluminium oksida pada permukaan spesimen VIRK dengan durasi 5 detik
<i>Sandblasting</i> 10 detik adalah perlakuan mekanik menggunakan partikel aluminium oksida 50 μ m dengan durasi 10 detik	detik	Nominal	ECO <i>Sandblaster</i> dan <i>Stopwatch</i>	Menyemporkan aluminium oksida pada permukaan spesimen VIRK dengan durasi 10 detik
<i>Sandblasting</i> 15 detik adalah perlakuan mekanik menggunakan partikel aluminium oksida 50 μ m dengan durasi 15 detik	detik	Nominal	ECO <i>Sandblaster</i> dan <i>Stopwatch</i>	Menyemporkan aluminium oksida pada permukaan spesimen VIRK dengan durasi 15 detik
Resin Semen <i>Multi-step</i> adalah resin semen dengan tahapan <i>etsa</i> , <i>prime</i> dan <i>bond</i>		Nominal		Etsa dengan asam fosfat pada permukaan email selama 15 detik sampai tampak keputih-putihan, kemudian aplikasikan bahan <i>prime</i> dan <i>bond</i> di <i>light curing</i>
Resin Semen SADRC adalah resin semen tanpa tahapan <i>etch</i> , <i>prime</i> dan <i>bond</i>		Nominal		Aplikasi pada permukaan VIRK dan email kemudian <i>light curing</i>

4.8 Cara Kerja

4.8.1 Persiapan Spesimen

4.8.1.1 Bahan

- Gigi premolar manusia bebas karies yang telah diekstraksi sebanyak 80 buah
- *Veneer* indirek resin komposit (Ceramage, Shofu, Japan)
- Resin dekoratif dan pipa PVC

4.8.1.2 Persiapan gigi

Sebanyak 80 gigi premolar diekstraksi untuk digunakan dalam penelitian ini, telah mendapat persetujuan dari komisi etik. Gigi yang diekstraksi direndam dalam larutan saline. Bagian bukal gigi premolar, diratakan menggunakan kertas *silicone carbide* no. 2000. Permukaan email yang diambil sebanyak 0,3-0,5 mm, menggunakan mesin poles Strue LaboPol-21. Setelah itu gigi dipotong menggunakan *carborundum disc*, kira-kira 2 mm dibawah *cemento enamel junction* kemudian bagian mahkota ditanam dalam resin dekoratif pada PVC yang berukuran diameter 2 cm dan tinggi 1 cm.

4.8.1.3 Pembuatan Spesimen *Veneer* Indirek Resin Komposit

Sebanyak 80 spesimen *veneer* indirek resin komposit yang akan digunakan, dibuat menggunakan cetakan *stainless steel* berukuran diameter 3 mm dan tinggi 3 mm. *Light curing* dalam alat Solidilite (Shofu, Japan) menggunakan 4 lampu halogen, masing-masing memiliki intensitas sinar 800mW/cm² selama 3 menit.

Spesimen *veneer* indirek resin komposit yang sudah ada, dibagi menjadi 4 kelompok yaitu, 20 spesimen tanpa perlakuan *sandblasting*, 20 spesimen dengan *sandblasting* 5 detik, 20 spesimen dengan *sandblasting* 10 detik, 20 spesimen dengan *sandblasting* 15 detik. Tekanan *sandblasting* yang diberikan adalah 2 bar, jarak 10 mm, ukuran diameter *nozzel* 1mm, menggunakan ECO *Sandblasting* (Italy) .

Setelah dilakukan *sandblasting* pada spesimen VIRK, spesimen tersebut dicuci di dalam *ultrasonic cleaner* (Cole Parmer, USA) selama 1 menit.

4.8.1.4 Alat

- Cetakan *stainless steel* berukuran diameter 3 mm dan tinggi 3 mm
- Kertas Silikon karbid dengan kekasaran 2000 grit
- Alat poles dan *grinding* Strues-LabPol 21 (Jerman)
- Solidilite (Shofu, Japan)
- *Light curing unit* (Hilux LEDMAX 500)
- Inkubator (WT Binder, Jerman)
- ECO *sandblaster* (Italy)
- *Ultrasonic cleaner* (Cole Parmer, USA).

4.8.2 Prosedur Kerja

Delapan puluh gigi yang sudah ditanam dalam resin akrilik dekoratif dibagi menjadi 4 grup, kemudian dibagi lagi masing-masing menjadi 2 sub grup.

4.8.2.1 Grup 1. Spesimen *veneer* indirek resin komposit tanpa *sandblasting* ($n=20$), yang kemudian dibagi menjadi 2 sub grup:

- Subgrup 1A: Aplikasi resin semen *Multi-step* untuk perekatan pada permukaan email sesuai petunjuk pabrik (Tabel 4.1).
- Subgrup 1B: Aplikasi SADRC untuk perekatan pada permukaan email sesuai petunjuk pabrik (Tabel 4.1).

4.8.2.2 Grup 2. Spesimen *veneer* indirek resin komposit dengan *sandblasting* 5 detik ($n=20$), yang kemudian dibagi menjadi 2 sub grup:

- Subgrup 2A: Aplikasi resin semen *Multi-step* untuk perekatan pada permukaan email sesuai petunjuk pabrik (Tabel 4.1).
- Subgrup 2B: Aplikasi SADRC untuk perekatan pada permukaan email sesuai petunjuk pabrik (Tabel 4.1).

4.8.2.3 Grup 3. Spesimen *veneer* indirek resin komposit dengan *sandblasting* 10 detik ($n=20$), yang kemudian dibagi menjadi 2 sub grup:

- Subgrup 3A: Aplikasi resin semen *Multi-step* untuk perekatan pada permukaan email sesuai petunjuk pabrik (Tabel 4.1).
- Subgrup 3B: Aplikasi SADRC untuk perekatan pada permukaan email sesuai petunjuk pabrik (Tabel 4.1).

4.8.2.4 Grup 4. Spesimen *veneer* indirek resin komposit dengan *sandblasting* 15 detik ($n=20$), yang kemudian dibagi menjadi 2 sub grup:

- Subgrup 4A: Aplikasi resin semen *Multi-step* untuk perekatan pada permukaan email sesuai petunjuk pabrik (Tabel 4.1).
- Subgrup 4B: Aplikasi SADRC untuk perekatan pada permukaan email sesuai petunjuk pabrik (Tabel 4.1).

Seluruh spesimen direndam dalam larutan saline dengan suhu 37°C selama 24 jam. Setelah 24 jam, semua spesimen diuji dengan *shear bond strength* dan kegagalan perekatannya dilihat dibawah *stereomicroscope optic* dengan perbesaran 20 x.

4.8.3 Pengambilan Data

4.8.3.1 Alat Uji *Shear Bond Strength* : *Universal Testing Machine* (UTM) Shimadzu AG 5000 E, Japan

4.8.3.2 Prosedur Pengujian

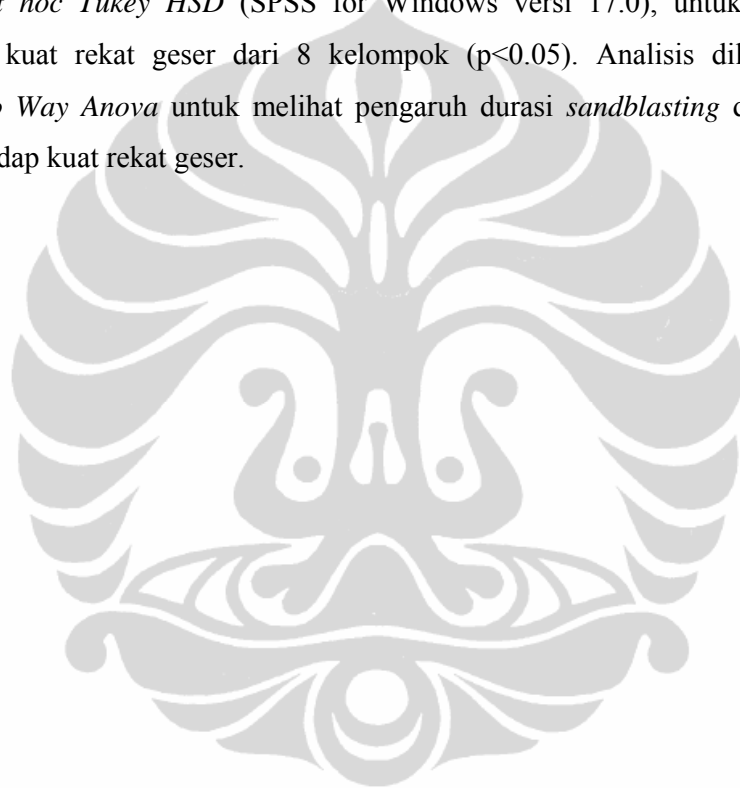
- Kedelapan kelompok spesimen yang telah disimpan dalam inkubator selama 24 jam, diuji dengan alat *shear bond strength* dengan *cross head speed* 0.5 mm/min dengan beban 50 kgf hingga spesimen terlepas.
- Catat hasil kuat *bond strength* kemudian dimasukkan ke dalam rumus $SBS=F/A$. Di mana $A = \pi r^2$
- Spesimen yang sudah terlepas dilihat di bawah mikroskop untuk melihat *failure* (kegagalan perekatan) yang terjadi, adhesif, kohesif atau *mixed failure*. Dimana, adhesif *failure* adalah patahan yang muncul pada antarmuka bahan adhesif/substrat; kohesif *failure* adalah patahan yang muncul pada substrat atau bahan adhesif tersebut; *mixed failure* adalah kegagalan muncul sebagian pada adhesif sebagian pada kohesif

4.8.3.3 Alat Pengamatan :

- *Stereoscopic Zoom Microscope* SMZ 1000/SMZ 800 dengan perbesaran 20 X (Nikon, Japan)
- *Scanning Electron Microscopy* (SEM) JEOL JSM 6510LA, Japan

4.9 Manajemen dan Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *One Way ANOVA* diikuti dengan *post hoc Tukey HSD* (SPSS for Windows versi 17.0), untuk melihat perbedaan kuat rekat geser dari 8 kelompok ($p < 0.05$). Analisis dilanjutkan dengan *Two Way Anova* untuk melihat pengaruh durasi *sandblasting* dan resin semen terhadap kuat rekat geser.



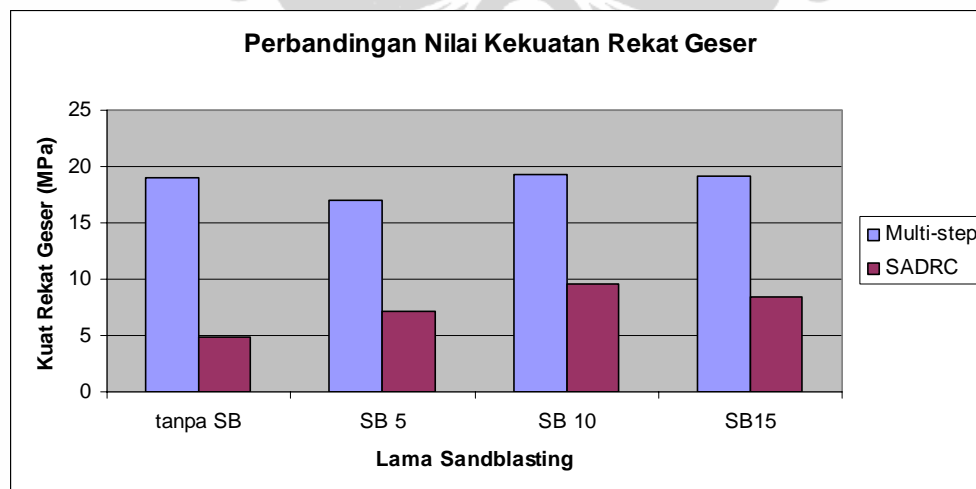
BAB 5 HASIL

5.1 Nilai Rerata Kekuatan Rekat Geser

Dari Penelitian yang dilakukan didapatkan nilai rerata kekuatan rekat geser dari *veneer* indirek resin komposit (VIRK) yang direkatkan pada permukaan email gigi menggunakan resin semen *Multi-step* (MS) dan SADRC seperti terlihat pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.1. Analisa statistik menggunakan uji *One Way ANOVA*, dengan nilai kemaknaan seperti yang terdapat pada tabel 5.2

Tabel 5.1 Nilai Rerata dan Standart Deviasi Kuat Rekat Geser *Veneer* Indirek Resin Komposit Dengan Resin Semen *Multi-step* dan SADRC

Grup Perlakuan VIRK	Rerata Kekuatan Rekat Geser \pm SD (MPa)	
	Resin Semen <i>Multi-step</i>	SADRC
Grup 1. Tanpa <i>Sandblasting</i> (n=20)	18,95 \pm 7,80	4.85 \pm 2,12
Grup 2. <i>Sandblasting</i> 5 detik (n=20)	16,97 \pm 7,67	7.17 \pm 3,67
Grup 3. <i>Sandblasting</i> 10 detik (n=20)	19.30 \pm 8,21	9.57 \pm 3,45
Grup 4. <i>Sandblasting</i> 15 detik (n=20)	19.20 \pm 6,69	8.49 \pm 3,86



Gambar 5.1 Diagram Perbandingan Kekuatan Rekat Geser Terhadap Pengaruh Durasi *Sandblasting* VIRK Menggunakan Resin Semen *Multi-step* dan SADRC

Pada Tabel 5.1 terlihat bahwa nilai rerata kekuatan rekat geser VIRK menggunakan resin semen *Multi-step*, tanpa *sandblasting* ($18,95 \pm 7,80$ MPa), dengan *sandblasting* 5 detik ($16,97 \pm 7,67$ MPa), dengan *sandblasting* 10 detik ($19,30 \pm 8,21$ MPa), dengan *sandblasting* 15 detik ($19,20 \pm 6,69$ MPa). Pada VIRK yang direkatkan pada email menggunakan SADRC menghasilkan nilai rerata kuat rekat geser pada grup tanpa *sandblasting* sebesar $4,85 \pm 2,12$ MPa, dengan *sandblasting* 5 detik $7,17 \pm 3,67$ MPa, dengan *sandblasting* 10 detik $9,57 \pm 3,45$ MPa, dengan *sandblasting* 15 detik $8,49 \pm 3,86$ MPa. Secara umum nilai kekuatan rekat geser VIRK dengan menggunakan resin semen *Multi-step* lebih besar dibandingkan VIRK dengan SADRC, terlihat pula pada gambaran diagram batang (Gambar 5.1).

Grup VIRK menggunakan resin semen SADRC pada setiap penambahan durasi *sandblasting* (5 detik, 10 detik dan 15 detik) terdapat peningkatan nilai kuat rekat gesernya, tetapi tidak memiliki perbedaan nilai yang bermakna (Tabel 5.2). Perbandingan nilai kuat rekat geser yang berbeda bermakna hanya terlihat pada grup tanpa *sandblasting* ($4,85 \pm 2,12$ MPa) dibandingkan dengan grup dengan *sandblasting* selama 10 detik ($9,57 \pm 3,45$ MPa), yang memiliki nilai tertinggi. Tampak pula grup VIRK dengan menggunakan resin semen *Multi-step* meningkat nilai kuat rekat gesernya pada setiap penambahan durasi *sandblasting*, kecuali pada grup dengan *sandblasting* 5 detik dan 15 detik. Tetapi perbedaan nilai kuat rekat geser yang ada diantara keempat grup perlakuan VIRK ini tidak memiliki perbedaan yang bermakna. Analisa *One Way Anova* diikuti *Post Hoc Tukey HSD*, menunjukkan grup VIRK dengan resin semen *Multi-step* memiliki nilai kuat rekat geser yang lebih tinggi dan berbeda bermakna apabila dibandingkan dengan VIRK dengan SADRC. Perbedaan yang bermakna ini ditemukan pada setiap grup VIRK, baik tanpa *sandblasting*, *sandblasting* 5 detik, 10 detik dan 15 detik (Tabel 5.2).

Analisis One Way Anova dilanjutkan dengan *Two Way Anova* (Tabel 5.3) untuk melihat apakah ada hubungan yang signifikan antara grup durasi *sandblasting* dengan grup resin semen terhadap kuat rekat geser. Dari data yang diuji dapat terlihat nilai Sig pada durasi*resin semen adalah 0,610, $p > 0,05$. Data ini menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara grup durasi *sandblasting* dan

resin semen. Analisis dengan *Two Way Anova* juga menunjukkan bahwa kuat rekat geser lebih dipengaruhi oleh penggunaan resin semen dibandingkan oleh pengaruh durasi *sandblasting* (Tabel 5.3).

