

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Resin Komposit

Resin komposit kedokteran gigi merupakan bahan material kedokteran gigi yang digunakan sebagai bahan tumpatan gigi. Material resin komposit kedokteran gigi terdiri dari sekurang-kurangnya dua bahan (matriks resin dan partikel pengisi anorganik) dalam pembentukan secara jelas melalui kombinasi seluruh komponen dengan struktur dan sifat yang berbeda. Tujuannya yaitu untuk mendapatkan material dengan sifat yang tidak dimiliki oleh salah satu komponen itu sendiri (Mc Cabe, 2008).

Perkembangan komposit pada akhir tahun 1950 dan awal tahun 1960 terjadi ketika Bowen melakukan percobaan untuk memperkuat resin epoksi dengan partikel bahan pengisi. Percobaan tersebut menghasilkan molekul bis-GMA yang memenuhi persyaratan matriks resin suatu komposit kedokteran gigi (Anusavice, 2004). Beberapa tahun ini penggunaan resin komposit kedokteran gigi meningkat karena menunjukkan hasil yang memuaskan dibanding dengan bahan tumpat yang lain (Vichi *et al.*, 2010). Bahan ini memiliki estetika yang bagus dan memiliki warna yang sesuai dengan struktur gigi (Ibrahim *et al.*, 2009).

##### 2.1.1 Komposisi

Resin komposit terbentuk dari empat komponen besar yaitu matriks polimer organik, partikel pengisi anorganik, *coupling agent*, dan sistem *initiator-accelerator* (Sakaguchi and Powers, 2006). Komponen utama dari resin komposit

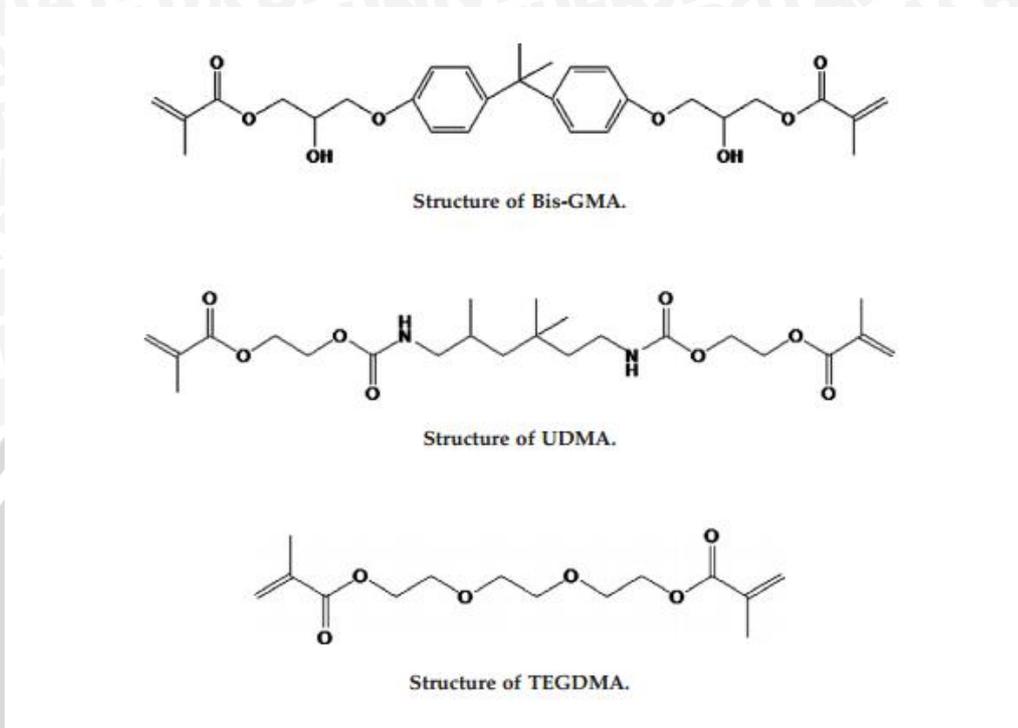
ialah matriks resin dan partikel pengisi anorganik. Komponen resin memberi keuntungan berupa kemudahan pembentukan bahan tumpatan pada suhu ruangan dan setting yang singkat dengan cara polimerisasi. Komponen partikel pengisi anorganik akan menutupi kelemahan resin yaitu dengan mengurangi *polymerization shrinkage* (Mc Cabe, 2008).

