

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada permukaan oklusal dari gigi posterior terdapat suatu daerah yang dalam dan berliku – liku, daerah ini disebut sebagai *pit* dan *fissure* yang dikelilingi oleh tonjolan yang disebut *fossa*. Daerah *pit* dan *fissure* yang dalam seringkali tidak dapat dijangkau oleh bulu sikat atau *dental floss* sehingga dapat menjadi tempat berkembangnya bakteri kariogenik yang dapat menyebabkan penyakit karies gigi.¹

Karies gigi adalah kehilangan kronis yang berkelanjutan dari ion mineral pada email atau permukaan akar (demineralisasi) yang umumnya distimulasi oleh kehadiran flora bakteri dan produk – produknya². Dorland mendefinisikan karies gigi sebagai hilangnya komponen mineral dari email yang menyebabkan destruksi pada email dan dentin dan terbentuknya kavitas pada gigi. Karies merupakan penyakit terbanyak yang ditemukan pada rongga mulut, sekitar 90 % pada semua golongan usia di Medan, menurut Survei Kesehatan Rumah Tangga 2001 menunjukkan bahwa Prevalensi karies aktif pada penduduk umur 10 tahun ke atas adalah 52,3% (yang belum ditangani) dan penduduk yang pernah mengalami karies sebesar 71,20%³.

Karies disebabkan oleh banyak faktor , antara lain bakteri *Streptococcus mutans*, retensi dan kandungan plak akibat makanan yang lengket, diet makanan yang tinggi karbohidrat, saliva yang memiliki *flow* dan kemampuan *buffering* yang rendah serta kurangnya pemaparan fluoride². Selain itu, karies dapat menyebabkan berbagai hal ,seperti gigi ngilu, abses, *gangrene* pulpa, penurunan kualitas hidup, sampai serangan jantung akibat infeksi fokal. Namun, penyakit karies dapat dicegah dengan teknik *pit* dan *fissure sealant*.

Ada beberapa kriteria *pit* dan *fissure* yang perlu dilapisi dengan teknik *pit* dan *fissure sealant* ,yaitu *fossa* harus telah erupsi seluruhnya, ada kontak permukaan oklusal yang utuh dengan permukaan gigi antagonisnya yang karies atau terestorasi, kavitas kelas I yang telah bebas dari karies dan *fossa* yang terisolasi dengan baik dari *fossa* lainnya.⁴

Material *pit* dan *fissure sealant* terdiri dari berbagai macam bahan namun *sealant* yang paling populer terbuat dari bahan resin dan sekarang *glass-ionomer* juga sudah menunjukkan hasil yang baik. Resin baik yang berfiller maupun yang tidak berfiller telah digunakan lebih dari tiga puluh tahun yang lalu dan telah menunjukkan keberhasilan, kini tersedia dalam bentuk yang diaktivasi oleh cahaya maupun secara kimia. Keduanya bertujuan agar resin masuk sampai ke *fissure* sehingga daerah tersebut bebas dari plak dan bakteri. *Pit* dan *fissure sealant* dalam penggunaannya harus dilakukan etsa terlebih dahulu untuk mendapatkan ikatan mikromekanik dengan email. Namun, sebelumnya permukaan oklusal harus telah bebas dari debris makanan².

Suatu bahan *pit* dan *fissure sealant* yang baik memiliki nilai penyerapan air dan kelarutan bahan yang sekecil mungkin. Karena nilai penyerapan air dan kelarutan bahan dalam air yang besar dapat menyebabkan efek merugikan, seperti perubahan dimensi, kehilangan integritas tepi, *staining*, yang dapat 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.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan ditelaah pengaruh lamanya perendaman material resin *pit* dan *fissure sealant* yang diaktivasi cahaya terhadap nilai penyerapan air dan kelarutan bahan dalam air. Adapun pemilihan material resin *pit* dan *fissure sealant* karena bahan ini belum banyak dipublikasikan dibandingkan dengan resin komposit.

1.2. Rumusan Masalah

Apakah ada pengaruh peningkatan waktu perendaman resin *pit* dan *fissure sealant* terhadap penyerapan air dan kelarutan bahan di dalam air?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh peningkatan waktu perendaman resin PFS terhadap penyerapan air dan kelarutan resin di dalam air.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi bagi dokter gigi tentang pengaruh peningkatan waktu perendaman resin PFS terhadap penyerapan air dan kelarutan bahan di dalam air



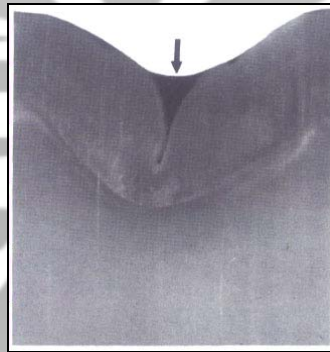
BAB 2

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 peroxida – 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

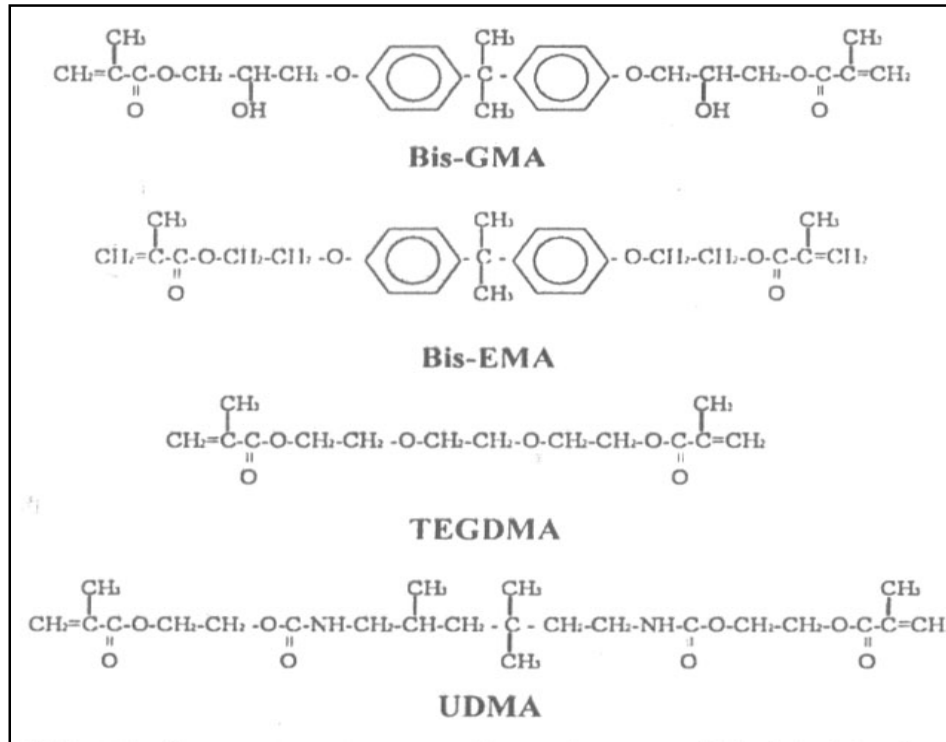
Material komposit modern mengandung sejumlah komponen. Komponen utamanya adalah matriks dan partikel *filler inorganik*. Selain dua komponen utama tersebut ada komponen lainnya untuk mendukung efektivitas dan durabilitas material antara lain :

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 dimethacrylate 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 kandungan fluoridanya untuk penggunaan jangka panjang daripada penggunaan gel secara topikal.⁸

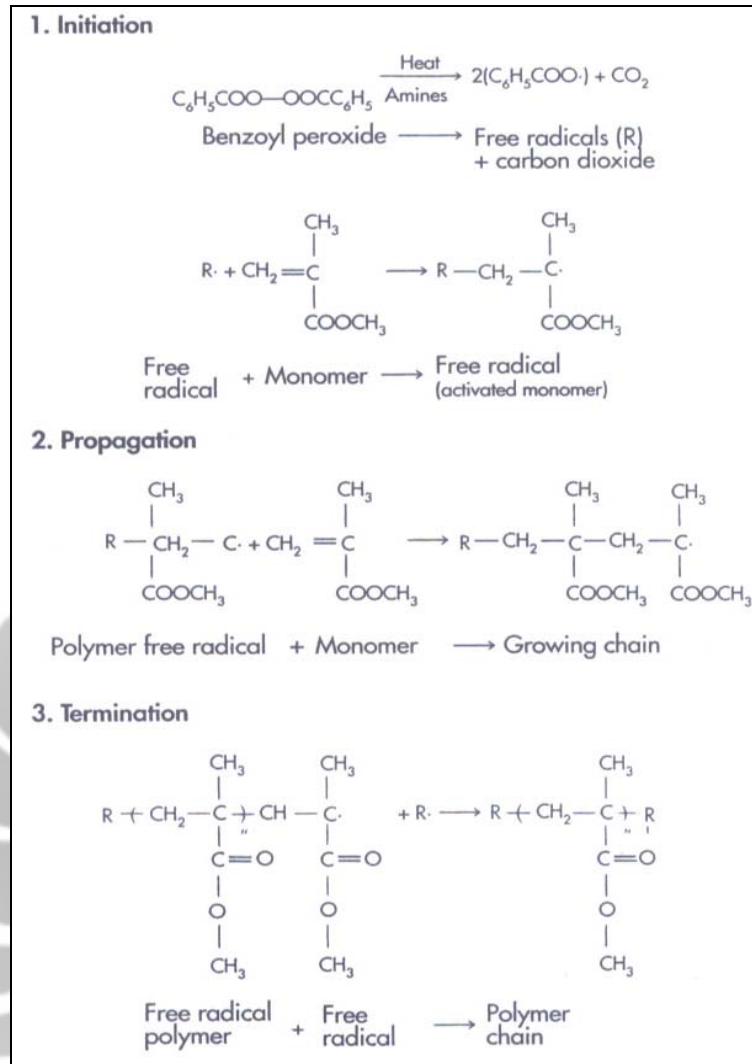
2.3. Reaksi Polimerisasi Resin *Pit* dan *Fissure Sealant*

