



**PERBEDAAN KEKASARAN PERMUKAAN RESIN KOMPOSIT
NANOFILLED SETELAH PERENDAMAN DALAM
MINUMAN BERKARBONASI**

SKRIPSI

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

Oleh

Hidayat Purwanto

NIM 081610101080

**BAGIAN ILMU BAHAN DAN TEKNOLOGI KEDOKTERAN GIGI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS JEMBER**

2012

PERSEMBAHAN

Karya tulis ilmiah ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT, dengan rahmat, petunjuk dan karuniaNya saya dapat menyelesaikan karya tulis ini.
2. Kedua orang tuaku Tukijan dan Mesiyem, yang dengan sabar selalu memberiku semangat, kepercayaan, kasih sayang dan pengorbanan yang tak terhingga.
3. Adikku Hidayati Nur Khasanah yang menjadi semangat dan motivasi dalam hidupku
4. Teman-Teman, kakak tingkat dan adik tingkat yang selalu menemaniku di saat suka dan duka yang senantiasa memberiku motivasi.
5. Guru-guruku dan dosen terhormat, yang telah mengajariku dan membimbingku dalam banyak hal.
6. Almamater Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember, tempatku menimba ilmu.

MOTTO

**“Seseorang Yang Putus Asa Tidak Pernah Menang, Dan Seseorang Pemenang Tidak
Pernah Putus Asa”
(Napoleon Hill)***

**“AKU BISA” lebih penting daripada IQ
(Clark Jhonson)***



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hidayat Purwanto

NIM : 081610101080

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Perbedaan Kekasaran Permukaan Resin Komposit *Nanofilled* Setelah Perendaman Dalam Minuman Berkarbonasi” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 22 Mei 2012

Yang menyatakan,

Hidayat Purwanto

NIM 081610101080

SKRIPSI

**PERBEDAAN KEKASARAN PERMUKAAN RESIN KOMPOSIT
NANOFILLED SETELAH PERENDAMAN DALAM
MINUMAN BERKARBONASI**

Oleh

Hidayat Purwanto

NIM 081610101080

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : drg. Leliana Sandra Devi A.P, Sp. orto

Dosen Pembimbing Anggota : drg. Sukanto, M.Kes

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Perbedaan Kekasaran Permukaan Resin Komposit *Nanofilled* Setelah Perendaman Dalam Minuman Berkarbonasi” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Selasa, 22 Mei 2012.

Tempat : Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

drg. Leliana Sandra Devi A.P, Sp. Orto
NIP. 197208242001122001

Anggota

Sekretaris

drg. Sukanto, M.Kes
NIP.196510271996011001

drg. Agus Sumono, M.kes
NIP.196804012000121001

Mengesahkan

Dekan,

drg. Hj. Herniyati, M. Kes.
NIP 195909061985032001

RINGKASAN

Perbedaan Kekasaran Permukaan Resin Komposit *Nanofilled* Setelah Perendaman Dalam Minuman Berkarbonasi : Hidayat Purwanto; 081610101080; 2012; 71 halaman; Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

Minuman berkarbonasi adalah minuman yang secara umum terdiri dari air, karbon dioksida, serta larutan gula atau simple syrup. Minuman berkarbonasi bersifat asam dengan pH berkisar antara 3.2-3.7 sehingga dapat menyebabkan masalah pada tulang, gigi, dan bahan restorasi terutama bahan resin komposit. Keasaman pada minuman berkarbonasi disebabkan oleh kandungan senyawa H_2CO_3 dan dapat menyebabkan erosi pada permukaan bahan resin komposit melalui reaksi degradasi pada matriks resin.

Kemajuan teknologi menyebabkan perubahan gaya hidup (*life style*) pada masyarakat yang lebih cenderung memilih mengonsumsi makanan dan minuman yang bersifat praktis, murah dan mudah di dapat. Hal ini dapat menyebabkan peningkatan jumlah konsumsi minuman berkarbonasi sehingga dapat menyebabkan perubahan kekasaran pada permukaan resin komposit.

Kekasaran permukaan resin komposit sangatlah penting untuk diperhatikan karena kekasaran permukaan erat kaitannya dengan retensi plak yang dapat menginduksi terjadinya inflamasi gingiva dan dapat memicu terjadinya karies. Peningkatan kekasaran permukaan resin komposit dapat menyebabkan warna resin komposit menjadi buram karena sinar yang direfleksikan menjadi berkurang. Selain itu, peningkatan kekasaran permukaan resin komposit akibat dari degradasi pada matriks dapat menyebabkan kebocoran tepi pada tumpatan. Tujuan penelitian ini

adalah untuk mengetahui adanya perbedaan kekasaran permukaan resin komposit setelah direndam dalam minuman berkarbonasi.

Jenis penelitian ini adalah eksperimental laboratoris dengan rancangan penelitian *pretest posttest* dengan kelompok kontrol (*Pretest-Posttest With Control Group*). Spesimen resin komposit berbentuk lingkaran dengan diameter 5 mm dan tinggi 2 mm. Sebanyak 12 spesimen dibagi menjadi 3 kelompok, masing-masing kelompok terdiri dari 4 spesimen resin komposit, kemudian direndam dalam kelompok I, kelompok II, dan kelompok III. Tiap larutan pada masing-masing kelompok di ukur pHnya dengan pH meter. Sebelum perendaman dilakukan pengukuran kekasaran permukaan awal dengan *Surface roughness analyser* (SRA) dan pengamatan permukaan awal resin komposit dengan *Scanning Electron Micrograph* (SEM). Perendaman dilakukan selama 19 hari yang setara dengan 5 tahun pemakaian dengan menggunakan tabung reaksi dan larutan tiap kelompok diganti setiap hari. Spesimen kemudian dibilas dengan air hangat (suam-suam kuku), dikeringkan dengan *chip blower* dan kertas tisu kemudian dilakukan pengukuran kekasaran permukaan akhir dengan SRA dan pengamatan permukaan akhir dengan SEM.

Data penelitian dianalisis, secara deskripsi menunjukkan bahwa perubahan kekasaran terbesar terjadi pada kelompok II dengan pH 3.1 sebesar $0.99 \mu\text{m}$ dan perubahan kekasaran terkecil pada kelompok III dengan pH 3.9 sebesar 0.77 . Pengamatan SEM menunjukkan permukaan yang terdegradasi terjadi pada semua kelompok perlakuan walaupun hasil uji statistik ANAVA satu arah tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna.

Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perendaman dalam minuman berkarbonasi dapat menyebabkan perubahan permukaan menjadi lebih kasar melalui reaksi degradasi pada matriks resin komposit.

PRAKATA

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perbedaan Kekasaran Permukaan Resin Komposit *Nanofilled* Setelah Perendaman Dalam Minuman Berkarbonasi”. Skripsi ini disusun guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Ilmu Kedokteran Gigi (S1) dan mencapai gelar Sarjana Kedokteran Gigi.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. drg. Hj. Herniyati, M.Kes., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember;
2. drg. Rahardyan Parnaadji, M.kes., Sp. Prost., selaku Pembantu Dekan I Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember;
3. drg. Agus Sumono, M.kes., selaku Pembantu Dekan II Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember; dan selaku sekretaris penguji yang telah memberikan saran demi kesempurnaan skripsi ini.
4. drg. Happy Harmono, M.kes., selaku Pembantu Dekan III Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember;
5. drg. Leliana Sandra Devi A.P, Sp. orto., selaku Dosen Pembimbing Utama dan drg. Sukanto, M.Kes., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran dalam memberikan bimbingan dan petunjuk sehingga terselesaikannya penulisan skripsi ini;
6. drg. Ekiyanti Widyowati., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan dukungan dan nasihat selama ini;
7. Bapak, Ibu, dan Adikku tersayang atas segala pengorbanan,kepercayaan, doa dan kasih sayang yang tiada henti;

8. Ir. H. Anang subardi MT; selaku kalab metrologi industry yang telah memberikan ijin dan Bapak zamsan selaku laboran metrologi industry yang telah membantu dalam penelitian;
9. Mas bagus selaku laboran Histologi, pak Pin, dan mbak Indri selaku laboran mikrobiologi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember yang telah meluangkan waktu dan pikiran dalam penelitian;
10. Dosen-dosenku yang telah membimbingku;
11. Erni dan keluarga; serta temanku Immanuel do'alla yang telah membantu saya selama berada di Malang.
12. Keluarga besarku; di Tana Toraja; Banyuwangi, yang selalu mendoakan dan memberiku semangat;
13. Teman-teman seperjuanganku tim IBTKG dan Pedodonsia, Oni, nisa, idwan, yeni, baiti, sendi, dan mbak chusnul; serta adik tingkat; veni dkk; atas semua kerja sama, kekompakan dan bantuan menyelesaikan skripsi;
14. Angkatanku 2008, terima kasih atas kekompakan, kebersamaan dan kerja samanya selama ini;
15. Kakak tingkat dan adik tingkat yang telah memberi wawasan dan membantu terselesainya skripsi ini;
16. Semua pihak yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Jember, 22 Mei 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN BIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Masalah	3
1.4 Manfaat Penelitian	3

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Resin Komposit	4
2.2 Komponen Bahan Resin Komposit	5
2.3 Tahap Polimerisasi	11
2.4 Manipulasi Resin Komposit	12
2.5 Sifat Resin Komposit	13
2.6 Minuman Berkarbonasi	17
2.7 Hipotesis	18

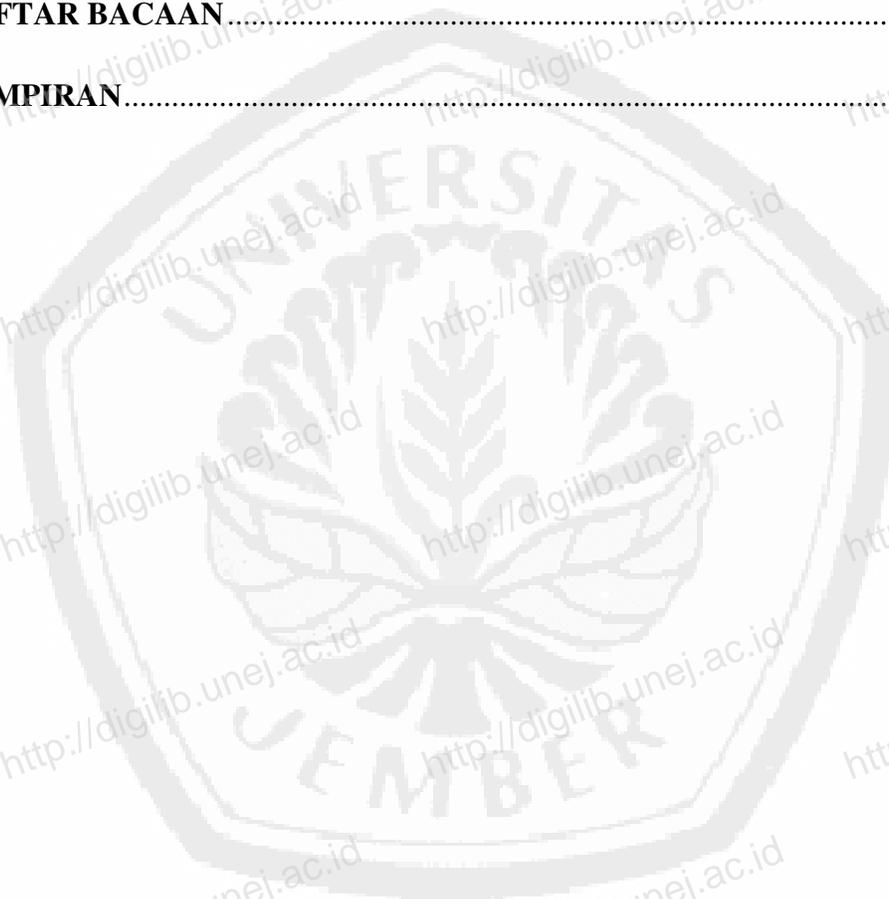
BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian	19
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2.1 Tempat Penelitian	19
3.2.2 Waktu Penelitian.....	19
3.3 Identifikasi Variabel	19
3.3.1 Variabel Bebas.....	19
3.3.2 Variabel Terikat	19
3.3.3 Variabel Terkendali	19
3.4 Definisi Operasional Penelitian	20
3.5 Besar dan kriteria sampel	20
3.5.1 Besar sampel	20

3.5.2 Kriteria Sampel.....	21
3.6 Alat dan Bahan Penelitian	21
3.6.1 Alat Penelitian.....	21
3.6.2 Bahan Penelitian	22
3.7 Prosedur Kerja.....	22
3.7.1 Pembuatan lempeng resin komposit	22
3.7.2 Penentuan Lama Perendaman.....	25
3.7.3 Pengelompokan dan Perlakuan Sampel.....	26
3.7.4 Pengamatan <i>Scanning Electron Micrograph</i> (SEM).....	28
3.7.4 Pengukuran Kekasaran Permukaan	29
3.7.5 Analisis Data.....	32
3.7.6 Alur Penelitian.....	33
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Pengamatan	34
4.1.1 Hasil penelitian tentang perbedaan kekasaran permukaan resin komposit <i>nanofilled</i> setelah perendaman dalam minuman berkarbonasi	34
4.1.2 Analisis Data.....	47
4.2 Pembahasan.....	48

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan	54
1.2 Saran	55
DAFTAR BACAAN	56
LAMPIRAN	59



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Perbedaan resin composite dengan aktivasi kimia (<i>chemical cure</i>) dan aktivasi cahaya (<i>light cure</i>).....	16
4.1 Hasil pengukuran perbedaan kekasaran permukaan spesimen resin komposit light curing tipe <i>nanofilled</i> sebelum dan sesudah perendaman dalam kelompok I, kelompok II, dan kelompok III (μm).....	35
4.2 Tabel hasil pengukuran perbedaan kekasaran permukaan spesimen resin komposit light curing tipe <i>nanofilled</i> sebelum dan sesudah perendaman dalam aquades (kelompok I) dan minuman berkarbonasi (kelompok II, dan kelompok III).....	36
4.3 Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk kekasaran permukaan spesimen resin komposit.....	47
4.4 Hasil Uji Homogenitas Levene Test kekasaran permukaan spesimen resin komposit.....	48
4.5 Hasil Uji ANAVA satu arah kekasaran permukaan resin komposit.....	48

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Struktur kimia monomer bis-GMA dan TEGDMA.....	6
2.2 Polimerisasi resin komposit	12
3.1 Tahap pembuatan cetakan lempeng resin komposit.....	23
3.2 Tahap pemberian label	23
3.3 Penekanan bahan resin komposit dengan <i>glass plate</i>	24
3.4 Tahap curing	25
3.5 Perendaman sampel	27
3.6 Ilustrasi fiksasi spesimen pada <i>specimen stub</i> pada SEM.....	29
3.7 Ilustrasi pengukuran alat <i>Surface roughness analyser</i> (SRA) yang terdiri dari : <i>Control unit</i> SRA (A), kabel data (B), dudukan SRA (C), <i>drive unit</i> SRA(D), <i>head</i> (E), <i>pin head</i> (F), lempeng resin komposit (G), malam mainan (H), dan lempeng logam berbentuk silinder (I).....	30
3.8 Ilustrasi arah pergerakan <i>pin head</i> pada permukaan lempeng resin komposit (3), tampak atas (B), dan tampak samping (A), <i>pin head</i> (4) tepat menyentuh permukaan spesimen pada panah (2), kemudian bergerak sejauh 5 mm dengan kecepatan 0.5 mm/s dan tekanan 0.75mN (<i>low force type</i>) menuju panah (1) melalui titik pusat lingkaran.....	31
4.1 Diagram batang rerata pengukuran perbedaan kekasaran permukaan spesimen resin komposit light curing tipe nanofilled sebelum dan sesudah perendaman dalam kelompok I, kelompok II, dan kelompok III (μm).....	35
4.2 Diagram batang rerata pengukuran perbedaan kekasaran spesimen resin komposit light curing sebelum dan setelah perendaman dalam larutan aquades dan berkarbonasi selama 19 hari (μm).....	36

- 4.3 SEM permukaan lempeng resin komposit pada kelompok I dengan perbesaran 500 kali, pada gambar A dan B menunjukkan pola garis memanjang (ditunjuk oleh panah kuning) yang merupakan goresan dari kertas abrasif setelah dilakukan pemulasan, pada gambar B terlihat monomer yang terlepas ke permukaan lempeng resin komposit (ditunjuk oleh panah hijau) yang merupakan produk dari hasil degradasi polimer matriks resin komposit38
- 4.4 SEM permukaan lempeng resin komposit pada kelompok I dengan perbesaran 1000 kali, pada gambar A dan B menunjukkan pola garis memanjang (ditunjuk oleh panah kuning) yang merupakan goresan dari kertas abrasif setelah dilakukan pemulasan, pada gambar B terlihat monomer yang terlepas ke permukaan lempeng resin komposit (ditunjuk oleh panah hijau) yang merupakan produk dari hasil degradasi polimer matriks resin komposit39
- 4.5 SEM permukaan lempeng resin komposit pada kelompok I dengan perbesaran 1500 kali, pada gambar A dan B menunjukkan pola garis memanjang (ditunjuk oleh panah kuning) yang merupakan goresan dari kertas abrasif setelah dilakukan pemulasan, pada gambar B terlihat monomer yang terlepas ke permukaan lempeng resin komposit (ditunjuk oleh panah hijau) yang merupakan produk dari hasil degradasi polimer matriks resin komposit40
- 4.6 SEM permukaan lempeng resin komposit pada kelompok II dengan perbesaran 500 kali, pada gambar A dan B menunjukkan pola garis memanjang (ditunjuk oleh panah kuning) yang merupakan goresan dari kertas abrasif setelah dilakukan pemulasan, pada gambar B terlihat monomer yang terlepas ke permukaan lempeng resin komposit (ditunjuk oleh panah hijau) yang merupakan produk dari hasil degradasi polimer matriks resin komposit41
- 4.7 SEM permukaan lempeng resin komposit pada kelompok II dengan perbesaran 1000 kali, pada gambar A dan B menunjukkan pola garis memanjang (ditunjuk oleh panah kuning) yang merupakan goresan dari kertas abrasif setelah dilakukan pemulasan, pada gambar B terlihat monomer yang terlepas ke permukaan lempeng resin komposit (ditunjuk oleh panah hijau) yang merupakan produk dari hasil degradasi polimer matriks resin komposit42

- 4.8 SEM permukaan lempeng resin komposit pada kelompok II dengan perbesaran 1500 kali, pada gambar A dan B menunjukkan pola garis memanjang (ditunjuk oleh panah kuning) yang merupakan goresan dari kertas abrasif setelah dilakukan pemulasan, pada gambar B terlihat monomer yang terlepas ke permukaan lempeng resin komposit (ditunjuk oleh panah hijau) yang merupakan produk dari hasil degradasi polimer matriks resin komposit43
- 4.9 SEM permukaan lempeng resin komposit pada kelompok III dengan perbesaran 500 kali, pada gambar A dan B menunjukkan pola garis memanjang (ditunjuk oleh panah kuning) yang merupakan goresan dari kertas abrasif setelah dilakukan pemulasan, pada gambar B terlihat monomer yang terlepas ke permukaan lempeng resin komposit (ditunjuk oleh panah hijau) yang merupakan produk dari hasil degradasi polimer matriks resin komposit.....44
- 4.10 SEM permukaan lempeng resin komposit pada kelompok III dengan Perbesaran 1000 kali, pada gambar A dan B menunjukkan pola garis memanjang (ditunjuk oleh panah kuning) yang merupakan goresan dari kertas abrasif setelah dilakukan pemulasan, pada gambar B terlihat monomer yang terlepas ke permukaan lempeng resin komposit (ditunjuk oleh panah hijau) yang merupakan produk dari hasil degradasi polimer matriks resin komposit45
- 4.11 SEM permukaan lempeng resin komposit pada kelompok III dengan perbesaran 1500 kali, pada gambar A dan B menunjukkan pola garis memanjang (ditunjuk oleh panah kuning) yang merupakan goresan dari kertas abrasif setelah dilakukan pemulasan, pada gambar B terlihat monomer yang terlepas ke permukaan lempeng resin komposit (ditunjuk oleh panah hijau) yang merupakan produk dari hasil degradasi polimer matriks resin komposit46

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Hasil pengukuran kekasaran permukaan lempeng resin komposit	55
B. Analisis data.....	57
B1. Uji normalitas menggunakan Shapiro-wilk.....	61
B2. Uji homogenitas menggunakan levene's test	61
B3. Uji ANAVA satu arah	62
C. Foto penelitian.....	63
C1. Perendaman dalam aquades.....	63
C2. Perendaman dalam coca cola.....	63
C3. Perendaman dalam sprite.....	64
C4. Pengukuran pH	64
C5. Pengamatan <i>Scanning Electron Micrograph</i> (SEM).....	65
C6. Pengukuran kekasaran	67
D. Alat dan bahan penelitian.....	68



**PERBEDAAN KEKASARAN PERMUKAAN RESIN KOMPOSIT
NANOFILLED SETELAH PERENDAMAN DALAM
MINUMAN BERKARBONASI**

SKRIPSI

Oleh

Hidayat Purwanto

NIM 081610101080

**BAGIAN ILMU BAHAN DAN TEKNOLOGI KEDOKTERAN GIGI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS JEMBER**

2012

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara umum komposisi minuman berkarbonasi terdiri dari air, karbon dioksida yang menjadi komponen utama, serta *simple syrup* (larutan gula). Minuman berkarbonasi dibuat dengan melarutkan gas karbondioksida (CO₂) ke dalam air (H₂O). Gas karbondioksida juga berpengaruh terhadap timbulnya efek gelembung pada minuman yang membedakan minuman, ringan berkarbonasi dengan non-karbonasi. Minuman berkarbonasi secara umum memiliki pH yang sangat rendah yakni berkisar antara 3,2 – 3,7 (Widodo, 2008) sehingga dapat menyebabkan masalah pada tulang, gigi, dan bahan restorasi karena erosi yang disebabkan oleh minuman berkarbonasi.

