

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karies Gigi

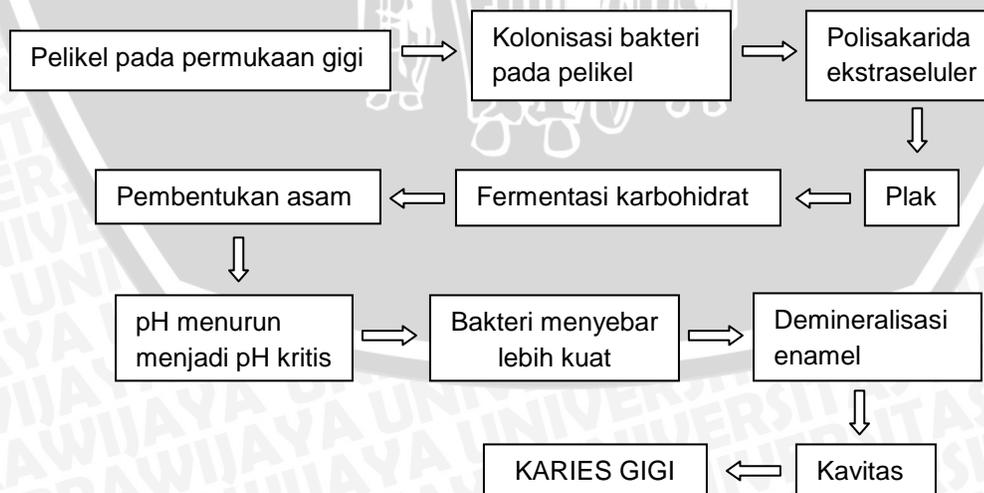
Karies gigi adalah penyakit mikrobial yang progresif pada jaringan keras gigi, ditandai dengan demineralisasi bagian inorganik dan destruksi bahan organik gigi, yang sering menyebabkan kavitasi (Shafer *et al.*, 2009). Karies gigi dapat terjadi pada semua permukaan gigi dimana gigi tersebut terbentuk biofilm yaitu kumpulan bakteri kariogenik yang melekat pada permukaan gigi dan melekat dalam waktu yang lama. Lesi karies terbentuk akibat perubahan ekologi dan aktivitas metabolisme dari biofilm, dimana tidak seimbangnya antara mineral pada gigi dan biofilm yang terbentuk. Metabolisme bakteri pada biofilm akan menyebabkan pH menurun. Metabolisme ini dapat meningkat dengan adanya tambahan karbohidrat yang difermentasi sehingga pH akan semakin menurun. Jika pH turun terus menerus akan menyebabkan hilangnya kalsium dan fosfat pada gigi sehingga terbentuk porus pada enamel (Kidd, 2008).



Gambar 2.1 Karies Gigi (<http://www.gopixpic.com>)

2.1.1 Proses Terjadinya Karies Gigi

Proses karies gigi diawali dengan adanya pelikel pada permukaan gigi. Pembentukan pelikel dimulai beberapa menit setelah sikat gigi dan terbentuk dari adsorpsi protein saliva dan glikoprotein pada gigi. Bakteri oral akan mengkolonisasi pelikel dan akan menghasilkan polisakarida ekstraseluler. Polisakarida ekstraseluler ini membantu perlekatan bakteri ke struktur gigi dan akan membentuk plak. Ketika karbohidrat yang dikonsumsi difermentasi oleh bakteri dalam plak akan terjadi demineralisasi pada permukaan gigi. Plak ini dapat menghasilkan kombinasi asam, tapi yang dominan adalah asam laktat. Pembentukan asam ini dapat menurunkan pH plak menjadi pH kritis (pH 5,5) sehingga menyebabkan bakteri akan menyebar lebih kuat. Terjadi peningkatan kepadatan pada biofilm yang terbentuk, perubahan populasi bakteri, pH, dan tekanan oksigen semuanya berkombinasi untuk membentuk lingkungan kariogenik pada permukaan gigi. Hal ini akan menimbulkan kerusakan enamel dan akhirnya akan membentuk kavitas (Banerjee and Watson, 2011).



