



**PEMANFAATAN *BIOACTIVE GLASS NANO SILICA* DARI ABU AMPAS
TEBU SEBAGAI *REMINERALIZING AGENT* UNTUK
MEMINIMALKAN KEBOCORAN TEPI
SEMEN IONOMER KACA**

SKRIPSI

Oleh

**Catur Putri Kinasih
NIM 131610101005**

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI

UNIVERSITAS JEMBER

2016



**PEMANFAATAN *BIOACTIVE GLASS NANO SILICA* DARI ABU AMPAS
TEBU SEBAGAI *REMINERALIZING AGENT* UNTUK
MEMINIMALKAN KEBOCORAN TEPI
SEMEN IONOMER KACA**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk
menyelesaikan Program Studi Kedokteran Gigi (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Kedokteran Gigi

Oleh

**Catur Putri Kinasih
NIM 131610101005**

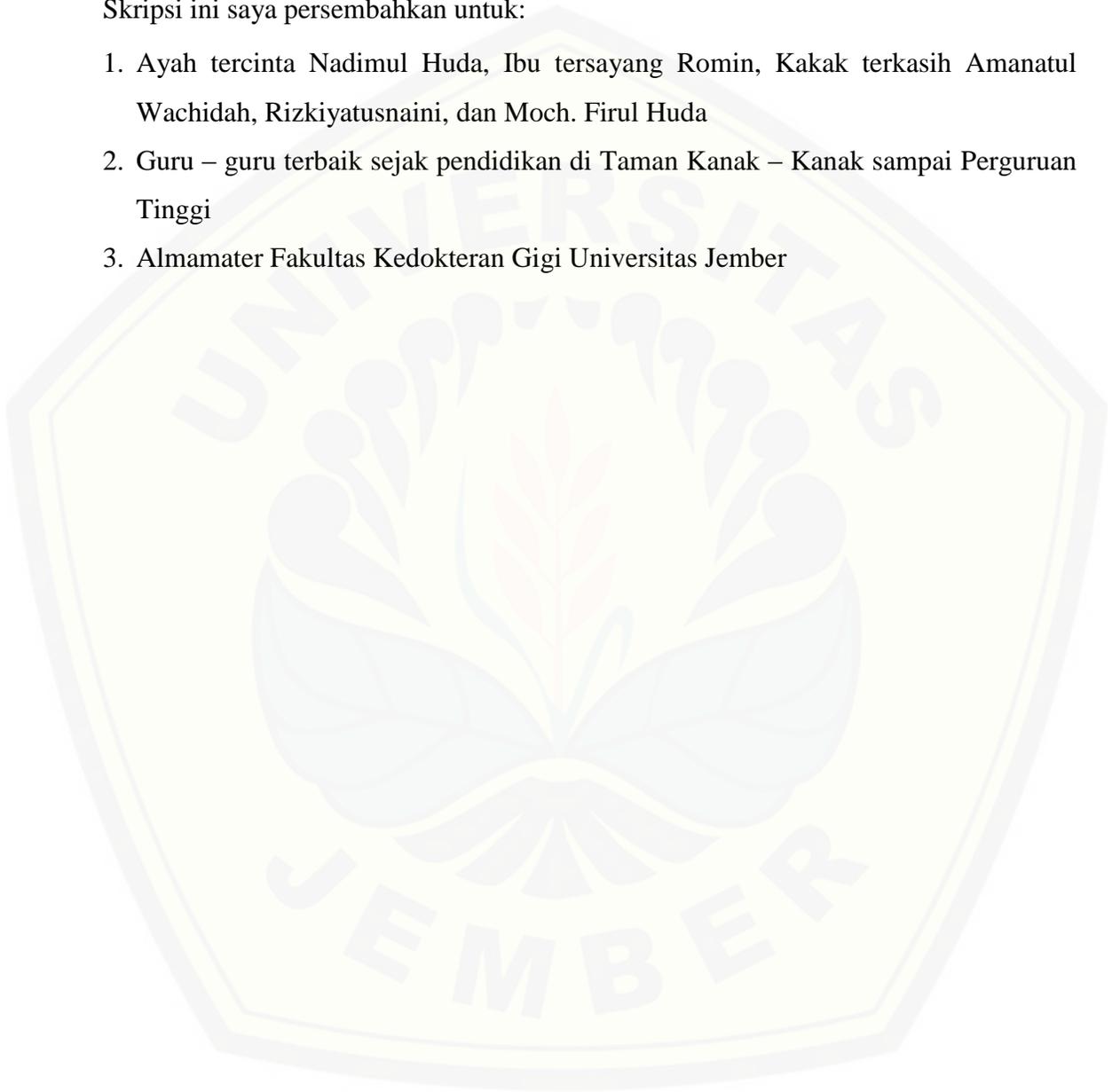
**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS JEMBER**

2016

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayah tercinta Nadimul Huda, Ibu tersayang Romin, Kakak terkasih Amanatul Wachidah, Rizkiyatusnaini, dan Moch. Firul Huda
2. Guru – guru terbaik sejak pendidikan di Taman Kanak – Kanak sampai Perguruan Tinggi
3. Almamater Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember



MOTTO

الأَوْفَى الْجَزَاءُ يُجْزَاهُ ثُمَّ - ٤٠ - يُرَى سَوْفَ سَعْيِهِ وَأَنَّ - ٣٩ - سَعَى مَا إِلَّا لِلْإِنْسَانِ لَيْسَ وَأَنَّ

“Dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya, dan sesungguhnya usahanya itu kelak akan diperlihatkan (kepadanya), kemudian akan diberi balasan kepadanya dengan balasan yang paling sempurna.”

(An-Najm 39-41)*

*“Barang siapa hari ini **LEBIH BAIK** dari hari kemarin, dialah tergolong orang yang **BERUNTUNG**,
Barang siapa yang hari ini **SAMA DENGAN** hari kemarin dialah tergolong orang yang **MERUGI**
dan Barang siapa yang hari ini **LEBIH BURUK** dari hari kemarin dialah tergolong orang yang **CELAKA**” (HR Hakim)***

*Sumber: Al – Quran

**Sumber: Al - Hadist

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Catur Putri Kinasih

NIM : 131610101005

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Pemanfaatan *Bioactive Glass Nano Silica* dari Abu Ampas Tebu sebagai *Remineralizing Agent* untuk Meminimalkan Kebocoran Tepi Semen Ionomer Kaca” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumber, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya plagiasi. Saya bertanggungjawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Desember 2016

Yang Menyatakan,

Catur Putri Kinasih

NIM 131610101005

SKRIPSI

**PEMANFAATAN *BIOACTIVE GLASS NANO SILICA* DARI ABU AMPAS
TEBU SEBAGAI *REMINERALIZING AGENT* UNTUK
MEMINIMALKAN KEBOCORAN TEPI
SEMEN IONOMER KACA**

Oleh :

**CATUR PUTRI KINASIH
NIM 131610101005**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : drg. Niken Probosari, M. Kes

Dosen Pembimbing Pendamping : Dr. drg. Didin Erma Indahyani, M. Kes

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pemanfaatan *Bioactive Glass Nano Silica* dari Abu Ampas Tebu sebagai *Remineralizing Agent* untuk meminimalkan Kebocoran Tepi Semen Ionomer Kaca” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Selasa, 29 Desember 2016

Tempat : Ruang Ujian, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember

Dosen Penguji Ketua,

Dosen Penguji Anggota

drg. Erawati Wulandari, M. Kes
NIP. 196708191993032001

drg. Izzata Barid, M. Kes
NIP. 196805171997022001

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Pendamping

drg. Niken Probosari, M. Kes
NIP. 196702201999032001

Dr. drg Didin Erma Indahyani, M. Kes
NIP. 196903031997022001

Mengesahkan

Dekan,

drg. Rahardyan Parnaadji, M. Kes., Sp. Pros.
NIP. 196901121996011001

RINGKASAN

Pemanfaatan *Bioactive Glass Nano Silica* dari Abu Ampas Tebu sebagai *Remineralizing Agent* untuk Meminimalkan Kebocoran Tepi Semen Ionomer Kaca; Catur Putri Kinasih, 131610101005, 2013, 75 halaman; Program Studi Kedokteran Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

Prevalensi karies di dunia maupun di Indonesia masih sangat tinggi, yakni hampir mencapai 100% dari populasi orang dewasa. Masalah ini ditangani dengan perawatan berupa pengembalian bentuk gigi menggunakan bahan restorasi, seperti semen ionomer kaca karena memiliki berbagai macam manfaat. Di samping manfaat, semen ionomer kaca juga memiliki keterbatasan, salah satunya mudah mengalami kebocoran tepi akibat sineresis (penguapan air). Kebocoran tepi dapat dicegah dengan cara memberi bahan pelindung permukaan restorasi (vaselin), namun hasilnya belum maksimal. Modifikasi semen ionomer kaca pun dikembangkan, salah satunya dengan menambahkan bahan *bioactive glass silica* ke dalam semen ionomer kaca sebagai *remineralizing agent*, karena dapat membentuk lapisan *hydroxycarbonate apatite* (HCA). Ukuran partikel *bioactive glass silica* dapat mempengaruhi proses remineralisasi ini. Semakin kecil ukuran *bioactive glass silica*, maka semakin cepat pembentukan HCANYa. *Bioactive glass nano silica* dapat diproduksi dari abu ampas tebu, karena abu ampas tebu memiliki kandungan silika sebanyak 70%, sehingga bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu ini diharapkan dapat membentuk HCA untuk meminimalkan kebocoran tepi pada semen ionomer kaca.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pemanfaatan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu sebagai *remineralizing agent* untuk meminimalkan kebocoran tepi pada semen ionomer kaca.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratoris dengan desain *the post-test only with control group*. Sampel penelitian menggunakan elemen gigi insisivus sapi sebanyak 24 buah. Sampel dibagi menjadi 4 kelompok meliputi kelompok 1 (kelompok kontrol/ sampel ditumpat dengan semen ionomer kaca), kelompok 2

(kelompok kontrol/ sampel ditumpat dengan semen ionomer kaca kemudian diulas vaselin), kelompok 3 (kelompok perlakuan/ sampel ditumpat dengan semen ionomer kaca yang dicampur dengan bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu), dan kelompok 4 (kelompok perlakuan/ sampel ditumpat dengan semen ionomer kaca yang dicampur dengan bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu, kemudian diulas vaselin). Penelitian diawali dengan pembuatan bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu. Abu ampas tebu dicampur dengan NaOH untuk membentuk natrium silika (prekursor silika), kemudian natrium silika dicampurkan dengan akuades, etanol, asam nitrat, P_2O_5 , dan $Ca(NO_3)_2 \cdot 4 H_2O$ untuk menghasilkan *bioactive glass nano silica*, selanjutnya mencampurkan 0,04 gram bahan tersebut ke dalam 100 gram bubuk semen ionomer kaca. Prosedur selanjutnya adalah preparasi sampel (gigi sapi) menggunakan *low speed diamond fissure silindris bur* sehingga membentuk kavitas bulat berdiameter 3 mm dan kedalaman 2 mm. Kavitas diirigasi dengan akuades steril, dikeringkan dengan *cotton pellet* sampai benar-benar kering, kemudian diulas *dentine conditioner* (asam poliakrilat 20%) selama 20 detik. Kavitas dibilas kembali dengan akuades steril, dikeringkan lembab dengan *cotton pellet*, kemudian ditumpat. Penumpatan pada kelompok 1 dilakukan dengan cara mencampurkan 1 sendok peres bubuk semen ionomer kaca dengan 1 tetes asam poliakrilat di atas *paper pad*, diaduk melipat, kemudian diaplikasikan ke dalam kavitas. Kelompok 2 ditumpat dengan bahan dan cara yang sama dengan kelompok 1, kemudian dilakukan pemberian vaselin di atas permukaan tumpatan. Kelompok 3 ditumpat dengan bahan semen ionomer kaca yang dicampur bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu, dan proses penumpatan sama dengan kelompok 1. Kelompok 4 ditumpat dengan bahan semen ionomer kaca yang dicampur bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu, dan proses penumpatan sama dengan kelompok 2. Prosedur selanjutnya adalah merendam sampel ke dalam akuades dan metilen biru 1% (masing-masing selama 24 jam pada suhu 37^0 dalam inkubator), kemudian sampel dipotong dari arah sagital, lalu sampel diamati di bawah mikroskop digital. Kebocoran tepi diukur menggunakan sistem

skor berdasarkan kedalaman penetrasi larutan metilen biru 1% di antara bahan restorasi dan dinding kavitas sisi kanan dan sisi kiri sampel. Kedua skor tersebut dijumlah lalu dibagi 2, dan hasilnya digunakan untuk menghitung rata-rata skor tiap kelompok.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata skor kebocoran tepi kelompok 1 sebesar 1,83; kelompok 2 sebesar 1,5; kelompok 3 sebesar 1,25; dan kelompok 4 sebesar 1,5. Hasil uji *one way anova* menunjukkan nilai signifikansi 0,462 ($p > 0,05$), berarti tidak ada perbedaan yang bermakna antara rerata skor kebocoran tepi pada 4 kelompok.

Pada kelompok 1, kebocoran tepi yang terjadi dapat disebabkan karena sineresis (penguapan air). Sineresis tersebut dapat dicegah dengan cara pemberian vaselin di atas permukaan semen ionomer kaca, meskipun kebocoran tepi tidak dapat dicegah secara sempurna (kelompok 2). Selain vaselin, bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu pada kelompok 3 juga dapat meminimalkan kebocoran tepi semen ionomer kaca, karena bahan ini mampu membentuk lapisan *hidroxy carbonate apatite* (HCA). Kebocoran tepi kelompok 4 sama dengan kelompok 2 dan lebih kecil daripada kelompok 1, namun lebih besar daripada kelompok 3. Pembentukan HCA akan terjadi jika bahan *bioactive* berkontak dengan air, sehingga pada kelompok 4 yang diulasi vaselin (resisten terhadap air) terjadi penghambatan pembentukan HCA. Pada penelitian ini, kebocoran tepi yang terjadi pada semua kelompok mungkin disebabkan karena kurangnya perlekatan semen ionomer kaca dengan dinding kavitas akibat pemampatan bahan dengan tekanan jari kurang memadai.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu sebagai *remineralizing agent* dapat meminimalkan kebocoran tepi pada semen ionomer kaca, namun hal tersebut secara statistik tidak signifikan atau tidak bermakna.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah swt atas rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Pemanfaatan *Bioactive Glass Nano Silica* dari Abu Ampas Tebu sebagai *Remineralizing Agent* untuk Meminimalkan Kebocoran Tepi Semen Ionomer Kaca”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) Program Studi Pendidikan Dokter Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. drg. Rahardyan Parnaadji, M. Kes., Sp. Pros., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember;
2. drg. IDA Susilawati, M. Kes., selaku Wakil Dekan I Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember;
3. drg. Niken Probosari, M. Kes, selaku Dosen Pembimbing Utama, Dr. drg. Didin Erma Indahyani, M. Kes, selaku Dosen Pembimbing Pendamping, drg. Erawati Wulandari, M. Kes, selaku Dosen Penguji Ketua, dan drg. Izzata Barid, M. Kes., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah membantu dan bersabar dalam membimbing penulis menyelesaikan skripsi ini;
4. drg. Ristya Widi Endah Yani, M. Kes., drg. Yenny Yustisia, M. Biotech., drg Zahara Meilawaty, M.Kes, dan drg. Suhartini, M. Biotech selaku Dosen Komisi Bimbingan Skripsi;
5. Keluarga besar Bapak Nadimul Huda yang telah memberikan segalanya sejak penulis kecil hingga dewasa;
6. Andika Sulistian, Wahyu Hidayat, Vita Lukita Sari, Farah Adibah, dan Afifannisa Dienda Rifani selaku Tim Proyek *Bioactive Glass Nano Silica* dari Abu Ampas Tebu yang selalu kompak dalam menyelesaikan penelitian bersama penulis;

7. Jajaran staf Laboratorium Biosain Politeknik Negeri Jember, Retno Rachmayanti dan Faiqatin Cahya Ramadhani yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian;
8. Teman seperjuangan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember 2013, teman-teman kos 57 B, dan teman-teman seperjuangan KKN PPM 05 yang selalu memberi dorongan dan semangat;
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 29 Desember 2016

DAFTAR ISI

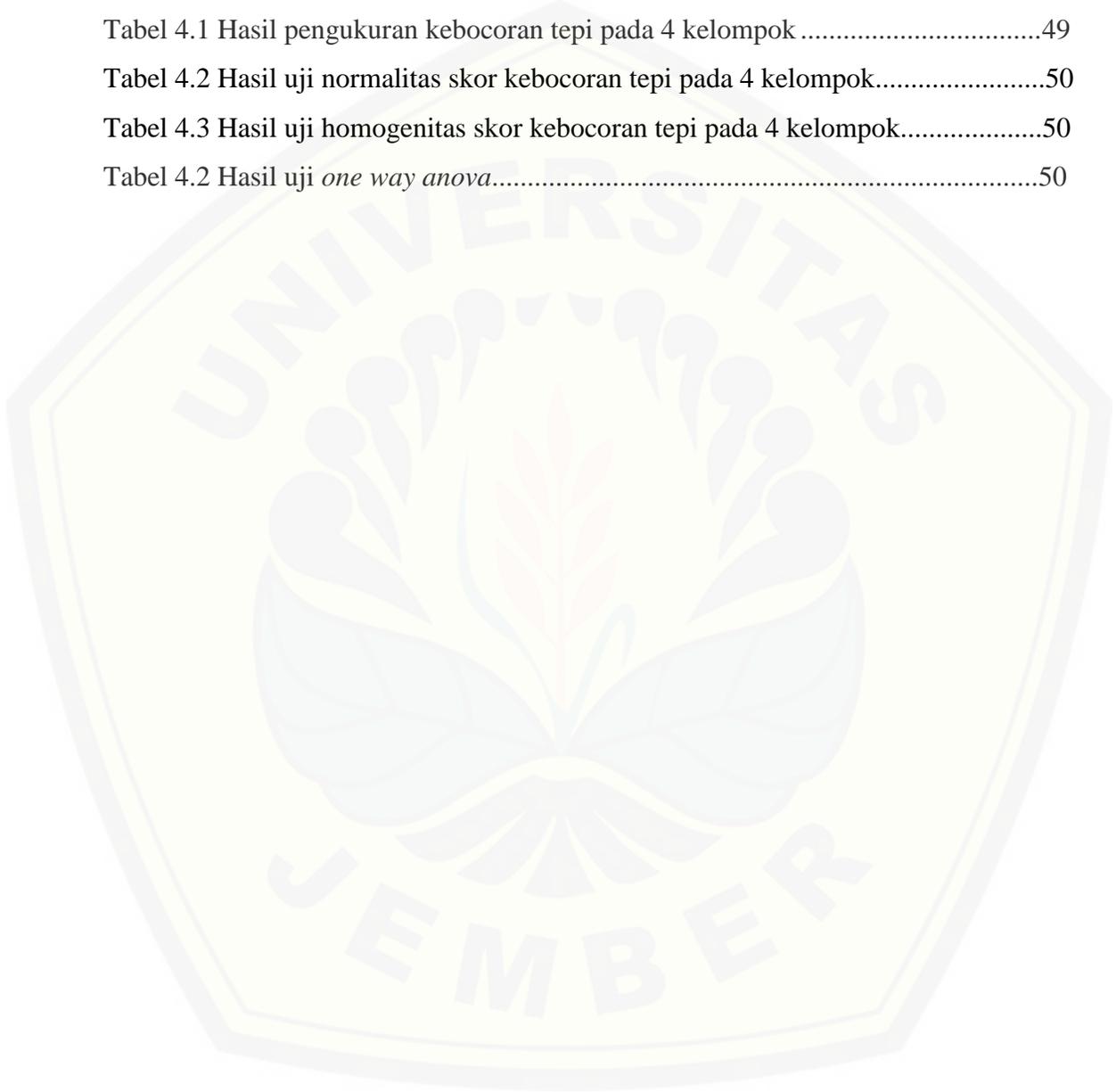
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1 Rumusan Masalah	3
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Remineralisasi dan Demineralisasi Gigi	5
2.2 Semen Ionomer Kaca	7
2.2.1 Sejarah Semen Ionomer Kaca	7
2.2.2 Klasifikasi Semen Ionomer Kaca	9
2.2.3 Reaksi <i>Setting</i> Semen Ionomer Kaca	12
2.2.4 Sifat Semen Ionomer Kaca	13
2.3 Kebocoran Tepi	15
2.3.1 Definisi Kebocoran Tepi	15
2.3.2 Etiologi Kebocoran Tepi	15
2.3.3 Dampak Kebocoran Tepi	16
2.3.4 Metode Deteksi Kebocoran Tepi	16

