



**PERBEDAAN KEKUATAN LENTUR BAHAN
RESTORASI RESIN KOMPOSIT *NANOHYBRID*
DENGAN RESIN KOMPOSIT *FIBER***

**SKRIPSI
UNTUK MEMENUHI PERSYARATAN
MEMPEROLEH GELAR SARJANA**

Oleh:

**ANGGA NURIN YUSNIA
145070407111034**

**PROGRAM STUDI SARJANA KEDOKTERAN GIGI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya bagi Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas dengan judul “PERBEDAAN KEKUATAN LENTUR BAHAN RESTORASI RESIN KOMPOSIT *NANOHYBRID* DENGAN RESIN KOMPOSIT *FIBER*”.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Drg. Setyohadi, MS, selaku dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya.
2. Drg. Yuliana Ratna Kumala, Sp. KG selaku Ketua Program Studi Sarjana Kedokteran Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya.
3. Drg. Chandra Sari Kurniawati, Sp.KG dan Drg. Yuliana Ratna Kumala, Sp.KG sebagai dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing serta memberi masukan dan saran untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Segenap anggota Tim Pengelola Tugas Akhir FKG UB.
5. Ayahanda H. Yusvianto Syahrizal dan Ibunda Hj. Sunifa serta Alm. Kakek H. Supi'i Sadikun dan Nenek Hj. Siti Djumaroh yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan, semangat serta doa yang selalu dipanjatkan dalam setiap sholatnya, kedua adik saya Ardan Iqbal Syahrezi dan Akbar Rizal

Abdillah serta Meriza Dwi Pharamita yang selalu menyemangati dan memberikan dukungan.

6. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis membuka diri untuk segala saran dan kritik yang membangun. Akhirnya, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkan.



Penulis

ABSTRAK

Angga Nurin Yusnia. 2018. **Perbedaan Kekuatan Lentur Bahan Restorasi Resin Komposit *Nanohybrid* Dengan Resin Komposit *Fiber***. Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya. Pembimbing: (1.) drg. Chandra Sari Kurniawati, Sp.KG. (2.) drg. Yuliana Ratna Kumala, Sp.KG.

Suatu bahan restorasi harus memiliki ketahanan terhadap beban kunyah yang diterima untuk dapat bertahan dalam rongga mulut. Salah satu dari sifat mekanik resin komposit adalah kekuatan lentur, yang berarti kemampuan suatu bahan restorasi untuk menahan gaya tekan dan tarik saat sedang berfungsi dalam rongga mulut baik sebagai restorasi di daerah anterior maupun posterior. Resin komposit *nanohybrid* merupakan resin komposit yang mengandung partikel berukuran nano yang memiliki sifat fisik dan mekanik lebih baik dibandingkan resin komposit konvensional. Resin komposit dengan penguatan *Fiber Reinforced Composite Resin* (FRC) merupakan kombinasi antara *filler* resin partikulat dengan *fiber* yang akan menghasilkan estetika dan biomekanik yang sama dengan jaringan gigi. *Fiber* yang biasa digunakan dalam kedokteran gigi adalah *fiber glass*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan kekuatan lentur antara bahan restorasi resin komposit *nanohybrid* dengan resin komposit *fiber*. Penelitian eksperimental laboratorium dengan *post test only group design* ini melibatkan 2 resin komposit yaitu resin komposit *nanohybrid* sebagai Kelompok 1 dan resin komposit *fiber* sebagai Kelompok 2. Dilakukan pembuatan sampel berukuran 2 x 2 x 25 mm sebanyak 10 pada tiap kelompok. Dilanjutkan dengan penyinaran menggunakan *light curing* dan sampel disimpan pada inkubator bersuhu 37°C selama 48 jam. Sampel diuji kekuatan lenturnya dengan menggunakan *Universal Testing Machine*. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan lentur Kelompok 1 adalah 7,7025 Mpa dan Kelompok 2 adalah 12,2625 Mpa. Kesimpulan dari penelitian ini adalah terdapat perbedaan kekuatan lentur yang signifikan antara resin komposit *nanohybrid* dengan resin komposit *fiber* dimana kekuatan lentur pada resin komposit *fiber* lebih besar dibanding resin komposit *nanohybrid*.

Kata Kunci : resin komposit, kekuatan lentur, *nanohybrid*, *fiber*.

ABSTRACT

Angga Nurin Yusnia. 2018. **The Evaluation of Flexural Strength Restorative Material *Nanohybrid Resin Composite and Fiber Resin Composite***. Faculty of Dentistry Universitas Brawijaya. Conselor: (1.) drg. Chandra Sari Kurniawati, Sp.KG. (2.) drg. Yuliana Ratna Kumala, Sp.KG.

A restorative material must have resistance to the chewing load received for its defend in the oral. One of the mechanical properties of composite resins is flexural strength, which means the ability of a restorative material to resist compressive and tensile forces while working in the oral both as a anterior restoration or posterior regions. Nanohybrid composite resin is a composite resin containing nano-sized particles which have better physical and mechanical properties than conventional composite resin. Composite resin with reinforcement of Fiber Reinforced Composite Resin (FRC) is a combination of particulate resin filler and fiber will produce the same aesthetic and biomechanics as dental tissue. Fiber commonly used in dentistry is glass fiber. This study aims to determine the difference in flexural strength between nanohybrid composite resin restoration material and fiber composite resin. This laboratory experimental study with post test only group design involved 2 composite resins, namely nanohybrid composite resin as Group 1 and fiber composite resin as Group 2. The samples were made of 2 x 2 x 25 mm as many as 10 in each group. Followed by irradiation using light curing and the sample is stored in an incubator at 37°C for 48 hours. The samples were tested for flexural strength using Universal Testing Machine. The results showed the flexural strength of Group 1 was 7.7025 Mpa and Group 2 was 12.2625 Mpa. The conclusion of this study is that there are significant flexural strength differences between nanohybrid composite resin and fiber composite resin where the flexural strength of the fiber composite resin is greater than the nanohybrid composite resin.

Keywords: composite resin, flexural strength, nanohybrid, fiber.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii

BAB

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.3.1 Tujuan Umum.....	3
1.3.2 Tujuan Khusus.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Resin Komposit.....	5
2.1.1 Komposisi Resin Komposit.....	6
2.1.2 Macam Resin Komposit.....	12
2.1.3 Sifat-sifat Resin Komposit.....	14
2.1.4 Polimerisasi.....	17
2.1.5 Teknik Etsa Asam.....	18
2.1.6 <i>Bonding</i>	20
2.1.6.1 Bahan <i>Bonding</i>	22
2.2 Resin Komposit <i>Nanohybrid</i>	25
2.3 Resin Komposit <i>Fiber</i>	28
2.3.1 Jenis <i>Fiber</i>	32
2.3.2 Susunan <i>Fiber</i>	35
2.4 Kekuatan Lentur.....	35
2.5 <i>Universal Testing Machine</i>	37

3.	KERANGKA KONSEP	
3.1	Kerangka Konsep.....	39
3.2	Hipotesis Penelitian	41
4.	METODE PENELITIAN	
4.1	Rancangan Penelitian.....	43
4.2	Sampel Penelitian	43
4.3	Variabel Penelitian.....	44
4.3.1	Variabel Bebas.....	44
4.3.2	Variabel Terikat.....	44
4.3.3	Variabel Terkendali	44
4.4	Lokasi dan Waktu Penelitian	44
4.4.1	Lokasi Penelitian	44
4.4.2	Waktu Penelitian	45
4.5	Bahan dan Alat Penelitian.....	45
4.5.1	Alat Penelitian	45
4.5.2	Bahan Penelitian.....	45
4.6	Definisi Operasional	46
4.7	Prosedur Penelitian	46
4.7.1	Pembuatan Sampel	46
4.7.2	Penyimpanan Sampel	47
4.7.3	Pengujian Kekuatan Lentur	47
4.8	Analisis Data.....	48
4.9	Alur Penelitian	49
5.	HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA	
5.1	Hasil Penelitian	51
5.2	Analisis Data.....	53
5.2.1	Uji Normalitas Data.....	53
5.2.2	Uji Homogenitas Varian.....	53
5.2.3	<i>T-test</i> Dua Sampel Bebas.....	54
6.	PEMBAHASAN	57
7.	PENUTUP	
7.1	Kesimpulan	61
7.2	Saran	61

DAFTAR PUSTAKA63

LAMPIRAN.....67



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Struktur kimia BIS-GMA, UEDMA, dan TEGDMA.....	7
2.2 3-metakriloksi-prophyl-trimetoksilane.....	9
2.3 Tahap Inisiasi	17
2.4 Tahap Propagasi	17
2.5 Tahap Terminasi	18
2.6 Resin komposit <i>Nanohybrid</i>	27
2.7 Gambaran <i>scanning electron microscopic</i>	29
2.8 Resin Komposit <i>Fiber</i>	30
2.9 Gambaran mikroskop electron	33
2.10 Mikroskop Elektron <i>carbon Fiber berbentuk anyaman</i>	33
2.11 Gambaran mikroskop electron	34
2.12 Cara penempatan komposit	36
2.13 <i>Universal Testing Machine</i> merk Tarno Grocki	37
5.1 Sampel resin komposit	51
5.2 Diagram batang rata-rata kekuatan lentur.....	52

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 <i>Irradiation time</i> dan <i>depth of cure</i>	32
5.1 Hasil uji kekuatan lentur	51
5.2 Uji normalitas data	53
5.3 Uji homogenitas	54
5.4 <i>T-test</i> dua sampel bebas	54



DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran 1	Pernyataan keaslian tulisan.....	67
Lampiran 2	Hasil uji statistik.....	68
Lampiran 3	Foto penelitian.....	70
Lampiran 4	Surat pengantar laboratorium biokimia.....	75
Lampiran 5	Surat pengantar laboratorium teknik mesin.....	76



HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

**PERBEDAAN KEKUATAN LENTUR BAHAN RESTORASI
RESIN KOMPOSIT *NANOHYBRID* DENGAN RESIN
KOMPOSIT *FIBER***

Oleh :
ANGGA NURIN YUSNIA
NIM. 145070407111034

Telah diujikan di depan Majelis Penguji pada tanggal 28 September
2018 dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana dalam Bidang Kedokteran Gigi.

Menyetujui :

Pembimbing I

Pembimbing II

drg. Chandra Sari K., Sp. KG
NIP. 201208790112001

drg. Yuliana R. Kumala, Sp. KG
NIP.198004092008122004

Mengetahui :
Ketua Program Studi Sarjana Kedokteran Gigi
Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya

drg. Yuliana R. Kumala, Sp. KG
NIP.198004092008122004

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah disertasi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh SARJANA dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 18 September 2018

Yang menyatakan,

Angga Nurin Yusnia

NIM. 145070407111034

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan resin komposit sebagai bahan restorasi gigi dalam dunia kedokteran gigi terus mengalami peningkatan yang signifikan selama beberapa tahun terakhir ini. Permintaan pasien untuk restorasi sewarna dengan gigi menjadi salah satu pertimbangan dari penggunaan resin komposit. Resin komposit merupakan bahan yang terbuat dari resin polimer, diperkuat oleh serat dengan menggabungkan sifat fisik dan mekanik. Resin komposit dibagi berdasarkan ukuran partikelnya, yaitu komposit *macrofiller* (*filler* ukuran dari 0,1 hingga 100 mikron), komposit *microfiller* (0,04 mikron), komposit *hybrid* dan partikel nano (Craig, 2003). Saat ini terdapat dua tipe yang berbeda dari resin komposit yang mengandung partikel berukuran nano yang salah satunya adalah komposit *nanohybrid* (Noort, 2007). Nanoteknologi dalam kedokteran gigi bertujuan untuk membuat suatu produk yang lebih ringan, lebih kuat dan lebih tepat karena ukurannya yang lebih kecil.

Resin komposit *nanohybrid* adalah bahan yang dapat digunakan sebagai tambalan pada gigi anterior dan tambalan pada gigi posterior yang membutuhkan ketahanan pemakaian, juga dapat dipakai sebagai *core build up*, perbaikan *veneer*, komposit *inlay*, dan odontoplasti (Puckett, 2007). Resin komposit *nanohybrid* mempunyai hasil akhir yang lebih baik bila dinilai dari tekstur permukaan

komposit dan perubahan warna lebih sedikit. Resin komposit *nanohybrid* memiliki sifat fisik dan mekanik lebih baik dibandingkan resin komposit konvensional (Garcia A, 2006). Kekuatan lentur komposit *nanohybrid* cukup bagus sehingga bahan ini juga dapat digunakan sebagai tambalan pada gigi posterior (Powers *et al.*, 2006).