Gambar 2.2 Patogenesis Karies Gigi (Banerjee and Watson, 2011)

2.1.2 Jenis Karies

Ada beberapa jenis karies gigi. Menurut Baum (1995), jenis karies gigi berdasarkan tempat terjadinya:

a. Karies İnsipiens

Merupakan karies yang terjadi pada permukaan email gigi (lapisan terluar dan terkaras dari gigi), dan belum terasa sakit hanya ada pewarnaan hitam atau cokelat pada email.

b. Karies Superfisialis

Merupakan karies yang sudah mencapai bagian dalam dari email dan kadang-kadang terasa sakit.

c. Karies Media

Merupakan karies yang sudah mencapai bagian dentin (tulang gigi) atau bagian pertengahan antara permukaan gigi dan kamar pulpa. Gigi biasanya terasa sakit bila terkena rangsangan dingin, makanan asam dan manis.

d. Karies Profunda

Merupakan karies yang telah mendekati atau bahkan telah mencapai pulpa sehingga terjadi peradangan pada pulpa. Biasanya terasa sakit secara tiba-tiba tanpa rangsangan apapun. Apabila tidak segera diobati dan ditambal maka gigi akan mati, dan untuk perawatan selanjutnya akan lebih lama dibandingkan pada karies-karies lainnya.

2.2 Resin komposit

Komposit pertama kali diperkenalkan pada tahun 1962 oleh Bowen, merupakan hasil reaksi antara *bisphenol A* dan *glycidil methacrylate*, yang biasa disingkat Bis-GMA. Formulasi ini mulai di pasarkan dalam bentuk *powder-liquid* atau pasta-pasta. Pada tahun 1970-an *ultraviolet-cured* resin mulai dibuat, dengan cara ini lebih memberi waktu kerja, waktu *setting* serta menghasilkan sifat fisik yang lebih baik. Lebih lanjut *visible light cured system* kemudian diperkenalkan (Noort, 2002).



Gambar 2.3 Resin Komposit (<http://www.servi-dent.com>)

2.2.1 Komponen resin komposit

Komponen resin komposit terdiri dari: monomer, *diluents* monomer, bahan pengisi anorganik, *silane coupling agent*, bahan penghambat polimerisasi, komponen *initiator/activator* dan stabilisator (Craig, 2012).

a. Bahan Dasar Resin (monomer)

Bahan dasar resin adalah Bis-GMA atau Bowen's resin, yaitu monomer hasil reaksi antara *bisphenol A* dan *glycidil methacrylate*. Resin ini mempunyai berat molekul yang lebih tinggi dari pada *methyl methacrylate* sehingga dapat mengurangi

penyusutan ketika proses polimerisasi, merupakan bahan yang kental dan mudah melekat. Beberapa produk menggunakan monomer lain seperti *methane dymethacrylate (UDMA)* (Noort, 2002).

b. *Diluent Monomer (Co monomer)*

Bahan monomer lain yang terkandung dalam komposit berkhasiat mengurangi viskositas bahan sehingga memungkinkan pencampuran yang baik dengan bahan pengisi anorganik dan memudahkan manipulasi klinik. Jumlah diluent monomer yang lebih besar menyebabkan penyusutan yang lebih besar selama polimerisasi. Monomer ini dapat sebagai monofungsi seperti *methyl metacrylate* dan bifungsi seperti *ethylene glycol dimethacrylate* atau *triethylene glycol dimethacrylate*. Monomer bifungsi lebih disukai dari pada monofungsi karena penyusutan lebih kecil, struktur *crosslink* lebih banyak sehingga lebih keras, kuat, memiliki koefisien ekspansi termis lebih rendah, lebih stabil serta lebih sedikit mengabsorpsi air (Summit JB, 2002).

c. *Bahan Pengisi Anorganik (Filler)*

Bahan pengisi yang banyak digunakan dan bersifat sebagai penguat adalah *borosilikat glass*, *lithium alumunium silikat* dan *kristalin kwarsa*. Adapun fungsi bahan pengisi adalah: mengurangi penyusutan pada waktu pengerasan (*setting*), mengurangi panas pada waktu polimerisasi, memperbaiki sifat-sifat mekanik seperti kekerasan dan kekuatan tekan, mengurangi koefisiensi ekspansi thermal, meningkatkan estetik bila terbuat dari gelas, karena dapat memantulkan warna di sekeliling bahan tumpatan dan menyebabkan *radiopaque* pada tumpatan resin komposit bila menggunakan *barium* atau *stronsium* (Mc Cabe, 2008).