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

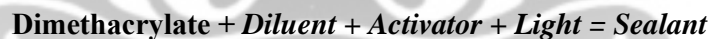
Umumnya *Pit* dan *fissure sealant* adalah resin yang polimerisasinya diaktivasi oleh cahaya. Sifat kimia dari *sealant* mirip dengan material restorasi komposit. Perbedaannya adalah *sealant* lebih cair untuk berpenetrasi ke dalam *pit* dan *fissure* serta area yang di etsa pada email untuk menyediakan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

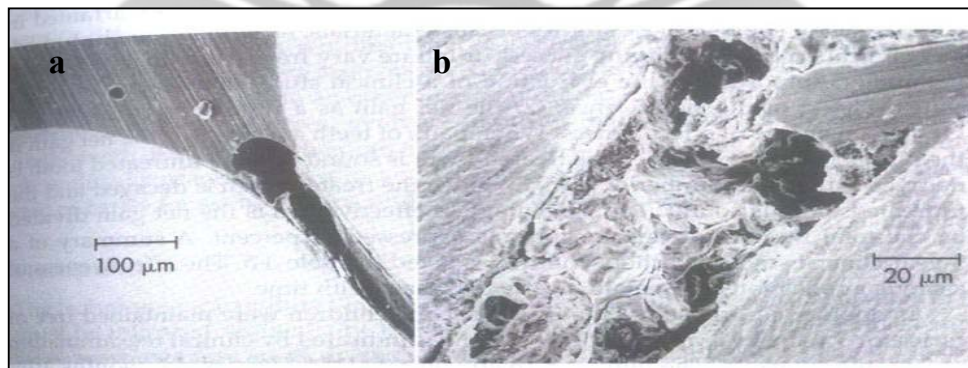
Sifat fisik dan mekanis dari *resin pit* dan *fissure sealant* komersial dapat dilihat pada tabel 2.2. Tambahan sifat - sifat klinis yang penting mencakup retensi dan efektifitasnya .

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,

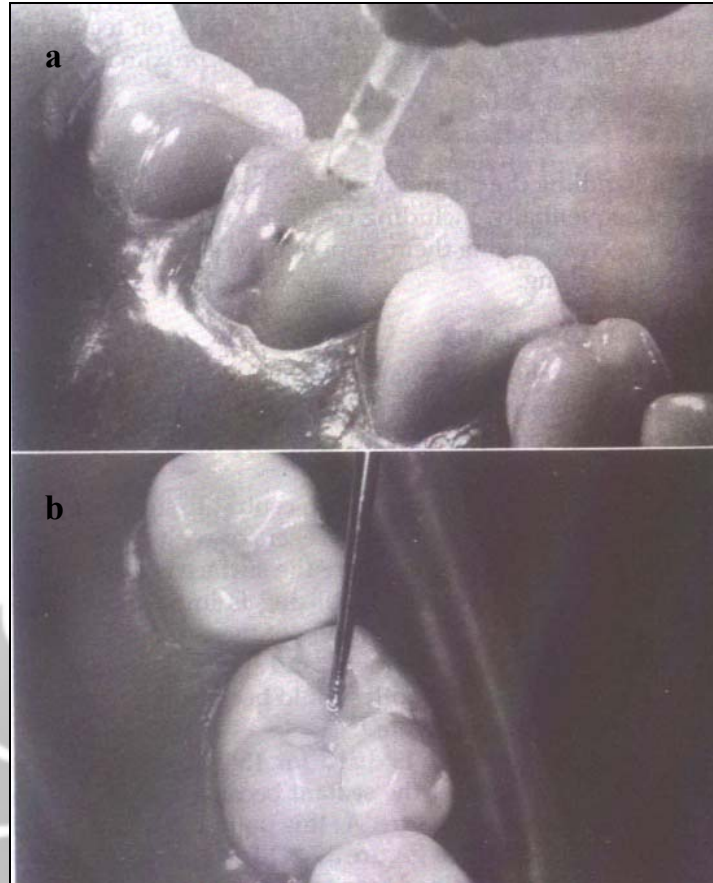
ujung alat penyinaran cahaya diarahkan ke permukaan dengan jarak 1-2 mm selama 20 detik. *Sealant* harus diaplikasikan setipis mungkin sehingga kedalaman penyinaran cukup dengan waktu pemaparan yang minimal, meskipun untuk material yang opak. Keuntungan *sealant* yang diaktivasi cahaya adalah waktu kerja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

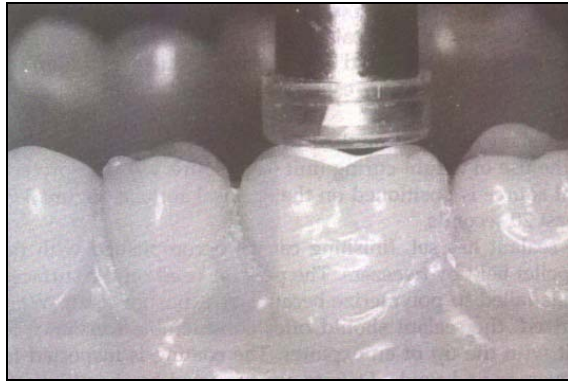
Permukaan gigi yang telah dibersihkan dikeringkan selama 15 detik dengan *syringe* udara. Tahap ini penting untuk keberhasilan *sealant* karena kelembaban mempengaruhi retensi *sealant* dengan *fissure*.

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/cm² 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 formaldehid 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.

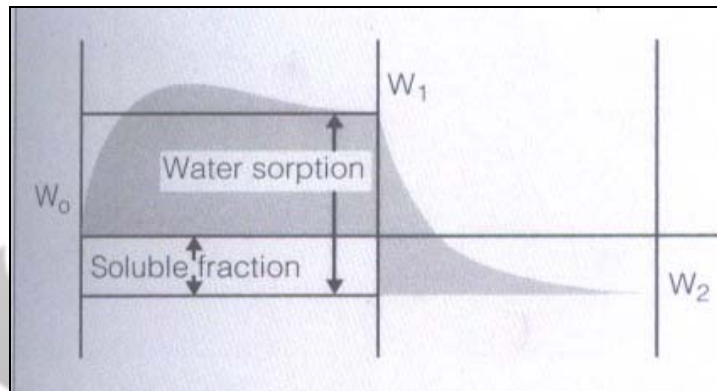
Air dapat berpenetrasi ke dalam matriks hidrofobik berdasarkan 3 mekanisme, yaitu:

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.

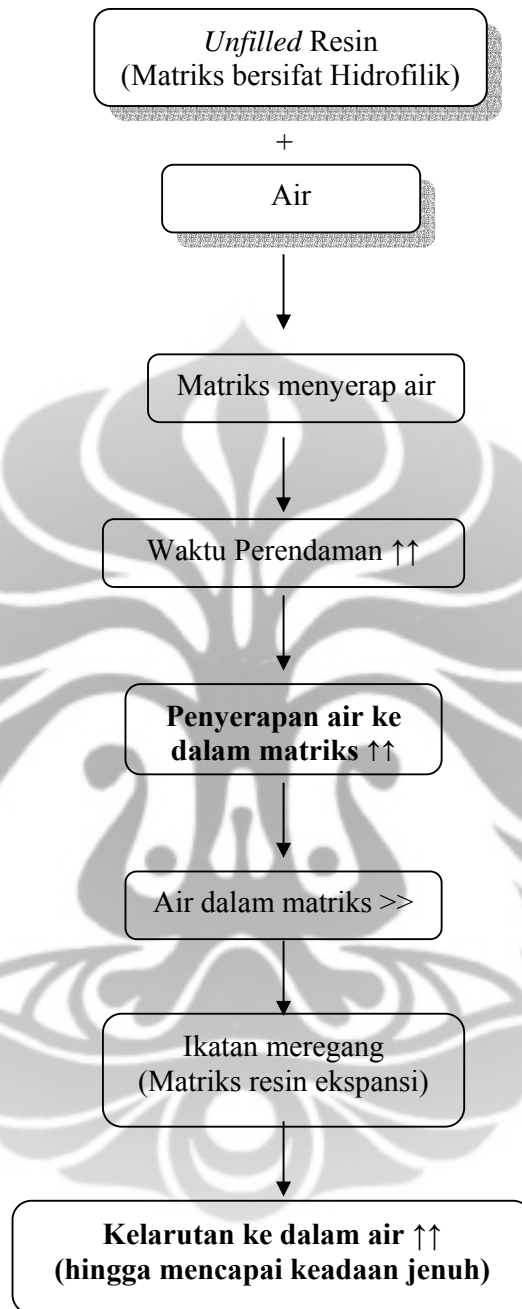
Jumlah penyerapan air pada polimer diperkirakan berkisar 30 – 50 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$. Nilai penyerapan air yang lebih tinggi dapat terjadi karena adanya rongga sewaktu pencampuran atau penempatan dan rongga kosong yang terbentuk sewaktu material terlarut lepas akibat *curing* yang tidak sempurna¹⁷.

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 Jedynakiewicz, 1998; Santos *et al.*, 2002; Sideridou *et al.*, 2003, 2004).⁶



2.8. Kerangka Teori



Gambar 2.9. Diagram kerangka teori

BAB 4

METODE PENELITIAN

4.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian adalah penelitian eksperimental laboratorik

4.2. Sampel Penelitian dan Bahan Uji

Sampel yang digunakan adalah resin *pit* dan *fissure sealant* merek Conseal F yang diproduksi oleh SDI Limited, Australia. Jumlah sampel yang digunakan sebanyak 18 buah dengan 6 buah sampel untuk setiap waktu perendaman 1 hari, 2 hari dan 7 hari.

