

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Telaah Pustaka

##### 1. Resin Komposit

###### a. Pengertian

Resin komposit dapat didefinisikan sebagai gabungan dari dua atau lebih bahan dengan sifat berbeda yang akan menghasilkan sifat yang lebih baik daripada bahan itu sendiri (Anusavice, 2004). Restorasi resin komposit diperkenalkan pertama kali pada tahun 1960 (Mitchell, 2008). Menurut Powers dan Sakaguchi (2006) resin komposit memiliki beberapa keunggulan, antara lain, pengerutan pada polimerisasi rendah, daya penyerapan air rendah, kekuatan terhadap fraktur, ketahanan pada keausan yang tinggi, warnanya radiopak, serta mudah dimanipulasi.

###### b. Komposisi

Material resin komposit terdiri dari tiga komposisi utama (Noort, 2007), yaitu:

###### 1) Matriks Organik

Matriks dari resin komposit adalah polimer, bis-GMA atau monomer yang serupa (Gladwin dan Bagby, 2009). Bis-GMA dihasilkan oleh reaksi *bisphenol-A* dan *glycidylmethacrylate*. Bis-GMA memiliki kekentalan yang cukup tinggi pada suhu ruangan, oleh karena itu dapat ditambahkan bahan pengental berupa

monomer dimetakrilat atau TEGDMA (Anusavice, 2004). Bis-GMA memiliki berat molekul yang lebih tinggi dibandingkan *methyl methacrylate*, sehingga dapat membantu mengurangi pengerutan pada saat polimerisasi. Nilai pengerutan pada polimerisasi dari *methyl methacrylate* adalah sebesar 22vol. % dan bis-GMA adalah sebesar 7,5vol. % (Noort, 2007).

## 2) Bahan Pengisi

Penambahan bahan pengisi pada resin komposit ditujukan untuk meningkatkan sifat bahan matriks (Anusavice, 2004). Ukuran partikel bahan pengisi pada resin komposit dapat mempengaruhi kehalusan permukaan dari restorasi. Partikel besar akan menghasilkan permukaan yang lebih kasar. Persentase dari bahan pengisi sangat mempengaruhi karakteristik dari restorasi resin komposit, selama jumlah bahan pengisi ditingkatkan, jumlah resin akan menurun, oleh karena itu pengerutan polimerisasi meningkat dan koefisien ekspansi termal semakin menyerupai struktur gigi. Kekerasan dan ketahanan terhadap abrasi semakin baik (Gladwin dan Bagby, 2009).

## 3) Bahan Pengikat

Ikatan antara matriks organik dan artikel bahan pengisi sangat penting untuk kesuksesan restorasi resin komposit. Penambahan bahan pengikat yang tepat dapat meningkatkan sifat mekanis, fisik, serta memberikan kestabilan hidrolitik yang lebih baik dengan

mencegah air menembus antara matriks organik dan partikel bahan pengisi. Salah satu contoh bahan pengikat banyak digunakan adalah  $\gamma$ -metakriloksipropiltrimetoksi silane (Anusavice, 2004).

c. Klasifikasi Resin Komposit

Resin komposit adalah bahan restorasi kedokteran gigi yang mengalami perkembangan yang sangat pesat, bahkan dibandingkan dengan bahan restorasi lainnya (Anusavice, 2004). Resin komposit dapat diklasifikasikan kedalam tiga bagian besar berdasarkan ukuran, jumlah, dan komposisi dari *filler inorganic* yaitu: *conventional composites* yang memiliki bahan pengisi yang besar dan keras sehingga permukaannya kasar: *microfill composite* yang permukaannya lebih halus, namun karakteristik fisik dan mekanik yang kurang bagus: dan *hybrid composite* yang mengkombinasikan karakteristik fisik dan mekanik resin komposit konvensional dengan kehalusan permukaan resin komposit *microfill*. Namun dengan perkembangan yang pesat saat ini dihasilkan beberapa klasifikasi *hybrid* lain, yaitu *flowable*, *packable*, dan *nanofill composites* dengan ukuran partikel sangat kecil (0.005-0.01  $\mu\text{m}$ ) sehingga menghasilkan properti fisik dan estetik yang baik. Karena kualitasnya yang baik, resin komposit *nanofill* sangat populer sebagai pilihan utama pada restorasi (Roberson, 2006).