d. *Silane coupling agent*

Bahan ini diperlukan agar terjadi *reinforcement polimer* oleh bahan pengisi sehingga kedua komponen ini dapat melekat satu sama lain. Untuk mencapai hal ini biasanya dipakai *vinyl silane compound* (Summit JB, 2002).

e. Bahan penghambat polimerisasi (*inhibitor*)

Bahan penghambat polimerisasi adalah bahan kimia yang ditambahkan pada monomer dalam konsentrasi rendah untuk mencegah polimerisasi selama penyimpanan atau melambatkan polimerisasi. Untuk itu sering digunakan *hydroquinone*, tetapi bahan ini dapat menyebabkan terjadinya perubahan warna. Sebagai pilihan lain digunakan *monomethyl ether hydroquinone* (Summit JB, 2002).

f. Bahan pemula polimerisasi (*initiator/activator*) terdiri atas :

1. Inisiator Termokimia

Inisiator yang sering digunakan untuk memulai polimerisasi adalah *benzoil peroksida*. Pengerasan komposit dimulai dengan reaksi yang menghasilkan radikal bebas, sedangkan yang menghasilkan radikal bebas adalah *benzoil peroksida* yang terurai karena panas atau reaksi kimia (Craig, 2012).

2. Inisiator fotokimia

Initiator yang digunakan untuk memulai polimerisasi adalah sinar tampak dengan panjang gelombang 470 - 480 nm. Untuk membentuk radikal bebas sebagai penggerak polimerisasi digunakan α *diketone (camproquinone)* yang dikombinasikan dengan *dimetil aminoetil methacrylate*. Waktu yang diperlukan untuk polimerisasi antara 20-60 detik (Summit JB, 2002).

3. Stabilisator

Untuk mencegah perubahan warna oleh karena lamanya bahan disimpan maka komposit ditambahkan suatu senyawa yang bersifat mengabsorpsi radiasi elektromagnetik yaitu *2-hidroksi-4methoksibenzophenone* (Craig, 2012).

2.2.2 Macam resin komposit

Macam resin komposit berdasarkan bahan pengisi:

a. Resin komposit *makrofilled*

Pada resin komposit ini bahan dasarnya adalah Bis-GMA, sebagai hasil reaksi dari *bisphenol a* dan *glycidil methacrylate*. Resin tersebut merupakan suatu bahan yang kental dan mudah melekat sehingga pada penggunaannya perlu diencerkan dengan penambahan monomer yang mempunyai berat molekul rendah untuk memudahkan manipulasinya (Ferracane, 2010).

Umumnya sebagai bahan pengisi (*filler*) digunakan kwarsa dan borosilikat dengan diameter partikelnya 8-30 μm serta terdiri dari 70-80% berat dari keseluruhan resin (Mc.Cabe, 2008). Kekurangan dari resin ini sukar memulaskannya, hal ini disebabkan karena perbedaan kekerasan antara bahan pengisi dengan resin matrik sehingga setelah pemulasan akan didapatkan permukaan yang kasar (Ferracane, 2010).

b. Resin komposit *mikrofilled*

Bahan dasar yang digunakan pada resin ini adalah *urethane dimethacrylate*. Secara umum bahan pengisi terdiri dari *koloidal silica* atau *pirogenik silica* dengan diameter partikelnya 0,04 μm dan 56-65% berat. Hal ini untuk mengurangi

kekerasan permukaan resin komposit sehingga memudahkan pemolesan dan mengurangi melekatnya kotoran (Goldfogel, 2004). Partikel bahan pengisi dilapisi dengan *silane* untuk mendapatkan ikatan kimia antara bahan pengisi dengan resin matrik sehingga tidak hanya ikatan mekanik saja (Mc.Cabe, 2008).

c. Resin komposit *hybrid*

Resin komposit jenis ini dengan bahan pengisi yang merupakan campuran partikel besar dan kecil. Bahan pengisi yang kecil akan mengisi ruangan partikel besar sehingga terbentuk suatu kepadatan yang solid dan membentuk *interlocking* yang kuat diantara keduanya. Dengan kombinasi ukuran partikel 0,04-15 μm , berisi campuran dari barium *fluoro alumino borosilicate glasses*, *fumed silica* dan morfologi partikel berupa bentuk-bentuk spesifik geometrik dengan ukuran yang berbeda. Komposisi bahan pengisinya ialah 82% dari volume beratnya (Kaur, 2011).