2.4 Bioactive Glass	17
2.4.1 Sejarah <i>Bioactive Glass</i>	17
2.4.2 Jenis <i>Bioactive Glass</i>	18
2.4.3 Nanoteknologi <i>Bioactive Glass</i>	19
2.4.4 Penggunaan <i>Bioactive Glass</i> sebagai <i>Remineralizing Agent</i>	21
2.5 Tebu	22
2.6 Gigi Sapi	24
2.7 Peta Konsep	26
2.8 Hipotesis Penelitian	27
BAB 3. METODE PENELITIAN	28
3.1 Rancangan Penelitian	28
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.3 Variabel Penelitian	28
3.3.1 Variabel Bebas	28
3.3.2 Variabel Terikat	28
3.3.3 Variabel Terkendali	28
3.4 Definisi Operasional	29
3.4.1 Ampas Tebu	29
3.4.2 <i>Bioactive Glass Nano Silica</i>	29
3.4.3 Semen Ionomer Kaca yang Dicampur dengan Bahan <i>Bioactive Glass Nano Silica</i> dari ampas tebu	29
3.4.4 Kebocoran Tepi	29
3.5 Sampel Penelitian	30
3.5.1 Sampel Penelitian	30
3.5.2 Kriteria Sampel	30
3.5.3 Pengelompokan Sampel Penelitian	30
3.5.4 Jumlah Sampel	31
3.6 Alat dan Bahan Penelitian	32
3.6.1 Alat Penelitian	32
3.6.2 Bahan Penelitian	33
3.7 Prosedur Penelitian	34
3.7.1 Membuat <i>Bioactive Glass Nano Silica</i>	34

3.7.2 Pencampuran Semen Ionomer Kaca dengan Bahan <i>Bioactive Glass Nano Silica</i> dari Ampas Tebu	38
3.7.3 Persiapan Sampel	39
3.7.4 Tahap Penempatan Kavitas	40
3.7.5 Tahap Perlakuan	42
3.7.6 Tahap Pengamatan	43
3.8 Analisis Data	45
3.9 Kerangka Penelitian	47
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Hasil Penelitian	48
4.2 Analisis Data	49
4.3 Pembahasan	51
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi semen ionomer kaca (G200)	8
Tabel 4.1 Hasil pengukuran kebocoran tepi pada 4 kelompok	49
Tabel 4.2 Hasil uji normalitas skor kebocoran tepi pada 4 kelompok.....	50
Tabel 4.3 Hasil uji homogenitas skor kebocoran tepi pada 4 kelompok.....	50
Tabel 4.2 Hasil uji <i>one way anova</i>	50



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses glikolitik oleh *Streptococcus mutans*, dari monosakarida ke asam.....5

Gambar 2.2 Ilustrasi berbagai macam faktor yang berpengaruh dalam proses remineralisasi dan demineralisasi gigi7

Gambar 2.3 Penampilan tanaman tebu.....24

Gambar 3.1 Pembakaran abu dalam alat *furnace* bersuhu 900⁰ C.....34

Gambar 3.2 Mengayak abu ampas tebu menggunakan ayakan 200 mesh.....34

Gambar 3.3 Pencampuran abu ampas tebu dengan HCL menggunakan alat pengaduk magnet.....35

Gambar 3.4 Penyaringan abu ampas tebu menggunakan kertas saring35

Gambar 3.5 a. Mengeringkan abu ampas tebu dalam oven36

Gambar 3.5 b. Penimbangan abu ampas tebu menggunakan timbangan digital.....36

Gambar 3.6 Natrium silika basah36

Gambar 3.7 Natrium silika kering37

Gambar 3.8 a. Natrium silika yang telah dicampur dengan akuades, etanol, HNO₃, P₂O₅, Ca(NO₃)₂ . 4 H₂O dan diaduk menggunakan alat pengaduk magnet 38

Gambar 3.8 b. Mendinginkan campuran selama 5 hari dalam temperatur ruang38

Gambar 3.9 a. Skema *outline* preparasi kavitas pada 1/3 tengah labial sampel.....39

Gambar 3.9 b. Pembuatan *outline* pada sampel39

Gambar 3.10 Preparasi sampel.....39

Gambar 3.11 a. Pembersihan kavitas menggunakan akuades.....40

Gambar 3.11 b. Pengeringan kavitas menggunakan *cotton pellet*40

Gambar 3.12 Mengulasi kavitas dengan *dentine conditioner*40

Gambar 3.13 a. Pengadukan bahan restorasi41

Gambar 3.13 b. Pemampatan bahan restorasi menggunakan *celluloid strip*41

Gambar 3.14 Merendam sampel di dalam wadah berisi akuades steril42

Gambar 3.15 a. Melapisi sampel dengan varnish/ cat kuku.....43

Gambar 3.15 b. Merendam sampel dalam kotak berisi larutan biru 1%43

Gambar 3.16 a. Skema Pemotongan sampel43

Gambar 3.16 b. Pemotongan sampel di bawah air mengalir.....43

Gambar 3.17 Mengamati sampel menggunakan mikroskop digital44

Gambar 3.18 Membuka software mikroskop digital44

Gambar 4.1 Foto sampel setelah direndam dalam larutan metilen biru 1%48

Gambar 4.2 Diagram batang rerata nilai kebocoran tepi pada 4 kelompok.....49

DAFTAR LAMPIRAN

A. Surat Penelitian Laboratorium Biosain Politeknik Negeri Jember	63
B. Surat Hasil Identifikasi Jenis Tebu	64
C. Tabulasi Data.....	65
C.1 Penghitungan Rerata Skor Kelompok 1	65
C.2 Penghitungan Rerata Skor Kelompok 2	65
C.3 Penghitungan Rerata Skor Kelompok 3	65
C.4 Penghitungan Rerata Skor Kelompok 4	66
D. Analisis Data	66
D.1 Hasil Uji Normalitas Data Menggunakan Uji <i>Shapiro-Wilk</i>	66
D.2 Hasil Uji Homogenitas Data Menggunakan Uji <i>Levene</i>	66
D.3 Hasil Uji Parametrik <i>Two Way Anova</i>	67
E. Alat dan Bahan Penelitian	67
E.1 Alat Penelitian	67
E.2 Bahan Penelitian	70
F. Foto Hasil Penelitian Kebocoran Tepi Sampel	72
F.1 Kelompok 1 (Semen Ionomer Kaca)	72
F.2 Kelompok 2 (Semen Ionomer Kaca yang Diberi Vaseline)	73
F.3 Kelompok 3 (Semen Ionomer Kaca + <i>Bioactive Glass Nano Silica</i> dari Ampas Tebu)	74
F.4 Kelompok 4 (Semen Ionomer Kaca + <i>Bioactive Glass Nano Silica</i> dari Ampas Tebu + Vaseline)	75

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Prevalensi karies di dunia masih sangat tinggi, yakni hampir mencapai 100% dari populasi orang dewasa pada setiap negara. Rata – rata nilai DMF-T di beberapa negara menunjukkan 14 gigi atau lebih telah mengalami karies pada orang yang berusia 35 – 44 tahun (WHO, 2009: 1). Index DMF-T di Indonesia, menunjukkan jumlah kerusakan gigi rata – rata perorang adalah lebih dari 5 gigi pada kelompok usia 12 tahun (Menkes RI, 2012: 6). Masalah karies ini dapat ditangani dengan cara membuang jaringan karies dan mengembalikan bentuk gigi menggunakan suatu bahan yang disebut sebagai bahan restorasi gigi (WHO, 2009: 1). Salah satu bahan restorasi gigi yang saat ini populer digunakan adalah semen ionomer kaca (Mabrouk, dkk., 2012: 114).

Semen ionomer kaca banyak digunakan karena memiliki keunggulan, seperti sifat perlekatan yang baik dengan struktur gigi, mampu melepas *fluoride* untuk mencegah karies sekunder, biokompatibel, dan memiliki koefisien termal yang sama dengan dentin (Rizzante, dkk., 2015: 82). Di sisi lain, semen ionomer kaca juga memiliki beberapa keterbatasan, salah satunya mudah mengalami kebocoran tepi akibat sineresis (penguapan cairan) (Mabrouk, dkk., 2012: 114). Kebocoran tepi adalah penyebab mayor terjadinya kegagalan restorasi (Bollu, dkk., 2016: 66). Kebocoran tepi adalah celah mikro yang terbentuk di antara permukaan bahan restorasi dan dinding kavitas, sehingga debris, makanan, dan saliva, masuk ke dalam celah mikro tersebut, dan akhirnya menyebabkan suatu kegagalan restorasi (Kamalak, dkk., 2015: 140).

Selama ini, kebocoran tepi pada semen ionomer kaca dicegah dengan cara pemberian bahan pelindung permukaan restorasi (*surface protector*) seperti vaselin, varnish, dan *flowable* resin. Hasil penelitian Ninawe dkk., (2014: 107) mengenai perbedaan kebocoran tepi pada semen ionomer kaca yang diberi vaselin, varnish, dan

flowable resin, menunjukkan bahwa vaselin merupakan bahan yang lebih baik dibandingkan dengan kedua bahan lainnya, walaupun kebocoran tepi masih terjadi. Menurut Darvell (2009: 244), penggunaan bahan pelindung permukaan restorasi dapat mencegah kebocoran tepi, namun tidak ada satu pun bahan pelindung permukaan restorasi yang mampu mencegah kebocoran tepi secara sempurna. Modifikasi semen ionomer kaca dikembangkan untuk mencegah kebocoran tepi ini, salah satunya dengan menambahkan bahan *bioactive glass silica* ke dalam semen ionomer kaca (Mabrouk, dkk., 2012: 119).

Bahan *bioactive glass silica* merupakan bahan bioaktif yang pertama kali diciptakan oleh Profesor Hench pada tahun 1969. Penggunaan *bioactive glass silica* dalam dunia kedokteran gigi adalah sebagai bahan semen dalam perawatan saluran akar, bahan untuk mengurangi hipersensitifitas dentin, dan *remineralizing agent* (Krishnan dan Lakshmi, 2013: 79). *Bioactive glass silica* digunakan sebagai *remineralizing agent* karena memiliki kandungan kalsium dan fosfat yang dapat menggantikan struktur gigi yang hilang akibat demineralisasi gigi. Proses remineralisasi oleh bahan *bioactive glass silica* ini meliputi tiga tahap, yakni tahap pelepasan ion, tahap pembentukan kelompok silanol, serta tahap pengendapan kalsium dan fosfat untuk membentuk lapisan *hydroxycarbonate apatite* (HCA). Ukuran partikel *bioactive glass silica* dapat mempengaruhi proses remineralisasi ini. Semakin kecil ukuran *bioactive glass silica*, maka semakin cepat pembentukan HCAny (Prabhakar dan Veena, 2009: 120). Hasil penelitian Mabrouk, dkk., (2012: 119) membuktikan bahwa HCA juga dapat terbentuk pada bahan semen ionomer kaca yang dicampur dengan bahan *bioactive glass silica*.

Bioactive glass silica (*Bioglass 45S5*) tersusun oleh bahan dasar silika (SiO_2) sebanyak 45% dan campuran bahan lainnya, seperti 24,5% kalsium oksida (CaO), 24,5% sodium oksida (Na_2O), dan 6% *phosphorous pentoxide* (P_2O_5) (Krishnan dan Lakshmi, 2013: 78-79). Silika (SiO_2) yang merupakan komposisi utama dari bahan *bioactive glass silica* ini adalah bahan yang mudah didapatkan, aman, dan ideal untuk

diaplikasikan dalam bidang biomedis (Subramani, dkk., 2013: 70). Abu ampas tebu merupakan salah satu sumber untuk mendapatkan silika tersebut (Kristianingrum, dkk., 2011: 282).

Menurut data FAO tahun 2006, Indonesia menduduki peringkat ke-11 dalam produksi tebu dunia, yakni 25.500 juta ton. Hasil olah tebu menjadi gula menyisakan ampas tebu yang digunakan sebagai bahan bakar pada tungku produksi sehingga menjadi abu ampas tebu (Hanafi dan Nandang, 2010: 35). Abu ampas tebu ini memiliki kandungan silika sebesar 70% (Kristianingrum, dkk., 2011: 282). Silika tersebut dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan *bioactive glass nano silica*. Bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu ini diharapkan dapat membentuk HCA untuk menutupi kebocoran tepi pada semen ionomer kaca, sehingga peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pemanfaatan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu sebagai *remineralizing agent* untuk meminimalkan kebocoran tepi pada semen ionomer kaca.

1.2 Rumusan Masalah

Apakah pemanfaatan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu sebagai *remineralizing agent* dapat meminimalkan kebocoran tepi pada semen ionomer kaca?

1.3 Tujuan Penelitian

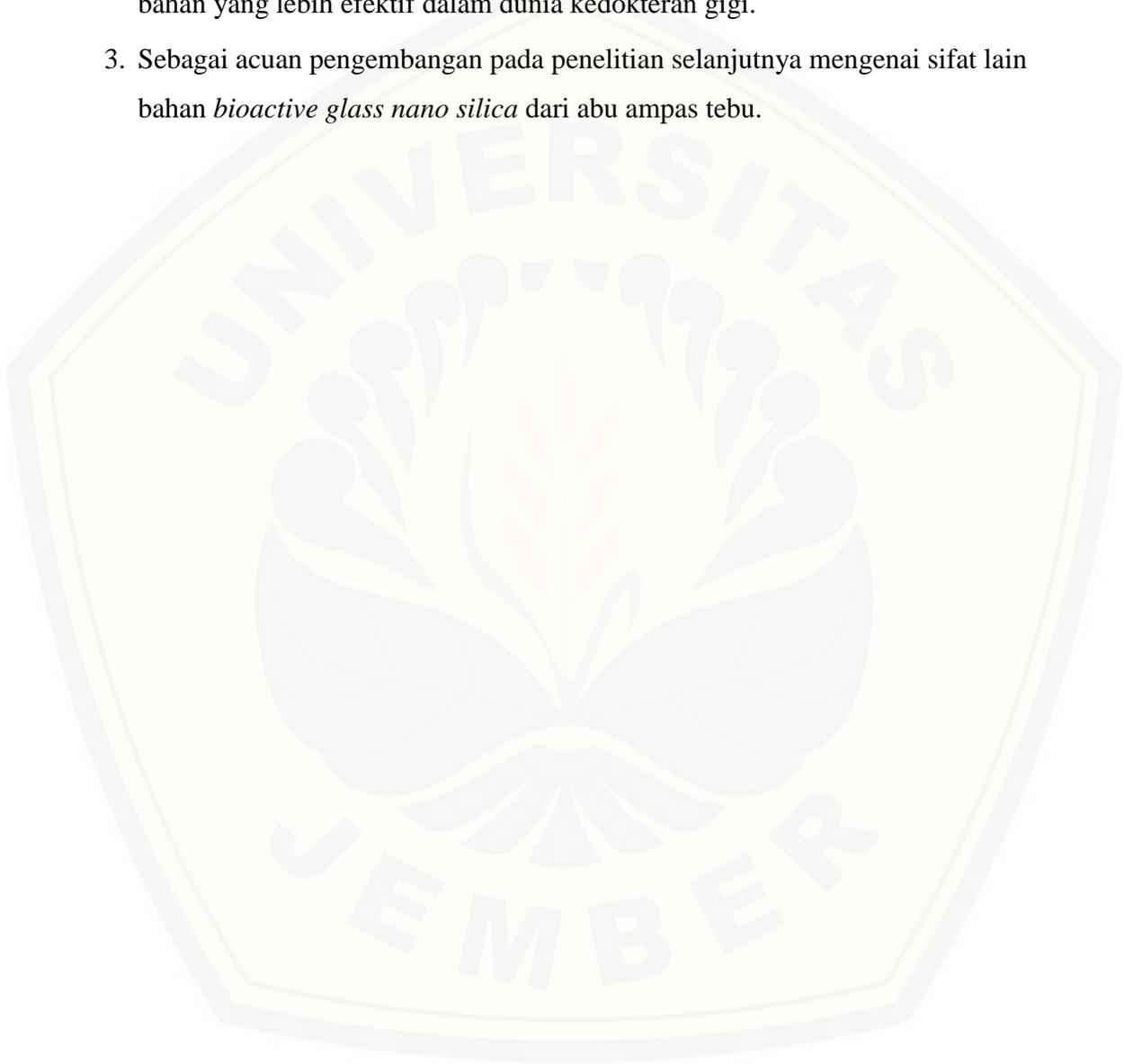
Mengetahui pemanfaatan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu sebagai *remineralizing agent* untuk menurunkan kebocoran tepi pada semen ionomer kaca.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu sebagai bahan tambahan (*remineralizing agent*) pada bahan semen ionomer kaca.

2. Memberikan informasi tentang pemanfaatan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu sebagai *remineralizing agent* untuk meminimalkan kebocoran tepi pada semen ionomer kaca, sehingga dapat dijadikan pertimbangan klinis pemilihan bahan yang lebih efektif dalam dunia kedokteran gigi.
3. Sebagai acuan pengembangan pada penelitian selanjutnya mengenai sifat lain bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu.

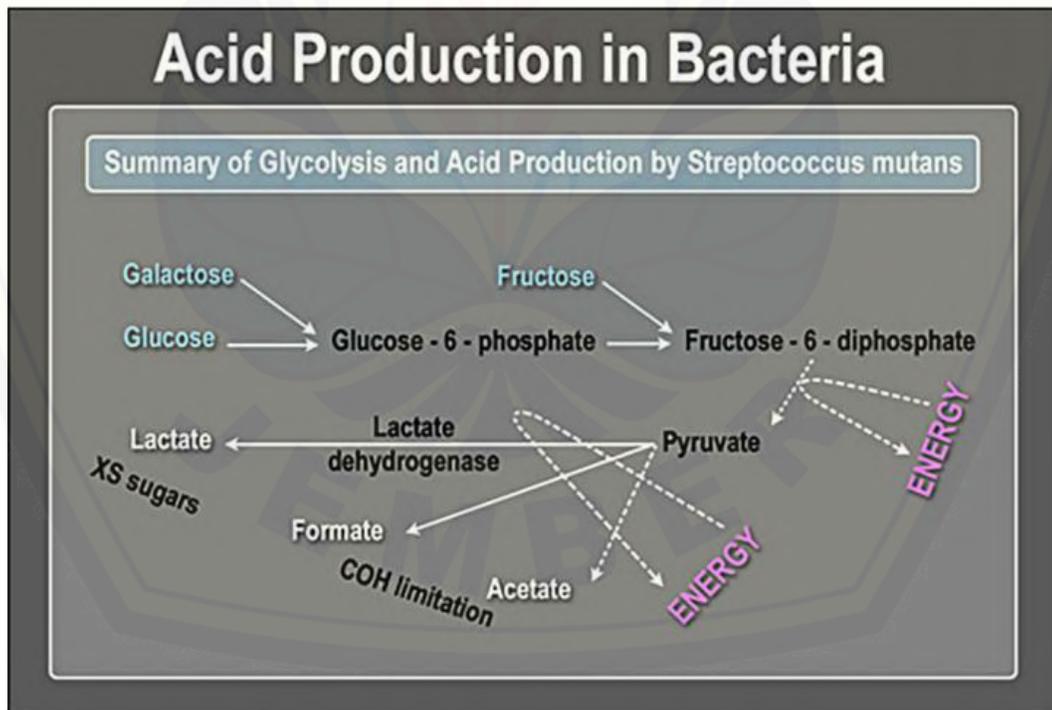


BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Remineralisasi dan Demineralisasi Gigi

Rongga mulut merupakan suatu tempat berlangsungnya proses demineralisasi dan remineralisasi gigi. Demineralisasi merupakan proses terlepasnya kristal hidroksiapatit pada gigi akibat interaksi diet, bakteri plak, dan saliva yang berlangsung secara terus-menerus di dalam rongga mulut (Rao dan Neeraj, 2011: 27).