Resin komposit dengan penguatan *Fiber Reinforced Composite Resin* (FRC) mulai banyak digunakan oleh para praktisi di bidang kedokteran gigi. Penggunaan *fiber* pada bidang kedokteran gigi memiliki beberapa fungsi diantaranya meningkatkan kekuatan dan kekakuan, meningkatkan ketahanan terhadap fraktur serta menurunkan pengerutan (Widjijono, 2014). FRC merupakan kombinasi antara *filler* resin partikulat dengan *fiber* yang akan menghasilkan estetika dan biomekanik yang sama dengan jaringan gigi (Nurul, 2016). *Fiber* yang biasa digunakan dalam kedokteran gigi adalah *fiber glass*. *Fiber glass* mempunyai daya lentur yang tinggi dan sifat yang keras sehingga cocok digunakan pada gigi yang menerima tekanan besar. *Fiber glass* mempunyai beberapa jenis diantaranya adalah *fiber glass type E*. *E-Fiber Glass* atau *Electrical Glass* mempunyai sifat mekanik yang sama dengan dentin dan tahan terhadap air. Pada resin komposit dengan penambahan *E-Fiber Glass* diharapkan memiliki nilai ketahanan fraktur lebih tinggi daripada resin komposit tanpa *E-Fiber Glass* (Nurul, 2016).

Menurut hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan pada kekuatan fraktur, kekuatan lentur, kekuatan tekan dan kapasitas beban dari resin komposit *fiber* dengan *E-glass fiber* dibandingkan dengan restorasi komposit konvensional (Garoushi *et al.*, 2011).

Suatu bahan restorasi harus memiliki ketahanan terhadap beban kunyah yang diterima untuk dapat bertahan dalam rongga mulut (Craig dan Powers, 2002). Resin komposit akan pecah atau retak apabila tidak memiliki kekuatan untuk menahan gaya tekan dan tarik tersebut (Esterina, 2012). Kemampuan suatu bahan restorasi untuk menahan gaya tekan dan tarik saat sedang berfungsi dalam rongga mulut baik sebagai restorasi di daerah anterior maupun posterior disebut kekuatan lentur (Mozartha *et al.*, 2010). Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti ingin mengetahui perbedaan kekuatan lentur resin komposit *nanohybrid* dengan resin komposit *fiber*.

1.2 Rumusan Masalah

Apakah terdapat perbedaan kekuatan lentur resin komposit *nanohybrid* dengan resin komposit *fiber*?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Mengukur perbedaan kekuatan lentur dari resin komposit *nanohybrid* dengan resin komposit *fiber*.

1.3.2 Tujuan Khusus

- a) Mengukur kekuatan lentur resin komposit *nanohybrid*.
- b) Mengukur kekuatan lentur resin komposit *fiber*.
- c) Menganalisis perbedaan kekuatan lentur resin komposit *nanohybrid* dengan resin komposit *fiber*.

1.4 Manfaat Penelitian

- a) Memberikan gambaran mengenai kekuatan lentur resin komposit *nanohybrid* dengan resin komposit *fiber*; sehingga dapat membantu para praktisi untuk memilih material

restoratif yang tepat dan sesuai kebutuhannya.

- b) Memberikan informasi bagi penelitian selanjutnya mengenai kekuatan lentur resin komposit *nano hybrid* dengan resin komposit *fiber*.
- c) Memberikan informasi mengenai kemajuan ilmu material kedokteran gigi khususnya resin komposit *nano hybrid* dan *fiber*.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Resin Komposit

Bahan resin komposit diperkenalkan dalam profesi kedokteran gigi pada awal tahun 1960. Resin komposit digunakan untuk menggantikan struktur gigi yang hilang, memodifikasi warna dan kontur gigi, serta menambah estetik. Bahan resin komposit sudah sangat luas digunakan dibidang kedokteran gigi sebagai bahan tumpatan yang mementingkan estetik (*restorative esthetic material*). Umumnya resin komposit yang dipasarkan adalah bahan universal yang berarti dapat digunakan untuk restorasi gigi anterior maupun posterior. Akhir tahun 1996 diperkenalkan resin komposit *packable* atau resin komposit *condensable*. Resin komposit *packable* merupakan resin komposit dengan viskositas yang tinggi (Sensi *et al.*, 2004).

The American Dental Association (ADA) mengindikasikan kelayakan resin komposit untuk digunakan sebagai *pit* dan *fissure sealant*, resin preventif, lesi awal klas I dan II yang menggunakan modifikasi preparasi gigi konservatif, restorasi klas I dan II yang berukuran sedang, restorasi klas V, restorasi pada tempat-tempat yang memerlukan estetik, dan restorasi pada pasien yang alergi atau sensitif terhadap logam (Andreina, 2011).

Pertimbangan estetik penggunaan resin komposit sebagai bahan tumpatan sewarna gigi semakin populer dan berkembang dengan pesat. Bahan ini dapat digunakan pada hampir semua kasus

restorasi dan pengerjaannya proses pengerjaannya relatif mudah dan cepat. Penggunaan resin komposit semakin berkembang karena kekuatannya yang meningkat dengan hadirnya nano partikel. Penekanan yang terjadi akibat kontraksi selama polimerisasi dari resin komposit dapat menyebabkan perlekatan tepi tambalan menjadi terganggu, sehingga kebocoran mikro masih sering ditemui antara tepi kavitas dengan bahan restorasi. Resiko kebocoran mikro antara tepi restorasi di bagian dentin lebih tinggi dibandingkan pada bagian enamel. Kebocoran mikro dapat memicu adanya karies sekunder, sensitivitas pulpa dan diskolorasi (perubahan warna) tepi tumpatan. Kebocoran mikro merupakan jalan masuk bakteri, cairan, atau molekul melalui celah diantara dinding kavitas dan bahan restorasi yang akan menyebabkan karies sekunder (Yalcin *et al.*, 2014).

Resin komposit material kompleks dan mengandung komponen resin organik yang membentuk matriks, *inorganic filler*, *coupling (interfacial) agent* untuk menyatukan resin dengan *filler*, *initiator* untuk mengaktifkan mekanisme *setting* resin komposit, stabilisers dan pigmen. Klasifikasi resin komposit berdasarkan ukuran partikel *filler* ada 4 yaitu *Macrofiller*, *Microfiller*, *Hybrid* dan *nanofiller* resin komposit (Anusavice *et al.*, 2004).

2.1.1 Komposisi Resin Komposit

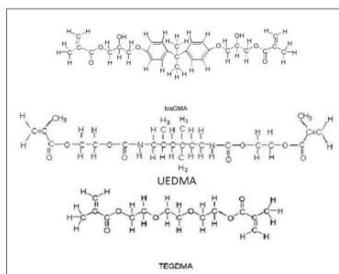
Komposisi dari resin komposit adalah :

a. Matriks Resin

Pada bahan komposit, matriks mempunyai kegunaan dalam memegang dan mempertahankan serat pada posisinya. Selain itu, pada

saat terjadi pembebanan, matriks dapat merubah bentuk dan mendistribusikan tegangan ke unsur utamanya yaitu serat. Matriks juga dapat memberikan sifat tertentu, misalnya elastisitas, keuletan dan konduktivitas. Bahan matriks resin komposit banyak menggunakan monomer yang merupakan diakrilat aromatik atau alipatik.

Bisphenol-A-Glycidyl Methacrylate (BIS-GMA), *Urethane Dimethacrylate (UDMA)*, dan *Triethylene Glikol Dimethacrylate (TEGDMA)* merupakan dimetakrilat yang umum digunakan dalam resin komposit. Monomer dengan berat molekul tinggi, khususnya BIS-GMA sangat kental pada temperatur ruang (25°C). Penggunaan monomer kental penting untuk memperoleh tingkat pengisi yang tinggi. Monomer yang memiliki berat molekul lebih tinggi dari pada metil metakrilat dapat membantu mengurangi pengerutan polimerisasi. Nilai polimerisasi pengerutan untuk resin metilmetakrilat adalah 22% V dimana untuk resin BIS-GMA yaitu 7,5% V. Terdapat sejumlah komposit yang lebih memilih menggunakan UDMA dari pada BIS-GMA (Anusavice, 2004; Lesage, 2007).



Gambar 2.1 Struktur kimia BIS-GMA, UEDMA, dan TEGDMA.

BIS-GMA dan UDMA merupakan cairan yang memiliki kekentalan tinggi karena memiliki berat molekul yang tinggi. Ukuran *filler* yang lebih besar cenderung membuat bahan lebih kaku dan bentuk partikel *hybrid* menghasilkan nilai modulus elastisitas yang lebih tinggi dibanding bentuk partikel *spherical*. Untuk mengatasi masalah tersebut, monomer yang memiliki kekentalan rendah dikenal sebagai pengontrol kekentalan seperti *metil metakrilat* (MMA), *etilen glikol dimetakrilat* (EDMA), dan *triethylene glikol dimethacrylate* (TEGDMA) adalah yang paling sering digunakan. Selain monomer, bahan tambahan lain yang ditambahkan pada matriks resin adalah sistem aktivator-inisiator, penghambat, penyerap sinar ultra violet, pigmen, dan pembuat opak. Komponen-komponen ini terdapat dalam konsentrasi yang kecil (Annusavice, 2004).

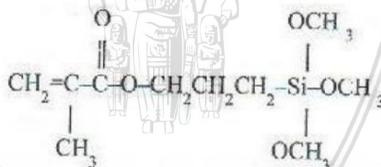
b. Partikel Bahan Pengisi

Dimasukkannya partikel bahan pengisi ke dalam suatu matriks secara nyata dapat meningkatkan sifat bahan matriks bila partikel pengisi benar-benar berikatan dengan matriks. Bila tidak, partikel bahan pengisi dapat melemahkan bahan. Bahan pengisi halus yaitu quartz, lithium aluminium silicate, barium, strontium, zinc. Bahan pengisi sangat halus yaitu colloidal silica. Radiopak bahan pengisi disebabkan oleh sejumlah kaca dan porselen yang mengandung logam berat seperti barium (Ba), strontium (Sr) dan zirconium (Zr). Kaca pengisi yang paling sering dipakai adalah kaca barium. *Filler* dimasukkan ke dalam matriks resin untuk mengurangi kontraksi polimerisasi, mengurangi koefisien muai termis, meningkatkan sifat

mekanis komposit antara lain kekuatan dan kekerasan, mengurangi penyerapan air, kelunakan dan pewarnaan (Anusavice, 2004).

c. *Coupling Agent*

Untuk memiliki sifat yang baik, komposit harus memiliki ikatan yang baik antara partikel pengisi anorganik dan matriks resin selama *setting*. *Coupling agent* atau bahan pengikat berfungsi untuk mengikat partikel bahan pengisi dengan matriks resin. Adapun kegunaannya yaitu untuk meningkatkan sifat mekanis dan sifat fisik resin, menstabilkan hidrolitik dengan mencegah air dari penetrasi bahan pengisi resin. Bahan pengikat yang paling sering digunakan adalah senyawa silikon organik yang disebut *silane*, seperti organosilanes (3-metoksi-propil-trimetoksi silane) (Khaled, 2011).



Gambar 2.2 3-metakriloksi-propyl-trimetoksilane (Powers dan Sakaguchi, 2009).

d. Sistem Aktivator-Inisiator

Resin komposit merupakan monomer dimetakrilat, oleh karena itu bahan ini mengeras melalui mekanisme tambahan yang diawali oleh radikal bebas yang dapat diperoleh melalui dua cara, yaitu :

➤ Diaktivasi secara kimiawi

Resin yang diaktifkan secara kimiawi terdiri dari dua pasta yang mengandung inisiator *benzoyl peroksida* dan aktivator *amin tersier*. Kedua pasta diaduk, *amin tersier* akan bereaksi dengan *benzoyl peroksida* membentuk radikal bebas dan polimerisasi adisi dimulai.