Sifat resin komposit ini lebih ditentukan oleh ukuran partikel bahan pengisi yang lebih besar. Kelebihan resin jenis ini adalah memiliki kekuatan tekan yang tinggi sehingga pemakaiannya untuk bahan tumpatan gigi posterior. Bahan pengisi yang kecil tersebut juga memungkinkan resin komposit ini mempunyai permukaan yang lebih halus sehingga dapat digunakan sebagai bahan tumpatan untuk gigi anterior dan posterior. Keuntungan lainnya adalah memperkecil penyusutan saat polimerisasi, meningkatkan ketahanan saat pemakaian (Ferracane, 2010).



Gambar 2.4 Resin Komposit Hybrid (<http://www.ucdpi.com>)

2.2.3 Sifat Resin Komposit

Sifat penting dari komposit termasuk *working* dan *setting time*, penyusutan akibat polimerisasi, kestabilan warna, penyerapan air dan kelarutan. *Working time* dan *setting time*, untuk komposit yang menggunakan *lightcured*, polimerisasi di mulai ketika cahaya pertama mengenai komposit. Meskipun komposit telah mengeras dan telah tersinar, reaksi polimerisasi masih terjadi hingga 24 jam. Meskipun restorasi telah mengeras dan dapat di fungsikan setelah 10 menit, namun sifat fisiknya baru akan optimal setelah 24 jam (Craig, 2012).

Penyusutan akibat polimerisasi terjadi pada semua jenis komposit. Namun jenis *microhybrid* memiliki penyusutan terkecil di antara jenis jenis komposit lainnya. Penyusutan ini menciptakan tekanan setinggi 13 mpa antara komposit dan struktur gigi. Tegangan ini saling mengikat permukaan antara komposit dan gigi, yang mengarah ke celah yang sangat kecil yang dapat memungkinkan kebocoran tepi. tegangan ini dapat melebihi kekuatan tariknya. Sehingga dapat menyebabkan retaknya enamel sepanjang antar permukaan. Mengaplikasikan komposit secara incremental dapat mengurangi efek penyusutan akibat polimerisasi (Mount GJ,2005)

Kestabilan warna pada komposit sangat di pengaruhi oleh banyak faktor. Perubahan warna dapat terjadi oleh paparan dari sinar *UV light* dan suhu di atas 70°C, lalu makanan juga berperan penting dalam perubahan warna yang dapat terjadi pada komposit. Seperti teh, kopi, jus anggur, *wine*. Warna dari komposit akan perlahan berubah. Komposit dapat bertahan dari perubahan warna akibat oksidasi namun tidak dapat bertahan apabila akibat *stain* atau noda (Craig, 2012).

Penyerapan air pada komposit di pengaruhi oleh jumlah monomer dan *diluents*. *Urethane dimethacrylate* diketahui sangat kecil penyerapan airnya. Proporsi *filler* juga mempengaruhi, semakin berat *filler*nya maka akan semakin kuat proporsi matriksnya dan oleh karena itu semakin kuat penyerapan airnya. Derajat dari polimerisasi komposit juga mempengaruhi penyerapan. Jika waktu penyinaran dikurangi 25% maka akan menjadi 2 kali lipat peningkatan dari penyerapan air nya. Polimerisasi sangat berpengaruh dalam hal penyerapan air ini (Mount GJ, 2005).

Kelarutan air pada komposit berkisar 0,25 – 2,5 mmhg. Hal yang mempengaruhi kelarutan air ialah intensitas cahaya yang tidak cukup dan durasi yang kurang lama dalam penyinaran. Hal ini dapat membuat polimerisasi yang tidak sempurna terutama pada daerah terdalam pada komposit. Polimerisasi yang tidak cukup dapat berpengaruh dalam penyerapan dan kelarutan air yang dapat memungkinkan cepatnya perubahan warna pada komposit tersebut (Craig, 2012).

2.2.4 Total-Etch Resin Komposit

Teknik *total etch* pertama kali diperkenalkan oleh Fusayama pada tahun 1987. Tiga langkah sistem bonding enamel-dentin ini terdiri dari tiga komponen utama. Tiga komponen utama dari *system adhesive* ini adalah etsa, primer dan bonding. Etsa untuk menghilangkan *smear layer*, primer untuk menjaga kelembaban tubulus, dentin yang terbuka karena etsa dan masuknya monomer, sedangkan bonding untuk berikatan dengan struktur gigi yang telah terbuka (Sabbagh *et al.*, 2011).