Bakteri plak memiliki kemampuan untuk mengubah glukosa, fruktosa, dan sukrosa menjadi asam melalui proses glikolisis. Proses glikolisis ini merupakan suatu jalur untuk menyuplai energi bagi bakteri plak. Hasil dari proses glikolisis ini adalah asam yang dapat menurunkan pH rongga mulut. Hal ini dapat dijelaskan melalui gambar di bawah ini (Higham, 2014: 5-6).

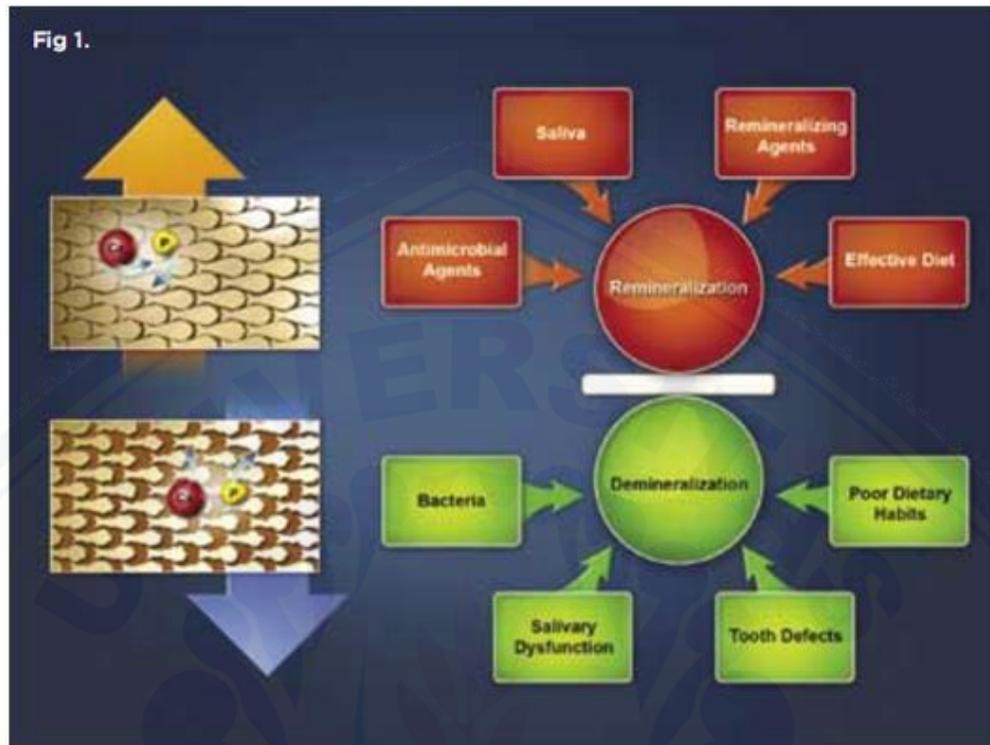


Gambar 2.1 Proses glikolitik oleh *Streptococcus mutans*, dari monosakarida ke asam (Higham, 2014: 6)

Penurunan pH ini mengakibatkan meningkatnya ion hidrogen yang dapat berikatan dengan ion PO_4^{3-} pada hidroksiapatit untuk membentuk HPO_4^{2-} yang tidak stabil dan akhirnya terlarut (Widyaningtyas, dkk., 2014).

Remineralisasi gigi merupakan proses deposisi mineral kembali ke dalam struktur gigi. Proses ini diawali oleh suasana asam yang dapat netral kembali akibat stimulasi buffer dalam saliva. Pada kondisi pH rongga mulut yang netral, saliva akan menyediakan ion kalsium, ion fluor, dan ion fosfat yang cukup untuk berdifusi dan terdeposisi membentuk kristal fluorapatit dalam struktur gigi. Fluorapatite ini lebih resistan terhadap suasana asam dibandingkan dengan hidroksiapatit. Kristal fluorapatit yang terbentuk akan melebur satu sama lain untuk membentuk kristal fluorapatit yang lebih besar dalam bentuk heksagonal. Oleh karena itu, struktur yang lebih besar ini akan dapat bertahan dalam suasana asam (Rao dan Neeraj, 2011: 27).

Rasio terjadinya demineralisasi dan remineralisasi ini sangat menentukan kekuatan dan kekerasan struktur gigi. Apabila diet karbohidrat dan bakteri plak meningkat, maka pH rongga mulut akan menurun dan demineralisasi gigi akan berlangsung secara terus menerus. Kondisi ini menyebabkan saliva terhambat untuk melakukan remineralisasi, karena plak telah menutupi permukaan gigi, sehingga karies pun dapat terjadi (Rao dan Neeraj, 2011: 27). Fase inisiasi dari sebuah lesi karies adalah berupa terlarutnya mineral sebanyak 30% - 50 % dari dentin atau enamel, dengan tanda klinis berupa warna *chalky* dan lunak (Higham, 2014: 7).



Gambar 2.2 Ilustrasi berbagai macam faktor yang berpengaruh dalam proses remineralisasi dan demineralisasi gigi (Higham, 2014: 27)

2.2 Semen Ionomer Kaca

2.2.1 Sejarah Semen Ionomer Kaca

Penelitian mengenai bahan restorasi semen ionomer kaca telah dilakukan sejak tahun 1950. Para peneliti tertarik untuk menciptakan suatu bahan restorasi baru yang bukan hanya dapat bertindak sebagai bahan pengisi kavitas, namun juga dapat bertindak untuk menggantikan struktur gigi yang hilang (enamel dan dentin). Tujuan dari para peneliti ini adalah menciptakan suatu bahan dengan sifat termal, sifat mekanis, dan sifat *optical* yang sebanding dengan struktur gigi. (Khoroushi dan Fatema, 2013: 413-414).

Seorang peneliti asal Inggris pada tahun 1963, Dennis Smith, mengembangkan suatu bahan yang dapat *setting* melalui reaksi kimia antara oksida logam dan cairan asam polimer. Bahan tersebut dikenal dengan nama semen seng

polikarboksilat, yang terdiri dari bubuk seng oksida dan cairan asam poliakrilat (Albers, 2002: 43). Bahan ini dapat berikatan baik dengan struktur gigi, namun sifat fisiknya masih jauh dari ideal (Khoroushi dan Fatema, 2013: 413-414).

Penelitian mengenai bahan seng polikarboksilat dilanjutkan oleh Alan dan Wilson, dengan menambahkan alumunium dan silika di dalam bubuk semen zinc pilikarboksilat sebagai bahan – bahan yang bersifat *ionizable*, sehingga reaktivitas dari bahan ini meningkat ketika dicampur dengan cairan asam polikarboksilat (Khoroushi dan Fatema, 2013: 413-414). Bahan ini diperkenalkan pada tahun 1972 dengan nama semen ionomer kaca (G200). Semen ionomer kaca (G200) tersedia dalam bentuk bubuk dan cairan. Bubuk semen ionomer kaca adalah sodium *aluminosilicate glass*, dan cairannya adalah asam poliakrilat (50%). Komponen bubuk semen ionomer kaca dapat diuraikan dalam tabel 2.1 berikut (Sidhu, 2016: 9):

Tabel 2.1 Komposisi semen ionomer kaca (G200)

Komponen	% massa
SiO ₂	30,1
Al ₂ O ₃	19,9
AlF ₃	2,6
CaF ₂	34,5
NaF	37,7
AlPO ₄	10,0

Sumber: Sidhu, 2016: 9

Semen ionomer kaca (G200) memiliki sifat kelarutan yang rendah, jangka waktu pemakaian lebih lama, warna lebih translusen, namun waktu kerja dari bahan ini sangat singkat dan *setting* time cukup lama. Hal ini dikarenakan oleh sifat dari cairan bahan, yakni asam poliakrilat (50%) yang dapat berubah bentuk menjadi gel (membeku) dalam waktu satu bulan, sehingga ditambahkan polimer asam lainnya untuk memperbaiki sifat fisik dan waktu kerja semen ionomer kaca. Polimer asam lainnya adalah asam maleat dan asam tartarat (Khoroushi dan Fatema, 2013: 413-414).

2.2.2 Klasifikasi Semen Ionomer Kaca

Berdasarkan bahan pengisinya, semen ionomer kaca dikelompokkan sebagai berikut.

a. Semen Ionomer Kaca Generasi I

Semen ionomer kaca generasi I (*conventional glass ionomer*) terdiri dari bubuk dan cairan yang terpisah. Komponen gelas dan *fluoride* berada di dalam bubuk, sedangkan komponen asam berada di dalam cairan. Beberapa produk semen ionomer kaca yang masuk ke dalam klasifikasi generasi I ini adalah produk – produk awal yang tidak begitu reaktif, *setting* time lama, sangat sensitif terhadap kondisi lembab dan kering, serta tidak begitu translusen (Khoroushi dan Fatema, 2013: 415)

b. Semen Ionomer Kaca Generasi II

Semen ionomer kaca Generasi II (*water hardening*) terdiri dari bubuk semen ionomer kaca yang dapat *setting* ketika dicampurkan dengan air atau larutan asam tartarat (Khoroushi dan Fatema, 2013: 415). Air digunakan sebagai pelarut bubuk karena di dalam bubuk semen ionomer kaca tersebut sudah terkandung asam poliakrilat. Air berfungsi untuk mengurangi sifat asam poliakrilat yang mudah menguap dan sangat kental (Rizzante, dkk., 2015: 82-83).

c. *Reinforce Glass Ionomer*

Cairan semen ionomer kaca kelompok ini adalah asam poliakrilat, sedangkan bubuknya merupakan campuran dari bubuk konvensional semen ionomer kaca dengan logam campuran (amalgam atau perak). Bubuk tersebut dibuat dengan tujuan untuk memperbaiki sifat mekanis semen ionomer kaca, namun hasilnya tetap sama jika dibandingkan dengan sifat mekanis bahan semen ionomer kaca sebelumnya. Logam campur yang ditambahkan dalam bubuk semen ionomer kaca membuat semen ionomer kaca tersebut menjadi lebih sulit untuk berikatan dengan struktur gigi, sulit melepas fluoride, dan warna bertambah gelap (Rizzante, dkk., 2014: 82-83).

d. *Resin Modified Glass Ionomer Cement (RMGIC)*

Semen ionomer kaca pada kelompok ini dimodifikasi dengan cara penambahan bahan matriks resin (*HEMA* dan *inisiator*) di dalam cairan semen ionomer kaca (asam poliakrilat). Tujuan dimodifikasinya bahan ini adalah untuk mengurangi sifat sensitivitas semen ionomer kaca terhadap kondisi lembab dan kering. Matriks yang ditambahkan di dalam semen tersebut dapat terpolimerisasi secara cepat ketika cahaya ultraviolet dipaparkan, sehingga semen akan lebih cepat *setting* dan sensitivitas semen ionomer kaca terhadap kondisi lembab dan kering menjadi berkurang (Rizzante, dkk., 2015: 82-83).

e. *High – viscosity Glass Ionomer*

Semen ionomer kaca pada kelompok ini terdiri dari perbandingan bubuk dan cairan yang tinggi. Bahan ini sangat kental dan cepat dalam reaksi settingnya karena ukuran bahan pengisi lebih kecil dibandingkan bahan pengisi semen ionomer kaca tipe lainnya. Semen tipe ini biasa digunakan sebagai bahan *Atraumatic Restorative Treatment (ART)* (Rizzante, dkk., 2015: 82-83).

Berdasarkan penggunaa klinisnya, semen ionomer kaca dikelompokkan sebagai berikut:

a. Tipe I

Semen ionomer kaca tipe I digunakan sebagai bahan perekat (*luting cement*) dalam perawatan inlay, mahkota buatan, gigi tiruan sebagian tetap, piranti orthodonsia, dan perawatan endodonsia (Rizzante, dkk., 2015: 82). Beberapa contoh produk tipe ini adalah GC Fuji I, GC Fuji CEM, dan GC Fuji Plus.

GC Fuji I digunakan sebagai bahan *luting* pada gigi tiruan logam. Bahan ini telah digunakan sejak 25 tahun yang lalu dalam bentuk bubuk dan cairan yang terpisah, namun saat ini GC Fuji I juga tersedia dalam bentuk kapsul sehingga manipulasinya lebih cepat dan mudah. GC Fuji I memiliki banyak manfaat seperti dapat melepaskan *fluoride*, sifat *adhesive* yang sangat baik terhadap gigi maupun gigi

tiruan sehingga kebocoran tepi sangat minimal, dan ketebalan *luting* hanya sebesar 15 μ (Nakao, 2016).

GC Fuji CEM dan GC Fuji Plus merupakan contoh semen ionomer tipe I yang terbuat dari *Resin Modified Glass Ionomer Cement (RMGIC)*. GC Fuji CEM digunakan sebagai bahan *luting* pada gigi tiruan *porcelain fused to metal (PFM)*, sedangkan GC Fuji Plus digunakan sebagai bahan *luting* pada *ceramic inlay*. Manfaat kedua bahan ini sama dengan GC Fuji I, bahkan lebih unggul karena ketebalan *luting* hanya sebesar 3 – 10 μ (Nakao, 2016).

b. Tipe II

Semen ionomer kaca tipe II digunakan sebagai bahan restorasi (Rizzante, dkk., 2015: 82). Beberapa contoh produk tipe ini adalah GC Fuji II dan GC Fuji IX. GC Fuji II diindikasikan sebagai bahan restorasi untuk karies gigi anterior/ kelas III, kelas V, dan karies permukaan akar. GC Fuji II tersedia dalam bentuk bubuk dan cairan yang terpisah maupun menjadi satu dalam kapsul. Beberapa manfaat bahan ini adalah bersifat sangat estetik, teknik manipulasi lebih mudah pada bentukan kapsul, proses *finishing* cepat, mampu melepaskan *fluoride* dan *recharge flouride*. Kebocoran tepi pada bahan ini sangat minimal, karena secara klinis Fuji II dapat melakukan ikatan yang sangat kuat dengan dentin dan enamel, memiliki koefisien termal yang sama dengan dentin dan enamel, serta tidak mudah larut dalam air (Nakao, 2016).

GC Fuji IX digunakan sebagai bahan restorasi untuk karies gigi posterior baik pada pasien anak – anak maupun dewasa. Bahan ini tersedia dalam bentuk bubuk dan cairan yang terpisah maupun menjadi satu dalam kapsul. Beberapa manfaat GC Fuji IX adalah bersifat biokompatibel, dapat diaplikasikan secara *single placement* pada kavitas yang besar, memiliki kekuatan tekan dan kekerasan permukaan yang sangat besar dibandingkan dengan produk GC lainnya, mampu melepaskan *fluoride* dan *recharge flouride* (Nakao, 2016). GC Fuji IX merupakan semen ionomer kaca tipe *high – viscosity* yang diproduksi dengan ukuran partikel bubuk lebih kecil daripada semen ionomer kaca tipe lainnya. GC Fuji IX memiliki sifat kekentalan yang sangat

tinggi, sehingga semen ini sulit beradaptasi dengan dinding kavitas dan kebocoran tepi sering terjadi (Singla, dkk., 2012: 40).

c. Tipe III

Semen ionomer kaca tipe III digunakan sebagai bahan pelapik pulpa dan bahan *pit-and-fissure sealants* (Rizzante, dkk., 2015: 82). Beberapa contoh produk tipe ini adalah GC Fuji II, GC Fuji IX, GC Fuji Lining, dan GC Fuji Filling LC (Nakao, 2016).

2.2.3 Reaksi *Setting* Semen Ionomer Kaca

Semen ionomer kaca mengalami 3 fase dalam reaksi settingnya, yakni fase pelepasan ion (terjadi segera setelah pencampuran bubuk dan cairan), fase hidrogel (pengerasan awal/ *initial setting*), dan fase polysalt gel (pengerasan akhir/ *final setting*). Menurut Darvell (2009: 242) fase tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

Fase 1: Fase pelepasan ion terjadi ketika bubuk dan cairan mulai dicampurkan (*mixing*). Cairan (asam poliakrilat dan air) berfungsi untuk menguraikan bubuk semen ionomer kaca (*glass*) menjadi ion – ion (ion kalsium, silika, dan ion lainnya). Proses selanjutnya adalah pembentukan *silica gel*.

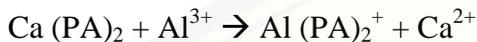
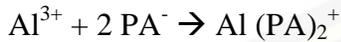
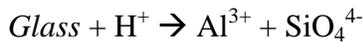


Fase 2: Fase pengerasan awal terjadi 5 – 10 menit setelah bubuk dan cairan dicampurkan. Ion kalsium dan asam poliakrilat (PA^-) akan bereaksi sampai keduanya mengeras (*chelated*). Pengerasan dapat terjadi karena asam poliakrilat dapat membentuk ikatan *cross – link*.



Fase 3: Fase pengerasan akhir berlangsung hingga beberapa bulan. Pada fase ini terjadi pelepasan ion aluminium dan silika yang lebih banyak dari *glass*. Silika akan terus membentuk silika gel, sedangkan aluminium akan mengeras dan menggantikan kalsium karena muatan aluminium lebih tinggi

dan ikatan aluminium dengan asam poliakrilat lebih kuat dibandingkan dengan kalsium.



2.3.4 Sifat Semen Ionomer Kaca

Semen ionomer kaca memiliki karakteristik sebagai berikut.

a. Perlekatan dengan Struktur Gigi

Semen ionomer kaca merupakan suatu bahan restorasi yang dapat melekat kepada bahan polar seperti tulang, dentin, dan enamel. Bahan ini tidak dapat melekat pada logam mulia maupun bahan porselen. Perlekatan semen ionomer kaca dengan struktur gigi dapat terjadi akibat kelompok karboksilat (ion – ion asam polimer) menggantikan fosfat dalam hidroksiapatit. Fosfat dalam hidroksiapatit merupakan struktur utama dari gigi, sehingga dengan menggantikan fosfat maka ikatan semen ionomer kaca dan gigi sangat kuat (Khoroushi dan Fatema, 2013: 415).

b. Sifat Mekanis

Semen ionomer kaca memiliki sifat modulus elastisitas yang rendah, yakni 7,3 Gpa. Rendahnya sifat modulus elastisitas ini mengakibatkan semen ionomer kaca dapat digunakan sebagai bahan restorasi pada lesi servikal gigi yang biasanya berbentuk melengkung. Semen ionomer kaca juga bersifat kurang resisten terhadap abrasi, kekuatan tarik dan kekuatan tekan rendah, serta rapuh, sehingga semen ionomer kaca ini tidak diindikasikan sebagai bahan restorasi pada gigi dengan beban kunyah besar (Rizzante, dkk., 2015: 81).

c. Pelepasan *Fluoride*

Semen ionomer kaca mampu melepaskan *fluoride*. *Fluoride* yang dilepaskan oleh semen ionomer kaca bertindak sebagai *remineralizing agent* pada zona efektif 1 mm di tepi restorasi. Selain bertindak sebagai *remineralizing agent*, *fluoride* juga

bertindak sebagai bahan antibakteri dengan cara menghambat produksi asam oleh bakteri (Rao dan Neeraj, 2011: 28-29).

