

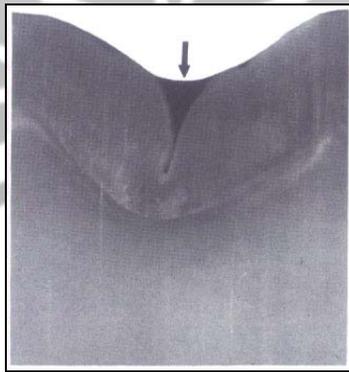
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN KERANGKA TEORI

2.1. Resin *Pit* dan *Fissure Sealant*

Berbagai macam teknik dan material telah dianjurkan untuk mencegah karies pada area rentan, *pit* dan *fissure* gigi posterior, khususnya pada gigi anak. Teknik *sealant* yang paling populer adalah menggunakan material resin yang diaplikasikan ke permukaan oklusal gigi. Material resin berpenetrasi ke dalam *pit* dan *fissure* dari gigi, kemudian berpolimerisasi dan menutup *pit* dan *fissure* terhadap flora oral dan debris.

2.2. Komposisi



Gambar 2.1. Penampang melintang dari sebuah gigi yang telah diaplikasikan resin *pit* dan *fissure sealant*.

Sumber : Annusavice K J. Phillips Science of Dental Materials.

Philadelphia: W.B Saunders 1996, p 312-3.

Material *pit* dan *fissure sealant* mempunyai komposisi yang terdiri dari matriks yaitu umumnya Bis-GMA dan *filler* yaitu peroksida – amin dengan aktivasi inisiasi, benzoil peroksida dengan aktivasi cahaya. Ada beberapa tipe matriks *pit* dan *fissure sealant*, yaitu resin yang mengandung *filler* (dengan bahan pengisi) dan yang tidak mengandung *filler* (tanpa bahan pengisi). Resin yang tidak ber*filler* tersedia dengan warna yang transparan. Resin yang ber*filler* terlihat berwarna lebih opak .

Keberhasilan dari teknik *sealant* sangat tergantung pada dicapainya dan terjaganya adaptasi yang erat antara *sealant* dengan permukaan gigi. Oleh karena itu,

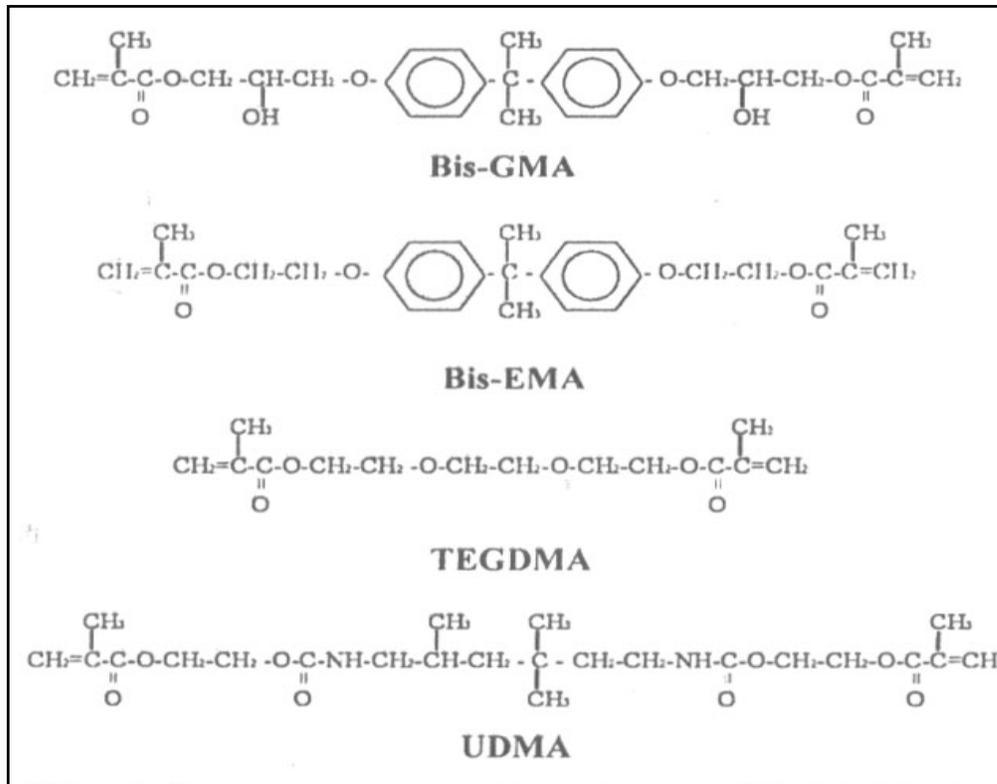
sealant harus memiliki viskositas yang relatif rendah sehingga dapat mengalir ke dalam pit dan fissure dan membasahi gigi dengan tujuan untuk meningkatkan pembasahan dan mendapatkan retensi mekanis antara *sealant* dengan permukaan gigi, sebelumnya permukaan gigi dietsa dengan asam.⁷

Material komposit modern mengandung sejumlah komponen. Komponen utamanya adalah matriks dan partikel *filler inorganik*. Selain dua komponen utama tersebut ada komponen lainnya untuk mendukung efektivitas dan durabilitas material antara lain :

1. *Coupling agent (silane)* : untuk ikatan antara partikel *filler inorganik* dan matriks resin.
2. Aktivator-inisiator : untuk proses polimerisasi resin.
3. Sejumlah kecil bahan tambahan lainnya yang berguna untuk meningkatkan stabilitas warna (penyerap sinar UV).
4. *Inhibitor (hydroquinone)* : untuk mencegah polimerisasi dini.
5. Pigmen : untuk mendapatkan kesesuaian warna material dengan warna gigi.