Disamping kedua komponen bahan tersebut, beberapa komponen lain diperlukan untuk meningkatkan efektivitas dan ketahanan bahan tumpatan resin komposit. Bahan *coupling* (silane) diperlukan untuk memberikan ikatan antara bahan pengisi anorganik dengan matriks resin, sedangkan bahan *initiator-accelerator* diperlukan untuk polimerisasi resin. Sejumlah kecil bahan lain ditambahkan untuk meningkatkan stabilitas warna (penyerapan sinar ultraviolet) dan mencegah polimerisasi dini (bahan penghambat seperti *hydroquinone*), komposit harus pula mengandung pigmen untuk memperoleh warna yang cocok dengan struktur gigi (Mc Cabe, 2008).

#### 2.1.1.1 Matriks Resin

Kebanyakan bahan resin komposit kedokteran gigi menggunakan monomer yang merupakan diakrilat aromatik atau alipatik, *bisphenyl glycidyl dimethacrylate* (bis-GMA), *urethane dimethakrilat* (UEDMA), dan *trietilen glikol dimetakrilat* (TEGDMA) adalah dimetakrilat yang umum digunakan dalam resin kedokteran gigi. Monomer dengan berat molekul yang tinggi, khususnya bis-GMA, amatlah kental pada temperatur ruang. Penggunaan monomer pengental penting untuk memperoleh tingkat pengisi yang tinggi dan menghasilkan konsistensi pasta yang dapat digunakan secara klinis. Pengencer dapat berupa

monomer metakrilat tetapi biasanya adalah monomer dimetakrilat, seperti TEGDMA (Anusavice, 2004).



**Gambar 2.1** Struktur kimia matriks resin bis-GMA, UDMA, dan TEGDMA (Sakaguchi and Powers, 2006)

Pengurangan viskositas bila TEGDMA ditambahkan dengan bis-GMA memiliki nilai yang bermakna. Campuran 75% berat bis-GMA dan TEGDMA memiliki viskositas 4300 cP, sedangkan viskositas dengan campuran 50:50 antara kedua bahan tersebut adalah 200 cP. Penambahan TEGDMA atau dimetakrilat dengan berat molekul rendah dapat meningkatkan *polymerization shrinkage*, yaitu suatu faktor yang membatasi jumlah dimetakrilat dengan berat molekul rendah yang dapat digunakan dalam komposit. Monomer dimetakrilat memungkinkan terjadinya ikatan silang ekstensif antar rantai partikel. Hal ini menghasilkan suatu matriks yang lebih tahan terhadap degradasi oleh pelarut. Meskipun bis-GMA lebih unggul dibandingkan dengan resin akrilik, bahan

tersebut kurang efektif dalam mengikat struktur gigi. Oleh sebab itu, *polymerization shrinkage* dan perubahan dimensi termal masih menjadi pertimbangan penting untuk resin dengan partikel pengisi (Mc Cabe, 2008).

Selain monomer, bahan lain yang ditambahkan dalam matriks resin adalah aktivator-inisiator, penghambat, penyerap sinar ultraviolet, pigmen, dan *opacifier* (Anusavice, 2004). Penambahan bahan-bahan ini diperuntukkan agar polimerisasi resin komposit dapat terjadi serta resin komposit memiliki karakteristik sesuai anatomis gigi.

### 2.1.1.2 Partikel Bahan Pengisi

Penambahan partikel bahan pengisi ke dalam suatu matriks secara nyata dapat meningkatkan sifat bahan matriks. Peningkatan sifat bahan matriks dengan penambahan partikel pengisi terjadi ketika partikel-partikel pengisi tersebut berikatan kuat. Bila tidak, maka partikel bahan pengisi dapat melemahkan bahan. Karena bahan pengisi harus berikatan kuat, maka penggunaan bahan pengisi tambahan sangat diperlukan (Anusavice, 2004).

Partikel pengisi umumnya dihasilkan dari penggilingan dan pengolahan quartz untuk menghasilkan ukuran partikel yang berkisar 0,1-100  $\mu\text{m}$ . Partikel silika dengan ukuran koloidal ( $\pm 0,04 \mu\text{m}$ ) secara kolektif disebut bahan pengisi mikro dan diperoleh dari proses pirolitik atau presipitasi (Anusavice, 2004).