Kriteria Sampel :

- 1) Bentuk silindris dengan ukuran diameter 15mm x tebal 1mm.
- 2) Permukaan atas dan bawah sampel licin.
- 3) Tidak ada retakkan atau patahan pada sampel.

4.3. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Dental Material dan Biologi Oral Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia pada bulan Oktober-November 2008.

4.4. Variabel Penelitian

4.4.1. Variabel bebas : Lamanya waktu perendaman (1 hari, 2 hari dan 7 hari).

4.4.2. Variable terikat : Nilai penyerapan air dan kelarutan resin *pit* dan *Fissure Sealant* di dalam air.

4.5. Definisi Operasional

4.5.1. *Pit* dan *Fissure Sealant*

Salah satu metode untuk mencegah lubang yang berkembang pada pit dan fissure (permukaan oklusal gigi). Metode ini sangat sederhana dan tidak sakit, pertama dokter gigi akan membersihkan gigi tersebut kemudian dietsa setelah itu

disinar dengan lampu halogen agar terjadi reaksi polimerisasi. Keseluruhan proses ini dilakukan dalam kondisi kering (bebas saliva)¹.

4.5.2. Polimerisasi

Polimerisasi adalah reaksi pembentukan rantai polimer organik yang panjang dan berulang sering disebut reaksi pengerasan. Resin polimerisasinya dapat diaktifkan oleh cahaya atau oleh kimia yang diakselerasi amin organik.

4.5.3. Lampu Halogen

Lampu Halogen adalah sumber yang paling luas penggunaannya untuk fotoaktivasi dari material berbahan resin. Keuntungan mereka mencakup teknologi yang rendah biaya sementara kekurangan mereka mencakup produksi temperature tinggi dan penurunan intensitas penyinaran seiring waktu karena bertambahnya usia bohlam dan filter.⁶

4.5.4. Akuabides

Akuabides adalah air destilasi yang digunakan sebagai medium perendaman. Air adalah pelarut antiprotik, gugus polar oleh karena oksigen dan air mempunyai sifat menarik elektron. Air dapat berperilaku sebagai asam atau basa. Satu molekul air dapat sebagai solut elektrolit lemah yang bereaksi dengan molekul air lain sebagai pelarut. Aktivasi yang tinggi dari atom hidrogen tersier dapat menjadi permulaan proses degenerasi. Oksigen dapat meningkatkan degenerasi matriks resin.¹⁵

4.5.5. Penyerapan air

Penyerapan air adalah proses difusi air ke dalam matriks polimer yang sebagian besar terjadi pada matriks resin. Penyerapan air menyebabkan bahan restorasi mengembang & massanya meningkat seiring waktu. Nilai Penyerapan air dihitung dengan rumus $(M_2 - M_3) / V$, dinyatakan dengan satuan $\mu\text{g} / \text{mm}^3$.

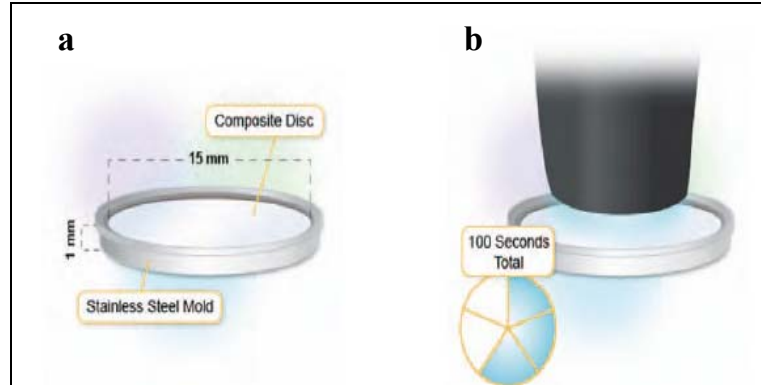
4.5.6. Kelarutan bahan

Kelarutan bahan adalah pelepasan molekul dengan berat rendah, seperti monomer yang tidak bereaksi, *filler*, aktivator ke dalam medium pelarut. Nilai kelarutan bahan dihitung dengan rumus $(M1 - M3) / V$, dinyatakan dengan satuan $\mu\text{g} / \text{mm}^3$.

4.6. Dasar teori Tes Penyerapan Air dan Kelarutan dalam Air

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan pada spesifikasi ISO 4049 (2000) tentang penyerapan air dan kelarutan bahan dalam air. Hal-hal yang diatur sesuai dengan standar ISO 4049 (2000) adalah: ukuran spesimen (diameter 15mm x tebal 1mm), lama waktu perendaman (antara 1 hari - 7 hari), satuan penyerapan air dan kelarutan bahan dinyatakan dalam $(\mu\text{g}/\text{mm}^3)$ dan rumus perhitungan penyerapan air $(m2-m3/V)$ serta kelarutan $(m1-m3/V)$. Adapun hal lain seperti intensitas cahaya LCU yang digunakan sekitar $400\text{mW}/\text{cm}^2$, telah memenuhi kriteria di mana intensitas $300\text{ mW}/\text{cm}^2$ merupakan intensitas minimal yang direkomendasikan untuk polimerisasi sempurna dari resin.

Pada tahap pertama, enam disk spesimen dibuat untuk setiap waktu perendaman dengan cetakkan teflon dengan diameter 15 mm dan lebar 1 mm, (gambar 4.1.a). Dilakukan penekanan untuk mengeluarkan material resin *pit* dan *fissure sealant* yang berlebih. Material dibungkus ke dalam cetakkan, dilakukan pencegahan terhadap inklusi udara. Alat polimerisasi cahaya dengan panjang gelombang cahaya tampak (lampu halogen) digunakan untuk polimerisasi *resin pit* dan *fissure sealant*. Ujung dari lampu ditunjukkan ke tengah dan sekeliling dari spesimen selama 5x20 detik, (gambar 4.1.b)



Gambar 4.1. (a) Cetakkan resin berukuran 15 x 1mm; (b) ujung dari *LCU* diletakkan sedekat mungkin dengan spesimen

Sumber : Arhegas L R, Caldas D B, Rached R N, Viera S, Souza E M. Sorption and Solubility of Composites Cured with Quartz-tungsten Halogen and Light Emitting Diode Light-curing Alats. Journal Contemporary Dental practice. 2008 Februari;9(2).

Setelah itu spesimen dimasukkan ke dalam desikator bersamaan dengan silika gel bersuhu 37°C selama 22 jam dan kemudian dimasukkan ke desikator lainnya yang bersuhu 23°C selama 2 jam. Proses penimbangan dilakukan berulang kali sampai massa konstan didapat (M_1). Volume dari spesimen (V) diukur dengan rumus volume silinder, (gambar 4.2)



Gambar 4.2. Dua desikator dengan silika gel di dasar tabung dan spesimen di atasnya

Sumber : Arhegas L R, Caldas D B, Rached R N, Viera S, Souza E M. Sorption and Solubility of Composites Cured with Quartz-tungsten Halogen and Light Emitting Diode Light-curing Alats. Journal Contemporary Dental practice. 2008 Februari;9(2).

Setiap spesimen dimasukkan ke dalam air akuabides dan dijaga suhunya menggunakan inkubator dengan suhu konstan 37°C. Setelah itu, spesimen diangkat, dikeringkan dengan kertas hisap dan digetarkan di udara selama 15 detik, ditimbang berulang kali sampai massa konstan didapatkan (M_2). Prosedur yang sama juga diulang untuk setiap 1 hari, 2 hari dan 7 hari. Pada tahap kedua ini, memberikan kombinasi dari penyerapan dan kelarutan dari komponen yang dapat larut dari spesimen.

Setelah didapatkan nilai M_2 , disk dikondisikan ulang di dalam desikator dengan 37°C selama 22 jam dan kemudian dimasukkan ke desikator lainnya yang bersuhu 23°C selama 2 jam. Tahapan ini diulang sehari berikutnya untuk memastikan pengeringan yang sempurna. Pada tahap ketiga, pengukuran dilakukan untuk massa yang hilang. Pengukuran dilakukan berulang kali sampai didapatkan massa konstan (M_3).

Nilai Penyerapan dan kelarutan air diitung dengan persamaan berikut :

$$W_{sp} = \frac{M_2 - M_3}{V}$$

$$W_{sl} = \frac{M_1 - M_3}{V}$$

Dimana **W_{sp}** adalah penyerapan air ke dalam matriks; **W_{sl}** adalah kelarutan matriks ke dalam air; **M₁** adalah massa sebelum dicelupkan ke dalam air; **M₂** adalah massa setelah direndam ke dalam air selama periode waktu (1 hari, 2 hari dan 7 hari) dan **M₃** adalah massa setelah direndam dan dikeringkan (massa rekondisi).

Satuan penyerapan air dan kelarutan bahan dinyatakan dalam satuan μg sedangkan V adalah volume dari spesimen dengan satuan mm^3 . Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan uji non-parametrik *Kruskal-Wallis*^{14, 19, 5, 16}.

4.7. Alat, bahan, dan Cara kerja

4.7.1. Alat

1. Unit penyinaran cahaya Litex 680 Dentamerica.
2. Desikator.

3. Kawat nyamuk.
4. *Split ring mould* (diameter 15.0 mm x tebal 1 mm).
5. Shimadzu *Electronic Balance* (type AX200, kemampuan baca 0.1 mg,Japan).
6. Timbangan dengan kapasitas 2 kg.
7. *Light Density Meter*.
8. Kaca specimen.
9. Cornig tube BD Falcon (Diameter 3cm ; volume 50mL).
10. *Timer*.
11. Pinset.
12. Inkubator.
13. Plastik vakum.
14. Spatula semen.
15. Plate gelas dengan tebal 1 mm sebanyak 2 buah
16. *Gloves*.
17. Masker.