Umumnya bahan matriks yang digunakan untuk resin komposit adalah monomer aromatik. Bis-GMA, urethane dimethacrylate (UEDMA) dan triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA) merupakan dimetacrylate yang paling umum digunakan pada komposit gigi. Untuk mengurangi viskositas TEGDMA ditambahkan ke Bis-GMA. Campuran 75 % berat Bis-GMA dan 25 % berat TEGDMA menghasilkan kekentalan sebesar 4300 cP. Namun, bila perbandingan campurannya 50 ; 50, nilai kekentalannya akan berubah sebesar 200 cP.

Beberapa monomer matriks mempunyai kelompok hidrofilik ,seperti; Gugus Hidroksil (-OH) pada Bis-GMA yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air, gugus Eter (R-O-R) pada TEGDMA ,gugus urethane (RNHCOOR-) pada UDMA, gugus ester (-COOR) dimiliki oleh semua kelompok sedangkan Bis-EMA adalah matriks yang menyerap air paling sedikit karena struktur yang mirip dengan Bis-GMA namun dikurangi dua gugus hidroksil yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air.



Gambar 2.2. Matriks yang sering digunakan dalam resin kedokteran gigi
 Sumber : Ferracane J. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks.
 Dental Materials. 2006;22:p 211-22.

Penggunaan material *sealant* yang mengeluarkan ion fluoride secara bertahap lebih dianjurkan untuk menjaga agar permukaan gigi tetap tinggi kandungannya untuk penggunaan jangka panjang daripada penggunaan gel secara topikal.⁸

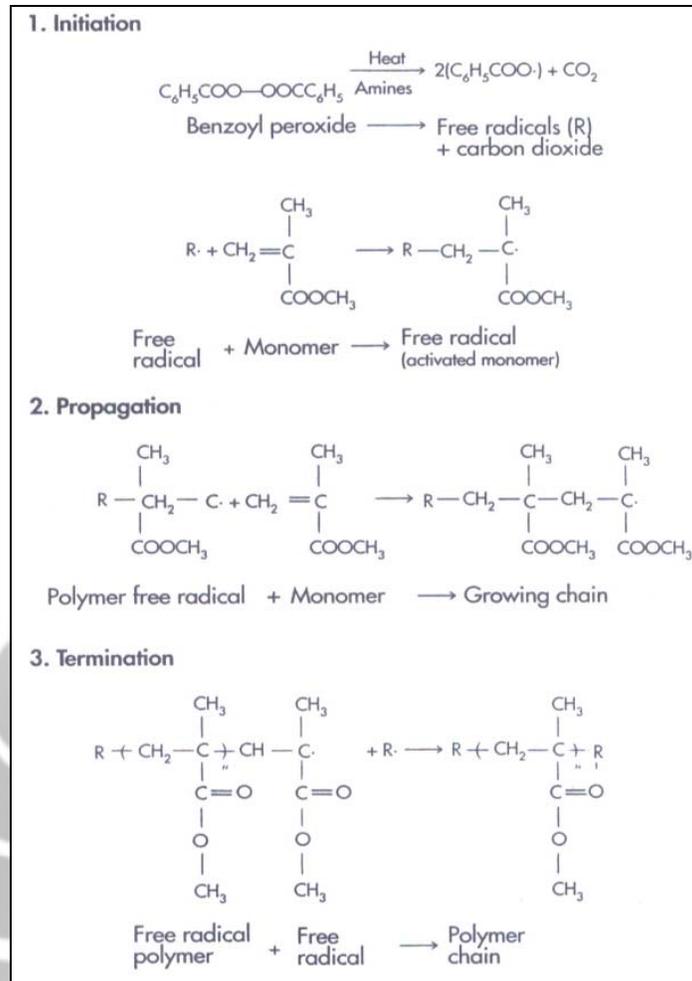
2.3. Reaksi Polimerisasi Resin *Pit* dan *Fissure Sealant*

Ada dua tipe polimerisasi, yaitu: **polimerisasi adisi** dan **polimerisasi kondensasi**. Polimerisasi adisi adalah polimerisasi yang tidak membentuk hasil samping, sedangkan polimerisasi kondensasi adalah polimerisasi yang menghasilkan molekul dengan berat rendah, seperti air, alkohol. Material yang dibentuk dengan polimerisasi adisi termasuk : *poly*(metil metakrilat) yang sering digunakan dalam konstruksi gigi tiruan dan Bis-GMA, merupakan komponen umum yang digunakan pada matriks

komposit resin. Material yang dibentuk dari mekanisme polimerisasi kondensasi adalah karet polisulfid atau material cetak silikon.