➤ Diaktivasi dengan cara penyinaran

Resin yang diaktifkan dengan sinar tampak terdiri dari satu pasta saja. Sistem pembentuk radikal bebas yang terdiri atas molekul-molekul fotoinisiator *champroquinone* dan aktivator *amin* terdapat dalam pasta tersebut, bila kedua komponen ini tidak disinari, maka keduanya tidak akan bereaksi. Sebaliknya, bila disinari dengan panjang gelombang yang tepat akan merangsang fotoinisiator bereaksi dengan aktivator *amin tersier* membentuk radikal bebas (Anusavice *et al.*, 2004).

e. Bahan Penghambat

Untuk meminimalkan atau mencegah polimerisasi spontan dari monomer, bahan penghambat dapat ditambahkan pada sistem resin. Penghambat ini memiliki potensi reaksi yang kuat terhadap adanya radikal bebas. Bila radikal bebas telah terbentuk, seperti dengan suatu pemaparan singkat bahan 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 sering

dipakai adalah *butylated hydroxytoluene* dengan konsentrasi 0,01% berat (Annusavice, 2004).

f. *Modifier Optic*

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 terdiri dari oksida logam berbeda yang ditambahkan dalam jumlah sedikit. Translusensi atau opasitas dibuat untuk menyesuaikan dengan warna email dan dentin. Untuk meningkatkan opasitas, pabrik pembuat menambahkan titanium oksid dan alumunium oksid dalam jumlah kecil (0,001-0,007% berat) dalam oksid karena komposit tersebut merupakan bahan pembuat opak yang efektif. Semua *modifier* optik mempengaruhi kemampuan transmisi cahaya dari komposit (Anusavice, 2004).

2.1.2 Macam Resin Komposit

Resin komposit juga diklasifikasikan berdasarkan persentase muatan *filler*, yaitu :

a. Resin komposit *flowable*

Pada pertengahan tahun 1990, diperkenalkan resin komposit *flowable* sebagai bahan tambalan alternatif untuk restorasi kavitas klas V. Resin komposit ini memiliki ukuran partikel *filler* yang berkisar antara 0,04-1 μm dan persentase komposisi atau muatan *fillernya* berkurang hingga 44-54 %. Komposisi *filler* inorganik yang rendah dan komposisi resin yang lebih banyak menyebabkan resin komposit

tipe ini memiliki daya alir yang sangat tinggi dan viskositas atau kekentalannya cukup rendah, sehingga dapat dengan mudah untuk mengisi atau menutupi celah kavitas yang kecil. Resin komposit *flowable* memiliki modulus elastisitas yang rendah menyebabkan bahan ini lebih fleksibel, penumpatan bahan yang lebih mudah, cepat, teliti, mudah beradaptasi, sangat mudah dipoles, radiopak, dan mengandung *fluoride* serta pengurangan sensitivitas setelah penumpatan. Resin komposit *flowable* juga dapat membentuk sebuah lapisan elastis yang dapat mengimbangi tekanan pengerutan polimerisasi. Indikasi bahan restorasi ini ditujukan untuk kavitas dengan invasif minimal seperti restorasi klas I dan klas II dengan tekanan oklusal yang ringan, restorasi kavitas klas V, juga dapat digunakan sebagai *liner* (Roberson, 2002).

b. Resin komposit *packable*

Akhir tahun 1996 diperkenalkan resin komposit *packable* atau resin komposit *condensable*. Resin komposit *packable* memiliki ukuran partikel *filler* berkisar antara 0,7-2 μm dan persentase komposisi atau muatan *filler* berkisar antara 48-65 % volume. Komposisi *filler* yang tinggi dapat menyebabkan kekentalan atau viskositas bahan menjadi meningkat sehingga sulit untuk mengisi celah kavitas yang kecil, tetapi dengan semakin besarnya komposisi *filler* menyebabkan bahan ini dapat mengurangi pengerutan selama polimerisasi, memiliki koefisien ekspansi termal yang hampir sama dengan struktur gigi, dan adanya perbaikan sifat fisik terhadap adaptasi tepi. Resin komposit ini juga diharapkan dapat menunjukkan sifat-sifat fisik dan mekanis yang baik karena memiliki kandungan

filler yang tinggi. Resin komposit *packable* diindikasikan untuk gigi posterior karena daya tahannya terhadap tekanan dapat mengurangi masalah kehilangan kontak. Resin komposit ini diindikasikan untuk restorasi klas I, klas II dengan luas kavitas yang kecil, dan klas V (Powers, 2012).

Lutz dan Philips (1983) mengklasifikasikan resin komposit berdasarkan ukuran partikel *filler* dan distribusinya, yaitu :

a. Resin komposit *macrofiller*

Resin komposit *macrofiller* mempunyai ukuran *filler* 1-5 μm . Resin komposit tipe ini mempunyai daya tahan yang baik terhadap fraktur, dapat dipoles tetapi hasilnya tidak begitu baik (*semipolishable*) dan warnanya lebih stabil. Bahan ini diindikasikan untuk restorasi kavitas klas IV, untuk gigi posterior dan pembuatan *core*.

b. Resin komposit *microfiller*

Resin komposit *microfiller* mempunyai ukuran *filler* 0,04 μm . Resin komposit tipe ini mempunyai daya tahan yang rendah terhadap fraktur, dapat dipoles dengan baik serta mengkilat dan warnanya stabil. Bahan ini diindikasikan untuk restorasi kavitas klas III, kavitas klas V, kavitas klas IV yang kecil dan untuk labial *veneers*. Resin tipe ini bahan dasarnya adalah BISGMA, sebagai hasil reaksi dari *bisphenol a* dan *glycidil methacrylate*. Resin tersebut merupakan suatu bahan yang kental dan mudah melekat sehingga sesaat sebelum digunakan perlu diencerkan dengan penambahan monomer yang mempunyai berat molekul rendah untuk mempermudah proses manipulasi (Ferrecane, 2001).

c. Resin komposit *hybrid*

Resin komposit *hybrid* mempunyai ukuran *filler* 0,04-5 μm .

Resin komposit tipe ini mempunyai daya tahan yang lebih baik terhadap fraktur, dapat dipoles dengan baik dan warnanya stabil. Resin komposit *hybrid* mengandung dua macam *filler* yaitu partikel *macrofiller* dengan penambahan partikel *microfiller*. Resin komposit *hybrid* kurang baik pada pemolesan dibanding dengan resin komposit *microfiller*, tetapi tipe ini lebih tahan terhadap abrasi sehingga dapat digunakan sebagai bahan restorasi klas IV (Powers, 2012).

d. Resin komposit *nanofiller*

Berkembangnya *nanotechnology* telah diperkenalkan tipe resin komposit terbaru yaitu resin komposit *nanofiller*. Ukuran partikel *filler* resin ini yaitu 20-75 μm . Resin komposit ini mengandung dua jenis partikel *filler* yaitu *nanomer* dan *nanocluster*. Partikel *nanomer* mengandung silika dengan ukuran yang sangat kecil yaitu 25-70 μm dengan penambahan silan dan secara sempurna dapat berikatan dengan matriks resin, dan partikel *nanocluster* mengandung SiO_2 *nanocluster* dengan ukuran 0,4-1 μm . Kombinasi partikel *filler* *nanomer* dan *nanocluster* dapat mengurangi celah *interstitial* dari partikel *filler* sehingga dapat meningkatkan muatan *filler*, sifat fisik yang lebih baik dan juga dapat dipoles lebih baik (Rina, 2008).

2.1.3 Sifat – sifat Resin Komposit

1) Sifat Mekanis :

a. Kekuatan (*Strength*)

Kekuatan merupakan kemampuan suatu bahan untuk

menahan tekanan yang diberikan kepada bahan tanpa ada terjadi kerusakan. Kekuatan terdiri dari kekuatan tarik (*tensile strength*), kekuatan kompresi (*compressive strength*) dan modulus elastik. Resin komposit memiliki kekuatan yang berbeda-beda (Kidd, 2008; Van ende *et al.*, 2012).

b. Kekerasan (*Hardness*)

Kekerasan adalah suatu ketahanan bahan terhadap deformasi tekanan yang diberikan padanya. Kekerasan permukaan *dental material* dapat menjadi alat untuk mengetahui teknik dan nilai kekerasan bisa digunakan untuk membandingkan resin komposit yang berbeda. Kekerasan bisa menjadi indikator terbaik dari ketahanan pemakaian resin komposit (Kidd, 2008; Van ende *et al.*, 2012).

c. Kekasaran

Kekasaran adalah ukuran dari tekstur permukaan yang tidak teratur (Kidd, 2008; Van ende *et al.*, 2012).

d. Enamel dan Dentin

Kekuatan ikatan pada resin komposit yang telah di etsa pada enamel dan dentin adalah 20 dan 30 Mpa. *Bonding* merupakan sebuah hasil retensi *micromechanical* dari *bonding agent* ke lapisan permukaan enamel dan dentin yang telah dietsa. Pada dentin, sebuah lapisan *hybrid* dan kolagen terbentuk dan *bonding* secara adhesive berpenetrasi ke tubulus dentin (Craig, 2006).

e. Kekuatan dan Modulus

Besar kekuatan lentur dan kompresi dari beberapa jenis resin komposit kurang lebih mirip antara satu sama lain. Moduli lentur dan kompresi dari resin komposit mikrofil dan *flowable* lebih rendah 50%

daripada nilai pada resin komposit *hybrid* dan *packable* yang menggambarkan jumlah volume *filler* yang lebih rendah pada resin komposit dan *flowable* (Craig, 2006).

f. *Knoop Hardness*

Knoop hardness komposit (22 hingga 80 kg/mm²) lebih rendah daripada enamel (343 kg/mm²) atau dental amalgam (110 kg/mm²). Nilai *knoop hardness* pada resin komposit fine lebih besar dibandingkan dengan mikrofine karena fraksi kekerasan dan volume partikel filler. Namun, dengan sebagian besar produk saat ini, ukuran partikel filler yang jauh lebih kecil dan nilai-nilai micro hardness tampil lebih baik (Craig, 2006).

2) Sifat Fisik :

Komposit merupakan bahan restorasi yang memiliki estetik yang baik. Selain itu, komposit memiliki kemampuan perlekatan pada enamel maupun dentin dengan bonding dan stabilitas warna yang baik pula (Naz *et al.*, 2012). Sifat fisik dari komposit diantaranya yaitu adanya pengerutan saat polimerisasi, ekspansi termal, penyerapan cairan, kelarutan, stabilitas warna yang cukup baik serta *working* dan *setting time* yang dapat dikontrol dengan memperhatikan konsentrasi *initiator* dan *accelerator* (Powers *et al.*, 2006).

3) Sifat Klinik

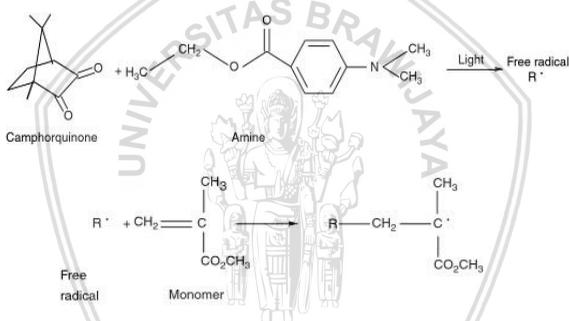
Kebutuhan klinis yang diberikan oleh resin komposit dapat diterima termasuk restorasi pada cusp gigi posterior. Sifat klinis yang dimiliki oleh resin komposit yaitu *radiopacity* yang rendah, tingkat keausan yang cukup tinggi serta *biocompatibility* yang cukup baik (Powers *et al.*, 2006).

2.1.4 Polimerisasi

Polimerisasi merupakan pembentukan rantai polimer dari adisi radikal bebas pada monomer metakrilat (Craig dan Powers, 2002). Tahap polimerisasi terdiri dari :

a. Inisiasi

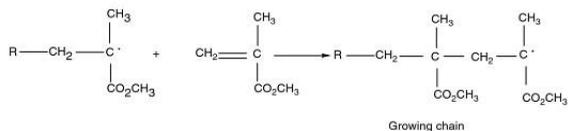
Pada tahap ini, radikal bebas yang dihasilkan dari aktivasi oleh sinar terhadap camphorquinone dan amina organik akan berikatan dengan monomer metakrilat membentuk *active center monomer radical*.



Gambar 2.3 Tahap Inisiasi (Sakaguchi dan Powers, 2012).

b. Propagasi

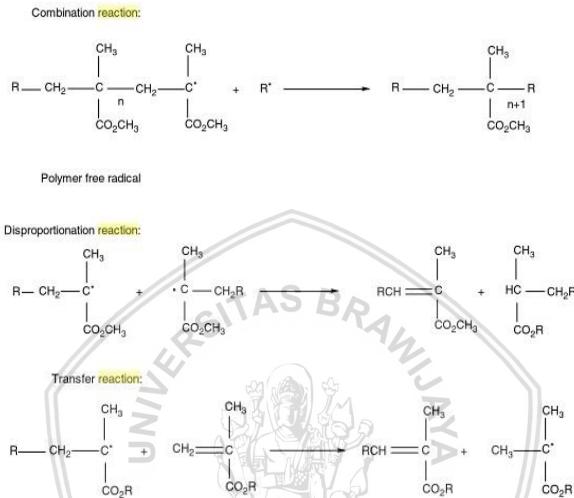
Pada tahap ini terjadi ikatan antara molekul monomer metakrilat dan *active center monomer radical* membentuk rantai polimer yang belum stabil.



