

**KEKASARAN PERMUKAAN *FIBER REINFORCED COMPOSITE*
SETELAH PERENDAMAN DALAM ASAM SITRAT MINUMAN
ENERGI**

SKRIPSI



K6-248/17

Dew

K

Oleh:

Rara Anjani Kusuma Dewi

021411131024

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI

UNIVERSITAS AIRLANGGA

SURABAYA

2017

LEMBAR PENGESAHAN

**KEKASARAN PERMUKAAN *FIBER REINFORCED*
COMPOSITE SETELAH PERENDAMAN DALAM ASAM
SITRAT MINUMAN ENERGI**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Pendidikan
Dokter Gigi Di Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Airlangga Surabaya**

Oleh:

RARA ANJANI KUSUMA DEWI
NIM : 021411131024



Menyetujui

Pembimbing Utama

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Widya Saraswati".

Pembimbing Serta

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Cecilia G. J. Lunardhi".

Dr. Widya Saraswati, drg., M.Kes., SpKG Cecilia G. J. Lunardhi, drg., M.S., SpKG(K)

NIP: 197210072005012001

NIP: 195304041978022001

**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2017**

PENETAPAN PANITIA PENGUJI SKRIPSI

Skripsi ini telah diuji pada tanggal 8 Desember 2017

PANITIA PENGUJI SKRIPSI

- 1. Dr. Widya Saraswati, drg., M.Kes., Sp.KG (Pembimbing Utama)**
- 2. Cecilia G.J. Lunardhi, drg., MS., Sp.KG(K) (Pembimbing Serta)**
- 3. Ari Subianto, drg., M.Kes., Sp.KG(K) (Ketua Penguji)**
- 4. Setyabudi, drg., M.Kes., Sp.KG(K) (Anggota Penguji)**
- 5. Dr. Kun Ismiyatin, drg., M.Kes., Sp.KG(K) (Anggota Penguji)**

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Rara Anjani Kusuma Dewi
NIM : 021411131024
Program Studi : Pendidikan Dokter Gigi
Fakultas : Kedokteran Gigi
Jenjang : Sarjana (S1)



Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penelitian skripsi saya yang berjudul:

KEKASARAN PERMUKAAN *FIBER REINFORCED COMPOSITE* SETELAH PERENDAMAN DALAM ASAM SITRAT MINUMAN ENERGI

Apabila pada suatu saat nanti terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 13 Desember 2017



Rara Anjani Kusuma Dewi

NIM 021411131024

UCAPAN TERIMAKASIH

Segala puji bagi Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kekasaran Permukaan *Fiber Reinforced Composite* Setelah Perendaman dalam Asam Sitrat Minuman Energi” sebagai salah satu syarat kelulusan program studi Pendidikan Dokter Gigi di Fakultas Kedokteran Gigi di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga Surabaya.

Pembuatan skripsi ini tak lepas dari bantuan dan bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. R. Darmawan Setijanto, drg., M.Kes selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga periode 2015-2020, yang telah memberi kesempatan untuk menempuh pendidikan di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga.
2. Dr. Ira Widjiastuti, drg., M.Kes., Sp.KG(K) selaku Ketua Departemen Konservasi Gigi Universitas Airlangga yang telah memberikan ijin dalam pembuatan skripsi.
3. Dr. Widya Saraswati, drg., M.Kes., Sp.KG selaku dosen pembimbing utama yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran, memberikan masukan dan dukungan selama proses pembuatan skripsi ini hingga dapat terselesaikan.

4. Cecilia G.J. Lunardhi, drg., MS., Sp.KG(K) selaku dosen pembimbing serta yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran, memberikan masukan dan dukungan selama proses pembuatan skripsi ini hingga dapat terselesaikan.
5. Ari Subianto, drg., M.Kes., Sp.KG(K) selaku ketua penguji; Setyabudi, drg., M.Kes., Sp.KG(K); dan Dr. Kun Ismiyatin, drg., M.Kes., Sp.KG(K) sebagai anggota penguji.
6. Seluruh dosen dan staf Departemen Ilmu Konservasi Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga.
7. Orang tua tercinta, Mama Luluk Masruchah, Papa Adi Risanto, adik Nabil dan Nauval yang selalu memberikan doa, semangat, dukungan dan kasih sayang yang tidak terhingga kepada penulis hingga saat ini.
8. Teman-teman sekalian, Indi Mazaya, Anggi Pramita, Fenella Andrata, Dwi Susanti, Shalisyah Ahnor, Kezia dan Dyan Ayu yang melalui masa pembuatan skripsi bersama penulis dengan saling mendukung.
9. Teman-teman skripsi Konservasi dan Cingulum 2014 yang melalui masa pembuatan skripsi bersama dengan saling mendukung dan memberi semangat.
10. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar skripsi ini menjadi lebih baik. Semoga skripsi ini

Surabaya, 13 Desember 2017

Penulis

***SURFACE ROUGHNESS OF FIBER REINFORCED COMPOSITE AFTER
IMMERSION IN ENERGY DRINK'S CITRIC ACID***

ABSTRACT

Background: The surface roughness of restoration is initiated by a degradation process which may be caused by acidic food and beverage consumption. Fiber Reinforced Composite is a composite which is consist of micron fiber filler, with good mechanical properties. Energy drink is a drink which can improve physical performance and body endurance an its demand have been increased by 56% in the last two decades, especially in teenagers and young adults. This drink contains a large amount of citric acid and is erosive for dental and restoration. **Purpose:** To find out about the surface roughness of Fiber Reinforced Composite after immersion in energy drink's citric acid. **Methods:** The energy drink X was analyzed using HPLC to test the concentration of citric acid which is contained in the drink. 32 disc shaped samples with the size of 5mm in diameter and 2mm in height of FRC were prepared. Before and after the immersion, the surface roughness of the samples were tested using Surface Roughness Tester, Mitutoyo SJ-201. After that, all the 32 samples were immersed in Aquadest inside an incubator with 37°C temperature. They were divided in two groups with 16 samples in each group. In group 1, the samples were immersed in 3364,81ppm of citric acid solution which corresponds the result of the previous HPLC test. In group 2, the samples were immersed in aquadest as the control. Both groups are immersed for 24 hours in incubator with 37°C of temperature. Then, all of the surface roughness of the samples were tested by using the same instrument as the before immersion test. **Results:** Data were analyzed by Independent T-Test with the result of $p=0,000(p<0,05)$. It shows that there is a significant difference between 2 groups. **Conclusion:** After immersion in 3364,81ppm citric acid, the surface roughness of Fiber Reinforced Composite Resin is increased.

Keywords: Surface Roughness; Fiber Reinforced Composite; Citric Acid; Energy Drink



KEKASARAN PERMUKAAN FIBER REINFORCED COMPOSITE RESIN SETELAH PERENDAMAN ASAM SITRAT MINUMAN ENERGI

ABSTRAK

Latar Belakang: Kekasaran permukaan restorasi diawali oleh proses degradasi yang dapat disebabkan oleh konsumsi makanan atau minuman yang bersifat asam. *Fiber Reinforced Composite (FRC)* merupakan komposit yang terdiri dari partikel *filler* berupa serat yang berukuran mikron dan memiliki sifat mekanis yang baik. Minuman energi merupakan minuman yang dapat meningkatkan kinerja dan daya tahan tubuh yang dalam dua dekade terakhir, terjadi peningkatan penjualan sebanyak 56% terutama pada kalangan remaja dan dewasa muda. Minuman ini memiliki kandungan asam sitrat yang tinggi yang bersifat erosif terhadap gigi maupun restorasi. **Tujuan:** Mengetahui kekasaran permukaan *Fiber Reinforced Composite Resin* akibat pengaruh asam sitrat minuman energi. **Metode:** Dilakukan uji HPLC untuk menentukan konsentrasi asam sitrat minuman energi X. Sampel yang digunakan adalah 32 kepingan FRC dengan diameter 5mm dan tinggi 2mm. Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan sebelum dan sesudah perendaman dengan alat *Surface Roughness Tester*, Mitutoyo SJ-201. Setelah itu, dilakukan perendaman 24 jam dalam inkubator dengan suhu 37°C. Sampel dibagi dalam 2 kelompok. Pada kelompok 1 dilakukan perendaman dalam larutan asam sitrat dengan konsentrasi 3364,81ppm yang sesuai dengan hasil uji HPLC sebelumnya. Sedangkan pada kelompok 2, sampel direndam dalam larutan akuades sebagai kontrol. Kedua kelompok uji ini dilakukan perendaman selama 24 jam dalam inkubator dengan suhu 37°C. Lalu seluruh sampel dilakukan uji kekasaran permukaan setelah perendaman dengan alat yang sama dengan uji sebelum perendaman. **Hasil:** Seluruh data dianalisis menggunakan *Independent T-Test* dan didapatkan hasil $p=0,000(p<0,05)$, yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok. **Simpulan:** Setelah perendaman dalam asam sitrat 3364,81 ppm, terdapat peningkatan kekasaran permukaan *Fiber Reinforced Composite Resin*.

Kata Kunci: Kekasaran permukaan; *Fiber Reinforced Composite*; Asam sitrat; Minuman energi



DAFTAR ISI

Sampul Depan	i
Sampul Dalam	ii
Lembar Pengesahan	iii
Penetapan Panitia Penguji	iv
Surat Pernyataan Originalitas	v
Ucapan Terima Kasih	vi
<i>Abstract</i>	vii
Abstrak	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii
Daftar Lampiran	xiv
Daftar Singkatan	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.3.1 Tujuan Umum	6
1.3.2 Tujuan Khusus	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.4.1 Manfaat Teoritis	7
1.4.2 Manfaat Praktis	
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Resin Komposit	8
2.1.1 Komposisi Resin Komposit	8
2.1.2 Kekasaran Permukaan Resin Komposit	12
2.1.3 Sifat menyerap air	13
2.2 <i>Fiber Reinforced Composite</i>	15
2.3 Minuman Energi	18
2.4 Asam sitrat	19
2.5 Pengaruh Asam terhadap Resin Komposit	20
2.6 Surface Roughness Tester	22

BAB 3. KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN	24
3.1 Kerangka Konseptual Penelitian	24
3.2 Penjelasan Kerangka Konseptual	25
3.3 Hipotesis Penelitian	28
BAB 4. METODE PENELITIAN	29
4.1 Jenis dan Rancangan Penelitian	29
4.2 Sampel	29
4.2.1 Besar Sampel	29
4.2.2 Kriteria Sampel	31
4.3 Variabel Penelitian	31
4.3.1 Variabel Bebas	31
4.3.2 Variabel Terikat	31
4.3.3 Variabel Terkendali	32
4.4 Definisi Operasional Variabel	32
4.5 Lokasi dan Waktu Penelitian	33
4.6 Alat dan Bahan	34
4.6.1 Alat	34
4.6.2 Bahan	35
4.7 Cara Kerja	35
4.7.1 Pengukuran Kadar dan Pembuatan Larutan Asam Sitrat	35
4.7.2 Pembuatan Sampel	36
4.7.3 Pengukuran Kekasaran Permukaan Sebelum Perendaman	37
4.7.4 Perendaman Sampel	39
4.7.5 Pengukuran Kekasaran Permukaan Setelah Perendaman	40
4.8 Prosedur Pengambilan Data	41
4.9 Pengolahan dan Analisa Data	42
4.10 Alur Penelitian	43
BAB 5. HASIL PENELITIAN	44
5.1 Hasil Penelitian	44
5.1.1 Uji HPLC	44
5.1.2 Uji Kekasaran Permukaan Komposit	44
5.2 Analisis Data	47
BAB 6. PEMBAHASAN	48
BAB 7. SIMPULAN DAN SARAN	53
7.1 Simpulan	53
7.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	57

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1	Hasil uji HPLC untuk minuman energi	44
Tabel 5.2	Nilai perubahan kekasaran permukaan komposit diperkuat serat setelah perendaman	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Bis-GMA, UDMA, TEGDMA	9
Gambar 2.2	Struktur Bis-EMA	10
Gambar 2.3	Champroquinone akan membentuk radikal saat bertemu sinar dengan panjang gelombang tertentu	12
Gambar 2.4	Gambaran mikroskopis dari <i>Fiber Reinforced Composite</i> ..	17
Gambar 2.5	Varian parameter yang digunakan dalam mengamati kekasaran permukaan	23
Gambar 4.1	Ilustrasi cetakan sampel	36
Gambar 4.2	Pembuatan sampel	37
Gambar 4.3	Ilustrasi Instalasi Alat	39
Gambar 4.4	Skema garis pengukuran kekasaran	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Spesifikasi komposit	57
Lampiran 2	Hasil Penelitian HPLC Minuman Energi	58
Lampiran 2	Hasil Uji Kekasaran Permukaan	62
Lampiran 3	Analisis Data	66
Lampiran 4	Alat, Bahan dan Cara Kerja	68



DAFTAR SINGKATAN

Bis-EMA	: <i>Bisphenal-A-polyethylene glycol diether dimethacrylate</i>
Bis-GMA	: <i>Bisphenol-A-glycidyl methacrylate</i>
FRC	: <i>Fiber Reinforced Composite</i>
g	: gram
H ⁺	: ion <i>Hydron</i>
H ₂ O	: <i>Water</i>
HPLC	: <i>High Performance Liquid Chromatography</i>
L	: Liter
LED	: <i>Light Emitting Diode</i>
mg	: Miligram
Mm	: Milimeter
mN	: mili Newton
N	: Newton
nm	: Nanometer
O	: Oksigen
OH ⁻	: ion <i>Hydroxyl</i>
pKa	: Derajat disosiasi asam
ppm	: <i>Parts-per million</i>
Ra	: <i>Roughness Average</i>
s	: <i>Second</i>
Si	: <i>Silicon</i>
TEGDMA	: <i>Triethylene glycol dimethacrylat</i>
UDMA	: <i>Urethane dimethacrylate</i>
μm	: Mikrometer
μL	: Mikroliter

BAB I
PENDAHULUAN

BAB 1

PENDAHULUAN



1.1 Latar Belakang

Penggunaan bahan restorasi gigi berbasis resin sedang meningkat karena estetika yang bagus, mudah dalam manipulasi dan kemampuannya membuat ikatan dengan jaringan keras gigi yang baik (Da Silva *et al.*, 2016). Resin komposit merupakan material restorasi yang bagus secara estetik untuk gigi anterior dan posterior. Penambahan *filler* pada matriks resin dapat meningkatkan kekuatan, ketahanan terhadap tarikan dan keausan. Material resin komposit diklasifikasikan menurut ukuran, konten dan jenis *filler* yang digunakan misalnya *barium-aluminium-silicate*, *lithium boro-barium glass*, *ytterbium trifluoride*, *quartz*, *zircon* dan *silicon oxide* (Al Samadani, 2013).

Fiber Reinforced Composite (FRC) adalah komposit yang terdiri dari partikel *filler* berupa serat yang berukuran mikron (Zhang & Matinlinna, 2012). Komposit jenis ini memiliki sifat mekanis dan kelenturan yang menyerupai tulang dan dentin. Oleh karena sifat mekanis yang baik, FRC digunakan untuk kerangka *crown*, prostesa cekat anterior dan posterior, pengganti *chairside tooth*, pasak endodontik, pengganti restorasi logam (inlay, onlay), piranti *space-maintainer*, *periodontal splints*, dan *orthodontics retainer* (Tayab *et al.*, 2015; Zhang, 2012).

Sifat penting yang dibutuhkan suatu restorasi dalam rongga mulut adalah ketahanan terhadap proses disintegrasi yang salah satunya dapat disebabkan oleh erosi. Erosi gigi merupakan proses hilangnya jaringan keras gigi yang bersifat ireversibel akibat paparan asam dan tanpa keterlibatan bakteri (Jeong *et al.*, 2014). Proses erosi pada resin komposit menunjukkan degradasi karena terjadi kehilangan material. Erosi gigi dipengaruhi oleh gaya hidup (Rios *et al.*, 2008). Penggunaan jangka panjang sebuah restorasi tergantung pada jenis restorasi dan ketahanan suatu restorasi terhadap degradasi. Proses degradasi dapat mempengaruhi sifat mekanis restorasi, seperti ketahanan, kekuatan ikatan, integritas antara gigi dan restorasi, estetika, kekerasan dan kekasaran permukaan.