Variasi ukuran partikel pengisi dapat menghasilkan peningkatan jumlah partikel pengisi terhadap matriks resin komposit yang kemudian memberikan kekuatan ekstra karena adanya hubungan antara peningkatan kekuatan

kompresi pada komposit dengan peningkatan jumlah partikel pengisi (Moezzyzadeh, 2012).

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. Oleh sebab itu komposit yang mengandung quartz lebih sulit di poles dan dapat menyebabkan abrasi pada gigi atau restorasi antagonisnya (Anusavice, 2004).

Sifat radiopasitas bahan pengisi disebabkan oleh adanya bahan 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 sifat radiopak, bahan ini tidak selembam bahan quartz pada medium berair (Anusavice, 2004).

Untuk memasukkan bahan pengisi dalam jumlah maksimal ke dalam matriks resin, diperlukan penyebaran ukuran partikel. Terlihat jelas bahwa bila digunakan ukuran partikel tunggal, meskipun dengan pemadatan yang rapat, masih dapat terjadi celah antar partikel. Partikel lebih kecil dapat mengisi celah antar partikel dengan memperlama proses penyebaran partikel yang kontinu dan menampung muatan bahan pengisi maksimal (Anusavice, 2004).

### **2.1.1.3 Bahan Coupling**

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

bahan *coupling* yang tepat dapat meningkatkan sifat mekanis dan sifat fisik serta memberikan kestabilan hidrolitik dengan mencegah air menembus sepanjang antar-muka bahan pengisi dan resin (Anusavice, 2004). Bahan pengisi yang paling sering digunakan adalah *organosilanes* (*3-metoksi-profil-trimetoksi silane*), *zirconates* dan *titanates* (Sakaguchi and Powers, 2006).

### 2.1.2 Polimerisasi

Proses polimerisasi merupakan tahapan penting pada resin komposit. Resin komposit memiliki dua metode polimerisasi, yaitu secara *self-cured* atau polimerisasi sendiri dengan reaksi kimia dan *light-cured* dengan menggunakan sinar. Proses polimerisasi yang tidak sempurna akan menyebabkan berkurangnya ketahanan dan kekuatan resin komposit (Roberson *et al.*, 2006).

Metode polimerisasi *self-cured* adalah polimerisasi dengan memanfaatkan reaksi kimia, dengan adanya kandungan komposit yang ditambahkan yaitu *peroxide initiator* dan *amine accelerator* (Sakaguchi and Powers, 2006). Resin komposit dengan aktivasi kimia ini biasanya terdiri atas dua bagian atau *tube*. Masing-masing *tube* memiliki kandungan partikel pengisi dan matriks resin. *Tube* yang pertama ditambahkan komponen *accelerator*. Penggunaan resin komposit ini dengan cara menggabungkan kedua *tube* tersebut. Kandungan *initiator* dan *accelerator* di dalam masing-masing tube harus tetap terpisah sebelum digunakan, karena dapat bereaksi dan membuat resin komposit terpolimerisasi. Metode ini memiliki kekurangan dalam hal waktu manipulasi bahan dan aplikasi, karena polimerisasi menggunakan reaksi kimia dari *initiator* dan *accelerator* maka waktu yang dapat digunakan dalam mencampurkan kedua bahan sebelum resin komposit mengeras sangat singkat.

Metode penggabungan kedua bahan ini juga dapat menimbulkan terbentuknya gelembung oksigen di dalam tumpatan, waktu manipulasi yang singkat juga meningkatkan terbentuknya gelembung oksigen yang terperangkap di dalam tumpatan saat polimerisasi (Anusavice, 2004).