Reaksi polimerisasi adisi diakselerasi oleh panas, cahaya atau sejumlah kecil peroksida. Polimerisasi adisi terjadi dalam tiga tahap, yaitu :

- 1) **Tahap inisiasi** → tahap ini melibatkan produksi radikal bebas yang akan mendukung rantai polimer untuk mulai berkembang. Molekul radikal bebas memiliki hubungan kimia dengan elektron terikat. Pada sistem yang teraktivasi secara kimia, radikal bebas secara umum dihasilkan dari reaksi antara inisiator peroksida organik dan akselerator amin. Pada sistem yang diaktivasi oleh cahaya, perpecahan *camphorquinone* akan menghasilkan dua molekul dengan satu elektron terikat di setiap molekul. Apapun yang dihasilkan, radikal bebas memecah ikatan ganda dari molekul monomer, menghasilkan pergantian dari elektron terikat ke ujung monomer dan membentuk molekul monomer teraktivasi.
2. **Tahap propagasi** → monomer yang teraktivasi memecah ikatan ganda dari tambahan monomer yang tersedia, menghasilkan penambahan yang cepat dari molekul monomer menjadi radikal bebas. Tahap kedua ini, propagasi, berlanjut seiring pertambahan panjang rantai.
3. **Tahap terminasi** → terminasi dari pertumbuhan radikal bebas dapat terjadi dengan beberapa mekanisme dan dapat menghasilkan pembentukan cabang dan ikatan silang. Sejumlah kecil *inhibitor*, seperti *hidroquinone* dapat ditambahkan ke monomer untuk meningkatkan usia dari suatu bahan restorasi. *Hidroquinone* bereaksi dengan radikal bebas, oleh karena itu menurunkan rasio dari inisiasi.⁹



Gambar 2. 3. Tahapan reaksi polimerisasi
Sumber : O'Brien W J. Dental Material and Their Selection. 3 rd ed. Chicago:
Quintessence Publishing Co, Inc 2002, p 76

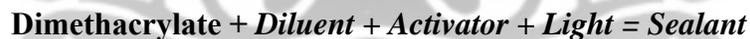
Umumnya *Pit* dan *fissure sealant* adalah resin yang polimerisasinya diaktivasi oleh cahaya. Sifat kimia dari *sealant* mirip dengan material restorasi komposit. Perbedaannya adalah *sealant* lebih cair untuk berpenetrasi ke dalam *pit* dan *fissure* serta area yang dietsa pada email untuk menyediakan retensi *sealant*.

Tabel 2.1. Contoh Resin *Pit* dan *Fissure Sealant* yang diaktivasi cahaya
 Sumber : Craig R G, Powers J M, Wataha J C. Dental Material Properties and Manipulation.
 8 th ed. St. Louis: Mosby Elsevier 2004, p 44.

Contoh dari Resin Pit dan Fissure Sealant yang Diaktivasi Cahaya	
Produk	Pabrik
Clinpro Sealant	3M ESPE (St.Paul, MN)
FluoroShield	Dentsply / Caulk (Milford, DE)
Helio Clear Chroma	Ivoclar Vivadent (Amherst, NY)
Teethmate F-1	Kuraray America (New York, NY)

Polimerisasi *sealant* menggunakan panjang cahaya gelombang tampak (490 nm) sehingga tidak memerlukan proses pencampuran. Resin adalah suatu pengenceran monomer dimetakrilat (Bis GMA) atau uretan dimetakrilat (UDMA), yang polimerisasinya diinisiasi oleh aktivasi diketon ,seperti diketon yang terdapat di dalam amin organik dengan cahaya tampak.

Beberapa *sealant* mengandung 50% berat *filler* inorganik untuk meningkatkan usia restorasi dan dapat mengandung pigmen putih untuk meningkatkan kontras antara *sealant* dan email. *Sealant* berpolimerisasi di dalam mulut saat terpapar oleh alat penyinaran cahaya untuk menjadi polimer ikatan silang seperti reaksi di bawah ini:



Sealant dipolimerisasi oleh suatu akselerator amin organik yang tersedia sebagai sistem dua komponen. Komponen pertama mengandung monomer dan inisiator benzoil peroksida dan komponen kedua mengandung monomer terlarut dengan 5% akselerator amin organik. Dua komponen tersebut dicampur seluruhnya sebelum diaplikasikan pada gigi yang telah dipreparasi.

2.4. Sifat - sifat

Sifat fisik dan mekanis dari *resin pit* dan *fissure sealant* komersial dapat dilihat pada tabel 2.2. Tambahan sifat - sifat klinis yang penting mencakup retensi dan efektifitasnya .

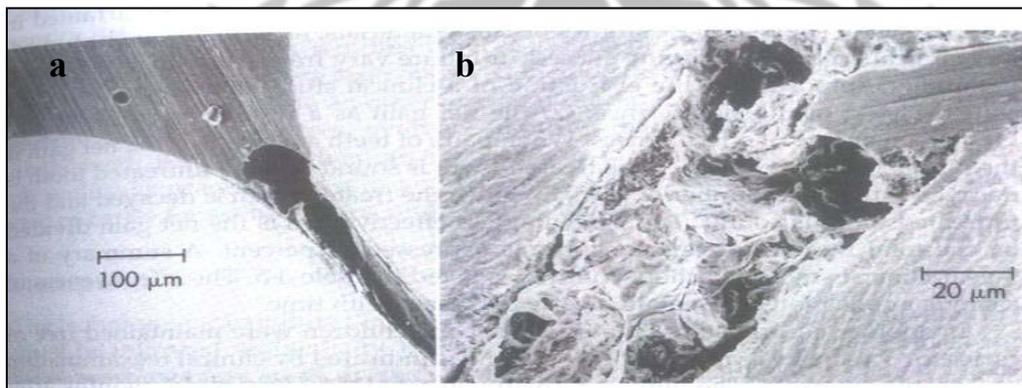
Tabel 2. 2. Sifat – sifat Resin *Pit* dan *Fissure Sealant*

Sumber : Craig R G, Powers J M, Wataha J C. *Dental Material Properties and Manipulation*.