Pelepasan *fluoride* oleh semen ionomer kaca berlangsung dalam beberapa hari. Hari pertama pelepasan *fluoride* terbukti paling maksimal, diikuti dengan penurunan pelepasan *fluoride* secara progresif pada hari berikutnya, dan penurunan pelepasan *fluoride* yang terus berlangsung sampai 3 minggu berikutnya. Penurunan pelepasan *fluoride* oleh semen ionomer kaca ini dapat ditanggulangi dengan pengaplikasian *topical fluoride*, karena semen ionomer kaca memiliki kemampuan untuk *recharge fluoride*. Konsentrasi *fluoride* dalam saliva terbukti meningkat selama pemakaian semen ionomer kaca (0.3 ppm setelah pengaplikasian bahan restorasi dan meningkat menjadi 0.4 ppm setelah 1 tahun pengaplikasian) (Rao dan Neeraj, 2011: 28-29).

d. Imbibisi dan Sineresis

Semen ionomer kaca merupakan suatu bahan restorasi yang bersifat sangat peka terhadap kondisi lembab atau kering. Bahan ini dapat mengalami sineresis maupun imbibisi. Imbibisi (penyerapan air) yang terjadi pada semen ionomer kaca akan menyebabkan matriks semen ionomer kaca menjadi rusak atau tidak dapat bereaksi. Sebaliknya, sineresis (kehilangan air karena penguapan cairan) yang terjadi akan menyebabkan bahan restorasi ini retak atau mengkerut, sehingga timbul celah mikro di antara bahan restorasi dengan dinding kavitas gigi (kebocoran tepi). Imbibisi dan sineresis pada semen ionomer kaca dapat dicegah dengan cara pemberian bahan pelindung permukaan restorasi (*surface protector*) berupa vaselin, varnish, cat kuku bening, atau *flowable resin* (Rizzante, dkk., 2015: 81). Walaupun demikian, beberapa sumber mengatakan bahwa tidak ada satu pun bahan pelindung permukaan restorasi yang dapat mencegah timbulnya kebocoran tepi pada semen ionomer kaca secara sempurna (Ninawe, dkk., 2014: 107; Darvell, 2009: 244).

2.3 Kebocoran Tepi

2.3.1 Definisi Kebocoran Tepi

Kebocoran tepi adalah celah yang sangat kecil atau celah mikroskopik yang berada di antara tepi restorasi dan struktur gigi (Bansal, 2015: 63). Kebocoran tepi adalah celah mikro di antara permukaan bahan restorasi dan dinding kavitas yang dapat menyebabkan bakteri, debris makanan, dan saliva masuk ke dalam kavitas, sehingga terjadi kegagalan restorasi (Kamalak, dkk., 2015: 140).

2.3.2 Etiologi Kebocoran Tepi

Kebocoran tepi dapat terjadi karena pengerutan bahan restorasi akibat ikatan yang lemah antara bahan restorasi dan permukaan kavitas. Kemampuan bahan restorasi untuk dapat berikatan baik dengan permukaan kavitas dipengaruhi oleh sifat bahan, metode pengaplikasian bahan, dan lingkungan di sekitar bahan restorasi (Hamouda, dkk., 2011: 331).

Sifat bahan yang dapat menyebabkan lemahnya ikatan antara bahan restorasi dan permukaan kavitas adalah perbedaan koefisien termal antara bahan restorasi dan permukaan kavitas, serta sifat modulus elastisitas bahan restorasi yang kurang mampu mengkompensasi tegangan sehingga terjadi pengerutan. Kesalahan dalam pengaplikasian bahan restorasi juga dapat menjadi penyebab terjadinya kebocoran tepi. Hal ini dibuktikan pada resin komposit yang diaplikasikan secara incremental menunjukkan kebocoran tepi yang kecil, pada semen ionomer kaca yang diaduk secara mekanik juga menunjukkan kebocoran tepi yang kecil dibandingkan dengan semen ionomer kaca yang diaduk secara manual. Selain itu, pemberian varnish pada permukaan restorasi semen ionomer kaca juga dapat mempengaruhi pembentukan kebocoran tepi, di mana pada semen ionomer kaca yang dilapisi varnish menunjukkan kebocoran tepi yang kecil dibandingkan dengan semen ionomer kaca yang tidak dilapisi varnish (Hamouda, dkk., 2011: 331).

Lingkungan di sekitar restorasi juga dapat menyebabkan kebocoran tepi. Kebocoran tepi yang besar cenderung terbentuk pada restorasi gigi – gigi yang memiliki tekanan oklusal dan beban oklusal berat. Bentuk lingkungan lainnya adalah terdapat saliva, mikroorganisme, dan berbagai macam makanan/ minuman yang juga dapat mempengaruhi pembentukan kebocoran tepi (Hamouda, dkk., 2011: 331).

2.3.3 Dampak Kebocoran Tepi

Kebocoran tepi antara bahan restorasi dan dinding kavitas dapat menjadi tempat masuknya asam, bakteri, enzim, cairan dan ion-ion. Asam, bakteri, enzim, cairan dan ion-ion tersebut selanjutnya akan menyebabkan karies sekunder dan rasa sensitif. Apabila kondisi tersebut berlanjut, dan komponen – komponen di atas berhasil mengenai pulpa, maka pulpa akan teriritasi hingga timbul rasa sakit/ nyeri (*pulpal pathosis*). Selain itu kebocoran tepi juga dapat menyebabkan staining/ perubahan warna pada daerah tepi restorasi (Aviandani, dkk., 2012: 82).

2.3.4 Metode Deteksi Kebocoran Tepi

Metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi kebocoran tepi adalah sebagai berikut:

- a. Metode perendaman dengan menggunakan zat pewarna metilen biru, kristal violet, tinta india, eosin, dan erythrosin.
- b. Metode radioaktif isotop menggunakan isotop ^{14}C , ^{32}P , ^{35}S , ^{45}Ca , ^{86}R , ^{131}I .
- c. Analisis aktivasi neutron
- d. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*
- e. Persepsi nyeri
- f. Studi *electrochemical*
- g. Teknik tekanan udara dan sebagainya (Garg dan Amit, 2008: 225).

2.4 *Bioactive Glass*

2.4.1 Sejarah *Bioactive Glass*

Kemajuan ilmu, bahan, dan teknologi kedokteran gigi saat ini telah berkembang pesat, terutama dalam 30 tahun terakhir. Tahun 1960-an, bahan yang banyak dipakai dalam dunia kedokteran gigi adalah bahan logam. Bahan ini memiliki sifat korosi yang pada akhirnya akan rusak karena terus menerus berkontak dengan cairan dalam tubuh. Hal ini menuntut para peneliti untuk dapat menciptakan bahan yang lebih bersifat biokompatible dalam tubuh. Tahun 1960-an sampai awal tahun 1970-an, berbagai penelitian pun dilakukan, dan mendapatkan hasil suatu bahan biokeramik (bioaktif) yang dinilai lebih baik daripada logam (Krishnan dan Lakshmi, 2013: 78).

Bahan bioaktif adalah bahan yang dapat memberikan suatu rangsangan sehingga terjadi respon biologis yang menguntungkan di dalam tubuh, terutama pada bagian tubuh yang tengah melakukan ikatan dengan bahan ini (Jones, 2013: 4457-4458). Salah satu bentuk biokeramik pada saat itu adalah bahan keramik pembentuk sintesis hidroksiapatit yang dapat menggantikan struktur tulang yang patah. Sintesis hidroksiapatit ini dipercaya sebagai satu-satunya bahan yang bersifat biokompatible dalam tubuh (Krishnan dan Lakshmi, 2013: 78).

Profesor Hench, penemu berasal dari Universitas Florida pada tahun 1969 kemudian melakukan sebuah penelitian yang menghasilkan suatu penemuan bahan biokeramik baru, dengan komposisi silika (glas) sebagai bahan dasar yang dapat dikombinasikan dengan bahan lainnya seperti kalsium. Cara pengaplikasian bahan ini adalah dengan menanamkannya dalam fraktur tulang. Proses yang terjadi selanjutnya adalah bahan silika tersebut akan melakukan ikatan kuat dengan tulang yang kemudian oleh Profesor Hench dinamai dengan bahan *bioactive glass (Bioglass 45S5)* (Krishnan dan Lakshmi, 2013: 78-79).

Bioactive glass merupakan suatu bahan yang dapat bereaksi dengan cairan fisiologis untuk membentuk ikatan yang kuat dengan tulang. Ikatan tersebut akan

dilanjutkan dengan pelepasan ion untuk pembentukan lapisan *hydroxycarbonate apatite* (HCA), dan interaksi biologis kolagen dengan permukaan gelas, sehingga berbagai macam reaksi ini sangat menguntungkan dalam proses penyembuhan fraktur tulang (Chen, dkk., 2008: 3). *Bioglass 45S5* tersusun oleh bahan dasar silika (SiO_2) sebanyak 45% dan campuran bahan lainnya, seperti 24,5% kalsium oksida (CaO), 24,5% sodium oksida (Na_2O), dan 6% *phosphorous pentoxide* (P_2O_5) (Krishnan dan Lakshmi, 2013: 78-79). Seiring berkembangnya ilmu, bahan dan teknologi, akhirnya ditemukan bentuk – bentuk lain dari *bioactive glass*, seperti *phosphate – based glasses* dan *borate – based glasses* (Rahaman, dkk., 2011: 2356-2358).

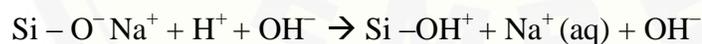
2.4.2 Jenis *Bioactive Glass*

Beberapa jenis *bioactive glass* adalah sebagai berikut:

a. *Bioactive Glass Silica*

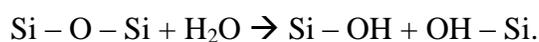
Bioactive glass silica merupakan jenis *bioactive glass* yang terdiri dari silika sebagai komposisi utama, dan campuran bahan lainnya sebagai komposisi tambahan. Salah satu contoh *bioactive glass silica* adalah *bioglas 45S5*. Bahan ini memiliki sifat biokompatibel terhadap tubuh dan digunakan secara luas dalam dunia kedokteran, terutama dalam hal penyembuhan tulang. Mekanisme penyembuhan tulang oleh *bioactive glass silica* terdiri dari:

1. Ion Na^+ dan/ Ca^+ yang berasal dari bahan *bioactive glass silica* bereaksi dengan ion H^+ yang berasal air, saliva, atau cairan tubuh. Reaksi tersebut merupakan reaksi substitusi sehingga menghasilkan kelompok ikatan silanol ($\text{Si} - \text{OH}$).



Reaksi di atas akan meningkatkan nilai pH lokal (peningkatan OH^-)

2. Peningkatan pH akan menyebabkan silika SiO_2 membentuk $\text{Si}(\text{OH})_4$ sehingga pembentukan kelompok ikatan silanol ($\text{Si} - \text{OH}$) akan terus berlanjut.



3. Kondensasi dan polimerisasi silika kemudian terjadi untuk membentuk lapisan silika gel.

4. Reaksi selanjutnya adalah terjadinya perpindahan ion – ion kalsium (Ca^{2+}) dan fosfat (PO_4^{3-}) ke luar lapisan silika gel untuk membentuk lapisan kalsium fosfat.
5. $(\text{OH})^-$ dan $(\text{CO}_3)^{2-}$ dari cairan tubuh kemudian akan bergabung dengan lapisan kalsium, dan pada akhirnya akan terjadi kristalisasi menjadi *hydroxycarbonate apatite* (HCA).

Pembentukan HCA akan merangsang *transformation growth factor* untuk menginisiasi sel – sel osteoblast untuk membentuk matriks ekstraselular (kolagen) di atas lapisan HCA. Kolagen tersebut akan mengalami mineralisasi sehingga bagian tulang yang hilang (fraktur) akan dapat digantikan (Rahaman, dkk., 2011: 2356-2358).

b. *Bioactive Glass Borate* dan *Bioactive Glass Phosphate*

Bioactive glass borate merupakan pengembangan dari *bioactive glass silica* yang di dalamnya terdapat komposisi borat dengan jumlah besar sebagai pengganti silika. *Borate-glass* dapat disebut sebagai bahan bioaktif karena sifatnya yang dapat terdegradasi dan secara lebih cepat dapat membentuk lapisan HCA saat berkontak dengan cairan tubuh. Mekanisme kerja bahan ini hampir sama dengan *bioactive glass silica*. Bahan ini dinilai lebih baik dalam hal pembentukan lapisan HCA, proliferasi dan diferensiasi sel, dan pelepasan substrat (obat) bagi penyembuhan fraktur tulang. Namun masih menimbulkan sifat toksik terhadap sel setelah terjadinya reaksi pelepasan ion borate. Sedangkan *bioactive glass phosphate* juga merupakan pengembangan *bioactive glass silica* dengan modifikasi komposisi bahan P_2O_5 , Na_2O , dan CaO sedemikian rupa sehingga dapat terlarut dan membentuk ikatan lebih baik dengan tulang (Rahaman, dkk., 2011: 2356-2358).

2.4.3 Nanoteknologi *Bioactive Glass*

a. Nanopartikel *Bioactive Glass*

Besar kecilnya ukuran dari suatu partikel akan mempengaruhi kecepatan gerakannya, di mana semakin kecil ukuran partikel maka semakin cepat gerakannya

(Sumardjo, 2009: 536). *Bioactive glass silica* berukuran nanopartikel terbukti cepat dalam membentuk lapisan HCA. Bahan ini dapat dibuat dengan menggunakan metode *melt-derived* atau sol – gel. Metode *melt-driven* adalah suatu metode dengan menggunakan reaktor bersuhu tinggi untuk meleburkan silika, sodium karbonat, kalsium karbonat, dan fosfat sehingga bergabung menjadi *glass* berukuran 20-80 nm (Jones, 2013: 4477).

Metode sol – gel adalah metode pembentukan senyawa anorganik melalui reaksi kimia (hidrolisis dan kondensasi) dalam larutan pada suhu rendah. Metode ini merupakan metode yang banyak digunakan karena prosesnya berlangsung pada temperatur rendah, lebih mudah, dan menghasilkan produk dengan kemurnian dan kehomogenan yang tinggi. Pembuatan *bioactive glass nano silica* dengan metode sol-gel dilakukan dengan cara mencampurkan 5 gram natrium silikat, 15 ml akuades, 2.5 ml etanol dan tetesan HNO_3 2M dalam sebuah tabung erlenmayer. Tabung tersebut diletakkan pada alat pengaduk magnet untuk mengaduk campuran secara otomatis selama 1 jam agar terjadi proses hidrolisis secara sempurna. *Phosporus pentoxide* (0.5 gram) selanjutnya ditambahkan dalam campuran dan terus diaduk selama 45 menit. Reagen selanjutnya, kalsium nitrat tetrahidrat sebanyak 4.1 gram pun ditambahkan dalam campuran dan terus diaduk selama 105 menit. Hasil dari adukan campuran tersebut kemudian didiamkan pada suhu ruang selama 5 hari, dikeringkan dalam oven bersuhu 60°C selama 3 hari, dan pengeringan akhir di dalam furnace bersuhu 200°C (40 jam), 600°C (5 jam), 800°C (3 jam), dan 1000°C (2 jam) (Adams, dkk., 2013: 12).

b. *Nanofibers Bioactive Glass Silica*

Nanofibers bioactive glass silica memiliki sifat fleksible dan bentukan natural mirip kolagen. Bahan ini dapat menghasilkan lapisan HCA secara cepat seperti halnya nanopartikel *bioactive glass*. *Nanofiber bioglass* saat pertama kali dibuat adalah dengan metode *conventional melt-spinning*, namun hasilnya tidak maksimal oleh karena beberapa bagian bahan terjadi proses kristalisasi. Selanjutnya

dikembangkan *nanofiber bioactive glass silica* yang lebih baik, dengan menggunakan laser. Laser tersebut dapat menghasilkan *glass* berukuran kecil dengan cara mengubah bentukan *glass-moloth* menggunakan *superionic nozzle* (Jones, 2013: 4478).

Saat ini, *nanofibers bioactive glass silica* dapat dibuat dengan menggunakan *electrospinning*. *Electrospinning* adalah teknologi yang umumnya digunakan untuk pembentukan serat secara elektrostatis dengan memanfaatkan tenaga listrik untuk menghasilkan polimer. *Nanofibers bioactive glass silica* yang pertamakali dibuat menggunakan alat ini adalah sol – gel 70 mol.% (SiO₂), 25 mol.% CaO, dan 5 mol.% P₂O₅, dengan diameter 84 nm. Hasil *nanofiber* menggunakan *electrospinning* dapat dipengaruhi oleh viskositas dari bahan pembentuk, sehingga pada perkembangan selanjutnya dilakukan penambahan sedikit bahan polimer (*polyvinylbutyral* atau *ethylene oxide*) sebagai pengubah viskositas dan mendapatkan hasil ukuran diameter *nanofiber* yang lebih kecil (Jones, 2013: 4478-4479).

2.4.4 Penggunaan *Bioactive Glass Silica* sebagai *Remineralizing Agent*

Penggunaan *bioactive glass* dalam dunia kedokteran gigi adalah sebagai bahan *remineralizing agent*, semen perawatan saluran akar, bahan untuk mengurangi hipersensitifitas dentin, dan sebagai bahan *bleaching* (Krishnan dan Lakshmi, 2013: 79; Farooq, dkk., 2012: 200). *Bioactive glass* juga dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam bahan restorasi untuk remineralisasi dentin yang karies. Remineralisasi terjadi ketika ion-ion kalsium dan natrium berikatan dengan ion hidrogen yang terkandung dalam saliva sehingga terjadi peningkatan pH lokal dan pembentukan kelompok ikatan silanol. Kelompok ikatan silanol selanjutnya terkondensasi dan terpolimerisasi membentuk silika gel. Ion kalsium dan fosfat kemudian akan keluar melewati silika gel ke permukaan lapisan untuk membentuk kalsium fosfat dan berikatan dengan ion *hydroxyl* dan ion karbonat dalam saliva

untuk membentuk lapisan HCA baru. Remineralisasi pun dapat terjadi akibat deposisi HCA tersebut (Ferracane, dkk., 2010: 9).

Bahan restorasi yang saat ini mulai menggunakan bahan *bioactive glass silica* sebagai bahan tambahan (*remineralizing agent*) adalah semen ionomer kaca. Sebuah penelitian dilakukan oleh Mabrouk dan kawan – kawan mengenai penambahan 0,04 wt% *bioactive glass nano silica* ke dalam semen ionomer kaca, dan hasilnya berupa terbentuknya HCA pada semen ionomer kaca tersebut setelah direndam dalam cairan tubuh buatan. Hasil dari penelitian ini membuat Mabrouk dan kawan - kawan menyimpulkan bahwa dengan penambahan 0,04 wt% *bioactive glass nano silica* dalam semen ionomer kaca akan mampu mencegah timbulnya kebocoran tepi pada semen ionomer kaca (Mabrouk, dkk., 2012: 119).

2.5 Tebu

Tanaman tebu tergolong tanaman perdu dengan nama latin *Saccharum officinarum*. Di daerah Jawa Barat disebut Tiwu, di daerah Jawa Tengah dan Jawa Timur disebut Tebu atau Rosan. Sistematika tanaman tebu adalah:

Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledone
Ordo	: Graminales
Famili	: Graminae
Genus	: <i>Saccharum</i>
Species	: <i>Saccharum officinarum</i> (Indrawanto, dkk., 2010: 8-10).

Batang tanaman tebu berdiri lurus dan beruas – ruas yang dibatasi dengan buku-buku dan setiap buku terdapat mata tunas. Batang tanaman tebu berasal dari mata tunas yang berada di bawah tanah yang tumbuh keluar dan berkembang membentuk rumpun. Diameter batang antara 3-5 cm dengan tinggi batang antara 2-5 meter dan

tidak bercabang. Akar tanaman tebu termasuk akar serabut tidak panjang yang tumbuh dari cincin tunas anakan. Akar di bagian yang lebih atas pun terbentuk pada fase pertumbuhan batang akibat pemberian tanah sebagai tempat tumbuh. Daun tebu berbentuk busur panah seperti pita, berseling kanan dan kiri, berpelepah seperti daun jagung dan tak bertangkai. Tulang daun sejajar, di tengah berlekuk. Tepi daun kadang – kadang bergelombang serta berbulu keras. Bunga tebu berupa malai dengan panjang antara 50-80 cm. Cabang bunga pada tahap pertama berupa karangan bunga dan pada tahap selanjutnya berupa tandan dengan dua bulir panjang 3-4 mm. Terdapat pula benangsari, putik dengan dua kepala putik dan bakal biji. Buah tebu seperti padi, memiliki satu biji dengan besar lembaga 1/3 panjang biji. Biji tebu dapat ditanam di kebun percobaan untuk mendapatkan jenis baru hasil persilangan yang lebih unggul (Indrawanto, dkk., 2010: 8-10).