Tabel 5.2 Nilai Kemaknaan Kuat Rekat Geser Antara Resin Semen *Multi-step* (MS) dan SADRC Menggunakan *One Way Anova* diikuti dengan *Post Hoc Tukey HSD*

GRUP	MS	MS	MS	SADRC	SADRC	SADRC	SADRC
	SB 5	SB 10	SB 15		SB 5	SB 10	SB 15
MS	1.000	1.000	1.000	0.000*	0.000*	0.038*	0.003*
MS SB 5		0.999	0.998	0.000*	0.000*	0.117	0.014*
MS SB 10			1.000	0.000*	0.000*	0.025*	0.002*
MS SB 15				0.000*	0.000*	0.020*	0.000*
SADRC					0.65	0.009*	0.85
SADRC SB5						0.561	0.941
SADRC SB10							0.993

Ket: *Multi-step* (MS); *Sandblasting* (SB); *Self-Adhesive Dual-Cured Resin Cement* (SADRC);
* $p < 0.05$ berbeda bermakna

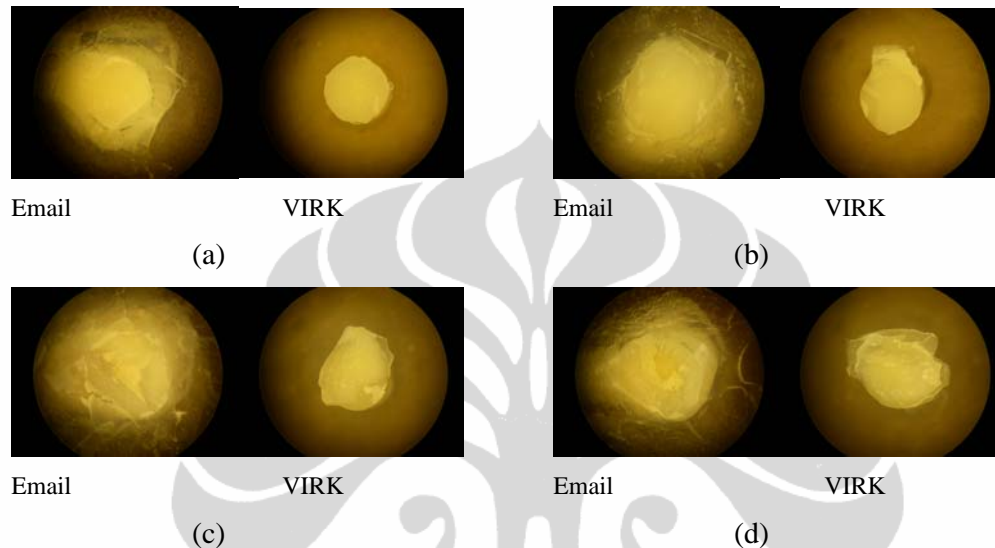
Tabel 5.3 Nilai Kemaknaan Antara Grup dengan Analisa Statistik *Two Way Anova*

Antar Grup	Sig
Durasi <i>Sandblasting</i>	0,433
Resin Semen	0,000
Durasi <i>Sandblasting</i> *Resin Semen	0,610

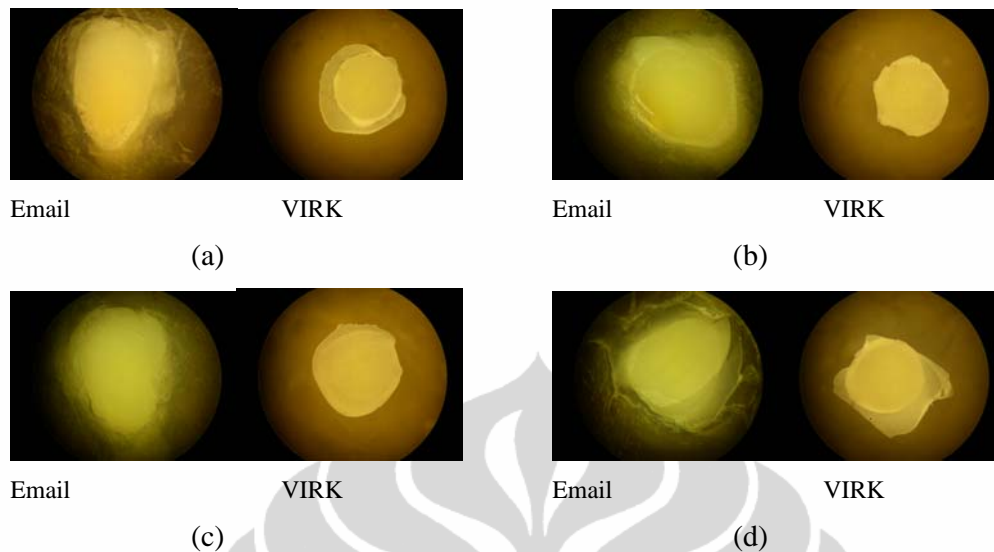
Ket: $p < 0,005$ = ada perbedaan bermakna

5.2 Failure Mode dengan Stereomicroscope

Failure Mode pada permukaan email dan VIRK dilakukan dengan menggunakan *Stereomicroscope* (Nikon, Japan) pembesaran 20x, didapatkan kegagalan seperti gambaran berikut ini:



Gambar 5.2 *Failure Mode* Menggunakan *Stereomicroscope Optic* dengan Perbesaran 20 X Pada Permukaan VIRK dan Email Menggunakan Resin Semen *Multi-step*: (a) Gambaran permukaan email dan VIRK (tanpa *sandblasting*), kegagalan perekatan terletak pada antarmuka adhesif dan VIRK (AR), keseluruhan resin semen menempel pada permukaan email. (b) Gambaran permukaan email dan VIRK (*sandblasting* 5 detik), kegagalan perekatan berupa *mixed failure*, kegagalan perekatan terjadi sebagian pada bahan adhesif sebagian pada email dan VIRK. (c) Gambaran permukaan email dan VIRK (*sandblasting* 10 detik), kegagalan perekatan terjadi kohesif pada email, seluruh permukaan email patah dan menempel pada permukaan email. (d) Gambaran permukaan email dan VIRK (*sandblasting* 15 detik), kegagalan perekatan terjadi kohesif pada email, seluruh permukaan email patah dan menempel pada permukaan email.



Gambar 5.3 *Failure mode* menggunakan *stereomicroscope optic* dengan Perbesaran 20 X Pada Permukaan VIRK dan Email Menggunakan SADRC. (a) Gambaran permukaan email dan VIRK (tanpa *sandblasting*), kegagalan perekatan terletak antarmuka bahan adhesif resin semen dan email (AE), keseluruhan resin semen menempel pada permukaan VIRK. (b) Gambaran permukaan email dan VIRK (*sandblasting* 5 detik), kegagalan perekatan terletak pada antarmuka bahan adhesif resin semen dan email (AE). (c) Gambaran permukaan email dan VIRK (*sandblasting* 10 detik), kegagalan perekatan terletak pada antarmuka bahan adhesif resin semen dan email (AE). (d) Gambaran permukaan email dan VIRK (*sandblasting* 15 detik), kegagalan perekatan terletak pada antarmuka bahan adhesif resin semen dan email (AE).

Terlihat dari tabel 5.4, *failure mode* dilihat melalui *stereomicroscope* dengan perbesaran 20 x pada grup VIRK dengan resin semen SADRC. Hasil ini menunjukkan kegagalan perlekatan terletak pada antarmuka bahan adhesif dan permukaan email (AE). Kegagalan perlekatan ini terjadi pada keseluruhan grup VIRK yang direkatkan pada email menggunakan SADRC, tanpa perlakuan *sandblasting* maupun dengan perlakuan *sandblasting* dengan durasi waktu 5, 10 dan 15 detik. Tampak dengan gambaran *stereomicroscope* seluruh bahan resin semen menempel pada permukaan VIRK dan permukaan email tampak bersih (Gambar 5.2).

Pada setiap grup VIRK dengan resin semen *multi-step* hasil patahan umumnya berupa *mixed failure*. *Mixed failure* merupakan kegagalan perekatan yang terjadi, yaitu sebagian pada bahan adhesif dan sebagian pada permukaan VIRK dan email (Tabel 5.4). Gambaran dengan *stereomicroscope* perbesaran 20x, pada grup VIRK tanpa *sandblasting* letak kegagalan terdapat pada antarmuka

adhesif dan VIRK (AR). Pada kegagalan perekatan ini keseluruhan resin semen melekat pada permukaan email. Permukaan VIRK tampak bersih (Gambar 5.3).

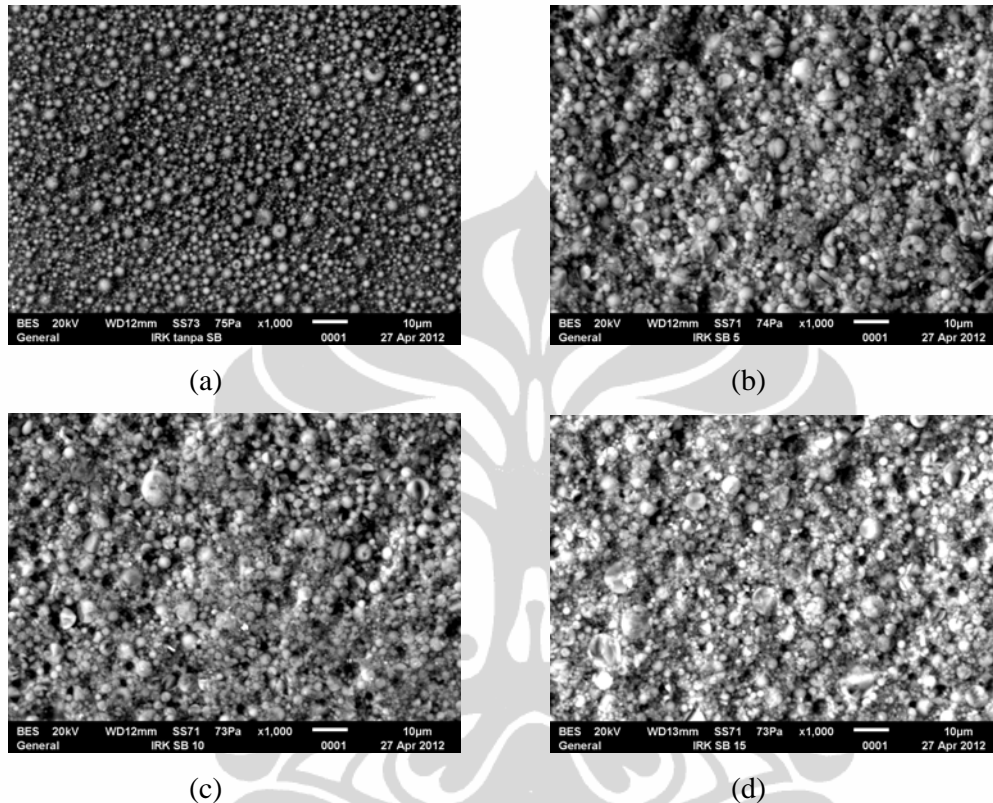
Tabel 5.4 *Failure Mode* yang dilihat dengan *Stereomicroscope* Perbesaran 20x

GRUP	N	<i>Failure Mode</i>			
		AR	M	AE	KE
SADRC	10			10	
SADRC SB 5	10			10	
SADRC SB 10	10			10	
SADRC SB 15	10			10	
MS	10	4	5		1
MS SB 5	10		8		2
MS SB 10	10		9		1
MS SB 15	10		8		2

Ket : AR (Adhesif-Resin): kegagalan perekatan terjadi antarmuka bahan adhesif resin semen dan VIRK; M (Mixed): kegagalan perekatan terjadi pada sebagian bahan adhesif resin semen , sebagian email dan sebagian VIRK; AE(Adhesif-Email): kegagalan perekatan terjadi pada antarmuka bahan adhesif resin semen dan permukaan email; KE (Kohesif-Email): kegagalan perekatan terjadi keseluruhan pada substrat email.

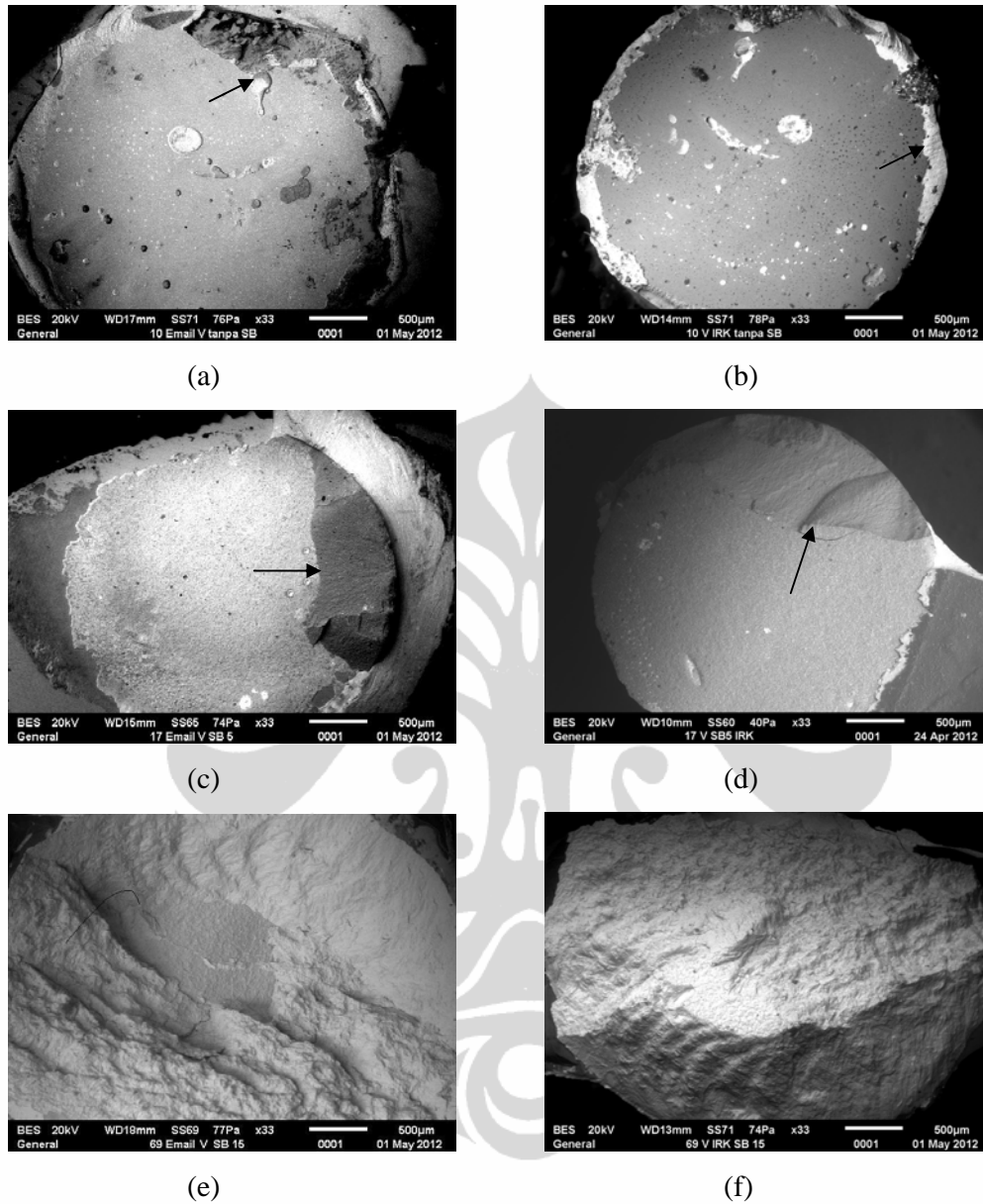
5.3 Hasil Pengamatan *Scanning Electrone Microscope (SEM)*

SEM digunakan untuk melihat atau mengevaluasi hasil permukaan patahan. Berikut ini adalah hasil pengamatan dengan menggunakan alat SEM (JEOL JSM 6510 LA, Japan).



Gambar 5.4 Gambaran SEM Pada Permukaan *Veneer* Indirek Resin Komposit (VIRK) dengan Perbesaran 1000X (a) VIRK tanpa *sandblasting*; (b) VIRK *sandblasting* 5 detik; (c) VIRK *sandblasting* 10 detik; (d) VIRK *sandblasting* 15 detik

Gambar 5.4 merupakan hasil pengamatan SEM pada VIRK (*Veneer* Indirek Resin Komposit). Pada gambar (a) terlihat permukaan VIRK tanpa *sandblasting*, tampak adanya *filler-filler zirconium siliate* resin komposit berbentuk bulat yang utuh. Gambar (b) VIRK dengan *sandblasting* 5 detik, terlihat *filler* pada permukaan VIRK mengalami degradasi, sehingga menjadi kasar dan tidak teratur. Gambar (c) VIRK dengan *sandblasting* 10 detik dan gambar (d) VIRK *sandblasting* 15 detik, tampak tidak berbeda jauh dengan VIRK dengan *sandblasting* 5 detik. Dengan adanya perlakuan *sandblasting* pada permukaan VIRK, muncul *undercut* dan *groove*.



Gambar 5.5 Kegagalan Perekatan Spesimen yang Menggunakan Resin Semen *Multi-step*. (a) permukaan email (tanpa *sandblasting*), (b) permukaan VIRK (tanpa *sandblasting*), (c) permukaan email (*sandblasting* 5 detik), (d) permukaan VIRK (*sandblasting* 5 detik), (e) permukaan email (*sandblasting* 15 detik), (f) permukaan VIRK (*sandblasting* 15 detik).

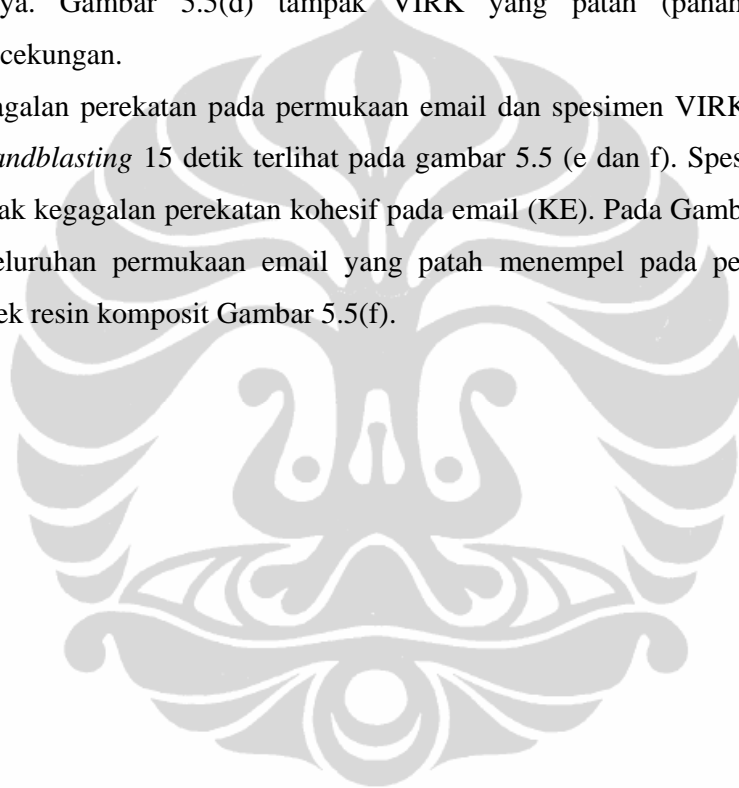
Hasil *scanning electron microscope* (SEM) dengan *backscattered electron* (BSE) pada permukaan patahan spesimen VIRK dan email menggunakan resin semen *Multi-step* tampak pada Gambar 5.5.