Erosi gigi dapat disebabkan oleh faktor intrinsik dan ekstrinsik. Faktor intrinsik terdiri dari kelainan gastrointestinal kronis, *anorexia* dan *bulimia* yang dapat menyebabkan seseorang sering mengalami regurgitasi sehingga pH rongga mulut menjadi asam. Sedangkan faktor ekstrinsik meliputi konsumsi makanan asam, minuman beralkohol, *softdrink*, dan minuman energi. Faktor-faktor tersebut dapat mengakibatkan penghalusan, meningkatnya kekasaran permukaan, erosi pada bahan restorasi gigi (Da Silva *et al.*, 2016).

Apabila resin komposit mengalami erosi, gigi tersebut dapat kehilangan anatomi, karies sekunder, dan peningkatan kekasaran permukaan restorasi (Tantanuch *et al.*, 2016). Selain itu erosi dapat membentuk staining deposit, dan meningkatkan retensi mikroorganisme. Permukaan yang lebih kasar memungkinkan meningkatnya

kolonisasi mikroorganisme dan pematangan biofilm sehingga dapat meningkatkan risiko perkembangan karies dan penyakit periodontal (Da Silva *et al.*, 2016).

Dalam dua dekade terakhir, konsumsi minuman energi telah meningkat pesat, dan ditemukan peningkatan penjualan sebanyak 56% dari tahun 2002 hingga 2006 terutama di kalangan remaja dan dewasa muda. Minuman energi diyakini mampu meningkatkan energi untuk meningkatkan fungsi kinerja fisik dan kognitif dengan mengkombinasikan stimulan dan *energy booster*. (Alsunni, 2015). Menurut survei yang dilakukan oleh Putriastuti *et al.*, minuman energi yang paling umum dikonsumsi di Indonesia adalah Extra Joss serbuk yaitu sebanyak 44.4% koresponden, Hemaviton Jreng sebanyak 19.4%, Kukubima Energy sebanyak 13.9%, dan Kratingdaeng sebanyak 8.3%.

Minuman energi adalah minuman yang dapat meningkatkan kinerja dan daya tahan tubuh. Minuman energi pada umumnya memiliki komposisi kafein, ekstrak herbal (guarana, ginseng, ginkgo biloba), vitamin B, asam amino (Taurin), turunan asam amino (karnitin), dan derivat gula. Untuk memperkuat rasa, beberapa minuman energi ditambahkan asam sitrat (Nesli *et al.*, 2010).

Minuman energi kemasan yang beredar di pasaran memiliki pH asam di bawah 3. Proses erosi dapat terjadi apabila tingkat keasaman (pH) di bawah 4,5. Mineral gigi hidroksiapatit memiliki pH kritis 5,5 sedangkan mineral fluoroapatit memiliki pH kritis 4,5. Sehingga pH kurang dari 4,5 dapat menyebabkan pemisahan mineral pada enamel dan menghasilkan lesi permukaan gigi dan erosi pada material restorasi (Jeong

et al., 2014; Al Samadani, 2013). Penelitian yang dilakukan oleh Tantanuch *et al.*, 2014 menunjukkan bahwa tingkat degradasi yang disebabkan oleh jus jeruk yang mengandung asam sitrat lebih tinggi daripada tingkat degradasi yang disebabkan oleh Coca-Cola yang mengandung asam fosfat.

Sebuah penelitian yang dilakukan Erdemir *et al.*, (2013) membuktikan bahwa semua *energy drink* dan *sport drink* yang diteliti mengandung asam sitrat dalam jumlah tinggi, dan dapat menimbulkan kerusakan pada *filler* organik komposit. Studi yang dilakukan Jeong *et al.*, (2014) membuktikan bahwa perendaman enamel dalam minuman energi selama 30 menit menunjukkan perbedaan yang signifikan pada kekerasan enamel. Dan secara mikroskopis menunjukkan banyak area permukaan yang kasar akibat terjadinya erosi enamel.

Asam sitrat adalah salah satu asam lemah (pKa: 3.13) yang sering digunakan sebagai bahan tambahan dalam makanan dan minuman. Asam sitrat dapat meningkatkan potensi terjadinya erosi (*in vivo*) dan degradasi pada material restorasi melalui *chelating reaction*, walaupun asam ini hanyalah asam lemah, dengan berinteraksi bersama saliva dan secara langsung dapat melarutkan dan melembutkan mineral gigi sehingga akan terjadi erosi gigi (Lussi, 2006). Asam sitrat dapat menyebabkan erosi pada permukaan resin komposit melalui proses degradasi matriks resin. Pada pH rendah terdapat banyak ion H^+ , yang kemudian melakukan ikatan *crosslink* dengan rantai ganda polimer resin komposit sehingga ikatan rantai polimer terputus (Nurmalasari, 2015).

Resin komposit memiliki sifat mampu menyerap air dari lingkungan sekitar ke dalam matriks resin (McCabbe & Rusby, 2004). *Filler* inorganik berupa *glass* mampu menyerap air namun hanya dalam permukaan resin. Penyerapan air yang berlebihan mengakibatkan berkurangnya waktu ketahanan komposit yang disebabkan oleh ekspansi dan plastisasi resin, serta hidrolisis *silane* yang menghasilkan *microcrack* (Ozer *et al.*, 2014; Al Samadani, 2013).

Kekasaran permukaan pada resin komposit dapat menurunkan *surface microhardness* resin komposit. Air merupakan konduktor penetrasi asam ke dalam resin. Asam berperan sebagai katalisator dalam timbulnya kekasaran permukaan resin komposit. pH larutan yang rendah dapat mempercepat difusi air melalui matriks resin. Kandungan *filler* yang lebih tinggi dalam resin komposit, dan ukuran *filler* yang lebih kecil dapat meningkatkan ketahanan suatu material restorasi terhadap erosi dan menurunkan kekasaran permukaan (Paula *et al.*, 2015).

Salah satu kegagalan restorasi gigi posterior adalah fraktur pada daerah istmus tumpatan kelas II. Hal ini disebabkan karena adanya keretakan pada material yang bersifat *brittle*. Material yang *brittle* diawali oleh proses adanya kekasaran permukaan. Pada FRC, gaya akan dibelokkan pada permukaan serat sehingga dapat memiliki resistensi terhadap fraktur yang lebih tinggi (Lassila *et al.*, 2016). Namun, pada FRC yang menerima paparan asam terus-menerus akan mengalami reduksi kekuatan material karena terbentuk *microcrack* terus menerus akibat proses *chelating reaction* dan hidrolisis ikatan siloksan yang diawali oleh penetrasi asam.

Berbagai macam makanan dan minuman yang dikonsumsi dapat mempengaruhi kondisi gigi maupun bahan restorasi. Beberapa penelitian mengenai bahan restorasi komposit telah menunjukkan bahwa komponen matriks akan mengalami dekomposisi, dan akan kehilangan *contour* ketika terpapar susasana dengan pH rendah. Hal ini menunjukkan bahwa meminum minuman yang asam dalam periode yang lama maupun diminum sedikit-sedikit namun berkelanjutan dapat mengerosi permukaan enamel gigi maupun bahan restorasi (Han *et al.*, 2008; Carvalho *et al.*, 2012).

Berdasarkan uraian mengenai minuman energi yang mengandung asam sitrat dengan konsentrasi tinggi dan diduga erosif, maka perlu dilakukan penelitian mengenai kekasaran permukaan resin *Fiber Reinforced Composite* setelah perendaman dalam asam sitrat minuman energi.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana kekasaran permukaan *Fiber Reinforced Composite* setelah perendaman dalam asam sitrat minuman energi?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Untuk mengetahui kekasaran permukaan *Fiber Reinforced Composite* akibat pengaruh asam sitrat minuman energi.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengetahui kadar asam sitrat dalam minuman energi
2. Mengetahui pengaruh asam sitrat dalam minuman energi pada *Fiber Reinforced Composite*

1.4 Manfaat

1.4.1 Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi tentang terjadinya degradasi pada permukaan *Fiber Reinforced Composite* akibat perendaman dalam asam sitrat minuman energi.

1.4.2 Manfaat Praktis

1. Memberikan informasi ilmiah di bidang kedokteran gigi mengenai pengaruh asam dalam minuman energi terhadap kekasaran permukaan restorasi, khususnya *Fiber Reinforced Composite*.
2. Sebagai bahan pertimbangan dan edukasi dokter gigi terhadap pasien dalam konsumsi minuman yang tepat.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA



2.1 Resin Komposit

Resin komposit merupakan bahan restorasi yang populer dalam kedokteran gigi. Penggunaan bahan restorasi gigi berbasis resin sedang meningkat karena estetika yang bagus, mudah dalam manipulasi dan kemampuannya membuat ikatan dengan jaringan keras gigi yang baik (Da Silva *et al.*, 2016). Resin komposit merupakan material restorasi yang bagus secara estetik untuk gigi anterior dan posterior. Selain optimalisasi dalam estetika, beberapa jenis komposit dikembangkan untuk stress bearing areas sehingga bahan ini populer baik untuk gigi anterior maupun gigi posterior (Demarco *et al.*, 2013; Sakaguchi & Powers, 2012).

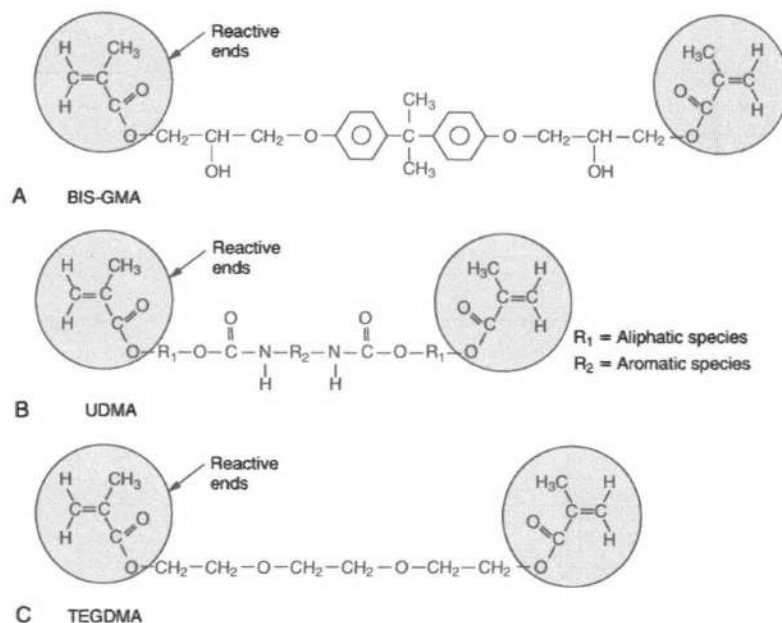
2.1.1 Komposisi resin komposit

Resin komposit terdiri dari 4 komponen utama yaitu matriks resin, partikel *filler* anorganik, *coupling agent* dan sistem inisiator-akselerator (Sakaguchi & Powers, 2012).

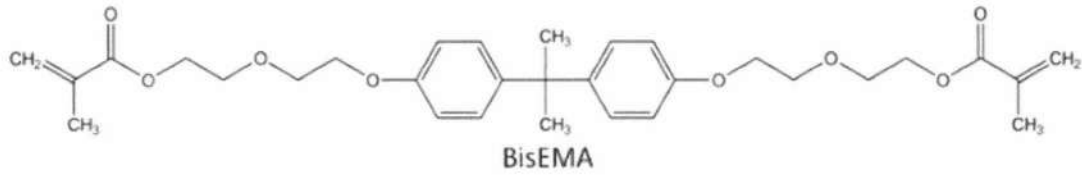
1. Matriks resin

Pada umumnya, matriks resin komposit merupakan gabungan dari *aromatic* dan/atau *aliphatic dimethacrylate monomer* seperti Bis-GMA (2,2-bis[4(2-hydroxy-3-methacryloxy-propyloxy)-phenyl] propane) dan UDMA (*urethane*

dimethacrylate). Keduanya mengandung karbon reaktif pada ujung ikatan ganda yang dapat mengalami polimerisasi tambahan apabila diinisiasi oleh radikal bebas. Selain itu, Bis-GMA dan UDMA memiliki berat molekul tinggi sehingga memiliki tingkat kekerasan yang baik dan dapat mengurangi *shrinkage* saat polimerisasi. Kedua bahan ini memiliki viskositas yang sangat tinggi, terutama Bis-GMA, sehingga bahan pengencer perlu ditambahkan agar bisa memiliki konsistensi sesuai saat dicampurkan dalam *filler* (Anusavice *et al.*, 2013; Powers & Sakaguchi, 2012). Pengencer yang biasanya digunakan adalah TEGDMA (*triethylene glycol dimethacrylate*) dan Bis-EMA (*2,2-bis-4-2-(hydroxi-3-methylacriloxietoxi)-phenylpropane*) yang memiliki viskositas rendah. Namun, dengan penambahan bahan TEGDMA dapat meningkatkan *water sorption*, menurunkan sifat mekanis, dan mengganggu stabilitas warna resin komposit (Gajewski *et al.*, 2012)



Gambar 2.1 Struktur Bis-GMA, UDMA, TEGDMA (Freedman, 2012)



Gambar 2.2 Struktur Bis-EMA (Gajewski *et al.*, 2012)

2. *Filler*

Filler memiliki peran penting dalam mengatur volume dan berat dari komposit. Fungsi dari *filler* adalah untuk memperkuat matriks resin, memberikan derajat translusensi yang tepat dan mengontrol pengkerutan selama polimerisasi. Partikel *filler* inorganik terdiri dari satu atau lebih bahan inorganik seperti *quartz* atau kaca, *microfine silica* atau nanopartikel lainnya (Sakaguchi & Powers, 2012).

Selain itu tujuan utama penambahan *filler* adalah untuk menambah sifat fisika dan mekanis, seperti *compressive strength*, *tensile strength*, *modulus of elasticity* dan *toughness*, mengurangi koefisien ekspansi termal, mengontrol viskositas, mengurangi penyerapan air, memiliki sifat radiopasitas (Anusavice, Shen, dan Rawls, 2013). Sehingga jenis, konsentrasi, ukuran partikel, dan persebaran partikel *filler* pada bahan komposit merupakan faktor utama yang mengontrol sifat komposit (McCabe dan Walls, 2008).

3. *Coupling agent*

Agar dapat memenuhi fungsi klinis yang baik, komposit harus memiliki ikatan yang baik antara matriks organik dan partikel *filler* anorganik. Hal ini dapat tercapai dengan penggunaan senyawa *coupling agents*, pada umumnya terdiri dari senyawa silikon organik yang disebut *coupling silane* (Sakaguchi & Powers, 2012). *Coupling agent* merupakan molekul difungsional, pada ujung pertama memiliki karakteristik dari monomer *methacrylate* kemudian pada ujung yang satunya memiliki gugus metoksi sehingga mampu berikatan dengan permukaan *filler* (McCabe & Walls, 2008).

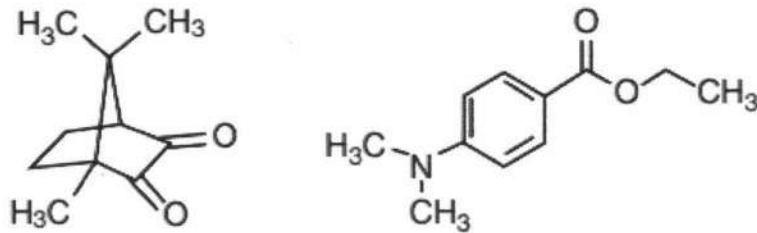
Berberapa fungsi dari *coupling agents*, yaitu: (Sakaguchi & Powers, 2012).

1. Membentuk *bridge interfacial* yang kuat untuk mengikat *filler* ke matriks resin
2. Meningkatkan sifat mekanis resin komposit, dan meminimalkan pelepasan *filler* dan matriks selama proses keausan klinis
3. Memberikan media untuk distribusi tegangan antara partikel yang berdekatan
4. Menyediakan lingkungan hidrofobik yang dapat meminimalkan penyerapan air.

4. Sistem inisiator-akselerator

Sistem inisiator-akselerator bertujuan untuk mengadakan polimerisasi dan ikatan *cross-link* sehingga didapatkan massa yang mengeras. Reaksi polimerisasi dapat dipicu oleh aktivasi cahaya (*light curing*), aktivasi kimia (*self curing*), dan kombinasi

keduanya. Aktivasi dengan cahaya diperantarai cahaya biru dengan panjang gelombang sekitar 465 nm, cahaya biru tersebut kemudian diserap oleh *photosensitizer* seperti *champroquinone*. Sedangkan pada aktivasi kimia dapat terjadi polimerisasi pada temperatur ruang, hal ini diperantarai oleh amin organik (pasta katalis) yang membentuk radikal bebas yang menyerang ikatan karbon ganda sehingga dapat menghasilkan polimerisasi segera setelah kedua pasta dicampur (Powers & Sakaguchi, 2012; Freedman, 2012).