8 th ed. St. Louis: Mosby Elsevier 2004, p 44.

<i>Properties of Resin Pit and Fissure Sealant</i>	
<i>Property</i>	<i>Typical Sealant</i>
<i>Setting time (second)</i>	60
<i>Compressive strength (MPa)</i>	92 - 150
<i>Tensile strength (MPa)</i>	20 - 31
<i>Elastic modulus (GPa)*</i>	2.1 - 5.2
<i>Knoop hardness (kg/mm²)</i>	20 – 25
<i>Water sorption, 7 days (mg/cm²)</i>	1.3 – 2.0
<i>Water solubility, 7 days (mg/cm²)</i>	0.2
<i>Penetration coefficient, 22°C (cm/sec)</i>	4.5 – 8.8
<i>Wear (x10⁻⁴)</i>	22 - 23
* 1 GPa = 1000 MPa	

Retensi dari *sealant* pada sebuah *fissure* adalah hasil dari ikatan mekanis yang disebabkan oleh penetrasi *sealant* ke dalam *fissure* dan area etsa email untuk membentuk jonjot. Pengisian *fissure* sepenuhnya sulit karena udara umumnya terjebak di bawah dari *fissure* (gambar 2.4a) atau akumulasi debris pada basis dari *fissure* mencegah *sealant* untuk menutup seluruhnya (gambar 2.4.b).



Gambar 2.4.a Penampang lintang memperlihatkan *fissure* yang tidak ditambal sempurna akibat udara, b (Dari Gwinnett AJ: Ikatan sealant ke email, *J Am Soc Prev Dent* 3:21, 1973)

Sumber : Craig R G, Powers J M, Wataha J C. *Dental Material Properties and Manipulation*. 8 th ed. St.

Louis: Mosby Elsevier 2004, p 45

Pengetsaan pada permukaan email dapat meningkatkan retensi dari *sealant* dengan membersihkan area yang akan ditutupi, meningkatkan kemampuan membasahi email, meningkatkan luas permukaan, dan membentuk ruangan dimana *sealant* berpenetrasi ke dalam dan membentuk jonjot (gambar 2.4). Penetrasi *sealant* ke dalam *fissure* harus terjadi sebelum *sealant* selesai berpolimerisasi.¹⁰



Gambar 2.5. Jonjot dari *sealant* yang telah berpenetrasi ke email yang teretsa (Dari : Dennison JB: Material restorasi untuk aplikasi langsung.

Sumber : Craig R G, Powers J M, Wataha J C. Dental Material Properties and Manipulation. 8 th ed. St. Louis: Mosby Elsevier 2004, p 45.

2.5. Manipulasi Resin *Pit* dan *Fissure Sealant*

Teknik untuk menggunakan *pit* dan *fissure sealant* ada enam tahapan yang harus diikuti ,yaitu membersihkan dan mengetsa permukaan oklusal, mencuci area ini, mengeringkannya, mengaplikasikannya pada *pit* dan *fissure*, mempolimerisasikan dan menyelesaikannya.

2.5.1. *Sealant* yang diaktifkan dengan cahaya tampak

Pada saat sekarang ini, umumnya *sealant* adalah yang diaktivasi oleh cahaya tampak, aktivatornya adalah diketone dan alifatik amin. *Sealant* diaplikasikan pada area *pit* dan *fissure* dengan *aplikator* dan sewaktu polimerisasi, ujung alat penyinaran cahaya