d. Resin Komposit *Nanofill*

Munculnya generasi baru resin komposit dengan teknologi ukuran partikel yang sangat kecil memungkinkan dokter gigi untuk memberikan restorasi yang kuat dan dengan estetik yang sangat baik, resin komposit *nanofill* menjanjikan permukaan yang lebih halus, berkilau lebih lama, dan sangat kuat. Ukuran partikel yang sangat kecil (0.02  $\mu\text{m}$  dibandingkan dengan resin komposit *hybrid* yang berukuran 0.4-1  $\mu\text{m}$ ) akan menghasilkan muatan partikel bahan pengisi yang lebih banyak, sekitar 84% dari berat dan 69% dari volume keseluruhan, sehingga memungkinkan derajat pengkerutan yang lebih rendah permukaan yang lebih halus, serta kekuatan lentur yang mirip dengan resin komposit *hybrid* (Christopher, 2004).

Resin komposit *nanofill* memiliki kandungan berupa campuran dari partikel berukuran nano, *non-agglomerated silica* dengan ukuran 20 nm, dan *zirconia/silica nanoclusters* dengan ukuran 5-20nm (Pontes dkk., 2013)

## 2. Bahan *Bonding*

a. Pengertian

*Bonding* atau adhesi menurut *The American Society for Testing and Materials* adalah keadaan dimana dua permukaan yang saling menahan oleh kekuatan interaksi yang terdiri dari kekuatan valensi atau kekuatan *interlocking* ataupun keduanya (Roberson, 2006). Prinsip dasar dari adhesi resin komposit pada substrat gigi adalah

proses pergantian material inorganik gigi dengan resin sintetik. Proses tersebut terdiri dari dua tahap, tahap pertama melepaskan kalsium fosfat yang menghasilkan permukaan mikroporus pada email dan dentin, dan tahap kedua atau biasa disebut tahap *hybridization*, dimana resin infiltrasi dan mengalami polimerisasi melalui mikroporus (Meerbeek dkk., 2003).

b. Komposisi

Bahan *bonding* modern terdiri dari tiga komponen utama yaitu etsa, primer, dan adhesif yang dapat berupa kemasan terpisah ataupun satu kemasan gabungan (Powers dan Sakaguchi, 2006).

1) Etsa

Bahan organik, polymer, dan mineral seperti *tartaric*, *citric*, *EDTA*, *acidic monomer*, *polyacrylic acid*, *nitric*, dan *hydroflouric* telah banyak diteliti untuk digunakan sebagai etsa, tetapi asam fosfat larutan dan gel (37%, 35%, 10%) dianggap menghasilkan bentuk etsa yang paling baik. Etsa asam biasa juga dikenal sebagai kondisioner karena menghasilkan asam yang sangat kuat (pH:1.0) (Powers dan Sakaguchi, 2006).

2) Primer

Primer merupakan monomer *hydrophilic* yang umum digunakan dalam bentuk liquid. Primer asam berisi gugusan asam karboksilat yang umum digunakan pada bahan *bondingself-etch*, bahan pelarut

yang digunakan pada primer biasanya berupa aseton, etanol, dan terutama air. (Powers dan Sakaguchi, 2006).