Seiring dengan bertambah majunya teknologi maka gaya hidup (*life style*) juga ikut berubah. Masyarakat lebih cenderung memilih mengkonsumsi bahan makanan dan minuman yang sifatnya praktis, murah, dan mudah didapat. Perubahan gaya hidup ini menyebabkan peningkatan jumlah konsumsi minuman berkarbonasi tiap harinya (Lussie, 2006 : 1-7,143-6). Meningkatnya konsumsi minuman berkarbonasi juga turut berpengaruh terhadap masalah gigi dan bahan tumpat akibat erosi yang ditimbulkan. Peningkatan konsumsi minuman berkarbonasi terbesar terjadi pada anak-anak dengan total konsumsi anak laki-laki berusia 12-19 tahun berkisar sekitar 800 ml per hari dan total konsumsi anak perempuan berusia 12-19 berkisar 600 ml per hari (Fraunhofer *et al*, 2004 : 308-11) . Secara alami saliva berfungsi sebagai buffer dalam rongga mulut namun jika terpapar zat asam secara terus menerus maka pH dalam rongga mulut akan turun. Penurunan pH hingga 5,5 dapat menyebabkan demineralisasi email dan gigi serta erosi pada bahan tumpat dalam

jangka waktu yang lama. Erosi pada gigi dan bahan tumpat dapat menyebabkan peningkatan kekasaran permukaan gigi dan bahan tumpat.

Salah satu bahan tumpat yang sering digunakan dalam kedokteran gigi adalah resin komposit. Resin Komposit, baik mikrofil, hybrid, maupun nanofilled memiliki nilai estetik yang baik yang menyerupai warna gigi. Resin komposit tipe nanofilled memiliki kekasaran permukaan yang paling halus diantara jenis resin komposit lainnya, karena memiliki ukuran partikel bahan pengisi paling kecil sehingga lebih mudah untuk dipulas. Ketahanan resin komposit tidak hanya bergantung pada faktor mekanis, namun juga tergantung pada faktor fisik dan biologis. Minuman berkarbonasi tersusun atas $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, berikut ini adalah persamaan reaksi yg mungkin terjadi pada minuman berkarbonasi yaitu:



Menurut Koin *et al* (eds, 2008: 661-5) kandungan senyawa H_2O dapat menyebabkan degradasi bis-GMA pada matriks resin sehingga menyebabkan rantai polimer dari bis-GMA terputus dan membentuk senyawa bis-GMA-2MA-2 H_2O melalui reaksi hidrolisis.

Larutan asam memiliki kelebihan ion H^+ yang dapat menyebabkan ketidakstabilan ikatan kimia resin komposit. Ion H^+ dari larutan asam menyebabkan degradasi ikatan polimer sehingga menyebabkan terlepasnya beberapa monomer dari resin. Kerusakan matriks resin dapat menyebabkan terlepasnya bahan pengisi resin komposit yang terdiri dari unsur litium, barium, atau stronsium dari matriks resin. Unsur tersebut merupakan logam anorganik yang cenderung larut jika bereaksi dengan asam (Aprilia *et al*, 2007: 164-70). Adanya pelepasan bahan pengisi ini akan menyebabkan ruang-ruang kosong di antara matriks polimer bertambah banyak sehingga dapat menyebabkan perubahan fisik dari resin komposit yaitu perubahan kekasaran pada resin komposit.

Kekasaran permukaan resin komposit sangatlah penting untuk diperhatikan karena kekasaran permukaan resin komposit dapat menyebabkan warna resin komposit menjadi buram. Selain itu, peningkatan kekasaran permukaan resin komposit akibat dari degradasi pada matriks resin dapat menyebabkan kebocoran tepi pada tumpatan. Minuman berkarbonasi dapat meningkatkan kekasaran permukaan resin komposit dikarenakan adanya degradasi polimer bis-GMA oleh senyawa-senyawa pada minuman berkarbonasi (H_2CO_3).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah apakah ada perbedaan kekasaran permukaan resin komposit setelah direndam dalam minuman berkarbonasi?

1.3 Tujuan Masalah

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui adanya perbedaan kekasaran permukaan resin komposit setelah direndam dalam minuman berkarbonasi.

1.4 Manfaat Penelitian

- a. Memberi informasi mengenai efektivitas bahan resin komposit tipe *nanofilled* terhadap minuman berkarbonasi dalam perendaman waktu tertentu.
- b. Memberi informasi kepada masyarakat tentang arti pentingnya bahan resin komposit resin sebagai upaya kuratif dan preventif dalam mencegah karies serta inflamasi pada gingiva.
- c. Dapat digunakan sebagai bahan kajian untuk penelitian lebih lanjut.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2. 1. Resin komposit

Penelitian tentang material restorasi yang ideal sebagai bahan restorasi gigi menyatakan bahwa untuk mendapatkan hasil yang baik, hal ini ditentukan oleh jenis material restorasi dan teknik penggunaan tiap-tiap material. Penggunaan komposit dan teknik etsa asam menunjukkan dua keuntungan yaitu sebagai berikut. Mendapatkan daya adhesive material yang kuat terhadap perlekatan dengan enamel dan dentin meski dengan teknik restorasi yang sederhana. Memungkinkan penggunaan yang bersifat inovatif bila digunakan sebagai bahan estetik dan kadang tidak terbatas (Roberson *et al*, 2002 : 473).

Bahan komposit kebanyakan diperoleh dalam bentuk alami. Tulang dan dentin gigi misalnya, terdiri dari kolagen (konstitusi protein) dan apatit (bahan mineral). Kayu terdiri dari serat selulosa yang kuat dan fleksibel serta diikat oleh lignin menjadikan bahan tersebut menjadi kaku. Tidak mengherankan kalau manusia mencoba meniru bentuk-bentuk alami tersebut dengan mengkombinasikan dua bahan sehingga memperoleh komposit dengan tujuan memperbaiki sifat-sifat salah satu konstitusinya maupun untuk mendapatkan bahan baru yang mempunyai sifat yang sama sekali berbeda dengan kedua konstitusi dasarnya. Juga tidak mengherankan kalau bahan komposit mulai menempatkan diri untuk pemakaian di bidang kedokteran gigi disebabkan bahan-bahan yang ada dan kondisi disekitar rongga mulut (Combe, 1992 : 115).

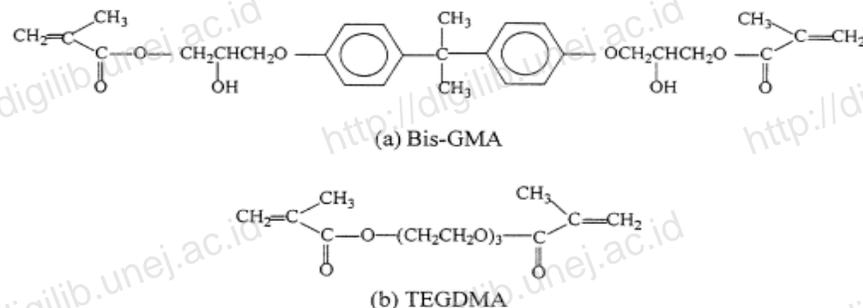
Istilah bahan komposit dapat didefinisikan sebagai gabungan antara 2 atau lebih bahan yang berbeda dengan sifat-sifat yang lebih unggul atau lebih baik daripada bahan itu sendiri. Bahan komposit modern mengandung sejumlah

komponen. Kandungan utama adalah matriks resin dan partikel pengisi bahan anorganik. Disamping kedua bahan tersebut, beberapa komponen lain diperlukan untuk meningkatkan efektivitas dan ketahanan bahan. Suatu bahan coupling (silane) diperlukan untuk memberikan ikatan antara bahan pengisi anorganik dengan matriks resin, juga aktivator-inisiator diperlukan untuk polimerisasi resin. Sejumlah kecil bahan tambahan lain meningkatkan stabilitas warna (penyerap sinar ultra violet) dan mencegah polimerisasi dini (bahan penghambat seperti hidroquinon). Komposit juga harus mengandung pigmen untuk memperoleh warna yang cocok dengan struktur gigi (Anusavice, 2004 : 228).

2.2 Komponen Bahan Komposit (Anusavice, 2004 : 228-32)

a. Matriks resin

Kebanyakan bahan komposit kedokteran gigi menggunakan monomer yang merupakan diakrilat aromatic atau alipatik bisphenyl glycidyl dimethacrylate (bis-GMA), urethane dimetakrilat (UEDMA), dan trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) adalah dimetakrilat yang umum digunakan dalam komposit gigi. Monomer dengan berat molekul tinggi, khususnya bis-GMA amatlah kental pada temperature ruang. Penggunaan monomer pengental penting untuk memperoleh tingkat pengisi yang tinggi dan menghasilkan konsistensi pasta yang dapat digunakan secara klinis. Pengencer dapat berupa monomer methakrilat tetapi biasanya adalah monomer dimetakrilat, seperti TEGDMA. Pengurangan viskositas bila TEGDMA ditambahkan dengan bis-GMA adalah bermakna. Suatu campuran 75% berat bis-GMA dan 25% berat TEGDMA memiliki viskositas 4300 cP (centipoises), sedangkan viskositas dengan campuran 50/50 adalah 200 Cp.



Gambar 2.1 : Struktur kimia monomer bis-GMA dan TEGDMA

Penambahan TEGDMA atau dimetakrilat dengan berat molekul rendah meningkatkan pengerutan polimerisasi, suatu faktor yang membatasi jumlah dimetakrilat berat molekul rendah yang dapat membatasi jumlah dimetakrilat berat molekul rendah yang dapat digunakan dalam komposit. Monomer dimetakrilat memungkinkan ikatan silang ekstensif terjadi antar rantai. Hal ini menghasilkan suatu matriks yang lebih tahan terhadap degradasi oleh pelarut.

Meskipun sifat mekanis terhadap resin bis-GMA lebih unggul dibandingkan resin akrilik, bahan tersebut tidak mengikat struktur gigi lebih efektif. Karena itu, pengerutan polimerisasi dan perubahan dimensi termal masih merupakan pertimbangan penting untuk resin yang di isi.

Selain monomer, bahan lain ditambahkan dalam matriks resin termasuk system activator-inisiator, penghambat, penyerap sinar ultra violet, pigmen dan pembuat opak.

b. Partikel bahan pengisi.

Penambahan partikel bahan pengisi kedalam suatu matriks secara nyata dapat meningkatkan sifat bahan matriks bila partikel pengisi benar-benar berikatan dengan matriks. Bila tidak, maka partikel bahan pengisi dapat melemahkan bahan. Karena pentingnya bahan pengisi yang berikatan kuat, jelas terlihat bahwa penggunaan bahan pengisi tambahan sangat diperluka untuk keberhasilan suatu bahan komposit. Karena resin dalam komposit jumlahnya sedikit, pengerutan

polimerisasi menjadi berkurang dibandingkan dengan resin nirpasi. Meskipun pengerutan bervariasi dari produk yang satu ke yang lain, nilainya sekitar 3% volume dalam 24 jam.

Penyerapan air dan koefisien ekspansi termal dari komposit juga lebih kecil dibandingkan dengan resin tanpa bahan pengisi. Sifat mekanis seperti kekuatan kompresi, kekutan tarik, modulus elastisitas membaik, begitu juga ketahanan aus. Semua perbaikan ini terjadi dengan peningkatan volume fraksi bahan pengisi. Komposit sering digolongkan berdasarkan ukuran rerata komponen pengisi utama.

Selain jumlah volume pengisi, ukuran, penyebaran ukuran, dan indeks fraksi, radiopakitas, dan kekerasan adalah faktor yang juga penting dalam menentukan sifat dan aplikasi klinis dari komposit. Quartz telah digunakan secara luas sebagai bahan pengisi, khususnya pada komposit generasi I. Quartz memiliki keunggulan sebagai bahan kimia yang lembam tetapi juga sangat keras, sehingga sangat sulit untuk di giling menjadi partikel halus. Karenanya komposit yang mengandung quartz lebih sulit di poles dan dapat menyebabkan abrasi pada gigi atau restorasi antagonisnya.

Radiopak bahan pengisi disebabkan oleh sejumlah kaca dan porselen yang mengandung logam berat seperti Barium (Ba), Stronsium (Sr), dan Zirconium (Zr). Partikel kaca tersebut memiliki indeks refraksi 1,5 untuk menyamai resin. Meskipun bahan ini memberikan warna radiopak, bahan ini, bahan ini tidak selembam bahan quartz pada medium berair. Perbedaan komposisi media penyimpanan (air dan saliva) mempengaruhi mudah tidaknya tepi bahan tambal terkelupas, sehingga sulit memperkirakan efek klinis dari pemaparan saliva.

c. Bahan coupling

Bahan coupling berfungsi sebagai pembentuk 2 ikatan antara bahan pengisi dengan matriks resin. Hal ini memungkinkan matriks polimer lebih fleksibel dalam meneruskan tekanan ke partikel pengisi yang lebih kaku. Aplikasi bahan coupling

yang tepat dapat meningkatkan sifat mekanis dan fisik serta memberikan kestabilan hidrolitik dengan mencegah air menembus sepanjang antar muka bahan pengisi dan resin.

d. *System activator-inisiator*

Monomer metal metakrilat dan dimetil metakrilat berpolimerisasi dengan mekanisme polimerisasi tambahan yang diawali oleh radikal bebas. Radikal bebas dapat berasal dari aktivasi kimia atau pengaktifan energi eksternal (panas atau sinar). Penggunaan komposit gigi secara langsung biasanya menggunakan aktivasi sinar atau kimia.

1) Resin yang diaktifkan secara kimia

Bahan yang diaktifkan secara kimia dipasok dalam 2 pasta, satu mengandung inisiator benzoil peroksida dan lainnya adalah aktivator amin tersier (N,N-dimetil-p-toluidin). Bila kedua pasta ini diaduk, amin akan bereaksi dengan benzoil peroksida untuk membentuk radikal bebas, dan polimerisasi tambahan dimulai. Bahan-bahan ini biasanya digunakan untuk restorasi dan pembuatan inti yang pengerasannya tidak dengan sumber sinar.

2) Resin yang diaktifkan dengan sinar.

Sistem pertama yang diaktifkan dengan menggunakan sinar ultraviolet untuk merangsang radikal bebas. Dewasa ini, komposit yang diaktifkan dengan sinar ultraviolet telah digantikan dengan system yang diaktifkan sinar yang dapat dilihat dengan mata, yang secara nyata dapat meningkatkan kemampuan berpolimerisasi lapisan yang lebih tebal sampai 2 mm. komposit yang diaktifkan dengan sinar tampak lebih luas penggunaannya dibandingkan sinar yang diaktifkan secara kimia. Komposit gigi yang mengeras dengan sinar dipasok

sebagai pasta tunggal dalam suatu semprit. Radikal bebas pemulai reaksi, terdiri atas foto-inisiator dan aktivator amin, terdapat dalam pasta ini. Bila kedua komponen ini dibiarkan tidak terpapar sinar, komponen tersebut tidak berinteraksi. Namun pemaparan pada terhadap sinar dengan panjang gelombang yang tepat (468 nm) merangsang foto-inisiator dan interaksi dengan amin untuk membentuk radikal bebas yang mengawali polimerisasi tambahan. Foto-inisiator yang umum digunakan adalah camphoroquinone, yang memiliki penyerapan berkisar 400 dan 500 nm yang berada pada region biru dari spectrum sinar tampak. Inisiator ini ada dalam pasta sebesar 0,2% berat atau kurang. Juga ada sejumlah aselerator amin yang cocok untuk berinteraksi dengan camphoroquinone seperti dimetilaminoetil metakrilat 0,15 % berat, yang ada dalam pasta.

e. Penghambat (inhibitor)

Untuk meminimalkan atau mencegah polimerisasi spontan dari monomer, bahan penghambat ditambahkan pada system resin. Penghambat ini mempunyai potensi reaksi yang kuat dengan radikal bebas. Bila radikal bebas telah terbentuk, seperti dengan suatu pemaparan singkat terhadap sinar ketika bahan dikeluarkan dari kemasan, bahan penghambat bereaksi dengan radikal bebas, dan kemudian menghambat perpanjangan rantai dengan mengakhiri kemampuan radikal bebas untuk mengawali proses polimerisasi. Bila semua bahan penghambat telah dipakai, perpanjangan rantai akan terjadi. Bahan penghambat yang umum dipakai adalah butylated hydroxytoluene dengan konsentrasi 0,01% berat.

f. Modifier optik

Bahan ini digunakan untuk mencocokkan dengan warna gigi. Komposit kedokteran gigi harus memiliki warna visual (*shading*) dan translusensi yang dapat menyerupai struktur gigi. Warna dapat diperoleh dengan menambahkan pigmen yang berbeda. Bahan pigmen ini seringkali terdiri dari oksida logam berbeda yang ditambahkan dalam jumlah yang sedikit.