Gambar 2.4 Tahap Propagasi (Sakaguchi dan Powers, 2012)

c. Terminasi

Pada tahap ini radikal bebas yang tersisa akan berikatan dengan rantai polimer hingga stabil.



Gambar 2.5 Tahap Terminasi (Sakaguchi dan Powers, 2012)

2.1.5 Teknik Etsa Asam

Sebelum memasukan resin, enamel pada permukaan struktur gigi yang akan ditumpat diolesi etsa asam. Asam tersebut akan menyebabkan hydroksiapatit larut dan hal tersebut berpengaruh terhadap hilangnya prisma enamel di bagian tepi, inti prisma dan menghasilkan bentuk yang tidak spesifik dari struktur prisma. Kondisi tersebut menghasilkan pori-pori kecil pada permukaan enamel, tempat kemana resin akan mengalir bila ditempatkan kedalam kavitas. Bahan etsa yang diaplikasikan pada enamel menghasilkan perbaikan ikatan antara permukaan enamel-resin dengan meningkatkan energi

permukaan enamel. Kekuatan ikatan terhadap enamel teretsa sebesar 15-25 MPa. Alasan salah satunya adalah bahwa asam meninggalkan permukaan enamel yang bersih, yang memungkinkan resin membasahi permukaan dengan lebih baik. Proses pengasaman pada permukaan enamel akan meninggalkan permukaan yang secara mikroskopis tidak teratur atau kasar. Bahan etsa membentuk lembah dan puncak pada enamel, yang memungkinkan resin terkunci secara mekanis pada permukaan yang tidak teratur tersebut. Resin *tag* kemudian menghasilkan suatu perbaikan ikatan resin pada gigi. Panjang *tag* yang efektif sebagai suatu hasil etsa pada gigi anterior adalah berkisar 7-25 μm (Soratur, 2002).

Bahan etsa menggunakan asam fosfor, konsentrasi asam fosfor yang tepat adalah 35%-50%, tetapi pada konsentrasi lebih dari 50% menyebabkan pembentukan monokalsium fosfat monohidrat pada permukaan teretsa yang sehingga menghambat kelarutan lebih lanjut. Asam ini tersedia dalam bentuk cair dan gel dan umumnya dalam bentuk gel agar lebih mudah dikendalikan. Asam diaplikasikan dan dibiarkan tanpa proses perlekatannya dengan enamel minimal selama 15-20 detik (Koudi dan Patil, 2007).

Setelah pemberian etsa, asam harus dibilas dengan air selama 20 detik dan dikeringkan. Enamel yang sudah kering, harus terlihat permukaan berwarna putih seperti bersalju hal tersebut menunjukkan bahwa etsa berhasil. Permukaan ini harus terjaga tetap bersih dan kering sampai resin diletakan untuk membuat ikatan yang baik, karena enamel yang dietsa meningkatkan energi permukaan enamel (Soratur, 2002).

2.1.6 Bonding

Bonding atau *adhesion* adalah suatu keadaan dimana dua permukaan disatukan dengan adanya bahan *adhesive*. Bahan *adhesive* merupakan suatu bahan yang menyatukan dua substrat sehingga dapat mentransfer beban dari substrat satu ke substrat lainnya. Menurut Chandra *et al.* (2007) generasi *bonding* terdiri dari :

a. *Bonding* Generasi 1

Bonding generasi 1 diperkenalkan pada tahun 1970-an dengan menggunakan NPG-GMA (N-phenyl-glycine-glycidyl methacrylate) sebagai *surface active comonomer*. Namun *bonding* generasi 1 ini memiliki kekuatan *bonding* yang sangat rendah.

b. *Bonding* Generasi 2

Bonding generasi 2 diperkenalkan pada tahun 1978 dengan menggunakan material *phosphat ester* dan HEMA. Muatan negatif dari ion fosfat dalam resin akan bereaksi dengan ion kalsium pada *smear layer*. *Bonding* generasi ini menggunakan *smear layer* sebagai substrat. Kegagalan dari *bonding* generasi 2 ini terletak pada *smear layer* sebagai substrat.

c. *Bonding* Generasi 3

Bonding generasi 3 diperkenalkan pada tahun 1980-an. Sistem *bonding* generasi ini menggunakan etsa asam untuk pertama kalinya sebelum *phosphat ester bonding*. Sistem ini meningkatkan kekuatan ikatan pada dentin. Namun seiring berjalannya waktu, dapat mengakibatkan noda pada batas tepi (Wahab, 2015).

d. *Bonding* Generasi 4

Bonding generasi 4 dikenal dengan proses hibridisasinya pada *interface* antara dentin dan komposit. Hibridisasi adalah menggantikan hidroksiapatit dan air pada permukaan dentin oleh resin. Resin dan serat kolagen yang tersisa akan membentuk lapisan *hybrid*. *Bonding* generasi 4 mengandung gel etsa asam (asam fosfat 37% atau asam maleic 10%) untuk membuang *smear layer*, *primer-reactive hydrophilic monomers* (2% NTG GMA dan 16% *bisphenyl dimethacrylate*) dalam etanol atau aseton, dan *resin bonding agent* (Bis-GMA yang mengandung HEMA) yang berdifusi dan membasahi dentin yang terdekalsifikasi sebagian kemudian berpolimerisasi membentuk lapisan *hybrid*.

e. *Bonding* Generasi 5

Bonding generasi 5 mengkombinasikan primer dan bahan adhesive dalam 1 botol namun aplikasi etsa tetap dilakukan terpisah. *Bonding* generasi ini memberikan kelebihan menghemat waktu aplikasi dengan kekuatan *bonding* hampir sama dengan *bonding* generasi 4.

f. *Bonding* Generasi 6

Bonding generasi ini diperkenalkan sejak tahun 2000 dengan menyederhanakan aplikasi etsa, primer, dan *bonding* hanya dalam 1 langkah. Dalam penggunaan *bonding* generasi ini, operator perlu melakukan *mixing* antara etsa, primer, dan *bonding* kemudian diaplikasikan dalam 1 langkah pada gigi.

g. *Bonding* Generasi 7

Bonding generasi ini lebih menyederhanakan aplikasi dari *bonding* generasi 6, yakni etsa, primer, dan *bonding* tersedia dalam 1 botol. Penggunaan *bonding* generasi ini memberikan keuntungan waktu kerja yang cepat dan lebih sederhana. *Bonding* generasi 7 digunakan dalam penelitian ini dan berasal dari pabrik yang sama dengan komposit yang digunakan supaya menghasilkan ikatan yang baik.

h. *Bonding* Generasi 8

Bonding generasi ini memiliki kandungan tambahan yang berbeda dari generasi-generasi sebelumnya, yakni *nanofiller*. Penambahan *filler* ini bertujuan untuk mengurangi pengerutan setelah polimerisasi.

2.1.6.1 Bahan Bonding

Dentin adhesif harus bersifat hidrofilik untuk menggeser cairan dentin dan juga membasahi permukaan, memungkinkan berpenetrasi ke dalam pori-pori dentin dan akhirnya bereaksi dengan komponen organik atau anorganik. Matriks resin bersifat hidrofobik, karena itu bahan *bonding* juga harus mengandung hidrofilik maupun hidrofobik. Bagian hidrofilik harus bersifat dapat berinteraksi pada permukaan yang lembab, sedangkan bagian hidrofobik harus berikatan dengan restorasi resin (Van, 2008).

a. Bahan *bonding* enamel

Enamel merupakan jaringan yang paling padat dan keras pada tubuh manusia. Enamel terdiri atas 96 % mineral, 1 % organik material, dan 3 % air. Mineral tersusun dari jutaan kristal

hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) yang sangat kecil. Tersusun secara rapat sehingga membentuk prisma enamel secara bersamaan berikatan dengan matriks organik, pada prisma yang panjang bentuknya seperti batang dengan diameter sekitar 5 μm . Kristal hidroksiapatit bentuknya heksagonal yang tipis, karena strukturnya seperti itu tidak memungkinkan mendapatkan susunan yang sempurna. Celah diantara kristal dapat terisi air dan material organik. Bahan *bonding* biasanya terdiri atas bahan matriks resin BIS-GMA yang encer tanpa pasi atau hanya dengan sedikit bahan pengisi (pasi). Bahan *bonding* enamel dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan membasahi enamel yang teretsa. Umumnya, kekentalan bahan ini berasal dari matriks resin yang dilarutkan dengan monomer lain untuk menurunkan kekentalan dan meningkatkan kemungkinan membasahi. Bahan ini tidak mempunyai potensi perlekatan tetapi cenderung meningkatkan ikatan mekanis dengan membentuk resin tag yang optimum pada enamel. Beberapa tahun terakhir bahan *bonding* tersebut telah digantikan dengan sistem yang sama seperti yang digunakan pada dentin. Peralihan ini terjadi karena manfaat dari *bonding* simultan pada enamel dan dentin dibandingkan karena kekuatan *bonding* (Powers, 2006).

b. Bahan *bonding* dentin

Dentin adalah bagian terbesar dari struktur gigi yang terdapat hampir diseluruh panjang gigi dan merupakan jaringan hidup yang terdiri dari odontoblas dan matriks dentin. Tersusun dari 75 % materi inorganik, 20 % materi organik dan 5 % materi air. Matriks dentin di dalamnya terdapat tubuli berdiameter 0,5-0,9 μm di bagian dentino

enamel junction dan 2-3 mm di ujung yang berhubungan dengan pulpa. Jumlah tubuli dentin sekitar 15-20 ribu/mm² di dekat *dentino enamel junction* dan sekitar 45-65 ribu dekat permukaan pulpa (Powers, 2006).

Penggunaan asam pada etsa untuk mengurangi terbentuknya kebocoran mikro atau kehilangan tahanan tidak lagi menjadi resiko pada resin dipermukaan enamel. Permasalahan timbul pada resin dipermukaan dentin atau sementum (Ferrecane, 2001). Pengetsaan asam pada dentin yang tidak sempurna dapat melukai pulpa. Dentin *bonding* terdiri dari :

- *Dentin Conditioner*

Fungsi dari *dentin conditioner* adalah untuk memodifikasi *smear layer* yang terbentuk pada dentin selama proses preparasi kavitas, yang termasuk *dentin conditioner* antara lain asam *maleat*, EDTA, asam *oxalic*, asam *phosric* dan asam *nitric*. Pengaplikasian bahan asam kepermukaan dentin akan menghasilkan reaksi asam basah dengan hidroksiapatit, hal ini akan mengakibatkan larutnya hidroksiapatit yang menyebabkan terbukanya tubulus dentin serta terbentuknya permukaan demineralisasi dan memiliki kedalaman 4 mm. Semakin kuat asam yang digunakan semakin kuat pula reaksi yang ditimbulkan. Beberapa dari *dentin conditioner* mengandung glutaraldehid. Glutaraldehid dikenal sebagai bahan untuk penyambung kolagen. Proses penyambungan ini untuk menghasilkan substrat dentin yang lebih kuat dengan meningkatkan kekuatan dan stabilitas dari struktur kolagen (Van Ende, 2012).

- Primer

Primer bekerja sebagai bahan adhesif pada *dentin bonding agent* yaitu menyatukan antara komposit dan komonomer yang bersifat hidrofobik dengan dentin yang bersifat hidrofilik, oleh karena itu primer berfungsi sebagai perantara, dan terdiri dari monomer bifungsional yang dilarutkan dalam larutan yang sesuai. Monomer bifungsional adalah bahan pengikat yang memungkinkan penggabungan antara dua material yang berbeda (Van Ende, 2012).

2.2 Resin Komposit *Nanohybrid*

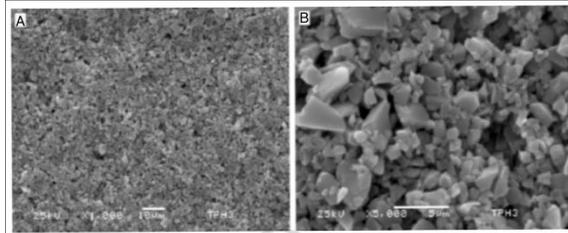
Bahan restoratif berbasis resin semakin sering digunakan dalam kedokteran gigi, terutama karena kualitas estetika, sifat fisik dan mekanik yang baik. Berbagai komposit gigi yang dapat digunakan di kedua daerah anterior dan posterior yang tersedia untuk penggunaan klinis, menyajikan berbagai komponen organik dan anorganik yang dapat mempengaruhi karakteristik penanganan dan pelayanan klinis. Pengenalan partikel anorganik yang tersebar ke dalam matriks resin telah terbukti sangat efektif untuk meningkatkan kinerja polimer dari resin komposit. Pengisi yang digunakan dalam resin gigi secara langsung mempengaruhi radiopacity mereka, sifat, ketahanan aus dan modulus elastisitas. Oleh karena itu, komposit resin biasanya diklasifikasikan sesuai dengan fitur pengisi, seperti jenis, distribusi atau rata-rata ukuran partikel. Selain *microhybrid* tradisional, bahan *microfilled*, *nanofiller* dan komposit *nanohybrid* yang baru-baru ini diperkenalkan dalam upaya untuk memberikan bahan presentasi polishing awal yang tinggi (RR Moraes, 2009).