**Gambar 2.2** Resin komposit *light cured* dan *light curing unit* (Mc Cabe, 2008)

Polimerisasi *light-cured* merupakan polimerisasi resin komposit menggunakan cahaya dengan panjang gelombang tertentu. Cahaya yang biasanya digunakan dalam proses polimerisasi ini adalah yang memiliki panjang gelombang 470 nm (Roberson *et al.*, 2006). Sumber sinar dapat mengaktifkan sistem inisiator. Bahan-bahan dengan pengerasan sinar memiliki keuntungan dimana operator dimungkinkan untuk dapat menyelesaikan pemasukan bahan hingga pembentukan kontur restorasi sebelum pengerasan bahan dimulai. Jarak penyinaran yang dianjurkan dan efektif adalah 0.5 mm - 2.5 mm dari permukaan restorasi. Waktu yang dibutuhkan hanya 40 detik sampai suatu bahan dengan ketebalan 2 mm dapat benar-benar mengeras (Awliya, 2007). Selain itu, bahan-bahan dengan pengerasan sinar tidak terlalu sensitif terhadap oksigen dibanding dengan metode *self-cured*. Kerugian dari metode ini yaitu kecenderungan

mengerut bila terpapar sinar polimerisasi. Hal ini menyebabkan bahan tertarik dari regio tepi yang terletak jauh dari sumber sinar, sehingga dapat menyebabkan kebocoran pada tepi restorasi (Anusavice, 2004).

### 2.1.3 Sifat Resin Komposit

#### 2.1.3.1 Sifat Fisis

Resin komposit merupakan bahan restorasi yang memiliki estetika yang baik. Selain itu, komposit memiliki kemampuan perlekatan pada enamel maupun dentin dengan bonding dan stabilitas warna yang baik pula. 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* (Sakaguchi and Powers, 2006).

#### 2.1.3.2 Sifat Mekanis

Sifat mekanis pada bahan restorasi resin komposit merupakan faktor yang penting untuk mendukung kemampuan bahan ini agar dapat bertahan dengan baik pada kavitas. Sifat ini juga harus menjamin bahan restorasi berfungsi secara efektif, aman dan tahan untuk jangka waktu tertentu (Anusavice, 2004).

Sifat-sifat mekanis yang mendukung ketahanan bahan resin komposit diantaranya yaitu adhesi atau kekuatan perlekatan pada substansi gigi, serta kekuatan dan keausan. Adhesi terjadi apabila dua substansi yang berbeda melekat saat berkontak yang disebabkan adanya gaya tarik menarik yang timbul antara kedua substansi tersebut. Resin komposit tidak berikatan secara kimia

dengan struktur enamel gigi, sehingga adhesi dapat diperoleh dengan dua cara, yaitu dengan metode pengetsaan dan *dentin bonding agent*. Pengetsaan pada enamel menyebabkan terbentuknya mikro porositas pada permukaan enamel sehingga tercipta retensi mekanis yang cukup baik antara resin komposit dan struktur gigi. Selanjutnya adalah metode *dentin bonding agent*, yaitu membuat suatu lapisan yang diaplikasikan antara dentin dan resin komposit, dengan maksud menciptakan ikatan mekanis antara dentin dengan resin komposit tersebut melalui lapisan ini (Sakaguchi and Powers, 2006).

Sifat yang lain yaitu kekuatan dan keausan, kekuatan kompresif dan kekuatan tensil resin komposit lebih unggul dibandingkan resin akrilik. Kekuatan tensil komposit dan daya tahan terhadap fraktur memungkinkan digunakan bahan restorasi ini untuk penempatan sudut insisal. Akan tetapi, resin komposit memiliki derajat keausan yang sangat tinggi, karena sifat matriks resin yang lunak lebih cepat hilang sehingga partikel pengisinya lepas (Anusavice, 2004).

#### 2.1.4 Jenis Resin Komposit

Resin komposit dapat terbagi dalam berbagai bentuk menurut konsistensi dan besar atau ukuran partikel pengisi di dalamnya. Berdasarkan konsistensinya, resin komposit dapat dibagi dalam dua golongan besar yaitu resin komposit dengan konsistensi yang cair disebut *flowable* sedangkan konsistensi yang padat disebut *packable* (Ferracane, 2010). Berdasarkan pada ukuran partikel pengisi di dalamnya, resin komposit terbagi menjadi komposit *macrofiller*, komposit *microfiller*, komposit *hybrid* dan *nanocomposite*. Komposit *macrofiller* atau komposit tradisional dengan rata-rata ukuran bahan pengisi 8-12  $\mu\text{m}$  memiliki sifat permukaan yang sangat keras. Komposit *microfiller* memiliki ukuran bahan

pengisi yang lebih kecil yaitu 0,01-0,1  $\mu\text{m}$  sehingga permukaan yang dihasilkan lebih halus. *Hybrid* adalah macam resin komposit yang memiliki ukuran bahan pengisi yang beragam dengan menggabungkan kelebihan komposit konvensional dan *microfill*. *Nanocomposite* adalah resin komposit yang dikembangkan dengan ilmu nanoteknologi yang menghasilkan partikel pengisi dengan ukuran 0,005-0,1  $\mu\text{m}$  (Sakaguchi and Powers, 2006).