Transluensi atau opasitas dibuat untuk menyesuaikan dengan warna email dan dentin. Sebagai contoh, bila daerah insisal kelas IV direkonstruksi, translusensi komposit memungkinkan terlalu banyak sinar melalui restorasi. Sebagai hasilnya, sinar yang dipantulkan atau disebar kembali ke pengamat lebih sedikit sehingga tepi insisal tampak terlalu gelap. Dengan menambahkan bahan pembuat opak yang terlalu banyak akan memantulkan sinar terlalu banyak dan pengamat melihat bahwa restorasi terlalu putih. Untuk meningkatkan opasitas, pabrik pembuat menambahkan titanium oksida dan aluminium oksida dalam jumlah kecil (0,001-0,007 % berat) dalam komposit karena oksida tersebut merupakan bahan pembuat opak yang efektif.

Semua *modifier optic* mempengaruhi kemampuan transmisi cahaya dari komposit. Karena kebanyakan komposit dikersakan dengan sinar, ini diperkirakan bahwa warna dan opasitas yang berbeda memiliki kedalaman pengerasan yang juga berbeda ketika dipaparkan terhadap sinar. Penelitian mendukung teori ini dan menunjukkan bahwa warna dan keopakan yang lebih gelap harus diletakkan lebih tipis untuk mengoptimalkan polimerisasi. Pertimbangan ini penting, karena juga mempengaruhi pengerasan bahan bonding yang tertutupi lapisan komposit.

2.3 Tahap polimerisasi (O'Brien, 2002 :76)

a. Inisiasi (*initiation*)

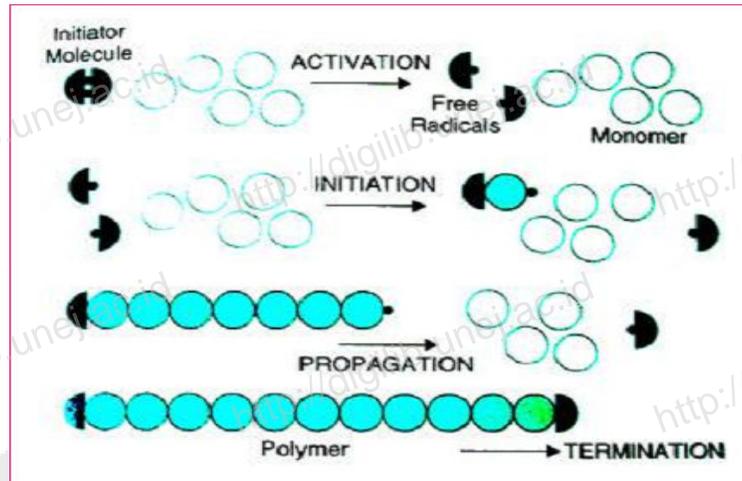
Pada tahap inisiasi akan dihasilkan radikal bebas yang berfungsi untuk memulai reaksi polimerisasi. Pada proses polimerisasi dengan aktivator kimia, radikal bebas dihasilkan dari reaksi *organic peroxide initiator* dan amine accelerator. komposit dengan aktivasi kimia terdiri atas dua pasta yaitu pasta yang mengandung dimethacrylate dan bahan pengisi (*filler*), serta pasta yang mengandung initiator peroxide dan pasta amine accelerator. Komposit dengan aktivasi cahaya terdiri atas satu pasta yang dapat di aktivasi dengan menggunakan sinar halogen atau sinar ultraviolet. Pada proses polimerisasi dengan aktivator cahaya, terjadi pemotongan rantai *camphorquinone* yang menghasilkan dua molekul senyawa. Radikal bebas yang dihasilkan berfungsi untuk memecah ikatan molekul monomer dan menghasilkan elektron bebas dari monomer dan akan mengaktifkan molekul monomer yang kemudian selanjutnya akan memasuki tahap propagasi atau tahap pemanjangan rantai monomer.

b. Propagasi (*propagation*)

Pada tahap ini monomer yang teraktivasi akan memulai reaksi penambahan ikatan rantai monomer dengan radikal bebas, monomer yang telah berikatan dengan radikal bebas akan memulai pemanjangan rantai dengan berikatan dengan monomer lainnya.

c. Terminasi (*termination*)

Pada tahap terminasi pemanjangan rantai akan mulai terhenti akibat adanya bahan inhibitor. Bahan inhibitor seperti hydroquinone akan bereaksi dengan radikal bebas sehingga akan menurunkan rate initiation sehingga akhirnya pemanjangan rantai pun akan terhenti sehingga menghasilkan rantai panjang monomer yang disebut polimer.



Gambar 2.2 : Polimerisasi resin komposit (Roberson *et al*, 2002 : 137)

2.4 Manipulasi resin komposit.

a. *Two paste system (self curing).*

Kedua Pasta di bagi dalam jumlah yang sama atau seimbang kemudian di campur dengan menggunakan *disposable plastic spatula*, spatula logam tidak di anjurkan sebab bahan pengisi dari resin komposit dapat mengabrasi logam, dan partikel logam yang terabrasi dapat tercampur dengan bahan pasta komposit sehingga menyebabkan *discoloration* atau perubahan warna pada komposit (O'Brien, 2002 : 122).

Spatula memiliki *blade* di kedua ujungnya, salah satu ujungnya digunakan untuk mencampur pasta pertama dan ujung yang lainnya digunakan untuk mencampurkan pasta yang kedua (Craig *et al*, 2002 : 262). Hal ini dimaksudkan untuk mencegah kontaminasi antar kedua pasta yang dapat menyebabkan pengerasan pasta pada *glass plate* (Craig *et al*, 2002 : 262). Kedua pasta kemudian dicampur dan di aduk dengan cepat sekitar 20-30 detik (Craig *et al*, 2002 : 262). Pencampuran dilakukan dengan hati-hati agar udara tidak ikut bercampur dalam campuran pasta yang dapat menyebabkan porositas (Craig *et al*, 2002 : 262). Campuran pasta komposit memiliki working time 1-1,5 menit sejak waktu pencampuran dan setting time 3-5 menit (O'brien, 2002 : 122).

b. *Single paste system (light curing)* (Craig *et al*, 2002: 262-3).

Masa pemakaian resin komposit single paste yang disimpan di lingkungan yang dingin dan kering adalah 1 tahun. Komposit ini diaplikasikan selapis demi selapis untuk meminimalkan *shrinkage* pada proses polimerisasi. Tiap lapisan disinari dengan menggunakan curing light unit selama 40 detik. Keterbatasan penetrasi sinar dan kedalaman *cure* pada komposit ini adalah sebesar 2,5mm. Setelah tahap *curing*, akan terbentuk *air-inhibited layer* yang akan menghambat ikatan dengan lapisan berikutnya .

c. *Finishing* (Craig *et al*, 2002: 263).

Finishing resin komposit sangat penting karena sebagai berikut. Tekstur permukaan yang halus akan merefleksikan cahaya mirip dengan enamel gigi. Kontur restorasi dapat diterima secara fisiologi oleh jaringan pendukung. Pada relasi oklusal, dapat meminimalkan stress pada semua pergerakan fungsional mandibula. Ketepatan/kesesuaian adaptasi margin resin komposit pada cavosurface margin. Kontur secara general sesuai dengan bentuk anatomis gigi sehingga dapat meningkatkan estetik. Meminimalkan retensi plak.

Pada proses finishing awal digunakan *carbide finishing bur*, *green stone* atau *coarse aluminium oxide disk*. Pada proses finishing akhir digunakan *fine silicon carbide*, *aluminium oxide disk* atau *white Arkansas stone*.

2.5 Sifat resin komposit

a. *Water sobtion* (Craight *et al*, 2002 : 254).

Resin komposit memiliki kemampuan untuk menyerap air (*water sobtion*). Kemampuan menyerap air pada resin microfine komposit lebih besar dibandingkan dengan fine komposit, sama dengan hybrid komposit. Hal ini dikarenakan oleh besarnya fraksi volume dari polimer. Kualitas dan stabilitas dari

silene coupling agen sangat penting untuk meminimalkan kegagalan ikatan antara filler dan polymer serta kemampuan untuk menyerap air.

b. *Solubility* (Craight *et al*, 2002 : 254).

Kelarutan resin komposit bervariasi mulai dari 0,01 mg/cm² sampai 0,06mg/cm². Pada polimerisasi yang adekuat berpotensi besar untuk mengalami *water sobtion* dan *solubility*, hal ini secara klinis dapat menyebabkan ketidakstabilan warna pada resin komposit,

c. *Mechanical property* (Craight *et al*, 2002 : 254).

Compressive strength atau kekuatan tekan pada mikrofine komposit lebih rendah bila dibandingkan dengan fine komposit. Modulus elastisitas fine komposit (9000 – 10.000 MPa) lebih besar dua atau 3 kali dari mikrofine komposit (3000-5000 MPa). *Tensile strength* dari mikrofine komposit yaitu 26 – 33 MPa.

d. *Radiopacity* (Craight *et al*, 2002 : 255).

Bahan pengisi seperti, quartz, *lithium aluminium glasses*, dan *silica* bersifat tidak radiopak sehingga harus dicampurkan dengan bahan pengisi lain sehingga dapat dihasilkan resin composite yang radiopak seperti, Barium (Ba), Stronsium (Sr), dan Zirconium (Zr).

e. *Depth of cure (photoinitiated resin)* (Craight *et al*, 2002 : 255).

Pemaparan standar cahaya dengan menggunakan *visible light curing* adalah 20 detik. cahaya ini dapat menembus hingga kedalaman 2mm sampai 2,5mm. Pemaparan dengan menggunakan *visible light curing* dengan lama pemaparan 40 detik dapat meningkatkan derajat *cure* atau polimerisasi, tetapi akan diperoleh hasil polimerisasi dengan warna yang lebih gelap dibandingkan dengan pemaparan 20 detik.

f. Kekasaran permukaan (*surface roughness*)

Permukaan resin komposit mempunyai kekasaran permukaan yang paling rendah (0,02mm) bila dibandingkan dengan material *glass ionomer* konvensional dan material hibrida. Hal ini berarti permukaan komposit resin setelah pemolesan mempunyai permukaan yang halus. Material hibrida mempunyai kekasaran permukaan yang bervariasi antara 5 sampai 20 kali kekasaran permukaan resin komposit dimana komonomer mempunyai permukaan yang lebih halus (0,10-0,12mm). Kekasaran permukaan *glass ionomer* konvensional (0,29-0,52mm) kira-kira 14 sampai 25 kali kekasaran permukaan komposit resin (Irawan, 2004 : 26).

Kekasaran permukaan dapat diukur dengan menggunakan alat *Surface Roughness Tester*, dimana pada layar monitor dan alat pengukur akan ditampilkan data-data berupa angka digital, pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali untuk mengurangi kesalahan dalam pengukuran. Rz menunjukkan rerata aritmatik lima perbedaan ujung puncak tertinggi dan ujung puncak terendah bentuk kekasaran terhadap panjang permukaan yang diukur dalam satuan micron (Rostiny, 2002 : 91-102).

Suatu permukaan dikatakan kasar apabila dalam gambaran graft menunjukkan gambaran gelombang yang pendek. Pada suatu permukaan yang halus pun masih terdapat gambaran panjang gelombang yang memanjang, hal ini menunjukkan bahwa permukaan yang halus juga memberikan gambaran gelombang (Rostiny, 2002 : 91 - 102).

g. *Thermal cycling*

Rutinitas seperti makan, minum, dan bernafas dapat menyebabkan perubahan temperature pada intra oral. Perubahan temperature ini dapat menyebabkan ekspansi pada resin komposit. Hal ini dapat menyebabkan kegagalan ikatan antara resin komposit dengan jaringan keras gigi bila terjadi perubahan suhu yang ekstrim (Yap *et al*, 2002 :25-29). Besarnya perubahan dimensi akibat adanya ekspansi ditentukan oleh

nilai dari koefisien termal ekspansi dari resin komposit yaitu $25-38 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ untuk resin komposit tipe fine komposit, dan $55-68 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ untuk resin komposit tipe mikrofine (Craig *et al*, 2002:253).

h. *Degree of conversion* (Nurdin *et al*, 2010 :27-30)

Degree of conversion (DC) adalah pengukuran persentase ikatan rangkap karbon yang telah berkonversi menjadi ikatan tunggal untuk membentuk resin polimer. *Degree of conversion* digunakan untuk menentukan tingkat polimerisasi komposit dalam hubungannya dengan sifat mekanis, biokompatibilitas, dan kestabilan warna dari resin komposit. semakin tinggi DC semakin tinggi kekuatan dan resistensinya terhadap daya kunyah. Faktor yang mempengaruhi *degree of conversion* adalah komposisi resin, transmisi sinar yang melewati material, konsentrasi inisiator, dan inhibitor.

Tabel 2.1: Perbedaan resin composite dengan aktivasi kimia (*chemical cure*) dan aktivasi cahaya (*light cure*) (O'brien, 2002 : 127).

Light cure	Chemical cure
<p>Keuntungan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estetik baik • Kestabilan warna baik • Porositas rendah • Working time lebih lama 	<p>Keuntungan :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estetik baik • Polimerisasi lebih sempurna dibandingkan dengan light curing. • Tidak dibutukana aktivasi dengan cahaya
<p>Kekurangan :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Polimerisasi kurang sempurna • Dibutuhkan aktivasi dengan cahaya 	<p>Kekurangan :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Porositas lebih tinggi dibandingkan dengan light curing • Kestabilan warna kurang • Working time relative lebih singkat dibandingkan dengan light cure.

2.6 Minuman Berkarbonasi

Minuman berkarbonasi adalah minuman yang dibuat dengan mengabsorbsikan karbondioksida ke dalam air minum (Biro Pusat Statistik, 2011). Minuman berkarbonasi memiliki rumus kimia H_2CO_3 . Untuk membuat minuman berkarbonasi, komponen yang paling penting adalah air dan gas karbondioksida (Widodo, 2008).

Minuman berkarbonasi memang dibuat dengan melarutkan gas karbondioksida (CO_2) ke dalam air (H_2O). Gas karbondioksida juga berpengaruh terhadap timbulnya efek *extra sparkle*, yang membedakan minuman ringan berkarbonasi dengan non-karbonasi. *Extra sparkle* adalah efek penampakan berkelap-kelip (gelembung) pada minuman. Secara praktis CO_2 adalah satu-satunya gas yang paling cocok untuk memproduksi penampakan sparkle (gelembung) dalam minuman ringan berkarbonasi. Kelarutan gas karbondioksida sedemikian rupa, sehingga dapat bertahan dalam cairan pada suhu ruang. Jika dikocok secara perlahan, gas tersebut akan melepaskan gelembung dalam minuman (Widodo, 2008)..

Karbondioksida dapat meningkatkan citarasa pada minuman sehingga orang menikmati saat mengonsumsinya. Pada saat larut dalam air, CO_2 memberikan rasa asam sehingga dapat menurunkan pH menjadi sekitar 3,2 – 3,7. Rasa asam tersebut merupakan rasa khas soda yang membuat orang teringat terus akan rasanya (Widodo, 2008).

Bahan-bahan yang terkandung dalam minuman ringan, seperti makanan-makanan yang lain diteliti dan diatur oleh Food and Drug Administration (FDA) Amerika Serikat. Berikut komposisi dari minuman berkarbonasi atau *softdrink*. Pertama air, merupakan komponen utama minuman berkarbonasi. Kedua karbon dioksida (CO_2), merupakan senyawa yang sama dengan gas buang pernafasan kita, berguna untuk memperbaiki rasa minuman, serta Menghasilkan rasa masam yang enak dan rasa “krenyes-krenyes” dan “menggelitik” di kerongkongan. Ketiga gula (pemanis), Minuman berkarbonasi reguler terdiri dari sukrosa (gula tebu), sirup fruktosa atau *high fructose corn syrup* (HFCS). Minuman berkarbonasi diet terdiri dari pemanis sintesis aspartam, sakarin atau siklamat, Amerika Serikat menggunakan

pemanis sintetis mutakhir, yaitu *sucralose* dan *acesulfame-K*. keempat kafein, kadarnya cukup tinggi, membantu seseorang tetap terjaga (tidak mengantuk), jantung dapat berdegub kencang, sehingga tidak direkomendasikan bagi mereka yang hipertensi, berpotensi serangan jantung koroner atau stroke. Kelima zat pengawet, Umumnya pada minuman berkarbonasi diawetkan dengan sodium-benzoat, suatu bahan pengawet sintetis, aman untuk bahan pangan namun ada batas maksimal yang harus diperhatikan. keenam zat pewarna, dapat ditemukan pada beberapa jenis minuman berkarbonasi, tidak terdapat pada minuman berkarbonasi jernih, ada zat pewarna alamiah seperti karamel (pada minuman berkarbonasi cola) tetapi yang banyak digunakan adalah zat pewarna sintetis seperti karmoisin dan tartrazin. Ketujuh perasa buatan seperti rasa jeruk, rasa strawberry, rasa nanas dan sebagainya, merupakan perasa sintetik, bukan hasil ekstraksi buah-buahan (Widodo, 2008).

Di dalam air CO_2 (aq) akan bereaksi dengan H_2O menjadi asam karbonat (H_2CO_3), reaksinya adalah sebagai berikut :



(Cai,W.J, Wang, Y, 1998 : 43, 657-668)

Namun CO_2 dapat juga membentuk senyawa lain seperti senyawa hidrat dan non hidrat seperti :



(Cai,W.J, Wang, Y, 1998 : 43, 657-668)

2.7 Hipotesis

Minuman berkarbonasi dapat meningkatkan kekasaran permukaan resin komposit.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah jenis penelitian *eksperimental laboratories* dengan rancangan penelitian *pretest posttest* dengan kelompok kontrol (*Pretest-Posttest With Control Group*) yaitu penelitian dengan pengambilan data sebelum dan sesudah diberi perlakuan (intervensi) (Notoatmojo, 2010 : 50-9).

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium metrology Fakultas Teknik Mesin ITN Malang, laboratorium biomedik Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember, dan klinik konservasi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan September-Oktober 2011.

3.3 Identifikasi variabel

3.3.1 Variabel Bebas

Minuman berkarbonasi.

3.3.2 Variabel Terikat

Perubahan kekasaran permukaan resin komposit.

3.3.3 Variabel Terkendali

- a. Bahan resin komposit.

- b. Ukuran dan ketebalan lempeng resin komposit (bentuk bulat pipih, diameter 5mm dan tebal 2mm (Sumono, 2005 :38))
- c. Bahan cetak lempeng resin komposit.
- d. Jenis dan volume minuman berkarbonasi.
- e. Waktu perendaman lempeng resin komposit.
- f. Alat pengukur kekerasan bahan.

3.4 Definisi Operasional Penelitian

- a. Resin komposit adalah gabungan 2 atau lebih bahan berbeda dengan bahan dasar resin, dan memiliki sifat-sifat yang unggul atau lebih baik dari bahan itu sendiri (matriks resin dan partikel pengisi anorganik).
- b. Minuman berkarbonasi adalah minuman yang memiliki karakteristik efek *extra sparkle* atau gelembung yang membedakannya dengan jenis minuman lain.
- c. Waktu penyinaran adalah lama waktu yang diperlukan untuk menyinari resin komposit jenis light curing hingga berpolimerisasi.
- d. Perubahan kekasaran permukaan adalah selisih antara kekasaran permukaan awal dengan kekasaran permukaan akhir.
- e. *Surface Roughness Tester* adalah alat yang digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan (μm).