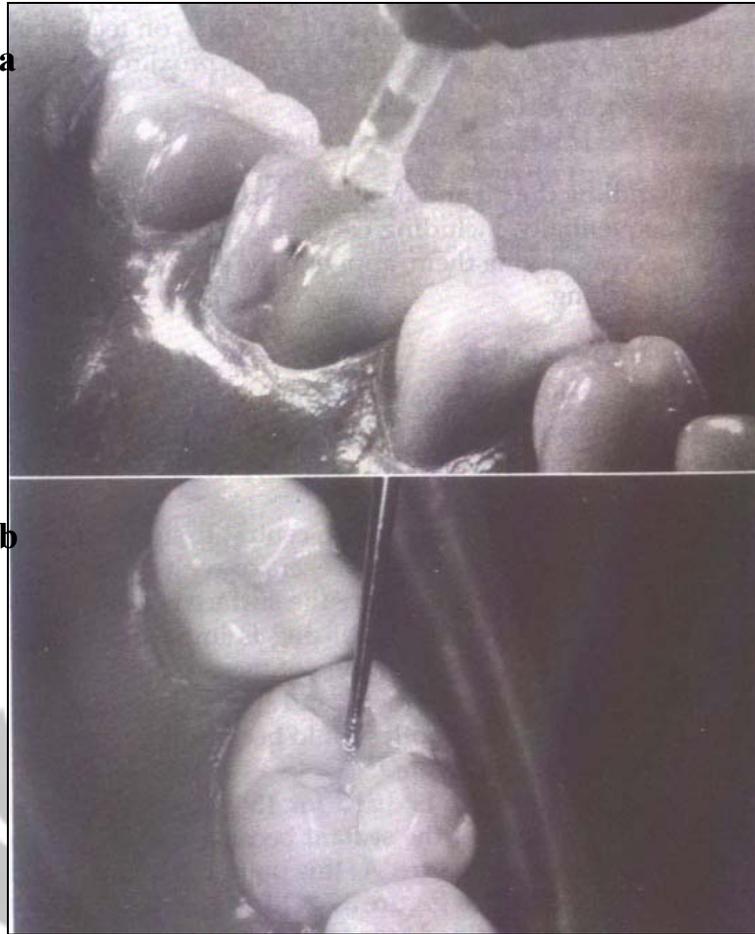
diarahkan ke permukaan dengan jarak 1-2 mm selama 20 detik. *Sealant* harus diaplikasikan setipis mungkin sehingga kedalaman penyinaran cukup dengan waktu pemaparan yang minimal, meskipun untuk material yang opak. Keuntungan *sealant* yang diaktivasi cahaya adalah waktu kerja dapat sepenuhnya dikendalikan oleh *operator*⁸.

Bahan etsa yang dipakai umumnya terdiri dari larutan asam fosforik 37% dalam air. Beberapa etsa merupakan jel asam fosfat. Sebelum dietsa permukaan email dibersihkan dengan pumis. Asam fosfat diaplikasikan pada area tengah *fissure* dari permukaan oklusal dengan kapas pellet kecil yang dipegang oleh pinset atau sikat halus. Larutan didiamkan pada gigi selama 60 detik sebelum pembilasan permukaan dengan sejumlah air selama 15 detik. Pembilasan penting dilakukan karena sisa-sisa asam fosforik dapat memengaruhi ikatan *sealant* terhadap email. Bila gigi yang telah dietsa tersebut terkontaminasi saliva, maka prosedur etsa harus diulang.

Tahap pembilasan merupakan tahap yang paling penting untuk kesuksesan prosedur *sealant* karena kelembaban dapat mempengaruhi retensi *sealant* oleh *fissure*. Selama aplikasi dari *sealant*, kelembaban area sekitar harus dijaga dengan menggunakan kapas gulung.

Permukaan gigi yang telah dibersihkan dikeringkan selama 15 detik dengan *syringe* udara. Tahap ini penting untuk keberhasilan *sealant* karena kelembaban mempengaruhi retensi *sealant* dengan *fissure*.

Pit dan *fissure sealant* diaplikasikan ke permukaan oklusal dari gigi secara hati – hati dengan tube kecil (*kanula*), seperti (gambar 2.6.a) atau aplikasi bola, seperti (gambar 2.6.b) Aplikasi dalam jumlah berlebih akan sia – sia, sedangkan aplikasi pada area email yang tidak dietsa harus dihindari.



Gambar 2.6.a. Aplikasi *pit* dan *fissure sealant* dengan kanula dan b. *Aplikator* bola
(Penghargaan J.B. Dennisson, University of Michigan School of Dentistry, Ann Arbor Mich.)

Sumber : Craig R G, Powers J M, Wataha J C. *Dental Material Properties and Manipulation*. 8 th ed. St. Louis: Mosby Elsevier 2004, p 458.

Selanjutnya dilakukan polimerisasi dengan menggunakan alat penyinaran cahaya. Posisikan ujung alat pada sumber cahaya terhadap permukaan oklusal gigi dan tahan selama 20 detik. (gambar 2.7)



Gambar 2.7. Ujung dari LCU yang diposisikan ke permukaan oklusal dari gigi molar yang dilapisi *sealant*.

Sumber : Craig R G, Powers J M, Wataha J C. Dental Material Properties and Manipulation. 8 th ed. St. Louis: Mosby Elsevier 2004, p 50.

Setelah *sealant* menjadi keras, tahap akhir dapat diselesaikan dengan menggunakan kapas pellet kecil yang dipegang dengan pinset. Sisa *sealant* yang gagal berpolimerisasi karena terpapar udara dibuang menggunakan kapas pellet kecil. Lapisan dari area yang terbuka diperiksa, perbaiki defek dengan mengulang seluruh prosedur dan pengaplikasian *sealant* terhadap area defek. Jika perawatan fluoride digunakan dalam hubungan dengan *pit* dan *fissure sealant*, perawatan dilakukan setelah *sealant* berpolimerisasi.