#### 2.1.4.1 Berdasarkan Konsistensi

##### 2.1.4.1.1 *Packable* Resin Komposit

Resin komposit *packable* merupakan resin komposit yang memiliki bentuk padat dengan memodifikasi kandungan partikel pengisi yang dimiliki (Ferracane, 2010). Resin komposit jenis ini diperkenalkan pada tahun 1990an untuk menjadi pengganti dari bahan tumpat amalgam karena keunggulannya memiliki kekuatan dalam melawan tekanan dan gaya di dalam rongga mulut yang besar dan penggunaan yang lebih mudah. *Packable* resin komposit memiliki karakteristik kandungan partikel pengisi yang tinggi dan distribusi yang baik sehingga konsistensi yang dimiliki lebih padat serta tidak mudah menempel pada *filling instrument* saat penggunaan (Papadogiannis *et al.*, 2007).

##### 2.1.4.1.2 *Flowable* Resin Komposit

*Flowable* resin komposit merupakan jenis resin komposit yang diproduksi dengan viskositas lebih rendah atau berbentuk sedikit cair. Konsistensi cair ini dibuat dengan cara mengurangi besarnya kandungan partikel pengisi di dalam resin komposit. Beberapa sumber mengatakan bahwa dengan mengurangi kandungan partikel pengisi yang ada dalam sebuah resin komposit dapat

berpengaruh pada menurunnya kemampuan mekanik dan memungkinkan terjadinya peningkatan pengerutan pada resin komposit. Konsistensi cair yang dimiliki resin komposit *flowable* memungkinkan resin komposit ini untuk menjangkau pada kavitas yang paling kecil dan susah terjangkau oleh jenis lain. Resin komposit jenis ini memiliki adaptasi kavitas yang sangat baik dan memiliki kemasan berbentuk *syringe* agar mudah dalam penggunaan (Sakaguchi and Powers, 2006).

#### **2.1.4.2 Berdasarkan Ukuran Partikel**

##### **2.1.4.2.1 Resin Komposit *Macrofiller* atau Konvensional**

Resin komposit *macrofiller* mengandung silika koloid dengan ukuran partikel rata-rata 10  $\mu\text{m}$  sampai 100  $\mu\text{m}$ . Partikel pengisinya menyusun 70% sampai 80% dari berat keseluruhan resin komposit. Ukuran partikel pengisi dalam komposit *macrofiller* yang besar menghasilkan restorasi yang terasa kasar bila dilihat menggunakan *explorer*. Kemungkinan akumulasi plak dan perubahan warna lebih besar pada komposit ini dibandingkan dengan jenis lain. Komposit *macrofiller* memiliki ciri khas akan berubah sedikit abu-abu ketika digosok dengan instrument (Anusavice, 2004).

##### **2.1.4.2.2 Resin Komposit *Microfiller***

Ukuran partikel komposit *microfiller* jauh lebih kecil dari komposit *macrofiller* (0,01-0,1  $\mu\text{m}$ ). Komposit *macrofiller* setelah dipolish sangat halus akan memiliki tampilan permukaan yang sangat mirip dengan enamel. Partikel pengisi komposit jenis ini sangat kecil dan terbuat dari leburan silika. Luas permukaan partikel pengisi sangat kecil sehingga membutuhkan lebih banyak matriks resin

untuk membasahi permukaan partikel pengisi. Karena jumlah komponen resin komposit yang tinggi, maka akan dihasilkan peningkatan koefisien ekspansi termal dan kekuatan yang lebih rendah (Anusavice, 2004).