3.5 Besar dan kriteria sampel.

3.5.1 Besar sampel.

Besar sampel ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

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

Keterangan :

- | | | |
|----------|---|-------------------------------------------------------------|
| n | = | Besar sampel tiap kelompok. |
| Z | = | Nilai pada tingkat kesalahan tertentu, jika nilai Z = 1,96. |
| σ | = | Standar deviasi sampel (0,05). |
| d | = | Kesalahan yang masih dapat ditoleransi (5%). |

Maka hasil perhitungan besar sampel adalah sebagai berikut.

$$n = \frac{Z^2 \cdot \sigma^2}{d^2} = \frac{(1,96)^2 \cdot (0,05)^2}{(0,05)^2} = 3,84$$

Besar sampel minimal berdasarkan perhitungan adalah 4 sampel pada masing-masing kelompok (Daniel, 2005 : 177- 9).

3.5.2. Kriteria Sampel

Sampel dalam penelitian ini adalah lempeng resin komposit dengan kriteria sebagai berikut.

- a. Ukuran lempeng resin komposit berbentuk bulat pipih dengan diameter 5mm dan tinggi 2mm (Sumono, 2005 :38).
- b. Jenis resin komposit light curing dengan bahan pengisi tipe *nanofilled*.

3.6 Alat dan Bahan Penelitian

3.6.1 Alat Penelitian

- a. *Surface Roughness Tester* (merek mitutoyo).
- b. *Light curing unit* (LED) (litex 680A, denta america)
- c. Stopper semen stainless steel (merek shezher).
- d. Pinset kedokteran gigi (merek dentica).
- e. Plastik filling instrument stainless steel (merek shezher).
- f. Gelas ukur 250ml (merek pyrex).
- g. Syringe plastik 1ml (merek terumo)
- h. Diamond disk 2 sisi (merek e-denta).
- i. Mini grinder (merek modern).
- j. Penggaris plastik dengan ketelitian 1mm (merek butterfly).
- k. Spidol OHP (merek snowman).
- l. Tabung reaksi kaca 10ml (merek pyrex).
- m. Rak tabung reaksi.

- n. Corong kaca (merek pyrex).
- o. Plastik mika ukuran A4 (warna hijau).
- p. Gunting kertas (merek butterfly).
- q. pH meter (merek Hanna).
- r. *Cellulose strips* (Svenska, Dentorama, Swedia)
- s. *Scanning Electron Micrograph* (SEM) TM 3000 (merek Hitachi).

3.6.2 Bahan Penelitian

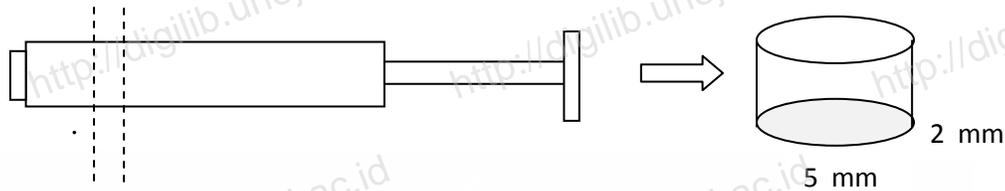
- a. Resin komposit light curing *nanofilled* (ceram X mono M1, kode produksi : 1002000, kedaluwarsa : 2012, merek densply)
- b. Minuman berkarbonasi coca cola (kode produksi : SB 4C 09:36, kedaluwarsa : 11 maret 2012) dan sprite (kode produksi : SB 4C 05:48, kedaluwarsa : 08 april 2012).
- c. Air hangat (suam-suam kuku).
- d. Aquades (Aquadem, Jayamas Medica Industri, *Indonesia*)
- e. Vaseline album.
- f. Malam mainan (merek shintoeng).
- g. Kertas abrasive silicon karbid ukuran 1000 (1000 titik/ inci) (merek black puma).

3.7 Prosedur Kerja

3.7.1 Pembuatan lempeng resin komposit.

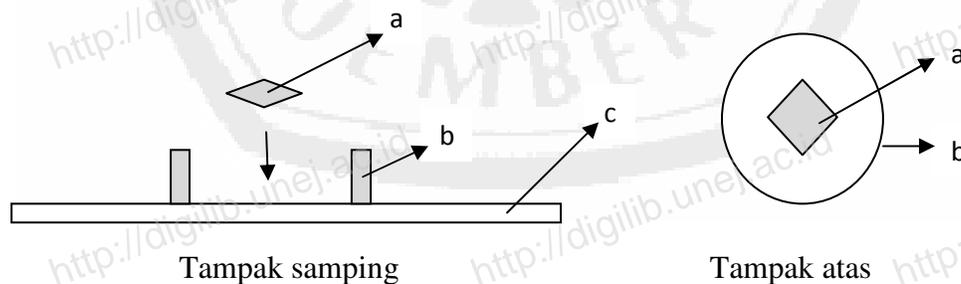
Pembuatan lempeng resin komposit dilakukan dengan menggunakan cetakan berbentuk lingkaran dengan diameter dalam 5mm dan tinggi 2mm. Cetakan dibuat dengan memotong syringe menggunakan bur diamond disk sampai ukuran 5x2mm (d disesuaikan dengan ukuran sampel resin komposit). Penentuan tinggi cetakan sebesar 2mm diambil berdasarkan kemampuan penetrasi optimum sinar LED dari *light curing unit* yaitu sebesar 2mm sampai 2.5mm (Craig *et al*, 2002 :255) sehingga akan diperoleh lempeng resin komposit yang terpolimerisasi sempurna. Penentuan

diameter 5mm diambil berdasarkan ukuran diameter terkecil yang masih dapat dibaca oleh alat *Surface Roughness Tester*.



Gambar 3.1. Tahap pembuatan cetakan lempeng resin komposit.

Tahap berikutnya adalah membuat label yang terbuat dari plastik mika hijau berbentuk persegi dengan panjang dan lebar lebih kecil dari diameter cetakan, label ini berfungsi untuk membedakan permukaan yang diukur dan permukaan alas (permukaan yang diberi label). *Glass plate* dan dinding dalam cetakan lempeng resin komposit diulasi dengan vaselin agar hasil lempeng resin komposit tidak lengket pada *glass plate* dan dinding cetakan sehingga mudah untuk dikeluarkan. Sebelum bahan resin komposit di aplikasikan ke dalam cetakan, terlebih dahulu masukkan label ke dalam cetakan kemudian bahan resin di aplikasikan dengan menggunakan *plastis filling instrument* dan cetakan difiksasi dengan menggunakan pinset bengkok berkerat.



Gambar 3.2. Tahap pemberian label.

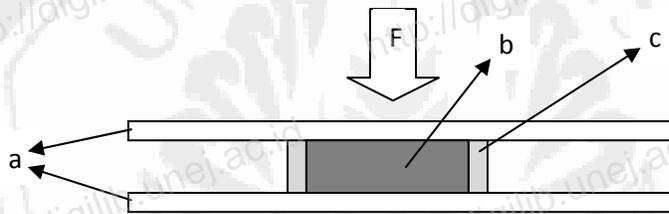
Keterangan :

a = Plastik mika

b = Dinding cetakan

c = *Glass plate*

Setelah bahan resin komposit diaplikasikan dan dimampatkan dengan menggunakan *plastis filling instrument* ke dalam cetakan dan bagian permukaan teratas dilapisi dengan *cellulose strips* sehingga nantinya akan diperoleh suatu permukaan yang halus dan rata. Bahan resin komposit kemudian ditekan dengan menggunakan dengan *glass plate* sehingga kelebihan bahan resin komposit akan meluber keluar cetakan sehingga akan diperoleh suatu permukaan lempeng yang rata. Kelebihan gaya tekan akan di topang oleh dinding cetakan resin komposit sehingga akan diperoleh lempeng resin komposit dengan tinggi yang sama sesuai dengan tinggi cetakan.



Gambar 3.3. Penekanan bahan resin komposit dengan *glass plate*.

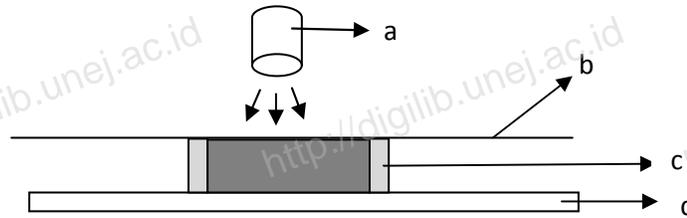
Keterangan :

a = *Glass plate*.

b = Bahan resin komposit.

c = Dinding cetakan.

Glass plate yang digunakan untuk menekan diambil kemudian di polimerisasi dengan menggunakan curing unit dengan jarak sedekat mungkin dengan bahan dan tidak menempel dengan *Cellulose strips*.



Gambar 3.4 : Tahap curing.

Keterangan :

a = Light Curing Unit (LED).

b = Cellulose strips.

c = Dinding cetakan.

d = Glass plate.

Spesimen resin komposit disinari selama 20 detik, kemudian spesimen dikeluarkan dengan cara di tekan dengan ibu jari dan dibantu dengan stopper semen pada permukaan alas lempeng resin komposit. Lempeng resin komposit yang baik adalah lempeng yang memiliki permukaan rata, halus, label menempel pada permukaan alas, berbentuk lingkaran penuh dengan diameter 5mm dan tinggi 2mm serta berpolimerisasi sempurna.

Spesimen kemudian dipulas dengan menggunakan kertas abrasif silikon karbit dengan ukuran kekasaran 1000 (1000 titik/inci) hingga permukaan spesimen halus, rata, dan porus pada permukaan telah terpulas yang ditandai dengan tidak adanya bintik-bintik putih pada permukaan lempeng. Bintik-bintik putih pada permukaan merupakan serbuk dari resin komposit yang terjebak dalam porus permukaan resin komposit.

3.7.2 Penentuan lama perendaman.

Menurut *The Dental Association*, syarat kehilangan permukaan resin komposit adalah tidak lebih dari 50 μ m per tahun (100 μ m setelah 2 tahun, dan 250 μ m setelah 5 tahun). Kehilangan permukaan resin komposit maksimum agar dapat berfungsi

secara adekuat untuk mendukung fungsi oklusal dari resin komposit adalah sebesar 250 μ m atau setara dengan 5 tahun dengan kehilangan permukaan tidak lebih dari 50 μ m per tahun (Craig *et al*, 2002a : 266).

Lama perendaman ditentukan dengan mengasumsikan setiap individu membutuhkan waktu sekitar 15 menit untuk minum tiap hari (Aprilia *et al*, 2007:165) dan kehilangan permukaan resin komposit tidak lebih dari 250 μ m setelah 5 tahun (Craig *et al*, 2002b:266).

Jadi, lama perendaman setara dengan 5 tahun pemakaian ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{(a \times 24 \times 60) \text{ menit}}{15 \text{ menit}} = 1825 \text{ hari}$$

$$a = \frac{1825 \text{ hari} \times 15 \text{ menit}}{(24 \times 60) \text{ menit}}$$

$$a = 19 \text{ hari}$$

Keterangan :

a = lama perendaman (hari)

5 tahun = 365 hari x 5 = 1825 hari.

1 tahun = 365 hari.

1 hari = 24 jam.

1 jam = 60 menit.

Lempeng resin komposit di rendam selama 19 hari (setara dengan 5 tahun pemakaian), larutan aquades dan minuman berkarbonasi coca cola dan sprite diganti setiap hari dengan larutan yang baru.

3.7.3 Pengelompokan dan perlakuan sampel

Sebanyak 12 spesimen dibagi menjadi 3 kelompok, masing-masing kelompok terdiri dari 4 spesimen resin komposit. Pengukuran dan pencatatan pH larutan aquades, coca cola dan sprite dilakukan sebelum diberi perlakuan dengan

menggunakan pH meter digital. Pengukuran dan pencatatan kekasaran permukaan masing-masing lempeng resin komposit dengan menggunakan *Surface Roughness Tester*.

Kelompok I direndam dalam aquades selama 19 hari. Kelompok II di rendam dalam minuman berkarbonasi coca cola selama 19 hari. Kelompok III di rendam dalam sprite selama 19 hari. Penghitungan dan pencatatan waktu dilakukan dengan menggunakan timer sejak awal sampel terendam larutan. Minuman berkarbonasi dan aquades diganti setiap hari, setelah 19 hari masing-masing lempeng resin komposit kemudian di bilas dengan menggunakan air hangat (suam-suam kuku) untuk menghilangkan residu minuman berkarbonasi, dan asam *carboxylic* yang merupakan produk dari hasil reaksi antara monomer dengan molekul air. Penggunaan air hangat (suam-suam kuku) dimungkinkan menyebabkan terjadinya ekspansi. Perubahan ukuran dimensi akibat ekspansi akan segera kembali ke ukuran semula dikarenakan ekspansi yang terjadi nilainya kecil yaitu $25-38 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ untuk resin komposit tipe fine komposit, dan $55-68 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ untuk resin komposit tipe mikrofine, waktu kontak dengan air hangat (suam-suam kuku) relative singkat, dan suhu air tidak mencapai suhu ekstrim yaitu diatas 60°C . Spesimen resin komposit kemudian dikeringkan dengan menghembuskan udara menggunakan *chip blower* dan kertas tisu untuk menyerap sisa air yang terdapat pada permukaan lempeng resin komposit. Lempeng resin komposit kemudian di simpan dalam plastik klip yang tertutup rapat untuk meminimalkan kontaminan dari luar pada lempeng resin komposit selama perjalanan ke malang untuk dilakukan pengukuran kekasaran permukaan menggunakan *Surface Roughness Tester* (SRT) yang dinyatakan dalam ukuran mikro meter.



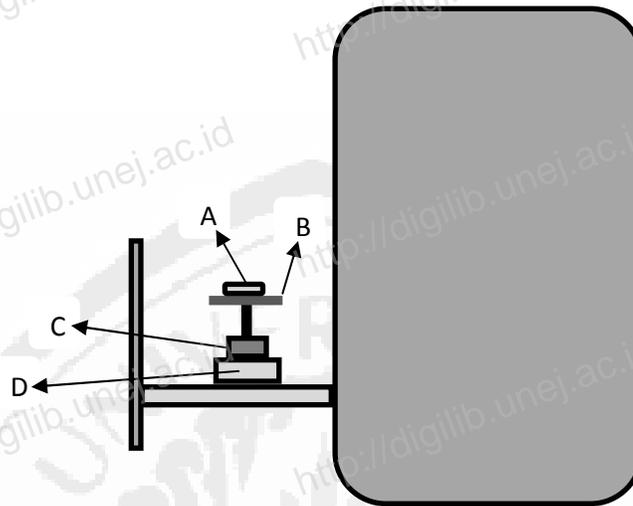
Gambar 3.5. Perendaman sampel

3.7.4. Pengamatan *Scanning Electron Micrograph* (SEM).

Pengamatan permukaan resin komposit dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Micrograph* (SEM) TM3000 merek Hitachi. Tahapan persiapan dan pengamatan spesimen resin komposit adalah sebagai berikut.

- a. Ubah *power switch* pada posisi on hingga lampu indikator EVAC LED dan AIR LED tidak berkedip.
- b. Jalankan program TM3000 pada komputer dengan mengklik shortcut TM3000 pada layar desktop.
- c. Buka ruang vakum SEM dengan cara menarik *handle* SEM (pastikan indikator lampu AIR LED tidak berkedip).
- d. Fiksasi spesimen resin komposit dengan menggunakan *double tape* pada *specimen stub* (lihat gambar ilustrasi 3.6).
- e. Atur ketinggian *specimen stub* dengan cara memutar *lock nut 1* dan *lock nut 2* untuk mengatur titik fokus (lihat gambar lampiran C5.1)
- f. Tutup ruang vakum hingga terdengar bunyi “klik”.
- g. Tekan tombol EVAC/AIR pada SEM untuk memvakumkan ruang vakum dan tunggu hingga lampu indikator EVAC LED tidak berkedip dan Elektron akan dipanaskan secara otomatis (± 5 menit).
- h. Atur perbesaran dengan mengklik tombol *magnification* sesuai dengan perbesaran yang diinginkan, kemudian klik tombol *start* pada program TM3000 untuk memulai pengamatan (lihat gambar lampiran C5.2).
- i. Atur *brighnest/contrast*, dan fokus gambar dengan mengklik pada tombol *brighnest/contrast*, dan tombol fokus untuk menentukan ketajaman, kecerahan, dan fokus gambar (lihat gambar lampiran C5.2)
- j. Klik tombol freeze kemudian save dengan tombol save pada program TM3000.
- k. Klik tombol stop pada program TM3000 untuk mengakhiri pengamatan.
- l. Tekan tombol EVAC/AIR pada SEM dan tunggu hingga lampu indikator AIR LED tidak berkedip.

- m. Buka ruang vakum dengan cara menarik *handle*, kemudian spesimen diganti untuk melanjutkan ke pengamatan berikutnya.



Gambar 3.6 : Ilustrasi fiksasi spesimen pada *specimen stub* pada SEM.

Keterangan :

A = Spesimen resin komposit.

B = *Specimen stub*.

C = *Lock nut 1*.

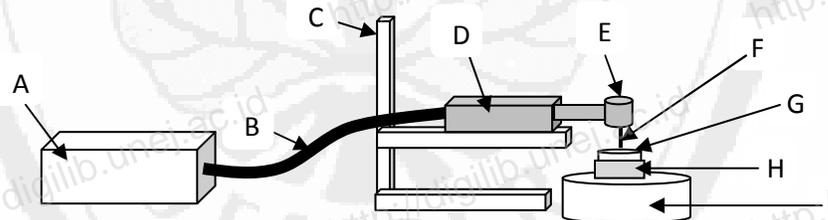
D = *Lock nut 2*.

3.7.5. Pengukuran kekasaran permukaan.

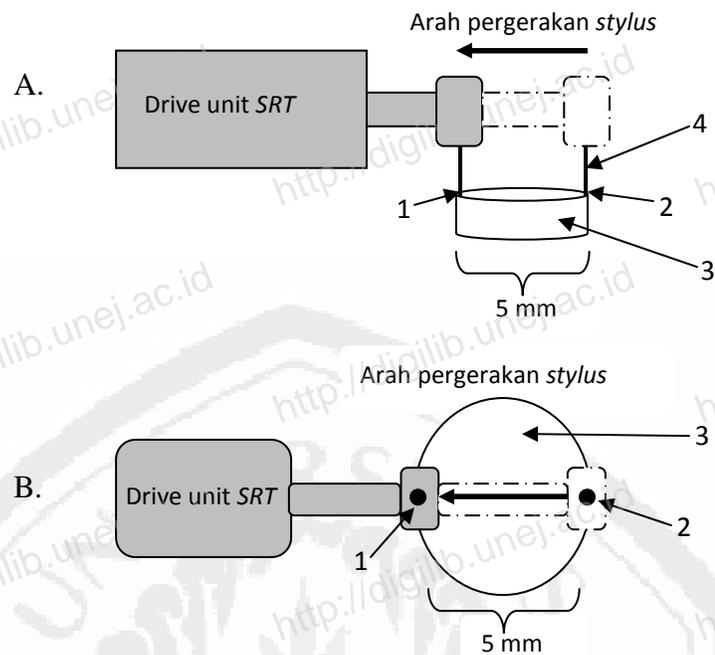
Pengukuran kekasaran permukaan sampel dilakukan dengan menggunakan *Surface Roughness Tester (SRT)* dan dilakukan sebanyak 2 kali yaitu pengukuran kekasaran permukaan spesimen sebelum dilakukan perendaman dan setelah dilakukan perendaman. Tahapan persiapan dan pengukuran spesimen adalah sebagai berikut.