Permukaan gigi yang telah di preparasi menggunakan bur dan *instrument* lain akan mengandung sisa organik dan anorganik yang disebut *smear layer*. *Smear layer* ini akan memenuhi tubulus dentin dan dapat menurunkan permeabilitas dari dentin hingga mencapai 86%. *Smear layer* ini harus dihilangkan karena menurunkan permeabilitas dari struktur. Kemudian lapisan ini akan dihilangkan dengan cairan asam fosfat 37-40%, agar tubulus yang tertutupi dapat terbuka dan terekspos. Etsa adalah asam fosfat yang digunakan untuk menghilangkan *smear layer* dan untuk menghasilkan mikroporositas pada permukaan intertubular dentin (Craig, 2012).

Konsep *total-etch* berasal dari jepang, dengan melakukan etsa asam *phosphate* sebelum aplikasi dari bonding agen. Konsep *total-etch* ini ditunjukkan dengan komponen penting yaitu asam *phosphate* atau gel etsa yang membersihkan, primer yang mengandung monomer hidrofilik *reactive* dalam etanol, acetone atau air, dan resin bonding agen (Roberson *et al.*, 2006; Lindberg, 2005).



Gambar 2.5 Flowable resin komposit *total etch* (<http://www.orthotechnology.com>)

2.2.5 Self-Adhering Resin Komposit

Self-Adhering resin komposit merupakan resin komposit yang menawarkan kemudahan dan kecepatan dalam penggunaannya. Komposit ini memiliki dua perlekatan antara komposit dengan struktur gigi. Perlekatan yang pertama melalui ikatan kimia melalui matriknya antara fosfat matrik dengan ion kalsium dari struktur gigi. Perlekatan yang kedua adalah dengan perlekatan mekanik, yang biasanya disebut *interlocking* (Sabbagh *et al.*, 2011).

Resin komposit ini memiliki elemen bonding yang terdiri dari *Glycerophosphate dimethacrylate monomer* (GPDM), itu adalah fungsi fosfat yang dapat berikatan dengan ion kalsium pada enamel dan dentin. GPDM ini memiliki sifat sebagai asam fosfat untuk pengetsaan struktur gigi dan sebagai bonding kimia yang berikatan dengan ion kalsium dari struktur gigi. GPDM ini juga berfungsi sebagai kekuatan mekanik untuk polimerisasi adesif (Kerr Corporation, 2010).

Resin ini memiliki 4 tipe *filler* yang berbeda, yaitu *prepolymerized filler* dengan ukuran 20 μm , *barium glass filler* dengan ukuran 1 μm , *nano-sized colloidal silica*

dengan ukuran 10-40 nm, dan *nano-sized ytterbium fluoride* dengan ukuran 40 nm. Material ini bekerja sebagai *system adhesive* dan sebagai *flowable* komposit. Dengan kandungan *filler* sebesar 70 % (Sabbagh *et al.*, 2011).

Resin komposit ini berbeda dengan aplikasi resin komposit pada umumnya yang melakukan tahapan bonding. Resin komposit ini hanya membutuhkan kontak dengan struktur gigi untuk mengikatnya. Setelah melakukan preparasi langsung dilakukan aplikasi komposit kedalam kavitas tanpa melakukan tahap etsa dan bonding (Kerr corporation, 2010).

Tahap setelah melakukan preparasi pada kavitas, kemudian dilakukan aplikasi langsung resin komposit menggunakan sistem *incremental* atau lapis demi lapis pada permukaan kavitas. Lapisan pertama resin komposit memiliki ketebalan yang tipis, kurang lebih 0,5 mm, kemudian lapisan diratakan menggunakan sikat "*brush*" selama 20 detik. Perlakuan ini dilakukan dengan kecepatan sedang dan ditujukan untuk meratakan resin komposit didalam kavitas agar mendapatkan kontak dengan permukaan gigi yang bagus sebelum penyinaran (Vichi *et al.*, 2009).

Setelah pemerataan resin komposit pada kavitas yang telah dipreparasi dilakukan polimerisasi cahaya *light-cured* biru (Summitt *et al.*, 2001). Setelah dilakukan penyinaran dengan *lightcured* biru kemudian kita lakukan pengisian kavitas sampai penuh menggunakan komposit. Polimerisasi cahaya selama 20 detik dilakukan setelahnya. Jika permukaan kurang halus, dapat dilakukan pemolesan (Vichi *et al.*, 2009).