Gambar 2.3 Champroquinone akan membentuk radikal saat bertemu sinar dengan panjang gelombang tertentu (Freedman, 2012)

2.1.2 Kekasaran permukaan resin komposit

Kekasaran permukaan merupakan suatu sifat yang menentukan ketahanan suatu komposit, karena dapat menyebabkan akumulasi plak, *staining deposit*, karies sekunder dan menurunkan *surface hardness*. Kekasaran permukaan suatu material dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: jenis, ukuran, bentuk dan konsentrasi dari

filler, interaksi matriks dan *filler*, perbandingan konsentrasi matriks dan *filler* dan kekerasan dari suatu material (Munchow *et al.*, 2014).

Kekasaran permukaan diawali dengan adanya degradasi restorasi. Ketika restorasi mengalami degradasi, restorasi akan kehilangan materialnya, hal ini berkaitan dengan proses erosi. Saat terjadi erosi, suatu restorasi akan kehilangan bentuk anatomis, terjadi diskrepansi marginal, terbentuk karies sekunder, dan menyebabkan kekasaran permukaan. Dengan adanya kekasaran permukaan, bakteri akan mudah menempel dan berkoloni, sehingga akan membentuk deposit plak, dan mengiritasi jaringan di sekitarnya (Tantanuch *et al.*, 2016). Selain itu, dengan adanya kekasaran permukaan, dapat menyebabkan meningkatnya luas permukaan bidang penyerapan air (Nurmalasari, 2015). Kekasaran permukaan dari resin komposit dipengaruhi oleh konten *filler*, volume, tipe matriks, dan disintegrasi *coupling agent* antara permukaan *filler* resin komposit (Rajavardhan *et al.*, 2014)

2.1.3 Sifat menyerap air

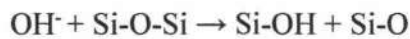
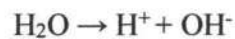
Sifat menyerap air dari resin komposit berperan penting dalam perubahan kekasaran permukaan dan erosi dari restorasi komposit. Ketika resin menyerap air, terjadi hidrolisis ikatan silane pada *coupling agent* dan merusak ikatan kimia antara matriks dan *filler*. Sehingga, partikel matriks akan larut dan pada kondisi lebih parah partikel *filler* permukaan akan lepas. Hal ini menyebabkan permukaan resin menjadi kasar karena proses degradasi.

Jenis monomer yang menyusun matriks memiliki hubungan dengan sifat menyerap air. Penelitian yang dilakukan oleh Gajewski *et al.*, (2012) yang meneliti tentang jenis monomer dan hubungannya dengan sifat mekanis, *water sorption* dan solubilitas menyatakan bahwa monomer BisGMA merupakan monomer yang memiliki sifat *water sorption* yang paling tinggi, diikuti dengan UDMA, TEGDMA, dan BisEMA. Selain sifat menyerap air, jenis monomer juga berpengaruh pada sifat kelarutan, monomer yang memiliki sifat solubility yang tinggi adalah TEGDMA kemudian diikuti dengan UDMA, BisGMA dan BisEMA (Gajewski *et al.*, 2012).

Air dapat masuk ke dalam matriks ketika bagian polar molekul cairan berikatan dengan molekul polar dari komposit. Apabila resin komposit berada dalam lingkungan asam, maka air akan membawa asam dari lingkungan berpenetrasi ke dalam matriks resin. Resin komposit pada umumnya mampu menyerap air ke dalam struktur tubuhnya, namun apabila komposit mengandung *filler* berjenis *glass* maka air hanya terserap pada permukaan saja. Adanya penyerapan air dapat menurunkan kekuatan resin komposit melalui proses ekspansi dan plastisasi resin, hidrolisis ikatan siloksan yang mengakibatkan terbentuknya *microcrack*. *Microcrack* tersebut mampu menyebabkan degradasi dan menyebabkan kekasaran permukaan (AlSamadani, 2013).

Pada saat proses penyerapan air, terjadi *swelling* yang berpengaruh pada dimensi suatu restorasi. Air pada lingkungan perendaman akan berdifusi ke dalam matriks polimer. Kemudian proses penyerapan air akan merusak ikatan silane (*siloxane bond*) melalui mekanisme hidrolisis. Hal ini mengakibatkan terlepasnya matriks, karena ikatan silane merupakan penghubung antara matriks dan *filler*. Reaksi ini dipicu

oleh molekul dari air, yang berdiferensiasi menjadi H^+ dan OH^- . Pada reaksi ini, yang berperan adalah ion *hydroxyl* (OH^-).



Reaksi diawali dengan diferensiasi air menjadi ion H^+ dan ion OH^- . Adanya unsur O pada polimer matriks, menyebabkan ion OH^- tertarik masuk ke dalam matriks dan merusak ikatan siloksan yang berfungsi mengikat matriks dan *filler*. Dengan reaksi tersebut terbentuk silanol ($Si-OH$) dan $Si-O$. Senyawa $Si-O$ memiliki ketidakseimbangan elektron, sehingga dapat bereaksi dengan air dan menghasilkan silanol($Si-OH$) dan *hydroxyl* (OH^-). Hal ini akan terus berlanjut, karena terdapat produk *hydroxyl* dari reaksi tersebut selama komposit berada dalam medium air. Selama reaksi ini terus terjadi, maka material pada permukaan akan terlarut dan menghasilkan kekasaran permukaan(Kharima, 2008).

2.2 *Fiber Reinforced Composite*

Fiber Reinforced Composite adalah komposit yang terdiri partikel *filler* berupa serat yang berukuran mikron. Komposit jenis ini memiliki sifat mekanis dan kelenturan yang menyerupai tulang dan dentin. Oleh karena sifat mekanis yang baik, FRC digunakan untuk tumpatan posterior, kerangka *crown*, prostesa cekat anterior dan posterior, pengganti *chairside tooth*, pasak endodontik, pengganti restorasi logam

(inlay, onlay), piranti *space-maintainer*, *periodontal splints*, dan *orthodontics retainer* (Tayab *et al.*, 2015; Zhang & Matinlinna, 2012).

Secara mikroskopis, serat pada komposit jenis ini mencegah propagasi *crack* dengan cara mengadakan ikatan kovalen pada matriks polimer. Secara umum, sifat dari *Fiber Reinforced Composite* adalah : (Zhang & Matinlinna, 2012)

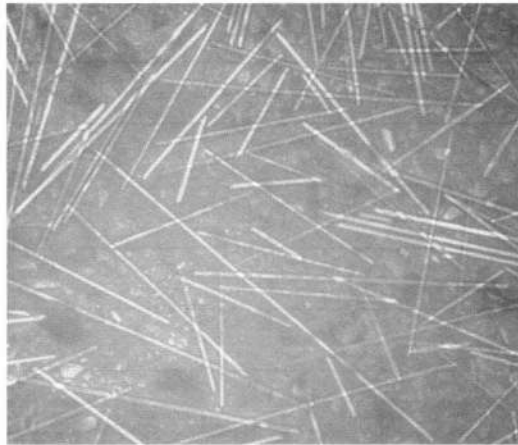
1. Rasio *strength-weight* dan *modulus-weight* tinggi
2. Ambang kerusakan tinggi
3. Bersifat anisotropi, yaitu memiliki tanggapan tekanan yang berbeda menurut arah datangnya tekanan.

Fiber Reinforced Composite dikelompokkan menjadi dua tipe utama, yaitu: (Zhang & Matinlinna, 2012)

1. *Fiber Reinforced Composite* dengan serat kontinyu
2. *Fiber Reinforced Composite* dengan serat diskontinyu / serat putus-putus / pendek

Matriks pada *Fiber Reinforced Composite* terdiri atas matriks *plastic polimer*, yang terdiri dari polimerisasi monomer. Matriks ini berfungsi meneruskan tekanan antara serat dan melindungi serat dari dunia luar seperti dari pengaruh kimia, kelembaban dan tekanan mekanis. Pengaturan reaksi pada matriks terdiri dari reaksi polimerisasi dan reaksi *cross-linking* (Zhang & Matinlinna, 2012).

Partikel *filler* dalam *Fiber Reinforced Composite* terdiri dari serat dengan diameter kurang dari 250 μm , dan memiliki panjang lebih dari 100 μm namun pada jenis *short fibers*, *chopped fibers*, *whiskers* atau *staple fibers* memiliki panjang serat di bawah 100 μm . Jenis serat, distribusi, volume dapat mempengaruhi sifat dari komposit, yaitu: kekuatan tarik dan modulus, kekuatan tekan, kekuatan *fatigue*, mekanisme kegagalan *fatigue*, densitas, konduktivitas listrik dan panas, serta biaya yang digunakan. Serat yang umum digunakan adalah *glass*, polietilena, polyester, carbon/grafit, aramid, kwarsa, dan serat keramik (Zhang & Matinlinna, 2012).



Gambar 2.4 Gambaran mikroskopis dari *Fiber Reinforced Composite*

(Abouelleil *et al.*, 2015)

Efisiensi penambahan serat dalam kekuatan komposit, bergantung pada komponen serat, orientasi serat, rasio serat terhadap matriks resin. *Coupling agent silane* pada *Fiber Reinforced Composite* berfungsi untuk meningkatkan adhesi antara matriks polimer dan serat sebagai partikel *filler*, selain itu *coupling agent* secara signifikan dapat meningkatkan kelenturan dari komposit (Ghulman *et al.*, 2012).

Pada penggunaan dalam rongga mulut, kekuatan oklusal maksimum yang dapat diterima adalah hingga 900N pada daerah molar manusia dewasa muda, dan kekuatan mengunyah dalam kisaran 100-300N. Selain tekanan oklusal dan kekuatan kunyah, saliva dalam rongga mulut dapat memberi pengaruh pada stabilitas dimensi komposit karena adanya sifat *water absorption* yang dapat menyebabkan kelarutan material restorasi. Penyerapan air dari material memungkinkan air terabsorpsi pada permukaan yang dilanjutkan masuk ke dalam *body-matrix*. Hal ini menyebabkan terjadinya degradasi dan lepasnya material akibat difusi air ke dalam materi (Zhang & Matinlinna, 2012; Ghulman *et al.*, 2012).

2.3 Minuman energi

Minuman energi adalah minuman yang dapat meningkatkan kinerja dan daya tahan tubuh. Minuman energi pada umumnya memiliki komposisi kafein, ekstrak herbal (guarana, ginseng, ginkgo biloba), vitamin B, asam amino (Taurin), turunan asam amino (karnitin), dan derivat gula. Untuk memperkuat rasa, beberapa minuman energi ditambahkan asam sitrat (Nesli *et al.*, 2010).

Kandungan minuman energi:

1. Taurin

Taurin adalah asam amino yang terlibat dalam modulasi konsentrasi kalsium bebas intraselular yang banyak terdapat pada otak, retina, jaringan otot, dan organ di seluruh tubuh. Taurin melayani berbagai fungsi sistem saraf pusat mulai dari perkembangan hingga *cytoprotection*. Defisiensi taurin berhubungan dengan

kardiomiopati, disfungsi ginjal, kelainan perkembangan, dan kerusakan parah pada neuron retina (Ripps & Shenn, 2012).

2. Kafein

Kafein merupakan kandungan terbesar dari minuman energi. Kandungan ini ditemukan dalam beragam minuman dan obat, dan merupakan zat psikoaktif. Kafein memiliki berbagai efek fisiologis, salah satunya adalah menstimulasi kerja sistem saraf pusat, jantung, otot skelet dan mengontrol pusat pengaturan tekanan darah (Clauson *et al.*, 2008).

2.4 Asam sitrat

Asam sitrat, *2-hydroxy-1,2,3-tricarboxylic acid*, $C_6H_8O_7 \equiv H_3Cit$, berat molekul 192,12 g/mol (Apelblat, 2014). Asam sitrat adalah asam organik lemah yang terdapat pada buah-buahan secara alami, terutama pada buah golongan citrus, selain itu asam ini juga terdapat pada cairan tubuh dan jaringan hewan. Asam sitrat bersifat sangat mudah larut air dan umum digunakan sebagai bahan aditif pada minuman. Peran dari asam sitrat adalah untuk memperkuat rasa, sebagai antioksidan dan menjaga stabilitas suatu bahan. Asam sitrat mengandung 3 gugus *carboxylic*; *2-hydroxy-1,2,3-propanetricar-boxylic acid* (Brima & Abbas, 2014). Asam ini juga digunakan untuk mencegah perubahan warna akibat proses oksidasi. Jika konsentrasi asam ini tinggi maka dapat memberikan efek negatif pada enamel gigi (Weikle, 2012).

Asam sitrat dapat memberikan efek erosi yang tinggi yang disebabkan karena adanya sifat *chelating*. Asam sitrat adalah jenis asam karboksilat yang mampu

mengkelat ion metal yang terdapat pada enamel gigi, misalnya ion kalsium sehingga dapat membentuk kompleks yang bersifat *moderate soluble*. Dalam penelitian *in vitro*, asam sitrat dapat lebih menyebabkan erosi daripada *phosphoric acid* ketika dalam keasaman yang sebanding. Karena minuman asam sitrat memiliki *tritratable acidity* yang lebih tinggi daripada minuman yang mengandung asam fosfat. *Tritratable acidity* dapat menunjukkan jumlah ion Hidrogen yang mampu bereaksi dengan material restorasi (Tantanuch *et al.*, 2014; Munchow *et al.*, 2014).

Penambahan asam sitrat dapat meningkatkan solubilitas dari material sehingga dapat bersifat lebih mudah larut. Kapasitas buffer yang dibutuhkan asam sitrat adalah yang paling besar jika dibandingkan asam organik lainnya, dan asam sitrat mempunyai kemampuan untuk membentuk kompleks dengan hampir seluruh ion metal yang ada (Apelblat, 2014).

2.5 Pengaruh asam terhadap resin komposit

Beberapa penelitian yang membuktikan bahwa asam dapat merubah sifat fisik dari resin komposit yang berada pada lingkungan asam dalam jangka waktu tertentu. Sebuah penelitian yang dilakukan Al samadani menunjukkan bahwa keasaman larutan dapat menghidrolisis *coupling agent* (silane) sehingga dapat memicu keluarnya partikel *filler* dan terlarutnya matriks resin. Degradasi permukaan komposit akan lebih besar pada resin dengan kandungan *filler* yang rendah daripada resin komposit dengan kandungan *filler* yang lebih tinggi. Resin dengan kandungan *filler* yang lebih tinggi

tampak memiliki resistensi lebih tinggi pula terhadap kondisi asam, karena matriks merupakan material yang pertama kali larut saat terjadi degradasi (Han *et al.*, 2008)

Pada keadaan klinis rongga mulut, dapat terjadi perubahan pH dan kelembaban yang dapat meningkatkan degradasi resin komposit dalam waktu tertentu. pH rongga mulut yang rendah karena makanan dan minuman yang bersifat asam dapat mempengaruhi sifat mekanis dan fisik material. Penetrasi asam ke dalam resin diawali dari sifat menyerap air dari komposit, air memiliki sifat *plasticizer* sehingga dapat menyebabkan pelunakan resin dan mengakibatkan penghalusan polimer resin melalui proses *swelling* dan menurunkan *frictional forces* antara *polymeric chains*. Resin komposit yang berada pada lingkungan asam memiliki sifat solubilitas yang tinggi, sehingga dapat menyebabkan erosi pada permukaan, degradasi material, meningkatkan keausan, kekerasan, dan integritas dari permukaan resin (Erdemir *et al.*, 2013).

Mekanisme degradasi resin komposit oleh karena keasaman dapat disebabkan karena asam merupakan katalisator hidrolisis yang mampu menghidrolisis gugus ester yang terjadi pada monomer *dimethacrylate*, seperti Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA dan TEGDMA (Valinoti *et al.*, 2008) dan menghidrolisis ikatan silane pada *coupling agent* yang dapat menghasilkan *microcrack* (Carvalho *et al.*, 2012).