4.7.2. Bahan

1. Air akuabidest
2. Resin *pit dan fissure sealant* (Conseal F 1gr, SDI Limited Australia)
3. Silica gel
4. Kertas penghisap.

4.7.3. Cara kerja

1. Material resin *pit dan fissure sealant* dimanipulasi sesuai petunjuk pabrik.
2. Enam spesimen berukuran diameter 15,0 mm dan tebal 1,0 mm dibuat untuk setiap waktu perendaman.
3. Cetakan diisi sedikit demi sedikit dengan resin *pit dan fissure sealant* dan ditumpuk antara 2 plate gelas untuk mengeluarkan material berlebihan.
4. Spesimen disinari selama 5 x 20 detik dari atas. Spesimen dipindahkan dari cetakan masing - masing.

5. Setelah pemindahan dari cetakkan, spesimen dimasukkan ke dalam desikator bersuhu 37°C selama 22 jam dan kemudian dimasukkan ke desikator lainnya yang bersuhu 23°C selama 2 jam. Spesimen ditimbang dengan timbangan presisi 0,1 mg. Pengukuran dilakukan berulang kali sampai massa konstan didapatkan (M_1).
6. Spesimen dimasukkan ke dalam 40 mL akuabides dan disimpan pada desikator bersuhu 37°C selama 1 hari, 2 hari dan 7 hari.
7. Pada akhir setiap waktu perendaman, spesimen dipindahkan dari akuabides, dikeringkan dengan kertas penghisap dan digetarkan di udara selama 15 detik. Spesimen ditimbang untuk mendapatkan M_2 .
8. Spesimen direkondisi dengan dimasukkan ke dalam desikator bersuhu 37°C selama 22 jam dan kemudian dimasukkan ke desikator lainnya yang bersuhu 23°C selama 2 jam dan prosedur ini diulang pada satu hari berikutnya kemudian massa ditimbang berulang kali sampai massa konstan didapatkan (M_3).

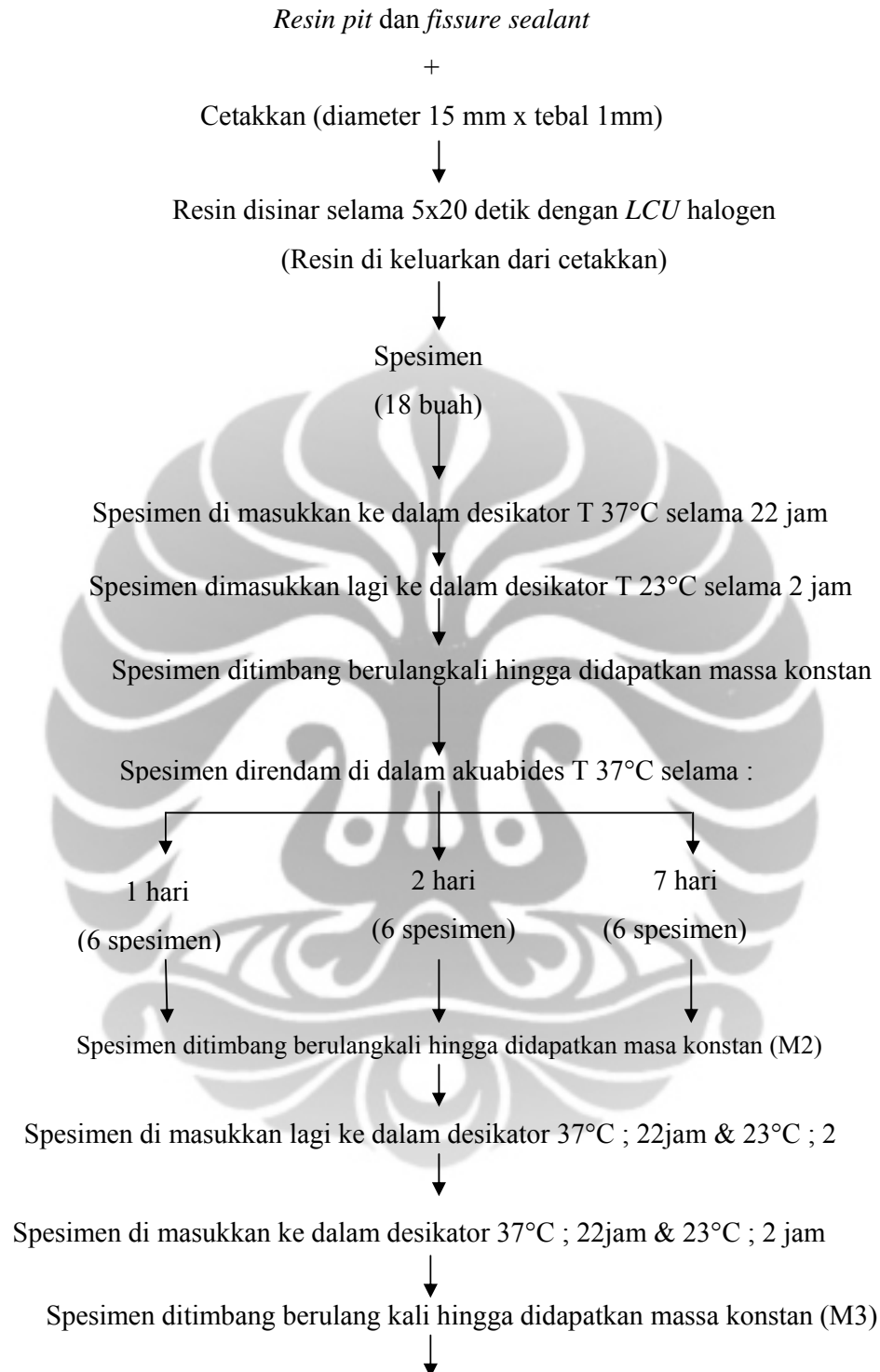
Nilai dari *water sorption* dan *solubility* dinyatakan dalam $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ dan dihitung dengan persamaan berikut :

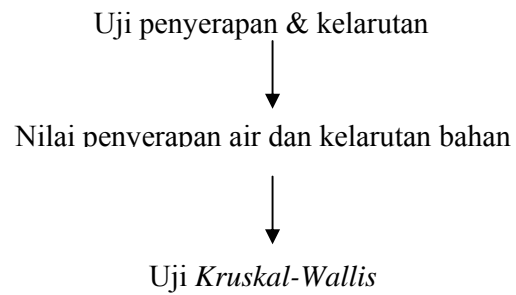
$$W_{sp} = M_2 - M_3 / V$$

$$W_{sl} = M_1 - M_3 / V$$

- M_1 adalah massa sebelum direndam dalam akuabides;
- M_2 adalah massa spesimen setelah perendaman dalam akuabides, dalam satuan miligram.
- M_3 adalah massa setelah dilakukan proses perendaman dan pengeringan, dalam satuan miligram dan
- V adalah volume dari specimen dalam mm^3 . Volume dari spesimen dihitung dengan rumus volume silinder^{14, 5, 19, 16}.

4.8. Alur Penelitian





Gambar 4.3. Bagan Alur Penelitian

4.9. Analisis Data

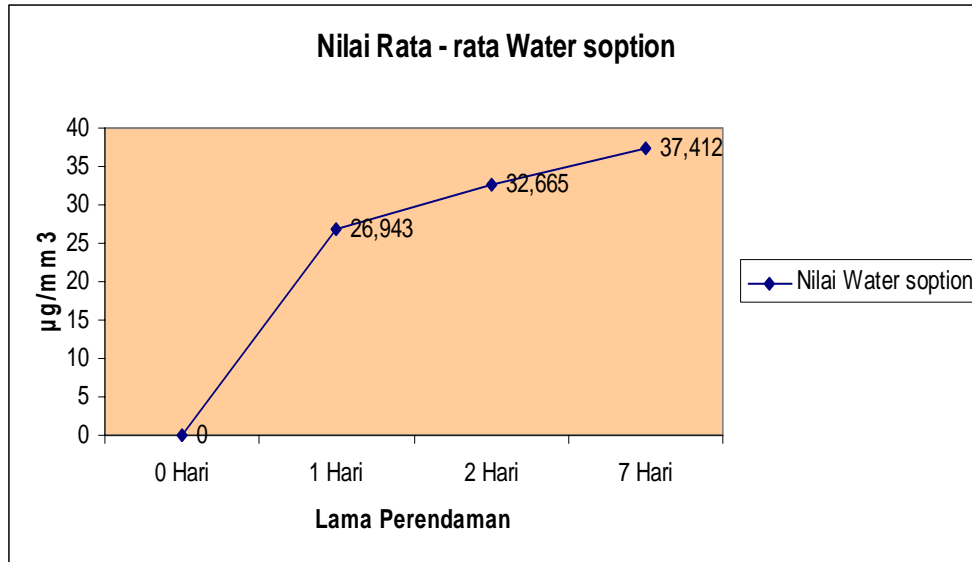
Menggunakan Uji non-parametrik *Kruskal-Wallis*.

4.9.1. Tes Kruskal -Wallis

Syarat yang harus dipenuhi untuk melakukan uji non- parametrik *Kruskal-Wallis* adalah memiliki > 2 kelompok yang setiap spesimen diberikan satu pelakuan (tidak berhubungan), merupakan data numerik, non-parametrik (distribusi atau varians tidak normal).