- a. Spesimen dikeringkan terlebih dahulu dengan menggunakan kertas tisu untuk menyerap air yang dimungkinkan masih terdapat pada lempeng resin komposit.

- b. Spesimen difiksasi pada lempeng logam berbentuk silinder dengan menggunakan malam mainan dengan arah sejajar bidang horizontal.
- c. Atur ketinggian dudukan *SRT* hingga *stylus* tepat menyentuh permukaan lempeng resin komposit (lihat gambar ilustrasi 3.7 dan 3.8).
- d. Atur lempeng logam berbentuk silinder hingga *stylus* tepat menyentuh permukaan lempeng resin komposit seperti pada panah (2) (lihat gambar ilustrasi 3.8).
- e. Tekan tombol start pada *control unit SRT* untuk memulai pengukuran, *drive unit SRT* akan bergerak mundur secara hidrolik sehingga *stylus* akan bergerak dari panah (2) menuju panah (1) dengan kecepatan 0.5mm/s dan tekanan 0.75mN (*low force type*) melalui titik pusat lingkaran (lihat gambar ilustrasi 3.8). Hasil pengukuran akan muncul pada layar *control unit SRT* dalam bentuk angka digital dengan satuan mikro meter dan alat diletakkan di meja.
- f. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali untuk mengurangi deviasi pada alat.



Gambar 3.7 : Ilustrasi pengukuran alat *Surface Roughness Tester (SRT)* yang terdiri dari : *Control unit SRT (A)*, kabel data (B), dudukan *SRT (C)*, *drive unit SRT(D)*, *head (E)*, *stylus (F)*, lempeng resin komposit (G), malam mainan (H), dan lempeng logam berbentuk silinder (I).



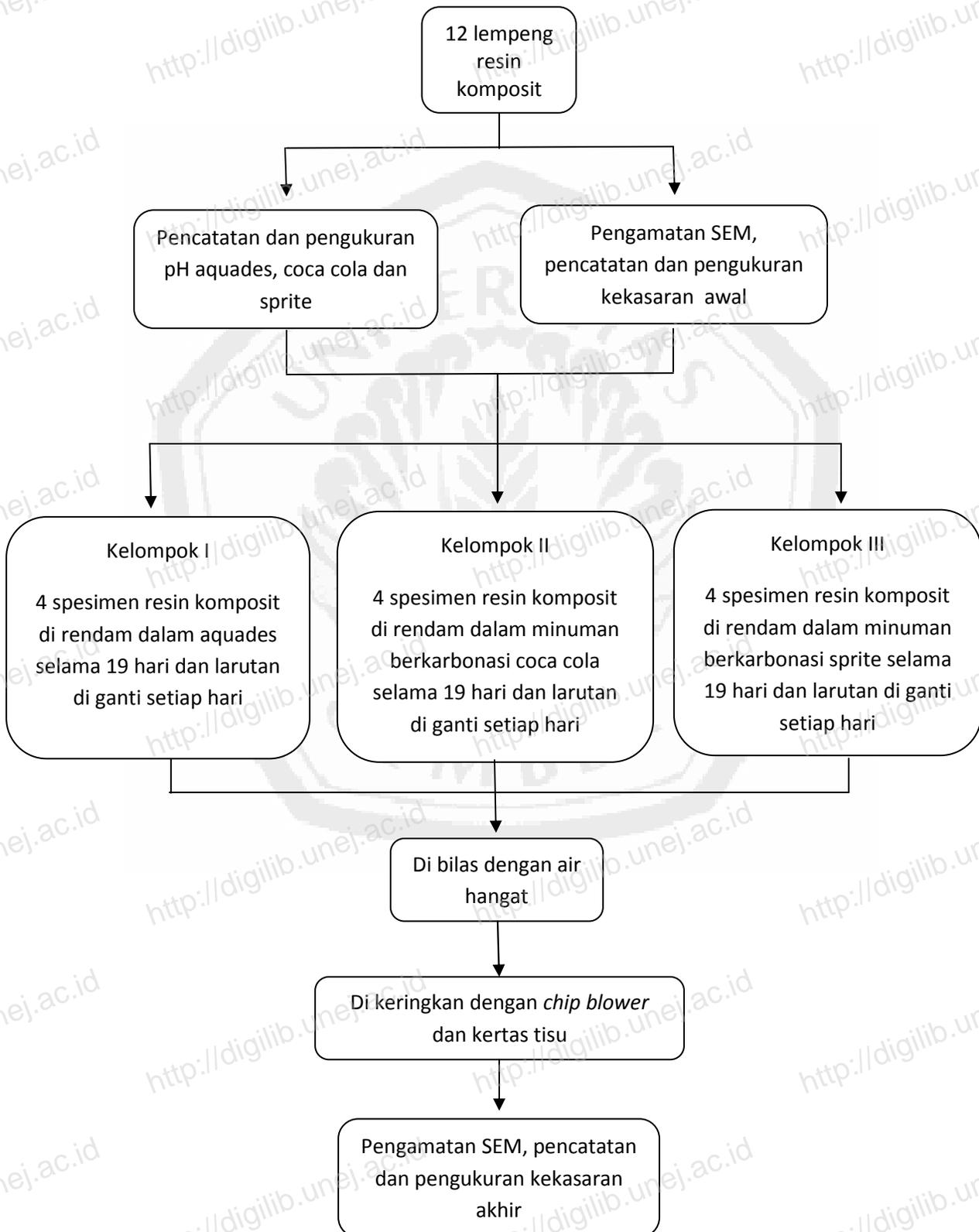
Gambar 3.8 : Ilustrasi arah pergerakan *stylus* pada permukaan lempeng resin komposit (3), tampak atas (B), dan tampak samping (A), *stylus* (4) tepat menyentuh permukaan spesimen pada panah (2), kemudian bergerak sejauh 5 mm dengan kecepatan 0.5 mm/s dan tekanan 0.75mN (*low force type*) menuju panah (1) melalui titik pusat lingkaran.

Pergerakan *Stylus* pada pengukuran dengan *Surface Roughness Tester (SRT)* tidak menyebabkan perubahan kekasaran menjadi lebih kasar. Hal ini disebabkan tekanan yang diberikan oleh *stylus* pada *SRT* sebesar 0.75Mn (*Low Type Force*) jauh lebih kecil dibandingkan dengan *compression strength* pada resin komposit yaitu sebesar 200-290MPa (craig, 2002:253) atau setara dengan $200-290 \times 10^9$ mN/ meter² sehingga tidak akan menggores lempeng resin komposit.

3.7.6. Analisis data.

Data penelitian yang telah diperoleh terlebih dahulu diuji normalitasnya menggunakan uji Kolmogorov-smirnov jika jumlah data lebih dari 50 atau uji Shapiro-wilk jika jumlah data kurang dari 50. Uji homogenitas menggunakan uji levene's tes (Dahlan, M.S., 2009 : 1-57, 83-105). Data penelitian yang terdistribusi normal dan homogen ($p > 0.05$), dilanjutkan dengan uji parametrik menggunakan ANAVA satu arah dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) (Notoatmodjo, 2002 : 180-7). Nilai $p < 0.05$ menunjukkan hipotesis nol (H_0) Tidak ada perbedaan antar kelompok ditolak dan hipotesa alternatif (H_a) terdapat perbedaan antar kelompok diterima (Dahlan, M.S., 2009 : 1-57, 83-105). Uji *Post-Hoc* (uji HSD(*High Significant Different*)) dilakukan jika hasil uji ANAVA satu arah diperoleh $p < 0.05$, digunakan untuk mengetahui kelompok mana yang berbeda secara bermakna (Dahlan, M.S., 2009 : 1-57, 83-105). Bila data penelitian tidak terdistribusi normal dan homogen, dilakukan uji nonparametrik dengan Kruskal-Wallis dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) (Notoatmodjo, 2002 : 180-7).

3.7.6 Alur Penelitian



BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

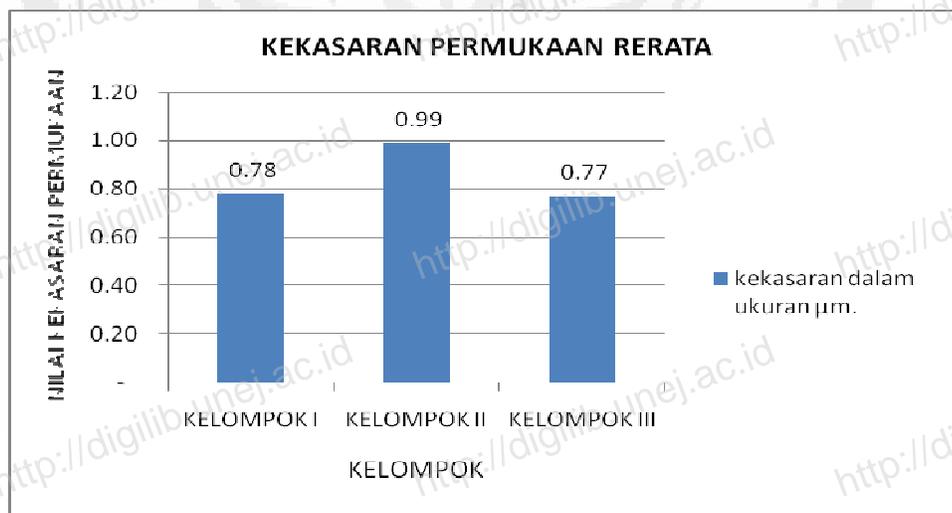
4.1 Hasil Pengamatan

4.1.1 Hasil penelitian tentang perbedaan kekasaran permukaan resin komposit *nanofilled* setelah perendaman dalam minuman berkarbonasi.

Berdasarkan hasil pengukuran pH dari 3 larutan dengan 12 spesimen, dikelompokkan menjadi 3 yaitu kelompok I (4 spesimen), kelompok II (4 spesimen), dan kelompok III (4 spesimen). Larutan dihomogenisasi dengan dikocok sebelum dilakukan pengukuran pH untuk meminimalkan perbedaan pH pada permukaan larutan dan dasar larutan yang diukur. Rerata pH kelompok I sebesar 7, kelompok II sebesar 3.1, dan kelompok III sebesar 3.9. Pengukuran kekasaran permukaan spesimen menggunakan alat SRT (*Surface Roughness Tester*). Pengukuran kekasaran permukaan pada garis tengah spesimen melalui titik pusat lingkaran dan dianggap mewakili dari kekasaran permukaan keseluruhan karena garis tengah spesimen merupakan garis tengah lingkaran yang membagi 2 luas permukaan spesimen dengan sama besar. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali untuk meminimalkan deviasi karena alat. Data perbedaan kekasaran permukaan spesimen resin komposit *nanofilled* sebelum dan sesudah dilakukan perendaman pada kelompok I, II, dan III tersaji dalam tabel 4.1 dan gambar 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran perbedaan kekasaran permukaan spesimen resin komposit light curing tipe *nanofilled* sebelum dan sesudah perendaman dalam kelompok I, kelompok II, dan kelompok III (μm).

NO.	Kelompok I	Kelompok II	Kelompok III
1	1.28	1.64	1.06
2	1.11	0.66	0.88
3	0.45	0.68	0.31
4	0.27	0.98	0.81
Rerata	0.78	0.99	0.77
Simpangan baku	0.49	0.46	0.32
Nilai maksimum	1.28	1.64	1.06
Nilai minimum	0.27	0.66	0.31



Gambar 4.1 Diagram batang rerata pengukuran perbedaan kekasaran permukaan spesimen resin komposit light curing tipe *nanofilled* sebelum dan sesudah perendaman dalam kelompok I, kelompok II, dan kelompok III (μm).

Keterangan :

Kelompok I : Aquades (LOT.21092010).

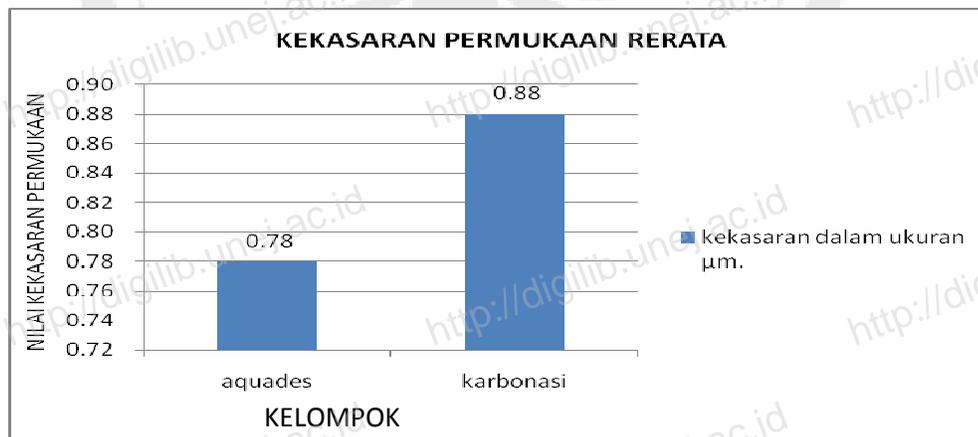
Kelompok II : Coca cola (kode produksi : SB 4C 09:36, kedaluwarsa :11 maret 2012).

Kelompok III : Sprite (kode produksi : SB 4C 05:48, kedaluwarsa 08 april 2012).

Data perbedaan kekasaran permukaan spesimen resin komposit *nanofilled* sebelum dan sesudah dilakukan perendaman jika dikelompokkan menjadi 2 kelompok yaitu kelompok aquades dan kelompok minuman berkarbonasi dapat dilihat pada tabel 4.2 dan gambar 4.2.

Tabel 4.2 Tabel hasil pengukuran perbedaan kekasaran permukaan spesimen resin komposit light curing tipe *nanofilled* sebelum dan sesudah perendaman dalam aquades (kelompok I) dan minuman berkarbonasi (kelompok II, dan kelompok III).

NO.	Aquades	Minuman Karbonasi (kelompok II dan III)
1	1.28	1.64
2	1.11	0.66
3	0.45	0.68
4	0.27	0.98
5		1.06
6		0.88
7		0.31
8		0.81
Rerata	0.78	0.88
Simpangan baku	0.49	0.39
Nilai maksimum	1.28	1.64
Nilai minimum	0.27	0.31



Gambar 4.2 Diagram batang rerata pengukuran perbedaan kekasaran spesimen resin komposit light curing sebelum dan setelah perendaman dalam larutan aquades dan berkarbonasi selama 19 hari (μm).

Berdasarkan tabel 4.1, dan gambar diagram batang 4.1, perubahan kekasaran permukaan terbesar terjadi pada perendaman dalam kelompok II ($0.99 \mu\text{m}$), dan perubahan kekasaran terendah pada perendaman dalam kelompok III ($0.77 \mu\text{m}$). Perubahan kekasaran terbesar pada tabel 4.2 dan gambar diagram batang 4.2 adalah kelompok perendaman dalam minuman berkarbonasi (kelompok II dan III) yakni sebesar 0.88 dibandingkan dengan kelompok perendaman dalam aquades (kelompok I) yakni sebesar 0.78. SEM (*Scanning Electron Micrograph*) permukaan lempeng resin komposit menunjukkan bahwa terjadi reaksi pemutusan ikatan rantai polimer pada matriks resin komposit sehingga menyebabkan partikel bahan pengisi yang berikatan dengan matriks resin terlepas setelah dilakukan perendaman dalam larutan berkarbonasi dan aquades.