Tebu dimanfaatkan untuk memproduksi gula. Menurut data FAO tahun 2006, Indonesia menduduki peringkat ke-11 dalam produksi tebu dunia, yakni 25.500 juta ton. Hasil olah tebu menjadi gula menyisakan ampas tebu (bagasse). Ampas tebu tersebut umumnya digunakan sebagai bahan pembuatan kertas atau dibakar menjadi abu bagasse (Hanafi dan Nandang, 2010: 35). Abu bagasse ini memiliki kandungan silika sebesar 70% (Kristianingrum, dkk., 2011: 282).

Pemanfaatan silika ampas tebu saat ini sudah beragam, mulai dari pemanfaatan sebagai bahan tambahan semen pada beton maupun bahan industri bangunan lainnya karena memiliki sifat lebih kuat, ringan, dan ekonomis sebagai bahan tambahan (Rompas, dkk., 2013: 82; Hanafi dan Nandang, 2010: 36). Selain itu, abu ampas tebu juga dapat digunakan sebagai silika gel. Silika gel ($\text{Si}_2\text{xH}_2\text{O}$) merupakan salah satu bahan anorganik yang dapat digunakan untuk keperluan adsorpsi karena memiliki gugus silanol dan siloksan sebagai sisi aktif, pori-pori yang luas, berbagai ukuran partikel, dan area permukaan yang khas. Silika gel dibuat dengan cara penambahan larutan natrium hidroksida pada abu bagasse kering sehingga terbentuk natrium silikat, kemudian ditambahkan asam sulfat untuk mendapatkan silika gel yang dapat

digunakan sebagai prekursor untuk memproduksi silika secara langsung (Kristianingrum, dkk., 2011: 282).



Gambar 2.3 Penampilan tanaman tebu (Indrawanto, dkk., 2010: 3)

2.6 Gigi Sapi

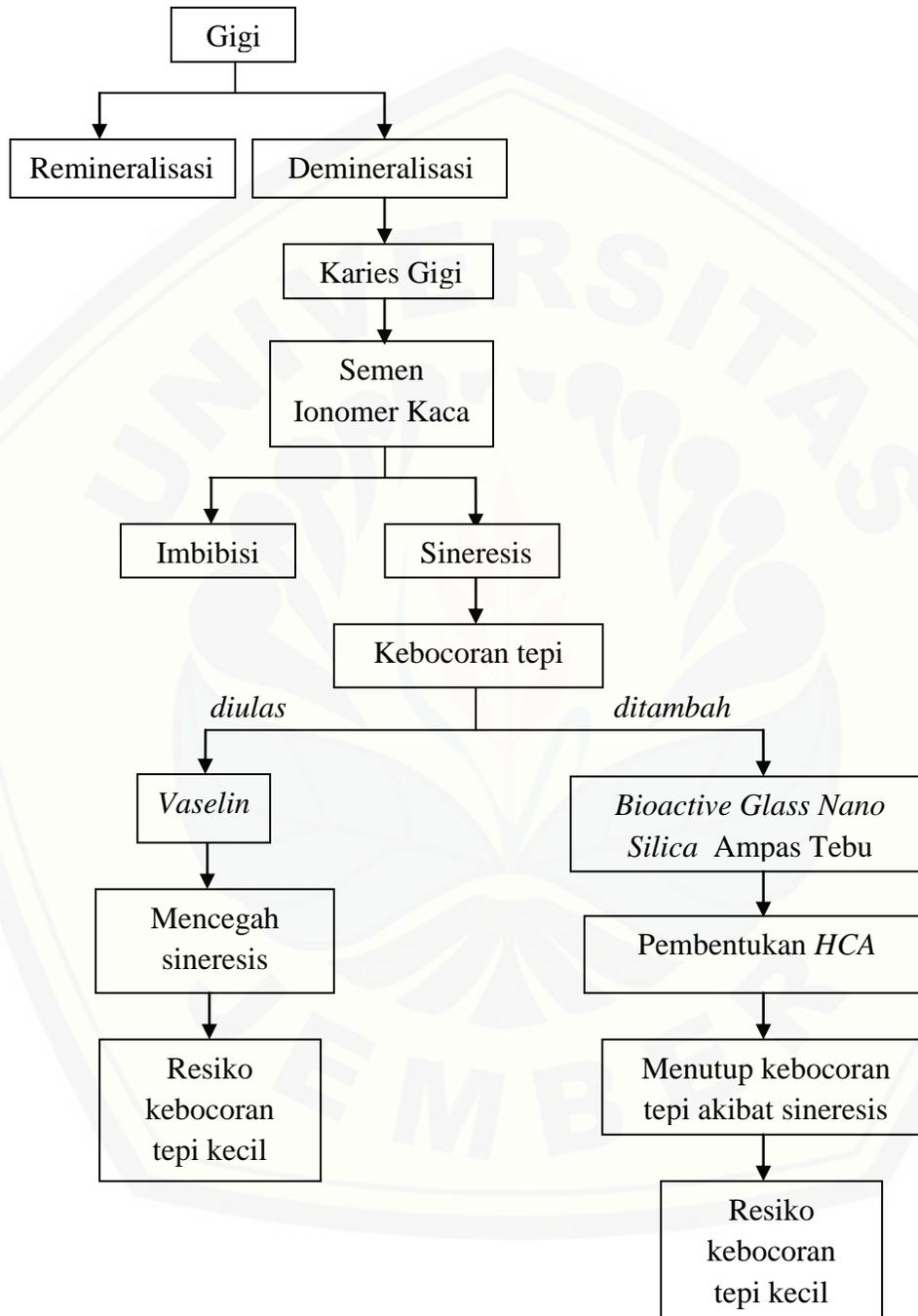
Beberapa jenis gigi binatang seperti gigi sapi, gigi anjing, gigi hiu, dan gigi primata telah digunakan sebagai pengganti gigi manusia untuk penelitian ekperimental. Alternatif gigi pengganti tersebut digunakan karena gigi manusia sulit didapatkan dalam kondisi baik (tidak karies), sulit diperoleh dalam jumlah yang banyak, dan biasanya gigi manusia sangat bervariasi berdasarkan usia sumber (tidak homogen) (Yassen, dkk., 2011: 273).

Gigi sapi merupakan salah satu gigi pengganti yang ideal dan telah digunakan sejak 30 tahun yang lalu. Gigi sapi banyak digunakan karena mudah didapatkan dalam jumlah yang cukup banyak dan dalam kondisi bebas karies (Yassen, dkk., 2011: 273). Gigi sapi memiliki banyak kesamaan dengan gigi manusia, misalnya komposisi kimia enamel, karakteristik remineralisasi dan demineralisasi, sifat mudah dipoles, luminansi, dan indeks bias yang mirip dengan gigi manusia (Wang, dkk., 2012: 1698). Penelitian mengenai perbandingan kebocoran tepi bahan restorasi pada sampel gigi manusia dan gigi sapi telah banyak diteliti dan hasilnya tidak terdapat

perbedaan yang signifikan, sehingga gigi sapi dapat dijadikan sebagai alternatif gigi pengganti pada penelitian kebocoran tepi (Reeves, dkk., 1995: 510; Fitchie, dkk., 1995; Almeida, dkk., 2009 dalam Yassen, dkk., 2011: 273)



2.7 Peta Konsep



2.8 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah pemanfaatan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu sebagai *remineralizing agent* dapat meminimalkan kebocoran tepi pada semen ionomer kaca.



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang akan digunakan adalah eksperimental laboratoris dengan menggunakan rancangan penelitian *the post test only with control group design* (Budiarto, 2002: 15).

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Biosain Politeknik Jember pada bulan September – Oktober 2016.

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kebocoran tepi semen ionomer kaca

3.3.3 Variabel Terkendali

Variabel terkendali dalam penelitian ini di antaranya adalah:

1. Pengaturan suhu ruang untuk penyimpanan *bioactive glass nano silica* basah selama 5 hari
2. Operator yang bertugas untuk mengaduk semen ionomer kaca

3.4 Definisi Operasional

3.4.1 Ampas Tebu

Ampas tebu merupakan sisa dari tebu yang telah diambil sarinya. Ampas tebu diperoleh dari Pabrik Gula Gending, Probolinggo. Ampas tebu ini diproses menjadi abu ampas tebu dengan cara dikeringkan, dibakar dengan api, dan dibakar dalam furnace bersuhu 900⁰ C.

3.4.2 *Bioactive Glass Nano Silica* dari Abu Ampas Tebu

Bioactive glass nano silica dari abu ampas tebu adalah bahan bioaktif yang dapat membentuk lapisan HCA. Bahan tersebut dibuat dengan cara mengekstrak abu ampas tebu menjadi natrium silika (prekursor silika), kemudian dicampurkan dengan kalsium nitrat dan *phosporus pentoxide* melalui teknik sol – gel untuk mendapatkan betuk nano partikel.

3.4.3 Semen Ionomer Kaca yang Dicampur dengan Bahan *Bioactive Glass Nano Silica* dari Abu Ampas Tebu

Semen ionomer kaca yang dicampur dengan bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu dibuat dengan cara mencampurkan 0,04 gram bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu ke dalam 100 gram bubuk semen ionomer kaca secara manual (dicampurkan dan dikocok dalam sebuah botol kaca) (Mabrouk, dkk., 2012: 116).

3.4.4 Kebocoran Tepi

Kebocoran tepi adalah celah yang terjadi di antara bahan restorasi dan dinding kavitas yang dilihat melalui adanya penetrasi metilen biru 1% di antara bahan restorasi dan dinding kavitas tersebut. Kedalaman penetrasi metilen biru 1% tersebut diamati di bawah mikroskop digital yang terhubung dengan laptop dengan perbesaran 50X, kemudian diukur dengan sistem skor.

3.5 Sampel Penelitian

3.5.1 Sampel Penelitian

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah gigi insisivus sapi (*bovine*). Gigi sapi diperoleh dari rahang bawah sapi yang sudah dibuang, setelah sapi dijagal untuk keperluan pasar. Gigi sapi dicabut menggunakan tang dan dibersihkan jaringan lunak menggunakan pisau, kemudian disimpan dalam larutan fisiologis sampai nanti akan digunakan dalam penelitian. Larutan tersebut diganti dengan larutan fisiologis yang baru apabila mulai terlihat keruh atau setiap 3 hari sekali. Batas waktu penyimpanan gigi tersebut adalah 2 bulan untuk menghindari dehidrasi dentin (Dorland, 2002: 771). Gigi sapi yang akan digunakan sebagai penelitian dipilih secara acak sebelum dikelompokkan.

3.5.2 Kriteria Sampel

Gigi sapi (*bovine*) yang digunakan dalam penelitian ini harus memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut:

- a. Tidak terdapat karies
- b. Tidak terdapat fraktur
- c. Tidak abrasi bagian permukaan bukal
- d. Diambil dari sapi yang berumur 15 tahun

3.5.3 Pengelompokan Sampel Penelitian

Jumlah kelompok sampel dalam penelitian ini adalah 4 kelompok, dengan penjelasan sebagai berikut:

- a. Kelompok 1 (kontrol) : sampel ditumpat dengan semen ionomer kaca
- b. Kelompok 2 (kontrol) : sampel ditumpat dengan semen ionomer kaca, kemudian diulasi vaselin

- c. Kelompok 3 (perlakuan) : sampel ditumpat dengan semen ionomer kaca yang telah dicampur dengan bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu
- d. Kelompok 4 (perlakuan) : sampel ditumpat dengan semen ionomer kaca yang telah dicampur dengan bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu, kemudian diulasi vaselin

3.5.4 Jumlah Sampel

Jumlah sampel yang digunakan pada penilaian ini ditentukan melalui rumus besar sampel sebagai berikut:

$$n = \frac{z^2 \cdot \sigma^2}{d^2}$$

$$n = \frac{1,96^2 \cdot \sigma^2}{\sigma^2}$$

$$n = \frac{1,96^2 \cdot \sigma^2}{\sigma^2}$$

$$n = 1,96^2$$

$$n = 3,84$$

$$n = 4$$

Keterangan :

n = Besar sampel minimum

σ = Standart deviasi sampel

d = Kesalahan yang masih dapat di toleransi, diasumsikan $d = \sigma$

z = Konstanta pada tingkat kesalahan tertentu, jika $\alpha = 0,05$ maka $z = 1,96$ (Budiarto, 2002).

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan rumus di atas, diperoleh jumlah sample minimal 4 buah untuk setiap kelompok sampel. Pada penelitian ini dilakukan penambahan sampel sebanyak 2 buah pada masing – masing kelompok, agar data

yang diperoleh lebih valid, sehingga jumlah seluruh sampel yang digunakan menjadi 24 buah.

3.6 Alat dan Bahan Penelitian

3.6.1 Alat Penelitian

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. *muffle furnace* (Heraeus Furnace, Jerman),
- b. oven (Heratherm oven, Jerman),
- c. inkubator (Memmert, Jerman),
- d. timbangan digital (Sartorius, Jerman),
- e. penyaring berukuran 200 mesh (Test Sieve, Indonesia),
- f. *beaker glass*,
- g. tabung erlenmayer,
- h. corong,
- i. cawan porselen,
- j. pH meter (Cyberscan, USA),
- k. pengaduk magnet (Wisd, USA),
- l. mikroskop digital (coolingTech Microscope, Cina),
- m. laptop (Lenovo, China),
- n. pisau,
- o. tang,
- p. syringe,
- q. bowl,
- r. spatula,
- s. *lowspeed diamond fissure silindris bur* dan *carborundum disc*,
- t. *contra angle hand piece*;
- u. spatula agate,
- v. probe WHO,

- w. balpoin OH-F,
- x. penggaris,
- y. sendok takar semen ionomer kaca pabrik,

3.6.2 Bahan Penelitian

- a. Elemen gigi insisivus sapi (*bovine*) (24 buah),
- b. larutan fisiologis (NaCl 0,9%),
- c. ampas tebu,
- d. akuades,
- e. NaOH 2 N,
- f. etanol 2,5 ml,
- g. HNO₃ 2 M,
- h. P₂O₅ (0,5 g),
- i. Ca (NO₃)₂ . 4 H₂O (4,1 g),
- j. *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu,
- k. semen ionomer kaca (Fuji IX, Jepang),
- l. *dentin conditioner* (GC, Jepang),
- m. larutan metilen biru 1%,
- n. kertas saring (Whatman, No. 42),
- o. alumunium foil,
- p. varnis/ cat kuku,
- q. vaselin,
- r. tisu,
- s. model gips,
- t. *paper pad*,
- u. *cotton pelet*,
- v. *cotton roll*,
- w. *celluloid strip*.

3.7 Prosedur Penelitian

3.7.1 Membuat *Bioactive Glass Nano Silica*

Pembuatan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu diawali dengan pembuatan prekursor silika yang berupa natrium silika. Prosedur pembuatan natrium silika dari ampas tebu sebagai berikut (Kristianingrum, dkk., 2011: 284):

- a. Sebanyak 5 kg ampas tebu dikeringkan di bawah sinar matahari, kemudian dibakar dengan api selama 2 jam.
- b. Membakar ampas tebu dalam alat *furnace* bersuhu 900°C selama 2 hari hingga menjadi abu ampas tebu (gambar 3.1).



Gambar 3.1 Pembakaran abu dalam alat *furnace* bersuhu 900°C
(Sumber: Koleksi pribadi)

- c. Mengayak abu ampas tebu menggunakan ayakan 200 mesh. Hasil ayakan abu tersebut ditimbang dan diambil 25 gram (gambar 3.2).



Gambar 3. 2 Mengayak abu ampas tebu menggunakan ayakan 200 mesh
(Sumber: Koleksi pribadi)

- d. 25 gram abu dimasukkan ke dalam tabung erlenmayer, kemudian ditambahkan larutan HCL 150 ml 0.1 M, dan diaduk secara otomatis menggunakan alat pengaduk magnet selama 1 jam. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan logam lain selain silika yang terdapat pada abu. Hasil pengadukan tersebut kemudian didiamkan pada suhu ruang selama 24 jam (gambar 3.3).



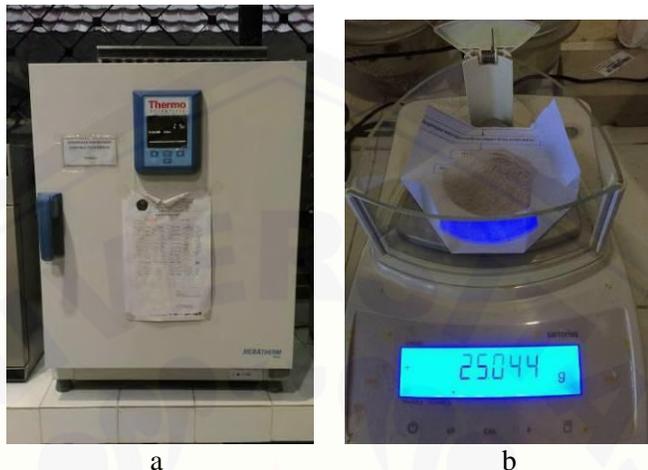
Gambar 3.3 Pencampuran abu ampas tebu dengan HCL menggunakan alat pengaduk magnet (Sumber: Koleksi pribadi)

- e. Abu ampas tebu disaring menggunakan kertas saring dan dibilas dengan akuades hingga pH normal (7). Pengecekan pH dilakukan menggunakan alat pH meter (gambar 3.4).



Gambar 3.4 Penyaringan abu ampas tebu menggunakan kertas saring (Sumber: Koleksi pribadi)

- f. Mengeringkan abu ampas tebu dalam oven bersuhu 110° C selama 2 jam (gambar 3.5 a), kemudian ditimbang (gambar 3.5 b).



Gambar 3.5 a. Mengeringkan abu ampas tebu dalam oven, b. Penimbangan abu ampas tebu menggunakan alat timbangan digital (Sumber: Koleksi pribadi)

- g. Abu yang akan digunakan pada tahap selanjutnya adalah 10 gram. Abu tersebut dimasukkan ke dalam tabung erlenmayer, kemudian dicampur dengan larutan 60 ml NaOH 2 N, dan diaduk secara otomatis menggunakan alat pengaduk magnet. Suhu alat pengaduk magnet diaktifkan dan diatur sampai larutan mendidih selama 60 menit.
- h. Mendinginkan campuran di atas hingga mencapai suhu kamar, kemudian disaring dengan kertas saring. Hasil dari penyaringan ini adalah filtrat berupa natrium silika basah (gambar 3.6).



Gambar 3.6 Natrium silika basah (Sumber: Koleksi pribadi)

- i. Mengeringkan natrium silika dengan oven bersuhu 110° selama 2 jam sehingga terbentuk natrium silika kering yang siap digunakan sebagai prekursor silika dalam pembuatan *bioactive glass nano silica* (gambar 3.7).

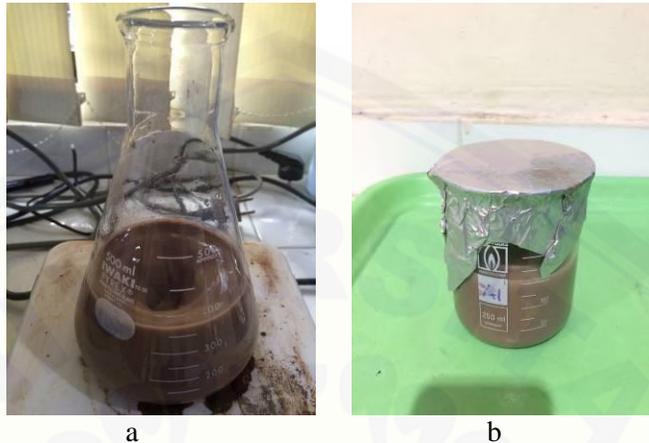


Gambar 3.7 Natrium silika kering
(Sumber: Koleksi pribadi)

Prosedur selanjutnya adalah membuat *bioactive glass nano silica* dari natrium silika. Prosedur pembuatan *bioactive glass nano silica* dari natrium silika sebagai berikut (Adams, dkk., 2013: 12):

- a. Natrium silika ditimbang sebanyak 5 gram, kemudian dimasukkan ke dalam tabung erlenmayer, dicampur dengan 15 ml akuades, dan diaduk secara otomatis menggunakan alat pengaduk magnet.
- b. Sebanyak 2,5 ml etanol 96% ditambahkan pada campuran di atas, dan tetap diaduk sampai larutan terlihat jernih.
- c. HNO_3 2 M kemudian ditambahkan sampai pH larutan menjadi normal (7). Pengecekan pH dilakukan menggunakan alat pH meter. Campuran di atas tetap diaduk secara otomatis selama 1 jam.
- d. Sebanyak 0,5 gram P_2O_5 (*phosporus pentoxide*) ditambahkan dalam campuran di atas dan tetap diaduk selama 45 menit.
- e. Selanjutnya ditambahkan 4,1 gram $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ (*calcium nitrate tetrahydrat*) dan tetap diaduk selama 45 menit (gambar 3.8 a).