BAB 5 HASIL PENELITIAN

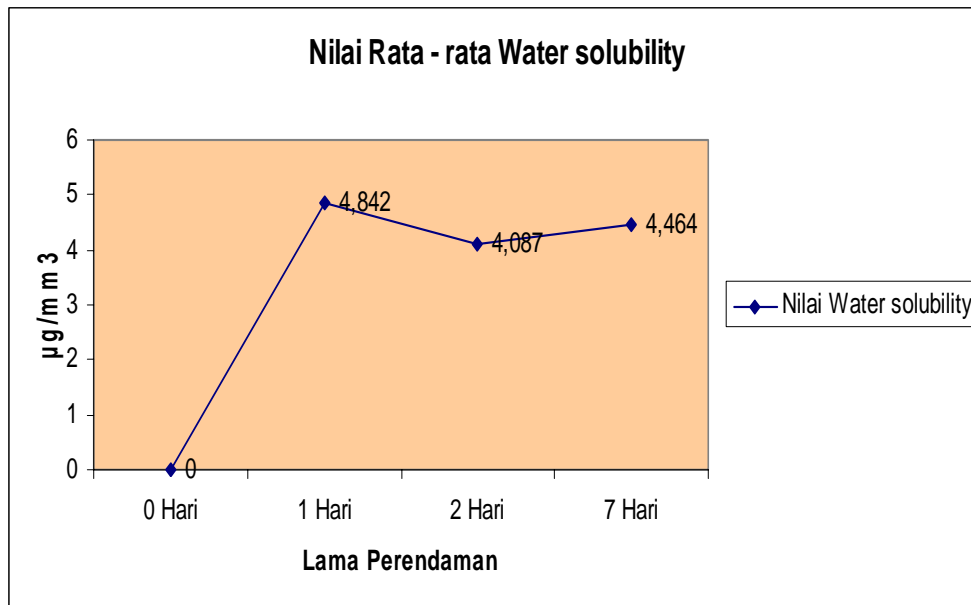
5.1. Hasil Penelitian Penyerapan Air



Gambar 5. 1. Grafik nilai penyerapan air setelah direndam dalam akuabides selama 1 hari, 2 hari dan 7 hari

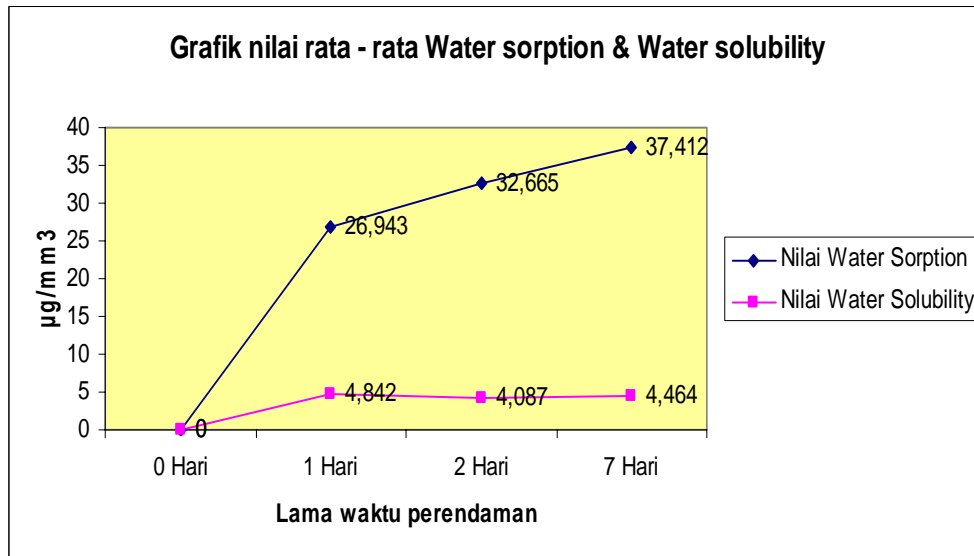
Gambar grafik 5.1 menggambarkan nilai penyerapan air pada 18 spesimen dengan 3 jenis lama perendaman. Dari grafik tersebut terlihat bahwa nilai penyerapan air meningkat dari 1 hari, 2 hari kemudian 7 hari perendaman.

5.2. Hasil Penelitian Kelarutan Bahan



Gambar 5.2. Grafik nilai kelarutan bahan dalam akuabides setelah direndam selama 1 hari, 2 hari dan 7 hari

Gambar grafik 5.2 menggambarkan nilai kelarutan bahan pada 18 spesimen dengan 3 jenis lama perendaman. Dari grafik tersebut nampak bahwa nilai kelarutan air meningkat pada lama perendaman 1 hari kemudian menurun waktu perendaman 2 dan sedikit naik pada lama perendaman 7 hari. Secara keseluruhan kelarutan bahan dalam air pada hari ke-1, ke-2 dan ke-3 adalah sama. Kedua pernyataan di atas menandakan bahwa bahan resin *pit dan fissure sealant* tersebut melepaskan monomer terbanyak ke dalam air pada hari ke-1.



Gambar 5.3. Grafik perbandingan nilai rata – rata penyerapan air dan kelarutan bahan dalam medium akuabides selama 1 hari, 2 hari dan 7 hari.

Gambar grafik 5.3 memperlihatkan rata – rata dari nilai penyerapan air dan kelarutan bahan dalam air untuk lama waktu perendaman 1, 2 dan 7 hari. Dari grafik ini terlihat bahwa penyerapan air dan kelarutan bahan terjadi dalam laju yang berbeda. Penyerapan air meningkat seiring lamanya waktu perendaman sementara kelarutan bahan meningkat hanya pada hari ke-1 kemudian turun pada hari ke-2 dan sedikit naik lagi pada hari ke-7.

5.3. Hasil Uji Statistik

Dalam melakukan pengolahan data ini, digunakan program statistik menggunakan SPSS 15. Dari uji ini diharapkan dapat diketahui apakah terdapat perbedaan yang bermakna untuk nilai penyerapan air dan kelarutan bahan dengan lama perendaman 1 hari, 2 hari dan 7 hari.

Syarat yang harus dipenuhi dalam melakukan uji non Parametrik *Kruskal -Wallis* adalah memiliki > 2 kelompok, merupakan data numerik, dan non-parametrik.²⁰

Dari hasil uji normalitas **Kolmogorov-Smirnov** dan **Shapiro Wilk** menunjukkan bahwa nilai *water sorption* dan *water solubility* untuk semua waktu perendaman mempunyai nilai signficancy (P) > 0,05 yang berarti bahwa **sebaran**

data di dalam masing – masing kelompok spesimen tersebut **normal**. Sedangkan dari hasil uji *Test of Homogeneity* diperoleh nilai $p < 0,05$ karena ada nilai ekstrem $0 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ (0 hari, tidak direndam) sehingga varian data antar keempat kelompok perlakuan tidak homogen .

Pada hasil uji *Kruskal-Wallis* untuk penyerapan air diperoleh nilai $p = 0,000$ ($p < 0,005$) yang berarti bahwa terdapat perbedaan yang bermakna dari nilai penyerapan air sedangkan nilai kelarutan bahan dalam air $p = 0,004$ ($P < 0,005$) yang berarti pula bahwa ada perbedaan yang bermakna dari nilai kelarutan bahan dalam air. Oleh karena dengan uji *Kruskal-Wallis* terdapat perbedaan yang bermakna untuk kelompok penyerapan air dan kelarutan bahan, maka pada kedua kelompok tersebut dilanjutkan dengan uji *Post Hoc Mann-Whitney* untuk mengetahui antar kelompok mana yang memiliki perbedaan bermakna tersebut.

Tabel 5.1. Daftar nilai kemaknaan penyerapan air antar setiap waktu perendaman

P (significancy)	0 Hari	1 Hari	2 Hari	7 Hari
0 Hari	x	0,002*	0,002*	0,002*
1 Hari	0,002*	x	0,004*	0,004*
2 Hari	0,002*	0,004*	x	0,004*
7 Hari	0,002*	0,004*	0,004*	x

Dengan melihat hasil analisis *Post Hoc Mann Whitney*, diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Kelompok penyerapan air 0 hari dengan 1 hari memiliki nilai $p = 0,002$ ($p < 0,05$).
2. Kelompok penyerapan air 0 hari dengan 2 hari memiliki nilai $p = 0,002$ ($p < 0,05$).
3. Kelompok penyerapan air 0 hari dengan 7 hari memiliki nilai $p = 0,002$ ($p < 0,05$).
4. Kelompok penyerapan air 1 hari dengan 2 hari memiliki nilai $p = 0,004$ ($p < 0,05$).

5. Kelompok penyerapan air 1 hari dengan 7 hari memiliki nilai $p = 0,004$ ($p < 0,05$).
6. Kelompok penyerapan air 2 hari dengan 7 hari memiliki nilai $p = 0,004$ ($p < 0,05$).

Tabel 5.2. Daftar nilai kemaknaan kelarutan bahan antar setiap waktu perendaman

P <i>(significancy)</i>	0 Hari	1 Hari	2 Hari	7 Hari
0 Hari	x	0,002*	0,002*	0,002*
1 Hari	0,002*	x	0,872	0,810
2 Hari	0,002*	0,872	x	0,936
7 Hari	0,002*	0,810	0,936	x

1. Kelompok kelarutan bahan 0 hari dengan 1 hari memiliki nilai $p = 0,002$ ($p < 0,05$).
2. Kelompok kelarutan bahan 0 hari dengan 2 hari memiliki nilai $p = 0,002$ ($p < 0,05$).
3. Kelompok kelarutan bahan 0 hari dengan 7 hari memiliki nilai $p = 0,002$ ($p < 0,05$).
4. Kelompok kelarutan bahan 1 hari dengan 2 hari memiliki nilai $p = 0,872$ ($p > 0,05$).
5. Kelompok kelarutan bahan 1 hari dengan 7 hari memiliki nilai $p = 0,810$ ($p > 0,05$).
6. Kelompok kelarutan bahan 2 hari dengan 7 hari memiliki nilai $p = 0,936$ ($p > 0,05$).