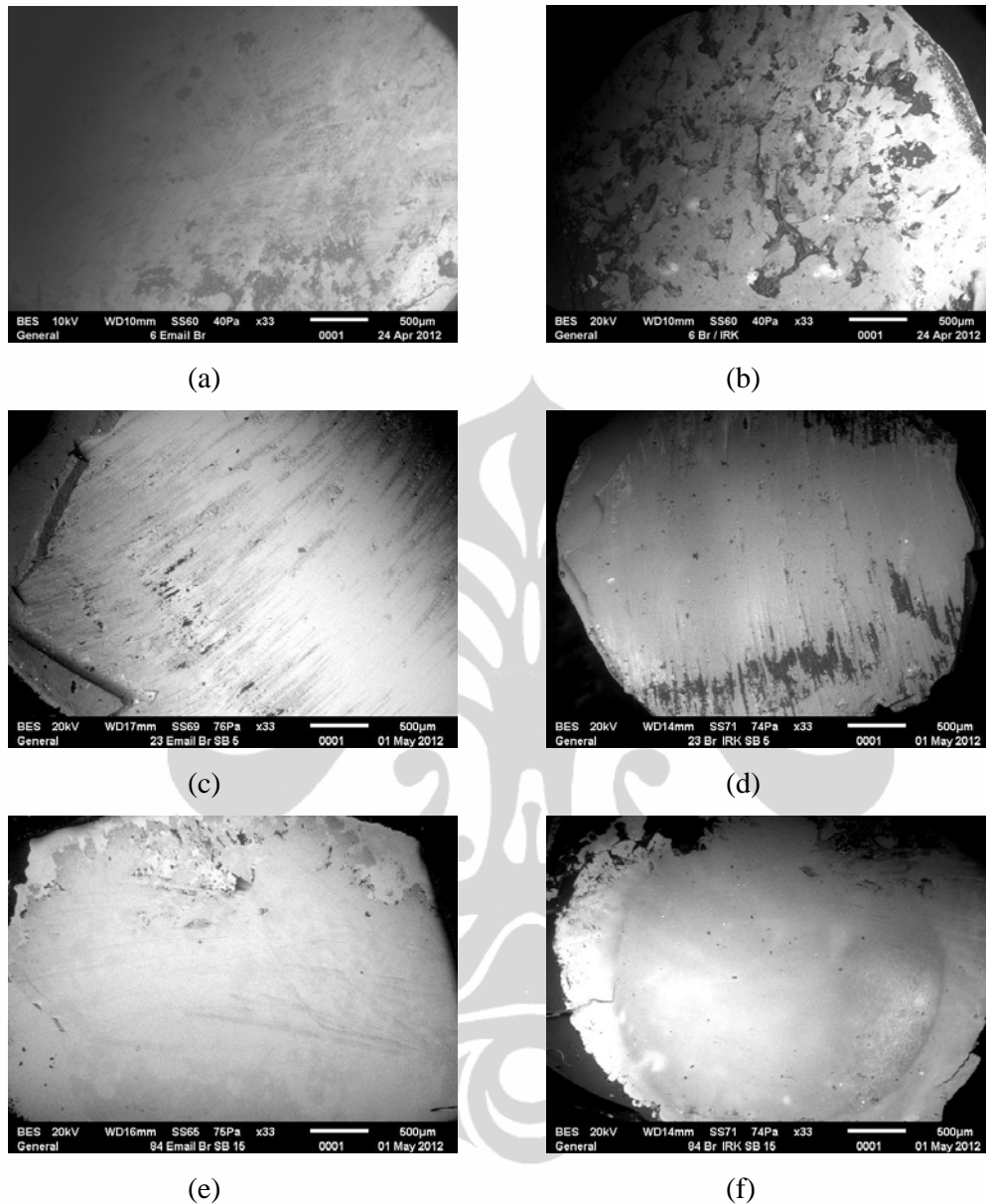
Pada Gambar 5.5(a) pada permukaan email tampak keseluruhan bahan adhesif resin semen yang menempel, 5.5(b) sedangkan pada permukaan VIRK terlihat sisa-sisa resin semen yang menempel pada pinggir spesimen (panah

hitam). Spesimen VIRK tanpa perlakuan *sandblasting* ini, memiliki kegagalan perekatan yang terdapat antarmuka bahan adhesif dan VIRK (AR).

Gambar 5.5 (c dan d) adalah gambaran kegagalan perekatan pada permukaan spesimen email dan VIRK dengan perlakuan *sandblasting* 5 detik. Spesimen ini memiliki letak kegagalan perekatan berupa *mixed failure* pada VIRK dan bahan adhesif. Pada Gambar 5.5(c) pada sisi pinggir permukaan email tampak ada VIRK yang menempel (panah hitam) dan juga resin semen pada permukaannya. Gambar 5.5(d) tampak VIRK yang patah (panah hitam) membentuk cekungan.

Kegagalan perekatan pada permukaan email dan spesimen VIRK dengan perlakuan *sandblasting* 15 detik terlihat pada gambar 5.5 (e dan f). Spesimen ini memiliki letak kegagalan perekatan kohesif pada email (KE). Pada Gambar 5.5(e) terlihat keseluruhan permukaan email yang patah menempel pada permukaan *veneer* indirek resin komposit Gambar 5.5(f).





Gambar 5.6 Kegagalan Peretakan Spesimen yang Menggunakan Resin Semen SADRC (a) permukaan email tanpa *sandblasting*, (b) permukaan VIRK tanpa *sandblasting*. (c) permukaan email *sandblasting* 5 detik (d) permukaan VIRK *sandblasting* 5 detik, (e) permukaan email *sandblasting* 15 detik, (f) Permukaan VIRK *sandblasting* 15 detik.

Analisa *Scanning Electrone Microscope* (SEM) pada permukaan email dan spesimen VIRK yang menggunakan SADRC terlihat pada Gambar 5.6.

Pada Gambar 5.6 menunjukkan gambaran SEM pada permukaan email (a) dan spesimen VIRK (b) yang tidak diberi perlakuan *sandblasting*. Pada email 5.6(a) tampak ada bercak-bercak hitam dan pada VIRK terlihat porus-porus

5.6(b). Kegagalan perekatannya terletak pada antarmuka bahan adhesif dan email (AE).

Gambaran SEM pada permukaan email dan spesimen VIRK yang diberikan perlakuan *sandblasting* 5 detik dan direkatkan dengan SADRC terlihat pada Gambar 5.6 (c dan d). Kegagalan perekatan spesimen ini terletak pada antarmuka bahan adhesif dan email (AE) Gambar 5.6(c). Permukaan email, terlihat ada garis-garis kehitaman yang ditimbulkan dari hasil poles. Gambaran yang sama tampak pada permukaan VIRK, yaitu keseluruhan resin semen menempel pada permukaan VIRK, disertai juga garis-garis kehitaman 5.6(d).

Gambar 5.6 (e dan f) menunjukkan permukaan email dan spesimen VIRK dengan perlakuan *sandblasting* 15 detik yang direkatkan dengan resin semen SADRC. Hasil kegagalan perekatan spesimen terletak pada antarmuka bahan adhesif dan permukaan email (AE). Pada permukaan email 5.6(e) tampak garis-garis yang terjadi akibat proses grinding, sedangkan Gambar 5.6(f) VIRK yang tertutup oleh resin semen.

BAB 6 PEMBAHASAN

Adhesi merupakan mekanisme yang penting dalam bidang kedokteran gigi yaitu untuk merekatkan suatu restorasi pada permukaan gigi sehingga tidak mudah terlepas. Mekanisme adhesi pada material berbahan dasar resin secara umum meliputi tiga mekanisme dasar yang penting, yaitu (1) Perlekatan mikromekanik, yang terlihat dari ikatan resin dengan email dengan menggunakan teknik etsa-asam. (2) Adhesi secara kimia pada email atau dentin dengan menggunakan *coupling agent* atau semen yang mengandung *polyacid*. (3) Mekanisme adhesi yang meliputi pembasahan, penetrasi dan pembentukan lapisan perekat pada antarmuka restorasi dan substrat.³³

Telah dilakukan pengujian kuat rekat geser dari *veneer* indirek resin komposit (VIRK) tanpa perlakuan *sandblasting* (SB) maupun dengan perlakuan *sandblasting* dengan durasi waktu 5, 10, dan 15 detik. Perekatan VIRK ini terhadap email dilakukan menggunakan resin semen *Multi-step* (MS) dan SADRC.

Dari hasil uji kuat rekat geser pada spesimen VIRK yang menggunakan SADRC terlihat bahwa nilai kuat rekat geser VIRK terhadap email terlihat sedikit meningkat dengan bertambahnya durasi SB dibandingkan dengan spesimen VIRK tanpa SB. Hal ini terjadi pula pada VIRK dengan perlakuan SB yang direkatkan dengan resin semen MS pada email, yaitu tampak bahwa nilai kuat rekat gesernya sedikit meningkat dibandingkan dengan VIRK tanpa perlakuan SB (Tabel 5.1). Namun demikian, meningkatnya kuat geser kedua grup ini baik pada grup MS maupun SADRC secara statistik tidak berbeda bermakna.

Pada *veneer* indirek resin komposit (VIRK) yang menggunakan resin semen *Multi-step* tanpa *sandblasting* terlihat memiliki rerata kekuatan rekat geser sebesar $18,95 \pm 7,80$ MPa, sedangkan grup dengan perlakuan *sandblasting* 5 detik menghasilkan rerata kekuatan rekat geser $16,97 \pm 7,67$ MPa, dengan *sandblasting* 10 detik $19,30 \pm 8,21$ MPa, dengan *sandblasting* 15 detik $19,20 \pm 6,69$ MPa. Walaupun terlihat adanya kenaikan nilai kuat rekat geser terhadap peningkatan durasi *sandblasting*, namun perbedaan ini secara statistik tidak bermakna (Tabel

5.2 dan Tabel 5.3). Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis yang menyatakan bertambahnya durasi *sandblasting* akan meningkatkan kuat rekat geser VIRK-Email dengan resin *Multi-step* ditolak.

Perbandingan nilai rerata kuat rekat geser yang berbeda bermakna dengan penggunaan SADRC hanya terlihat pada grup tanpa *sandblasting* yaitu sebesar $4,85 \pm 2,12$ MPa dibandingkan dengan grup dengan *sandblasting* selama 10 detik yaitu $9,57 \pm 3,45$ MPa (Tabel 5.2 dan Tabel 5.3). Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis yang menyatakan bertambahnya durasi *sandblasting* akan meningkatkan kuat rekat geser VIRK-Email dengan SADRC diterima tetapi hanya pada grup SADRC dengan perlakuan *sandblasting* 10 detik.

Prosedur *sandblasting* umumnya dilakukan dengan cara menyemprotkan aluminium oksida berukuran 30-50 μm pada permukaan restorasi, yang akan menghasilkan ketidak-teraturan pada permukaan VIRK. Ketidak-teraturan ini berupa *undercut* dan *groove* yang nantinya akan memfasilitasi ikatan mikromekanik antara restorasi dengan resin semen.¹³ Perlakuan *sandblasting* pada VIRK juga akan menghilangkan kontaminasi pada permukaan, sehingga energi permukaan meningkat.^{11,31} Energi permukaan yang tinggi menyebabkan bahan adhesif resin semen mudah terserap pada permukaan restorasi VIRK dan menghasilkan adhesi yang baik dengan resin semen.²³

Berdasarkan evaluasi permukaan VIRK dengan *Scanning Electron Microscope* baik pada kondisi tanpa *sandblasting* maupun dengan *sandblasting* durasi 5 detik, 10 detik dan 15 detik terlihat adanya bentuk topografi permukaan yang berbeda (Gambar 5.4).

Gambaran SEM pada spesimen VIRK tanpa *sandblasting* nampak terlihat adanya *filler-filler zirconium silicate* yang berbentuk bulat utuh dan tersebar pada permukaan VIRK. Pada permukaan spesimen VIRK dengan *sandblasting* 5 detik terlihat gambaran bahwa ada sebagian *filler* yang pecah atau terlepas sehingga permukaannya tampak tidak rata dan kasar. Pada spesimen VIRK dengan *sandblasting* 10 detik dan 15 detik terlihat gambaran SEM yang tidak jauh berbeda dengan kondisi *sandblasting* 5 detik. Gambaran SEM ini dapat menjelaskan bahwa perlakuan *sandblasting* dapat mengubah topografi permukaan spesimen VIRK (dibandingkan tanpa *sandblasting*) walaupun tidak terlalu

berbeda antara SB 5, 10 dan 15 detik. Perubahan permukaan VIRK ini ditandai dengan adanya *undercut* dan cekungan yang akan memberikan permukaan yang lebih luas bagi resin semen untuk berikatan dengan spesimen VIRK. Gambaran SEM ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan D'Arcangelo dkk (2007) yaitu bahwa perlakuan *sandblasting* dengan 50 μm aluminium oksida pada permukaan VIRK akan membuat *undercut* dengan adanya *groove-groove*.¹³ Hal inilah yang sedikitnya akan mempengaruhi kuat rekat geser VIRK pada permukaan email baik menggunakan resin semen *multi-step* maupun SADRC.

Dalam penelitian ini, penggunaan resin semen *Multi-step* atau SADRC pada permukaan email sangat berperan pada hasil uji kuat rekat geser. Nilai rerata kuat rekat geser yang dihasilkan resin semen *Multi-step* tampak lebih tinggi dan berbeda bermakna dibandingkan dengan resin SADRC (Tabel 5.2). Hasil analisa statistik dengan *Two Way Anova* menunjukkan bahwa yang memberikan pengaruh terhadap kuat rekat geser VIRK pada email adalah resin semen. Analisa ini menunjukkan pula tidak ada interaksi antara lama durasi *sandblasting* dengan resin semen. (Tabel 5.3).

Pemakaian resin semen *Multi-step* mempunyai prosedur *etsa, prime* dan *bonding* yang dilakukan pada permukaan email. Perlakuan *etsa* dilakukan dengan pengolesan asam fosfat 37% pada email, yang akan membuka pori-pori dan menghilangkan *smear layer* sehingga permukaan email menjadi bersih tetapi kasar dan energi permukaannya meningkat. Energi permukaan yang lebih tinggi ini menyebabkan bahan adhesif mudah membasahi, melekat dan berpenetrasi ke dalam pori-pori email untuk membentuk *resin tag* setelah polimerisasi resin dengan sinar tampak. Terbentuknya *resin tag* menyebabkan terjadinya ikatan mikromekanik yang kuat antara resin semen dan email.²⁸ Hal ini sesuai dengan pernyataan Van Landuyut, dkk (2007) bahwa mekanisme terjadinya adhesi yang baik secara berurutan meliputi proses demineralisasi, pembasahan yang baik, difusi, penetrasi dan polimerisasi resin semen.²² Bahan *priming* dan *bonding* pada penelitian ini menggunakan (*Excite F DSC, Ivoclar, Lichstentien*) yang mengandung *2-hydroxylethyl methacrylate* (HEMA). HEMA memiliki sifat hidrofilik, merupakan monomer yang meningkatkan adhesi. Sifat hidrofilik akan meningkatkan pembasahan pada struktur gigi. Dengan meningkatkan pembasahan

akan menghasilkan ikatan yang baik dengan struktur gigi. HEMA ditambahkan didalam bahan adhesif juga dapat berperan sebagai pelarut. Sifat ini akan meningkatkan stabilitas dari komponen larutan yang bersifat hidrofobik dan hidrofilik²²

Tingginya kuat rekat geser VIRK dengan resin semen MS dibandingkan dengan grup SADRC dimungkinkan pula karena adanya pra-perlakuan restorasi VIRK dengan aplikasi *silane*. Silanisasi pada permukaan VIRK tampaknya mempengaruhi kuat rekat gesernya, sehingga keempat grup VIRK yang direkatkan dengan menggunakan resin semen *Multi-step* memiliki nilai rerata kuat rekat geser yang hampir sama tingginya dan berbeda bermakna dengan nilai rerata kuat rekat geser VIRK yang menggunakan SADRC (Tabel 5.2.) .

Silane yang dioleskan pada permukaan VIRK baik yang telah di *sandblasting* maupun tanpa *sandblasting* bertindak sebagai *coupling agent*. *Silane* merupakan molekul bifungsional yang berperan sebagai bahan pengikat antara partikel anorganik VIRK dengan bahan adhesif resin semen. *Silane* memiliki struktur kimia $R'-Si(OR)_3$, dimana R' adalah kelompok organofungsional, yang akan bereaksi dengan bahan adhesif resin semen golongan metakrilat dengan menciptakan ikatan ganda setelah polimerisasi. Kelompok alkil (OR) pada tahap hidrolisis akan menjadi sianolol (SiOH), dan menciptakan ikatan kovalen dengan partikel anorganik silikon (Si-O-Si) guna melengkapi proses ikatan.² Tabatabaei dkk (2004) menyatakan bahwa peran *sandblasting* pada *veneer* indirek resin komposit kurang memberikan nilai kuat rekat geser yang bermakna, tetapi penggunaan *silane* justru yang meningkatkan kekuatan rekat geser.³⁷

Hasil evaluasi kegagalan perekatan pada permukaan VIRK dan email yang menggunakan resin semen *Multi-step* dengan *stereomicroscope* (Gambar 5.2) maupun dengan SEM (Gambar 5.5) juga mendukung hasil kuat rekat geser yang lebih tinggi tersebut. Evaluasi kegagalan perekatan pada keempat grup VIRK yang menggunakan resin semen MS (tanpa *sandblasting*, *sandblasting* 5 detik, 10 detik dan 15 detik) pada umumnya berupa *mixed failure* (Tabel 5.4 dan Gambar 5.2 b).

Kegagalan perekatan berupa *mixed failure* merupakan kombinasi kegagalan patahan yang terjadi pada sebagian bahan adhesif resin semen, sebagian

pada permukaan VIRK dan sebagian pada permukaan email. Gambar 5.5 (c dan d) mewakili gambaran SEM dari *mixed failure*. Hasil kegagalan perekatan berupa *mixed failure* menunjukkan bahwa resin semen dapat berikatan dengan baik pada permukaan VIRK dan juga terhadap permukaan email. Sesuai dengan pernyataan Kitayama S, dkk 2009 bahwa *mixed failure* menunjukkan adanya ikatan yang kuat antara resin semen dengan permukaan email dan restorasi.³⁸

Pada spesimen VIRK yang menggunakan resin semen *Multi-step* tanpa perlakuan *sandblasting*, tampak adanya kegagalan perekatan yang terletak pada antarmuka bahan adhesif resin semen dan VIRK (AR) seperti terlihat pada Gambar 5.5 (a dan b). Gambaran ini dapat menerangkan bahwa tanpa *sandblasting*, permukaan VIRK tidak terbentuk pori-pori dan cekungan sehingga resin semen kurang dapat berpenetrasi dan membentuk retensi. Akibatnya resin semen lebih melekat pada permukaan email dibandingkan dengan permukaan VIRK. Kombinasi perlakuan permukaan restorasi VIRK dengan *sandblasting* yang diikuti dengan aplikasi *silane* merupakan alternatif terbaik untuk menghasilkan ikatan yang optimal dengan resin semen.^{3,12}

Selain *mixed failure*, kegagalan perekatan VIRK yang direkatkan dengan resin semen *Multi-step* terdapat pula yang berupa kegagalan kohesif pada email. Kegagalan perekatan ini terlihat dengan adanya substrat email yang terlepas dan menempel dengan resin semen MS pada permukaan VIRK (Gambar 5.5 e dan f). Kegagalan ini kemungkinan besar disebabkan karena lemahnya struktur email yang mungkin berbeda pada berbagai spesimen gigi yang digunakan tetapi hal ini menunjukkan pula besarnya kuat rekat geser antara resin semen MS dengan VIRK.