Resin komposit *Nanohybrid* merupakan salah satu jenis komposit yang memiliki komposisi *filler* berukuran nano yang digabung dengan *filler* yang berukuran mikro (Gusti *et al.*, 2016).

Resin komposit *nanohybrid* memiliki sifat fisik dan mekanik lebih baik dibandingkan resin komposit konvensional. Resin komposit *nanohybrid* dapat dikategorikan sebagai resin komposit universal pertama dimana kemampuan penanganan dan kemampuan poles didapat dari komposit *nanofiller*, serta kekuatan dan ketahanan pemakaian dari komposit *microfiller*, sehingga resin komposit *nanohybrid* dapat digunakan sebagai restorasi pada gigi anterior dan sekaligus dapat dipakai sebagai restorasi pada gigi posterior, mengurangi terjadinya pengerutan pada saat polimerisasi, permukaan lebih halus karena terdiri dari partikel berukuran nano, mempunyai sifat mekanik lebih baik, dan memiliki nilai estetik yang tinggi dan sesuai untuk digunakan sebagai tambalan pada gigi anterior (Sidoridou *et al.*, 2011). Resin komposit *nanohybrid* juga dapat dipakai sebagai *core build up*, perbaikan *veneer*, komposit *inlay*, estetik odontoplasti, serta perbaikan komposit dan porcelain yang rusak (Mulyani, 2011).

Komposisi bahan resin komposit ini terdiri dari sistem resin yang bersifat dapat mengurangi pengerutan, yaitu BIS-GMA, BIS-EMA (*Bisphenol Apolyethylene glycol diether dimethacrylate*), UDMA (*Urethane dimethacrylate*) dan sejumlah kecil TEGDMA (*Trietilen Glikol Dimetakrikat*), sedangkan fillernya berisi kombinasi antara *filler nanosilica* 20 nanomer yang tidak berkelompok, dan *nanocluster zirconia/silica* yang mudah berikatan membentuk

kelompok, dimana kelompok tersebut terdiri dari partikel *zirconia/silica* dengan ukuran 2-20 nanomer. Ukuran partikel satu *cluster* adalah berkisar antara 0,6–1,4 mikron (Ertan, 2006).



Gambar 2.6 Resin komposit *Nanohybrid*. A. Gambaran resin komposit *nanohybrid* dengan pembesaran 1000X. B. Gambaran resin komposit *nanohybrid* dengan pembesaran 5000X (Moraes *et al.*, 2008).

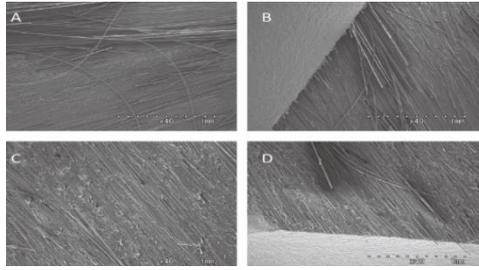
Komposit *nanohybrid* memiliki ukuran partikel yang lebih kecil, resin komposit jenis ini mempunyai hasil tekstur permukaan yang lebih halus dan menurunnya kemungkinan biodegradasi. Ukuran partikel yang lebih kecil memastikan pengerutan saat polimerisasi yang lebih sedikit, menimbulkan defleksi dinding cusp yang lebih kecil dan mengurangi kemungkinan kebocoran tepi.

Resin komposit *nanohybrid* terbukti dapat digunakan pada setiap kavitas dibandingkan dengan resin komposit lainnya, walaupun demikian bahan resin komposit *nanohybrid* ini masih mempunyai beberapa kelemahan yaitu polimerisasi *shrinkage* yang masih didapatkan dari bahan ini membuat operator harus memiliki teknik yang baik (Mulyani, 2011; Vincent, 2011). Kekuatan lentur komposit *nanohybrid* cukup bagus sehingga bahan ini juga dapat digunakan sebagai tambalan pada gigi posterior (Powers *et al.*, 2006).

2.3 Resin Komposit *Fiber*

Modifikasi resin komposit dapat dilakukan dengan penambahan *fiber* untuk memperkuat resin komposit sebagai bahan tumpatannya dengan menambahkan *fiber* yang berupa *glass fiber*, *carbon fiber*, *polyethylene fiber* (Manhaart, 2009). Penguatan dengan menambahkan *fiber* pada polimer resin komposit menggunakan *carbon fiber* terbukti dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanik resin komposit, akan tetapi *carbon fiber* memiliki nilai estetik yang kurang baik (Glazer *et al.*, 2000). Modifikasi resin komposit dengan penambahan *polyethylene fiber* terbukti dapat meningkatkan sifat mekanik resin komposit (Luthria *et al.*, 2012). *Glass fiber* juga dapat meningkatkan sifat mekanik resin komposit (Manhaart, 2009). *Fiber* yang paling sering digunakan di kedokteran gigi adalah *glass fiber* dan *ultra high molecular weigh polyethylene fiber* (UHMWPE), kedua material tersebut merupakan jenis *fiber* sintetis (Uzun *et al.*, 1999).

Glass fiber merupakan material yang sering digunakan untuk penguat polimer karena beberapa keuntungan yaitu memiliki kekuatan tarik yang cukup tinggi, tahan terhadap bahan kimia, bersifat isolator baik, tahan terhadap suhu yang tinggi. Berdasarkan dari sifatnya, terdapat tiga tipe *glass fiber* yaitu tipe A (*alkaly*), E (*electrical*), C (*chemical*) dan S (*stregth*), dimana tipe A merupakan material utama pembuatan *glass fiber*, tipe E memiliki isolasi listrik yang sangat baik, tipe C memiliki ketahanan terhadap korosi kimia dan tipe S memiliki kandungan *silica* yang tinggi sehingga tahan terhadap temperatur yang tinggi serta memiliki kekuatan mekanik yang besar (Grupta dan Khotari, 1997).



Gambar 2.7 Gambaran *scanning electron microscopic* komposit *fiber reinforced composite* (Yanagida *et al.*, 2016).

Baru-baru ini, resin komposit *fiber* diperkenalkan sebagai resin komposit restoratif kedokteran gigi. Resin komposit *fiber* dimaksudkan untuk digunakan pada area yang menahan tekanan tinggi terutama pada gigi molar (Garoushi *et al.*, 2012).

Tipe baru dari resin komposit *fiber* (everX Posterior; GC corp) terdiri dari kombinasi sebuah matriks resin, *E (electrical) glass fibers*, dan *inorganic particulate fillers*. Matriks resinnya meliputi *cross-linked monomers*, bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate (bis-GMA), dan triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA), disertai oleh linear polymethylmethacrylate (PMMA). *Short FRC* berisi *E-glass fiber* filler pendek yang diameternya berukuran 17 μ m dan panjang yang berkisar dari 1,3-2mm. Kombinasi dari resin ini membuat formasi *semiinterpenetrating polymer network* (semi IPN) selama polimerisasi material yang dapat meningkatkan properti bonding yang bagus dan meningkatkan kekerasan dari resin komposit (Donova *et al.*, 2015).

Salah satu komponen resin komposit *fiber*, yaitu *glass fibers* telah diteliti selama 30 tahun untuk peningkatan dental polimer.

Peneliti telah mendokumentasikan efisiensi kekuatan dan kualitas aesthetic yang baik dibandingkan dengan *carbon fiber* dan *aramid fiber* (Garoushi *et al.*, 2011).



Gambar 2.8 Resin Komposit *Fiber* (GC everX Posterior, 2013)

Hasil penelitian menunjukkan resin komposit *fiber* memiliki nilai ketahanan fraktur yang jauh lebih tinggi (4.6 MPa.m⁻¹), kekuatan lentur (124 MPa) dan modulus lentur (9.5 GPa) dibandingkan dengan restorasi komposit konvensional lainnya (Garoushi *et al.*, 2012).

Resin komposit *fiber* cocok digunakan sebagai material untuk memperkuat restorasi komposit direk, terutama pada kavitas posterior yang besar, contoh lainnya (GC everX Posterior, 2013) :

- a. Kavitas yang melibatkan 3 permukaan atau lebih.
- b. Kavitas dengan cups yang hilang.
- c. Kavitas dalam (termasuk klas I, II dan gigi yang mengalami perawatan endodontik).
- d. Kavitas setelah penggantian amalgam.
- e. Kavitas dimana onlay & inlay juga menjadi indikasi.

Kontraindikasi resin komposit *fiber* :

- a. Tidak untuk digunakan pada Pulp Capping.
- b. Setidaknya satu dimensi horizontal harus melebihi 3mm.
- c. Pada kasus langka, produk ini dapat menyebabkan sensitivitas.
- d. Produk ini tidak cocok digunakan pada pasien dengan sejarah hipersensitivitas terhadap *methacrylate monomers*.
- e. Tidak digunakan untuk permukaan lapisan komposit.

Manipulasi bahan restoratif menggunakan resin komposit *fiber* sama halnya seperti bahan resin komposit konvensional lainnya. Pertama, preparasi kavitas dengan teknik standar. Keringkan kavitas hingga kering dengan cara ditiup menggunakan udara. Penggunaan *rubber dam* direkomendasikan untuk mengisolasi gigi yang akan dipreparasi dari saliva darah dan cairan lainnya.

Resin komposit *fiber* menggunakan *bonding* untuk enamel dan dentin, gunakan *bonding* dengan sistem *light cure*. Letakkan resin komposit *fiber* langsung pada kavitas, lalu rapikan dengan menggunakan instrumen hingga beradaptasi dengan lantai dan dinding kavitas. *Premature curing* dapat dihindari dengan cara mengurangi sinar langsung pada area kerja. Meletakkan resin komposit *fiber* pada kavitas pastikan masih ada sisa ruang untuk komposit penutup di atasnya. Melakukan *light curing* pada resin komposit *fiber*, pastikan *light cure* sedekat mungkin dengan permukaan. Masukkan sisa kavitas yang kosong dengan restorasi komposit yang dapat di poles. Lapisan komposit harus sekitar 1-2 mm dari permukaan oklusal lalu dilakukan *light cure* dan diselesaikan dengan poles (GC everX Posterior, 2013).

Berikut adalah tabel *irradiation time* dan *depth of cure* efektif untuk melakukan pengerasan :

Tabel 2.1 *Irradiation time* dan *depth of cure* efektif untuk melakukan pengerasan.

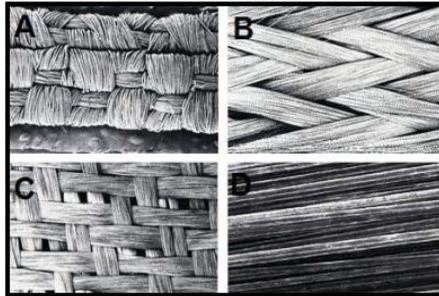
<i>Curing Device</i>	<i>Irradiation time</i>	<i>Depth of Cure</i>
<i>Plasma arc</i> (2000 mW/cm ²)	9 sec	4 mm
<i>High Power LED Light</i> (>1200 mW/cm ²)	10 sec	4 mm
<i>Halogen/Normal LED Light</i> (700 mW/cm ²)	20 sec	4 mm

2.3.1 Jenis *Fiber*

a. *Glass Fiber*

Glass fiber adalah material berbentuk serabut-serabut yang sangat halus mengandung bahan kaca (Sitorus dan Dahar, 2012). Serat ini memiliki diameter sekitar 0,005-0,01 mm. Keuntungan dari serat ini sebagai bahan penguat adalah biayanya murah, kekuatan tarik yang tinggi, sangat biokompatibel, dan estetik baik (Le Bell-Ronnlof, 2007). Bahan *glass fiber* tersedia dalam susunan yang *unidirectional* dan *multidirectional*.