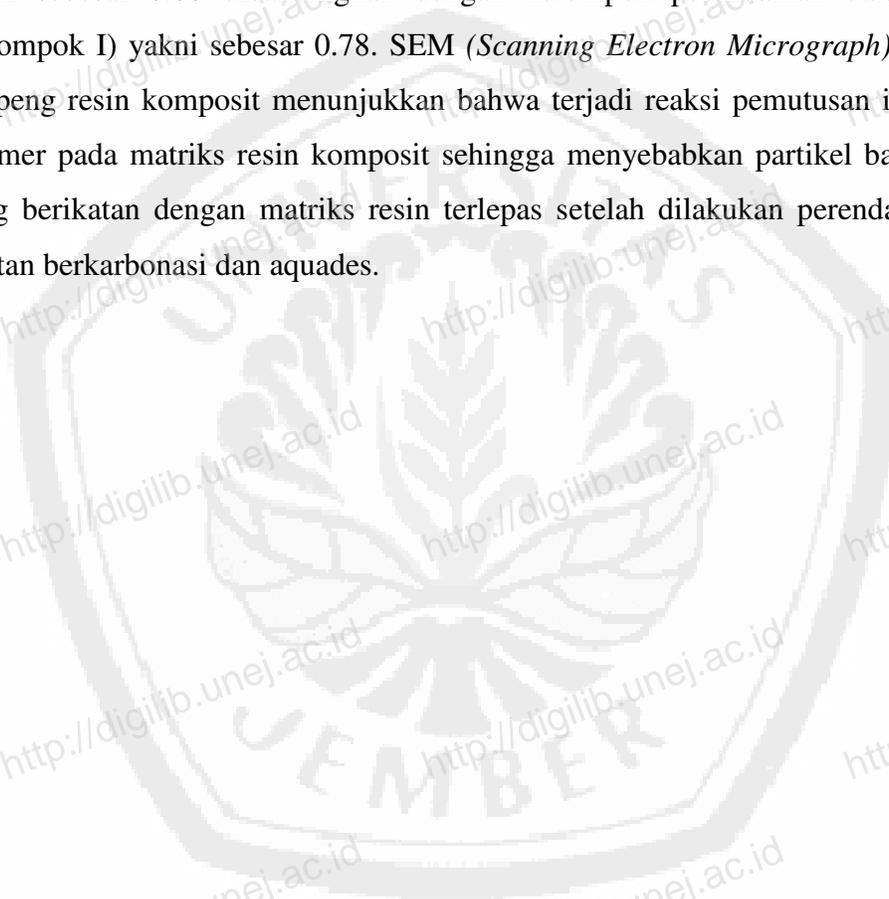
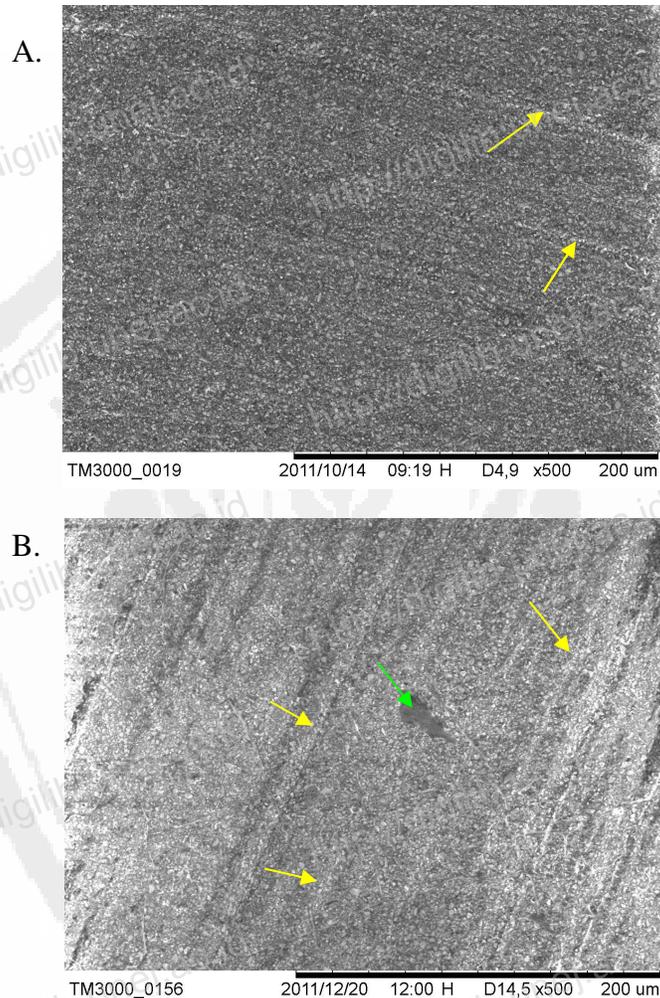
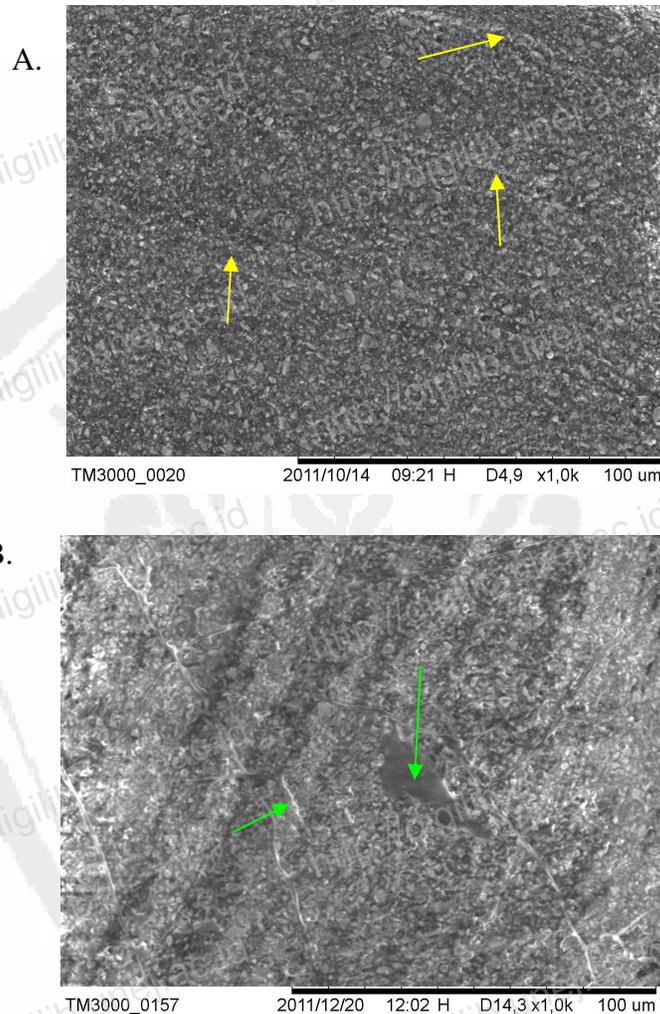


Foto SEM (*Scanning Electron Micrograph*) permukaan lempeng resin komposit dengan perbesaran 500 kali sebelum dilakukan perendaman (Gambar A), dan sesudah perendaman dalam kelompok I (Gambar B) selama 19 hari dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut.



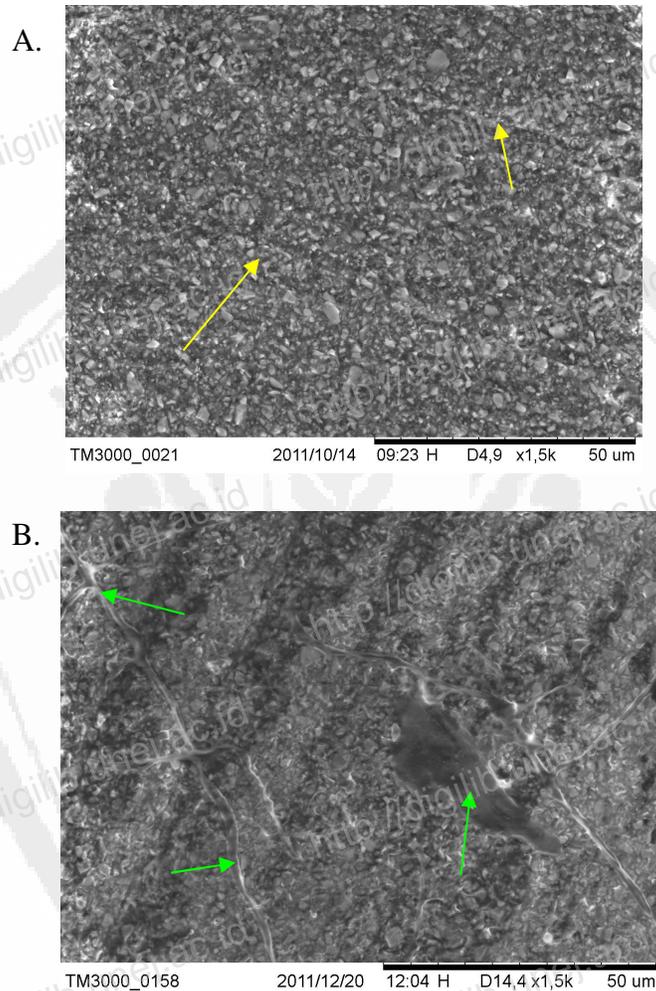
Gambar 4.3 : Foto SEM permukaan lempeng resin komposit pada kelompok I dengan perbesaran 500 kali, pada gambar A dan B menunjukkan pola garis memanjang (ditunjuk oleh panah kuning) yang merupakan goresan dari kertas abrasif setelah dilakukan pemulsaan, pada gambar B terlihat monomer yang terlepas ke permukaan lempeng resin komposit (ditunjuk oleh panah hijau) yang merupakan produk dari hasil degradasi polimer matriks resin komposit.

SEM (*Scanning Electron Micrograph*) permukaan lempeng resin komposit dengan perbesaran 1000 kali sebelum dilakukan perendaman (Gambar A), dan sesudah perendaman dalam kelompok I (Gambar B) selama 19 hari dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut.



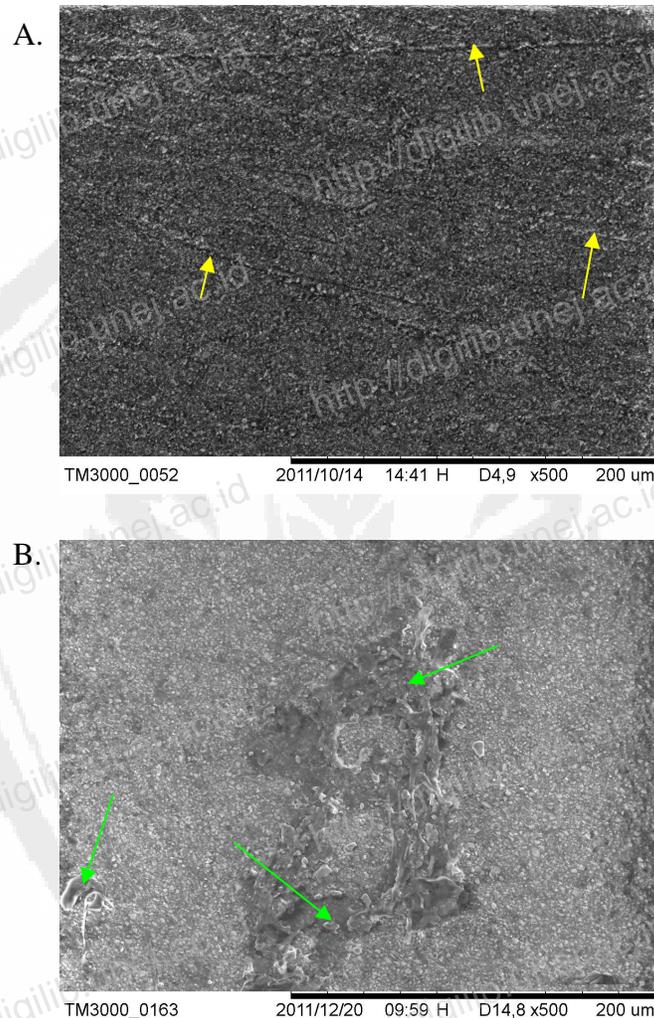
Gambar 4.4 : Foto SEM permukaan lempeng resin komposit pada kelompok I dengan perbesaran 1000 kali, pada gambar A dan B menunjukkan pola garis memanjang (ditunjuk oleh panah kuning) yang merupakan goresan dari kertas abrasif setelah dilakukan pemulsaan, pada gambar B terlihat monomer yang terlepas ke permukaan lempeng resin komposit (ditunjuk oleh panah hijau) yang merupakan produk dari hasil degradasi polimer matriks resin komposit.

SEM (*Scanning Electron Micrograph*) permukaan lempeng resin komposit dengan perbesaran 1500 kali sebelum dilakukan perendaman (Gambar A), dan sesudah perendaman dalam kelompok I (Gambar B) selama 19 hari dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut.



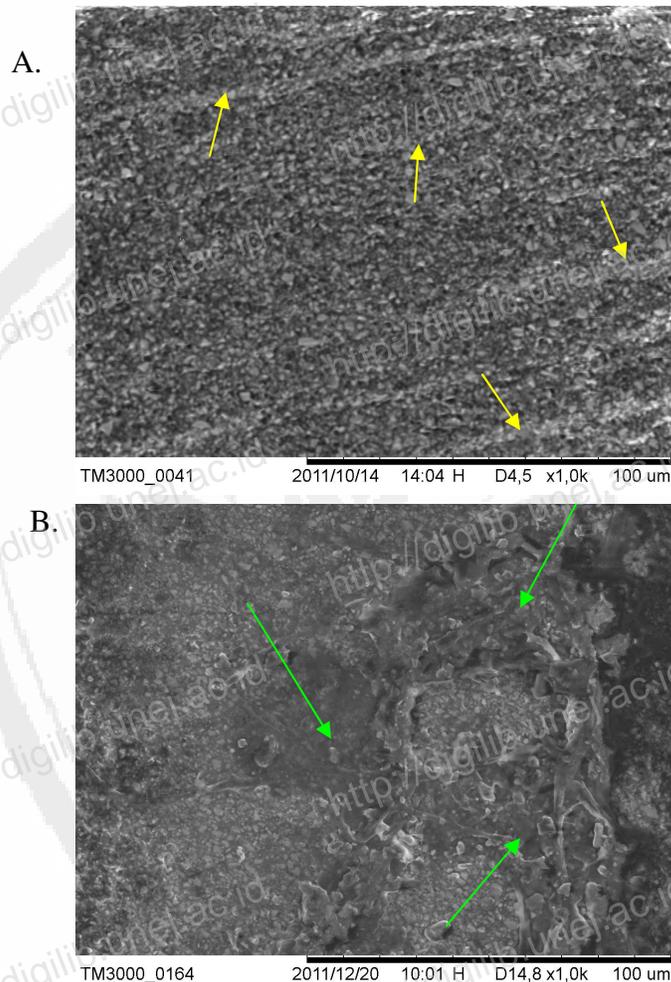
Gambar 4.5 : Foto SEM permukaan lempeng resin komposit pada kelompok I dengan perbesaran 1500 kali, pada gambar A dan B menunjukkan pola garis memanjang (ditunjuk oleh panah kuning) yang merupakan goresan dari kertas abrasif setelah dilakukan pemulasan, pada gambar B terlihat monomer yang terlepas ke permukaan lempeng resin komposit (ditunjuk oleh panah hijau) yang merupakan produk dari hasil degradasi polimer matriks resin komposit.

SEM (*Scanning Electron Micrograph*) permukaan lempeng resin komposit dengan perbesaran 500 kali sebelum dilakukan perendaman (Gambar A), dan sesudah perendaman dalam kelompok II (Gambar B) selama 19 hari dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut.



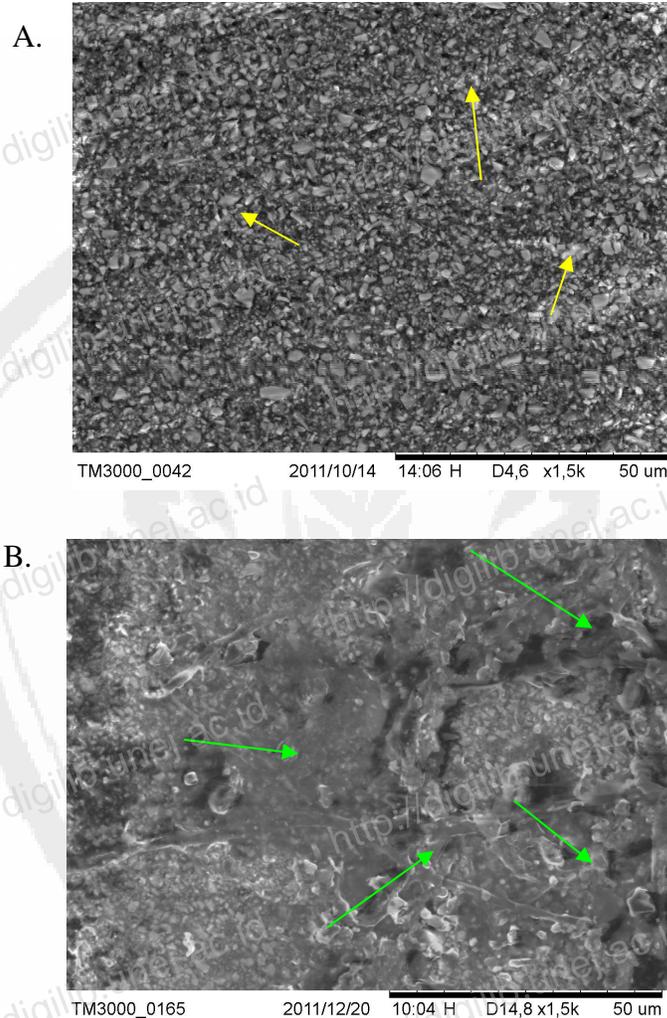
Gambar 4.6 : SEM permukaan lempeng resin komposit pada kelompok II dengan perbesaran 500 kali, pada gambar A dan B menunjukkan pola garis memanjang (ditunjuk oleh panah kuning) yang merupakan goresan dari kertas abrasif setelah dilakukan pemulasan, pada gambar B terlihat monomer yang terlepas ke permukaan lempeng resin komposit (ditunjuk oleh panah hijau) yang merupakan produk dari hasil degradasi polimer matriks resin komposit.

SEM (*Scanning Electron Micrograph*) permukaan lempeng resin komposit dengan perbesaran 1000 kali sebelum dilakukan perendaman (Gambar A), dan sesudah perendaman dalam kelompok II (Gambar B) selama 19 hari dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut.



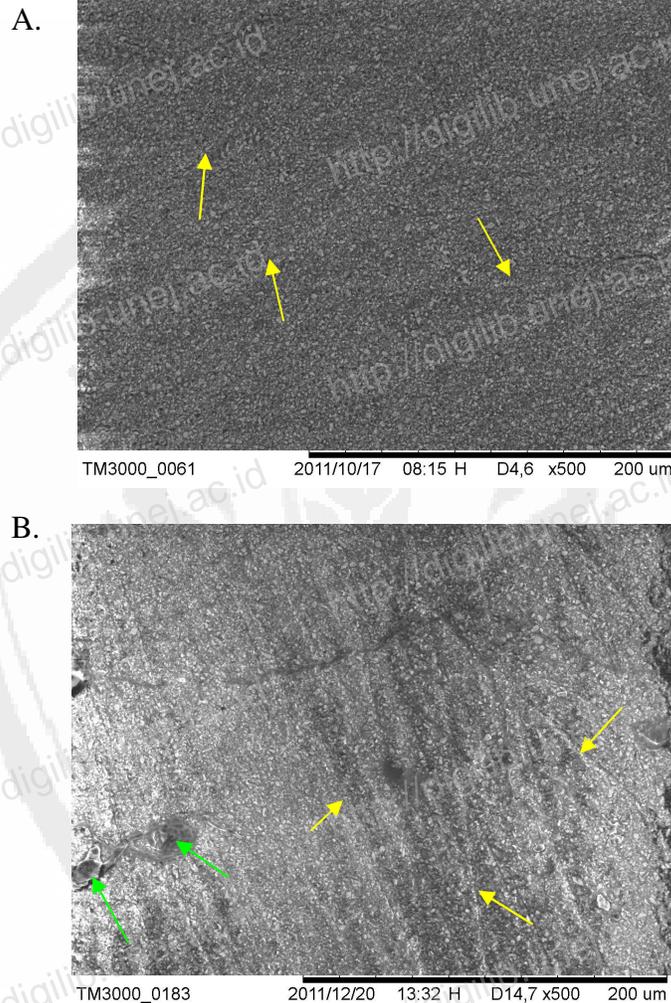
Gambar 4.7 : SEM permukaan lempeng resin komposit pada kelompok II dengan perbesaran 1000 kali, pada gambar A dan B menunjukkan pola garis memanjang (ditunjuk oleh panah kuning) yang merupakan goresan dari kertas abrasif setelah dilakukan pemulasan, pada gambar B terlihat monomer yang terlepas ke permukaan lempeng resin komposit (ditunjuk oleh panah hijau) yang merupakan produk dari hasil degradasi polimer matriks resin komposit.

SEM (*Scanning Electron Micrograph*) permukaan lempeng resin komposit dengan perbesaran 1500 kali sebelum dilakukan perendaman (Gambar A), dan sesudah perendaman dalam kelompok II (Gambar B) selama 19 hari dapat dilihat pada gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 : SEM permukaan lempeng resin komposit pada kelompok II dengan perbesaran 1500 kali, pada gambar A dan B menunjukkan pola garis memanjang (ditunjuk oleh panah kuning) yang merupakan goresan dari kertas abrasif setelah dilakukan pemulasan, pada gambar B terlihat monomer yang terlepas ke permukaan lempeng resin komposit (ditunjuk oleh panah hijau) yang merupakan produk dari hasil degradasi polimer matriks resin komposit.