### 3) Adhesif

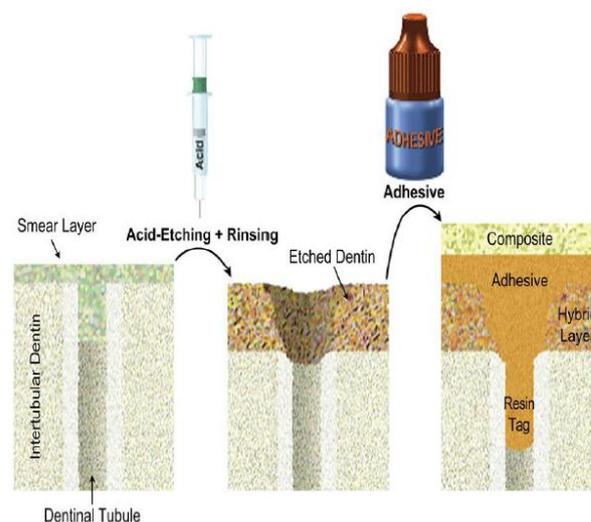
Adhesif biasanya *hydropobic, oligomer dimethacrilate* yang kompatibel dengan monomer yang digunakan dalam primer dan komposit. Penggunaan *oligomer dimetacrylate* biasanya diencerkan dengan monomer yang berat molekulnya lebih rendah (Powers dan Sakaguchi, 2006).

### c. Perkembangan

*Bahan bonding* mulai diperkenalkan sejak sekitar tahun 1950 dimana resin *glycerophosphoric acid dimethacrylate* dapat melekat dengan *hydrochloric acid-etch* pada permukaan dentin (Roberson 2006). *Bahan bonding* untuk restorasi resin komposit berdasarkan jumlah tahap pengaplikasian dapat dikelompokkan kedalam dua jenis, *etch&rinse (total-etch)* dan *self-etch* (Meerbeek, 2003). Selain berbeda dalam jumlah tahap pengaplikasiannya, *bondingtotal-etch* dan *bondingself-etch* juga berbeda dalam interaksinya terhadap *smear layer*. Pada aplikasi *bondingtotal-etch* setelah tahap aplikasi asam akan menghilangkan *smear layer* dan hidroksiapatit untuk menerima aplikasi bahan primer maupun adhesif. Sedangkan pada *bondingself-etch* membuat *smear layer* mengalami permeabilitas tanpa menghilangkan keseluruhan *smear layer* (Carvalho dkk., 2012).

### 1) *Bonding Total-Etch*

*Bonding total-etch* memerlukan paling sedikit dua tahap, jenis yang paling konvensional terdiri dari tiga tahap dimana proses *conditioner* atau etsa asam diikuti oleh proses primer dan terakhir proses pengaplikasian bahan adhesif. Proses yang disederhanakan terdiri dari dua tahap dengan mengkombinasikan tahap kedua dan tahap ketiga namun tetap dipisahkan dengan tahap etsa asam dan pembilasan (Meerbeek dkk., 2003).



Gambar 1. *Bonding Total-Etch* 2 tahap (Meena dan Jain, 2011)

Dengan kata lain *bonding total-etch* dapat dikategorikan menjadi dua sub bagian:

- a) Tiga tahap *total-etch* (asam+primer+adhesif)
- b) Dua tahap *total-etch* (asam+primer/adhesif)

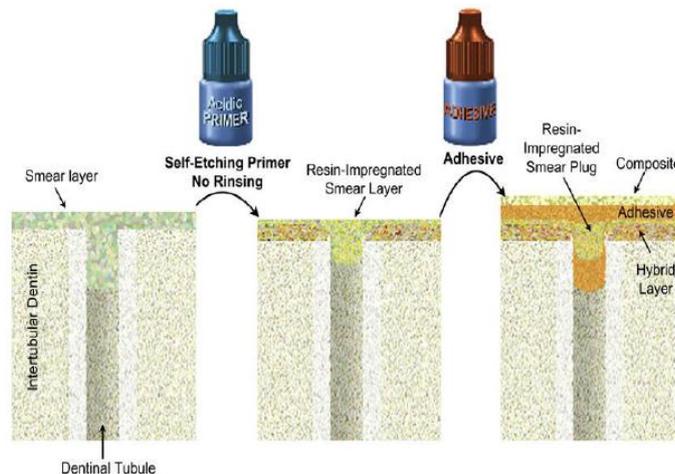
Kelebihan dari *bonding* sistem *total-etch* adalah kekuatan mekanis pada email maupun dentin. Kekurangannya adalah teknik *total-etch* merupakan teknik yang sensitif dimana diharuskan keadaan

yang tidak terlalu kering ataupun tidak terlalu basah, sensitivitas *post-operative* yang lebih tinggi dan adanya resiko nanoleakage (Meena dan Jain, 2011).