Prosedur aplikasi *Self-adhesive dual-cured resin cement* (SADRC) pada permukaan email adalah dengan prosedur 1 tahapan tanpa etsa dan tanpa aplikasi bahan *bonding*. Aplikasi satu tahapan ini menyebabkan bahan ini banyak disukai dan digunakan di praktek klinik. SADRC mengandung asam fosfat metakrilat dengan tingkat keasaman yang ringan. Setelah pengadukan komponen kedua pasta, kandungan asam dengan pH yang lemah pada resin semen ini hanya akan mendemineralisasi email secara superfisial. Mekanisme ikatan SADRC ini merupakan mekanisme ikatan kimia. Kelompok asam pada resin semen SADRC

akan mengadakan *chelation* dengan ion kalsium hidroksiapatit dari email. Asam lemah yang terkandung pada SADRC hanya melarutkan sebagian *smear layer* sehingga *smear layer* yang tertinggal ini akan menghalangi resin semen untuk berpenetrasi lebih dalam ke permukaan email. Hal ini yang mempengaruhi kuat rekat gesernya menjadi lebih rendah.²⁸ Penelitian Lin J, dkk (2010), yang menggunakan resin semen *one step aplication* tanpa perlakuan *etsa* dan *bonding* pada permukaan email, ternyata juga menghasilkan kekuatan rekat geser yang rendah (7 MPa) dan dengan hasil patahan terdapat pada antarmuka bahan adhesif dan permukaan email.³⁹ Sedangkan perlakuan pada permukaan email dengan *etsa* dan *one step self-etch adhesive* memberikan nilai kekuatan rekat geser yang lebih besar (14 MPa).³⁹ Demikian pula dengan penelitian Hikita dkk (2010), bahwa dengan penggunaan resin semen *multi-step* dihasilkan kekuatan rekat geser sebesar 35,2 MPa sedangkan dengan SADRC menghasilkan kekuatan geser yang lebih rendah sebesar 19,6 MPa.⁴⁰ Penelitian yang dilakukan Duarte S (2008), yang menggunakan asam fosfat 35% pada permukaan email sebelum perlekatan dengan SADRC ternyata dapat meningkatkan kekuatan rekat gesernya.⁴¹

Hasil kegagalan perekatan pada keempat grup spesimen (tanpa *sandblasting*, *sandblasting* 5 detik, 10 detik, dan 15 detik) yang menggunakan resin semen SADRC, terlihat seluruhnya terletak pada antarmuka antara bahan adhesif resin semen dan email (AE) (Tabel 5.4 dan Gambar 5.3). Terlihat bahwa setelah uji kuat rekat geser, semua resin semen menempel pada permukaan VIRK dan meninggalkan permukaan email yang bersih. Sesuai dengan penelitian Luhrs dkk 2007 yang menggunakan SADRC untuk merekatkan indirek restorasi pada permukaan email, analisa hasil patahannya menunjukkan kegagalan bahan adhesif resin semen untuk melekat pada permukaan email.⁴² Menempelnya resin semen SADRC pada VIRK dimungkinkan karena VIRK memiliki komposisi *urethane dimethacrylate* (UDMA), seperti yang dimiliki SADRC. Komposisi yang sama antara VIRK dan SADRC menyebabkan ikatan kimia yang lebih erat di antara kedua bahan tersebut, sehingga SADRC terikat erat dan lebih banyak menempel pada permukaan VIRK. Menurut Van Landuyut bahwa untuk membentuk ikatan yang kuat antara bahan adhesif resin semen dan resin komposit, bahan adhesif

resin semen sebaiknya mengandung monomer yang mirip dengan komposisi resin komposit yang digunakan sebagai bahan restoratifnya.²²

Hasil SEM pada spesimen yang menggunakan resin semen SADRC terlihat pada Gambar 5.6. Keseluruhan hasil patahan pada spesimen ini juga terletak pada antarmuka bahan adhesif resin semen dengan email (Tabel 5.4). Kegagalan perekatan ini menunjukkan kurang kuatnya ikatan antara resin semen dan permukaan email. Menurut Ozkurt Z dkk, 2010, kegagalan pada bahan adhesif tidak akan terjadi bila ada ikatan yang kuat antara resin semen dan permukaan email.⁴³

Pada Gambar 5.6 (a dan b) yang diambil dari permukaan email dan spesimen VIRK tanpa *sandblasting*, terlihat adanya bercak-bercak kehitaman yang merupakan gambaran adanya *void* atau porus pada resin semen yang tidak melekat sempurna pada permukaan VIRK. Adanya *voids* pada permukaan resin semen SADRC menyebabkan nilai kekuatan rekat geser menjadi lebih rendah.⁴²

Gambar 5.6 (c dan d) hampir menyerupai Gambar 5.6 (e dan f) yaitu permukaan email pada Gambar 5.6 (c dan e) tampak adanya garis-garis yang masih terlihat akibat proses *grinding* dan *polishing*, yang mungkin masih tertinggalnya *smear layer*. Tampak pula pada gambaran ini keseluruhan permukaan email tidak tertutup resin semen dan tidak terbentuk ikatan mikromekanik, dan keseluruhan resin semen SADRC menempel pada permukaan VIRK (Gambar 5.6 d dan f).

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka penggunaan resin semen MS memberikan kuat rekat geser yang lebih tinggi dari pada resin semen SADRC. Pemakaian tahapan *sandblasting* dan silanisasi VIRK serta prosedur etsa, *prime* dan *bonding* (pada resin semen MS) pada permukaan email menghasilkan perekatan yang lebih kuat namun prosedur aplikasi lebih rumit dan adanya kemungkinan efek sensitifitas pulpa lebih mudah terjadi akibat pengetsaan.

Sebaliknya, aplikasi klinis pemakaian SADRC memberikan keuntungan berupa tahapan sementasi yang lebih mudah dan cepat (karena 1 tahapan) dan juga dapat mengurangi efek samping terjadinya sensitifitas pulpa pada gigi. Namun demikian, kuat rekat geser dengan SADRC pada penelitian ini masih lebih

rendah dibandingkan dengan kuat rekat geser VIRK yang menggunakan resin semen MS.



BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

- 7.1.1 Perekatan VIRK pada email menggunakan resin semen *multi-step* lebih memberikan kuat rekat geser yang lebih tinggi dan berbeda bermakna dibandingkan dengan perekatan VIRK pada email menggunakan SADRC.
- 7.1.2 Peningkatan durasi *sandblasting* pada VIRK tidak memberikan perbedaan kuat rekat geser yang bermakna baik pada grup resin semen *multi-step* maupun SADRC.
- 7.1.3 Kegagalan perekatan pada VIRK yang direkatkan pada email dengan menggunakan resin semen *multi-step* umumnya berupa *mixed failure*.
- 7.1.4 Keseluruhan kegagalan perekatan pada VIRK yang direkatkan pada email dengan menggunakan SADRC terletak pada antarmuka bahan adhesif resin semen dan email

7.2 Saran

- 7.2.1 Penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh *silane* dan etsa asam pada VIRK dengan menggunakan bahan resin semen *multi-step* dan SADRC.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dietschi D, Devigus A. Clinical approach to anterior adhesive restorations using resin composite veneer. *The European Journal Of Esthetic Dentistry*. 2011; 6(2) : 178-187
2. Barone A, Derchi G, Rossi A, Marconcini S. Longitudinal clinical evaluation of bonded composite inlay: A 3 year study. *J Quintessence Int* 2008; 39(1) : 65-71
3. Soares CJ, Soares PV, Pereira JC, Fonseca RB. Surface treatment protocols in the cementation process of ceramic and laboratory-processed composite restoration: A literature review. *J Esthet Restor Dent* 2005; 17:224-235
4. Mangani F, Cerutti A, Putignano A, Bollero R, Madini L. Prefabricated Composite Veneers: Historical Perspective, Indications and clinical application. *The European Journal Of Esthetic Dentistry* 2007; 2(2): 188-209
5. Passos SP, Ozan M, Vanderlei AD, Leite FPP, Kimpara ET, Bottino MA. Bond strength durability of direct and indirect composite system following surface conditioning to repair. *J Adhes Dent* 2007; 9:443-447
6. Heyman HO. Indirect composite resin veneer: clinical technique and two year observation. *J Quintessence Int* 1987; 18(2): 112-118
7. Capa N, Ozkurt Z, Canpolat C, Kazazoglu E. Shear Bond strength of luting agent to fixed prosthodontic restorative core materials. *Australian Dental Journal* 2009; 54:334-340
8. Papazoglou E, Rahiotis C, Kakaboura A, Loukidis M. Curing efficacy of a photo and dual cured resin cement polymerized through 2 ceramics and resin composite. *Int J Prosthodont* 2006 ; 19 34-36
9. Piwowarczyk A, Lauer HC, Mechanical properties of luting cements after water storage. *Oper Dent* 2003; 28: 535-42
10. Ghazy M, El-Mowaly O, Roperto R. Microleakage of porcelain and composite machined crowns cemented with self-adhesive or conventional resin cement. *J of Prosthodontics* 2010; 523-530

11. Soares CJ, Giannini M, Oliveria MT, Martins LRM, Paulillo LAMS, Effect of surface treatment of laboratory fabricated composites on microtensile bond strength to a luting resin cement. *J Appl Oral Sci* 2004; 12: 45-50
12. Rocca GT, Krejci I. Bonded indirect restorations for posterior teeth : The luting appointment. *J Quittessence Int* 2007; 38(7) : 543-553
13. D’Arcangelo C dan Vanini L. Effect of three surface treatment on the adhesive properties indirect resin composite restoration. *J Adhes Dent* 2007; 9:319-326
14. Nikzad S, Azari A, Dehgan S. Ceramics (Feldspathic & IPS Empress II) vs Laboratory composite (Gradia) veneers; a comparison between their Shear bond strength to enamel; an in vitro study. *J Oral Rehabil* 2010; 37 : 569-574
15. Rathke A, Tymia yama, Haller B. Effect of different surface treatment on the composite-composite repair bond strength. *Clin Oral Invest* 2008; 13: 317-323
16. Arrais CAG, Miyake K, Rueggeberg FA, Pashley DH, Giannini M. Micromorphology of resin/dentin interfaces using 4th and 5th generation dual-curing Adheisve/Cement system: A confocal laser scanning microscope analysis. *J Adhes Dent* 2009; 11: 15-26
17. Valandro LF, Pelogia F, Galhano G, Bottino MA, Mallmann A. Surface conditioning of composite used for inlay/onlay restorations: effect of μ TBS to resin cement. *J Adhes Dent* 2007; 9: 495-498
18. Nandini S. Indirect resin composite. *J of Conservative Dentistry* 2010; 13(4): 184-194
19. Terry DA, Leinfender KF. Developmental of a processed composite resin restoration: preparation and laboratory fabrication (Part 1). *International Dentistry SA* 2006; 8(4):1220
20. Miranda CP, Pigani C, Bottino MC, Benneti AR. A comparison of microhardness of IRC Restorative materials. *J Appl Oral Sci* 2003; 11: 157-161

21. Touati B, Aidan N. Secondary generation laboratory composite resin for indirect restoration. *J Esthet Dent* 1997; 9(3): 108-18
22. Van Landuyt KL, Snauwaert J, Munck JD, Pneumans M, Yoshida Y, Poitevin A, Coutinho E, Suzuki K, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Systematic review of the chemical composition of the contemporary dental adhesive. *Science Direct. Biomaterial* 2007; 28: 3757-3785
23. Power JM, Sakaguchi RL *Restorative Dental Materials*. 12th ed. St Louis: Mosby 2006: 213-231
24. Roulet J F, Degrange M. Adhesion the silent revolution. Chicago : Quintessence 2000: 33 dan 84
25. O'Brien W J. *Dental material and their selection*. 4th ed. Bab 9 Dental cement. Chicago: Quintessence. 2008; 134
26. Ladha K dan Verma M. Conventional and contemporary luting cements: an overview. *J Indian Prosthodont Soc* 2010; 10(2): 79-88
27. Viotti RG, Kasaz A, Pena CE, Alexandre RS, Arrais SA, Reis AF. Microtensile bond strength of new self-adhesive luting agents and conventional multi-step system. *The Journal Of Prosthetic Dentistry*. 2009; 102(5): 306-312
28. Duarte Jr S, Sartori N, Sadan A, Phark JH. Adhesive resin cement to bonding esthetic restorations: Areview. *Quintessence of Dental Technology (QDT)* 2011; 34: 40-66
29. Benetti P, Fernandes Jr VVBF, Torres CRG, Pagani C. Bonding efficacy of new self-etching, self adhesive dual curing resin cements to dental enamel. *J Adhes Dent* 2011; 13: 231-234
30. Dental Sandblasting <http://www.sandblastinginfo.com/10/sand-blasting-in-dentistry/>.
31. Sandblasting meaning and example sentences: meaning definition, sample sentence of sandblast. <http://www.dictionary30.com/meaning/sandblasting>
32. Souza ROA, Castilho AA, Fernandes Jr VVB, Bottino MA, Valandro LF. Durability of microtensile bond to nonetched and etched feldspar ceramic: self-adhesive resin cement vs conventional resin. *J Adhes Dent* 2011; 13: 155-162

33. McCabe JF dan Walls AWG. *Applied Dental Materials*. Blackwell 9th ed. 2008 : 225, 240-241
34. Wendl B dan Dorschl H. Comparative in vitro study of the strength of directly bonded brackets using different curing time. *European Journal of Orthodontics* 2004; 26:535-544
35. Can-Karabulut DC dan Karabulut B. Shear bond strength to enamel after power bleaching activated by different source. *The European Journal of esthetic dentistry* 2010; 5(4): 382-396
36. Koirala S dan Yap A. *A clinical guide to direct cosmetic restorations with giomer*. Leipzig: Germany 2009:62-63
37. Tatabaei M H, Alizade Y, Taalim S. Effect of various surface treatment on repair strength of composite resin. *J Dent TUMS* 2004; 1(4): 5-11
38. Kitayama S, Nikaido T, Maruoka R, Zhu L, Ikeda M, Watanabe A, Foxton RM, Miura H, Tagami J. Effect of an internal coating technique on tensile bond strength of resin cement to zirconia. *Dent Mater J* 2009; 28(4): 446-453
39. Lin J, Shinya A, Gomi H, Shinya A. Bonding of self-adhesive resin cements to enamel using different surface treatment: bond strength and etching pattern evaluation. *Dental Material Journal* 2010; 29(4): 425-432
40. Hikita K, Van Meerbeek B, De Munck J, Ikeda T, Van Landuyt K, Maida T, Lambrecht P, Peumans. Bonding effectiveness of adhesive luting agent to enamel and dentin. *Dent Mater* 2007; 23: 829-839
41. Duarte Jr S, Botta AC, Meire M, Sadan A. Microtensile bond strength and scanning electron microscope evaluation of self-adhesive and self-etch resin cements to intact and etched enamel. *J Prosthet Dent* 2008;100: 203-210
42. Luhrs AK, Guhr S, Gunay S, Geurtsen W. Shear bond strength of self adhesive resin compared to resin cements with etch and rinse adhesive to enamel and dentin invitro. *Clin Oral Inves* 2010;14: 193-199
43. Ozkurt Z, Kazazoglu E, Unal E. In vitro evaluation of shear bond strength of veneering ceramics to zirconia. *Dent Mater J* 2010; 29(2): 138-146

Lampiran 1
Surat Keterangan Lolos Etik



UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI

JLN. SALEMBA RAYA NO. 4 JAKARTA PUSAT 10430
TELP. (62-21) 31930270, 3151035
FAX. (62-21) 31931412

SURAT KETERANGAN LOLOS ETIK

Nomor: 101/Ethical Clearance/FGUI/II/2012

Setelah membaca dan mempelajari/mengkaji usulan penelitian yang tersebut di bawah ini:

Judul : "Pengaruh *Sandblasting* pada Permukaan Restorasi *Veneer* Resin Komposit Terhadap Kuat Rekat Resin Semen dengan Email Gigi"

Nama Peneliti : Octarina 1006786026

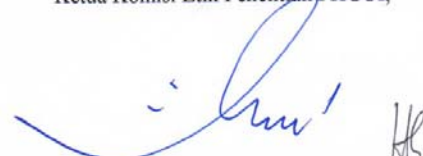
Sesuai dengan keputusan Anggota Komisi Etik, maka dengan ini Komisi Etik Penelitian Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia menerangkan bahwa penelitian tersebut dinyatakan lolos etik.

Mengetahui:
Dekan FKGUI,



Prof. drg. Bambang Irawan, PhD.
NIP. 195306151980031005

Jakarta, 21 Februari 2012
Ketua Komisi Etik Penelitian FKGUI,



drg. Anton Rahardjo, MKM, PhD
NIP. 195406021983031002

Lampiran 2
Analisa Statistik Parametrik One Way Anova

1. Uji Normalitas Data

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		Nilai Shear Bond Strenght
N		80
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	13.0604
	Std. Deviation	8.03820
Most Extreme Differences	Absolute	.146
	Positive	.146
	Negative	-.082
Kolmogorov-Smirnov Z		1.309
Asymp. Sig. (2-tailed)		.065

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

2. Uji One way ANOVA

Test of Homogeneity of Variances

trn_SBS

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.671	7	72	.130

ANOVA

trn_SBS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.980	7	.569	15.591	.000
Within Groups	2.626	72	.036		
Total	6.605	79			

(Lanjutan)

Descriptives

Nilai Shear Bond Strenght

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
multi tanpa SB	10	18.9500	7.80157	2.46707	13.3691	24.5309	6.55	28.92
multi SB 5	10	16.9740	7.66798	2.42483	11.4887	22.4593	10.68	36.20
multi SB 10	10	19.3030	8.20511	2.59468	13.4334	25.1726	9.78	33.04
multi SB 15	10	19.1780	6.69112	2.11592	14.3915	23.9645	9.92	29.82
SADRC tanpa SB	10	4.8540	2.11997	.67039	3.3375	6.3705	1.87	8.28
SADRC SB 5	10	7.1740	3.67400	1.16182	4.5458	9.8022	2.64	12.60
SADRC SB 10	10	9.5660	3.44990	1.09095	7.0981	12.0339	5.99	18.81
SADRC 15	10	8.4840	3.85952	1.22049	5.7231	11.2449	3.54	17.92
Total	80	13.0604	8.03820	.89870	11.2716	14.8492	1.87	36.20

3. Uji Post Hoc dengan Tukey HSD

Multiple Comparisons

trn_SBS

Tukey HSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
multi tanpa SB	multi SB 5	.03769	.08540	1.000	-.2289	.3043
	multi SB 10	-.01310	.08540	1.000	-.2797	.2535
	multi SB 15	-.01927	.08540	1.000	-.2859	.2473
	SADRC tanpa SB	.59207*	.08540	.000	.3255	.8587
	SADRC SB 5	.44226*	.08540	.000	.1757	.7089
	SADRC SB 10	.27498	.08540	.038	.0084	.5416
	SADRC 15	.34323*	.08540	.003	.0766	.6098
multi SB 5	multi tanpa SB	-.03769	.08540	1.000	-.3043	.2289