Makanan dan minuman yang dikonsumsi dapat mempengaruhi sifat dari suatu material restorasi. Penelitian oleh Somayaji *et al.*, 2016 menunjukkan bahwa ion H^+ dari asam yang berpenetrasi ke dalam matriks menghasilkan lepasnya monomer yang tidak bereaksi dan menurunkan *microhardness* dari resin komposit. Ion H^+ yang

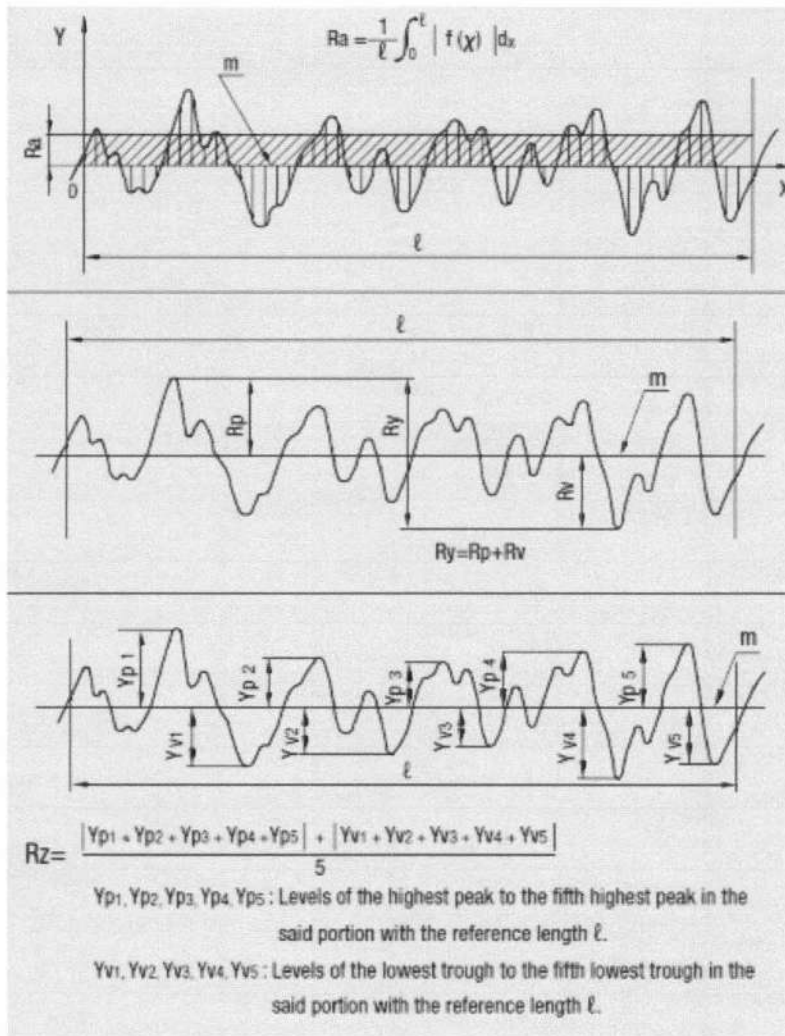
berlebihan menyebabkan rantai ganda polimer menjadi tidak stabil, karena ion H^+ mengadakan *crosslink* dengan rantai polimer matriks dan menghasilkan terlarutnya matriks, sehingga *filler* akan tampak menonjol dan mengakibatkan kekasaran permukaan (Nurmalasari, 2015).

2.6 *Surface roughness tester*

Surface roughness tester adalah alat yang digunakan untuk mengetahui nilai kekasaran suatu material. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Surface roughness tester* (Mitutoyo SJ 201) dengan *diamond needle* dengan panjang 1 mm dan radius 5 μm . Alat akan dijalankan dengan kecepatan sebesar 0,25 mm/s dengan tekanan sebesar 4 mN dalam ketelitian 0,01 – 100 μm (Oliveira *et al.*, 2010).

Nilai kekasaran dinyatakan dalam *roughness average* (Ra). Ra didefinisikan sebagai rata-rata aritmatika dari puncak dan lembah permukaan sampel, dan dinyatakan dalam satuan tinggi (μm). Dan dicatat dalam nilai absolut Parameter kekasaran permukaan diperoleh dari kurva analisis permukaan (Carvalho *et al.*, 2012).

Dari masing-masing sampel diambil 4 bacaan *scanning path* dengan lokasi yang sama dengan tracing pada 3 area parallel dan 1 area tegak lurus pada diameter sampel. Parameter Ra dipilih karena dapat mengevaluasi perubahan kekasaran yang kecil, dan memiliki kelebihan dalam sensitivitas dan objektivitas (Al samadani, 2013; Oliveira *et al.*, 2010).



Gambar 2.5 Varian parameter yang digunakan dalam mengamati kekasaran permukaan (Nyembwe *et al.*, 2012)

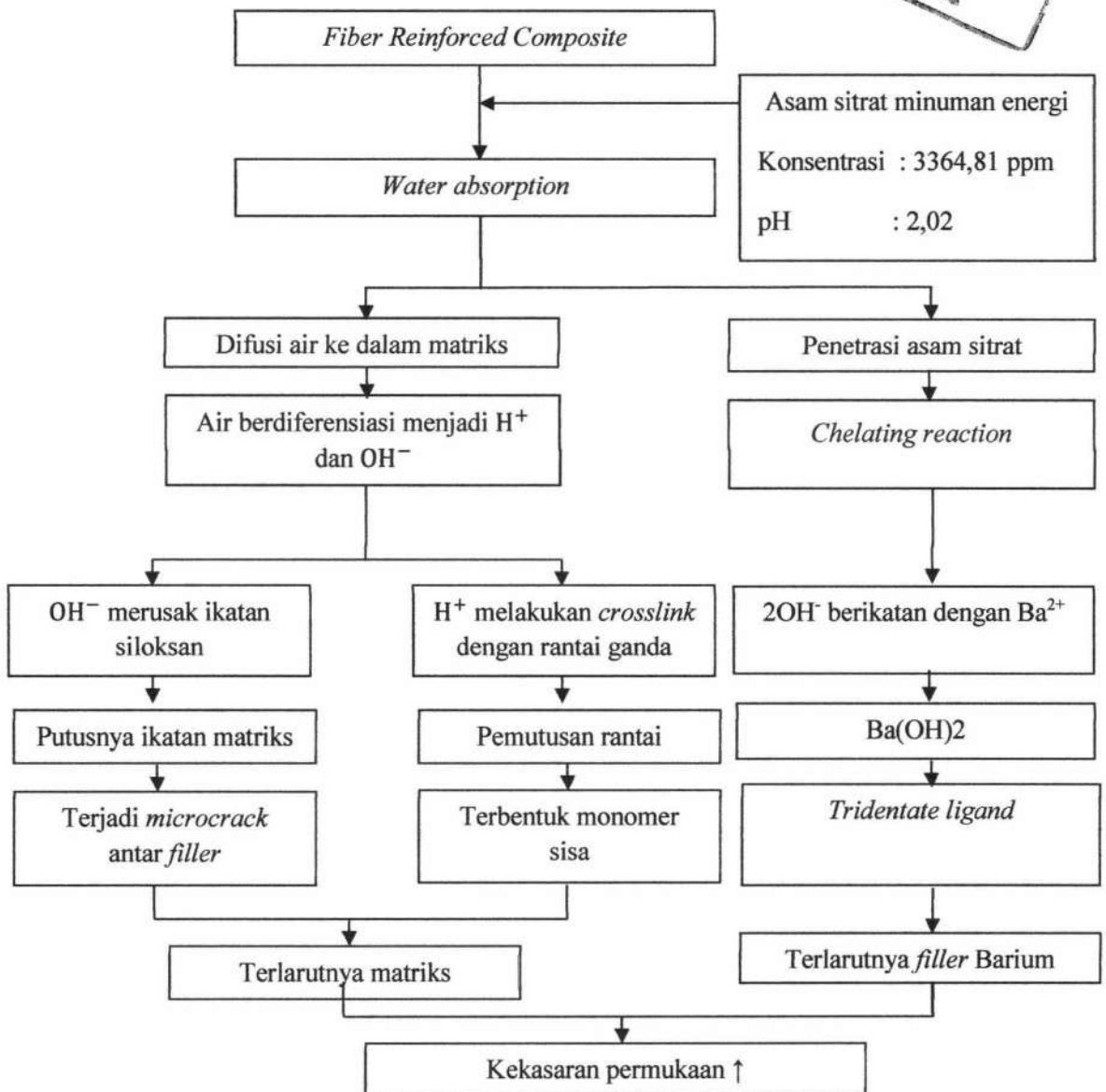
BAB 3
KERANGKA KONSEPTUAL DAN
HIPOTESIS PENELITIAN

BAB 3

KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN



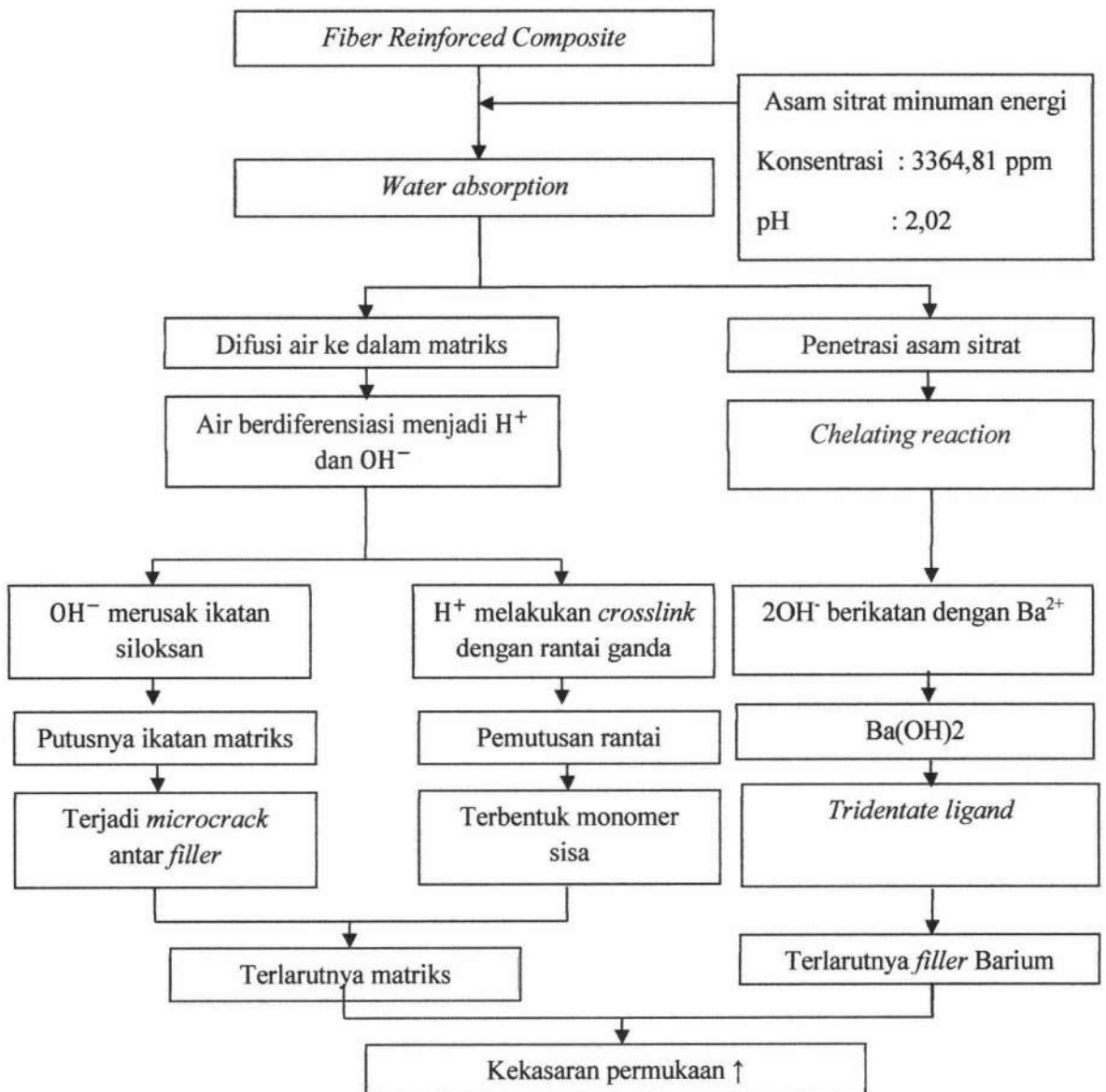
3.1 Kerangka konseptual



BAB 3

KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN

3.1 Kerangka konseptual



3.2 Penjelasan kerangka konseptual

Material restorasi jenis *Fiber Reinforced Composite* merupakan resin komposit yang memiliki bahan tambahan serat berukuran mikron. Serat ini berfungsi sebagai penguat dalam menahan beban kompresi mastikasi dan mencegah keretakan terutama pada isthmus restorasi kelas II. Kekuatan resin komposit dapat menurun apabila terjadi kekasaran permukaan yang disebabkan degradasi dari restorasi. Resin komposit dapat mengalami degradasi akibat paparan asam dalam kurun waktu tertentu. Paparan asam tersebut dapat disebabkan oleh karena bahan kimia yang ada dalam makanan dan minuman sehari-hari, salah satunya minuman energi yang mengandung asam sitrat. Degradasi yang terjadi dapat menyebabkan kekasaran permukaan yang menyebabkan turunnya *surface microhardness*, dan dapat menurunkan sifat mekanik dari restorasi.

Paparan ini dapat diperantarai oleh sifat menyerap air yang dimiliki resin komposit, air merupakan perantara penetrasi asam ke dalam matriks resin komposit dan meningkatkan solubilitas. Paparan asam dapat menyebabkan erosi pada permukaan resin sehingga terjadi peningkatan kekasaran permukaan resin komposit.

Sifat mudah menyerap air dari resin komposit dapat menyebabkan difusi air ke dalam matriks resin, pada kondisi air yang mengandung asam, asam juga berpenetrasi ke dalam matriks resin bersamaan dengan masuknya air. Asam memiliki peran sebagai katalisator terjadinya proses hidrolisis. Hidrolisis akan terjadi lebih cepat apabila konten *filler* berjenis logam, misalnya Zinc dan Barium. Kemudian air akan berdiferensiasi menjadi ion H^+ dan OH^- . Ion H^+ akan menggantikan kation logam dan membuat muatan dalam komposit menjadi tidak stabil. Matriks resin yang memiliki unsur O akan menyebabkan ion OH^- dari air terserap masuk ke dalam matriks dan

4.2.2 Kriteria Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

1. Sampel dibuat dari resin *Fiber Reinforced Composite* yang diaktivasi dengan metode *light curing*.
2. Sampel berbentuk kepingan, memiliki ukuran diameter 5 mm dengan tebal 2 mm
3. Permukaan sampel rata, halus dan mengkilap.

4.3 Variabel Penelitian

4.3.1 Variabel Bebas

Asam sitrat dengan konsentrasi 3364,81 ppm dan pH 2,02

4.3.2 Variabel Terikat

Kekasaran permukaan dari *Fiber Reinforced Composite* yang diukur dengan menggunakan *Surface roughness tester*, Mitutoyo SJ-201, dengan parameter Ra.

4.3.3 Variabel Terkendali

1. Lama perendaman
2. Intensitas sinar dan lama penyinaran polimerisasi komposit
3. Suhu ruangan
4. Bentuk dan ukuran komposit
5. Cara pembuatan sampel
6. Volume cairan perendaman

4.4 Definisi Operasional Variabel

1. Asam sitrat adalah asam lemah dengan rumus molekul $C_6H_8O_7$ dari minuman energi X yang diukur konsentrasinya dengan metode HPLC.
2. *Fiber Reinforced Composite* adalah komposit yang terdiri dari partikel *filler* berupa serat yang berukuran mikron.
3. Kekasaran permukaan adalah ketidakraturan tekstur permukaan benda. Kekasaran permukaan dapat diukur menggunakan alat *surface roughness tester*, Mitutoyo SJ-201 dengan parameter Ra dengan satuan pengukuran μm .
4. Lama perendaman pada masing-masing kelompok adalah 24 jam. Lama perendaman selama 24 jam dipilih karena penelitian oleh Al-Dharrab, (2013) menunjukkan bahwa dengan perendaman dalam minuman energi selama 24 jam, dapat terjadi perubahan fisik komposit. Lama perendaman 24 jam dikonversikan menjadi 288 hari konsumsi minuman energi. Hal ini ditentukan berdasarkan perhitungan dengan meminum 1 kaleng minuman energi (250ml)

mencerminkan waktu kontak minuman dengan rongga mulut selama 100 detik (1 menit 40 detik) (Szalewski *et al.*, 2016), dan sesuai anjuran pabrik minuman ini dikonsumsi sebanyak 3 kaleng sehari. Sehingga lama perendaman dalam penelitian ini adalah selama 24 jam dan mencerminkan kerusakan yang diakibatkan konsumsi minuman energi dalam 288 hari konsumsi minuman energi.

Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{konversi hari} = \frac{24 \text{ jam} \times 60 \text{ menit}}{100 \text{ detik} \times 3 \text{ kali sehari}}$$

$$\frac{1440}{5 \text{ menit}} = 288 \text{ hari}$$

4.5 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian yang terdiri dari uji kadar asam sitrat dengan metode HPLC yang dilakukan di Laboratorium Petrosida Gresik, pembuatan larutan asam sitrat dilakukan di Laboratorium Envilab Gresik, pembuatan sampel dilakukan di Laboratorium Ilmu Material Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga, perendaman sampel dilakukan di *Research Center* Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga, dan pengujian kekasaran permukaan dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Manufaktur Universitas Surabaya.

Penelitian dilakukan pada bulan Mei – November 2017.

4.6 Alat dan Bahan

4.6.1 Alat

1. Cetakan dengan tebal 2mm dan diameter 5 mm dari bahan plat akrilik
2. Plat kaca
3. *Celluloid strip*
4. *Composite gun*
5. *Plastic filling instrument*
6. *LED Light curing unit*
7. *Visible Curing Light Meter*
8. HPLC Waters 512
9. pH meter
10. Neraca analitik
11. Beban timbangan 1 kg
12. Wadah *tray* bersekat tertutup untuk penyimpanan dan perendaman sampel
13. *Stopwatch*
14. Gelas ukur
15. Pinset
16. Kertas hisap
17. Inkubator
18. *Surface roughness tester*, Mitutoyo SJ-201.

4.6.2 Bahan

1. Minuman energi X
2. *Fiber Reinforced Composite* (merek EverX Posterior, GC Corp Japan)
3. Asam sitrat
4. Aquadest 17 liter

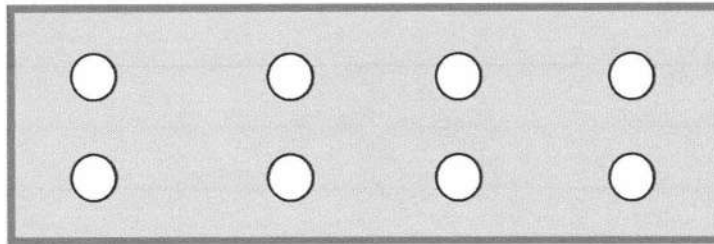
4.7 Cara Kerja

4.7.1 Pengukuran kadar dan pembuatan larutan asam sitrat

1. Dilakukan preparasi standart asam sitrat dengan konsentrasi 2600 ppm atau setara dengan 2600 mg/L sebagai pembanding
2. Diambil larutan uji, yaitu minuman energi X sebanyak 5 μ l
3. Dilakukan uji dengan metode HPLC dengan panjang gelombang 254 nm untuk mengetahui konsentrasi asam sitrat yang terkandung di dalam minuman energi X.
4. Didapatkan konsentrasi asam sitrat dari minuman energi X, lalu dibuatkan larutan asam sitrat murni dengan konsentrasi sesuai hasil uji minuman tersebut dengan melarutkan 3,364 gram asam sitrat murni dan 1000 mL aquadest
5. Didapatkan larutan asam sitrat murni dari minuman energi. Kemudian diukur pH larutan asam sitrat tersebut

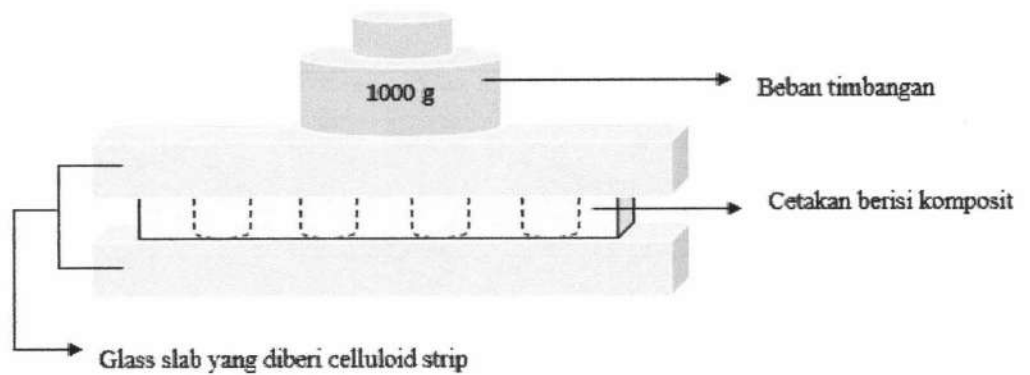
4.7.2 Pembuatan sampel

1. Cetakan sampel berdiameter 5 mm dengan ketinggian 2 mm diletakkan di atas plat kaca yang telah diberi *celluloid strip*



Gambar 4.1 Ilustrasi cetakan sampel

2. Dilakukan pengukuran intensitas cahaya dari *LED Light Curing Unit*
3. *Fiber Reinforced Composite* dimasukkan ke dalam cetakan sampel hingga penuh dengan bantuan *composite gun* dan dirapikan dengan *plastic filling instrument*
4. Setelah cetakan terisi penuh, dilapisi dengan *celluloid strip*, ditekan dengan plat kaca dan beri beban timbangan (1 kg) untuk mengeluarkan kelebihan bahan dan mendapatkan permukaan sampel yang rata dan halus, diamkan kurang lebih 30 detik(Oliveira *et al.*, 2010)
5. Lalu timbangan dan plat kaca diangkat, bahan disinari dengan *LED light curing unit* dengan intensitas cahaya 710 mW/cm^2 selama 20 detik sesuai aturan pabrik.



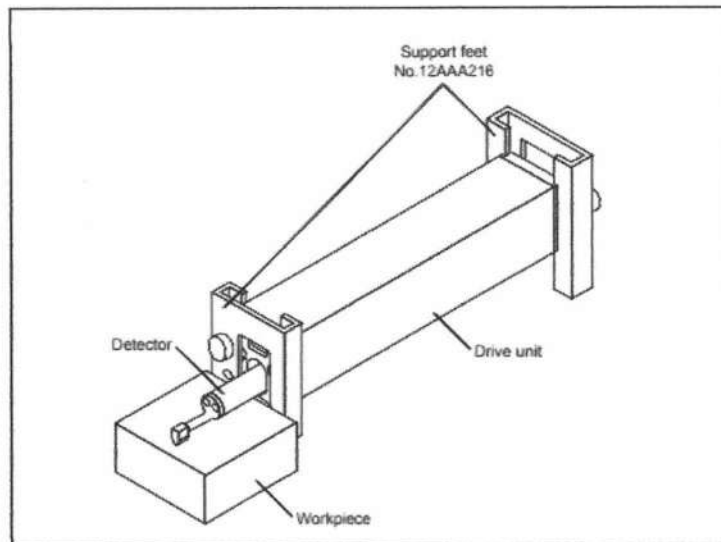
Gambar 4.2 Pembuatan sampel

6. Kelebihan bahan di sekitarnya dibersihkan, kemudian sampel dikeluarkan dari cetakan.
7. Sampel diberi tanda 8 titik pada permukaan melingkar sebagai acuan sesuai *scanning path* (Gambar 4.4) untuk pengukuran kekasaran permukaan
8. Pembuatan sampel dilakukan berulang hingga didapatkan 34 sampel *Fiber Reinforced Composite*.

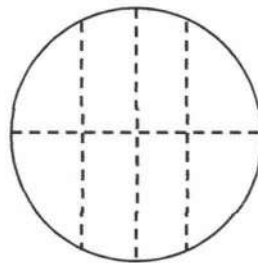
4.7.3 Pengukuran kekasaran permukaan sebelum perendaman (Mitutoyo Corporation, 2008)

1. Cetakan yang berisi sampel yang akan diuji, dilekatkan pada *glass slab* dengan bantuan *double tape*, untuk memudahkan proses pengukuran, lalu diletakkan diatas permukaan meja yang bersih dan datar

2. Alat *surface roughness tester*, Mitutoyo SJ-201, disiapkan dan diletakkan pada tinggi yang sesuai terhadap sampel yang akan diuji sampai jarum pengukur dapat bergerak menyentuh permukaan sampel yang diukur
3. Pilih parameter Ra
4. Menekan tombol START, dan jarum pengukur akan mulai bergerak melakukan pengukuran pada permukaan sampel. Jarum pengukur bergerak sepanjang diameter sampel dan layar akan menunjukkan [----]. Setelah pengukuran selesai, pada layar monitor akan ditampilkan hasil Ra yang didapat
5. Masing-masing sampel diukur sebanyak 4 kali pengukuran sesuai skema garis pengukuran (Gambar 4.4) sehingga akan didapatkan empat hasil Ra pada setiap sampel
6. Ketiga hasil uji kekasaran ini dirata-rata, sehingga didapatkan satu nilai rata-rata kekasaran permukaan (Ra) pre-perendaman dari masing-masing sampel. Hal yang sama dilakukan pada seluruh sampel.
7. Seluruh data yang didapat dari hasil pengukuran, dikumpulkan dan ditabulasi berdasarkan tiap kelompok sampel, kemudian dianalisis



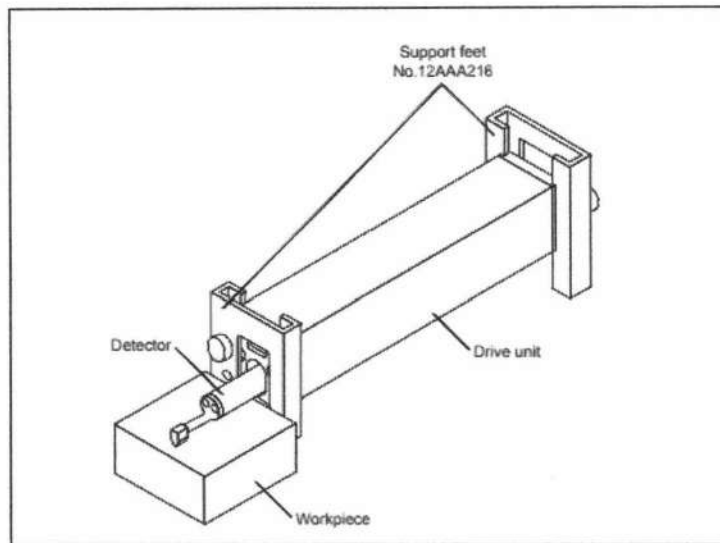
Gambar 4.3 Ilustrasi Instalasi Alat (Mitutoyo Corporation, 2008)



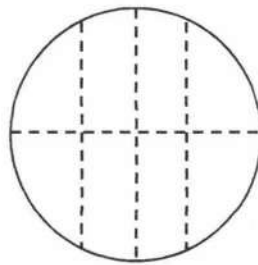
Gambar 4.4 Skema garis pengukuran kekasaran pada permukaan sampel

4.7.4 Perendaman sampel

1. Sampel dibagi menurut 2 kelompok perlakuan. Tiap tray diberi label kelompok asam sitrat dan kelompok aquadest. Kemudian tiap lubang diberi nomor sampel agar memudahkan pengembalian sampel ke dalam tray.
2. Larutan aquadest dan larutan asam sitrat diukur sebanyak 20ml untuk tiap lubang tray.



Gambar 4.3 Ilustrasi Instalasi Alat (Mitutoyo Corporation, 2008)



Gambar 4.4 Skema garis pengukuran kekasaran pada permukaan sampel

4.7.4 Perendaman sampel

1. Sampel dibagi menurut 2 kelompok perlakuan. Tiap tray diberi label kelompok asam sitrat dan kelompok aquadest. Kemudian tiap lubang diberi nomor sampel agar memudahkan pengembalian sampel ke dalam tray.
2. Larutan aquadest dan larutan asam sitrat diukur sebanyak 20ml untuk tiap lubang tray.

3. Dilakukan perendaman resin komposit dalam aquadest di dalam inkubator dengan suhu 37°C selama 24 jam agar memberikan kelembaban yang sesuai dengan rongga mulut.
4. Sampel dikeringkan dengan kertas hisap untuk menghilangkan cairan yang menempel pada permukaan sampel.
5. Kemudian sampel direndam dalam larutan asam sitrat dan kontrol hingga seluruh bagian sampel tercelup dalam larutan uji maupun kontrol selama 24 jam dalam inkubator 37°C
6. Larutan uji dan kontrol diganti setiap 1 jam untuk mempertahankan kestabilan pH dan konsentrasinya. Setiap sebelum pergantian larutan, sampel dikeringkan dengan kertas hisap.
4. Setelah dilakukan perendaman, seluruh sampel dikeluarkan dari perendaman, dan dikeringkan dengan kertas hisap.

4.7.5 Pengukuran kekasaran permukaan setelah perendaman

1. Cetakan yang berisi sampel yang akan diuji, dilekatkan pada *glass slab* dengan bantuan *double tape*, untuk memudahkan proses pengukuran, lalu diletakkan diatas permukaan meja yang bersih dan datar
2. Alat *surface roughness tester*, Mitutoyo SJ-201, disiapkan dan diletakkan pada tinggi yang sesuai terhadap sampel yang akan diuji sampai jarum pengukur dapat bergerak menyentuh permukaan sampel yang diukur

3. Pilih parameter Ra
4. Menekan tombol START, dan jarum pengukur akan mulai bergerak melakukan pengukuran pada permukaan sampel. Jarum pengukur bergerak sepanjang diameter sampel dan layar akan menunjukkan [-----]. Setelah pengukuran selesai, pada layar monitor akan ditampilkan hasil Ra yang didapat
5. Masing-masing sampel diukur sebanyak 4 kali pengukuran sesuai skema garis pengukuran (Gambar 4.4) sehingga akan didapatkan empat hasil Ra pada setiap sampel
6. Keempat hasil uji kekasaran ini dirata-rata, sehingga didapatkan satu nilai rata-rata kekasaran permukaan (Ra) post-perendaman dari masing-masing sampel. Hal yang sama dilakukan pada seluruh sampel.
7. Seluruh data yang didapat dari hasil pengukuran, dikumpulkan dan ditabulasi berdasarkan tiap kelompok sampel, kemudian dianalisis

4.8 Prosedur pengambilan data

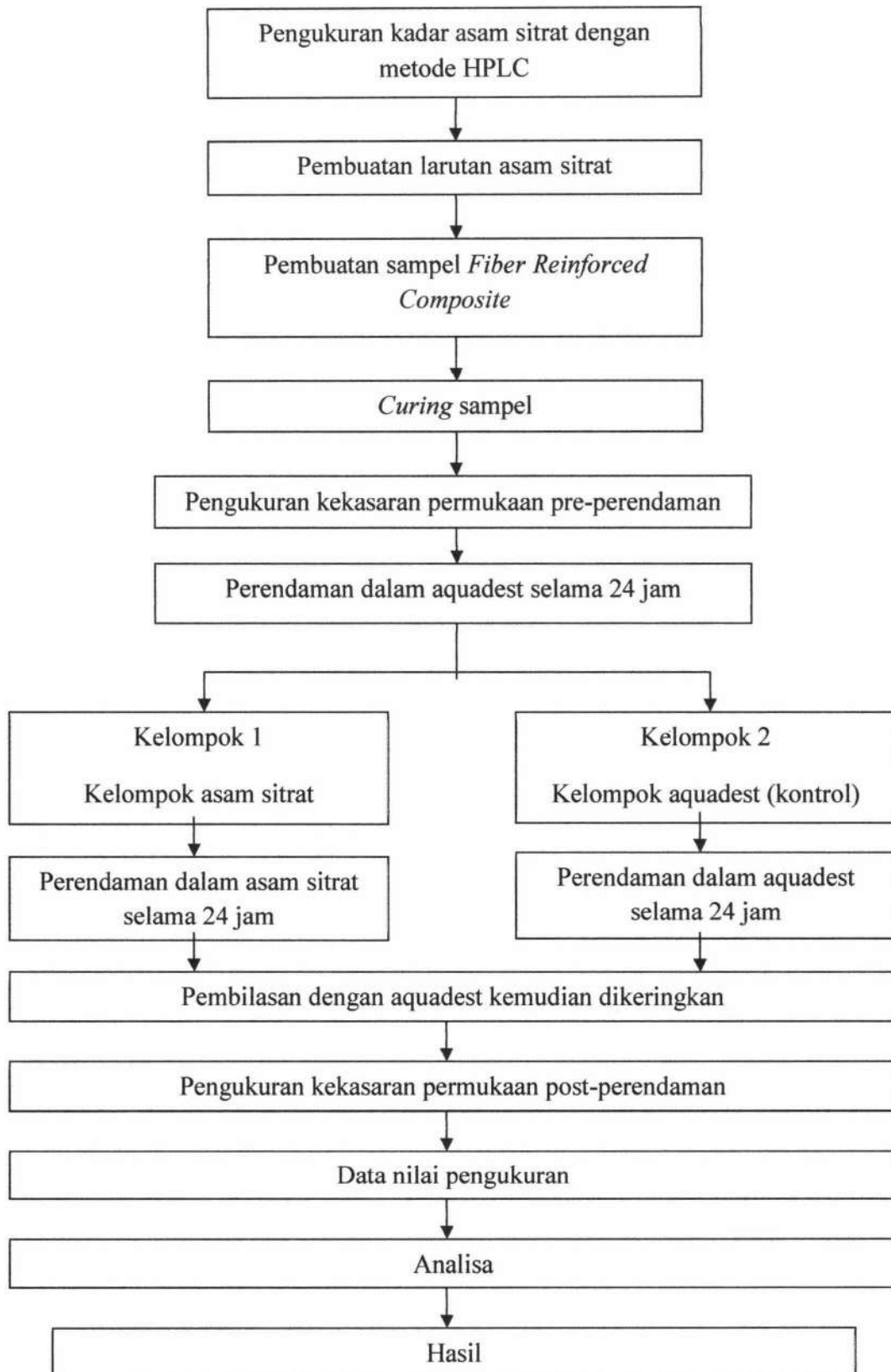
Data hasil berupa nilai kekasaran permukaan, menggunakan parameter Ra, dengan satuan μm . Nilai Ra yang didapat adalah rata-rata hitung dari bentuk puncak dan lembah pada permukaan sampel (Carvalho *et al.*, 2012). Data diambil dengan mengambil data selisih Ra post-perendaman dan Ra pre-

perendaman sehingga didapatkan data perubahan kekasaran permukaan. Kemudian dibandingkan antara dua jenis perlakuan yang diuji.