2.5.2. *Sealant* yang diakselerasi amin

Prosedur untuk manipulasi dari *sealant* ini hampir sama dengan *sealant* yang diaktivasi cahaya. *Sealant* ini membutuhkan pencampuran dari komponen dasar dan inisiator. Komponen dicampur secara merata dan perlahan untuk menjamin polimerisasi terjadi dengan *homogen* dan meminimalkan masuknya udara. Waktu pencampuran biasanya adalah 10 – 15 detik. *Sealant* diaplikasikan sesegera mungkin karena kemampuan untuk berpenetrasi pada *fissure* dan email yang teretsa menurun secara drastis ketika telah dimulainya tahap polimerisasi.¹⁰

2.6. Lampu Halogen

Resin yang diaktifkan cahaya tidak akan mengeras sampai cahaya dengan panjang gelombang dan intensitas yang tepat diaplikasikan untuk menghasilkan radikal bebas dengan pemecahan ikatan alfa pada inisiator alpha diketone. Panjang gelombang

antara 460 dan 490 nm, di antara panjang gelombang tampak cahaya biru, digunakan pada intensitas yang dapat menembus email dan menghasilkan pengerasan dengan cepat. Intensitas cahaya 300 mW/ cm^2 telah direkomendasikan sebagai tingkat minimum yang dibutuhkan untuk menghasilkan pengerasan sempurna dari komposit resin.

Alat penyinaran cahaya yang paling banyak digunakan adalah lampu *quartz tungsten halogen* (QTH). Output utama dari QTH adalah energi *infrared* yang mungkin diserap oleh komposit dan hasilnya adalah peningkatan vibrasi molekul dan menghasilkan panas. QTH membutuhkan filter penyerap panas untuk mengurangi energi *infrared* dari alat penyinaran cahaya ke gigi. Sebaliknya, energi *infrared* yang tidak difilter dapat menghasilkan panas pada kamar pulpa.¹¹

Waktu penyinaran yang direkomendasikan untuk penggunaan *quartz tungsten halogen* umumnya sekitar 20 detik, meskipun telah dinyatakan bahwa 40 detik dapat meningkatkan *bond strength*. *Quartz tungsten halogen* relatif murah dan digunakan secara luas, namun mempunyai dua kekurangan. Pertama, lampu, filter dan *reflektornya* dalam sistem optik menurun seiring waktu sehingga menurunkan *output* cahaya. Kedua, densitas dari cahaya lampu menurun secara drastis seiring jarak; supaya dapat efektif penyinaran harus dilakukan sedekat mungkin dengan material yang akan dipolimerisasikan.¹²

Menurut Yap *et all* (2004), spesimen yang disinari dengan Alat penyinaran cahaya LED memiliki nilai penyerapan air yang lebih tinggi daripada lampu Halogen. Hal ini disebabkan karena LED memiliki panjang gelombang yang sesuai dengan rentang penyerapan cahaya *camphoroquinone* sehingga polimerisasi berlangsung lebih singkat. Polimerisasi yang berlangsung singkat ini menyebabkan kepadatan ikatan silang lebih rendah (rantai pendek dengan berat molekul rendah) sehingga rentan terhadap hidrolisis dan penyerapan air.¹³

2.7. Penyerapan dan kelarutan air

Suatu bahan yang direndam di dalam air akan mengalami dua mekanisme yang berbeda. Pertama, penyerapan air, yang menyebabkan pembengkakan dan meningkatnya

massa dan yang kedua, kelarutan bahan dalam air, terlepasnya komponen dari monomer yang tidak bereaksi yang menyebabkan berkurangnya massa.¹⁴

Bahan tumpat gigi dalam pemakaiannya akan berkontak dengan saliva yang unsur terbesarnya adalah air sehingga terjadi penyerapan air dan kelarutan bahan. Penyerapan air dapat menyebabkan perubahan dimensi dan berat dari material yang mengeras¹⁵. Penyerapan air merupakan proses difusi yang sebagian besar terjadi pada matriks resin. Kelarutan bahan (polimer) adalah jumlah pelepasan monomer yang tidak bereaksi, molekul dengan berat rendah, foto inisiator¹⁴, *filler*, aktivator, *inhibitor* atau degradasi produk, seperti formaldehida dan asam metakrilat¹⁶. Air tersebut terperangkap selama polimerisasi di dalam mikrogel di antara rantai polimer dan kemudian diserap ke lingkungan sekitar, atau terperangkap di dalam rongga kecil (Sideriduo *et al.*, 2003)⁶. Air dapat menyebabkan lepasnya ikatan *filler* dari matriks atau degradasi hidrolitik partikel *filler*. Polimerisasi yang tidak sempurna dan berkurangnya konversi monomer dapat menyebabkan meningkatnya kelarutan bahan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa monomer yang tidak bereaksi adalah komponen utama yang terlepas dan kebanyakan monomer ini terlepas pada hari – hari pertama¹⁴.

Penyerapan air dan kelarutan bahan merupakan sifat kimia dari suatu bahan. Kebanyakan polimer yang digunakan dalam kedokteran gigi, seperti resin komposit, dan gigi tiruan rentan terhadap penyerapan dari pelarut, khususnya air dan kehilangan dari komponen yang larut. Molekul pelarut menyebabkan ikatan polimer berjauhan, sehingga terjadi pembengkakan, kekuatan ikatan menurun, sehingga polimer menjadi lebih lunak, dan akibatnya kekuatan menurun.