## 2) *BondingSelf-Etch*

*Bondingself-etch* hanya memerlukan dua atau satu tahap pengaplikasian (Meerbeek dkk., 2003). *Bondingself-etch* diperkenalkan sebagai modifikasi dari *bondingtotal-etch*, dengan menghilangkan tahap etsa asam (Carvalho dkk.,2012) Berdasarkan sifat agresif dari *bondingself-etch* dapat dikelompokkan dalam dua sub kategori, yaitu, “*strong*” dan “*mild*” *selfetchadhesives*. “*Strong*” *adhesive* biasanya memiliki pH 1 bahkan dibawahnya. Asam yang kuat akan menghasilkan pola etsa asam yang mirip dengan *bondingtotal-etch* yang menggunakan asam fosfat. Pada dentin, kolagen akan terkena dan hampir semua hidroksiapatit tak terpecahkan. “*Mild*” *self-etch* memiliki pH kurang lebih 2, dan demineralisasi pada dentin hanya sedalam 1 $\mu$ m. Demineralisasi pada permukaan superfisial ini hanya terjadi sebagian, sehingga sisa hidroksiapatit tetap melekat pada kolagen. Namun demikian, dapat menciptakan ikatan mikromekanikal yang cukup untuk tahap *hybridization*. Namun, ketebalan lapisan hybrid yang dihasilkan jauh lebih kecil apabila dibandingkan dengan *strong self-etch* atau *total-etch* tetapi hal ini

tidak terlalu penting dalam hal efektivitas *bonding* secara aktual (Meerbeek, 2003).



Gambar 2. *Bonding Self-Etch* (Meena dan Jain, 2011)

#### d. *Bonding*Email

Terinspirasi dari penggunaan asam fosfat 85% untuk melekatkan cat dan resin ke permukaan metal, Buonocore menggunakan asam untuk mengetsa email untuk melapisi *pits* dan *fissures*. Setelah itu, banyak penelitian dibidang kedokteran gigi berusaha untuk mencapai metode yang *reliable* dan kekuatan yang lebih kuat antara resin komposit dengan struktur gigi. Etsa asam pada email membuat permukaan email yang halus menjadi permukaan yang tidak teratur dan meningkatkan energi bebas pada permukaannya. Saat bahan resin komposit di aplikasikan pada permukaan email yang kasar, bahan resin akan berpenetrasi kedalam permukaan, monomer akan terpolimerisasi dan menghasilkan kekuatan *interlock* pada permukaan email (Roberson, 2006).

Lamanya waktu perendaman etsa asam pada email akan sangat mempengaruhi bentuk dan kualitas email. Umumnya etsa asam menggunakan asam fosfat selama 15 detik sudah cukup untuk menghasilkan mikrotag pada permukaan email (Powers dan Sakaguchi, 2006)

e. *Bonding* Dentin

Tahap etsa asam pada dentin sebelum tahap primer dan adhesif adalah bagian yang penting untuk menghilangkan *smear layer* dan mengekspos kolagen fibril pada dentinal matriks agar resin monomer dapat ter-infiltrasi. Sehingga, memungkinkan untuk mendapatkan adaptasi tepi yang baik pada restorasi, mengurangi *microleakage*, iritasi pulpa dan karies sekunder (Susin dkk., 2007).