Gambar 2.6 Flowable resin komposit self adhering (<http://www.smartpractice.com>)

2.2.6 Mekanisme Polimerisasi

Resin komposit berpolimerisasi dengan mekanisme pembentukan radikal bebas. Perlu adanya pengaktifan lebih dahulu sebelum reaksi awal polimerisasi terjadi dan proses pengaktifan diperoleh dari pengurangan *benzoin peroksida* dengan cara panas, sinar tampak atau reaksi kimia lainnya (Craig, 2012).

Proses polimerisasi resin komposit terjadi melalui beberapa tahap yaitu :

a. Aktivasi

Tahap ini menyangkut terjadinya dekomposisi dari inisiator α *diketone* dan amin (Noort, 2002).

b. Inisiasi

Tahap terbentuknya radikal bebas hasil reaksi α *diketone* yang sensitif terhadap sinar tampak, α *diketone* seperti *camphorquinon* menyerap energi yang ada di dalam sinar tampak biru dengan panjang gelombang 460-480 nm akan menimbulkan terjadinya aktivasi pada resin komposit. Ketone radikal ini akan menyebabkan foto polimerisasi. *Ketone* ini juga akan mengeluarkan electron dari *reducing agent* (amin) di bawah penyinaran sinar tampak yang akhirnya menimbulkan dua radikal bebas yaitu *ketone* dan *reducing agent*. Intensitas radikal bebas secara bermakna meningkatkan derajat polimerisasi (McCabe, 2008).

c. Propagasi

Bertambahnya rantai terjadi karena monomer yang diaktifkan saling berikatan. Demikian seterusnya sampai tercapai polimer dengan jumlah monomer tertentu (Noort, 2002).

d. Terminasi

Pemutusan rantai timbul karena adanya reaksi antara dua rantai radikal bebas yang sedang tumbuh sehingga terbentuk molekul yang stabil (McCabe, 2008).

Hal yang mempengaruhi proses polimerisasi resin komposit sinar tampak adalah:

a. Jarak antara sumber sinar dan permukaan bahan

Jarak sumber sinar berpengaruh terhadap kekerasan permukaan bawah (jauh dari sumber sinar) masa resin komposit, namun umumnya tidak mempengaruhi kekerasan permukaan atas (dekat sumber sinar) masa resin komposit. Sedangkan jarak penyinaran yang baik adalah sedekat mungkin sampai 1 mm dengan tumpatan (Anusavice, 2002).

b. Waktu penyinaran

Waktu lamanya penyinaran antara 20-40 detik, walaupun melakukan dua kali lipat waktu penyinaran tidak akan membuat derajat polimerisasi menjadi dua kali lipat (O'Brien, 2002).

c. Intensitas sinar

Intensitas sinar adalah energi yang diperoleh per satuan waktu per satuan luas. Semakin besar intensitas sinar maka semakin dalam daerah yang terkena sinar,

sehingga semakin banyak bahan *camphoroquinon* yang terkena sinar. Bila *unit curing* mengeluarkan intensitas sinar yang rendah, maka akan menghasilkan proses polimerisasi yang tidak sempurna (penguraian *diketone* yang tidak sempurna) yang mempengaruhi sifat fisik antara lain biokompatibilitas, daya tahan, penyusutan, konduktor panas, koefisien ekspansi termal dan sifat mekanik bahan resin komposit seperti kekuatan, kerapuhan dan modulus elastik. Intensitas sinar yang direkomendasikan untuk polimerisasi optimal dari resin komposit minimal 400 mw/cm (O'Brien, 2002).

d. Ketebalan

Secara umum bahan resin komposit berpolimerisasi dengan sinar tampak hingga ketebalan antara 2-2,5 mm (Anusavice, 2002).

e. Warna bahan restorasi

Pemancaran sinar dari sumber sinar yang ditujukan pada bahan restorasi akan direfleksikan, dipancarkan dan diserap yang akan membatasi besarnya penetrasi pada bahan. Warna bahan restorasi yang berwarna lebih gelap mutlak diperlukan penambahan waktu penyinaran. Warna yang lebih terang dapat mencapai kedalaman curing yang lebih besar (Anusavice, 2002).