Secara umum, penyerapan air dan kelarutan polimer dalam air diharapkan seminimal mungkin sehingga sifat polimer dapat dipertahankan dan tidak ada komponen terlepas yang dapat mempengaruhi biokompatibilitas dari material resin. Metode termudah dalam menilai penyerapan air dan kelarutan polimer adalah dengan memantau perubahan berat sebuah sampel sewaktu direndam di dalam air. Jumlah penyerapan air oleh material polimer sulit dianalisis secara rinci karena disertai dengan kehilangan komponen yang larut dalam air, seperti monomer sisa atau *plasticisers*, dimana kedua proses tersebut terjadi secara simultan meskipun dalam laju yang berbeda. Dalam

mempelajari sifat - sifat penyerapan air dan kelarutan bahan penting bahwa kedua proses tersebut dipisahkan.

Kedua proses tersebut diatur oleh laju difusi air dan komponen material yang terlarut dalam air. Semakin tinggi tingkat difusi maka lebih banyak air yang akan diserap dan lebih cepat pula komponen yang terlarut hilang. Perlu dipastikan bahwa air yang diserap oleh spesimen dari udara harus dihilangkan dengan menggunakan desikator. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari kerancuan bahwa air yang ada pada spesimen merupakan air yang diserap oleh material akibat peredaman dalam air.¹⁷

Mekanisme difusi dari sudut pandang atomik adalah migrasi bertahap dari sebuah atom dari satu tempat ke tempat lainnya. Secara umum ada 2 pola difusi air melalui material polimer :

1. Teori “volumetrik bebas” menyatakan bahwa air berdifusi melalui *microvoid* tanpa adanya hubungan dengan molekul polar pada material.
2. “Teori interaksi” menyatakan air berdifusi melalui material berikatan dengan kelompok hidrofilik.

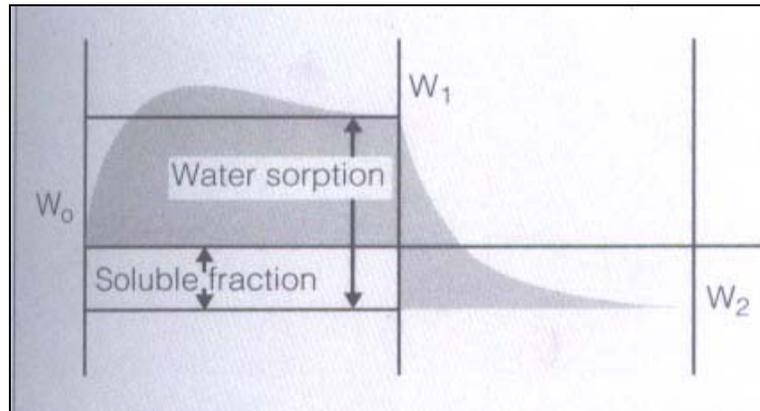
Air dapat berpenetrasi ke dalam matriks hidrofobik berdasarkan 3 mekanisme, yaitu:

1. Difusi langsung ke dalam fase material.
2. Penetrasi dari *microvoid* atau kerusakan *mikro* yang memang sudah ada pada material tersebut atau akibat masuknya air.
3. Aliran molekul air disepanjang permukaan *filler* dengan matriks.¹⁶

Perbedaan nilai penyerapan air dan kelarutan bahan di dalam air dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain komposisi dari material, yaitu komposisi matriks resin, jenis, ukuran¹⁴, polaritas struktur molekul, kehadiran golongan hidroksil yang mampu membentuk ikatan hidrogen dengan air, derajat ikatan silang dari matriks, adanya sisa air, tipe, dimensi, volume, kelarutan dari partikel *filler* (bahan pengisi)¹⁶, koefisien difusi air, konsentrasi di dalam dan luar sampel¹⁸ serta Alat penyinaran cahaya (LED memperlihatkan penyerapan air yang lebih tinggi daripada halogen)¹⁹ namun tidak menurut penelitian lain¹⁴

Kinetik dari penyerapan dan siklus penyerapan kembali ditunjukkan dalam gambar 2.8. Puncak dari berat sampel dalam siklus pertama adalah akibat dari laju difusi

air yang berbeda **ke dalam** sampel dan difusi komponen yang larut **ke keluar** dari sampel.



Gambar 2.8. Grafik Kinetik Penyerapan air dan kelarutan material terlarut

Sumber : Noort R V. Introduction to Dental Materials. 3rd ed.

London: Mosby Elsevier 2007, p 63.