*Bonding* pada dentin tidaklah semudah *bonding* pada email, karena dentin mengandung lebih banyak kandungan organik, adanya cairan tubuli dentinalis, *smear layer*, dan sifat permukaannya basah. (Susin dkk., 2007). *Bonding* pada dentin dipengaruhi oleh variasi bagian pada dentin itu sendiri, kedalaman dan letak kavitas, usia jaringan, perubahan akibat karies, dan faktor lain terkait kavitas dan pengunyahan.

f. Mekanisme Adhesi *Bonding Total-Etch*

Tumpatan resin komposit dapat melekat pada email, dentin maupun keduanya dengan menggunakan *coupling agent* atau promotor adhesi yang terdiri dari molekul disfungsi, salah satu akan masuk

kedalam ikatan kimia dengan permukaan gigi, dan sementara bagian lain akan berikatan dengan resin komposit (McCabe dan Walls, 2008). Promotor adhesi akan menghasilkan molekul M-R-X, dimana M merupakan gugusan Metakrilat, R merupakan pembuat celah atau jarak seperti hidrokarbon, dan X merupakan gugusan fungsional yang akan menciptakan ikatan dengan jaringan gigi. Selama terjadinya proses polimerisasi, gugusan M dari molekul M-R-X akan mengalami interkasi dengan resin komposit yang membentuk suatu ikatan kimia antara resin komposit dan dentin (Anusavice, 2004)

### 3. Dentin

Dentin memiliki lebih banyak kandungan organik dibandingkan dengan email, hanya sekitar 50% dari volume dentin yang termineralisasi dengan hidroksiapatit (Powers dan Sakaguchi, 2006).

Dentin juga mengandung banyak jaringan tubulus yang menghubungkan pulpa dan *dentinoenamel junction (DEJ)*. Jumlah tubulus pada dentin didekat pulpa sekitar 45.000/mm<sup>2</sup> dan berkurang hingga sekitar 20.000/mm<sup>2</sup> didekat *dentinoenamel junction (DEJ)*. Tubulus memiliki diameter sekitar 0.63µm hingga 2.37µm disekitar pulpa (Roberson, 2006).

Preparasi gigi menggunakan bur ataupun instrumen lain dalam melakukan restorasi akan menghasilkan sisa-sisa material organik maupun anorganik, seperti debris *smear layer* pada permukaan. *Smear layer* akan menutup dan memenuhi lubang pada tubulus dan membentuk "*smear plug*" yang akan menurunkan permeabilitas dentin hingga 86%.

*Smear layer* secara umum mengandung hidroksiapatit dan kolagen yang terdenaturasi. Penghilangan *smear layer* dan *smear plug* dengan larutan asam fosfat akan meningkatkan aliran cairan ke permukaan dentin. Cairan akan menghambat proses adhesi karena resin yang *hydrophobic* tidak bisa melekat dengan substrat *hydrophilic* selama masih terdapat resin tag pada tubulus dentin (Roberson, 2006)..

#### 4. Uji Kekuatan Tarik

Uji klinis adalah uji terakhir untuk restorasi gigi, tetapi uji ini tidak bisa membedakan alasan yang benar atas kegagalan dari dampak tekanan yang beragam pada rongga mulut. Pada uji coba di laboratorium, dapat mengevaluasi efek dari suatu variable namun dengan tetap menjaga variabel lainnya tetap konstan. Uji laboratorium lebih mudah untuk dilakukan, lebih cepat dan relatif lebih murah untuk menguji suatu bahan. Pada umumnya kekuatan bahan bonding dapat diukur dengan menggunakan uji tarik ataupun uji geser (Meerbeek, 2003). Pengukuran uji tarik dilakukan dengan menggunakan alat *Tokyo Testing Machine*, setelah itu dihitung menggunakan rumus (Lijaya cit El Zouhary dkk., 2004):