(Lanjutan)

	multi SB 10	-.05080	.08540	.999	-.3174	.2158
	multi SB 15	-.05697	.08540	.998	-.3236	.2096
	SADRC tanpa SB	.55438*	.08540	.000	.2878	.8210
	SADRC SB 5	.40457*	.08540	.000	.1380	.6712
	SADRC SB 10	.23728	.08540	.117	-.0293	.5039
	SADRC 15	.30554*	.08540	.014	.0389	.5721
multi SB 10	multi tanpa SB	.01310	.08540	1.000	-.2535	.2797
	multi SB 5	.05080	.08540	.999	-.2158	.3174
	multi SB 15	-.00617	.08540	1.000	-.2728	.2604
	SADRC tanpa SB	.60517*	.08540	.000	.3386	.8718
	SADRC SB 5	.45536*	.08540	.000	.1888	.7220
	SADRC SB 10	.28808*	.08540	.025	.0215	.5547
	SADRC 15	.35634*	.08540	.002	.0897	.6229
multi SB 15	multi tanpa SB	.01927	.08540	1.000	-.2473	.2859
	multi SB 5	.05697	.08540	.998	-.2096	.3236
	multi SB 10	.00617	.08540	1.000	-.2604	.2728
	SADRC tanpa SB	.61134*	.08540	.000	.3447	.8779
	SADRC SB 5	.46153*	.08540	.000	.1949	.7281
	SADRC SB 10	.29425*	.08540	.020	.0276	.5608
	SADRC 15	.36251*	.08540	.002	.0959	.6291
SADRC tanpa SB	multi tanpa SB	-.59207*	.08540	.000	-.8587	-.3255
	multi SB 5	-.55438*	.08540	.000	-.8210	-.2878
	multi SB 10	-.60517*	.08540	.000	-.8718	-.3386
	multi SB 15	-.61134*	.08540	.000	-.8779	-.3447
	SADRC SB 5	-.14981	.08540	.652	-.4164	.1168
	SADRC SB 10	-.31710*	.08540	.009	-.5837	-.0505
	SADRC 15	-.24884	.08540	.085	-.5154	.0178
SADRC SB 5	multi tanpa SB	-.44226*	.08540	.000	-.7089	-.1757
	multi SB 5	-.40457*	.08540	.000	-.6712	-.1380
	multi SB 10	-.45536*	.08540	.000	-.7220	-.1888
	multi SB 15	-.46153*	.08540	.000	-.7281	-.1949
	SADRC tanpa SB	.14981	.08540	.652	-.1168	.4164
	SADRC SB 10	-.16728	.08540	.516	-.4339	.0993

(Lanjutan)

SADRC 15		-.09903	.08540	.941	-.3656	.1676
SADRC SB 10	multi tanpa SB	-.27498*	.08540	.038	-.5416	-.0084
	multi SB 5	-.23728	.08540	.117	-.5039	.0293
	multi SB 10	-.28808*	.08540	.025	-.5547	-.0215
	multi SB 15	-.29425*	.08540	.020	-.5608	-.0276
	SADRC tanpa SB	.31710*	.08540	.009	.0505	.5837
	SADRC SB 5	.16728	.08540	.516	-.0993	.4339
	SADRC 15	.06826	.08540	.993	-.1983	.3349
SADRC 15	multi tanpa SB	-.34323*	.08540	.003	-.6098	-.0766
	multi SB 5	-.30554*	.08540	.014	-.5721	-.0389
	multi SB 10	-.35634*	.08540	.002	-.6229	-.0897
	multi SB 15	-.36251*	.08540	.002	-.6291	-.0959
	SADRC tanpa SB	.24884	.08540	.085	-.0178	.5154
	SADRC SB 5	.09903	.08540	.941	-.1676	.3656
	SADRC SB 10	-.06826	.08540	.993	-.3349	.1983

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

4. Interaksi diantara Dua Faktor

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Nilai Kuat Rekat Geser

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2615.477 ^a	7	373.640	10.809	.000
Intercept	13645.872	1	13645.872	394.750	.000
semen	2456.104	1	2456.104	71.050	.000
durasi	95.937	3	31.979	.925	.433
semen * durasi	63.436	3	21.145	.612	.610
Error	2488.927	72	34.568		
Total	18750.276	80			
Corrected Total	5104.404	79			

a. R Squared = ,512 (Adjusted R Squared = ,465)

Lampiran 3 Gambar Bahan dan Alat



Resin semen *multi-step* (*etsa, prime, silane, resin semen*)



Resin Semen SADRC

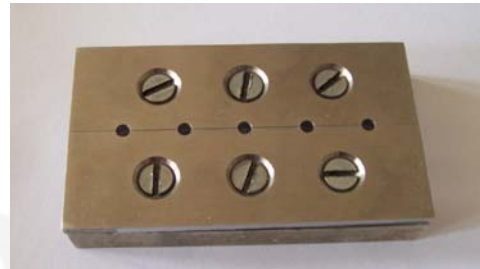


Indirek Resin Komposit

(Lanjutan)



Light Curing Indirek Resin Komposit



Mold SS 3x3 mm untuk cetakan IRK



IRK yang sedang di light curing



Sandblasting untuk IRK



Hasil IRK



Persiapan email gigi sebelum dilekatkan IRK

(Lanjutan)



Email gigi yang dilekatkan IRK

*Light Curing LED*

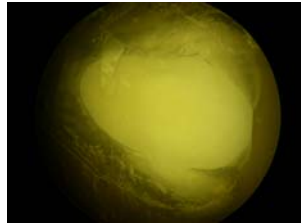
Inkubator

*Universal Testing Machine*

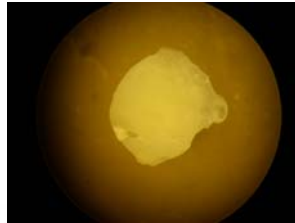
Pengujian Spesimen

Lampiran 4
Analisis Patahan dengan Steromicroscope 20x

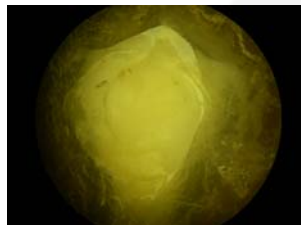
Permukaan spesimen email (E) dan VIRK tanpa perlakuan *sandblasting* yang direkatkan dengan resin semen *multi-step*.



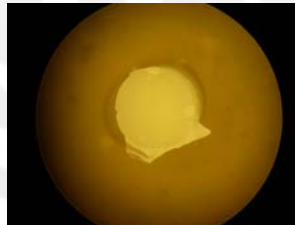
E1



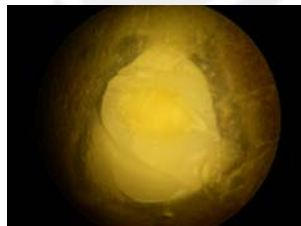
IRK1



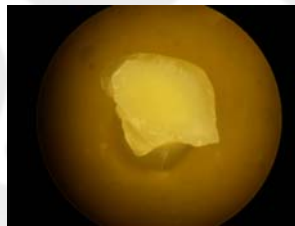
E2



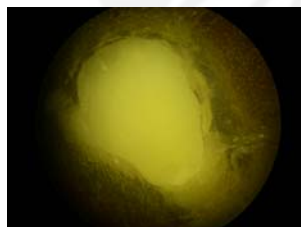
IRK2



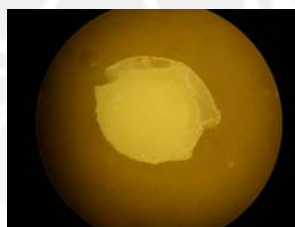
E5



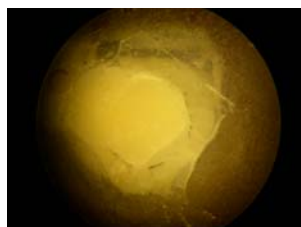
IRK5



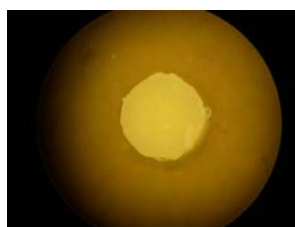
E7



IRK7

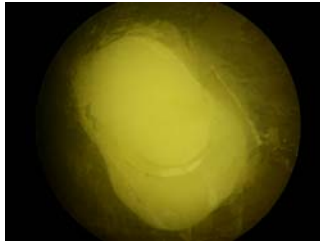


E10

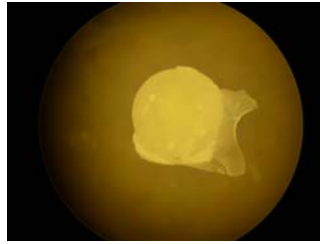


IRK10

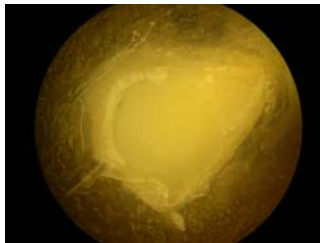
(Lanjutan)



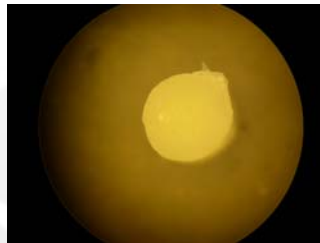
E41



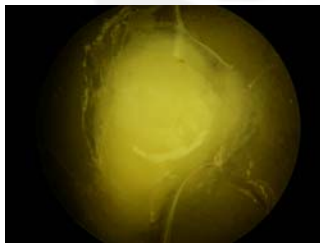
IRK41



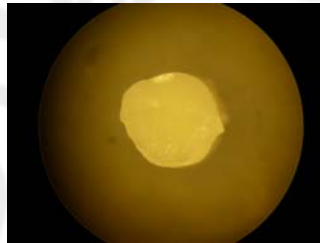
E42



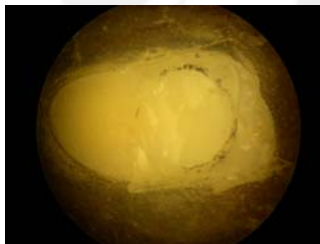
IRK42



E43



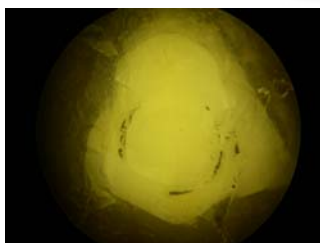
IRK43



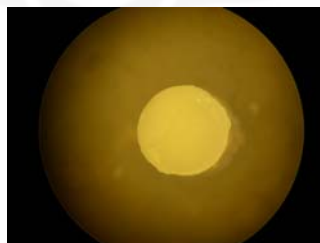
E76



IRK76



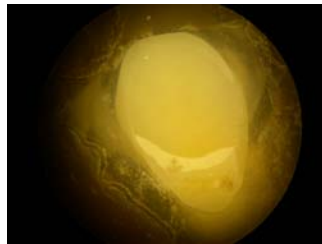
E77



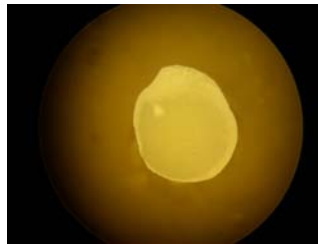
IRK77

(Lanjutan)

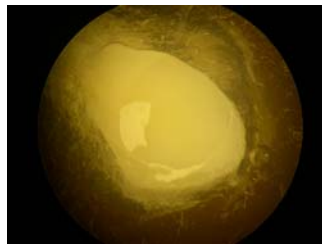
Permukaan spesimen email (E) dan VIRK tanpa perlakuan *sandblasting* yang direkatkan dengan SADRC.



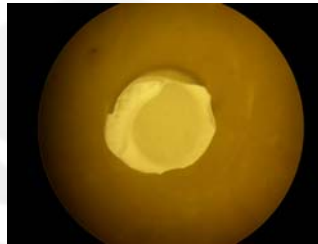
E3



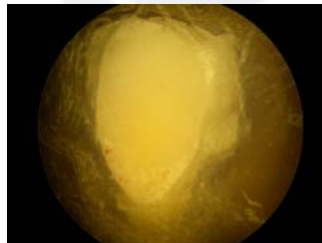
IRK3



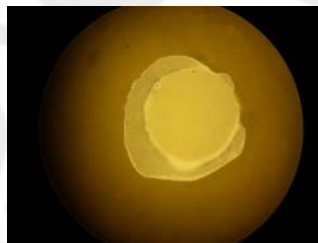
E4



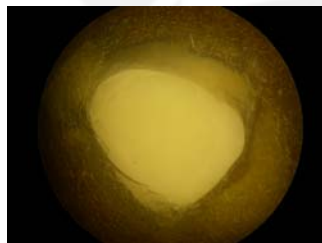
IRK4



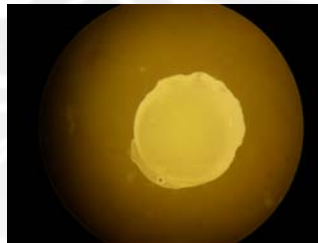
E6



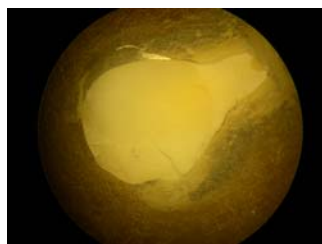
IRK6



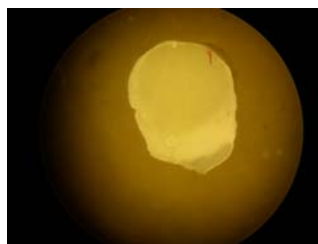
E8



IRK8

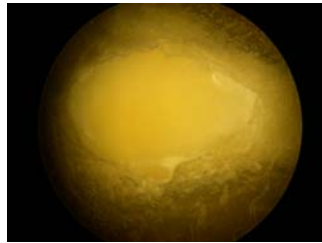


E9

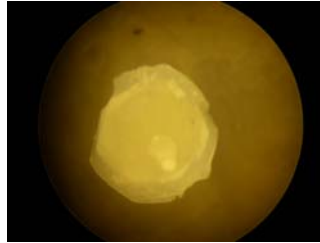


IRK9

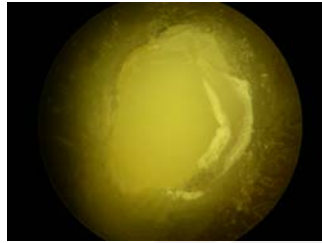
(Lanjutan)



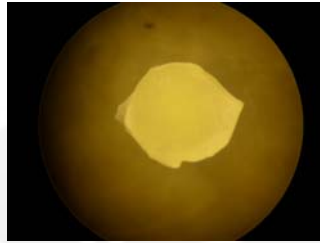
E35



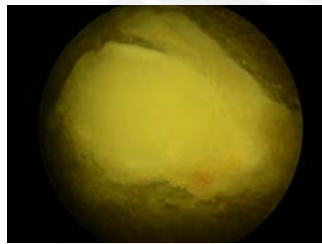
IRK35



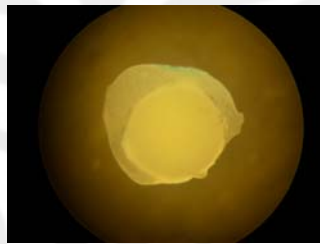
E36



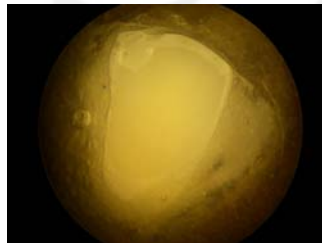
IRK36



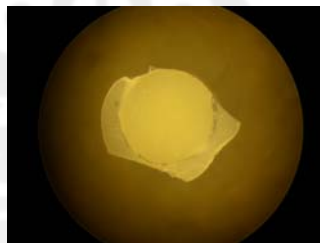
E71



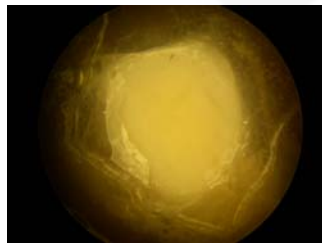
IRK71



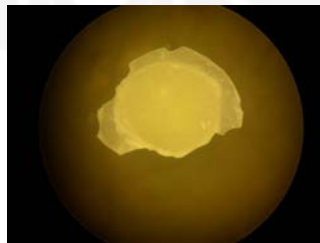
E72



IRK72



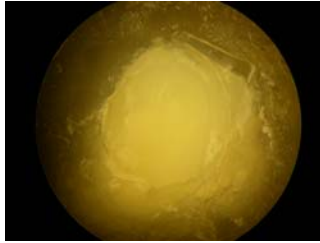
E81



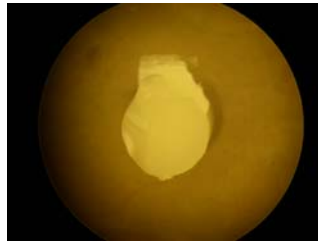
IRK81

(Lanjutan)

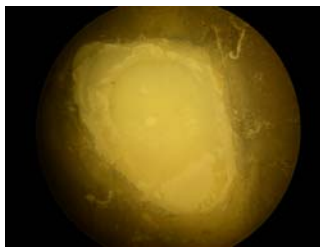
Permukaan spesimen email (E) dan VIRK dengan perlakuan *sandblasting* selama 5 detik yang direkatkan dengan resin semen *multi-step*.