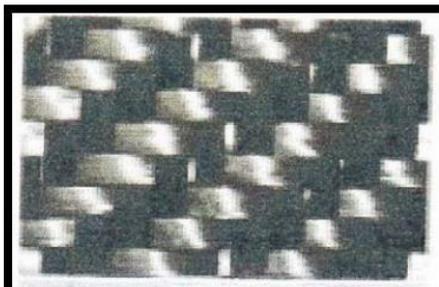
Glass Fiber berbentuk anyaman mudah digunakan karena sifatnya yang mudah dibentuk sehingga menjadi pilihan yang tepat untuk dilingkarkan pada gigi. *Glass Fiber* berbentuk batang mempunyai daya lentur yang tinggi sehingga serat ini merupakan pilihan yang tepat untuk daerah yang menerima tekanan pangunyahan yang tinggi (Garoushi dan Vallittu, 2006).



Gambar 2.9 Gambaran mikroskop elektron A. *Woven polyethylene fiber*, B. *Braided glass fiber*, C. *Woven glass fiber*, D. *Unidirectional glass fiber* (Garoushi dan Vallitu, 2006).

b. *Carbon Fiber*

Carbon fiber dapat menambah ketahanan fraktur dan modulus elastisitas bahan resin. *Fiber* ini memberikan kekuatan yang lebih tinggi daripada jenis *fiber* yang lain dan mudah dalam perbaikannya. *Fiber* ini memberikan warna hitam dan opak pada komposit dengan kekakuan yang sama dengan dentin. Dari segi estetika, warnanya yang hitam merupakan kekurangan dari *fiber* ini (Le Bell- Ronnlof, 2007).



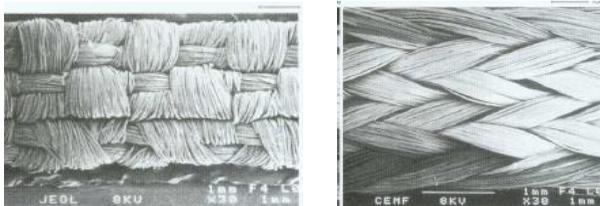
Gambar 2.10 Gambaran mikroskop Elektron *carbon Fiber* berbentuk anyaman (Kilfoil, 1983).

c. *Aramid Fiber*

Aramid adalah kependekan dari *aromatic polyamide*. Aramid memiliki struktur kuat, tahan terhadap bahan kimia dan dapat menahan panas hingga 370°C , sehingga tidak sehingga tidak mudah terbakar. Ringan dan fleksibel adalah sifat dari *aramid fiber*. Kekurangan *aramid fiber* adalah warnanya yang kuning sehingga kurang estetik jika digunakan dalam bidang kedokteran gigi (Le Bell-Ronnlof, 2007).

d. *Polyethylene Fiber*

Polyethylene fiber diperkenalkan pada tahun 1992. Serat ini sering digunakan di bidang kedokteran gigi, memiliki kekuatan yang jauh lebih tinggi dibanding *glass fiber*, kepadatannya rendah, memiliki resistensi yang baik, dan sewarna dengan gigi (Le Bell-Ronnlof, 2007). Serat ini memiliki diameter sekitar 10-20 μm (O'Masta, 2014). *Polyethylene fiber* tersedia dalam susunan *unidirectional* seperti helai benang (*strands*) dan *multidirectional* seperti *woven* atau *braided* yang mana serat-serat ini dijalin seperti anyaman (Loncar *et al.*, 2008).



Gambar 2.11 Gambaran mikroskop electron A) *Woven Polyethylene FRC*, B) *Braided Polyethylene FRC* (Rosenstiel *et al.*, 2001).

2.3.2 Susunan *Fiber*

Susunan fiber mempunyai pengaruh yang nyata baik terhadap sifat mekanik maupun kemudahan penggunaannya (Ganesh dan Tandon, 2006). Susunan fiber dapat berupa *unidirectional* dan *multidirectional* seperti woven atau braided yang mana serat-serat ini dijalin seperti anyaman (Loncar *et al.*, 2008). Fiber dengan susunan *multidirectional* mudah dikendalikan dan beradaptasi dengan baik pada kontur dan lengkung gigi (Ganesh dan Tandon, 2006), sedangkan fiber dengan susunan *unidirectional* memiliki keuntungan mudah dalam pembersihannya dengan bahan *bonding* karena bentuknya yang seperti benang (Mozartha *et al.*, 2010).

2.4 Kekuatan Lentur

Kekuatan lentur merupakan kemampuan suatu restorasi untuk menahan gaya lentur, yaitu kombinasi dari gaya tarik dan tekanan, saat sedang berfungsi di dalam mulut baik sebagai restorasi di daerah anterior maupun posterior. Kekuatan lentur suatu material penting untuk diketahui oleh para klinisi sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan material untuk restorasi (Mozartha *et al.*, 2010). Kekuatan lentur minimum yang harus dimiliki oleh suatu bahan restorasi yang dipolimerisasi dengan sinar menurut ISO 4049 adalah 50 MPa (McCabe dan Walls, 2008).

Cara pengujian kekuatan lentur yang direkomendasikan oleh spesifikasi ISO 4049 untuk material berbasis polimer adalah *3-point bending test* yang telah digunakan secara luas. Alat untuk menguji kekuatan lentur adalah *Universal Testing Machine*. Sebuah mesin uji

universal yang dapat digunakan untuk menguji tegangan tarik dan kekuatan tekan bahan.

Rumus yang dipakai untuk menentukan kekuatan lentur adalah (Annusavice, 2003):

$$\sigma = \frac{3Pl}{2bd^2}$$

Keterangan :

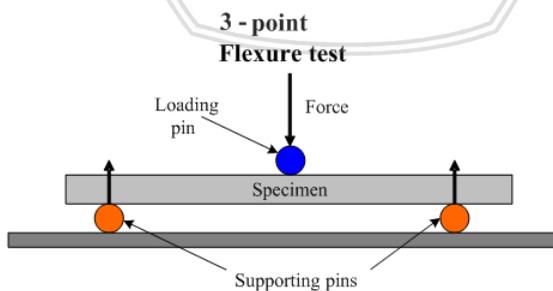
σ = kekuatan lentur (N/mm² atau MPa).

P = beban maksimal pada titik patah (N).

l = jarak antar tumpuan (mm).

b = lebar sampel (mm).

d = tebal sampel (mm).



Gambar 2.12 Cara penempatan komposit di dalam *mold* dan arah pemberian gaya.

2.5 Universal Testing Machine

Universal Testing Machine (UTM) adalah merupakan mesin atau alat pengujian yang berfungsi untuk menguji tegangan tarik dan kekuatan tekan suatu bahan atau material. Mesin pengujian ini telah terbukti dapat melakukan tarik dengan kekuatan standard dan tes kompresi pada bahan, komponen dan struktur. Benda yang akan dilakukan pengujian dipasang pada mesin penguji dengan gaya tekan dan gaya tarik yang akan semakin bertambah besar akhirnya menekan dan menarik pada batang tersebut, maka batang ini akan menjadi pendek, panjang atau patah (Davis Joseph, 2004).

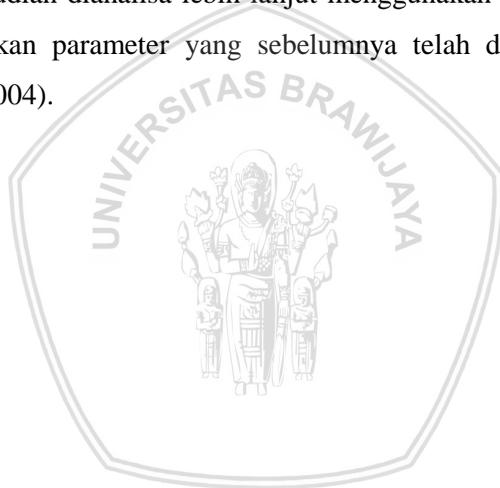


Gambar 2.13 *Universal Testing Machine* merk Tarno Grocki
(Sumber : Dokumentasi Pribadi).

UTM akan memberikan informasi mengenai seberapa besar pengukuran yang akan diuji terhadap bahan sehingga standarisasi yang diinginkan dapat tercapai dengan sempurna. Parameter yang dihasilkan UTM baik untuk uji tarik maupun uji tekan adalah modulus elastisitas (modulus Young), menghasilkan kekuatan (*yield strength*),

kuat maksimum tekan/tarik (*ultimate strength*), kekuatan putus (*break strength*), menghasilkan regangan (*yield strain*), regangan di titik maksimum tekan/tarik (*ultimate strain*), regangan putus (*break strain* atau *elongation at break*) (NIST, 2010).

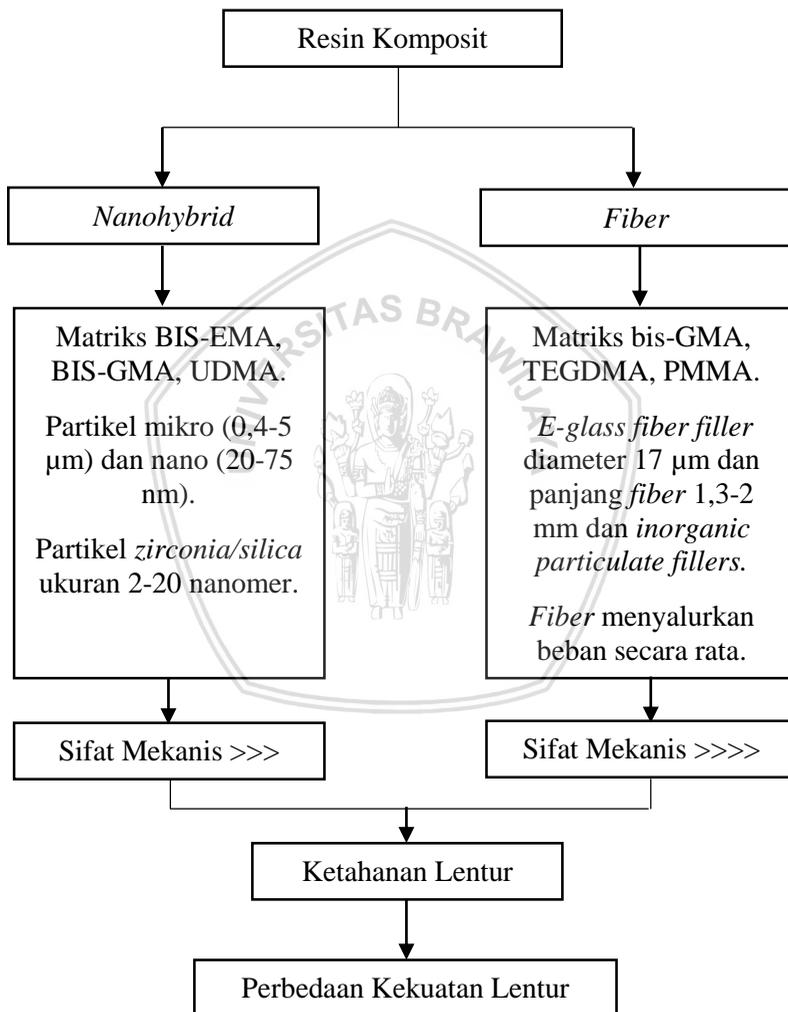
Data yang langsung diperoleh dari UTM ini adalah perubahan panjang sampel terhadap setiap besar gaya yang diberikan. Hasil ini akan dikonversikan ke dalam bentuk grafik *strain-strength*. Data awal inilah yang kemudian dianalisa lebih lanjut menggunakan komputer untuk mendapatkan parameter yang sebelumnya telah didapatkan (Davis Joseph, 2004).



BAB 3

KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN

3.1 Kerangka Konsep



Gambar 3.1 Kerangka Konseptual.

Resin komposit semakin berkembang dari memiliki partikel *filler* yang berukuran besar hingga yang berukuran nano. Terdapat dua jenis Resin Komposit yaitu resin komposit *nanohybrid* dan resin komposit *Fiber*. Resin komposit *nanohybrid* memiliki komposisi BIS-GMA (*bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate*), BIS-EMA (*bisphenol Apolyethylene glycol diether dimethacrylate*), UDMA (*urethane dimethacrylate*) dan sejumlah kecil TEGDMA (*trietilen glikol dimetakrikat*). Resin komposit *nanohybrid* memiliki kandungan gabungan antara partikel *filler* yang berukuran 20-75 nm dan partikel *filler* berukuran 0,4-5 μm serta *nanocluster zirconia/silica* yang mudah berikatan membentuk kelompok, dimana kelompok tersebut terdiri dari partikel *zirconia/silica* dengan ukuran 2-20 nanomer. Dibandingkan dengan resin komposit *Fiber* yang memiliki komposisi bahan terdiri dari matriks BIS-GMA (*bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate*), TEGDMA (*triethylene glycol dimethacrylate*), disertai oleh PMMA (*linear polymethylmethacrylate*). Resin komposit *fiber* memiliki filler berisikan *E-glass Fiber* filler yang diameternya berukuran 17 μm dan panjang *Fiber* yang berkisar dari 1,3-2 mm dan *inorganic particulate fillers*. Keuntungan dari serat ini sebagai bahan penguat adalah biayanya murah, kekuatan tarik yang tinggi, sangat biokompatibel, dan estetik baik.