#### 2.1.4.2.3 Resin Komposit *Hybrid*

Resin komposit ini disebut *hybrid* atau campuran karena memiliki berbagai macam campuran partikel pengisi dengan ukuran yang berbeda. Komposit *hybrid* terdiri dari kaca berbentuk ireguler (*borosilicate glass*, lithium atau *barium aluminium silicate*, strontium atau *zinc glass*), partikel quartz atau zirconia. Komposit jenis ini kuat dan memiliki hasil poles yang baik. Kandungan partikel pengisi resin komposit hibrida ini menyusun 75-80% berat keseluruhan resin komposit. Partikel pengisi rata-rata berukuran 0,4-1  $\mu\text{m}$  dengan variasi ukuran partikel 0,5  $\mu\text{m}$  hingga 3  $\mu\text{m}$ . Komposit hibrida sangat populer, kekuatan dan ketahanan abrasi yang dapat diterima kecil untuk restorasi kelas I dan II (Anusavice, 2004).

#### 2.1.4.2.4 Resin Komposit *Nanofiller*

Sistem resin pada komposit ini mengandalkan modifikasi dari beberapa sistem resin untuk mendapatkan peningkatan sifat fisis dari resin komposit. Bahan restorasi komposit nano memiliki sifat fisik yang sangat baik terutama dari hasil pemolesan maupun kekuatannya. Partikel pengisi pada bahan ini memiliki ukuran dari 0,005  $\mu\text{m}$  sampai 0,1  $\mu\text{m}$ . Komposit nano yang dikembangkan dengan menggunakan teknik *nanotechnology* memiliki hasil poles seperti pada resin komposit mikro tetapi memiliki kekuatan dan tingkat keausan seperti pada resin komposit hybrid (Panto, 2011).

Nanoteknologi atau yang lebih dikenal sebagai molekuler nanoteknologi atau teknik molekuler adalah material produk fungsional dan struktur yang mempunyai ukuran sekitar 0,1-100 nanometer (pengukuran nano) oleh berbagai metode fisika atau kimia. Perkembangan revolusioner nanoteknologi telah menjadi disiplin ilmu yang paling diminati dalam ilmu pengetahuan dan teknologi (Gonulol *et al.*, 2012).

Resin komposit *nanofiller* dikembangkan dengan konsep nano teknologi dengan prinsip membuat suatu produk baru yang lebih ringan, lebih kuat, lebih murah, dan lebih tepat. Resin komposit *nanofiller* merupakan bahan restorasi universal yang diaktivasi oleh *visible-light* yang dirancang untuk keperluan merestorasi gigi anterior maupun posterior. Resin ini memiliki sifat kekuatan dan ketahanan hasil poles yang sangat baik (Panto, 2011).

Komposit ini terdiri dari resin yang bersifat dapat mengurangi penyusutan, yaitu BIS-GMA, BIS-EMA, UDMA dan sejumlah kecil TEGDMA. Sedangkan partikel pengisinya berisi kombinasi antara partikel nanosilica 20 nm yang tidak berkelompok dan *nanocluster* zirconia atau silica yang mudah berikatan membentuk kelompok, dimana kelompok tersebut terdiri dari partikel zirconia atau silica dengan ukuran 5 nm hingga 20 nm (Panto, 2011).

## 2.2 Komposit Nano

Nanoteknologi merujuk pada produksi struktur dan fungsi sebuah materi dalam skala ukuran 0,1-100 nm yang dicapai dengan berbagai metode fisik maupun kimia (Gonulol *et al.*, 2012). *Nanocomposite* adalah komposit yang tersusun atas komponen yang berskala nanometer. Ukuran partikel dan kuantitas pada resin komposit sangat penting untuk menentukan cara terbaik dalam

pemanfaatan bahan restoratif itu sendiri. Perubahan komponen pengisi tetap menjadi perkembangan paling signifikan dalam evolusi resin komposit, karena ukuran partikel pengisi, distribusi, dan kuantitas secara dramatis akan mempengaruhi sifat mekanik dan keberhasilan klinis resin komposit. Ukuran partikel berskala nanometer memiliki estetika yang optimal dan menjadikannya kandidat yang baik untuk restorasi gigi anterior. Selain itu, komposit ini menunjukkan sifat mekanik yang sesuai dan menjadikannya alternatif yang sama baiknya untuk gigi posterior. Komposit nano memiliki translusensi yang tinggi, permukaan yang baik, dan retensi permukaan yang sama baiknya dengan komposit mikro. Sifat fisis dan keausannya dapat dibandingkan dengan komposit *hybrid* (Moezzyzadeh, 2012). Komposit ini dapat dibagi menjadi dua bentuk yaitu *nanofiller* dan *nanohybrid*, yang merupakan hasil dari pengembangan dari komposit generasi sebelumnya (George *et. al.*, 2011).