4.9 Pengolahan dan analisa data

Hasil data diuji normalitasnya dengan menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov*, jika berdistribusi normal maka dilakukan uji homogenitas. Lalu dilakukan uji homogenitas dengan *Levene Test* untuk mengetahui varian data bersifat homogen atau tidak. Kemudian dianalisis dengan menggunakan *Independent T-Test* untuk mengetahui signifikansi.

4.10 Alur penelitian



BAB 5

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

BAB 5

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA



5.1 Hasil penelitian

5.1.1 Uji HPLC

Uji HPLC dilakukan untuk mengetahui konsentrasi asam sitrat dalam minuman energi, dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 5.1 Hasil uji HPLC untuk minuman energi

No.	Minuman energi	Konsentrasi	Prosentasi
1	Min X	3364,81 ppm	3,36%

Keterangan tabel:

Min X : Minuman energi merek X

5.1.2 Uji Kekasaran Permukaan Komposit

Berdasarkan hasil penelitian uji kekasaran permukaan menggunakan alat *surface roughness tester*, Mitutoyo SJ-201, diperoleh rata – rata dan simpangan baku dari kekasaran permukaan *Fiber Reinforced Composite* sebelum dan sesudah perendaman dalam asam sitrat dengan konsentrasi 3364,81 ppm dan aquadest, tampak pada tabel sebagai berikut:

Tabel 5.2 Nilai perubahan kekasaran permukaan *Fiber Reinforced Composite* setelah perendaman

	N	\bar{X} sebelum perendaman (μm)	\bar{X} setelah perendaman (μm)	\bar{X} perubahan kekasaran (μm)	SD
Kel 1	16	± 0.439688	± 0.638594	± 0.198906	0.1052
Kel 2	16	± 0.464375	± 0.513438	± 0.049063	0.0245

Keterangan tabel:

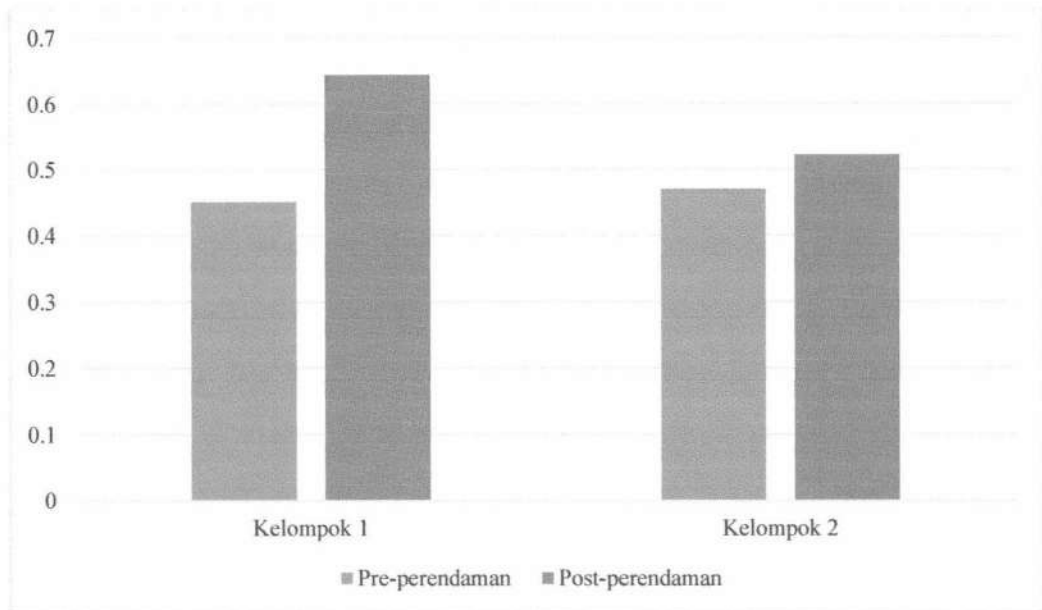
Kel 1 : Kelompok sampel yang direndam dalam larutan asam sitrat 3364,81 ppm

Kel 2 : Kelompok sampel yang direndam dalam aquadest sebagai kontrol

N : Jumlah sampel tiap kelompok

\bar{X} : Rata-rata kekasaran permukaan

SD : Standar Deviasi



Keterangan grafik :

Kelompok 1 : Kelompok sampel yang direndam dalam asam sitrat konsentrasi 3364,81 ppm

Kelompok 2 : Kelompok sampel yang direndam dalam aquadest sebagai kontrol

5.2 Analisis data

Berdasarkan data hasil penelitian, dilakukan analisis statistik dengan melakukan uji normalitas masing-masing kelompok dengan *Kolmogorof-Smirnov Test*. Didapatkan hasil bahwa seluruh data berdistribusi normal ($p > 0.05$), $p = 0.451$ untuk kelompok asam sitrat dan $p = 0.844$ untuk kelompok kontrol.

Uji homogenitas dengan *Levene Test* didapatkan 0.001 ($p < 0.05$) yang menunjukkan bahwa varian data tidak homogen.

Karena kelompok sampel berjumlah 2 kelompok dan data tidak homogen, dilakukan analisis menggunakan *Independent T-Test* dengan mengamati angka *Lower sig.* Berdasarkan uji *Independent T-Test* didapatkan hasil $p = 0.000$ ($p < 0.05$), dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak. Hal ini berarti, terdapat perbedaan signifikan pada kekasaran permukaan *Fiber Reinforced Composite* setelah perendaman asam sitrat minuman energi.

BAB 6
PEMBAHASAN

BAB 6**PEMBAHASAN**

Penelitian ini bertujuan untuk melihat perubahan kekasaran permukaan *Fiber Reinforced Composite* setelah dilakukan perendaman dalam larutan asam sitrat murni dengan konsentrasi yang disesuaikan dengan kandungan asam sitrat dalam salah satu minuman energi yang dikonsumsi masyarakat Indonesia. Pada penelitian ini digunakan komposit berjenis *Fiber Reinforced Composite* yang mengandung partikel *filler short e-glass fiber filler* berukuran $0.1 - 2.2\mu\text{m}$ dan panjang 1-2 mm. Sedangkan untuk komponen matriks, komposit ini mengandung Bis-GMA, PMMA, TEGDMA. Dengan penambahan *filler* berupa serat dapat meningkatkan *compressive strength*. Berdasarkan penelitian oleh Erdemir *et al.*, (2013) asam sitrat mampu merusak *filler* organik komposit sehingga dapat menyebabkan degradasi. Dan penelitian yang dilakukan Jeong *et al.*, (2014) membuktikan bahwa perendaman enamel dalam minuman energi selama 30 menit menunjukkan perbedaan yang signifikan pada kekerasan enamel dan secara mikroskopis menunjukkan banyak area permukaan yang kasar akibat terjadinya erosi enamel.

Penelitian ini dibagi dalam 2 kelompok yaitu kelompok perlakuan dan kelompok kontrol. Pada kelompok perlakuan dilakukan perendaman *Fiber Reinforced Composite* dalam larutan asam sitrat, sedangkan pada kelompok kontrol dilakukan

perendaman dalam aquadest. Dengan lama perendaman selama 24 jam, yang dikonversikan menjadi 288 hari konsumsi minuman energi.

Tahap I dilakukan uji kadar asam sitrat dengan metode HPLC untuk mengetahui kadar asam sitrat yang terkandung dalam minuman energi. Kemudian, diperoleh kadar asam sitrat sebesar 3364,81 ppm. Berdasarkan hasil uji HPLC ini, dapat disimpulkan bahwa terdapat kandungan asam sitrat yang tinggi dalam minuman energi. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Bima & Abbas, (2014) bahwa kandungan asam sitrat pada minuman energi lebih tinggi jika dibandingkan dengan *soft drinks* dan minuman jus, dengan hasil pengukuran 7300ppm asam sitrat dalam minuman energi, 1760ppm dalam *softdrinks* dan 2790ppm dalam minuman jus. Menurut penelitian oleh Erdemir *et al.*, (2013) membuktikan bahwa setiap minuman energi dan *sport drinks* mengandung asam sitrat. Kemudian penelitian oleh Valinoti *et al.*, (2008) membuktikan bahwa asam sitrat dapat merusak *filler* dan matriks dari restorasi.

Karena *Fiber Reinforced Composite* memiliki *filler* yang berukuran mikron, maka perlu dilakukan pengukuran kekasaran permukaan sebelum dilakukan perendaman, kemudian diuji kembali setelah dilakukan perendaman sehingga dapat diketahui perubahannya. Sebelum dilakukan perendaman, didapatkan kekasaran rata-rata sebesar 0.43 μm untuk kelompok asam sitrat, dan 0.46 μm untuk kelompok kontrol.

Setelah dilakukan perendaman, didapatkan hasil pengukuran sebesar 0.63 μm untuk kelompok asam sitrat dan 0.51 μm untuk kelompok kontrol. Sehingga, terjadi perubahan kekasaran sebesar 0.19 μm pada kelompok asam sitrat, dan 0.04 μm untuk

kelompok kontrol setelah dilakukan perendaman selama 24jam. Sehingga, kelompok asam sitrat memiliki perubahan kekasaran permukaan lebih besar jika dibandingkan dengan kelompok kontrol.

Pada hasil penelitian dan pengolahan data, membuktikan bahwa perendaman FRC dalam asam sitrat minuman energi mengalami peningkatan kekasaran permukaan jika dibandingkan dengan kekasaran permukaan FRC yang direndam dalam aquadest. Hal ini sesuai dengan hipotesis. Hal ini dipengaruhi oleh reaksi hidrolisis air menjadi ion H^+ dan OH^- .

Sifat mudah menyerap air dari resin komposit dapat menyebabkan difusi air ke dalam matriks resin. Pada penelitian ini, komposit direndam dalam air yang mengandung asam, sehingga asam akan berpenetrasi ke dalam matriks resin. Asam merupakan katalisator terjadinya hidrolisis. Sehingga hidrolisis akan terjadi lebih cepat. Air mengalami hidrolisis dan berdiferensiasi menjadi ion H^+ dan OH^- . Matriks resin yang memiliki unsur O akan menyebabkan ion OH^- dari air terserap masuk ke dalam matriks dan menghidrolisis ikatan siloksan yang terdapat pada *coupling agent* yang berfungsi sebagai pengikat matriks dan *filler*. Ikatan siloksan yang rusak akan membentuk Si-OH dan menghasilkan *microcrack* karena terputusnya ikatan matriks dan *filler*. Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Cypryk, (2002) bahwa dengan perhitungan *ab initio*, hidrolisis ikatan *siloxane* di bawah kondisi asam dapat terjadi lebih cepat. Oleh karena adanya protonasi oksigen *siloxane* yang merupakan katalis asam dan bantuan dari nukleofil yang berperan dalam penarikan proton dari nukleofil. Sedangkan tingginya ion H^+ dalam larutan asam sitrat menyebabkan muatan

dan ikatan polimer menjadi tidak stabil. Karena ion H^+ melakukan *crosslink* dan membentuk monomer sisa yang menyebabkan terdegradasinya matriks resin yang akan menurunkan massa matriks komposit pada permukaan. Hal ini sesuai dengan penelitian Nurmalasari, (2015) yang menyatakan bahwa ion H^+ yang berlebih dapat menyebabkan ikatan kimia dari rantai ganda tidak stabil dan terputus yang dapat menyebabkan degradasi permukaan.

Selain terjadi difusi air, terjadi penetrasi asam sitrat ke dalam komposit. Asam sitrat merupakan *chelating agent* yang baik sehingga dapat melarutkan metal. Selain *filler* berupa *fiber*, terdapat *filler* berupa Barium yang dapat bereaksi dengan gugus OH^- (*Hydroxyl*) dari asam sitrat melalui *chelating reaction*. Gugus *Hydroxyl* akan berikatan dengan ion Barium, yaitu Ba^{2+} dan menghasilkan $Ba(OH)_2$ dengan ikatan kuat, *tridentate ligand*. Dengan adanya *chelating reaction* ini, dapat meningkatkan solubilitas dari *filler* Barium.

Sedangkan pada kelompok kontrol (aquadest), didapatkan kekasaran permukaan lebih rendah dibandingkan dengan asam sitrat, hal ini sesuai dengan penelitian Al-Samadani bahwa air dapat mengakibatkan *microcrack* permukaan material restorasi melalui proses *swelling* dan hidrolisis, namun hidrolisis yang terjadi tidak secepat hidrolisis yang dikatalis oleh asam.

Kekasaran permukaan suatu material dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: jenis, ukuran, bentuk dan konsentrasi dari *filler*, interaksi matriks dan *filler*, perbandingan konsentrasi matriks dan *filler* dan kekerasan dari suatu

material (Munchow *et al.*, 2014). Pada penelitian ini, digunakan komposit yang mengandung *filler fiber* berukuran mikron sehingga akan menghasilkan kekasaran permukaan yang tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian Marghalani, (2010) yang membuktikan bahwa dengan meningkatnya ukuran *filler* dari suatu material maka kekasaran permukaan akan meningkat. Selain itu, kekasaran permukaan juga berkaitan dengan kemampuan *water sorption* dan solubilitas dari suatu material karena penyerapan air ke dalam matriks dapat merubah struktur material melalui proses *swelling* dan plastisasi. Komposit yang digunakan dalam penelitian ini mengandung komposisi Bis-GMA yang memiliki *water sorption* yang tinggi sehingga terjadi penyerapan air yang tinggi dan memiliki kandungan TEGDMA yang memiliki solubilitas tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian Gajewski *et al.*, (2012) yang menyebutkan bahwa Bis-GMA memiliki sifat *water sorption* yang tinggi dibandingkan dengan TEGDMA dan Bis-EMA. Sedangkan TEGDMA memiliki solubilitas yang tinggi dibandingkan UDMA, Bis-GMA dan Bis-EMA.

Dengan demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa asam sitrat dapat menyebabkan perubahan kekasaran permukaan yang signifikan pada *Fiber Reinforced Composite*. Hal ini disebabkan karena pada kondisi asam dapat terjadi hidrolisis yang terkatalis yang dapat menyebabkan ion OH^- memutus ikatan *siloxane* yang menghubungkan *filler* dan matriks sehingga akan menimbulkan *microcrack* dan ion H^+ yang akan berikatan dengan rantai polimer. Selain itu, komposisi komposit yang digunakan memiliki tingkat *water sorption* dan solubilitas yang tinggi sehingga terjadi pelunakan dan kelarutan matriks resin yang besar.