- f. Terakhir campuran tersebut diaduk selama 1 jam sampai terbentuk gel dan kemudian didiamkan selama 5 hari dalam temperatur ruang (gambar 3.8 b).



Gambar 3.8 a. Natrium silikat yang telah dicampur dengan akuades, etanol, HNO_3 , P_2O_5 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ dan diaduk menggunakan alat pengaduk magnet
b. Mendinginkan campuran selama 5 hari dalam temperatur ruang (Sumber: Koleksi pribadi).

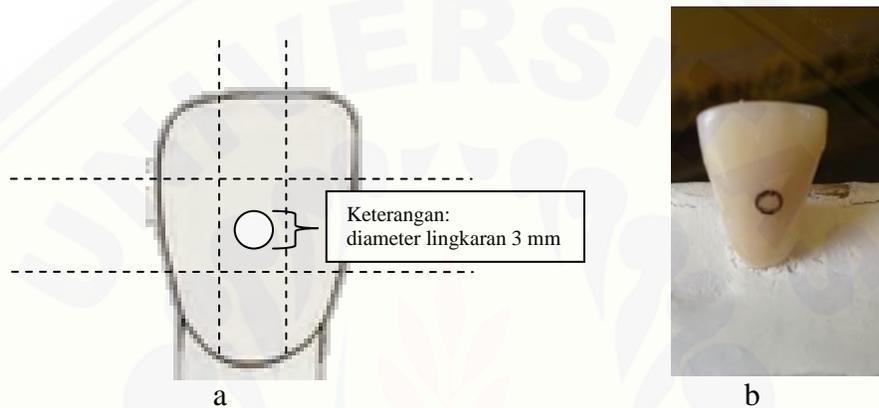
- g. Gel tersebut dikeringkan dalam oven bersuhu 60°C selama 72 jam. Pengeringan akhir dilakukan menggunakan alat *furnace* dengan suhu 600°C selama 5 jam, dilanjutkan dengan suhu 1000°C selama 2 jam.

3.7.2 Pencampuran Semen Ionomer Kaca dengan Bahan *Bioactive Glass Nano Silica* dari Abu Ampas Tebu

- Menimbang bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu sebanyak 0,04 gram.
- Menimbang bubuk semen ionomer kaca sebanyak 100 gram.
- Mencampurkan kedua bahan tersebut di atas (a dan b) secara manual (dicampurkan dan dikocok dalam sebuah botol kaca) (Mabrouk, dkk., 2012: 116).

3.7.3 Persiapan Sampel

- a. Dua puluh empat gigi sapi (*bovine*) disusun pada 4 balok gips, masing – masing berisi 6 gigi. Gigi ditanam pada gips dengan posisi seluruh akar terendam gips.
- b. Membuat desain preparasi berbentuk lingkaran berdiameter 3 mm pada sepertiga tengah permukaan labial mahkota gigi dengan menggunakan alat pensil tinta dan balpoin OHF (gambar 3.9).



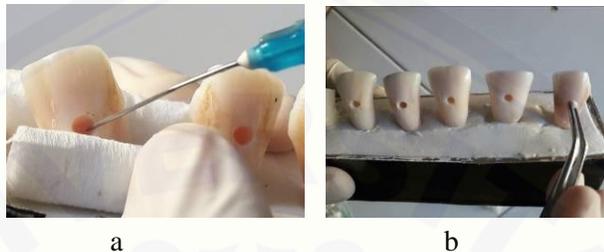
Gambar 3.9 a. Skema *outline* preparasi kavitas pada 1/3 tengah labial sampel (Sumber: Soufyan, dkk., 2008: 132)
b. Pembuatan *outline* pada sampel (Sumber: Koleksi pribadi).

- c. Melakukan preparasi menggunakan *low speed diamond fissure silindris bur*. Preparasi dibuat sedemikian rupa sehingga membentuk kavitas lingkaran dengan diameter 3 mm dan kedalaman 2 mm, dengan dasar kavitas rata, dan dinding kavitas tegak. Pengecekan kavitas menggunakan alat probe periodontal (gambar 3.10).



Gambar 3.10 Preparasi sampel (Sumber: Koleksi pribadi)

- d. Area di sekitar gigi diblokir menggunakan *cotton roll*, kemudian kavitas dibersihkan dengan akuades steril menggunakan *syringe* (gambar 3.11 a) dan dikeringkan dengan *cotton pellet*. Kavitas harus benar – benar kering tanpa ada sisa air di permukaan kavitas (gambar 3.11 b) (Lestari, dkk., 2012: 24)



Gambar 3.11 a. Pembersihan kavitas menggunakan akuades, b. pengeringan kavitas menggunakan *cotton pellet* (Sumber: Koleksi pribadi)

3.7.4 Tahap Penumpatan

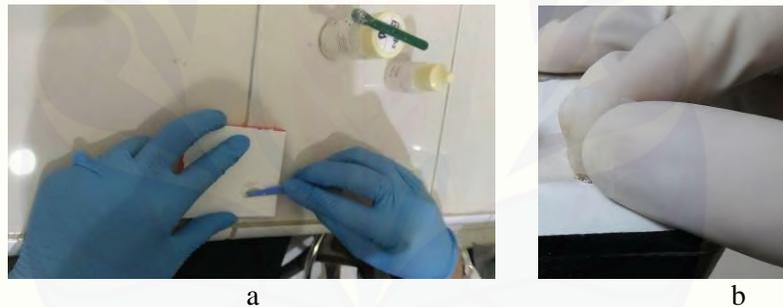
Prosedur penumpatan dilakukan sesuai dengan aturan pakai semen ionomer kaca Fuji IX (instruksi pabrik).

- a. Kelompok 1 ditumpat dengan bahan semen ionomer kaca. Prosedur penumpatan pada kelompok 1 adalah sebagai berikut:
1. Mengulasi kavitas yang telah kering dengan bahan *dentine conditioner* (asam poliakrilat 20%) menggunakan *cotton pellet* dan ditunggu selama 20 detik (gambar 3.12), kemudian kavitas diirigasi dengan akuades steril dan dikeringkan lembab menggunakan *cotton pellet*. Pengulasan *dentine conditioner* dilakukan untuk menghilangkan *smear layer* (lapisan yang terbentuk dari sisa-sisa pengeburan gigi). *Smear layer* tersebut dapat menghambat permeabilitas dentin hingga 80%, sehingga perlekatan semen ionomer kaca dengan dinding kavitas akan terganggu apabila *smear layer* ini tidak dihilangkan.



Gambar 3.12 Mengulasi kavitas dengan *dentine conditioner* (Sumber: Koleksi pribadi)

2. Menakar bubuk semen ionomer kaca dan cairan asam poliakrilat di atas *paper pad* dengan perbandingan 1 sendok peres bubuk : 1 tetes cairan.
3. Membagi bubuk menjadi dua bagian yang sama menggunakan spatula agate.
4. Mencampurkan salah satu bagian bubuk dengan cairan asam poliakrilat dengan cara diaduk melipat menggunakan spatula agate selama 10 detik.
5. Memasukkan sisa bubuk lainnya ke dalam adukan dan aduk keseluruhan bahan dalam waktu 20 detik (gambar 3.13 a).
6. Mengaplikasikan bahan ke dalam kavitas sampai penuh menggunakan alat *plastis filling instrument*.
7. Memampatkan tumpatan dengan *celluloid strip* (gambar 3.13 b), kemudian *celluloid strip* dilepas.
8. Merapikan tumpatan menggunakan skalpel.



Gambar 3.13 a. Pengadukan bahan restorasi, b. Pemampatan bahan restorasi menggunakan *celluloid strip* (Sumber: Koleksi pribadi)

- b. Kelompok 2 ditumpat dengan bahan yang sama dengan kelompok 1. Prosedur penumpatan pada kelompok 2 dilakukan dengan cara mengulang langkah “1 sampai 8”, kemudian permukaan tumpatan diulasi vaselin menggunakan *cotton pellet*, selanjutnya tumpatan dirapikan menggunakan skalpel.
- c. Kelompok 3 ditumpat dengan bahan semen ionomer kaca yang dicampur dengan bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu. Prosedur penumpatan pada kelompok 3 dilakukan dengan cara mengulang langkah “1 sampai 9”.
- d. Kelompok 4 ditumpat dengan bahan semen ionomer kaca yang dicampur dengan bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu. Prosedur penumpatan pada

kelompok 4 dilakukan dengan cara mengulang langkah “1 sampai 8”, kemudian permukaan tumpatan diulasi vaselin menggunakan *cotton pellet*, selanjutnya tumpatan dirapikan menggunakan skalpel.

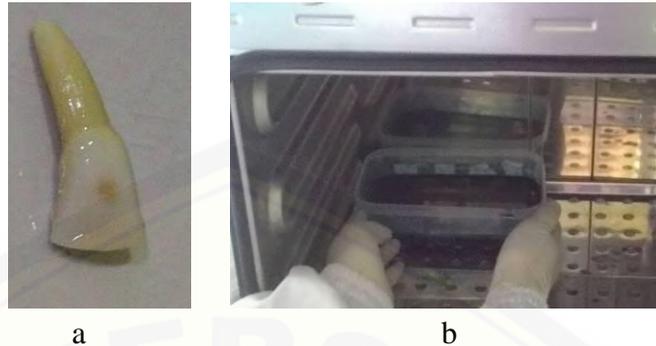
3.7.5 Tahap Perlakuan

- a. Semua sampel yang telah ditumpat, direndam secara keseluruhan di dalam wadah berisi akuades steril, kemudian dimasukkan dalam inkubator suhu 37°C selama 24 jam. Perendaman dalam akuades suhu 37°C bertujuan untuk membuat kondisi seperti kondisi di dalam rongga mulut (gambar 3.14).



Gambar 3.14 Merendam sampel di dalam wadah berisi akuades steril dan dimasukkan dalam inkubator suhu 37°C (Sumber: Koleksi pribadi)

- b. Sampel diambil dan dibersihkan dari gips menggunakan pisau model atau pisau malam, kemudian sampel dikeringkan dengan tisu.
- c. Seluruh permukaan sampel yang telah dibersihkan dari gips, diulasi varnish/ cat kuku sebanyak 2 lapis kecuali pada permukaan tumpatan dan 1 mm di sekitar permukaan tumpatan tersebut (gambar 3.15 a).
- d. Menempatkan sampel dalam kotak berisi larutan metilen biru 1% sampai seluruh permukaan sampel terendam, kemudian dimasukkan dalam inkubator suhu 37°C selama 24 jam (gambar 3.15 b).



Gambar 3.15 a. Melapisi sampel dengan varnish/ cat kuku, b. Merendam sampel dalam kotak berisi larutan metilen biru 1% pada suhu 37⁰ C dalam inkubator (Sumber: Koleksi pribadi)

- e. Sampel dikeluarkan dari inkubator dan dikeringkan dengan tisu, kemudian dipotong dengan *carborundum disc* dari arah sagital (gambar 3.16 a). Pemotongan dilakukan di bawah air mengalir dengan tujuan untuk menghindari panas yang terjadi selama proses pemotongan (gambar 3.16 b) (Aviandani, dkk., 2012: 82).

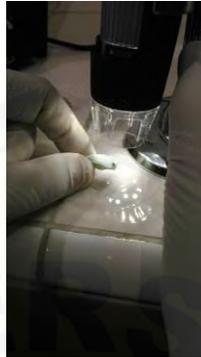


Gambar 3.16 a. Skema pemotongan sampel (keterangan: tanda panah adalah arah pemotongan sampel, titik berwarna merah adalah daerah yang akan diamati setelah pemotongan sampel) (Sumber: Soufyan, dkk., 2008: 132)
b. Pemotongan sampel di bawah air mengalir (Sumber: Koleksi pribadi)

3.7.6 Tahap Pengamatan

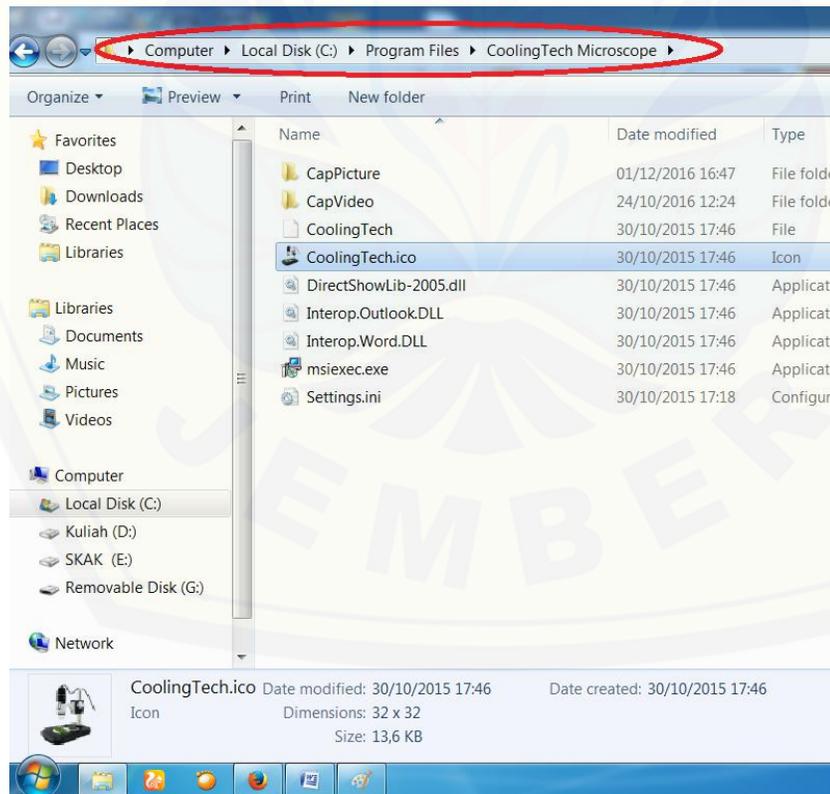
- Menyiapkan laptop, mikroskop digital, dan sampel di atas meja.
- Menghidupkan laptop, kemudian menginstal *software* mikroskop digital dari *CD Driver*. Selanjutnya, menghubungkan laptop dengan alat mikroskop digital, dengan cara memasukkan USB mikroskop ke laptop.

- c. Menempatkan sampel di bawah lensa mikroskop (gambar 3.17).



Gambar 3.17 Mengamati sampel menggunakan mikroskop digital
(Sumber: Koleksi pribadi)

- d. Membuka *Windows Explorer* > *Local Disk (C)* > *Program Files* > *CoolingTech Microscope* > *CoolingTech*, maka di layar laptop akan muncul kamera dengan beberapa menu di dalamnya (gambar 3.18).



Gambar 3.18 Membuka software mikroskop digital untuk mengambil gambar sampel (Sumber: Koleksi pribadi)

- e. Mengatur posisi mikroskop sedemikian rupa sehingga sampel dapat terlihat jelas di layar laptop.
- f. Menekan menu “capture” atau icon dengan gambar kamera di pojok kiri atas pada layar laptop, untuk mengambil gambar sampel.
- g. Mengulang langkah “e dan f” pada setiap sampel.
- h. Menutup kamera “CoolingTech”, maka hasil gambar sampel yang telah diambil tadi, akan tersimpan secara otomatis.
- i. Membuka hasil pengambilan gambar sampel dengan cara, membuka membuka *Windows Explorer > Local Disk (C) > Program Files > CoolingTech Microscope > CapPicture*.
- j. Pengukuran nilai kebocoran tepi dilakukan oleh 3 pengamat menggunakan sistem skor, yakni:
 1. Skor 0 : tidak ada penetrasi metilen biru di antara bahan restorasi dan dinding kavitas
 2. Skor 1 : terdapat penetrasi metilen biru di antara bahan restorasi dan dinding kavitas sepanjang enamel
 3. Skor 2 : terdapat penetrasi metilen biru di antara bahan restorasi dan dinding kavitas sepanjang enamel dan dentin
 4. Skor 3 : terdapat penetrasi metilen biru di antara bahan restorasi dan dinding kavitas sepanjang enamel dan dentin sampai ke dasar kavitas (Methew, dkk., 2013: 8).

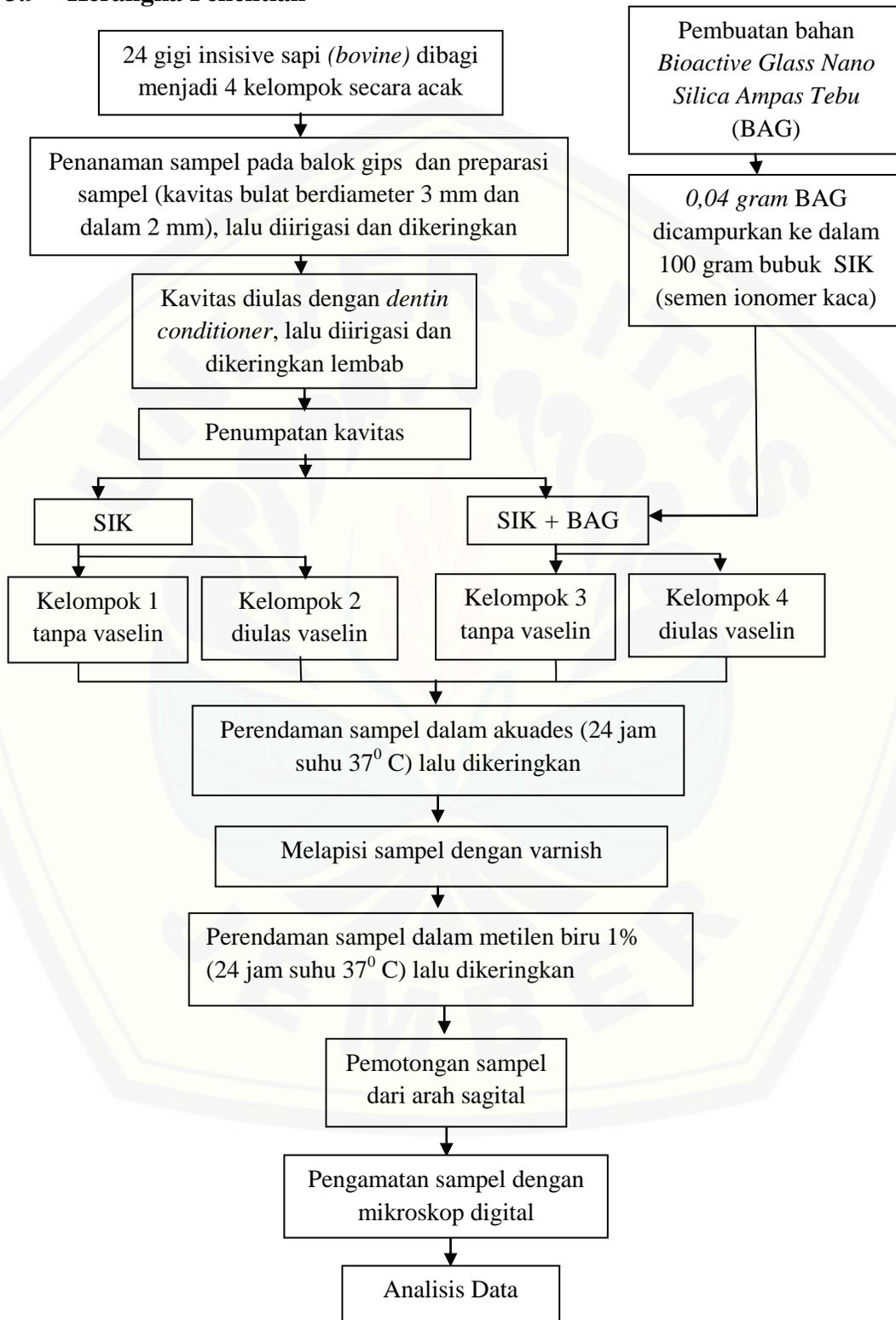
3.8 Analisis Data

Data yang diperoleh ditabulasi dan dilakukan uji normalitas menggunakan uji *shapiro wilk* serta uji homogenitas menggunakan uji *levene*. Kedua uji tersebut dilakukan untuk mengetahui distribusi data dengan signifikansi ($p > 0,05$). Jika hasil uji menunjukkan data terdistribusi secara normal dan homogen, maka selanjutnya dilakukan uji statistik parametrik (*one way annova* dan *least significant difference*)

dengan signifikansi ($p < 0,05$). Jika hasil uji menunjukkan data tidak terdistribusi secara normal dan homogen, maka selanjutnya dilakukan uji statistik non parametrik (*kruskal wallis* dan *mann – whitney*) dengan signifikansi ($p < 0,05$).