2.3 Etsa

Etsa pertama kali di perkenalkan pada tahun 1978, yaitu ketika Fusayama mengenalkan asam fosfat 37% untuk etsa email dan dentin. Etsa adalah tahapan dalam pengaplikasian resin komposit yang berfungsi sebagai perlekatan mekanis, Prosedur ini memberikan ikatan yang kuat antara email dan resin. Etsa juga dapat

digunakan sebagai dasar pada berbagai prosedur inovatif lain dalam kedokteran gigi. Etsa membuat terjadinya kelarutan secara mikroskopik. Hal ini terjadi akibat larutnya email *rods* terhadap asam fosfat pada etsa. Email yang teretsa akan memiliki energi permukaan yang tinggi, hal ini membuat nantinya resin dengan mudah masuk ke dalam mikroskopis email. Setelah masuk maka resin akan terpolimerisasi dan membentuk ikatan dengan email. Kekuatan yang terbentuk dengan email adalah sebesar 15-25 Mpa (Anusavice, 2002).

Asam yang biasanya dipakai pada etsa adalah asam fosfat dengan konsentrasi sekitar 30-50%. Konsentrasi yang lebih dari 50% mengakibatkan pembentukan *monokalsium posphat monohidrat*. Ini membuat permukaan yang teretsa menjadi menghambat kelarutan lebih lanjut. Etsa tersedia dalam bentuk gel. Gel tersebut dibuat dengan menambahkan *silica koloidal* atau butiran polimer ke dalam asam. Lama waktu pengaplikasian etsa adalah 15 detik. Lebih cepat dari beberapa tahun yang lalu yaitu 60 detik. Pengaplikasian etsa 15 detik ini dinilai sudah memberikan ikatan yang setara dengan 60 detik. Etsa mengakibatkan warna putih pada permukaan gigi. Hal ini mengakibatkan mudahnya kontaminasi pada permukaan gigi karena gigi yang telah di etsa meningkat energi permukaannya dan membuat kecenderungan untuk mengurangi tingkat energi pada permukaan teretsa. Penurunan potensial pada permukaan apabila telah terkontaminasi akan membuat kesulitan dalam membasahi permukaan dengan bonding karena bonding juga memiliki energi potensial yang tinggi (Giantantopoulou, 2009).



Gambar 2.7 Etsa (<http://beijingruijiajia1.company.frbiz.com>)

2.4 Bonding

Bonding digunakan untuk meningkatkan kemampuan membasahi email yang teretsa. Bahan ini cenderung meningkatkan ikatan mekanis dengan membentuk resin tag yang optimum pada email dan dentin. *Bonding* seharusnya bersifat adhesif, hidrofilik dan hidrofobik untuk menggeser cairan dentin dan membasahi permukaan. Bagian hidrofilik dirancang untuk berinteraksi dengan permukaan lembab sedangkan bagian hidrofobik digunakan untuk berikatan dengan restorasi resin. Bahan *Bonding* ialah NPG-GMA (produk kondensasi dari *N-fenil glisin* dan *metakrilat glisidil*), fosfat yang terpolimerisasi dan asam poli atau alkenoik (Craig, 2012).

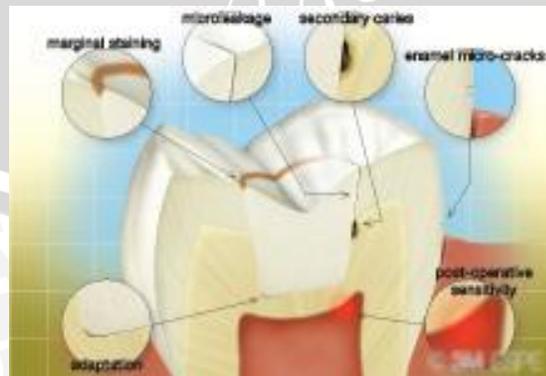
Bahan lain *bonding* ialah *glutaraldehid*, senyawa ini memiliki ikatan dengan kolagen yang menyebabkan terbentuknya ikatan antara kolagen dan senyawa tersebut terjadi setelah adanya ikatan antara senyawa metakrilat dengan kolagen yang sudah berikatan dengan glutaraldehid dan menggunakan gugus metakrilat untuk berikatan dengan komposit. *Bonding* memiliki monomer hidrofilik yang berinfiltrasi dengan anyaman kolagen yang dihasilkan dari pengulasan cairan asam. Hal ini mengakibatkan ikatan yang akan menjadi lebih kuat antara email dentin dengan bahan restorasi resin nantinya. (Anusavice, 2002).