BAB 7

SIMPULAN DAN SARAN

BAB 7
SIMPULAN DAN SARAN



7.1 Simpulan

Setelah perendaman dalam asam sitrat 3364,81 ppm, didapatkan peningkatan kekasaran permukaan *Fiber Reinforced Composite*.

7.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh kandungan lain dari minuman energi terhadap kekasaran permukaan *Fiber Reinforced Composite*.

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR PUSTAKA

- Abouelleil, H; Pradelle, N; Villat, C; Attik, N; Colon, P; Grosgeat, B. 2015. *Comparison of Mechanical Properties of New Fiber Reinforced Composite and Bulk Filling Composite*. Restor Dent Endod. Nov 40(4): 262-270.
- Al Samadani, KH. 2013. *Effect of Energy Drinks on the Surface Texture of Nanofilled Composite Resin*. J Contemp Dent Pract. 14(5):830-835.
- Al-Dharrab, A. 2013. *Effect of Energy Drinks on The Color Stability of Nanofilled Composite Resins*. J Contemp Dent Pract. 14(4): 704-711.
- Alsunni, Ahmed A. 2015. *Energy Drink Consumption: Beneficial and Adverse Health Effects*. Int J Health Sci (Qassim). Oct: 9(4): 468-474.
- Anusavice K, Shen C & Rawls H. 2013. *Phillips' Science of Dental Materials*. 12th ed. St. Louis: Elsevier Saunders, pp.279-291.
- Apelblat, A. 2014. *Citric acid*. London: Springer, pp.6-7.
- Brima EI; Abbas AM. 2014. *Determination of Citric Acid in Soft Drinks, Juice Drinks and Energy Drinks using Titration*. Int J Chem Stud. Vol 1 No 6: 31-34.
- Carvalho, FG; Sampaio, CS; Fucio, SBP; Carlo, HL; Corer-Sobrinho, L; & Puppini-Rontani, RM. 2012. *Effect of Chemical and Mechanical Degradation on Surface Roughness of Three Glass Ionomers and a Nanofilled Resin Composite*. J Opt Dent. 37(5): 509-517
- Clauson, KA; Kelly, M; McQueen, CE; Persad N. 2008. *Safety Issues Associated with Commercially Available Energy Drinks*. J Am Pharm Assoc. Vol 12(5):55-59.
- Cypryk, M; Apeloig, Y. 2002. *Mechanism of the Acid-Catalyzed Si-O Bond Cleavage in Siloxanes and Siloxanols. A Theoretical Study*. J Organomet Chem. 21(11): 2165-2175.
- Da Silva, MA; Vitti, RP; Sinhoreti, MAC; Consani, RLX; Silva-Junior, JG; Tonholo, J. 2016. *Effect of Alcoholic Beverages on Surface Roughness and Microhardness of Dental Composites*. Dent Mater J. 35(4): 621-626.
- Demarco, FF; Baldisseram, RA; Madruga, FC; Simoes, RC; Lund RG; Correa, MB; Cenci, MS. 2013. *Anterior Composite Restorations in Clinical Practice: Findings from a Survey with General Dental Practitioners*. J Appl Oral Sci. Nov-Dec; 21(6): 497-504.
- Erdemir, U; Yildiz, E; Eren, MM; Ozel, S. 2012. *Surface Hardness Evaluation of Different Composite Resin Materials: Influence of Sports and Energy Drinks Immersion After A Short-term Period*. J Appl Oral. 21(2): 124-131.
- Freedman, GA. 2012. *Contemporary Aesthetic Dentistry*. Missouri: Elsevier, pp: 35-36.
- Gajewski, V.E.S; Pfeifer, CS; Froes-Salgado, NRG; Boaro, LCC; Braga, RR. 2012. *Monomers Used in Resin Composites: Degree of Conversion, Mechanical Properties and Water Sorption/Solubility*. Braz Dent J. 23(5): 508-514.
- GC Corporation. 2013. everX Posterior™ from GC: *Fiber-reinforced composite for dentin replacement in large cavities*. <http://www.dibateb.com/wp->

- [content/uploads/2016/01/FAQ-everx-posterior.pdf](#). Diakses pada 4 Desember 2017.
- Ghulman, M A; Hamed, M T; Mira, A I; Naguib GH; Alnowaiser, AM. 2012. *A Comparison between Fiber Reinforced and Hybrid Composite*. JKAU: Med Sci. Vol. 19 No. 2: 45-55
- Han L; Okamoto, Fukushima; Okij. 2008. *Evaluation of Flowable Resin Composite Surfaces Eroded by Acidic and Alcoholic Drinks*. Dent Mater J. 27(3): 455–465.
- Jeong, MJ; Jeong, SJ; Son, JH; Chung, SK; Kim, A-Reum; Kang, Eun-Ju; Kim, Eun-Ju; Jang, Ko-Eun; Cho, Min-Hee; Cheon, Ye-Ji; Choi Hyo-Jung; Lim, Do-Seon. 2014. *A study on the enamel erosion caused by Energy Drinks*. J Dent Hyg Sci. Vol.14. No 4: 597-609.
- Kharima, Rendry Nirmala. 2008. *Pengaruh Perendaman Obat Kumut Mengandung Eugenia Caryophyllata Oil Terhadap Kekerasan Resin Komposit Tipe Hybrid*. Jakarta: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia. 5-7.
- Lassila, L; Garoushi, S; Valittu, PK; Sailyoja, E. 2016. *Mechanical properties of fiber reinforced restorative composite with two distinguished fiber length distribution*. J Mech Behav Biomed. 60: 331–338.
- Lussi, A. 2006. *Dental Erosion: From Diagnosis to Therapy*. Switzerland: Karger, pp.77-85.
- Marghalani, Hanadi. 2010. *Effect of Filler Particles on Surface Roughness of Experimental Composite Series*. J Appl Oral Sci. 18(1): 59-67
- McCabe, JF; Rusby, Sandra. 2004. *Water absorption, dimensional change and radial pressure in resin matrix dental restorative materials*. J Biomater. 4001-4007.
- McCabe, John F & Walls, Angus W.G. 2008. *Applied Dental Materials 9th Ed*. Blackwell, pp.205-210.
- Mitutoyo Corporation. 2008. MITUTOYO SURFTEST SJ 201P: surface roughness tester. <https://www.mitutoyo.com.tw/oldver/product/pdf/d1/E4286SJ201301.pdf>. Diakses pada 29 September 2017.
- Munchow EA; Ferreira AC; Machado RM; Ramos TS; Rodriguez-Junior SA; Zanchi CH. 2014. *Effect of acidic solutions on the surface degradation of a micro-hybrid composite resin*. Braz Dent J. 25(4):321-6.
- Nesli, A; Selen, T; Gulgun, E. 2010. *Sports and energy drink consumption of physical education & sports student and their knowledge about them*. Turk: J Ovidius Uni. Issue 2: 732-736.
- Nurmalasari, A. 2015. *Perbedaan Kekasaran Permukaan Komposit Nano pada Perendaman Teh Hitam dan Kopi*. Jurnal Wiyata: 2(1).
- Nyembwe N; Beer, Van der Walt; Bhero. 2012. *Assessment of Surface Finish and Dimensional Accuracy of Tools Manufactured by Metal Casting in Rapid Prototyping sand Moulds*. South African J Industr Engin. 23(3): 130-143.
- Oliveira, ALBMD; Garcia, PPNS; Dos Santos, PA; Campos, JADB. 2010. *Surface Roughness and Hardness of a Composite Resin: Influence of Finishing and Polishing and Immersion Methods*. Mater Res. 13(3): 409-415.
- Ozer, S; Tunc, ES; Tuloglu, N; Bayrak, S. 2014. *Solubility of Two Resin Composites in Different Mouthrinses*. Biomed Res Int. 2014. Vol 2014: 1-4.

- Powers & Sakaguchi. 2012. *Craig's Restorative Dental Materials*. St. Louis: Elsevier/Mosby, pp. 161-75.
- Putriastuti, R; Kustiyah, L; Anwar, F. 2007. *Persepsi, Konsumsi dan Preferensi Minuman Berenergi*. *Jurnal Gizi dan Pangan*. November: 2(3): 13-15.
- Rajavardhan K; Sankar, Kumar; M, Pranitha; Kishore. 2014. *Erosive Potential of Cola and Orange Fruit Juice on Tooth Colored Restorative Materials*. *Annals of Med and Health Sci Res*. 4(9): 208-212.
- Rios D, Honório HM; Francisconi, LF; Magalhães AC, de Andrade Moreira Machado MA; Buzalaf MA. 2008. *In situ effect of an erosive challenge on different restorative materials and on enamel adjacent to these materials*. *J Dent*. 36: 152- 157
- Ripps, H & Shen. 2012. *Review: Taurine: A "very essential" amino acid*. *J Mol Vis*. 18:2673-2686.
- Szalewski, L; Szalewska, M; Kleinrok, P; Skalicka-Wozniak, K; Bozyk, A. 2016. *The Impact of Energy Drinks on The Composite Resin*. *European Journal of Medical Technologies*. 1(10):31-36.
- Somayaji, SK; Amalan, A; Ginjupalli, K. 2016. *Effect of Different Acidic Beverages on Microhardness of Nanohybrid Composite, Giomer, and Microhybrid Composite*. *World J Dent*. 7(3):126-128.
- Tantanuch S; Boonlert K; Chantima S; Nawanda O; Wathu M; Salinla L; Sulawan W. 2014. *The Effect of Different Beverages on Surface Hardness of Nanohybrid Resin Composite and Giomer*. *Journal of Conservative Dentistry*. Vol 17 Issue 3: 261-265.
- Tantanuch, S; Boonlert, K; Thanwalee; Nilobon; Parnchanok; Apisara. 2016. *Surface Roughness and Erosion of Nanohybrid and Nanofilled Resin Composites After Immersion in red and white wine*. *Journal of Conservative Dentistry*. 19(1): 51–56.
- Tayab, Tabassum; Shetty, Akshay; G, Kayalvizhi. 2015. *The Clinical Application of Fiber Reinforced Composites in all Specialties of Dentistry an Overview*. *International Journal of Composite Materials*. 5(1): 18-24.
- Valinoti AC, Neves, da Silva & Maia. 2008. *Surface Degradation of Composite Resin by Acidic Medicines and pH-Cycling*. *Journal of Applied Oral Science*. 16(4): 257-265.
- Weikle, Katie. 2012. *Determination of Citric Acid in Fruit Juice Using HPLC*. *Concordia College Journal of Analytical Chemistry*. 3: 57-62.
- Zhang, Meng & Matinlinna, Jukka Pekka. 2012. *E-Glass Fiber Reinforced Composites in Dental Applications*: Springer. Vol 4(1): 73-78.

LAMPIRAN

LAMPIRAN

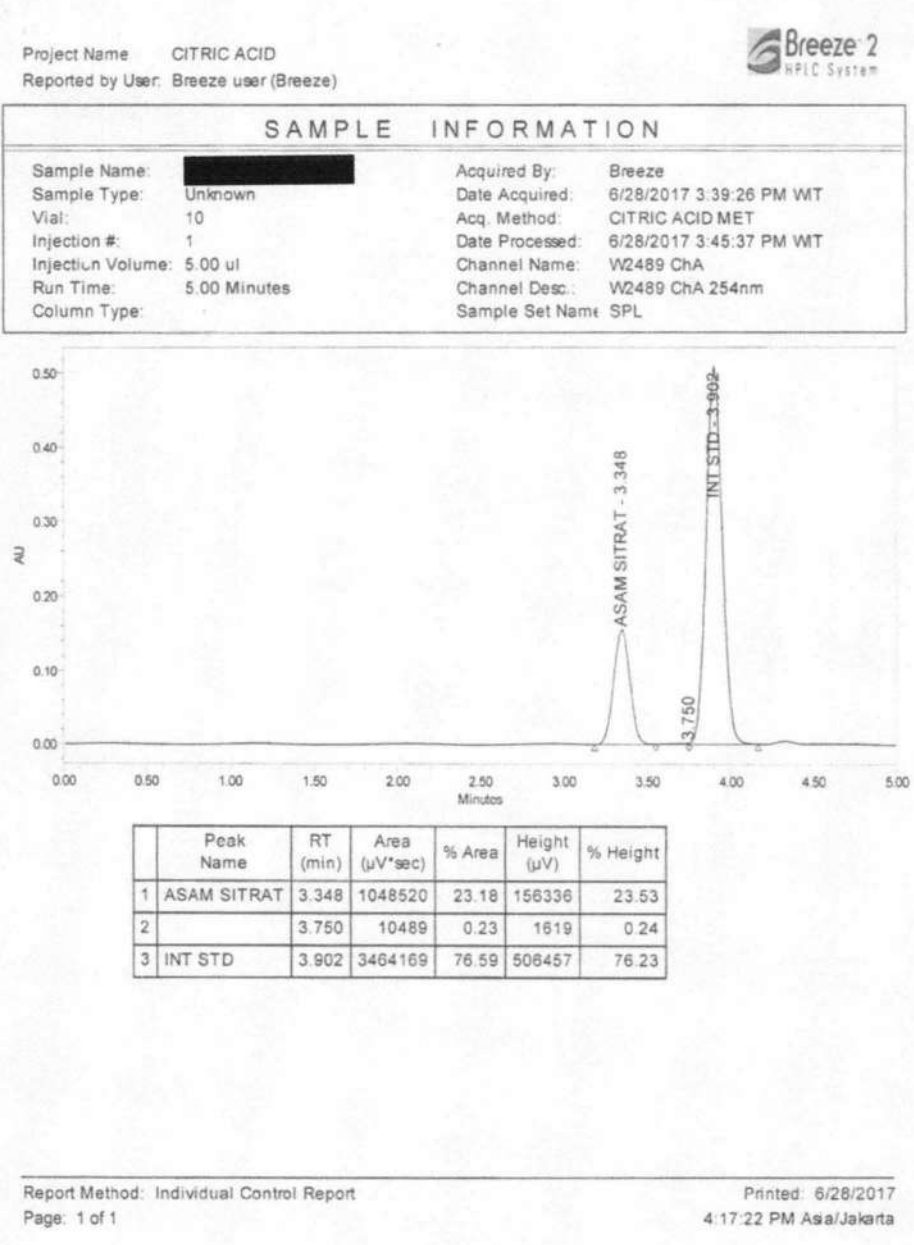
Lampiran 1 Spesifikasi Komposit

Material	Manufacturer	Resin matrix	Inorganic filler	Filler : matrix	Ukuran filler	Bentuk filler	Susunan filler
EverX Posterior	GC Japan	Bis-GMA, PMMA, TEGDMA	Short E-glass fiber filler, borosilicate barium glass	74.2 % : 25.8 %	Borosilicate barium : 0.1 – 2.2µm E-glass fiber: diameter: 17µ Panjang: 1-2 mm	Borosilicate barium glass: iregular Fiber: serat pendek diskontinyu	Cluster

Dikutip dari : GC Corporation, (2013); Lassila *et al.*, (2016).