3.9 Kerangka Penelitian



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu sebagai *remineralizing agent* dapat meminimalkan kebocoran tepi pada semen ionomer kaca, namun hal tersebut secara statistik tidak signifikan atau tidak bermakna.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

- 5.2.1 Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai kebocoran tepi pada semen ionomer kaca yang dicampur dengan bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu menggunakan berbagai rasio, sebab dengan rasio 0,04 wt% hasilnya tidak berpengaruh secara signifikan untuk menurunkan terjadinya kebocoran tepi pada semen ionomer kaca.
- 5.2.2 Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai kebocoran tepi pada semen ionomer kaca yang dicampur dengan bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu menggunakan teknik/ metode aplikasi yang lebih tepat, yakni memampatkan semen ionomer kaca menggunakan alat semen *stopper*.
- 5.2.3 Melakukan penelitian lebih lanjut berupa berbagai uji karakteristik maupun uji klinis pada bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu yang ditambahkan dalam semen ionomer kaca agar dapat diaplikasikan secara klinis dan menjadi salah satu bahan restorasi pilihan dalam kedokteran gigi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, L. A., Enobong R. E., Rafiu O. S., Aderemi O. 2013. Sol – Gel Synthesis of SiO₂ – CaO – Na₂O – P₂O₅ Bioactive Glass Ceramic from Sodium Metasilicate. *New Journal of Glass and Ceramics*. Vol. 3: 11 – 15.
- Albers, H. F. 2002. *Tooth – Colored Restoratives Principles and Techniques Ninth Edition*. London: BC Decker Inc.
- Aviandani, M. J., Elly M., Mohammad Y. 2012. Perbedaan Kebocoran Tepi Tumpatan Semen Ionomer Kaca dengan Pengadukan secara Mekanis Elektrik dan Manual. *Jurnal PDGI*. Vol. 61(3) : 81 – 87.
- Bansal, C. 2015. *Resin Based Materials*. Hamburg : Anchor Academic.
- Bollu, I. P., Archana H., Jayaprakash T., Lakshmi D. V., Nagesh B., Sujana V., Srikanth K., Siva V. M. N. 2016. Comparative Evaluation of Microleakage Between Nano-Ionomer, Giomer, and Resin Modified Glass Ionomer Cement Class V Cavities- CLSM Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. Vol. 10 (5): 66 -70.
- Booth, S. E., Andrew D. D., Nichola J. C. 2012. Properties of Glass Ionomer Cements Sealed with Petroleum Jelly or wax. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*. Vol. 6 (12): 1133 – 1136
- Budiarto, E. 2002. *Biostatistik untuk Kedokteran dan Kesehatan Masyarakat*. Jakarta: EGC. 15 – 42.
<https://books.google.com/books?isbn=9794486523> diakses pada tanggal 20 Juli 2016
- Chen, Q., Roether J. A., Boccaccini A. R. 2008. Tissue Engineering Scaffolds from Bioactive Glass and Composite Material. *Topics in Tissue Engineering*. Vol. 4: 1 – 27.
- Darvell, B. W. 2009 *Material Science for Dentistry Ninth Edition*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
<https://books.google.com/books?isbn=1845696670> diakses pada tanggal 26 Nopember 2016
- Dorland, W. A. 2002. *Dorland's Illustrated Medical Dictionary*. Terjemahan Huriawati Hartanto, dkk. Kamus Kedokteran. Edisi 26. Jakarta: EGC, hal. 771

- Esvandiari. 2007. Kumpulan Lengkap Rumus Fisika SMA. Depok: Puspa Swara
<https://books.google.com/books?isbn=9792448845> diakses pada tanggal 3 Januari 2017
- Farooq, I., Zonera I., Umer F., Ali F., Humera A. 2012. Bioactive Glass : A Material For The Future. *World Journal of Dentistry*. Vol 3 (2) : 199 – 201.
- Ferracane, J. L., Paul R. C., Anthony J. S. 2010. Can Interaction of Materials with the Dentin – Pulp Complex Contribute to Dentin Regeneration?. *Odontology*. (98) : 2 – 14.
- Garg, N & Amit G. 2008. *Review of Endodontics and Operative Dentistry*. New Delhi : Jaypee Brothers
- Hamouda, I. M., Hagag A. E., Manal F. B. 2011. Microleakage of Nanofilled Composite Resin Restorative Material. *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*. Vol. 2: 329 – 334.
- Hanafi, S. A. dan Nandang A. R. 2010. Studi Pengaruh Bentuk Silika dari Ampas Tebu terhadap Kekuatan Produk Keramik. *Jurnal Kimia Indonesia*. Vol. 5 : 35 – 38.
- Higham, S. 2014. *Caries Process and Prevention Strategies : Demineralization / Remineralization*. The Voice of Dental Education.
<http://media.dentalcare.com/media/en-US/education/ce369/ce369.pdf>, diakses pada tanggal 25 Mei 2016
- Indrawanto, C., Purwono., Siswanto., M. Syakir., Widi R. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Tebu*. Jakarta : ESKA Media.
- Jones, J. R. 2013. Review of Bioactive Glass : From Hench to Hybrids. Elsevier. *Acta Biomaterialia*. Vol. 9: 4457 – 4486.
- Kamalak, H., Mumcu A., Altin S. 2015. The Temperature Dependence of Microleakage between Restorative and Pulp Capping Material by Cu Diffusion. *The Open Dentistry Journal*. Vol 9: 140 – 145.
- Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. 2012. *Rencana Program Pelayanan Kesehatan Gigi dan Mulut*. ISBN 978 – 602 – 235 – 194 – 8.
dinkes.babelprov.go.id/sites/default/files/data/Renc.Program.pdf, diakses pada tanggal 21 Maret 2016

- Khoroushi, M. dan Fatema. K. 2013. A Review of Glass Ionomers: From Conventional Glass Ionomer to Bioactive Glass Ionomer. *Dental Research Journal*. Vol. 10 (4): 411 – 420.
- Krishnan, V. dan Lakshmi T. 2013. Bioglass : A Novel Biocompatible Innovator. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*. Vol. 4 (2): 78 – 83.
- Kristianingrum, S., Endang D. S., Annisa F. 2011. Pengaruh Jenis Asam pada Sintesis Silika Gel dari Abu Bagasse dan Uji Sifat Adsorptifnya terhadap Ion Logam Tembaga (II). *Prosiding Seminar Nasional Kimia*: 281 – 291
- Lestari, S., Dwi W. A. F., Hidayatul F. 2012. Kebocoran Tepi Restorasi Semen Ionomer Kaca dengan Bahan Fuji II, Fuji VII, (White) dan Fuji VII (Pink). 2012. *JKG UNEJ*. Vol. 9 (1): 23 – 27.
- Mabrouk, M., Selim., Hanan B., El – Gohary M. I. 2012. Effect of Incorporation of Nano Bioactive Silica Into Commercial Glass Ionomer Cements (GIC). *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. Vol 10: 113 – 119.
- Mathew, S. M., Abi M. T., George K., Kapil D. 2013. Evaluation of the Microleakage of Chlorhexidine – Modified Glass Ionomer Cement: An in vivo Study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. Vol. 6 (1): 7 – 11
- Nakao, M. 2016. Glass Ionomer Reference Guide. *GC Japan Inc.* www.gceurope.com/pid/4/leaflet/en_Leaflet; www.gceurope.com/pid/7/manual/en_Manual; www.gcamerica.com/products/operator/GC_Fuji_II_LC/F2LC_brochure; www.gcamerica.com/products/operator/EQUIA.../GCA_GI_Guide-2016-iPad , diakses pada tanggal 12 Januari 2017
- Ninawe, N., Nayak U. A., Nagar P., Khandelwal V., Jain S., Gupta A. S. 2014. A Comparative Evaluation of Microleakage of Glass Ionomer retoration with Different Surface Protectors – An In – vitro Study. *Dental Journal of advance Studies*. Vol. 2 (II): 105 – 108.
- Prabhakar, A. dan Veena A. 2009. Comparison of the Remineralizing Effects of Sodium Fluoride and Bioactive Glass Using Bioerodible Gel System. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*. Vol. 3 (4): 117 – 121.
- Prabhakar, A., Jibi P. M., Basappa. 2010. Comparative Evaluation of the Remineralizing Effects and Surface Hardness of Glass Ionomer Cements Containing Bioactive Glass (S53P4): An in vitro Study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. Vol. 3 (2): 69 – 77.

- Rahaman, M. N., Delbert E. D., B. Sony B., Qiang F., Steven B. J., Lynda F. B., Antoni P. T. 2011. Review : Bioactive Glass in Tissue Engineering. *Acta Materialia*. Vol. 7: 2355 – 2373.
- Rao, A. dan Neeraj M. 2011. The Role of Remineralizing Agent in Dentistry : A Review. *Compendium*. Vol. 32 (6): 26 – 34.
- Rizzante, F. A. P., Rafel S. C., Juliana F. S. B., Gisele M. C., Carla C. G., Adilson Y. F. 2015. Indication and Restorative Techniques for Glass Ionomer Cements. *RSBO*. Vol. 12 (1): 79 – 87.
- Rompas, G. P., Pangouw., Pandaleke R., Mangare J. B. 2013. Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu sebagai Substitusi Parsial Semen dalam Campuran Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Lentur dan Modulus Elastisitas. *Jurnal Sipil Statik*. Vol 1 (2): 82 – 89.
- Sidhu, S. 2016. *Glass – Ionomers in Dentistry*. Ebook.
<https://books.google.co.id/books?isbn=3319226266>, diakses pada tanggal 30 Juli 2016
- Sidhu, S. K. dan Nicholson, J. W. 2016. A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. *Journal of Functional Biomaterials*. Vol. 7 (16): 1 – 15
- Singla, T., Pandit., Nikhil S., Neeraj G., Monika G. 2012. An Evaluation of Microleakage of Various Glass Ionomer Based Restorative Materials in Deciduous and Permanent Teeth: In Vitro Study. *The Saudi Dental Journal* (24): 35 – 42
- Soufyan, A., Indrani D. J., Erlinda M. 2008. Pengaruh kontaminasi saliva terhadap kekuatan tarik antara resin komposit dengan jaringan dentin. *Indonesian Journal of Dentistry* vol. 15(2): 131-134.
- Subramani, K., Waqar A., Hartsfield. 2013. *Nanobiomaterials In Clinical Dentistry*. USA : Elsevier
- Sumardjo, D. 2009. *Pengantar Kimia : Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran dan Program Strata I Fakultas Bioeksakta*. Jakarta : EGC.
<https://books.google.co.id/books?isbn=9794489026>, diakses pada tanggal 16 April 2016
- Wang, C., Yining L., Xiaomiao W., Ling Z., Tiantang., Baiping F. 2012. The Enamel Microstructures of Bovine Mandibular Incisors. *Wiley Periodicals*. 295: 1698 – 1706

- Widyaningtyas, V., Yani C. R., Izzata B. 2014. Analisis Peningkatan Remineralisasi Enamel Gigi setelah Direndam dalam Susu Kedelai Murni Menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM). *Artikel Ilmiah*.
<https://www.google.com/search?q=Vivien+widyaningtyas+yani&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b-ab>, diakses pada tanggal 20 Mei 2016
- WHO. 2009. *Future Use of Material for Dental Restoration*. Report of the Meeting Convened at WHO HQ Geneva, Switzerland.
www.who.int/oral_health/.../dental_material_2011.pdf, diakses pada tanggal 24 Maret 2016
- Yassen, G. H., Jeffrey A. P., Anderson T. H., 2011. Bovine Teeth As Substitute for Human Teeth in Dental Research: A Review of Literature. *Journal of Oral Science*. Vol. 53 (3): 273 – 282

LAMPIRAN

A. Surat Penelitian Laboratorium Biosain Politeknik Negeri Jember


 KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS JEMBER
 FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
 Jl. Kalimantan No. 37 Jember ☎ (0331) 333536, Fak. 331991

Nomor : 3623/UN25.8.TL/2016
 Perihal : Ijin penelitian

27 OCT 2016

Kepada Yth
 Kepala Laboratorium Biosain
 Politeknik Negeri Jember
 Di
 Jember

Dalam rangka pengumpulan data penelitian guna penyusunan skripsi maka, dengan hormat kami mohon bantuan dan kesediaannya untuk memberikan ijin penelitian bagi mahasiswa kami dibawah ini :

1	Nama	: Catur Putri Kinasih
2	NIM	: 131610101005
3	Semester/Tahun	: 2016/2017
4	Fakultas	: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember
5	Alamat	: Jl. Mastrip Gg. I No. 57 Jember
6	Judul Penelitian	: Analisis Microleakage Glass Ionomer yang Dicampur dengan 0,04 wt% Bioactiva Glass Nanosilica dan Ampas Tebu.
7	Lokasi Penelitian	: Laboratorium Biosain Poltek Negeri Jember
8	Data/alat yang dipinjam	: Furnice, Oven, Inkubator dll
9	Waktu	: Oktober 2016 s/d Selesai
10	Tujuan Penelitian	: Untuk mengetahui Analisis Microleakage Glass Ionomer yang Dicampur dengan 0,04 wt% Bioactiva Glass Nanosilica dan Ampas Tebu.
11	Dosen Pembimbing	: 1. drg. Niken Probosari, M.Kes 2. Dr. drg. Didin Erma I, M.Kes

Demikian atas perkenan dan kerja sama yang baik disampaikan terimakasih

an, Dekan
 dan Kepala I,

 Dr. drg. BA Susilawati, M.Kes
 NIP. 196109021986022001

B. Surat Hasil Identifikasi Jenis Tebu



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
 Jl. Kalimantan 37 Jember Jawa Timur
 Telp 0331-330225

SURAT KETERANGAN IDENTIFIKASI

No. 0.3.0/UN25.1.9/TU/2016

Berdasarkan hasil pengamatan pada spesimen tumbuhan yang dikirimkan ke Herbarium Jemberiense, Laboratorium Botani dan Kultur Jaringan, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Jember oleh :

Nama/Nim : Catur Putri Kinasih/131610101005
 Andika Sulistian/131610101054
 Vita Lukita Sari/131610101024
 Afifannisa Dienda R./ 131610101013
 Wahyu Hidayat/131610101002
 Farah Adibah/131610101014
 Jur./Fak./PT : F. Kedokteran Gigi /UNEJ

maka dapat disampaikan hasilnya bahwa spesimen tersebut adalah :

Saccharum officinarum L. {Syn. *Arundo saccharifera* Garsault; *Saccharum atrorubens* Cuzent & Pancher ex Drake ; *Saccharum fragile* Cuzent & Pancher ex Drake ; *Saccharum glabrum* Cuzent & Pancher ex Drake ; *Saccharum luzonicum* Cuzent & Pancher ex Drake ; *Saccharum monandrum* Rottb. ; *Saccharum obscurum* Cuzent & Pancher ex Drake ; *Saccharum occidentale* Sw.; Family – Poaceae; Vernacular name – Tebu (Ind.)

Jember, 7 November 2016

Mengetahui,
 Pembantu Dekan I,



Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc, Ph.D.
 NIP 195910091986021001

Ketua Laboratorium

Dra. Dwi Setyati, M.Si
 NIP. 196404171991032001

C. Tabulasi Data**C.1 Penghitungan Rerata Skor Kelompok 1**

Kelompok 1	Skor (kanan & kiri)	Rerata Skor
Sampel 1	0 & 2	1
Sampel 2	2 & 1	1,5
Sampel 3	1 & 1	1
Sampel 4	2 & 3	2,5
Sampel 5	3 & 3	3
Sampel 6	2 & 2	2
Total skor kelompok 1		11
Rerata skor kelompok 1		$11/6 = 1,83$

C.2 Penghitungan Rerata Skor Kelompok 2

Kelompok 2	Skor (kanan & kiri)	Rerata Skor
Sampel 1	2 & 1	1,5
Sampel 2	2 & 2	2
Sampel 3	1 & 3	2
Sampel 4	3 & 0	1,5
Sampel 5	0 & 1	0,5
Sampel 6	1 & 2	1,5
Total skor kelompok 2		9
Rerata skor kelompok 2		$9/6 = 1,5$

C.3 Penghitungan Rerata Skor Kelompok 3

Kelompok 3	Skor (kanan & kiri)	Rerata Skor
Sampel 1	3 & 0	1,5
Sampel 2	2 & 0	1
Sampel 3	2 & 2	2
Sampel 4	1 & 2	1,5
Sampel 5	2 & 0	1
Sampel 6	0 & 1	0,5
Total skor kelompok 3		7,5
Rerata skor kelompok 3		$7,5/6 = 1,25$

C.4 Penghitungan Rerata Skor Kelompok 4

Kelompok 4	Skor (kanan & kiri)	Rerata Skor
Sampel 1	2 & 2	2
Sampel 2	2 & 2	2
Sampel 3	1 & 0	0,5
Sampel 4	0 & 3	1,5
Sampel 5	2 & 1	1,5
Sampel 6	3 & 0	1,5
Total skor kelompok 4		9
Rerata skor kelompok 4		9/6 = 1,5

D. Analisis Data

D.1 Hasil Uji Normalitas Data Menggunakan Uji *Shapiro-Wilk*

Tests of Normality

Kelompok	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Skor Kelompok 1	.180	6	.200*	.920	6	.505
Kelompok 2	.333	6	.036	.814	6	.078
Kelompok 3	.183	6	.200*	.960	6	.820
Kelompok 4	.333	6	.036	.814	6	.078

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

D.2 Hasil Uji Homogenitas Data Menggunakan Uji *Levene*

Test of Homogeneity of Variances

Skor

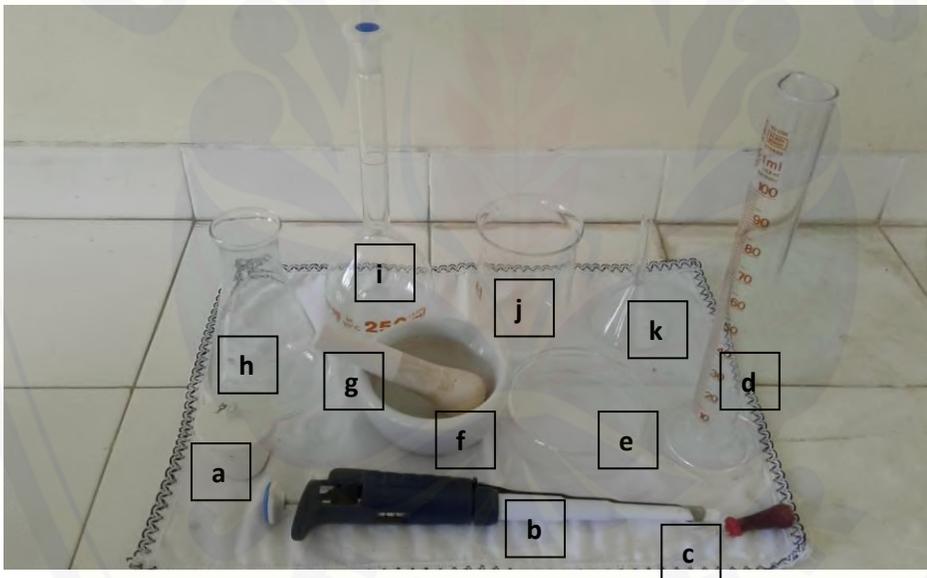
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.120	3	20	.365

D.3 Hasil Uji Parametrik *One Way Anova*

ANOVA					
Skor					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.031	3	.344	.892	.462
Within Groups	7.708	20	.385		
Total	8.740	23			

E. Alat dan Bahan Penelitian

E.1 Alat Penelitian



- a. cawan porselen
- b. *micropipet*
- c. pipet
- d. gelas ukur
- e. cawan petri

- f. *mortar*
- g. *pastle*
- h. tabung erlenmayer
- i. labu ukur
- j. *Beaker glass*

- k. corong



a. Ayakan 200 mesh
b. pH meter
c. Pengaduk magnet
d. Oven
e. Inkubator



a.
b.
c.
d.