Adanya perbedaan partikel pengisi kedua resin komposit tersebut akan berpengaruh pada sifat mekanik, salah satunya adalah kekuatan lenturnya. Kekuatan lentur merupakan sifat material yang penting pada bahan restorasi terutama dalam proses pengunyahan.

Sifat mekanik kekuatan lentur pada bahan restorasi gigi posterior harus terpenuhi agar mendapatkan restorasi yang baik.

3.2 Hipotesis Penelitian

Terdapat perbedaan kekuatan lentur resin komposit *nanohybrid* dan resin komposit *fiber*, yaitu kekuatan lentur pada resin komposit *fiber* lebih besar dibandingkan dengan resin komposit *nanohybrid*.





BAB 4

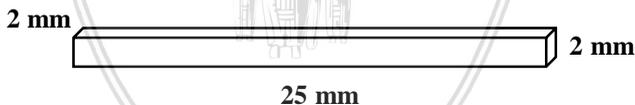
METODE PENELITIAN

4.1 Rancangan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan merupakan penelitian eksperimental laboratoris. Rancangan penelitian yang digunakan merupakan *post test only group design* dikarenakan tidak adanya kontrol terhadap rancangan eksperimen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan kekuatan lentur antara resin komposit *nano hybrid* dan resin komposit *fiber*.

4.2 Sampel Penelitian

Bentuk sampel resin komposit *nano hybrid* dan resin komposit *fiber* berbentuk balok, dibuat dengan menggunakan *glass mold* berukuran 2 x 2 x 25 mm (sesuai ISO 4049).



Gambar 4.1 Ukuran spesimen.

Dasar perhitungan digunakan rumus dari Hulley (Notoadmojo, 2010)

$P(n-1) \geq 15$ $2(n-1) \geq 15$ $2n - 2 \geq 15$ $2n \geq 17$ $n \geq 9$
--

Keterangan :

P = jumlah perlakuan (2).

n = jumlah sampel per perlakuan.

Berdasarkan rumus di atas, besar sampel minimal adalah 9 sampel untuk tiap kelompok, tetapi peneliti memilih 10 sampel pada tiap kelompok agar banyaknya data tidak pada batas minimal sampel sehingga data yang didapatkan lebih valid. Oleh karena itu, secara keseluruhan dibutuhkan 20 sampel.

4.3 Variabel Penelitian

4.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dari penelitian ini adalah resin komposit *nano hybrid* dan resin komposit *fiber*.

4.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dari penelitian ini adalah besarnya nilai kekuatan lentur pada masing-masing resin komposit.

4.3.3 Variabel Terkendali

- a) Pembuatan sampel resin komposit *nano hybrid*.
- b) Pembuatan sampel resin komposit *fiber*.
- c) Lama penyinaran masing-masing komposit.
- d) Penyimpanan sampel pada suhu kamar.
- e) Prosedur penggunaan alat uji.

4.4 Lokasi dan Waktu Penelitian

4.4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di :

- a) Ruang skill's Laboratorium Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya Malang.
- b) Laboratorium Biokimia FKUB.

- c) Laboratorium Teknik Mesin, Prodi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang.

4.4.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli 2018.

4.5 Bahan dan Alat Penelitian

4.5.1 Alat Penelitian

- a) *Glass mold* berukuran 2 x 2 x 25 mm.
- b) *Glass Lab*.
- c) *Plastis filling instrument*.
- d) *Light-emitting diode (LED) curing*.
- e) Kuas berukuran kecil.
- f) Sonde *half moon*.
- g) *Cement stopper*.
- h) *Hand piece low speed contra angle*.
- i) *Micro motor*.
- j) Mata bur preparasi.
- k) Petridish.
- l) Inkubator.
- m) *Universal Testing Machine*.

4.5.2 Bahan Penelitian

- a) Resin komposit *nanohybrid*.
- b) Resin komposit *fiber*.
- c) Vaseline.

4.6 Definisi Operasional

- a) Kekuatan lentur merupakan kemampuan suatu restorasi untuk menahan gaya lentur, yaitu kombinasi dari gaya tarik dan kompresi, saat sedang berfungsi di dalam mulut baik dalam restorasi anterior maupun posterior.
- b) Resin komposit *nanohybrid* merupakan campuran dari resin komposit *nanofiller* dan *microfiller*. Penelitian ini menggunakan bahan resin komposit *nanohybrid* dari *G-aenial* (GC Corp).
- c) Resin komposit *fiber* merupakan kombinasi sebuah matriks resin, *E (electrical) glass fibers* dan *inorganic particulate fillers*. Penelitian ini menggunakan bahan resin komposit *fiber* dari *everX Posterior* (GC Corp).

4.7 Prosedur Penelitian

4.7.1 Pembuatan Sampel

- a) Dua grup yang terdiri dari dua jenis resin komposit, dengan masing-masing grup memiliki 10 sampel, sehingga jumlah total adalah 20 sampel.
- b) Mempersiapkan alat dan bahan.
- c) Mengulasi bahan vaselin menggunakan kuas berukuran kecil pada permukaan *glass mold* berukuran 2 x 2 x 25 mm.
- d) Masing-masing resin komposit diaplikasikan ke dalam cetakan hingga terisi penuh. Ratakan permukaan dengan menggunakan *cement stopper*.
- e) Kemudian dipolimerisasi dengan *light curing unit* selama selama 20 detik pada setiap sisi permukaan atas.

- f) Mengeluarkan sampel dari *glass mold* menggunakan sonde *half moon*.
- g) Merapikan semua permukaan sampel dengan *hand piece low speed* yang terhubung pada *micro motor* menggunakan mata bur preparasi.
- h) Kelompok sampel penelitian adalah restorasi resin komposit *nanohybrid* sebagai kelompok 1 dan restorasi resin komposit *fiber* sebagai kelompok 2.
(Moezzyzadeh, 2012; Arsyad, 2014).

4.7.2 Penyimpanan Sampel

Sampel disimpan dalam petridish pada inkubator dengan suhu kamar 37°C selama 48 jam (Bijelic-Donova *et al.*, 2016).

4.7.3 Pengujian Kekuatan Lentur

Cara pengujian kekuatan lentur yang direkomendasikan oleh spesifikasi ISO 4049 untuk material berbasis polimer adalah *3-point bending test* dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a) Sampel ukuran 2 x 2 x 25 mm diletakan pada alat uji dengan *bending span* 20 mm.
- b) *Loading piston* diarahkan tegak lurus dengan sampel.
- c) Beban akan jatuh pada lapisan atas masing-masing resin komposit sedangkan bagian bawah sampel yang akan mengalami gaya tarik.
- d) Pengujian dilakukan dengan kecepatan 1 mm/menit hingga sampel fraktur atau hingga mencapai beban puncak.

- e) Hasil tersebut kemudian dimasukkan ke dalam rumus. Rumus yang dipakai untuk menentukan kekuatan lentur adalah :

$$\sigma = \frac{3Pl}{2bd^2}$$

Keterangan :

σ = kekuatan lentur (N/mm² atau MPa).

P = beban maksimal pada titik patah (N).

l = jarak antar tumpuan (mm).

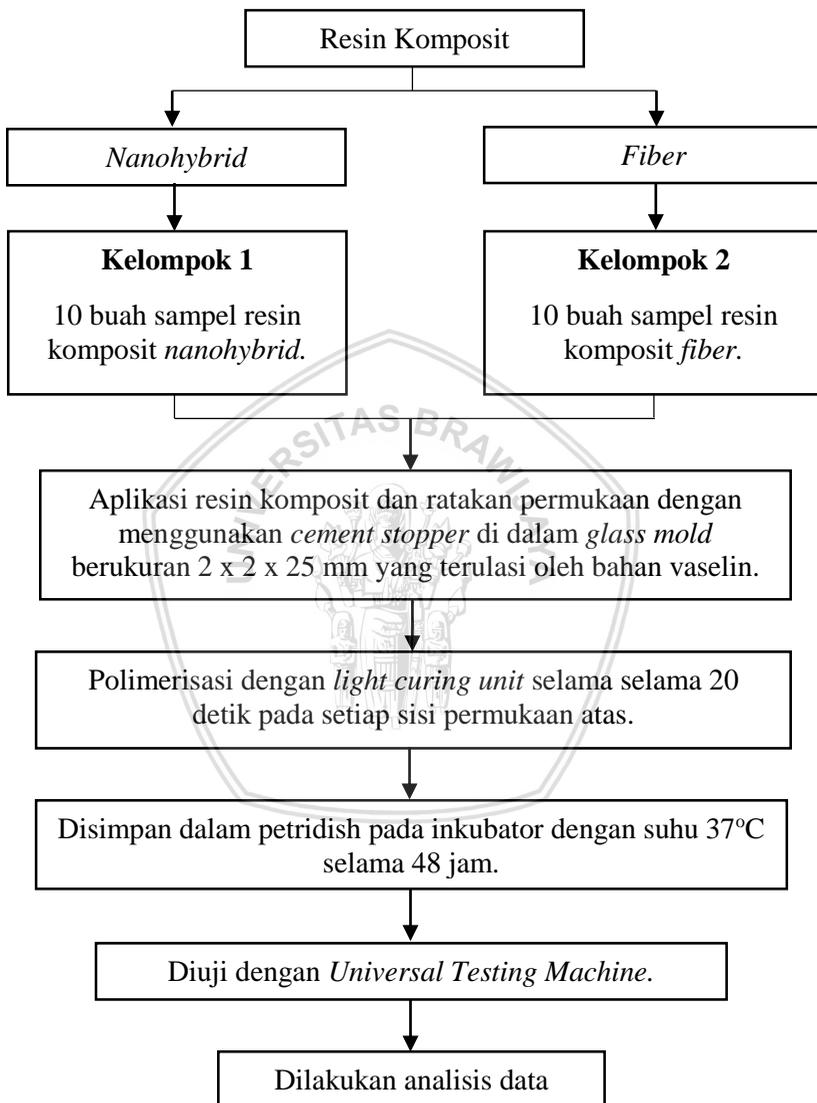
b = lebar sampel (mm).

d = tebal sampel (mm).

4.8 Analisis Data

Uji komparatif atau perbandingan pada penelitian ini menggunakan uji *T-test* dengan tingkat kemaknaan 5% (0,05). Uji *T-test* memiliki syarat yaitu perbedaan dua kelompok data harus berdistribusi normal, maka perlu dilakukan uji normalitas dengan metode *Shapiro-Wilk*.

4.9 Alur Penelitian



Gambar 4.2 Alur Penelitian.



BAB 5

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

5.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua kelompok sampel yaitu dengan masing-masing 10 buah sampel setiap kelompok. Kelompok 1 merupakan resin komposit *nanohybrid* berbentuk balok berukuran 2 x 2 x 25 mm dan Kelompok 2 merupakan resin komposit *fiber* berbentuk balok berukuran 2 x 2 x 25 mm (sesuai ISO 4049).



Gambar 5.1 Sampel resin komposit *nanohybrid* dan resin komposit *fiber*.

Tabel 5.1 Hasil uji kekuatan lentur resin komposit *nanohybrid* dan resin komposit *fiber*.

Sampel	Nilai Kekuatan Lentur (Mpa)	
	Kelompok 1	Kelompok 2
1	7,125	12,563
2	7,5	9,563
3	8,25	13,125

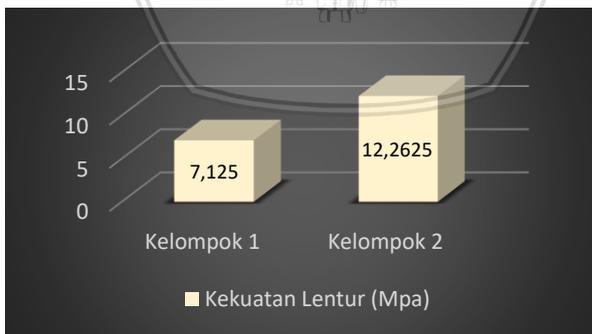
4	6,75	11,625
5	9,263	10,688
6	7,388	15,188
7	8,25	11,438
8	7,5	14,813
9	7,312	12
10	7,688	11,625
Mean	7,7025	12,2625

Keterangan :

Kelompok 1 : Sampel resin komposit *nano*hybrid.