Secara statistik dapat disimpulkan bahwa :

Semua nilai signifikansi penyerapan air antar kelompok perlakuan memiliki nilai $p < 0,05$ yang berarti bahwa **terdapat perbedaan yang bermakna antar setiap kelompok perlakuan**. Sedangkan untuk nilai signifikansi kelarutan bahan antara kelompok 0 hari dengan kelompok lainnya memiliki nilai $p < 0,05$ dan antara kelompok 1, 2 dan 7 hari memiliki nilai $p > 0,05$ yang berarti bahwa

terdapat perbedaan yang bermakna hanya dari 0 hari (kontrol) dengan semua kelompok perlakuan sedangkan untuk antar kelompok 1, 2 dan 7 hari tidak berbeda bermakna.



BAB 6

PEMBAHASAN

Resin yang digunakan sebagai material restorasi harus memenuhi standar ISO 4049, yaitu nilai maksimum untuk penyerapan air adalah $40 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ dan kelarutan bahan dalam air $7,5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ dengan lama perendaman 7 hari di dalam air dengan maksud agar material tersebut dapat digunakan untuk penggunaan klinis⁶. Hasil penelitian ini memiliki nilai penyerapan air $37,4 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ dan kelarutan bahan $4,5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ yang berarti nilai ini lebih rendah daripada nilai yang ditetapkan oleh ISO sehingga memenuhi syarat untuk digunakan di klinik.

Penyerapan air meningkat dari 24 jam (1 hari) sampai 28 hari namun kinetik penyerapan air harus diobservasi dalam waktu 168 jam (7 hari) sesuai dengan permintaan ISO 4049¹⁶ dan telah banyak standar maupun penelitian lainnya yang direndam selama 7 hari. Sedangkan kelarutan bahan meningkat pada hari – hari pertama (khususnya dalam waktu 24 jam)¹⁴ sebab monomer yang tidak bereaksi adalah komponen utama yang terlepas dan monomer ini terlepas pada hari – hari awal, namun berbeda dengan penelitian lain yang menyatakan kelarutan bahan meningkat seiring dengan waktu^{21,22}.

Pada penelitian ini nilai penyerapan air meningkat secara signifikan dari hari ke-0, ke-1, ke-2 sampai hari ke-7. Menurut Archegas (2008) nilai penyerapan air akan terus meningkat sampai hari ke-28 dengan nilai penyerapan $16,44 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ (Herculite XRV), $18,86 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ (Tetric cream) dan $27,95 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ (Filtex z250) jauh lebih rendah dari nilai yang ditetapkan oleh ISO. Hal ini disebabkan karena resin komposit tersebut mengandung filler dengan jumlah sekitar 60% volume sedangkan nilai kelarutan bahan dalam air yang paling tinggi pada hari ke-1 (24 jam) sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Archegas yang nilai kelarutannya $0,2 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ (Herculite XRV), $0,45 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ (Tetric cream) dan $0,72 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ (Filtex z250) kemudian menurun pada hari berikutnya serta signifikan hanya dengan 0 hari (kontrol) yang menunjukkan bahwa mayoritas komponen (matriks) terlepas pada awal perendaman¹⁴. Menurut Gerdolle (2008), nilai penyerapan air mencapai keadaan jenuh dalam 4 hari dengan percobaannya pada resin komposit *Variolink II* $17,9 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ dan *Panafia F* $21,6 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ dengan

kelarutan bahan sebesar $4,8 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ dan $4,9 \mu\text{g}/\text{mm}^3$. Penelitian ini sama dengan yang dilakukan oleh Craig bahwa ia menguji penyerapan air dengan merendam spesimen dalam air selama 7 hari dan kelarutan bahan dengan direndam dalam air selama 1 hari, namun pada bahan yang berbeda, yaitu akrilik resin.⁸

Pada penelitian ini nilai penyerapan air lebih besar daripada nilai kelarutan bahan di dalam air karena kebanyakan kelompok metakrilat yang tidak bereaksi seperti pada resin pit dan fissure sealant tidak mampu terlepas dalam lingkungan air. Hal ini disebabkan karena monomer yang tidak bereaksi adalah bagian dari molekul dimetakrilat yang telah bereaksi pada satu ujung dan berikatan kovalen dengan rantai polimer utama dan hanya terlepas dalam jumlah yang sedikit²³. Air pada umumnya diserap lebih cepat daripada komponen terlarut yang lepas, diperlihatkan dengan peningkatan berat yang cepat pada waktu awal sampai sampel mendekati kejenuhan. Ikatan siloksan yang tidak tertutup sempurna dapat menyebabkan terjebaknya air di dalam resin dengan mengubahnya menjadi ikatan silanol. Pada waktu hampir jenuh, kehilangan berat akibat lepasnya komponen material mulai terlihat. Kedua proses tersebut diatur oleh laju difusi air dan komponen material yang terlarut dalam air¹⁷. Semakin tinggi tingkat difusi maka lebih banyak air yang akan diserap dan lebih cepat pula komponen yang terlarut hilang. Oleh karena tingkat difusi air (penyerapan air) tertinggi pada hari ke-1 maka komponen terlarut yang hilang tertinggi dan mencapai keadaan jenuh pada hari ke-1 pula.

Nilai kelarutan bahan dalam air pada penelitian ini tidak seragam. Hal ini disebabkan oleh massa sebelum direndam (m_1) yang tidak sama. Hal ini disebabkan pembuatan spesimen yang tidak mungkin ideal sama meskipun semua alat dan proses pengukuran telah terkalibrasi karena penelitian ini sangat spesifik dengan derajat akurasi $0,0001 \text{ gr}$ sedangkan hal tersebut tidak terjadi pada penyerapan air karena penyerapan air tidak tergantung pada massa sebelum direndam (m_1) melainkan hanya massa setelah direndam (m_2) dan massa setelah dikeringkan (m_3).

Perbedaan nilai penyerapan air dan kelarutan bahan di dalam air dipengaruhi oleh berbagai hal, 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, 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

Menurut metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dan diusulkan oleh ISO, pengeringan awal dan akhir dari spesimen penting serta berhubungan langsung dengan kelarutan bahan. Jika pada awal proses material tidak sepenuhnya kering maka nilai kelarutan bahan hanya merefleksikan nilai pengeringan terakhir dari spesimen¹⁴. Pada proses pengeringan (desikasi) pertama, sebelum spesimen direndam, digunakan lama pengeringan 1 hari hal ini sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dalam prosedur ISO. Penelitian terkini tentang kelarutan bahan dalam air dengan atau tanpa pengeringan awal memperlihatkan bahwa spesimen dengan pengeringan awal mempunyai nilai kelarutan bahan yang delapan kali lebih tinggi daripada yang tanpa pengeringan awal¹⁴. Namun pada proses pengeringan kedua kalinya (setelah spesimen direndam) digunakan lama pengeringan 2 hari, hal ini disebabkan karena waktu 1 hari pengeringan tidak dapat mengeringkan seluruh air yang telah masuk ke dalam spesimen setelah direndam selama 1 hari, 2 hari dan 7 hari. Hal ini ditandai dengan nilai m_3 (setelah direndam dan dikeringkan) yang sama atau lebih tinggi daripada nilai m_1 (sebelum direndam) sedangkan nilai tersebut sudah tidak berubah lagi setelah 2 ½ atau 3 hari pengeringan sehingga diputuskan untuk menggunakan lama masa pengeringan tahap dua selama dua hari.

BAB 7

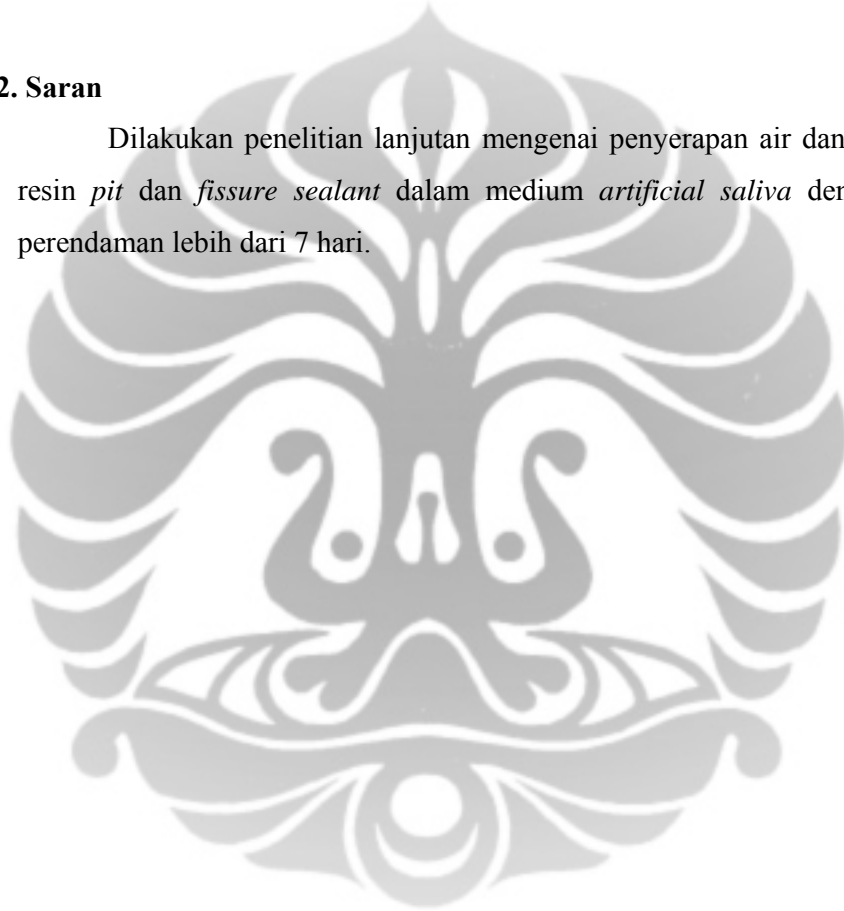
KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

1. Peningkatan waktu perendaman menyebabkan peningkatan penyerapan air.
2. Peningkatan waktu perendaman berpengaruh terhadap kelarutan bahan hanya pada hari ke-1.