### 2.2.1 *Nanofiller* Resin Komposit

Resin komposit *nanofiller* adalah salah satu macam dari *nanocomposite*, komposit ini berisi partikel pengisi berukuran nano yang disebut *nanomer* dan juga sekumpulan partikel lain yang bergabung menjadi satu membentuk gerombolan partikel dalam resin komposit yang disebut *nanocluster*. Penambahan komposisi *nanocluster* ini memberikan mekanisme yang berbeda pada komposit sehingga dapat meningkatkan kekuatan dan kehandalan dari resin komposit tersebut (George *et. al.*, 2011; Sideridou *et al.*, 2011). Kombinasi dari partikel *nanomer* dan *nanocluster* menurunkan celah *interstitial* dari partikel pengisi, sehingga terjadi peningkatan muatan partikel pengisi, memperbaiki sifat fisik, dan meningkatkan penyempurnaan retensi (Hamouda, 2012).

### 2.2.1 *Nanohybrid* Resin Komposit

Resin komposit *nanohybrid* merupakan salah satu jenis *hybrid* resin komposit yang mengandung campuran partikel pengisi yang dalam skala nanometer (0,005-0,01  $\mu\text{m}$ ) dan sebagian yang berukuran mikro (0,01-0,1  $\mu\text{m}$ ). Ukuran partikel yang kecil membuat komposit ini dapat dipoles dengan permukaan yang lebih halus dibandingkan komposit dengan partikel yang besar (Panto, 2011).

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 (Moraes *et al.*, 2009 ; Sakaguchi and Powers, 2006).

Matriks resin yang digunakan pada resin komposit *nanohybrid* masih menggunakan bahan dasar bis-GMA, untuk partikel pengisi inorganik pada umumnya menggunakan bahan zirconium atau silica dengan ukuran berkisar 25 nm. Dengan 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 *polymerization shrinkage* yang lebih sedikit, menimbulkan defleksi dinding cusp yang lebih kecil dan mengurangi kemungkinan kebocoran tepi. *Compressive strength* komposit *nanohybrid* cukup bagus sehingga bahan ini juga dapat digunakan sebagai tambalan pada gigi posterior (Sakaguchi and Powers, 2006).

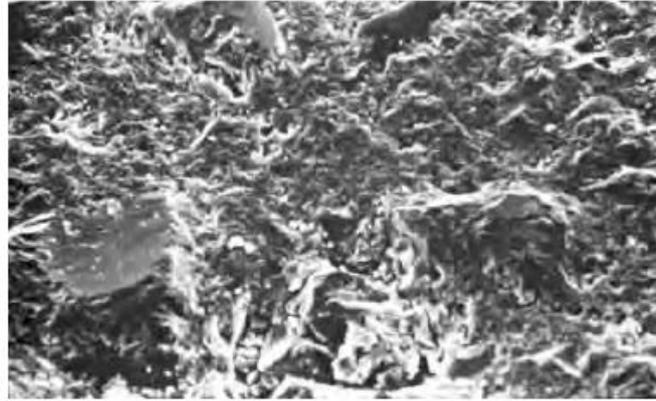
### 2.3 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan adalah ukuran ketidakrataan dari permukaan yang telah diproses akhir dan diukur dengan satuan mikrometer ( $\mu\text{m}$ ). Kekasaran permukaan dihitung sebagai deviasi rata-rata aritmatika dari dasar permukaan ke puncak permukaan tertentu (Yin *et al.*, 2009). Kekasaran permukaan dipengaruhi oleh ukuran partikel pengisi, *finishing*, *polishing* dan pemakaian restorasi. Ukuran partikel pengisi resin komposit yang bervariasi akan mempengaruhi kekasaran dari bahan tersebut, terutama sifat fisik dan mekanik resin komposit. Semakin besar ukuran partikel pengisi maka akan semakin kasar permukaan resin komposit tersebut, dan begitu juga sebaliknya bila ukuran partikel pengisinya kecil maka permukaan resin komposit akan lebih halus (Hatrick *et al.*, 2011).