E17



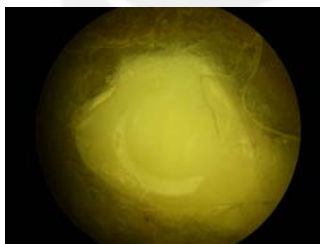
IRK17



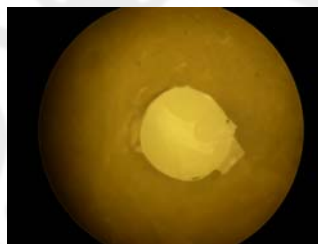
E18



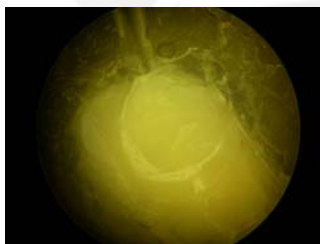
IRK18



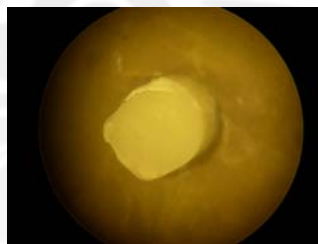
E29



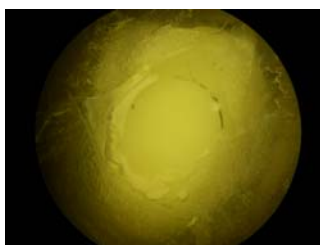
IRK29



E30



IRK30

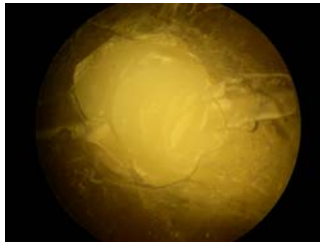


E44

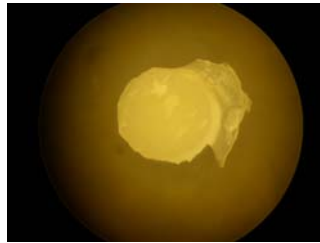


IRK44

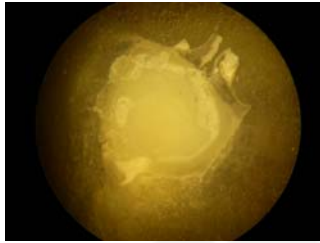
(Lanjutan)



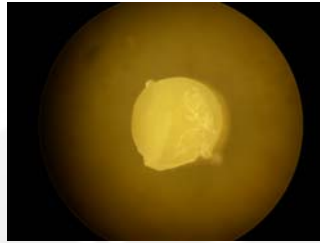
E45



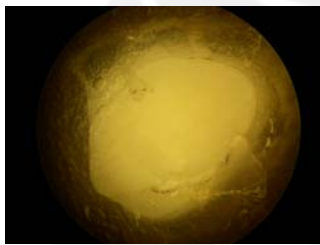
IRK45



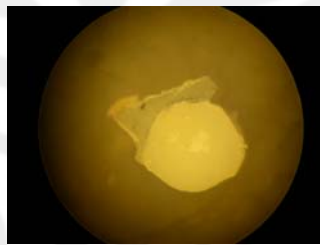
E46



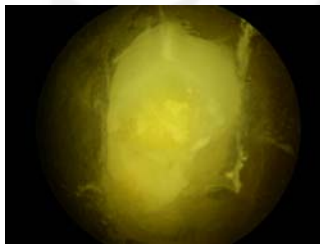
IRK46



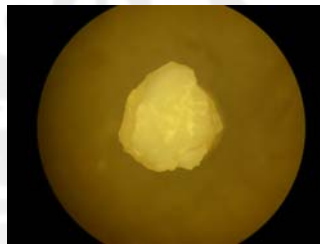
E78



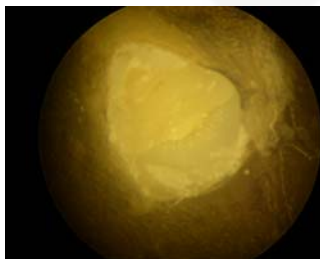
IRK78



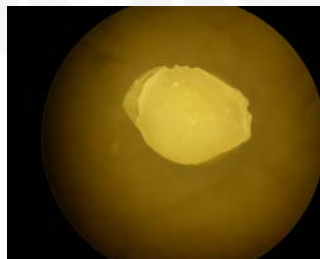
E80



IRK80



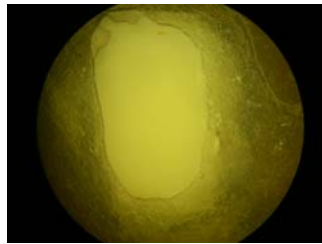
E85



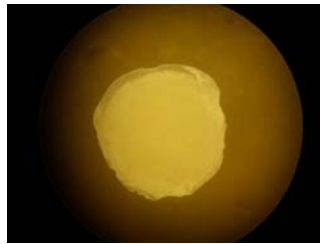
IRK 85

(Lanjutan)

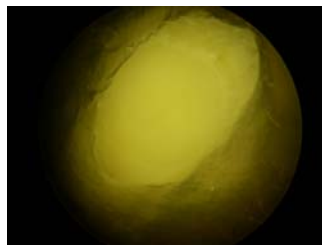
Permukaan spesimen email (E) dan VIRK dengan perlakuan *sandblasting* selama 5 detik yang direkatkan dengan resin semen SADRC.



E11



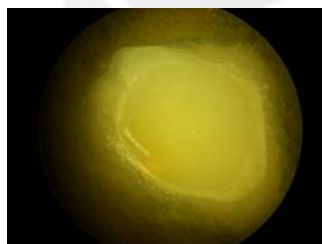
IRK11



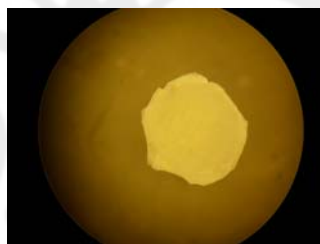
E12



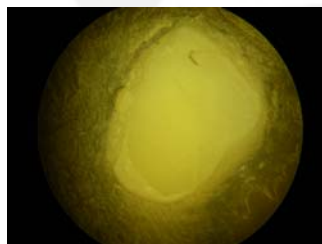
IRK12



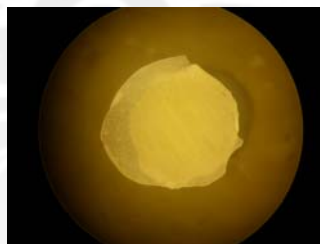
E23



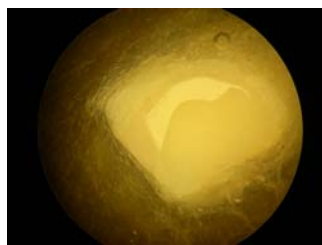
IRK23



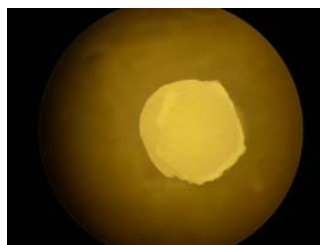
E24



IRK24

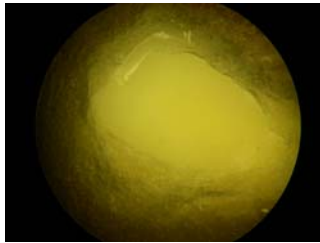


E38

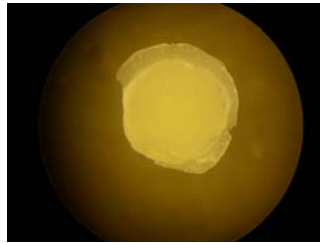


IRK38

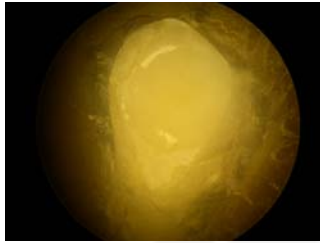
(Lanjutan)



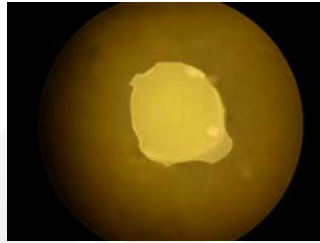
E39



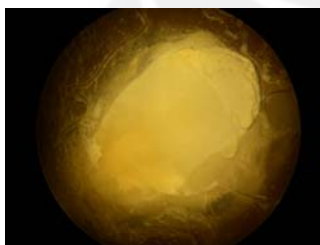
IRK39



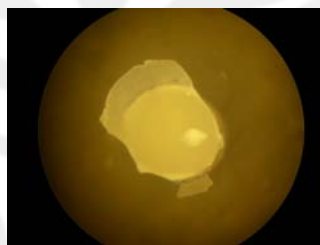
E40



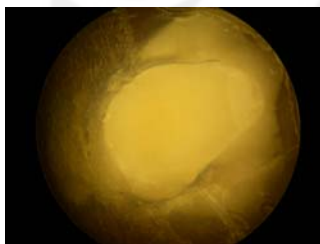
IRK40



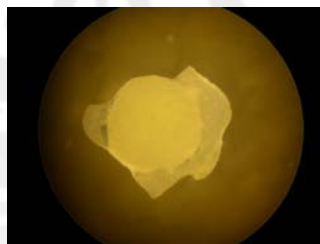
E73



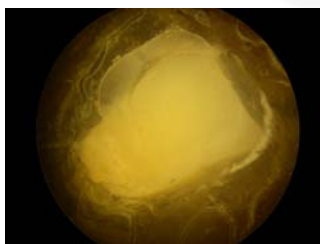
IRK73



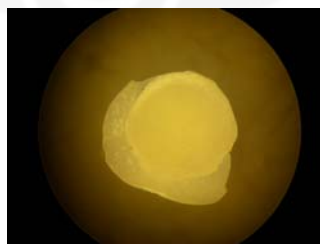
E74



IRK74



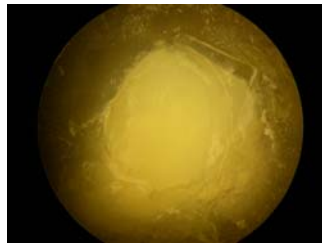
E83



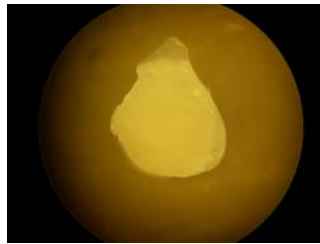
IRK83

(Lanjutan)

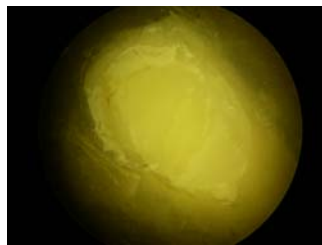
Permukaan spesimen email (E) dan VIRK dengan perlakuan *sandblasting* selama 10 detik yang direkatkan dengan resin semen *multi-step*.



E19



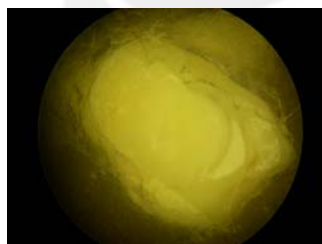
IRK19



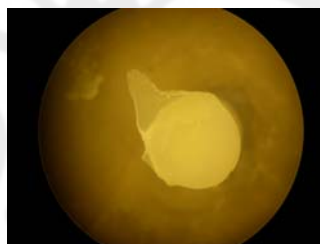
E20



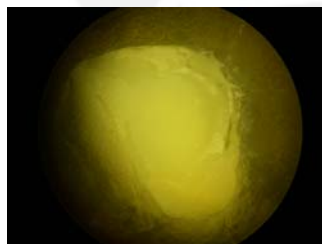
IRK20



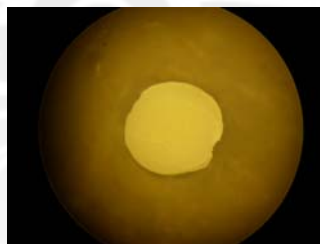
E31



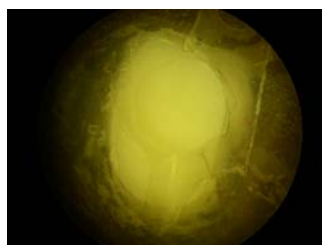
IRK31



E32



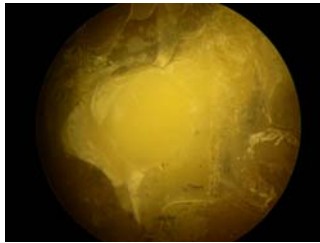
IRK32



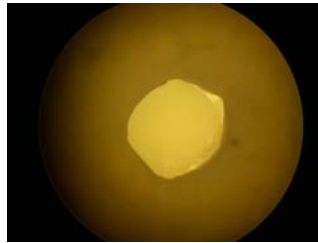
E53



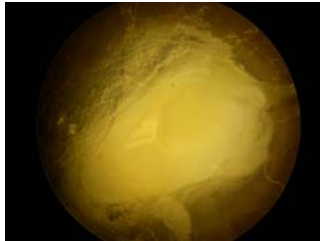
IRK53

(Lanjutan)

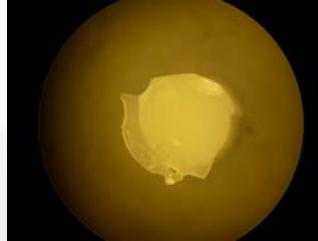
E54



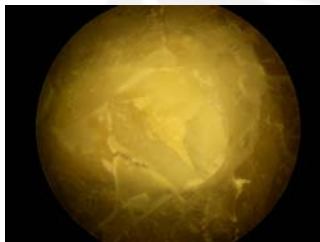
IRK54



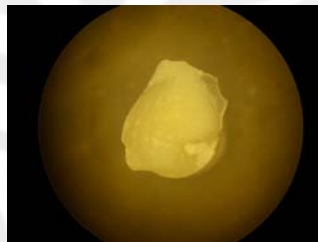
E55



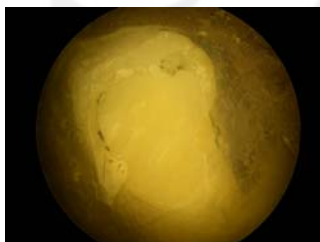
IRK55



E65



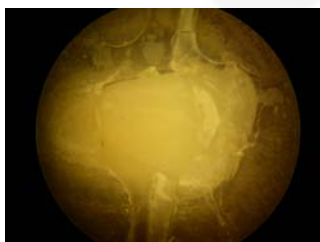
IRK65



E66



IRK66



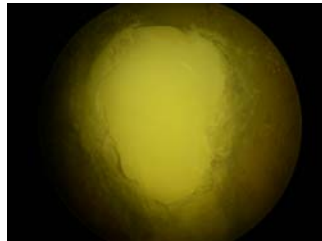
E67



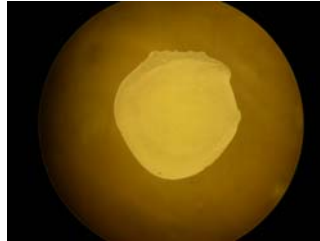
IRK67

(Lanjutan)

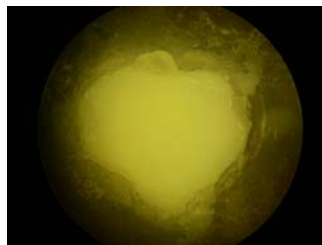
Permukaan spesimen email (E) dan VIRK dengan perlakuan *sandblasting* selama 10 detik yang direkatkan dengan SADRC.



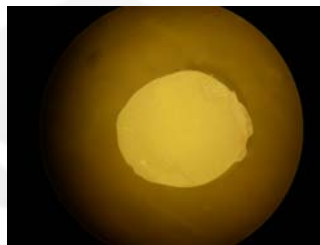
E13



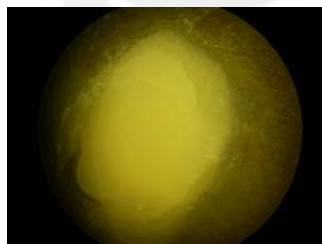
IRK13



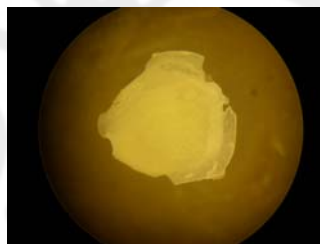
E14



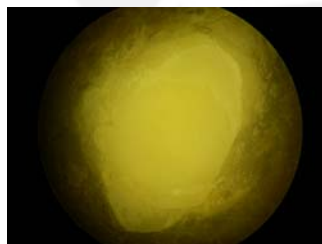
IRK14



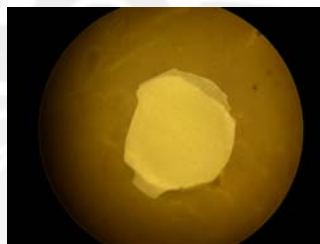
E25



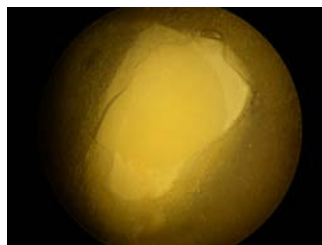
IRK25



E26



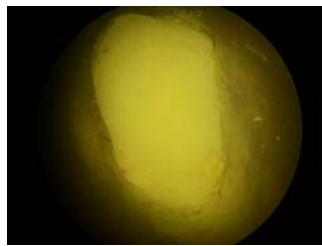
IRK26



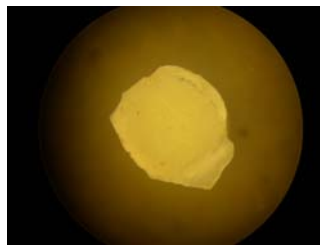
E47



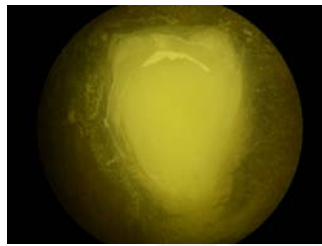
IRK47

(Lanjutan)

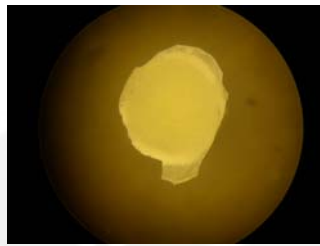
E48



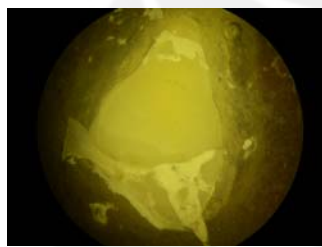
IRK48



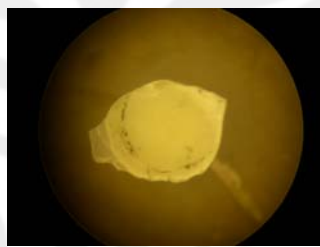
E49



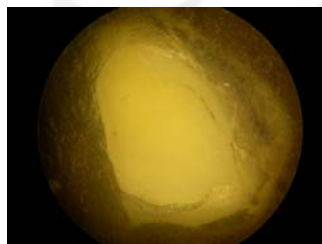
IRK49



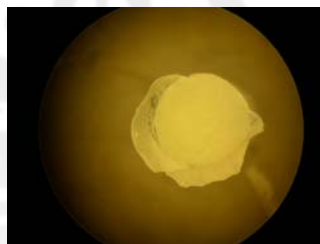
E59



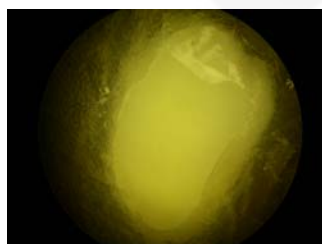
IRK59



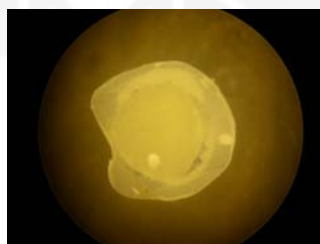
E60



IRK60



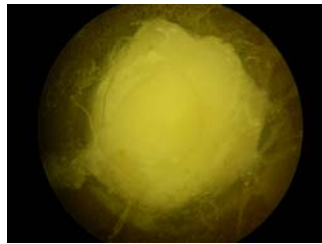
E61



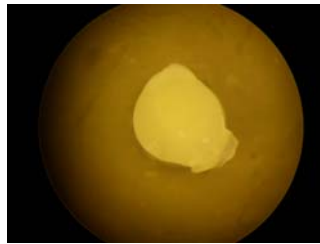
IRK61

(Lanjutan)

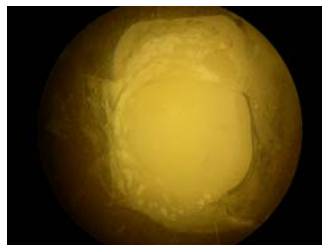
Permukaan spesimen email (E) dan VIRK dengan perlakuan *sandblasting* selama 15 detik yang direkatkan dengan resin semen *multi-step*.