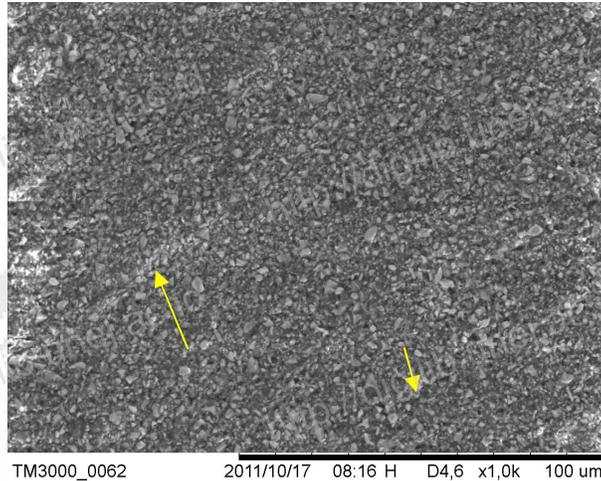
SEM (*Scanning Electron Micrograph*) permukaan lempeng resin komposit dengan perbesaran 500 kali sebelum dilakukan perendaman (Gambar A), dan sesudah perendaman dalam kelompok III (Gambar B) selama 19 hari dapat dilihat pada gambar 4.9 berikut.



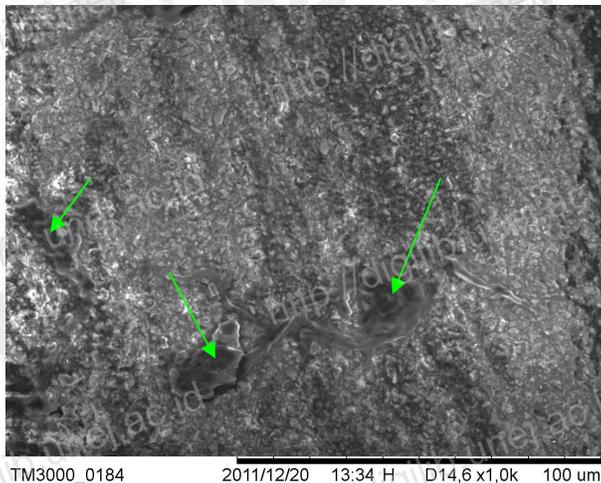
Gambar 4.9 : SEM permukaan lempeng resin komposit pada kelompok III dengan perbesaran 500 kali, pada gambar A dan B menunjukkan pola garis memanjang (ditunjuk oleh panah kuning) yang merupakan goresan dari kertas abrasif setelah dilakukan pemulasan, pada gambar B terlihat monomer yang terlepas ke permukaan lempeng resin komposit (ditunjuk oleh panah hijau) yang merupakan produk dari hasil degradasi polimer matriks resin komposit.

SEM (*Scanning Electron Micrograph*) permukaan lempeng resin komposit dengan perbesaran 1000 kali sebelum dilakukan perendaman (Gambar A), dan sesudah perendaman dalam kelompok III (Gambar B) selama 19 hari dapat dilihat pada gambar 4.10 berikut.

A.

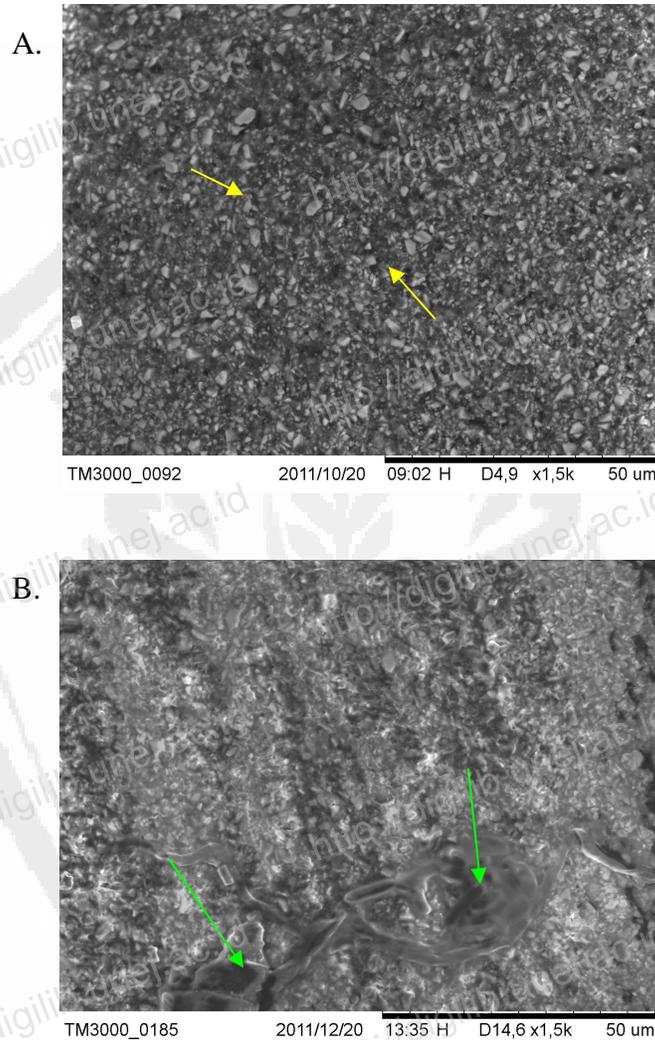


B.



Gambar 4.10 : SEM permukaan lempeng resin komposit pada kelompok III dengan perbesaran 1000 kali, pada gambar A dan B menunjukkan pola garis memanjang (ditunjuk oleh panah kuning) yang merupakan goresan dari kertas abrasif setelah dilakukan pemulasan, pada gambar B terlihat monomer yang terlepas ke permukaan lempeng resin komposit (ditunjuk oleh panah hijau) yang merupakan produk dari hasil degradasi polimer matriks resin komposit.

SEM (*Scanning Electron Micrograph*) permukaan lempeng resin komposit dengan perbesaran 1500 kali sebelum dilakukan perendaman (Gambar A), dan sesudah perendaman dalam kelompok III (Gambar B) selama 19 hari dapat dilihat pada gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.11 : SEM permukaan lempeng resin komposit pada kelompok III dengan perbesaran 1500 kali, pada gambar A dan B menunjukkan pola garis memanjang (ditunjuk oleh panah kuning) yang merupakan goresan dari kertas abrasif setelah dilakukan pemulasan, pada gambar B terlihat monomer yang terlepas ke permukaan lempeng resin komposit (ditunjuk oleh panah hijau) yang merupakan produk dari hasil degradasi polimer matriks resin komposit.

4.1.2 Analisis Data

Analisis data hasil pengamatan menggunakan uji ANAVA satu arah karena kelompok data yang di uji 3 kelompok atau lebih, syarat untuk menggunakan uji ANAVA satu arah adalah distribusi data harus normal, dan varians data harus sama atau homogen. Kemudian dilakukan uji ANAVA satu arah, jika diperoleh nilai kemaknaan pada uji ANAVA satu arah $p < 0.05$, maka dilanjutkan dengan uji *Post Hoc* (tukey HSD(*high different significant*)) untuk menentukan kelompok mana yang mempunyai perbedaan bermakna. Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan uji Shapiro-wilk (data kurang dari 50). Hasil analisis menunjukkan nilai kemaknaan kelompok I sebesar 0.354, kelompok II sebesar 0.178, dan kelompok III sebesar 0.422, seperti yang terdapat pada table 4.3. Hasil tersebut menunjukkan bahwa distribusi data pada kelompok I, II, dan III adalah normal karena diperoleh nilai kemaknaan $p > 0.05$ (Dahlan, 2009 : 1-57, 83-105).

Tabel 4.3 Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk kekasaran permukaan spesimen resin komposit

Kelompok	Nilai kemaknaan
I	0.354*
II	0.178*
III	0.422*

Keterangan : tanda (*) menunjukkan nilai yang bermakna

Uji homogenitas menggunakan uji levene's untuk mengetahui apakah data tersebut memiliki varians data yang homogen sehingga diperoleh keakuratan dalam pengambilan kesimpulan. Hasil uji homogenitas levene's diperoleh nilai kemaknaan sebesar 0.408, seperti data yang terdapat pada tabel 4.4. Hasil uji tersebut menunjukkan hasil pengukuran kekasaran permukaan spesimen resin komposit memiliki varians yang sama atau homogen karena diperoleh nilai kemaknaan $p > 0.05$.

Tabel 4.4 Hasil Uji Homogenitas Levene Test kekasaran permukaan spesimen resin komposit.

Levene statistic	Derajat kebebasan 1	Derajat kebebasan 2	kemaknaan
0.992	2	9	0.408*

Keterangan : Tanda (*) menunjukkan nilai yang signifikan.

Berdasarkan hasil uji normalitas dan homogenitas diperoleh hasil bahwa data yang di uji adalah normal dan homogen sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan uji ANAVA satu arah. Uji tersebut digunakan untuk mengetahui apakah ada perbedaan yang bermakna untuk tiap kelompok, hasil uji dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Uji ANAVA satu arah kekasaran permukaan resin komposit

Kelompok	F	Signifikansi
	0.348	0.715

Keterangan : F adalah nilai F tabel dari uji ANAVA satu arah.

Berdasarkan hasil analisis dengan uji ANAVA satu arah diperoleh nilai kemaknaan sebesar 0.715 ($p > 0.05$), karena nilai kemaknaan $p > 0.05$ maka dapat disimpulkan bahwa kelompok data yang di uji tidak memiliki perbedaan yang bermakna sehingga tidak memenuhi syarat untuk dilakukan uji Post Hoc.

4.2 Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada pengaruh perendaman spesimen resin komposit dalam minuman berkarbonasi terhadap perubahan kekasaran permukaan dari resin komposit. Untuk mengetahui apakah ada perbedaan perubahan kekasaran permukaan pada perlakuan tersebut, maka dibagi menjadi 3 kelompok

yaitu kelompok I dengan pH 7, kelompok II dengan pH 3.1, dan kelompok III dengan pH 3.9.

Perendaman selama 19 hari, didapat hasil rerata kekasaran permukaan terbesar terjadi pada kelompok II yaitu sebesar $0.99 \mu\text{m}$, dan terkecil pada kelompok III sebesar $0.77 \mu\text{m}$. Kelompok III (kelompok kontrol) sebesar $0.78 \mu\text{m}$ (lihat tabel 4.1). Hasil uji ANAVA satu arah menunjukkan nilai kemaknaan yaitu sebesar 0.715, yang artinya tidak terdapat perbedaan bermakna antara kelompok yang di uji ($p > 0.05$) sedangkan pada pengamatan SEM menunjukkan degradasi pada matriks resin. Hal ini dimungkinkan karena adanya kesalahan dari peneliti pada tahapan fiksasi lempeng resin komposit dengan menggunakan malam mainan pada pengukuran dengan *Surface Roughness Tester* (SRT) sehingga memberikan bacaan data yang kurang akurat. Malam mainan dimungkinkan dapat bergeser akibat tekanan dari drive SRT sehingga dapat menyebabkan data kurang akurat sehingga diperoleh perbedaan yang relatif kecil antar kelompok perlakuan.

Minuman berkarbonasi mengandung asam karbonat (H_2CO_3) yang berfungsi untuk memperbaiki rasa pada minuman dan memberikan timbulnya efek *extra sparkle* atau gelembung. Hal ini menjadi karakteristik utama yang membedakan minuman berkarbonasi dengan minuman lainnya. Asam karbonat (H_2CO_3) dalam minuman berkarbonasi akan terurai menjadi ion H^+ dan ion HCO_3^- (Loerting *et al*, 2010 : 2305). Ion H^+ akan menyebabkan penurunan pH larutan menjadi asam (pH kurang dari 7).

Perubahan kekasaran pada kelompok minuman berkarbonasi (kelompok II dan III) disebabkan oleh proses pemutusan rantai polimer oleh ion H^+ yang terdapat pada minuman berkarbonasi. Ion H^+ yang terbentuk akan bereaksi dengan ikatan rangkap karbon ($\text{C}=\text{C}$) pada rantai polimer penyusun matriks resin. Pemutusan rantai polimer ini akan menghasilkan produk berupa monomer dan oligomer. Hal ini menyebabkan degradasi pada matriks resin komposit yang ditandai dengan melumernya matriks resin (lihat gambar B 4.3-4.8, ditunjuk oleh panah hijau) sehingga bahan pengisi

terlepas dari matriks resin. Terlepasnya bahan pengisi dan melumernya matriks resin mengakibatkan perubahan kekasaran menjadi lebih kasar pada resin komposit.

Kelompok II memiliki pH lebih rendah dibandingkan dengan kelompok III, yang artinya kelompok II memiliki ion H^+ lebih banyak dibandingkan dengan kelompok III. Hal tersebut menyebabkan reaksi pemutusan rantai polimer pada kelompok II lebih cepat dibandingkan dengan kelompok III. Gopferich (1994:105,107) menyatakan bahwa pH yang rendah dapat mempercepat reaksi pemutusan rantai polimer dari matriks resin komposit menjadi monomer dan oligomer.

Kelompok I (kelompok kontrol) memiliki ion H^+ dan OH^- dalam jumlah yang seimbang sehingga menyebabkan pH 7. Rerata kekasaran pada kelompok I menunjukkan nilai sebesar $0.78 \mu m$. Hal ini disebabkan pada kelompok kontrol terjadi reaksi pemutusan rantai polimer menjadi monomer dan oligomer melalui reaksi hidrolisis. Ion H^+ pada kelompok I akan bereaksi dengan ikatan rangkap karbon ($C=C$) sehingga menyebabkan pemutusan rantai matriks polimer pada resin komposit, namun tidak sebanyak pada kelompok II. Gopferich (Ed., 1996 :105) menyatakan bahwa monomer yang terlepas dari matriks resin akan bereaksi dengan H_2O sehingga membentuk asam *carboxylic*. Asam ini akan menurunkan pH larutan di sekitar lempeng resin komposit sehingga akan mempercepat proses pemutusan rantai polimer. Kerusakan matriks resin (lihat gambar B 4.9-4.11, ditunjuk oleh panah hijau) akibat proses hidrolisis menyebabkan terlepasnya bahan pengisi dari matriks resin. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya perubahan kekasaran pada kelompok I lebih besar dibandingkan kelompok III.

Resin komposit memiliki sifat untuk menyerap air melalui proses difusi terkontrol sejak awal perendaman. Hal ini diduga disebabkan oleh monomer penyusun matriks yang memiliki kemampuan untuk berikatan dengan molekul air (Craig *et al*, 2002 : 254 – 6, Ortengren *et al*, 2001 : 1106-7). Resin komposit akan mengalami masa jenuh setelah 7 hari perendaman dalam air (Craig *et al*, 2002 :254).

Ortengren *et al* (Eds., 2001c:1106-7) menyatakan bahwa bis-GMA (bisphenyl glycidyl dimethacrylate) penyusun matriks resin memiliki kemampuan menyerap air lebih banyak dibandingkan UEDMA (urethane dimetakrilat). Hal ini dikarenakan bis-GMA memiliki ikatan *hydroxyl grup* lebih banyak dibandingkan dengan UEDMA sehingga akan meningkatkan derajat penyerapan air. Monomer TEGDMA (trietilen glikol dimetakrilat) tidak memiliki ikatan *hydroxyl grup* namun masih memiliki ikatan afinitas terhadap air. Hal ini dikarenakan air mempunyai kemampuan untuk membentuk ikatan ether-linkages dengan molekul resin komposit. Semakin besar kemampuan resin komposit menyerap air maka akan semakin besar pula luas permukaan yang bereaksi dengan cairan sehingga dimungkinkan untuk meningkatkan kecepatan degradasi pada matriks resin komposit. TEGDMA merupakan monomer dengan berat molekul yang rendah dan berfungsi untuk mengurangi kekentalan dari matriks resin.

Ortengren *et al* (Eds., 2001d:1112-5) menyatakan bahwa penyerapan molekul air kedalam resin komposit menyebabkan terjadinya ekspansi higroskopis dan menginisiasi terjadinya degradasi kimia atau pemotongan rantai polimer dari matriks resin komposit melalui proses hidrolisis. Pemotongan rantai polimer pada reaksi hidrolisis menghasilkan produk berupa monomer dan oligomer. Monomer yang terlepas dari matriks akan bereaksi dengan air membentuk *carboxylic acid* sehingga akan menurunkan pH disekitar lempeng resin komposit pada waktu perendaman dan dimungkinkan untuk mempercepat reaksi degradasi atau pemutusan rantai polimer lebih cepat dari kelompok III. Jumlah *carboxylic acid* yang dihasilkan bergantung pada jumlah monomer yang terlepas dan monomer residu yang dihasilkan. Resin komposit akan mencapai titik jenuh pada hari ke-7 (Craig *et al*, 2002 : 254) dan reaksi hidrolisis tidak akan terjadi pada fase ini.

Reaksi polimerisasi tidak selalu menghasilkan monomer yang habis bereaksi sempurna. Hal ini disebabkan oleh kegagalan konversi monomer menjadi polimer. Menurut Nurdin *et al*. (2010:27-30) semakin rendah *Degree Of Conversion* (DC) maka konversi monomer menjadi polimer akan semakin rendah sehingga

menyebabkan monomer sisa yang dihasilkan akan semakin banyak. Hal tersebut menyebabkan ikatan matriks menjadi tidak stabil sehingga mudah untuk terdegradasi. Menurut Ortengren *et al* (Eds, 2001 : 1112) DC yang rendah dapat menyebabkan kemampuan matriks resin untuk menyerap air akan meningkat sehingga reaksi hidrolisis yang terjadi akan semakin tinggi. Peningkatan reaksi hidrolisis menyebabkan jumlah matriks yang terdegradasi akan semakin meningkat. Hal ini menyebabkan jumlah partikel bahan pengisi yang terlepas akan semakin meningkat. Terlepasnya bahan pengisi akan menyebabkan perubahan mikroporositas sehingga dapat menyebabkan peningkatan kekasaran permukaan pada resin komposit.

Menurut Halvorson *et al* (Eds, 2001:327-8) *silane coupling agent* berfungsi untuk meningkatkan kestabilan hidrolitik dan meningkatkan ikatan adhesi antara bahan pengisi dengan matriks polimer melalui ikatan siloxane antara bahan pengisi dengan *coupling agent* dan antara *coupling agent* dengan matriks resin sehingga akan meminimalkan pelepasan bahan pengisi komposit ke lingkungan. Semakin sedikit komposisi *silane coupling agent* dalam resin komposit maka degradasi matriks resin komposit melalui reaksi hidrolisis akan semakin cepat.

Ion H^+ dari asam, baik yang berasal dari minuman berkarbonasi (kelompok II dan III) maupun yang berasal dari senyawa H_2O akan menyebabkan degradasi ikatan polimer sehingga beberapa monomer akan melepaskan diri disertai dengan terlepasnya bahan pengisi resin komposit yang terdiri dari unsur litium, barium, dan stronsium. Menurut Aprilia *et al* (Eds, 2007:168-9) unsur-unsur tersebut cenderung lebih cepat larut dalam larutan yang bersifat asam atau pH larutan kurang dari 7. Stronsium lebih cepat larut dibandingkan dengan barium karena memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dibandingkan dengan barium. Hal ini menyebabkan perubahan kekasaran permukaan pada resin komposit.

Perendaman dalam minuman berkarbonasi (kelompok II dan III) selama 19 hari atau setara dengan pemakaian 5 tahun, dapat menyebabkan perubahan kekasaran pada permukaan terluar dari resin komposit. Perubahan kekasaran sebesar $0.78\mu m$ pada kelompok I, $0.99\mu m$ pada kelompok II, dan $0.77\mu m$ pada kelompok III tidak melebihi

250 μ m setelah 5 tahun sehingga masih adekuat digunakan untuk mendukung fungsi oklusal dari resin komposit meskipun dengan kebiasaan mengkonsumsi minuman berkarbonasi.