Proses perubahan kekasaran permukaan resin komposit dapat terjadi karena pemakaian (proses mastikasi), makanan, minuman dan alat atau bahan pembersih. Makanan dan minuman yang bersifat asam (sari buah, *citrus drink*, dan *soft drink*) cenderung membuat resin komposit menjadi lebih kasar. Bahan abrasif yang ada dalam pasta gigi yang dipakai dalam waktu yang lama dapat juga menyebabkan peningkatan kekasaran permukaan bahan restorasi (Rocha *et al.*, 2010).

Permukaan resin komposit mempunyai kekasaran permukaan yang paling rendah bila dibandingkan dengan material glass ionomer konvensional dan material hibrida. Material hibrida mempunyai kekasaran permukaan yang bervariasi antara 5 sampai 20 kali kekasaran permukaan resin komposit dimana komonomer mempunyai permukaan yang lebih halus yaitu 0,10-0,12 mm.

Permukaan resin komposit mempunyai kekasaran permukaan yang paling rendah (0,02mm) bila dibandingkan dengan material glass ionomer konvensional (Irawan, 2004).



**Gambar 2.3** Kekasaran permukaan resin komposit difoto menggunakan SEM (Mc Cabe, 2008)

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. *Ra* menunjukkan rerata aritmatik puncak tertinggi dan puncak terendah bentukan kekasaran terhadap panjang permukaan yang diukur dalam satuan mikron. 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, 2003).

#### 2.4 Minuman Berkarbonasi

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

Pada saat larut dalam air,  $CO_2$  memberikan rasa asam sehingga dapat menurunkan pH menjadi sekitar 3,2 – 3,7. Menurut *American Food and Drug Administration* (FDA), bahan-bahan yang terkandung dalam minuman ringan atau soft drink yaitu air, karbon dioksida ( $CO_2$ ), pemanis, kafein, pewarna, pengawet dan perasa buatan. Air merupakan komponen utama dari minuman berkarbonasi. Kedua yaitu karbon dioksida ( $CO_2$ ) yang berguna untuk memperbaiki rasa minuman, serta menghasilkan rasa masam yang digemari konsumen dan menggelitik di kerongkongan. Dalam minuman berkarbonasi juga terdapat kandungan pemanis yang cukup tinggi. Minuman berkarbonasi reguler terdiri dari sukrosa (gula tebu), sirup fruktosa atau *high fructose corn syrup* (HFCS), sedangkan minuman berkarbonasi diet terdiri dari pemanis sintetis aspartam, sakarin atau siklamat. Keempat yaitu kafein dengan kadar yang cukup tinggi, membantu seseorang tetap terjaga (tidak mengantuk), jantung dapat berdegup 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. Keenam zat pewarna, dapat ditemukan pada beberapa jenis minuman berkarbonasi yaitu 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).

Menurut penelitian Reddy *et al.* (2013) minuman berkarbonasi merupakan agen yang paling berpengaruh dalam perubahan kekasaran permukaan resin komposit dibandingkan dengan kopi dan teh. Minuman berkarbonasi memiliki kandungan sukrosa dan fruktosa yang dapat terfermentasi di dalam rongga mulut oleh mikroorganisme *S. mutans* dan menyebabkan rusaknya struktur gigi dan restorasi pada rongga mulut (Leme *et al.*, 2006).

Rongga mulut memiliki nilai pH normal 5,6-7,0 dengan rata-rata pH 6,7 (Reddy *et al.*, 2013). Minuman berkarbonasi adalah minuman yang bersifat asam. Nilai pH pada minuman berkarbonasi cukup rendah mencapai 2.5 (Bajwa *et al.*, 2014). Kondisi ini akan menyebabkan penurunan nilai pH dalam rongga mulut, sehingga menyebabkan degradasi matriks organik pada resin komposit. Degradasi matriks pada resin komposit disebabkan terlepasnya komponen resin komposit karena melemahnya ikatan antara partikel polimer matriks dengan partikel pengisi resin komposit. Hilangnya dua struktur penting pada resin komposit (matriks dan partikel pengisi) akan menyebabkan perubahan dari struktur permukaan restorasi resin komposit, membuatnya menjadi lebih kasar sehingga retensi plak akan meningkat (Suprayoga, 2013). Konsumsi rutin minuman berkarbonasi akan meningkatkan kekasaran permukaan restorasi,

merubah warna restorasi, juga mempengaruhi tampilan klinis restorasi serta umur dari restorasi tersebut (Bajwa *et al.*, 2014).