Kelompok 2 : Sampel resin komposit *fiber*.

Tabel 5.1 menunjukkan nilai rata-rata kekuatan lentur secara berurutan yaitu kelompok 1 lebih rendah dan kelompok 2 lebih tinggi. Gambaran perbedaan nilai rata-rata kekuatan lentur dari kedua kelompok kelompok 1 (resin komposit *nano*hybrid) dan kelompok 2 (resin komposit *fiber*) dapat dilihat pada diagram batang gambar 5.1.



Gambar 5.2 Diagram batang rata-rata kekuatan lentur resin komposit *nano*hybrid (Kelompok 1) dan resin komposit *fiber* (Kelompok 2).

5.2 Analisis Data

Data yang telah didapat dalam penelitian dilakukan analisis data statistik. Data kekuatan lentur yang telah didapatkan dari dua kelompok kemudian dilakukan uji normalitas. Setelah diketahui data terdistribusi normal dilakukan uji homogenitas. Setelah data terdistribusi normal dan homogen, untuk mengetahui perbedaan kekuatan lentur resin komposit *nanohybrid* dan resin komposit *fiber* dilakukan *T-test* dua sampel bebas.

5.2.1 Uji Normalitas Data

Pada penelitian ini, data diuji normalitasnya menggunakan uji Saphiro-Wilk karena jumlah sampelnya $20 (\leq 50)$ dan diperoleh hasil yaitu $p = 0,815$. Data tersebut menunjukkan bahwa $p > 0,05$, sehingga dapat diketahui bahwa data yang diperoleh berdistribusi normal.

Tabel 5.2 Uji normalitas data

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kekuatan Lentur	.154	20	.200*	.973	20	.815

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

a. Lilliefors Significance Correction

5.2.2 Uji Homogenitas Varian

Uji statistik yang dilakukan kedua adalah uji homogenitas varian. Uji homogenitas digunakan untuk mengetahui apakah suatu data atau sampel yang diambil berasal dari varian yang homogen atau tidak. Uji homogenitas varian dilakukan dengan menggunakan uji homogenitas Levene. Suatu data dikatakan memiliki varian yang homogen apabila nilai signifikansi atau $p > 0,05$. Berdasarkan hasil uji homogenitas Levene pada sampel yang digunakan diperoleh nilai

$p = 0,45$. Data menunjukkan bahwa $p > 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa data yang diperoleh memiliki ragam yang sama (homogen).

Tabel 5.3 Uji Homogenitas

		Levene's Test for Equality of Variances	
		F	Sig.
Kekuatan Lentur	Equal variances assumed	.597	.450
	Equal variances not assumed		

5.2.3 T-test Dua Sampel Bebas

Setelah didapatkan sampel dengan distribusi yang normal dan varian yang homogen, maka uji statistik yang digunakan adalah uji parametrik dengan tingkat kemaknaan $p < 0,05$. Uji parametrik yang digunakan *T-Test* dua sampel bebas (*independent T-Test*) dapat diketahui apakah terdapat perbedaan rata-rata data yang signifikan dari kedua kelompok yang ada.

Tabel 5.4 T-test dua sampel bebas

t-test for Equality of Means						
t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
-7.667	18	.000	-4.560000	.5947216	-5.80946	-3.31054
-7.667	11.961	.000	-4.560000	.5947216	-5.85625	-3.26375

Perbedaan rata-rata data kekuatan lentur dianggap signifikan jika nilai $p < 0,05$. Berdasarkan hasil uji t dua sampel ini didapatkan nilai $p = 0$ sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan

rata-rata kekuatan lentur yang signifikan antara resin komposit *nanohybrid* dan resin komposit *fiber*.

Resin komposit *fiber* menunjukkan kekuatan lentur yang lebih tinggi dan diikuti oleh resin komposit *nanohybrid* menunjukkan kekuatan lentur yang lebih rendah yang dapat dilihat pada tabel 5.1.





BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

1. Nilai kekuatan lentur bahan restorasi resin komposit *nanohybrid* memiliki rata-rata 7,7025 Mpa.
2. Nilai kekuatan lentur bahan restorasi resin komposit *fiber* memiliki rata-rata 12,2625 Mpa.
3. Nilai kekuatan lentur bahan restorasi resin komposit *fiber* menunjukkan hasil yang lebih tinggi daripada resin komposit *nanohybrid*.

7.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang uji sifat mekanis lain pada resin komposit *nanohybrid* dan resin komposit *fiber*.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang uji kekuatan lentur pada resin komposit *nanohybrid* dengan resin komposit *fiber* dengan disertai perlakuan khusus seperti perendaman pada saliva.
3. Pembuatan sampel restorasi komposit sebaiknya menggunakan cetakan yang diolah dari pabrik menggunakan bahan yang lebih kuat.



DAFTAR PUSTAKA

- Anusavice , Kenneth J. 2004. *Phillip's: Buku Ajar Ilmu Bahan Kedokteran Gigi*, Edisi 10. Jakarta: Buku Kedokteran EGC. hal. 228 – 243.
- Chandra, Satish., Chandra, Shaleen., Chandra, Girish. 2007. *Text Book of Operative Dentistry*. New Delhi: Jaypee.
- Craig, R.G., 2003. *Restorative Dental Material*. United States of America: Mosby.
- Craig, R.G., Powers, J.M. 2006. *Restorative Dental Material*, 12th Ed. St Louis: Mosby Year Book. p. 191 – 209 ; 65 – 66.
- Craig, Robert G & Powers, John M. 2002. *Restorative Dental Materials*. 11th Edition. United States of America: Mosby, Inc.
- Didiem Atabek., Yalcin Gozde., & Oztas Nurhan. 2014. Comparative Mechanical Properties of Bulk-Fill Resins. *Open Journal of Composite Materials*, 4, 117-121.
- Domingos., Garcia, P. S., Palmadibb, R. G., 2011, *Composite Color Stability : Influence of Light Sources and Immersion Media*, J Appl Oral Sci, 19(3) : 204-11.
- Donova J.B, Garoushi S, Vallittu P.K, Lassila L.V.J. *Mechanical properties, fracture resistance, and fatigue limits of short fiber reinforced dental composite resin. The Journal Of Prosthetic Dentistry*, 2016. Volume 115.
- Ertan E, Ahmet U.G, Ali A.N, Hülya K, and Eda G. 2006. *Color Stability of Resin Composites after Immersion in Different Drinks*. Dental Materials Journal 2(52):371-376.
- Esterina, H., Sunarko, B., dan Ismiyatin, K. 2012. Perbedaan Kekuatan Tarik Diametra Resin Komposit Nanofiller dan Resin Komposit Nanoceramic. *Conservative Dental Journal*. 2(1).
- Garoushi S, Vallittu P.K, Lassila L.V.J. 2011. *Fracture Toughness, Compressive Strength and Load-Bearing Capacity of Short*

Glass Fiber-reinforced Composite Resin. The Chinese Journal of Dental Research. Volume 14.

GC corp europe. 2013. everX Posterior Instruction For Use (Online). (<http://www.gceurope.com/products/everxposterior/>). Diakses 13 Mei 2017.

Glazer B. *Restoration of endodontically treated teeth with carbon fiber posts--a prospective study. J Can Dent Assoc* 2000;66:613-18.

Gusti Gina P.S, M. Yanuar Ichrom Nahzi, Widodo. *Kebocoran Mikro Akibat Efek Suhu Terhadap Pengerutan Komposit Nanohybrid. J Dentino. Vol I No 2:108-112.*

Joseph R. Davis. 2004. *Tensile Testing : 2nd Edition*. United States of America : ASM International.

Khaled, A.N. 2011. *Physical Properties of Dental Resin Nanocomposites*. Thesis. The Degree of Master of Philosophy(MPhil) : Faculty of Medical and Human Sciences : University of Manchester School of Dentistry.

Kidd EAM, Bechal SJ. 2008. *Dasar-dasar karies penyakit dan penanggulangannya*. Cetakan 2, Jakarta: EGC. hlm 18-24

Kilfoil, Bary M., Hesby, Richard A., Pelleu Jr, George B. 1983. The tensile strength of a composite resin reinforced with carbon fiber. *J prosthes Dent*. 50(1): 40- 43.

Lesage B. P. 2007. *Aesthetic anterior composite restoration: A Guide to direct Placement*. The dental clinics of north America, No. 51. hlm 359-378.

Lutz F, and Philllips RW. *A Classification and evaluation of composite resin system resin systems*. J Prosthet Dent 50:480, 1983.

Manappallil, J.J. *Basic Dental Material*. Ed ke-3. India: Jaypee Brother Medical Publisher. 2010

- McCabe, John F & Walls, Angus W.G. 2008. *Applied Dental Materials*. 9th Edition. Hong Kong: Blackwell Publishing Ltd.
- Moraes RR, Goncalves LS, Ogliari FA, Piva E, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L. *Development of dental resin luting agents based on Bis-EMA4: bond strength evaluation. Express Polym Lett* 2008;2:88–92.
- Mozartha, M., Herda, E., Soufyan, A. 2010. Pemilihan Resin Komposit dan *Fiber* untuk Meningkatkan Kekuatan Fleksural *Fiber Reinforced Composite*. *Jurnal PDGI*. 59 (1): 29-34.
- Mulyani, Mulyawati E, Siswandi YL. *Perbedaan Kebocoran Mikro antara Tumpatan Resin Komposit Nanohybrid Konvensional dan Nanohybrid Flowable*. *J Kedokteran Gigi*. 2011;2(4):285-291.
- Noort, Van Richard. 2008. *Introduction to Dental Materials*. 3rd Edition. Elsevier.
- O'Masta, Mark R. Mei 2014. *Mechanism of Dynamic Deformation and Failure in Ultra High Molecular Weight Polyethylene Fiber-Polymer Matrix Composites*. Virginia: Material Science and Engineering University of Virginia.
- Powers JM, Sakaguchi RL. 2012. *Craig's Restorative Dental Materials*, 13th Ed., Elsevier: Mosby, Philadelphia, p: 122, 153-155, 182-186.
- Powers JM, Sakaguchi RL. 2012. *Craig's Restorative Dental Materials*, 13th Ed., Elsevier: Mosby, Philadelphia, p: 122, 153-155, 182-186.
- Roberson, T.M., H.O Heymann., and E.J Swift. 2002. *Sturdevant's Art & Science of Operative Dentistry*. Ed 5th. Missouri. Mosby Inc
- RR Moraes, LS Goncalves, AC Lancelotti, S Consani, L Corner-Sobrinho, MA Sinhoreti. 2009. *Nanohybrid Resin Composites*:

Nanofiller Loaded Materials or Traditional Microhybrid Resins. *Oper Dent* : 34(5):551-557.

Sakaguchi RL, Hiragawa T, Tahashi R. 1992. *Curing light performance and polymerization of composite restorative material. J Dent.* 20: 183-8.

Septommy, Catur., Widjijono., Dharmastiti, Rini. 2014. Pengaruh Posisi dan Fraksi Volumetrik *Fiber* Polyethylene terhadap Kekuatan Fleksural *Fiber* Reinforced Composite. *Dental Journal.* 47(1): 52-56.

Soanca, A. Roman, M. Moldovan, C.I. Bondor, M. Rominu. 2012. Evaluation of Mechanical Properties of Some Composite Biomaterials. *Optoelectronics and Advanced Materials Vol.6, No.1-2*, January-february, page 258-262.

Soratur SH. 2002. *Essentials of Dental Materials.* Jaypee Brothers Medical Publishers: New Delhi.

Uzun G, Hersek N, Tincer T. 1999. *Effect of Five Woven Fiber Reinforcedments on the Impact and Transverse Strength of a Denture Base Resin.* J Prosthet Dent, 81: 616-20.

Van Ende, Mine A, Merbeek Van. 2012. *Bonding of low-shrinking composites in high C-factor cavities.*

W. Dresch, S. Volpato, J. C. Gomes, N. R. Ribeiro, A. Reis and A. D. Loguercio. 2006. Clinical Evaluation of a Nanofilled Composite in Posterior Teeth: 12-month Results. *Oper Dent* : 31(4):409-17.

Wahab, Magd Abdel. 2015. *Joining Composites with Adhesives: Theory and Applications.* USA: DEStech Publications Inc.

Yanagida H., Tanoue N., Minesaki Y., Kamasaki Y., Fujiwara T., Minami H. 2016. *Effect of Polymerization Method on Flexural and Shear Bond Strength of a Fiber-Reinforced Composite Resin.* Journal of Oral Science.