Lampiran 2 Hasil Penelitian HPLC Minuman energi

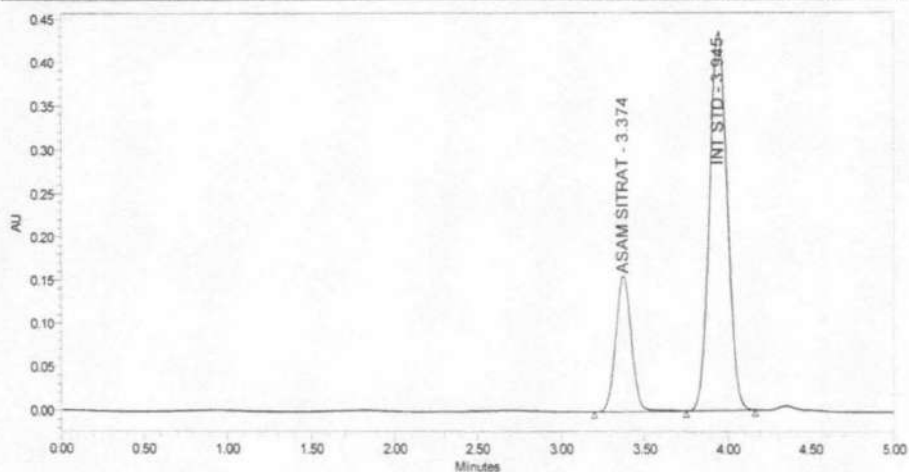


Project Name CITRIC ACID
 Reported by User: Breeze user (Breeze)



SAMPLE INFORMATION

Sample Name:	[REDACTED]	Acquired By:	Breeze
Sample Type:	Unknown	Date Acquired:	6/28/2017 3:50:15 PM WT
Vial:	11	Acq. Method:	CITRIC ACID MET
Injection #:	1	Date Processed:	6/28/2017 3:55:36 PM WT
Injection Volume:	5.00 ul	Channel Name:	W2489 ChA
Run Time:	5.00 Minutes	Channel Desc.:	W2489 ChA 254nm
Column Type:		Sample Set Name:	SPL



Peak Name	RT (min)	Area (μV*sec)	% Area	Height (μV)	% Height
1 ASAM SITRAT	3.374	1029887	24.03	156967	26.51
2 INT STD	3.945	3255587	75.97	435133	73.49

Report Method: Individual Control Report
 Page: 1 of 1

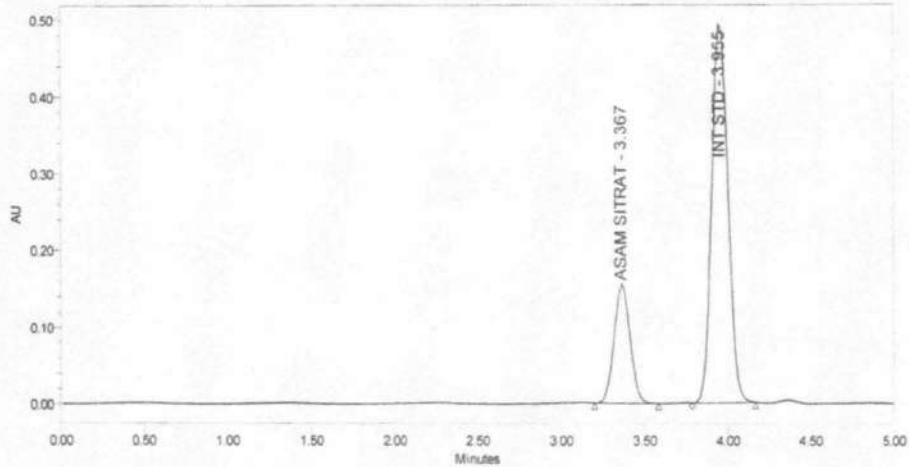
Printed: 6/28/2017
 4:17:03 PM Asia/Jakarta

Project Name CITRIC ACID
 Reported by User Breeze user (Breeze)



SAMPLE INFORMATION

Sample Name:	[REDACTED]	Acquired By:	Breeze
Sample Type:	Unknown	Date Acquired:	6/28/2017 4:03:53 PM WT
Vial:	13	Acq. Method:	CITRIC ACID MET
Injection #:	1	Date Processed:	6/28/2017 4:10:35 PM WT
Injection Volume:	5.00 ul	Channel Name:	W2489 ChA
Run Time:	5.00 Minutes	Channel Desc:	W2489 ChA 254nm
Column Type:		Sample Set Name:	SPL



Peak Name	RT (min)	Area (μV*sec)	% Area	Height (μV)	% Height
1 ASAM SITRAT	3.367	1035237	23.71	154872	23.93
2 INT STD	3.955	3331613	76.29	492312	76.07

Report Method: Individual Control Report
 Page: 1 of 1

Printed: 6/28/2017
 4:10:44 PM Asia/Jakarta

ASAM SITRAT			
STD			
NO	AREA STD	AREA INT STD	RATIO STD
1	1037872	3394021	0.3058
2	1020199	3308499	0.3085
3	1036216	3338729	0.3104
		RATA	0.3082
		SD	0.0023
		%RSD	0.7461

TIMBANG STD (Mg)	KONS STD (Mg/L)
26.0	2600.0

KONS STD (Mg/L)	TGL STD
2600.0	JUNI 2017

SAMPel B A					
NO	AREA SPL	AREA INT STD	RATIO STD	KONS (Mg/l)	TIMBANG SPL (Mg)
1	1048520	3464169	0.3027	3286.19	20.2
2	1029887	3255587	0.3163	3434.60	
3	1035237	3331613	0.3107	3373.66	
		RATA	0.30991724		
				RATA KONS (Mg/L)	3364.816336

Lampiran 3 Hasil Uji Kekasaran Permukaan

Kelompok asam sitrat

No.	Pengukuran Kekasaran Permukaan (μm)											Perubahan Kekasaran
	Pretest					Posttest						
	1	2	3	4	Mean	1	2	3	4	Mean		
1	0.32	0.33	0.26	0.31	0.305	0.51	0.62	0.73	0.69	0.6375	0.3325	
2	0.56	0.5	0.54	0.62	0.555	0.64	0.63	0.68	0.69	0.66	0.105	
3	0.64	0.65	0.56	0.69	0.635	0.74	0.93	0.91	0.73	0.8275	0.1925	
4	0.5	0.49	0.46	0.6	0.5125	0.79	0.61	0.56	0.66	0.655	0.1425	
5	0.19	0.21	0.25	0.58	0.3075	0.48	0.5	0.6	0.57	0.5375	0.23	
6	0.44	0.63	0.58	0.37	0.505	0.54	0.69	0.73	0.55	0.6275	0.1225	
7	0.62	0.78	0.45	0.47	0.58	0.72	0.76	0.56	0.63	0.6675	0.0875	
8	0.57	0.24	0.25	0.4	0.365	0.7	0.59	0.67	0.62	0.645	0.28	
9	0.3	0.32	0.41	0.35	0.345	0.73	0.63	0.54	0.73	0.6575	0.3125	
10	0.55	0.4	0.44	0.6	0.4975	0.65	0.75	0.48	0.81	0.6725	0.175	
11	0.44	0.31	0.18	0.37	0.325	0.49	0.44	0.42	0.49	0.46	0.135	
12	0.35	0.34	0.32	0.58	0.3975	0.42	0.61	0.51	0.73	0.5675	0.17	

13	0.46	0.34	0.48	0.56	0.46	0.59	0.55	0.51	0.72	0.5925	0.1325
14	0.47	0.62	0.51	0.34	0.485	0.49	0.77	0.56	0.61	0.6075	0.1225
15	0.39	0.53	0.25	0.43	0.4	0.54	0.7	0.44	0.56	0.56	0.16
16	0.35	0.39	0.38	0.32	0.36	0.98	0.73	0.73	0.93	0.8425	0.4825
Mean	0.439688					0.638594					0.198906

Kelompok kontrol (aquadest)

No.	Pengukuran Kekasaran Permukaan (μm)										
	Pretest					Posttest					Perubahan Kekasaran
	1	2	3	4	Mean	1	2	3	4	Mean	
1	0.68	0.53	0.56	0.5	0.5675	0.71	0.56	0.62	0.67	0.64	0.0725
2	0.62	0.65	0.38	0.73	0.595	0.65	0.77	0.53	0.73	0.67	0.075
3	0.32	0.24	0.31	0.23	0.275	0.34	0.24	0.45	0.29	0.33	0.055
4	0.33	0.46	0.38	0.37	0.385	0.35	0.55	0.46	0.37	0.4325	0.0475
5	0.61	0.8	0.68	0.53	0.655	0.66	0.76	0.74	0.56	0.68	0.025
6	0.54	0.81	0.73	0.65	0.6825	0.54	0.77	0.8	0.65	0.69	0.0075
7	0.56	0.38	0.44	0.33	0.4275	0.67	0.35	0.53	0.3	0.4625	0.035
8	0.57	0.85	0.54	0.41	0.5925	0.67	0.88	0.6	0.57	0.68	0.0875
9	0.27	0.43	0.35	0.33	0.345	0.35	0.45	0.41	0.35	0.39	0.045
10	0.56	0.45	0.39	0.38	0.445	0.62	0.5	0.49	0.49	0.525	0.08
11	0.46	0.37	0.31	0.29	0.3575	0.44	0.4	0.35	0.32	0.3775	0.02
12	0.5	0.36	0.57	0.35	0.445	0.57	0.49	0.56	0.46	0.52	0.075
13	0.5	0.65	0.67	0.42	0.56	0.55	0.62	0.68	0.51	0.59	0.03

14	0.35	0.58	0.36	0.35	0.41	0.44	0.62	0.42	0.43	0.4775	0.0675
15	0.58	0.39	0.37	0.27	0.4025	0.63	0.37	0.38	0.35	0.4325	0.03
16	0.23	0.25	0.3	0.36	0.285	0.25	0.28	0.35	0.39	0.3175	0.0325
Mean	0.464375					0.513438					0.049063

Lampiran 4 Analisis Data

Test Distr.Normal

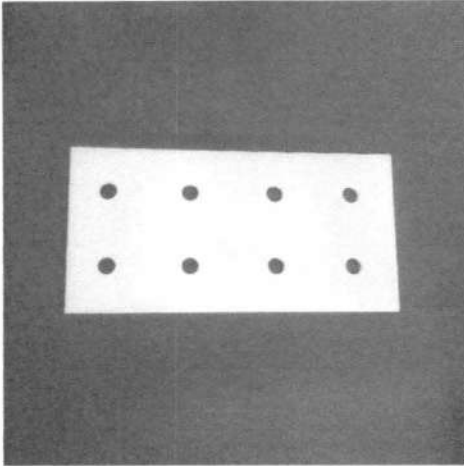
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test			
		Kel1	kontrol
N		16	16
Normal Parameters(a,b)	Mean	.198906	.049063
	Std. Deviation	.1052812	.0245946
Most Extreme Differences	Absolute	.215	.154
	Positive	.215	.154
	Negative	-.145	-.148
Kolmogorov-Smirnov Z		.859	.615
Asymp. Sig. (2-tailed)		.451	.844
a Test distribution is Normal.			
b Calculated from data.			

Independent T-Test

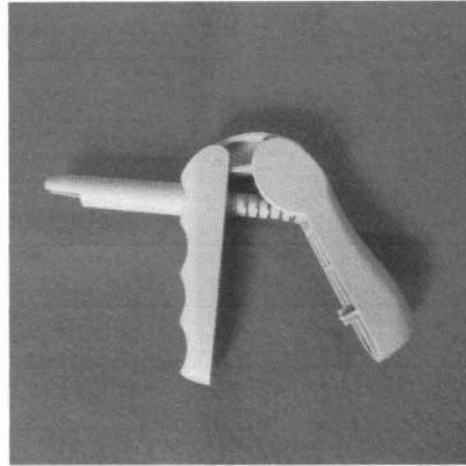
Group Statistics					
	group	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
kekasaran	Kelompok 1	16	.198906	.1052812	.0263203
	Kontrol	16	.049063	.0245946	.0061487

Independent Samples Test											
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
		Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	
kekasaran	Equal variances assumed	12.989	.001	5.544	30	.000	.1498438	.0270290	.0946432	.2050443	
	Equal variances not assumed			5.544	16.632	.000	.1498438	.0270290	.0927214	.2069661	

Lampiran 5 Alat, Bahan dan Cara Kerja



Gambar 1. Cetakan sampel



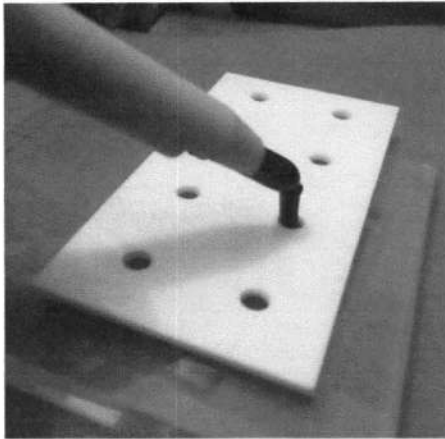
Gambar 2. *Composite gun*



Gambar 3. *Light Curing Unit* dan *Visible Curing Light Meter*



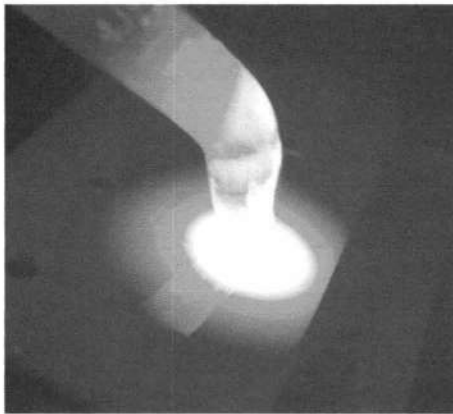
Gambar 4. Bahan *Fiber Reinforced Composite*



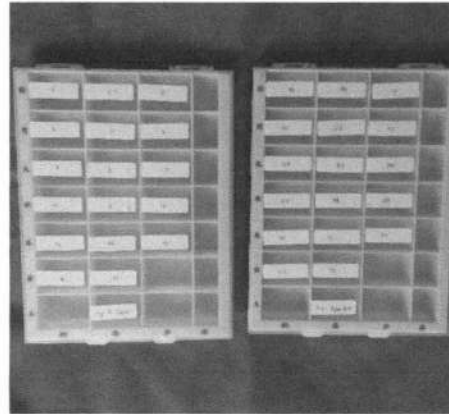
Gambar 5. Aplikasi sampel komposit ke dalam cetakan



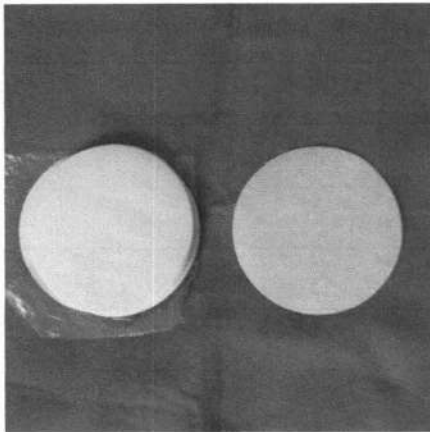
Gambar 6. Pemberian beban timbangan di atas sampel



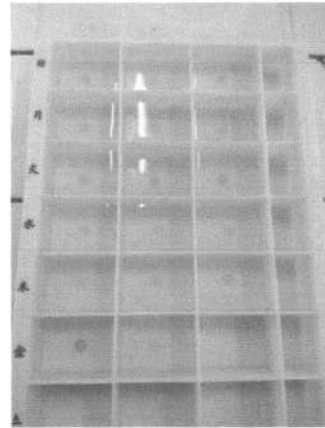
Gambar 7. *Curing* sampel



Gambar 8. Wadah bersekat tertutup untuk perendaman sampel



Gambar 9. Kertas Hisap



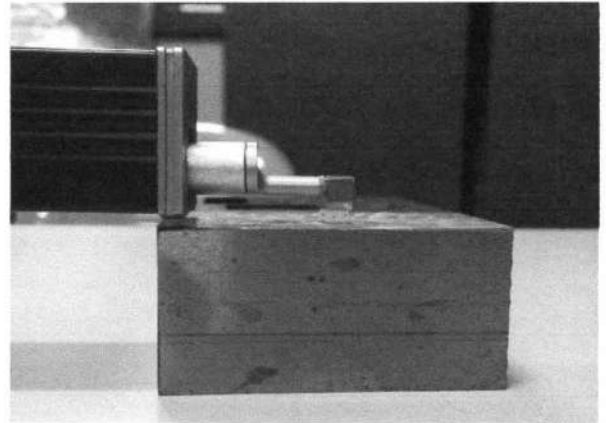
Gambar 10. Perendaman sampel



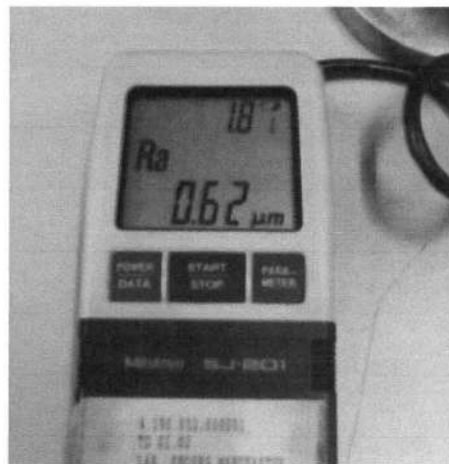
Gambar 11. Perendaman sampel dalam inkubator



Gambar 12. Setting instrument pengukur kekasaran permukaan pada *height gauge*



Gambar 13. Pengukuran kekasaran permukaan sampel



Gambar 14. Hasil pengukuran Ra pada layar