Gambar 2.8 Bonding Agent (<http://intl.kerrdental.com>)

2.5 Kebocoran Tepi

Kebocoran tepi adalah celah antara dinding kavitas dan bahan tumpatan dimana bakteri, cairan, molekul atau ion dapat masuk. Hal-hal yang dapat mempengaruhi kebocoran tepi adalah perbedaan koefisien muai panas antara gigi dan bahan tumpatan, penyusutan dari bahan tumpatan resin komposit selama proses polimerisasi, perubahan bentuk resin komposit oleh penyerapan air. Penyusutan ketika proses pengerasan dan adanya perbedaan koefisien ekspansi termal antara email dan bahan tumpatan mengakibatkan terjadinya celah mikro antara bahan tumpatan dan gigi (Al-Yousifany, 2010).



Gambar 2.9 Kebocoran tepi (<http://intl.kerrdental.com>)

2.6 Evaluasi Kebocoran Tepi

Metode *in vitro* maupun *in vivo* dapat dilakukan untuk mendeteksi kebocoran tepi, tetapi belum ada satupun metode yang benar-benar tepat untuk mendeteksi kebocoran ini (Fabianelli, 2007). Metode pertama adalah metode *dye*. Metode ini dilakukan dengan cara merendam gigi ke berbagai jenis *dye solution* dalam variabel waktu untuk menguji integritas marginal. Penilaian *marginal seal* dilakukan di sekitar bahan tumpatan dan tempat masuknya *dye solution*. Beberapa jenis *dye solution* yang dipakai yaitu: *Methylene blue*, *Crystal violet*, *India ink*, *Eosin*, *Erythrosin*, *Fluoroscien*, *Basic fussin* dan *Rhodamine B*. Metode yang kedua adalah metode *radioactive isotope*. Metode ini dipercaya lebih sensitif dan lebih berpenetrasi kedalam celah yang terbentuk. Beberapa jenis *isotope* yang digunakan adalah ^{14}C , ^{32}P , ^{35}S , ^{45}Ca , ^{86}Rb dan ^{131}I . Metode ketiga yaitu dengan metode *chemical tracer*. Metode ini menggunakan dua senyawa berwarna dimana bereaksi untuk membentuk endapan opak. *Silver nitrat solution* 50% direaksikan dengan *hydroquinone*, terkadang 1% *silver chloride* juga digunakan (Chandra, 2008).

Scaning electron microscopy (SEM) juga termasuk salah satu metode yang sering dipakai. SEM merupakan teknik yang paling akurat dan terprediksi untuk kebocoran tepi. Dilakukan dengan observasi langsung melihat adanya perubahan pada struktur gigi yang berdekatan dengan bahan tumpatan. Teknik ini melibatkan spesimen itu sendiri untuk pemeriksaan mikroskopis yang telah terjadi *shrinkage*. Penulis memilih menggunakan metode ini karena kelebihan SEM yang mempunyai

pembesaran yang tinggi (1000-5000X), resolusi gambar topografi yang tinggi, fokus yang dalam serta mempunyai mode kontras yang bervariasi sehingga menghasilkan observasi visual yang baik terhadap kebocoran pada bahan tumpatan terhadap dinding kavitas (Khrusheed, 2011; Nawawy, 2012)

Mikroskop ini menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda. Prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi. Permukaan benda yang dikenai berkas tersebut akan memantulkan kembali berkas elektron tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah dan selanjutnya akan diperkuat sinyalnya. Besarnya amplitudo akan ditampilkan dalam gradasi kontras gelap-terang memperlihatkan resolusi gambar yang baik pada kebocoran tepi (Börjesson, 2006).

Gigi yang digunakan dipotong untuk diteliti dibawah mikroskop dengan pembesaran yang tinggi. Pemindaian mikroskop mengobservasi bahan tumpatan pada semua *group* dan memperlihatkan celah pada antarmuka bahan tumpatan yang menunjukkan adaptasi tepi yang buruk. Potongan gigi tersebut difoto dengan SEM (Rashi, 2012). Cara lain yang digunakan selain keempat cara diatas, yaitu *neutron activation analysis*, *bacteriological method*, *air pressure technique*, *electrochemical study*, *reverse diffuse methode* dan *pain perception* (Chandra, 2008).



Gambar 2.10 Scaning electron microscopy