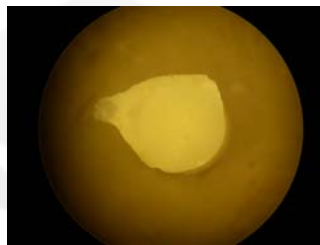
E21



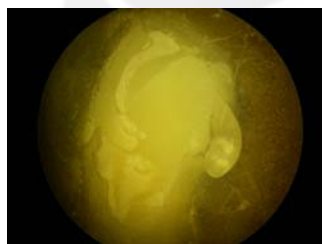
IRK 21



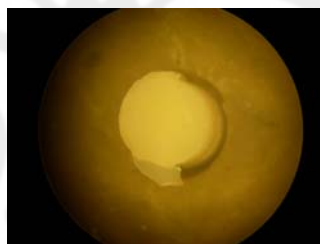
E22



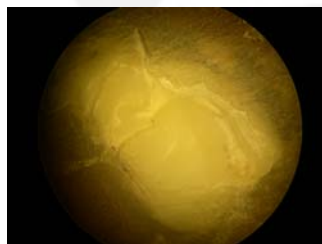
IRK22



E33



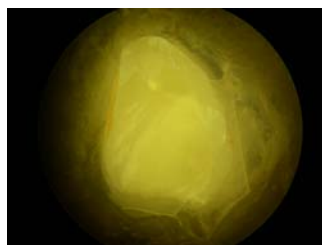
IRK33



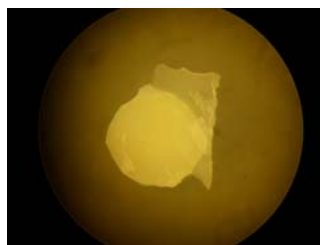
E34



IRK34

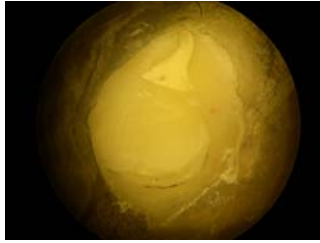


E56

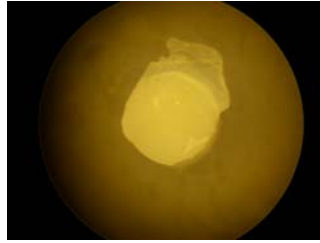


IRK56

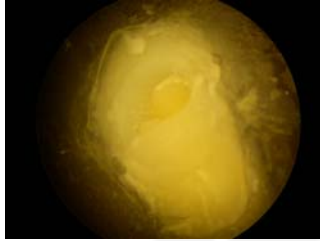
(Lanjutan)



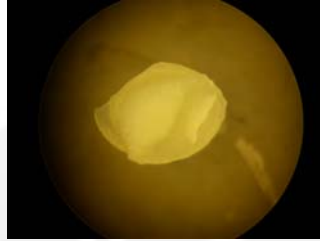
E57



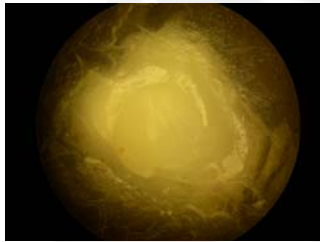
IRK57



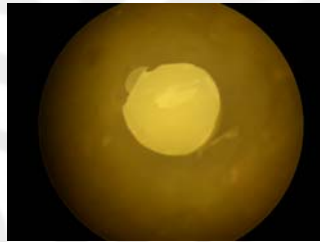
E58



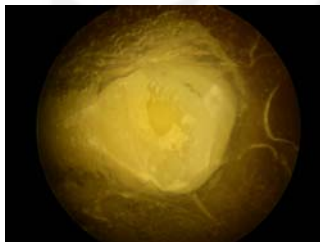
IRK58



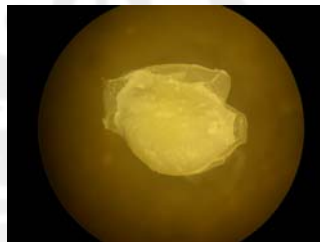
E68



IRK68



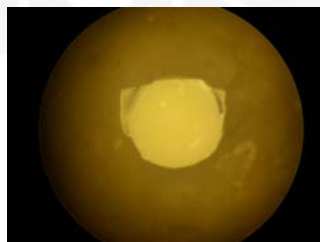
E69



IRK69



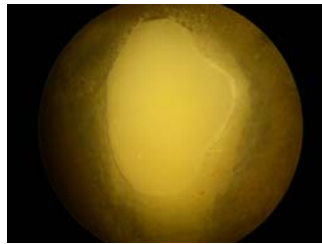
E70



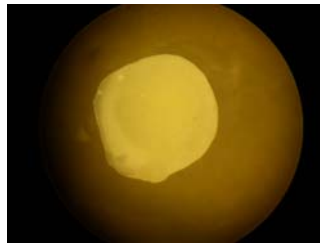
IRK70

(Lanjutan)

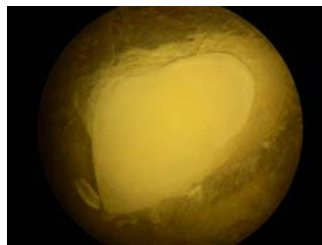
Permukaan spesimen email (E) dan VIRK dengan perlakuan *sandblasting* selama 15 detik yang direkatkan dengan resin semen SADRC.



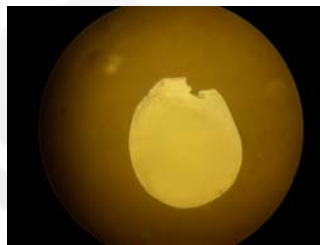
E15



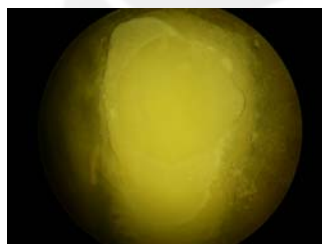
IRK15



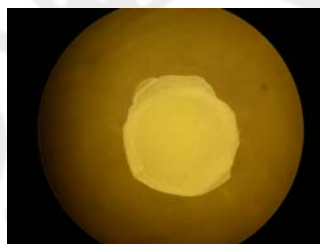
E16



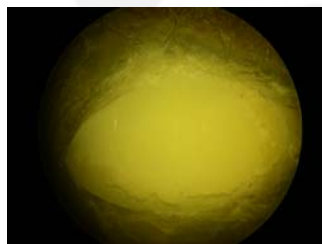
IRK16



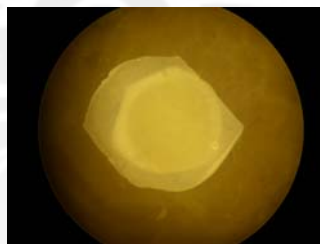
E27



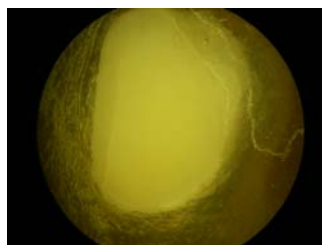
IRK27



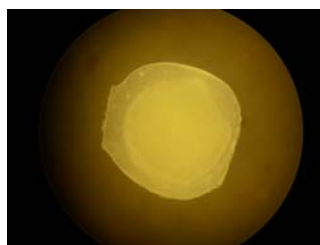
E28



IRK28

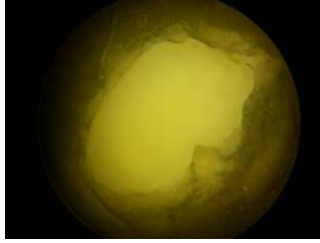


E51

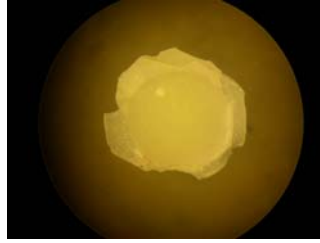


IRK51

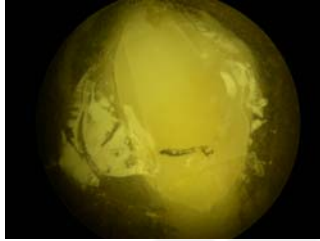
(Lanjutan)



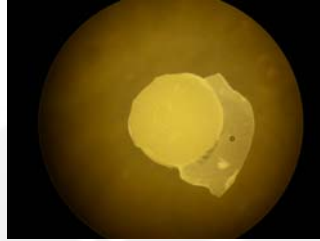
E52



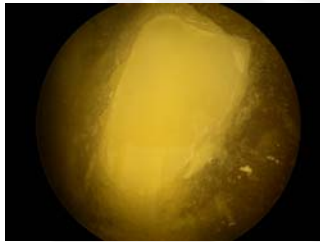
IRK52



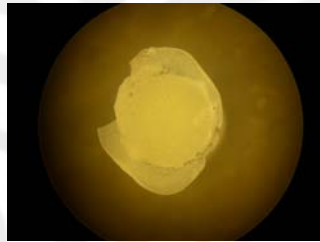
E62



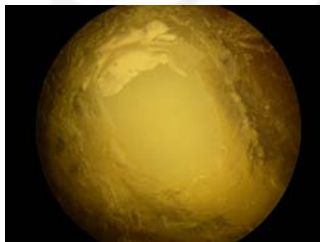
IRK62



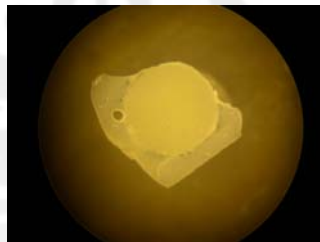
E63



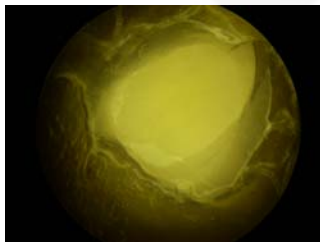
IRK63



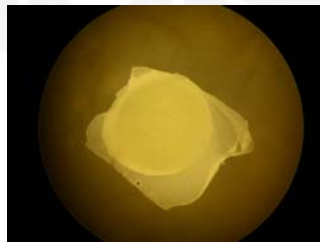
E64



IRK64



E84

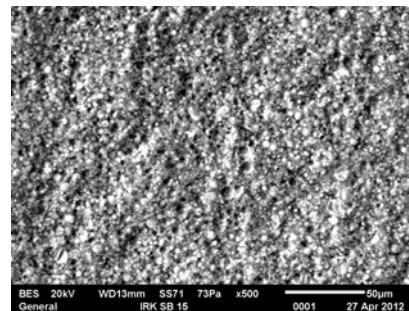
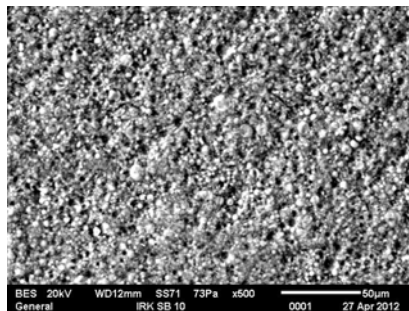
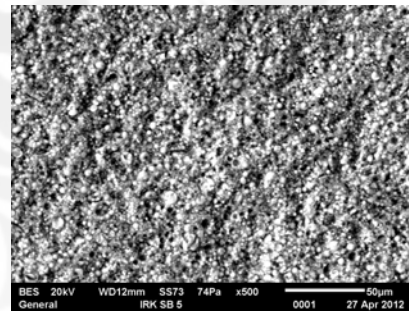
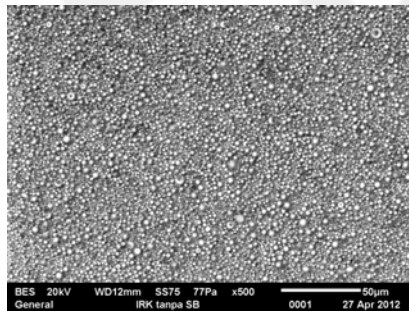
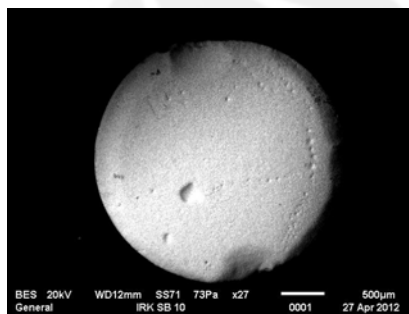
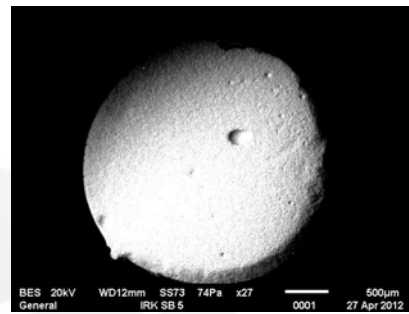
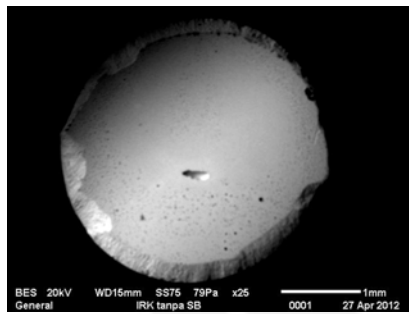


IRK 84

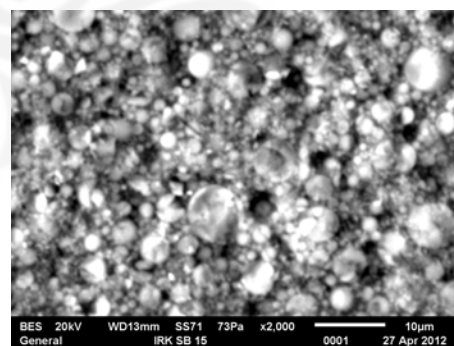
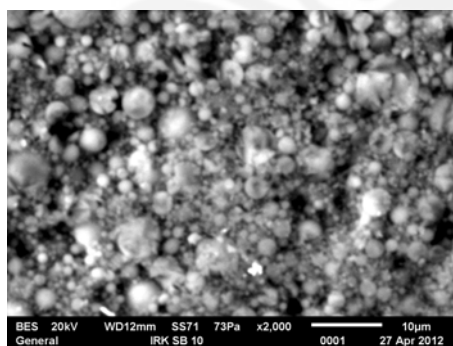
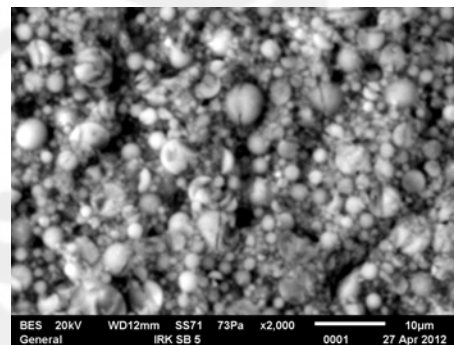
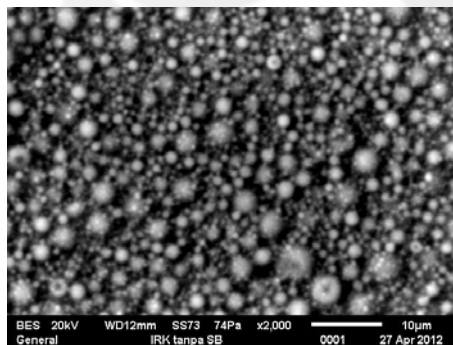
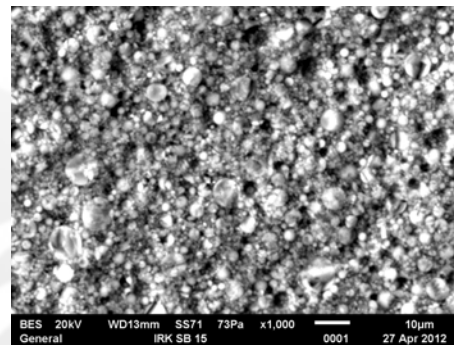
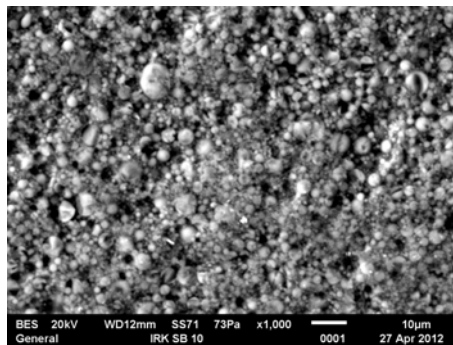
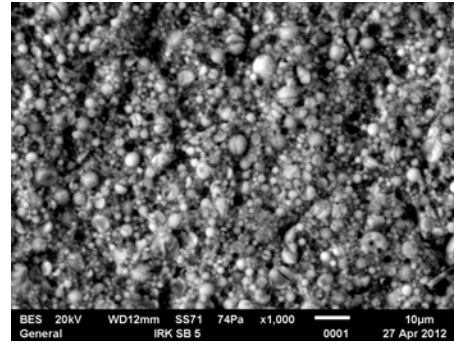
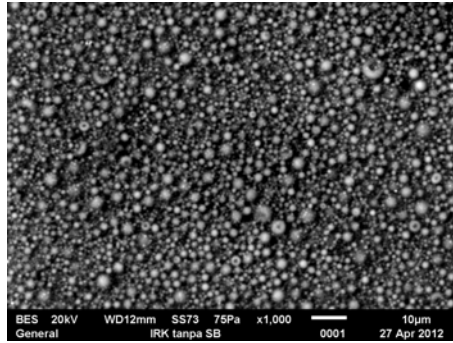
Lampiran 5

Analisa SEM

Permukaan VIRK tanpa perlakuan *sandblasting*, *sandblasting* 5 detik, *sandblasting* 10 detik dan *sandblasting* 15 detik (perbesaran 27x, 500x, 1000x dan 2000x).