7.2. Saran

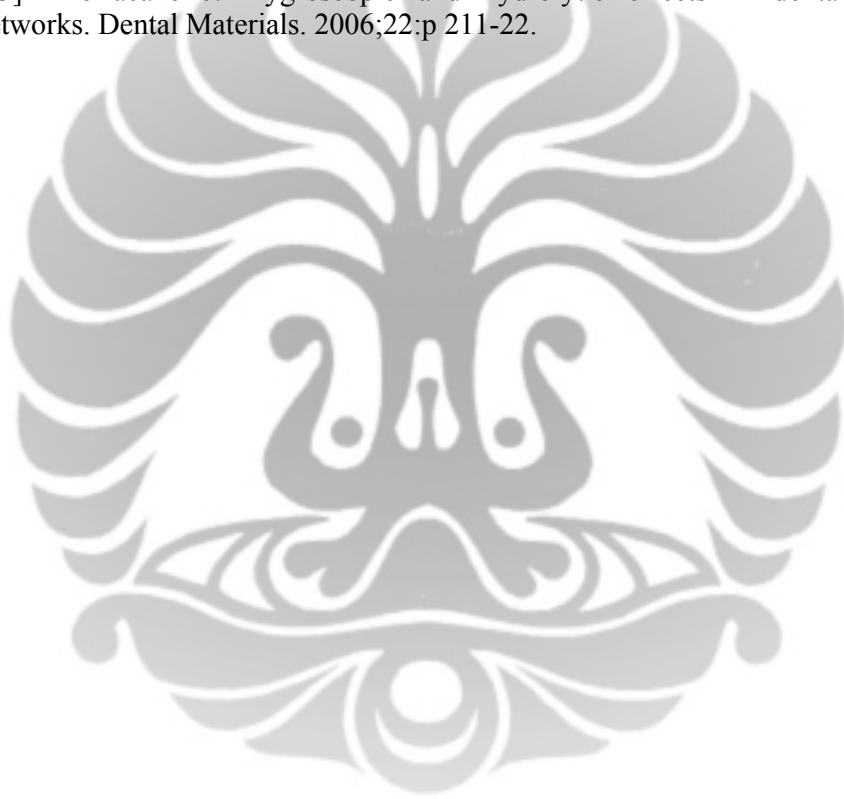
Dilakukan penelitian lanjutan mengenai penyerapan air dan kelarutan resin *pit* dan *fissure sealant* dalam medium *artificial saliva* dengan lama perendaman lebih dari 7 hari.



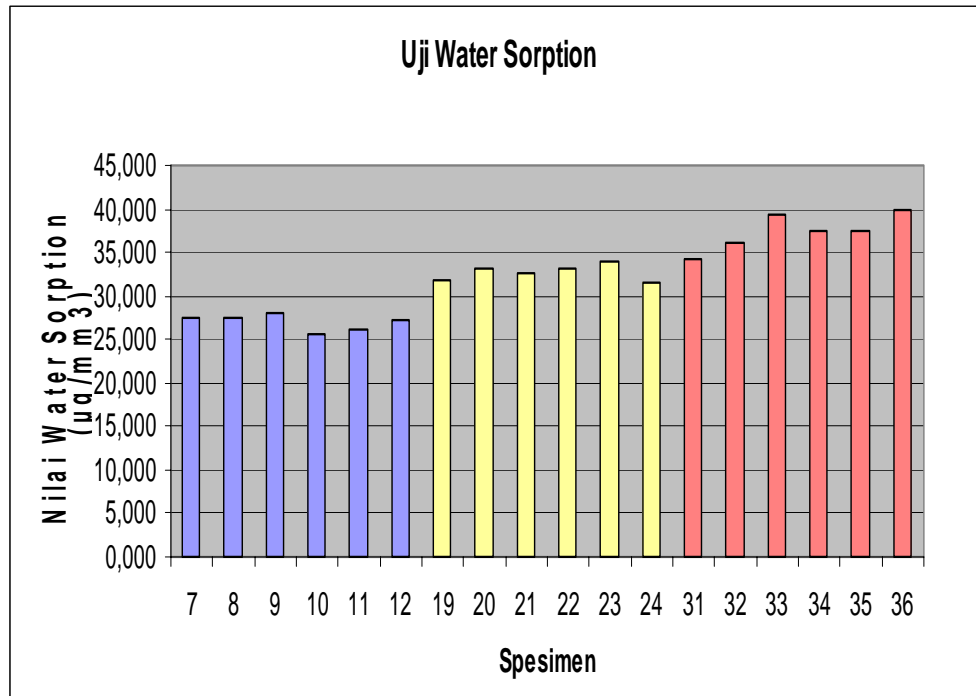
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonymous. Pit and fissure sealant. [cited 2008 September]; Available from: <http://www.healthyteeth.org/prevention/pitFissure.html>
- [2] Mount G J, Hume W R. Preservation and Restoration of Tooth Structure. 2 ed ed. Queensland: Knowledge Books and Software 2005, p 21-3; 249.
- [3] Kesehatan M. KEPUTUSAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 1415/MENKES/SK/X/2005. 2005 [cited 2008 November]; Available from:
- [4] Harris N O, Garcia F, Godoy. Primary Preventive Dentistry. 6 th ed. New Jersey: Pearson 2004, p12; 287.
- [5] Keyf F, Tuna S H, Sen M, Safrany A. Water Sorption and Solubility of Different Luting and Restorative Dental Cements. Journal of Turkey Medical Science 2006;36(1):p 47-55.
- [6] Veranes. Y, Correa. D, Martin. J. M, Krael. R, Alvarez. R. Characterization of light-cured dental composites prepared from Bis-GMA/TEEDGDMA and Bis-GMA/MPS mistures. Latin American Applied Research. Maret 2006;36 no 1.
- [7] Annusavice K J. Phillips Science of Dental Materials. Philadelphia: W.B Saunders 1996, p 312-3.
- [8] Craig's, Powers J M, Sakaguchi RL. Restorative Dental Materials. 12 th ed. St. Louis: Mosby Elsevier 2006, p 46;167-9.
- [9] O'Brien W J. Dental Material and Their Selection. 3 rd ed. Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc 2002, p 76-7.
- [10] Craig R G, Powers J M, Wataha J C. Dental Material Properties and Manipulation. 8 th ed. St. Louis: Mosby Elsevier 2004, p 43-9.
- [11] Schneider L F, Consani S, Correr-Sobrinho L, Correr A B, Sinhoreti M A. Halogen and LED light curing of composite: temperature increase and Knoop hardness. J Clinical Oral Investigation. 2006;10:66-71.
- [12] Ip T B, Rock W P. A comparison of three light curing units for bonding adhesive pre-coated brackets Journal of Orthodontics. 2004 September 31(3):243-7.
- [13] Yap A U , Soh M S, Han VTS. Influence of curing lights and modes on cross-link density of dental composites. Oper Dent. 2004;29(4):p 410-5.
- [14] Archegas L R, Caldas D B, Rached R N, Viera S, Souza E M. Sorption and Solubility of Composites Cured with Quartz-tungsten Halogen and Light Emitting Diode Light-curing Units. Journal Contemporary Dental practice. 2008 Februari;9(2).
- [15] Agustiono P, Irnawati D. Pola Kelarutan dan Penyerapan Air pada Bahan Tumpatan Gigi Hibrida Semen Ionomer Kaca dan Resin Komposit Aktivasi Sinar Tampak. Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Indonesia. 1997;4 ed khusus KPPIKG.
- [16] Gerdolle D A, Mortier E, Jacquot B, Panighi M M. Water Sorption and Water Solubility of current luting cement : An in vitro study. Quintessence International. 2008 Maret;39(3).
- [17] Noort R V. Introduction to Dental Materials. 3rd ed. London: Mosby Elsevier 2007, p 62-3; 115.

- [18] Barbosa C M, Fraga M A, Gonçalves TD. Acrylic Resin Water Sorption Under Different Pressure, Temperature and Time Conditions. *Materials Research*. 2001;4(1):p 1-6.
- [19] Cefaly D F, Wang L, de Mello L L, dos Santos J L, dos Santos J R, Lauris J R. Water sorption of resin-modified glass-ionomer cements photoactivated with LED. *Brazilian Oral Research*. 2006;20(4):p 342-6.
- [20] Dahlan S. *Statistika untuk kedokteran dan kesehatan*. Jakarta: PT Arkansas 2006, hal 99.
- [21] Palin WM, Fleming GJP, Burke FJT, Marquis PM, Randall RC. The influence of short and mediumterm water immersion on the hydrolytic stability of novel low-shrink dental composites. *Dent Mater*. 2005;21:p 852-63.
- [22] Örtengren U, Wellendorf H, Karlsson S, Ruyter IE. Water sorption and solubility of dental composites and identification of monomers released in an aqueous environmen. *J Oral Rehabil*. 2001;28:p 1106-15.
- [23] Ferracane J. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dental Materials*. 2006;22:p 211-22.