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \text{ MPa}$$

$$\sigma_t = \text{kekuatan tarik (N/m}^2 = \text{Pa)}$$

$$p = \text{gaya tarik (N)}$$

$$r = \text{jari-jari sampel (m}^2\text{)}$$



Gambar 3. *Tokyo Testing Machine*

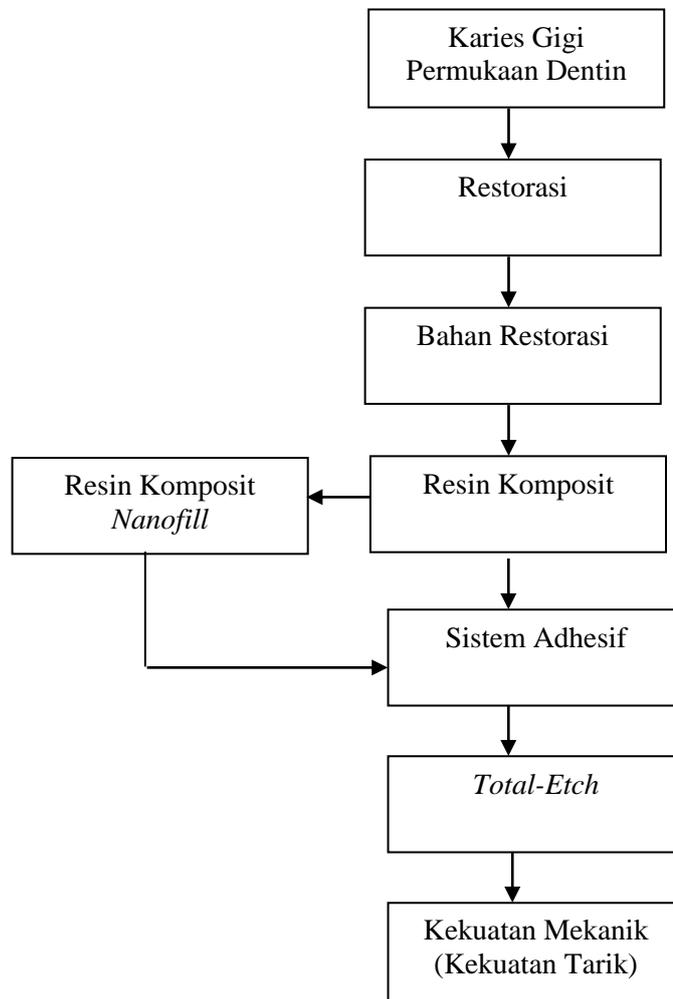
## **B. Landasan Teori**

Karies merupakan kerusakan jaringan keras gigi yang berupa perlunakan pada email dan dentin. Karies umumnya memerlukan waktu yang lama untuk menimbulkan keluhan pada pasien. Untuk mengembalikan fungsi pada gigi perlu dilakukan perawatan pada karies, salah satunya dengan melakukan restorasi pada gigi tersebut, untuk bahan restorasi yang umum digunakan saat ini adalah bahan resin komposit. Keunggulan resin komposit dibandingkan dengan bahan restorasi yang lainnya adalah dari segi estetik, dimana resin komposit dapat menghasilkan warna yang menyerupai gigi. Resin komposit telah mengalami banyak perkembangan, salah satu jenis bahan resin komposit adalah resin komposit nanofill, yang ukuran partikelnya sangat kecil sehingga dapat menghasilkan sifat fisik dan nilai estetik yang sangat baik.

Resin komposit dalam pengaplikasiannya tidak dapat berikat secara langsung dengan gigi, oleh karena itu dibutuhkan suatu bahan bonding atau bahan pelekat. Perkembangan bahan bonding sangat pesat sekali, salah satu bahan bonding yang sering digunakan saat ini adalah jenis total-etch, biasanya bahan bonding total-etch dikemas dalam dua botol terpisah, botol pertama berisi etsa asam, dan botol kedua berisi primer dan adhesive.

Seiring pesatnya perkembangan bahan di kedokteran gigi, maka perlu adanya proses pengevaluasian terhadap bahan-bahan tersebut. Evaluasi tersebut bertujuan untuk mengetahui bahan restorasi yang lebih baik. Evaluasi dapat dilakukan dengan melakukan uji kekuatan perlekatan bahan restorasi terhadap email maupun dentin dengan melakukan uji tarik maupun uji kekuatan geser.

### C. Kerangka Konsep



Gambar 4. Kerangka Konsep

### D. Hipotesis

Berdasarkan teori yang telah diuraikan pada tinjauan pustaka, maka hipotesis pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut: Terdapat pengaruh kekuatan tarik perlekatan resin komposit *nanofill* dengan lama waktu pengaplikasian bahan bonding yang bervariasi.