Permukaan resin komposit yang kasar dapat menyebabkan perubahan warna menjadi lebih gelap. Hal ini disebabkan karena permukaan resin komposit yang kasar tidak dapat memantulkan cahaya dengan baik. Selain itu degradasi pada matriks resin juga dapat menyebabkan kebocoran tepi pada tumpatan. Beberapa penelitian mengatakan bahwa air atau aquades dapat menyebabkan terjadinya degradasi matriks melalui reaksi hidrolisis. Namun reaksi ini terjadi 15 menit setelah resin komposit berpolimerisasi dan akan jenuh pada hari ke-7 sehingga masih efektif untuk membantu menetralkan pH rongga mulut dan menghilangkan residu dari minuman berkarbonasi. Berdasarkan hal tersebut maka penting bagi kita untuk mengatur pola konsumsi terutama terhadap minuman berkarbonasi karena dapat menyebabkan warna resin menjadi buram dan menyebabkan kebocoran tepi meskipun masih dapat mendukung fungsi oklusal dari resin komposit.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

1.1.1 Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut.

Mengonsumsi minuman berkarbonasi secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama, dapat menyebabkan perubahan kekasaran permukaan terluar (menjadi lebih kasar) dari resin komposit akibat reaksi pemutusan rantai atau degradasi pada matriks resin. Hal tersebut dapat menyebabkan permukaan restorasi berbahan resin komposit menjadi kasar sehingga menyebabkan perubahan warna resin komposit menjadi lebih gelap dan menyebabkan kebocoran tepi, namun masih adekuat untuk mendukung fungsi oklusal dari resin komposit walaupun tidak berbeda secara bermakna pada uji ANAVA satu arah.

1.1.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan degradasi resin komposit

adalah sebagai berikut.

- a. Jenis dan komposisi monomer penyusun matriks resin komposit.
- b. Ukuran bahan pengisi, semakin kecil ukuran partikel bahan pengisi maka akan semakin cepat pula kelarutannya.
- c. Semakin rendah pH larutan (asam), maka matriks resin komposit akan semakin larut (terdegradasi), dan semakin tinggi pH larutan (basa),

maka matriks resin komposit akan semakin larut (terdegradasi). Namun pada aquades terjadi reaksi hidrolisis yang menyebabkan degradasi pada matriks resin dan akan jenuh pada hari ke-7 sehingga reaksi hidrolisis akan menurun.

- d. Semakin banyak kandungan *coupling agent*, maka daya adhesi dan kestabilan hidrolitik terhadap bahan pengisi akan semakin meningkat sehingga akan menurunkan jumlah bahan pengisi yang terlepas.
- e. Semakin rendah *degree of conversion* (DC), maka kemampuan matriks resin untuk menyerap air akan semakin meningkat sehingga akan meningkatkan terjadinya reaksi hidrolisis. Hal ini akan menyebabkan peningkatan mikroporositas dan meningkatkan kekasaran permukaan resin komposit.

1.2 Saran

- a. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai perubahan kekasaran permukaan resin komposit menggunakan merek berbeda dengan komposisi, dan jenis bahan yang berbeda.
- b. Pada penelitian ini tidak dilakukan pengukuran suhu air hangat atau suam-suam kuku, disarankan untuk melakukan pengukuran suhu agar diperoleh data yang lebih akurat pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR BACAAN

Buku

- Anusavice, K.J. 2004. Philips : Buku Ajar Ilmu Bahan Kedokteran Gigi. Edisi X. Jakarta : EGC.
- Combe, E.C. 1992. Sari Dental Material. Jakarta : Balai Pustaka.
- Craig, R.G., & Warl, M.L. 2002. *Restorative Dental Materials*. Tenth Edition. USA : Mosby.
- Dahlan, M.S. 2009. Statistik Untuk Kedokteran Dan Kesehatan. Jakarta : Salemba Medika.
- Daniel, W. W. 2002. *Biostatistics : A Foundation For Analysis In The Health Science*. Sixth Edition. USA : Jhon Wiley & Sons.
- Hitachi High-Tech. 2010. *Instruction Manual For Model TM3000 tabletop microscope*. Japan : Hitachi High-Technologies Corporation.
- Lussi, A. 2006. *Dental Erosion From Diagnosis To Therapy*. Vol. 20. Switzerland : Karger.
- Mitutoyo Corporation. 2008. *Manual Mitutoyo Surftest SJ201P Surface Roughness Tester*. Japan : Mitutoyo Corporation
- Notoatmodjo, S. 2010. Metodologi Penelitian Kesehatan. Jakarta : Rineka Cipta.
- O'Brien, W.J. 2002. *Dental Materials And Their Selection*. Third edition. Canada : Quintessence Books.
- Roberson, T.M., Heymann, H.O., & swift, E.J. 2002. *Student's Art & Operative Dentistry*. Fourth Edition. USA : Mosby.

Jurnal

- Aprilia, Rochyani, L., dan Rahardiarto, E. 2007. Pengaruh Minuman Kopi Terhadap Perubahan Warna Pada Resin Komposit. *Indonesian journal of dentistry*, 14(3) : 164 – 170.
- Ferracane, J.L. 2006. *Hygroscopic And Hydrolytic Effects In Dental Polymer Networks*. *Journal Of Dental Material*, 22: 211-222.
- Fraunhofer, J.A.V., & Rogers, M.M.2004. *Dissolution Of Dental Enamel In Soft Drinks*. *Journal Of Operative Dentistry*, 308-312.
- Gandaatmadja, D., Mulyawati, E., Halim, H.S., dan Widyastuti, W. 2010. Pengaruh Perbedaan Jenis Resin Komposit Dan Konsentrasi Bahan Hidrogen Peroksida Pada Perubahan Kekasaran Permukaan Resin Komposit Setelah Prosedur In Office Bleaching. *J.Ked. Gi*, 129 – 134.
- Gopferich, A. 1996. *Mechanisms Of Polymer Degradation And Erosion*. *Journal Of Biomaterials*, 17:103-114.
- Halvorson, R.H., Erickson, R.L., & Davidson, C.L. 2002. *The Effect Of Filler And Silane Content On Conversion Of Resin-Based Composite*. *Journal Of Dental Material*, 19:327-333.
- Irawan, B. 2004. Material Hibrida Semen Gelas Ionomer Dan Resin Komposit. *J. PDGI*, 26-31.
- Koin, P.J., Killislioglu, A., Zhou, M., Drummond, J.L., & Hanley, L. 2008. *Analysis Of The Degradation Of A Model Dental Composite*. *Journal Of Dental Research*, 87:661.
- Loerting, T., & Bernard, J. 2010. *Aqueous carbonic acid (H₂CO₃)*. *Journal of ChemPhysChem*, 2305-2309.
- Nurdin, D., Djustiana, N., dan Febrida, R. 2010. *Degree Of Conversion Komposit*. *Jurnal Ilmiah Dan Teknologi Kedokteran Gigi FKG UPDM* 7(1):27-30.
- Ortengren, U., Wellendorf, H., Karlsson, S., & Ruyter, I.E. 2001. *Water Sorbtion And Solubility Of Dental Composites And Identification Of Monomer Released In An Aqueous Environment*. *Journal Of Oral Rehabilitation*, 28:1106-1115.
- Rostiny. 2002. Perbedaan Proses Curing Lempeng Resin Akrilik *Head – Cured* Terhadap Kekasaran Permukaan Dan Perlekatan Koloni *Streptococcus Mutans*. *Dental Jurnal Kedokteran Universitas Airlangga* Vol. 35 : 91 – 102.

Santerre, J.P., Shajii, L., & Leung, B.W. 2001. *Relation Of Dental Composite Formulations To Their Degradation And The Release Of Hydrolyzed Polymeric-Resin-Derived Products* . Journal Of Critical Reviews In Oral Biology And Medicine, 12(2) :136-151.

Shajii, L., & Santerre, J.P. 1999. *Effect Of Filler Content On The Profile Of Released Biodegradation Products In Mickro-Filled bis-GMA/TEGDMA Dental Composite Resins*. Journal Of Biomaterials, 20:1897-1908.

Sumono, Agus. 2005. "Pengaruh Lama Pengetsaan Menggunakan Asam Fosfat 37% Terhadap Kekuatan Geser Perlekatan Porselen Dengan Resin Komposit Sinar Tampak". Tidak Diterbitkan.Tesis. Yogyakarta: Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada.

Yap, AUJ, Wee, K., & Teoh, S. 2002. *Effects Of Cyclic Temperature Change On Hadrness Of Composite Restoratives*. Journal Of Operative Dentistry, 27 :25-29.

Zhou, M., Drummond, J.L., & Hanley, L. 2005. *Barium And Strontium Leaching From Aged Glass Particle/Resin Matrix Dental Composites*. Journal Of Dental Materials, 21:145-155.

Internet

Biro Pusat Statistik. 2004. *Kajian terhadap Minuman Ringan sebagai Calon Barang Kena Cukai dalam Rangka Ekstensifikasi Objek Barang Kena Cukai*. <http://www.beacukai.go.id/library/data/Softdrink.htm> [6 April 2011].

Harold, *et al.* *How To Carbonate A Beverage*. <http://www.wikihow.com/Carbonate-a-Beverage> [20 April 2011].

U.S. Food and Drug Association. 2009. *What You Should Know About Carbonated Soft Drink*. <http://www.fda.gov/downloads/Food/ResourcesForYou/Consumers/UCM232699.pdf> [7 April 2011],

Widodo, Richardus. 2008. *Mengenal Minuman Ringan (Soft Drink)*. <http://www.untag-sby.ac.id/index.php?mod=berita&id=92> [6 April 2011].

Lampiran A. Hasil pengukuran kekasaran permukaan lempeng resin komposit.



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI JURUSAN TEKNIK MESIN
LABORATORIUM METROLOGI INDUSTRI

Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Ext. 521 Malang

Table : Hasil pengukuran kekasaran spesimen resin komposit light curing

tipe nanofilled sebelum perendaman

Kelompok	Kekasaran Permukaan (dalam μm)			Kekasaran Rata-Rata (dalam μm)
	1	2	3	
A1	1,19	1,21	1,18	1,19
A2	3,93	3,86	3,39	3,73
A3	3,06	1,80	1,52	2,13
A4	2,91	2,81	3,02	2,91
A5	1,33	1,17	1,09	1,20
A6	3,68	3,16	2,60	3,15
A7	1,67	1,45	1,49	1,54
A8	2,85	1,85	1,81	2,17
C1	1,59	1,69	1,75	1,68
C2	1,93	1,65	1,48	1,69
C3	2,45	2,19	2,14	2,26
C4	2,14	1,68	1,53	1,78
C5	1,82	1,73	1,63	1,73
C6	0,96	1,02	1,06	1,01
C7	1,53	1,35	1,29	1,39
C8	1,72	1,33	1,29	1,45
S1	7,58	6,87	7,11	7,19
S2	1,82	1,30	1,18	1,43
S3	2,63	2,65	2,64	2,64
S4	1,38	1,46	1,59	1,48
S5	1,50	1,33	1,28	1,37
S6	3,72	2,93	2,75	3,13
S7	2,10	2,01	1,99	2,03
S8	2,40	2,26	2,20	2,29
S9	2,32	2,10	2,03	2,15

Mengetahui,



Ket. Metrologi Industri

H. Aneng Subardi MT

NIP : 19550629.19810.1.001



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI JURUSAN TEKNIK MESIN
LABORATORIUM METROLOGI INDUSTRI

Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Ext. 521 Malang

Table : Hasil pengukuran kekasaran spesimen resin komposit light curing
 tipe nanofilled sesudah perendaman

Kelompok	Kekasaran Permukaan (dalam μm)			Kekasaran Rata-Rata (dalam μm)
	1	2	3	
A1	2,55	2,46	2,41	2,47
A2	2,97	3,02	3,02	3,00
A3	2,99	3,49	3,24	3,24
A4	2,26	1,73	1,61	1,87
A5	1,92	1,57	1,41	1,63
A6	2,81	2,30	1,96	2,36
A7	2,17	1,74	1,51	1,81
A8	2,02	2,02	2,07	2,04
C1	1,59	1,69	1,75	1,68
C2	2,30	1,97	1,96	2,08
C3	4,18	3,92	3,61	3,90
C4	2,15	1,70	1,55	1,80
C5	1,50	1,39	1,28	1,39
C6	1,81	1,62	1,60	1,68
C7	2,76	1,89	1,56	2,07
C8	2,51	2,60	2,18	2,43
S1	2,11	1,80	1,61	1,84
S2	2,93	2,34	2,22	2,50
S3	1,01	1,06	1,06	1,04
S4	2,54	2,33	2,20	2,36
S5	1,73	1,72	1,58	1,68
S6	2,20	2,19	2,16	2,18
S7	2,36	2,12	2,02	2,17
S8	2,19	1,86	1,85	1,97
S9	3,17	3,00	2,71	2,96

Mengetahui,

Kalab. Metrologi Industri



H. H. Anang Subardi MT

NIP : 19550629.19810.1.001

Lampiran B. Analisis Data

B1. Uji normalitas menggunakan Shapiro-wilk

Tests of Normality

Kelompok	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kekasaran Aquades	.251	4	.	.884	4	.354
coca cola	.259	4	.	.834	4	.178
Sprite	.306	4	.	.898	4	.422

a. Lilliefors Significance Correction

B2. Uji homogenitas menggunakan levene's test

Test of Homogeneity of Variances

Kekasaran

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.992	2	9	.408

B3. Uji ANAVA satu arah.

ANAVA satu arah

Kekasaran

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.129	2	.065	.348	.715
Within Groups	1.671	9	.186		
Total	1.801	11			



Lampiran C. FOTO PENELITIAN.

C1. Perendaman dalam aquades



Keterangan :

- a. Tabung reaksi.
- b. Rak tabung.

C2. Perendaman dalam coca cola.



C3. Perendaman dalam sprite.

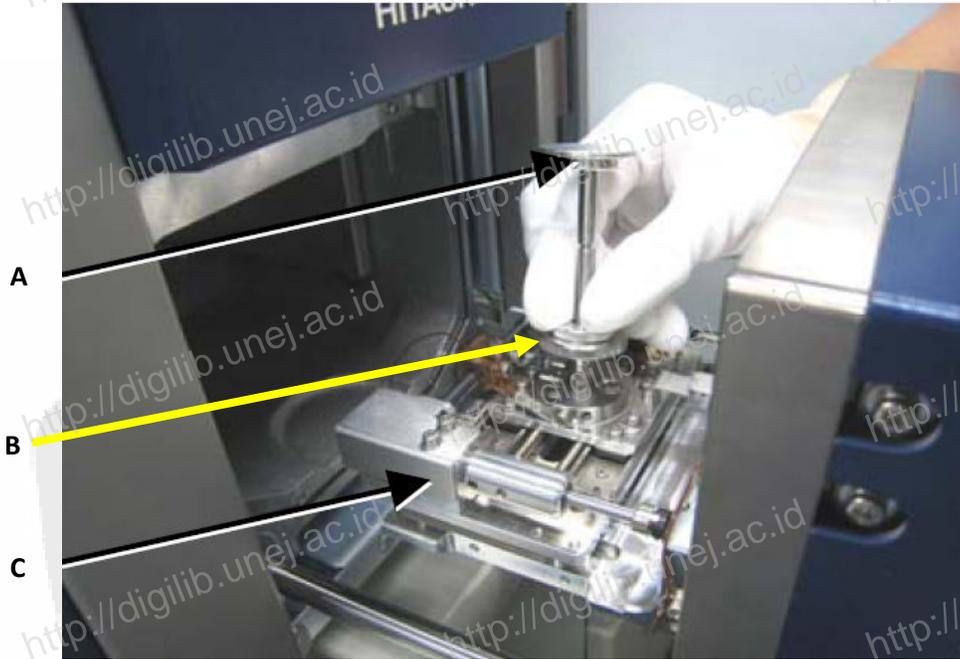


C4. Pengukuran pH



C5. Pengamatan *Scanning Electron Micrograph* (SEM)

C5.1 Pengaturan tinggi *specimen stub* dengan memutar *lock nut* 1 dan 2



Keterangan :

A = *Specimen stub*.

B = *Lock nut 1 dan 2*.

C = *Stage*.

C5.2 Tampilan program TM3000

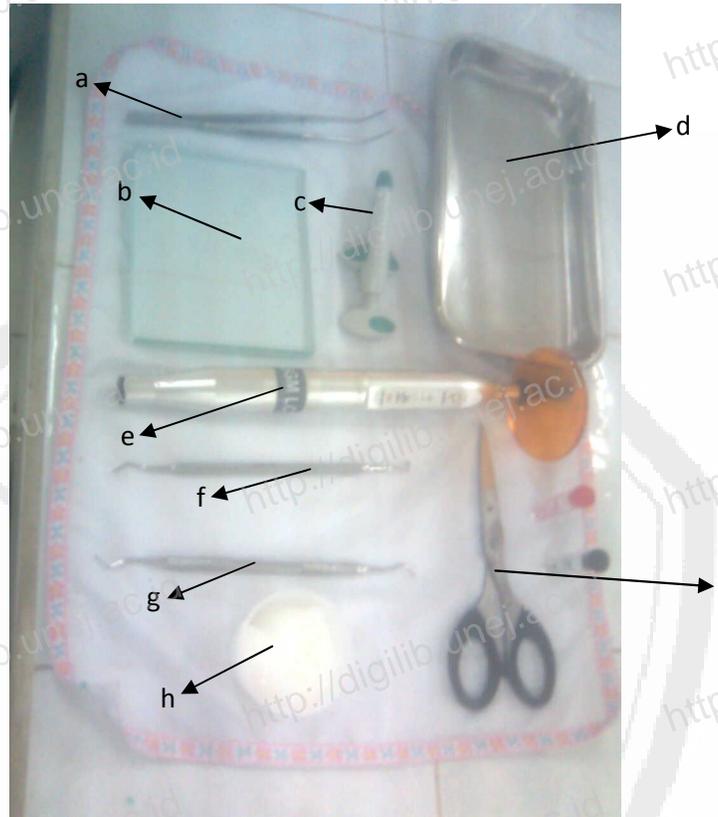


C6. Pengukuran kekasaran.

Keterangan :

- a. *Surface Roughness Tester.*
- b. Lempeng resin komposit.
- c. Malam mainan.
- d. Lempeng logam silinder.

Lampiran D. Alat dan bahan penelitian.



Keterangan :

- a. Pinset .
- b. *Glass plate.*
- c. Pasta resin komposit.
- d. Baki alat.
- e. LED light curing unit.
- f. Stoper semen.
- g. Plastik filling instrument.
- h. Vaseline.
- i. gunting



Keterangan :

- a. mini grinder.
- b. Diamond disk (merk e-denta).
- c. Syringe 1 ml.
- d. Kertas abrasif silikon karbit ukuran 1000.
- e. Lempeng spesimen resin komposit.



Keterangan :

- a. lempeng logam/dudukan spesimen.
- b. Dudukan *Surface Roughness Tester*.
- c. *Surface Roughness Tester* (merk mitutoyo).
- d. Laptop (merk Dell).
- e. *Scanning Electron Micrograph* TM3000 (merk Hitachi).
- f. *Drive unit* SRT.
- g. *Control unit* SRT



Keterangan :

- a. Gelas ukur.
- b. pH meter.
- c. Aquades.
- d. Coca cola
- e. Sprite.