Lampiran 1. Grafik Nilai Penyerapan Air



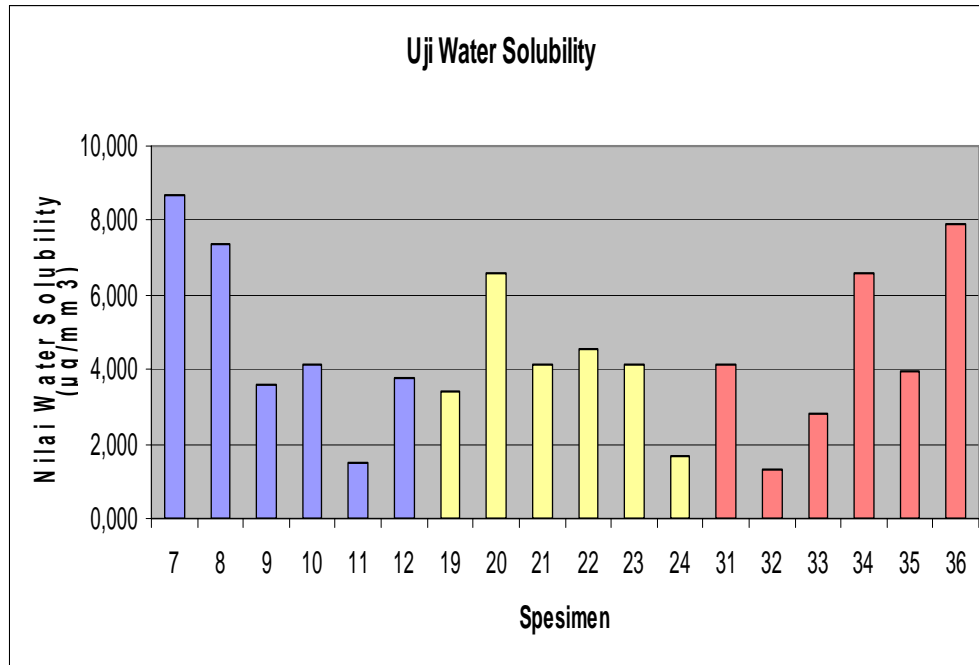
Keterangan :

Biru = lama perendaman 1 hari.

Kuning = lama perendaman 2 hari.

Merah = lama perendaman 7 hari.

Lampiran 2. Grafik Nilai Kelarutan bahan dalam air



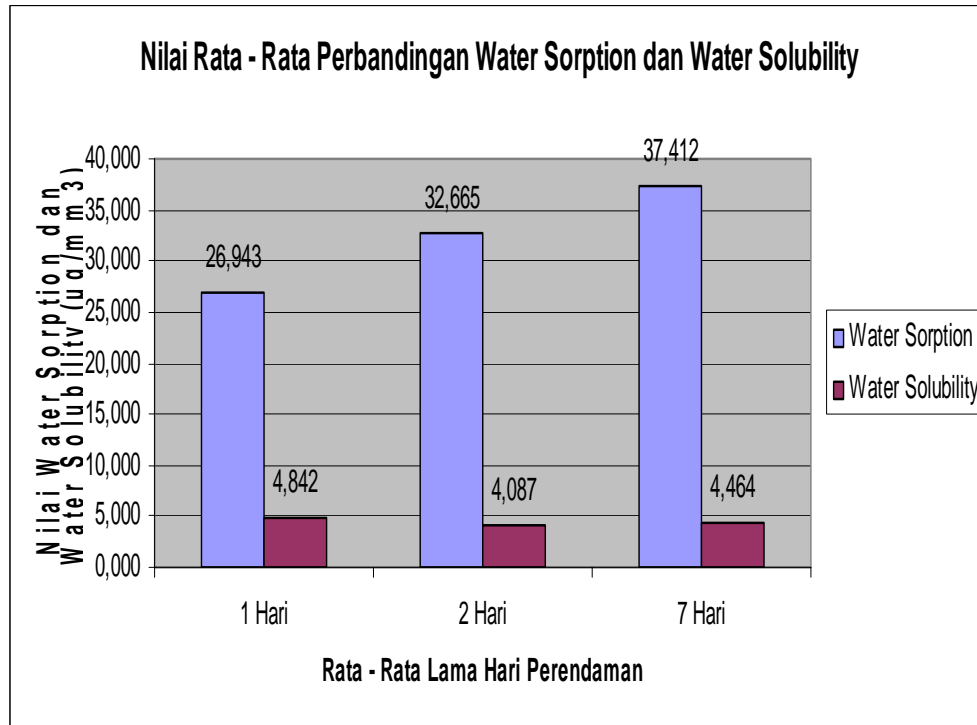
Keterangan :

Biru = lama perendaman 1 hari.

Kuning = lama perendaman 2 hari.

Merah = lama perendaman 7 hari.

Lampiran 3. Grafik nilai rata – rata penyerapan dan kelarutan air



Lampiran 4. Data Statistik

Tests of Normality(b,c)

	Waktu	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Water_sorption	1 Hari	,256	6	,200(*)	,875	6	,247
	2 Hari	,185	6	,200(*)	,946	6	,708
	7 Hari	,191	6	,200(*)	,950	6	,740
Water_solubility	1 Hari	,269	6	,199	,920	6	,503
	2 Hari	,225	6	,200(*)	,948	6	,721
	7 Hari	,218	6	,200(*)	,962	6	,833

* This is a lower bound of the true significance.

a Lilliefors Significance Correction

b Water_sorption is constant when Waktu = 0 Hari. It has been omitted.

c Water_solubility is constant when Waktu = 0 Hari. It has been omitted.

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Water_sorption	4,417	3	20	,015
Water_solubility	4,687	3	20	,012

Kruskal-Wallis Test

Ranks

	Waktu	N	Mean Rank
Water_sorption	0 Hari	6	3,50
	1 Hari	6	9,50
	2 Hari	6	15,50
	7 Hari	6	21,50
	Total	24	
Water_solubility	0 Hari	6	3,50
	1 Hari	6	15,92
	2 Hari	6	15,42
	7 Hari	6	15,17
	Total	24	

(lanjutan)

Test Statistics(a,b)

	Water_sorption	Water_solubility
Chi-Square	21,953	13,260
df	3	3
Asymp. Sig.	,000	,004

a Kruskal Wallis Test

b Grouping Variable: Waktu

Ranks

	Waktu	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Water_sorption	0 Hari	6	3,50	21,00
	1 Hari	6	9,50	57,00
	Total	12		
Water_solubility	0 Hari	6	3,50	21,00
	1 Hari	6	9,50	57,00
	Total	12		

Test Statistics(b)

	Water_sorption	Water_solubility
Mann-Whitney U	,000	,000
Wilcoxon W	21,000	21,000
Z	-3,083	-3,077
Asymp. Sig. (2-tailed)	,002	,002
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,002(a)	,002(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: Waktu

Ranks

	Waktu	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Water_sorption	0 Hari	6	3,50	21,00
	2 Hari	6	9,50	57,00
	Total	12		
Water_solubility	0 Hari	6	3,50	21,00
	2 Hari	6	9,50	57,00
	Total	12		

(lanjutan)

Test Statistics(b)

	Water_sorption	Water_solubility
Mann-Whitney U	,000	,000
Wilcoxon W	21,000	21,000
Z	-3,077	-3,083
Asymp. Sig. (2-tailed)	,002	,002
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,002(a)	,002(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: Waktu

Ranks

	Waktu	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Water_sorption	0 Hari	6	3,50	21,00
	7 Hari	6	9,50	57,00
	Total	12		
Water_solubility	0 Hari	6	3,50	21,00
	7 Hari	6	9,50	57,00
	Total	12		

Test Statistics(b)

	Water_sorption	Water_solubility
Mann-Whitney U	,000	,000
Wilcoxon W	21,000	21,000
Z	-3,083	-3,077
Asymp. Sig. (2-tailed)	,002	,002
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,002(a)	,002(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: Waktu

Ranks

	Waktu	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Water_sorption	1 Hari	6	3,50	21,00
	2 Hari	6	9,50	57,00
	Total	12		
Water_solubility	1 Hari	6	6,67	40,00
	2 Hari	6	6,33	38,00
	Total	12		

(lanjutan)

Test Statistics(b)

	Water_sorption	Water_solubilit y
Mann-Whitney U	,000	17,000
Wilcoxon W	21,000	38,000
Z	-2,887	-,161
Asymp. Sig. (2-tailed)	,004	,872
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,002(a)	,937(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: Waktu

Ranks

	Waktu	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Water_sorption	1 Hari	6	3,50	21,00
	7 Hari	6	9,50	57,00
	Total	12		
Water_solubility	1 Hari	6	6,75	40,50
	7 Hari	6	6,25	37,50
	Total	12		

Test Statistics(b)

	Water_sorption	Water_solubilit y
Mann-Whitney U	,000	16,500
Wilcoxon W	21,000	37,500
Z	-2,892	-,241
Asymp. Sig. (2-tailed)	,004	,810
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,002(a)	,818(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: Waktu

Ranks

	Waktu	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Water_sorption	2 Hari	6	3,50	21,00
	7 Hari	6	9,50	57,00
	Total	12		
Water_solubility	2 Hari	6	6,58	39,50
	7 Hari	6	6,42	38,50
	Total	12		

(lanjutan)

Test Statistics(b)

	Water_sorption	Water_solubilit y
Mann-Whitney U	,000	17,500
Wilcoxon W	21,000	38,500
Z	-2,887	-,081
Asymp. Sig. (2-tailed)	,004	,936
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,002(a)	,937(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: Waktu



Lampiran 5. Tabel perubahan berat spesimen

Lama Perendaman	Spesimen		
1 Hari	7	23	
	8	24	
	9	25	
	10	23	
	11	26	
	12	23	
Rata - rata water sorption			
2 Hari	19	22	
	20	26	
	21	26	
	22	22	
	23	22	
	24	24	
Rata - rata water sorption			
7 Hari	31	22	
	32	22	
	33	28	
	34	23	
	35	22	
	36	25	
Rata - rata water sorption dan water solubility untuk lama perendaman 7 hari			
0 Hari			

Lampiran 6 : Cara kerja penelitian



Lampiran 7 : Foto bersama pembimbing dan penguji



Pembimbing I : drg. Decky J Indrani, MDSc.

Pembimbing II : Dr. Ellyza Herda, drg, Msi.

Penguji : Dr. Yosi Kusuma Eriwati, drg,MSi & drg. Niti Matram.