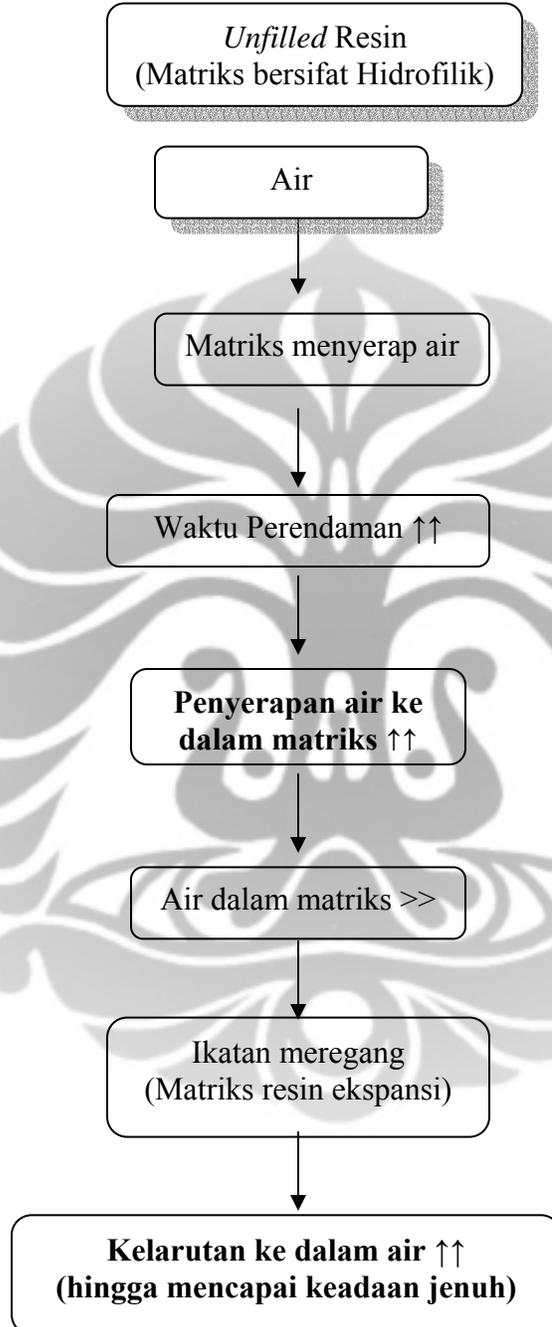
Air pada umumnya diserap lebih cepat daripada komponen terlarut yang lepas, hal ini diperlihatkan dengan peningkatan berat yang cepat pada waktu awal sampai sampel mendekati kejenuhan. Pada waktu hampir jenuh, kehilangan berat akibat lepasnya komponen material mulai terlihat.

Jumlah penyerapan air pada polimer diperkirakan berkisar $30 - 50 \mu\text{g}/\text{mm}^3$. Nilai penyerapan air yang lebih tinggi dapat terjadi karena adanya rongga sewaktu pencampuran atau penempatan dan rongga kosong yang terbentuk sewaktu material terlarut lepas akibat *curing* yang tidak sempurna¹⁷.

Peristiwa penyerapan dan kelarutan dapat mempunyai efek menguntungkan dan merugikan. Kerugiannya adalah penyerapan air menyebabkan perubahan dimensi, perubahan warna, dan merusak kontur tepi. Penyerapan dan kelarutan air berkontribusi terhadap kehilangan integritas tepi, sifat – sifat permukaan dan estetik (*staining*), yang menyebabkan gagalnya suatu restorasi. Hal ini mempengaruhi sifat mekanis, seperti kelenturan, kekerasan vicker, dan stabilitas mekanis⁵ serta biokompatibilitas material, seperti menstimulasi pertumbuhan bakteri sekitar restorasi (Hansel *et al.*, 1998) dan menimbulkan reaksi alergi pada beberapa orang (Spahl *et al.*, 1994; Sideridou *et al.*, 2003).⁶ Selain itu, penyerapan air dapat memiliki efek yang menguntungkan, yaitu dalam hal ekspansi untuk mengimbangi pengerutan polimerisasi dengan meningkatkan

penutupan tepi yang dapat mencegah kebocoran mikro dan penurunan tekanan internal di dalam matriks selama pengerutan (Martin and Jedyakiewicz, 1998; Santos *et al.*, 2002; Sideridou *et al.*, 2003, 2004).⁶

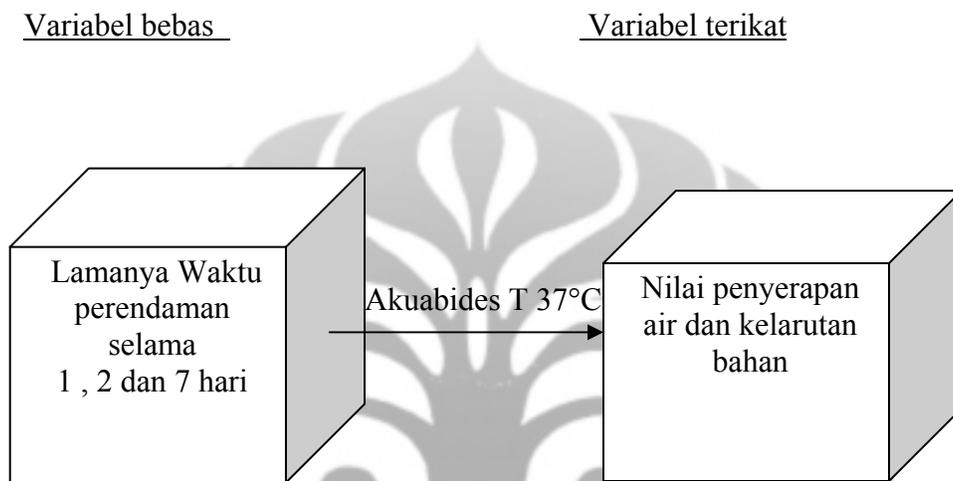
2.8. Kerangka Teori



Gambar 2.9. Diagram kerangka teori

BAB 3
KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS

3.1. Kerangka Konsep



Gambar 3.1. Bagan kerangka konsep

3.2. Hipotesis

- Penyerapan air meningkat seiring peningkatan waktu perendaman resin *pit* dan *fissure sealant*^{14, 17, 16}.
- Kelarutan resin pit dan fissure sealant meningkat tertinggi pada 24 jam atau 1 hari pertama^{14, 17}.