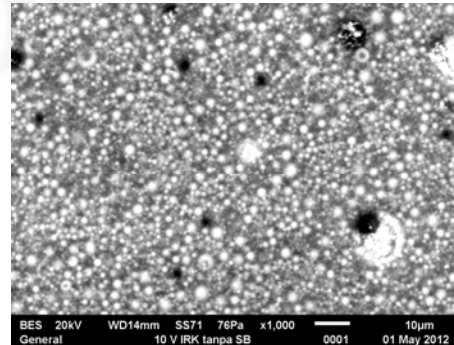
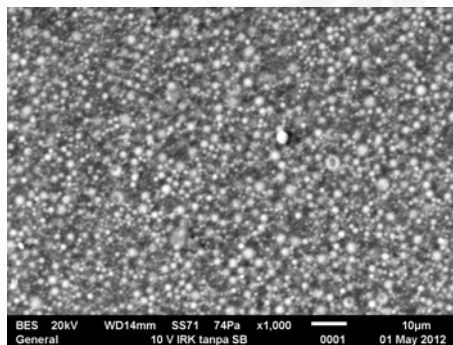
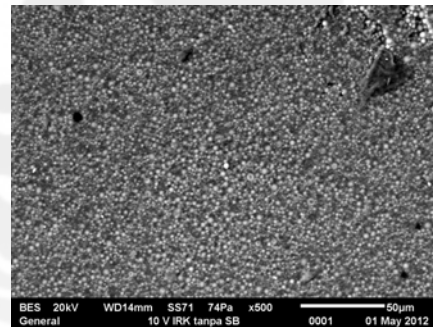
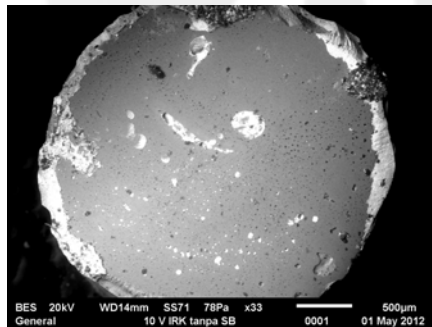
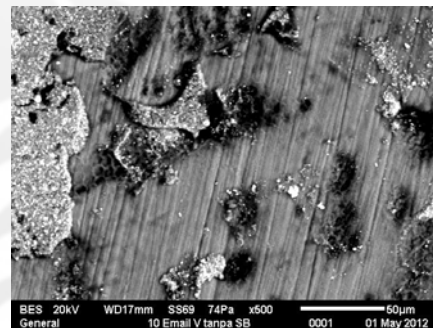
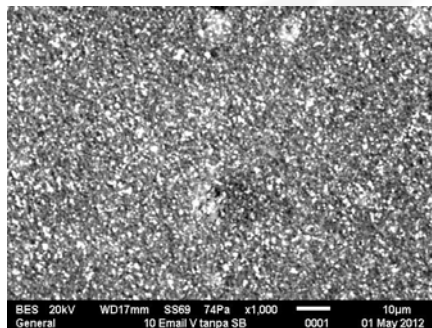
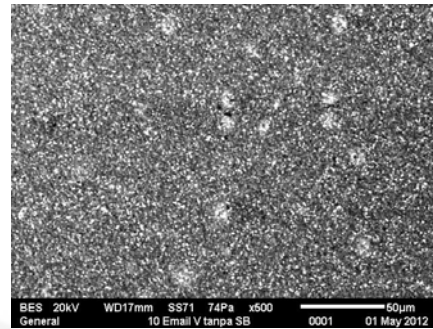
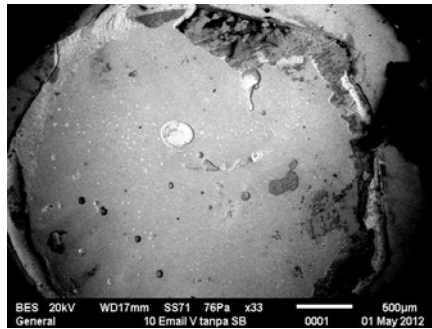


(Lanjutan)



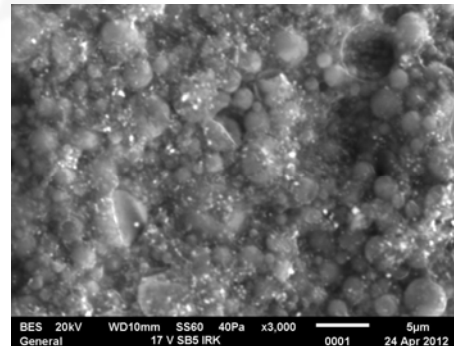
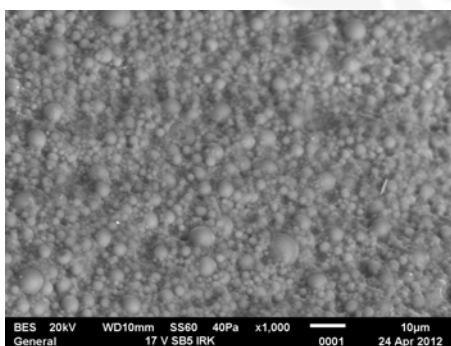
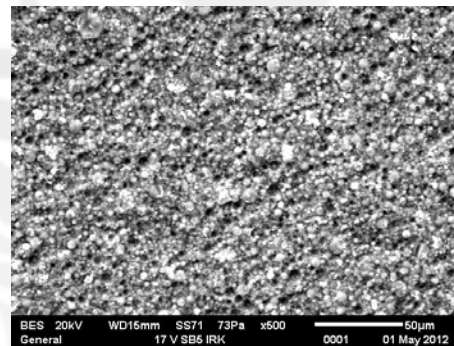
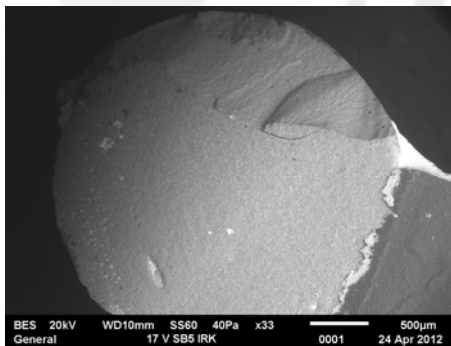
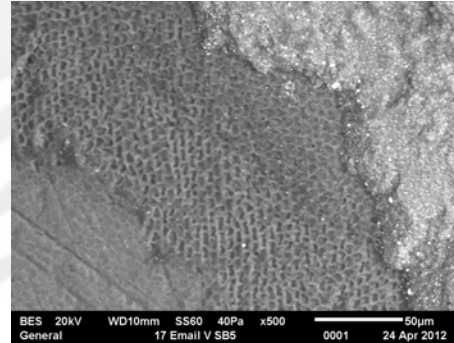
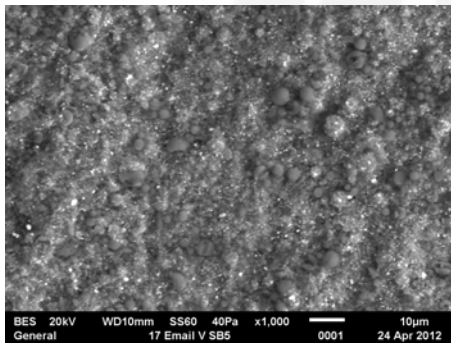
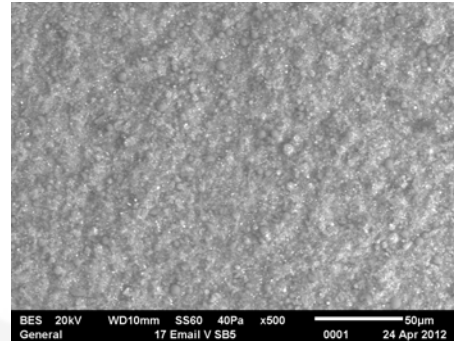
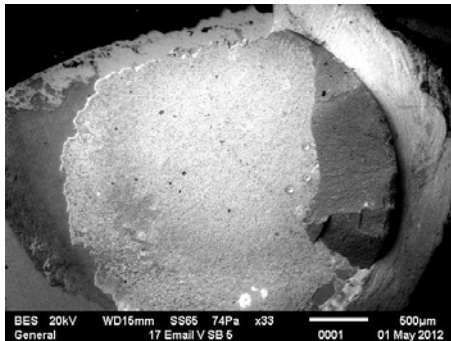
(Lanjutan)

Permukaan email dan VIRK tanpa *sandblasting* yang direkatkan dengan resin semen *multi-step*.



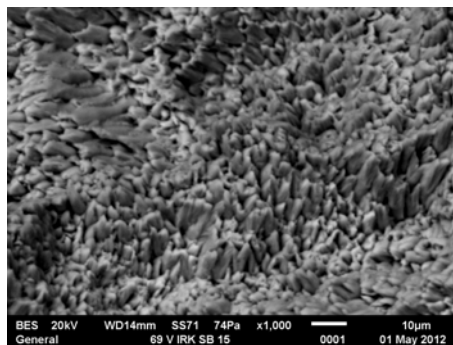
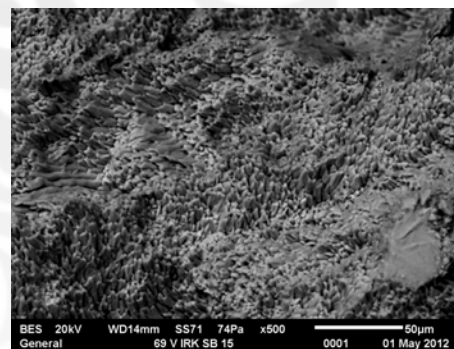
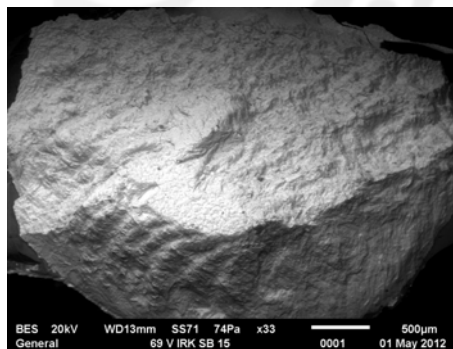
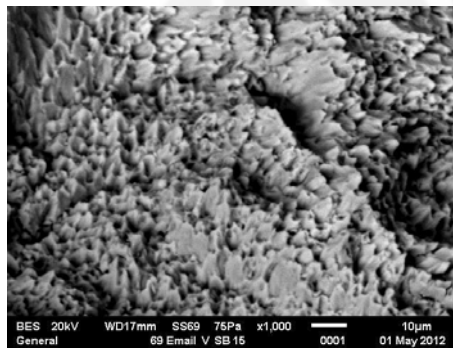
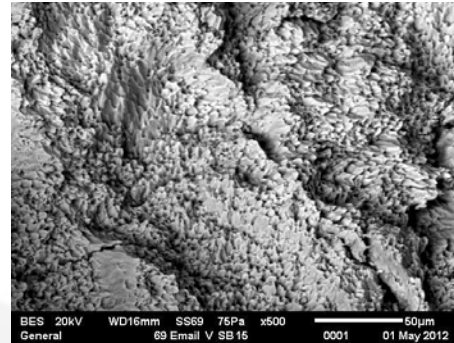
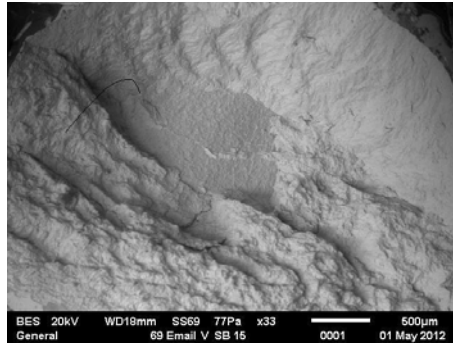
(Lanjutan)

Permukaan email dan VIRK dengan *sandblasting* 5 detik yang direkatkan dengan resin semen *multi-step*.



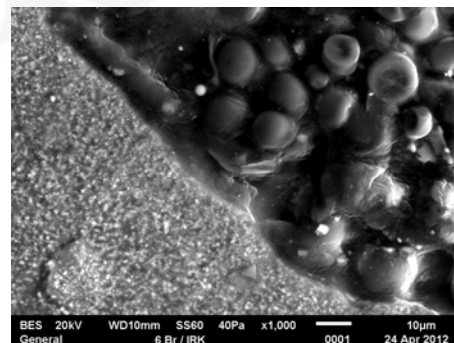
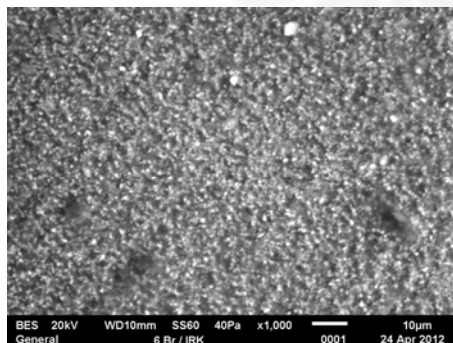
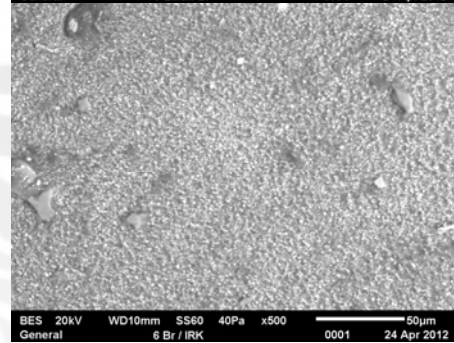
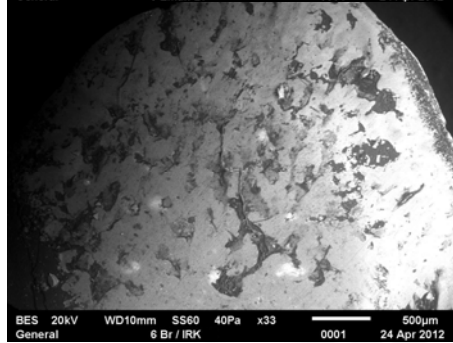
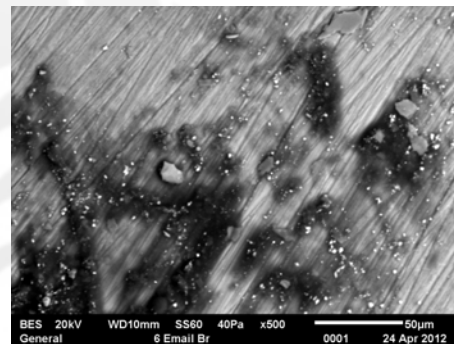
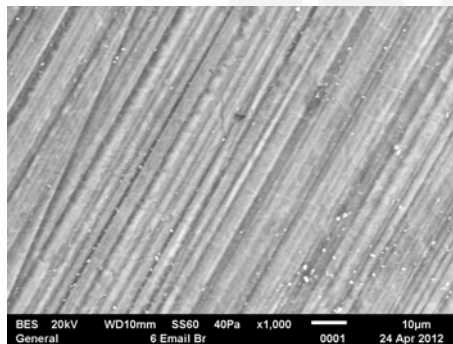
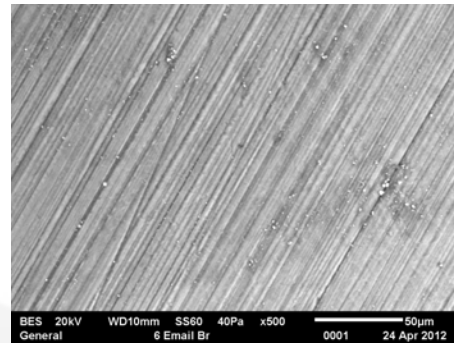
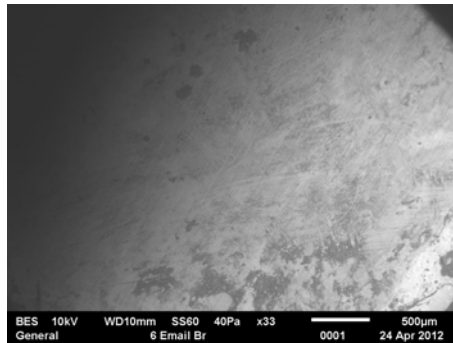
(Lanjutan)

Permukaan email dan VIRK dengan *sandblasting* 15 detik yang direkatkan menggunakan resin semen *multi-step*.



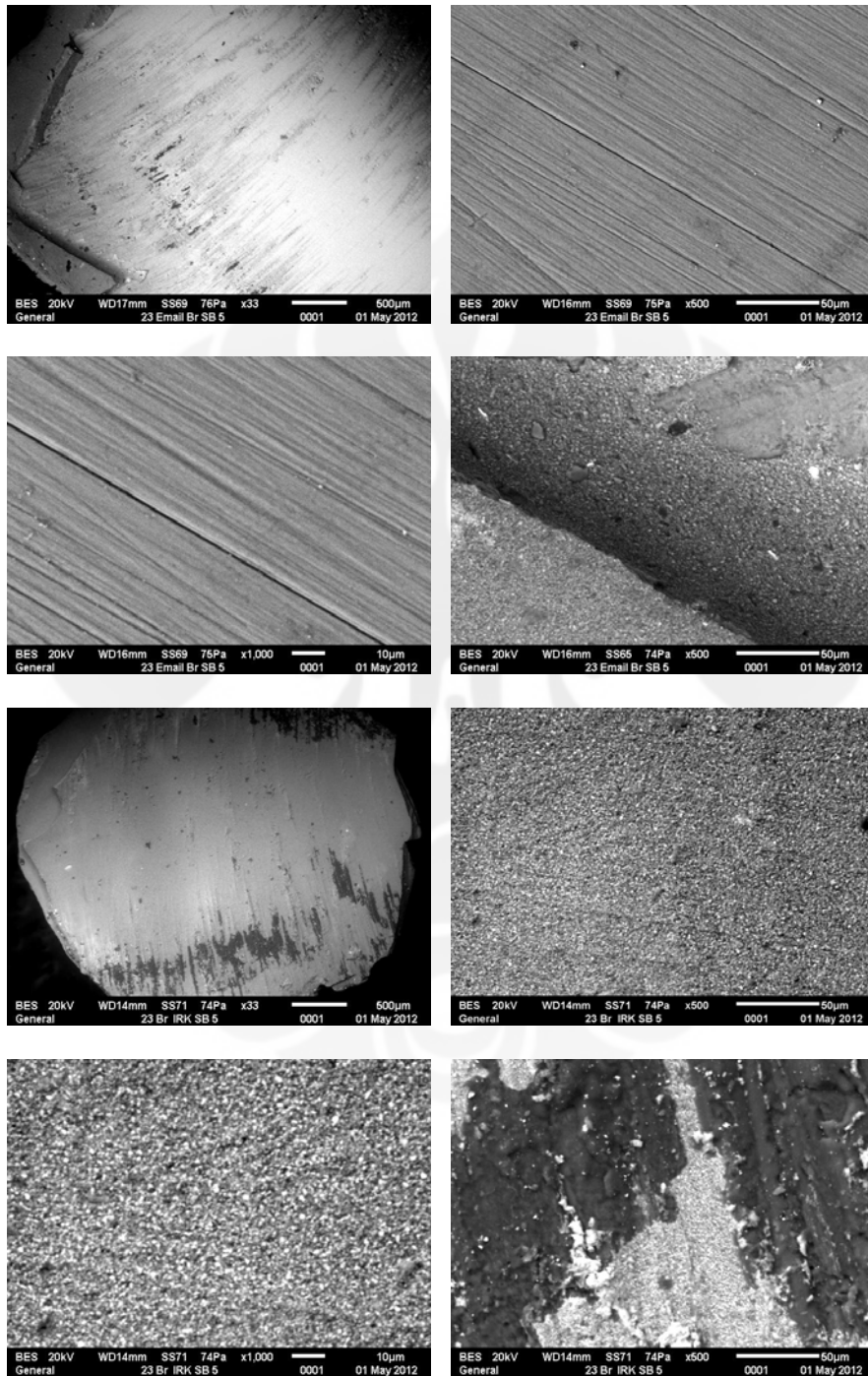
(Lanjutan)

Permukaan email dan VIRK tanpa perlakuan *sandblasting* yang direkatkan menggunakan SADRC.



(Lanjutan)

Permukaan email dan VIRK dengan *sandblasting* 5 detik yang direkatkan dengan SADRC.



(Lanjutan)

Permukaan email dan VIRK dengan *sandblasting* 15 detik yang direkatkan dengan SADRC.