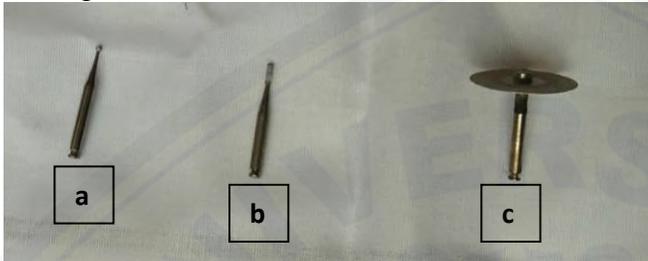


e.
f.
g.
h.

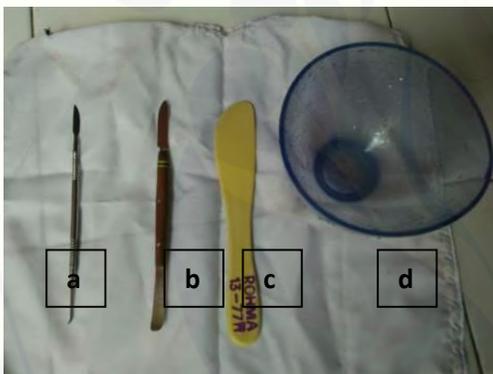


i.
j.
k.

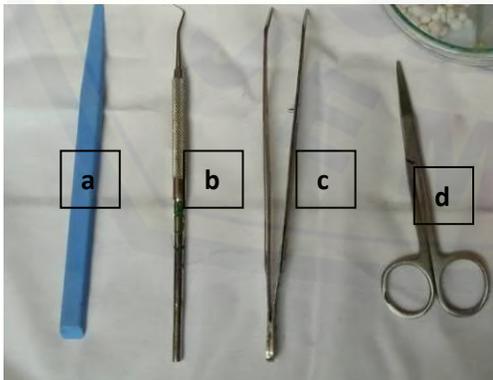
- a. Furnace
- b. Timbangan digital
- c. Mikroskop digital
- d. Laptop
- e. Syringe
- f. Tang
- g. Pisau
- h. Low speed Contra Angel Handpiece
- i. Tisu
- j. Kertas saring
- k. Alumunium foil



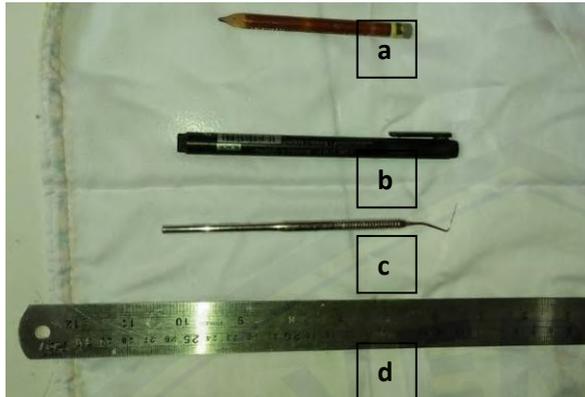
- a. Round bur
- b. Diamond fissure bur
- c. Carborundum disk



- a. Pisau model
- b. Pisau malam
- c. Spatula
- d. Bowl



- a. Spatula agate
- b. Sonde lurus
- c. Pinset
- d. Gunting

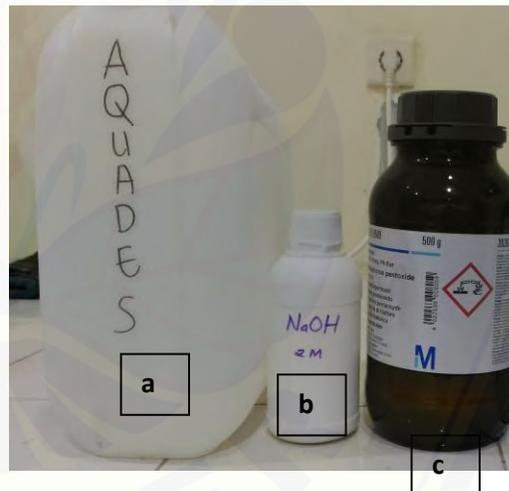


- a. Pensil tinta
- b. Balpain OH-F
- c. Probe periodontal
- d. Penggaris

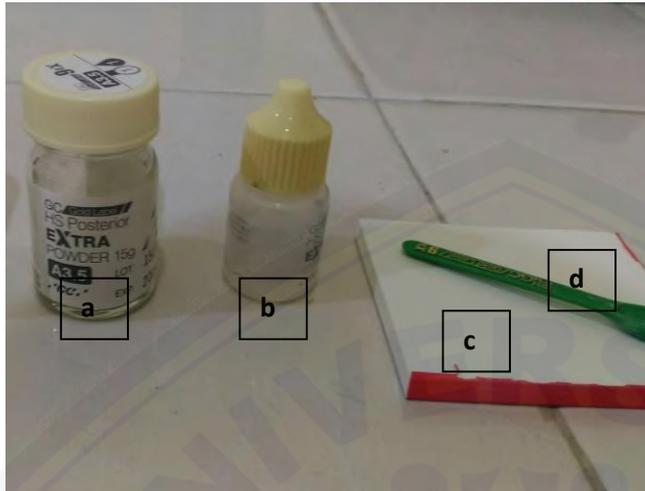
E.2 Bahan Penelitian



- a. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$
- b. HCL (*hydrochloric acid*)
- c. HNO_3 (*nitric acid*)
- d. Etanol 96%



- a. Akuades
- b. NaOH (*natrium oxide*) 2 N
- c. P_2O_5 (*phosporus pentoxide*)



- a. Bubuk Semen Ionomer Kaca
- b. Cairan semen ionomer kaca (asam poliakrilat)
- c. Paper pad
- d. Sendok takar pabrik



(Elemen gigi sapi (*bovine*))



(Cat kuku)



(cotton pelet)



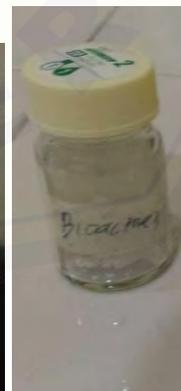
(Metilen biru 1%)



(Vaselin)



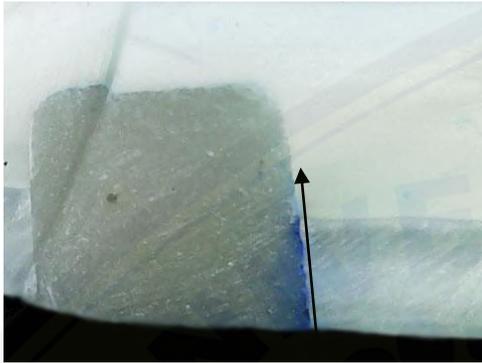
(Celluloid strip)



(0,04 wt% BAG)

F. Foto Hasil Penelitian Kebocoran Tepi Sampel

F.1 Kelompok 1 (Semen Ionomer Kaca)



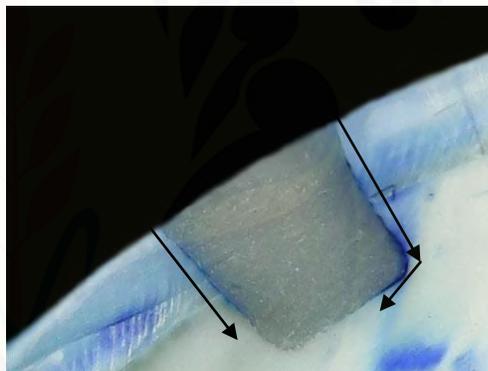
Sampel 1 (0 - 2)



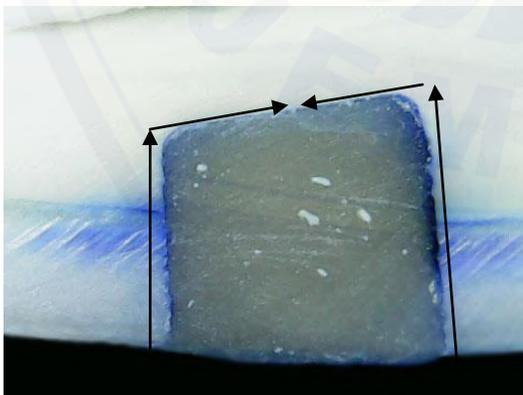
Sampel 2 (2 - 1)



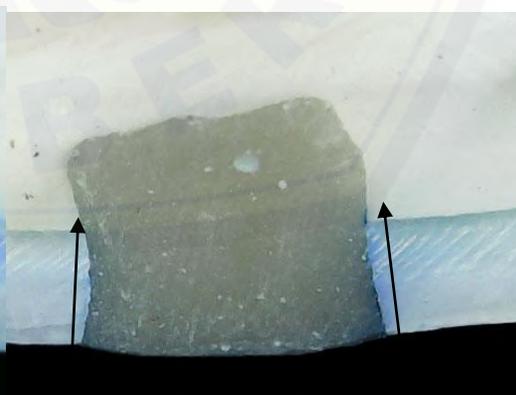
Sampel 3 (1 - 1)



Sampel 4 (2 - 3)

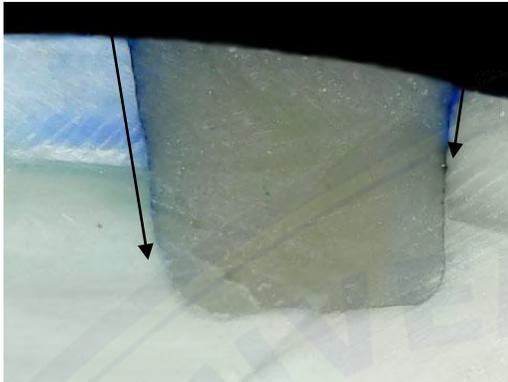


Sampel 5 (3 - 3)

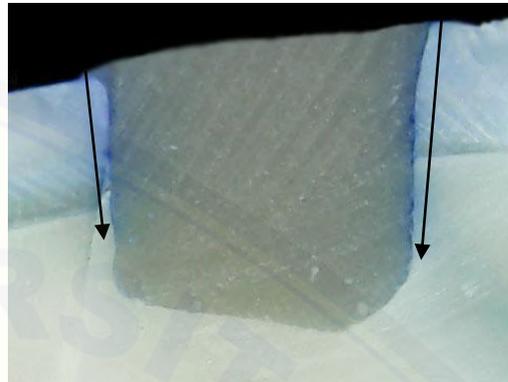


Sampel 6 (2 - 2)

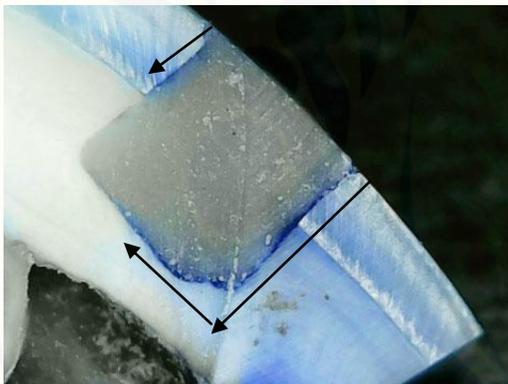
F.2 Kelompok 2 (Semen Ionomer Kaca + Vaseline)



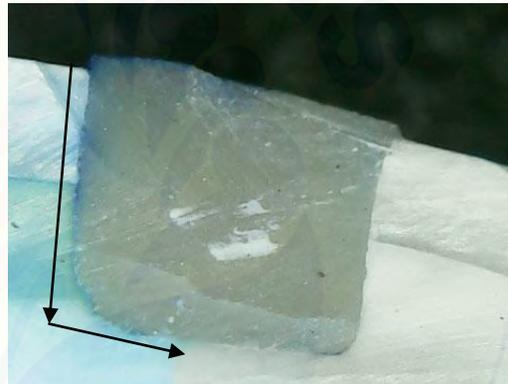
Sampel 1 (2 - 1)



Sampel 2 (2 - 2)



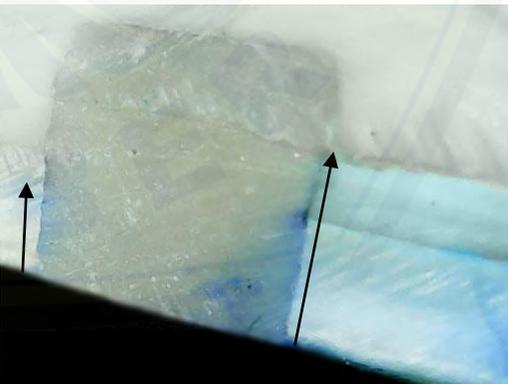
Sampel 3 (1 - 3)



Sampel 4 (3 - 0)

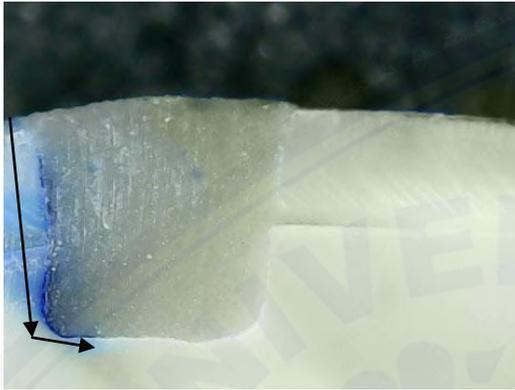


Sampel 5 (0 - 1)



Sampel 6 (1 - 2)

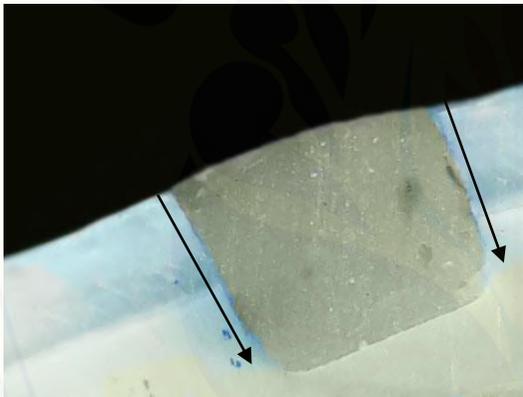
F.3 Kelompok 3 (Semen Ionomer Kaca + *Bioactive Glass Nano Silica* dari Abu Ampas Tebu)



Sampel 1 (3 - 0)



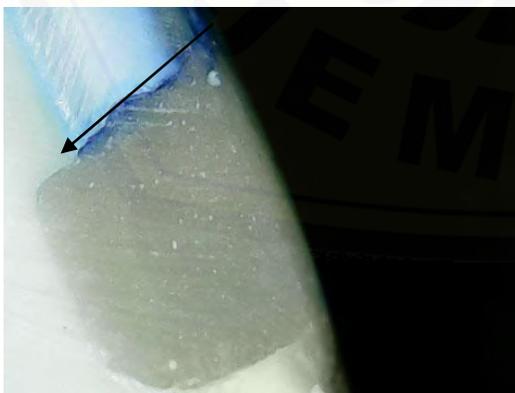
Sampel 2 (2 - 0)



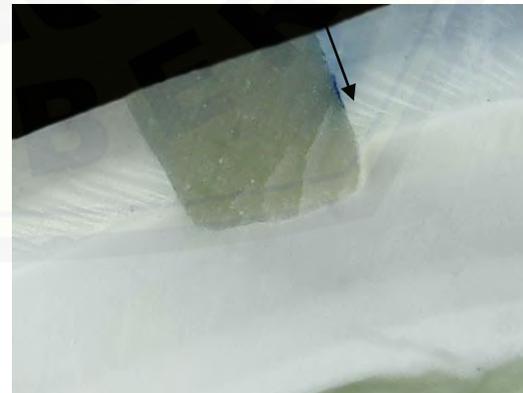
Sampel 3 (2 - 2)



Sampel 4 (1 - 2)

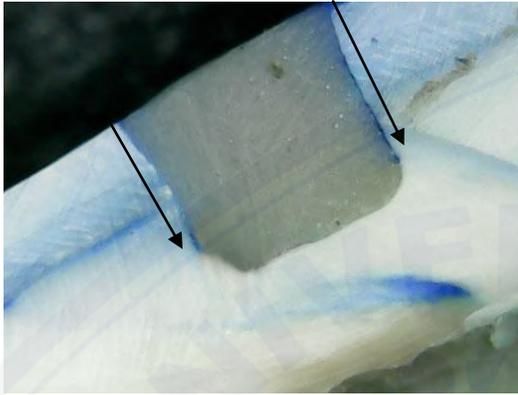


Sampel 5 (2 - 0)

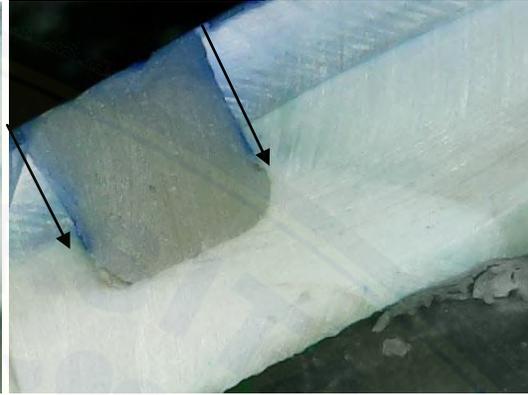


Sampel 6 (0 - 1)

F.4 Kelompok 4 (Semen Ionomer Kaca + *Bioactive Glass Nano Silica* dari Abu Ampas Tebu + Vaseline)



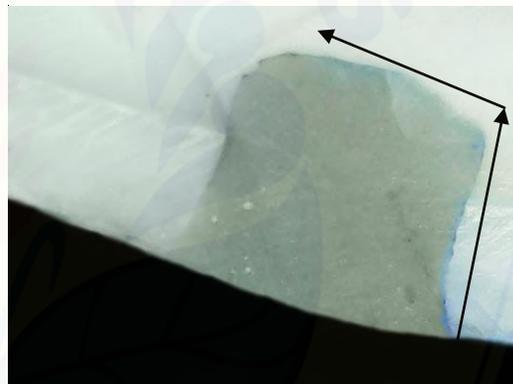
Sampel 1 (2 - 2)



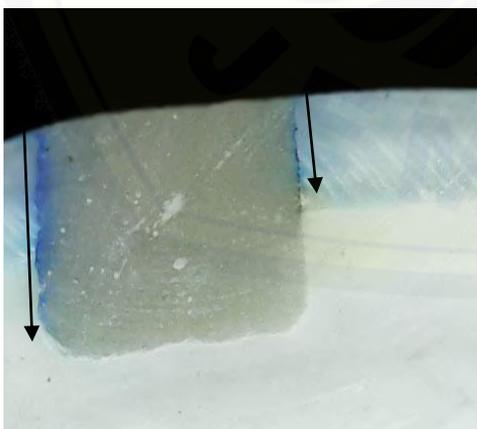
Sampel 2 (2 - 2)



Sampel 3 (1 - 0)



Sampel 4 (0 - 3)



Sampel 5 (2 - 1)



Sampel 6 (3 - 0)