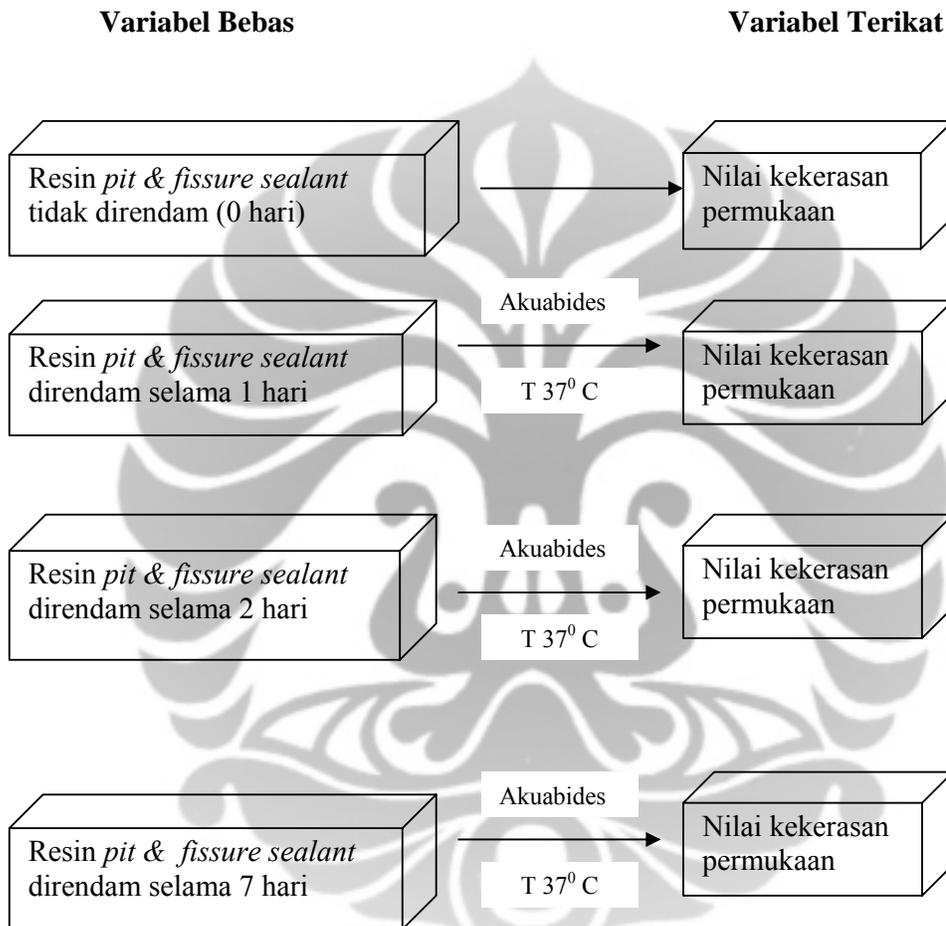


BAB 3 KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS

3.1. Kerangka Konsep



3.2. Hipotesis

1. Peningkatan waktu perendaman resin *pit & fissure sealant* di dalam air menyebabkan penurunan kekerasan permukaan material tersebut.

4.5. Definisi Operasional

1. Penyerapan air adalah kemampuan suatu material menyerap air yang dapat diketahui dengan adanya pertambahan berat material tersebut setelah direndam dalam air. Penyerapan air oleh material tersebut dapat diukur dengan menggunakan rumus :

$$W = \frac{m_2 - m_3}{V}$$

2. Kekerasan Permukaan didefinisikan sebagai ketahanan suatu material terhadap indentasi dan penetrasi yang permanen yang dapat diketahui dengan cara menghitung dengan menggunakan rumus:

$$d = (d_1 + d_2) / 2$$

Rumus 4.1: diagonal hasil indentasi uji Vicker

Sumber: Bhat V S, Nandish B T. *Science of Dental Material Clinical Application*. 1st ed. New Delhi: CBS Publishers & Distributors 2006

$$HV = VHN = (2P \sin^{\alpha/2}) / d^2$$

Rumus 4.2: Nilai kekerasan permukaan uji Vicker

Sumber: Bhat V S, Nandish B T. *Science of Dental Material Clinical Application*. 1st ed. New Delhi: CBS Publishers & Distributors 2006

Dimana,

d = panjang rata-rata diagonal kiri dengan indenter (mm)

P = besar beban yang diaplikasikan pada spesimen (kg)

α = sudut antar permukaan indenter

3. Lampu halogen merupakan *light curing unit* (LCU) yang digunakan untuk fotoaktivasi material berbahan dasar resin.^[29] Pada penelitian ini, LCU yang digunakan adalah merek LITEX 680 DENTAMERICA.

4. Spesimen resin *pit & fissure sealant* adalah sampel yang terbuat dari material resin *pit & fissure sealant* yang dimanipulasi berdasarkan petunjuk pabrik yaitu disinari dengan cahaya tampak selama 20 detik.
5. *Vicker hardness tester* adalah alat yang digunakan untuk menguji kekerasan permukaan spesimen resin *pit & fissure sealant*, dengan indenter berbentuk piramida *diamond* 136° antara permukaan indenter (22° antara sisi indenter dengan permukaan spesimen).
6. Desikator adalah alat yang digunakan untuk mengeringkan spesimen dari molekul air. Alat ini dibuat dari kotak makan plastik yang didalamnya berisi *silica gel* yang berfungsi sebagai penyerap air dari spesimen dan jaring kawat yang berfungsi sebagai pemisah antara spesimen dengan *silica gel*.

4.6. Dasar Teori

4.6.1. Uji Kekerasan Vicker

Uji kekerasan Vicker merupakan suatu uji untuk mengetahui kekerasan permukaan suatu material.^[11] Prinsip dasar dari semua pengukuran kekerasan adalah mengobservasi kemampuan material untuk bertahan dari deformasi plastik dari suatu sumber standar.

Uji kekerasan Vicker menggunakan suatu *diamond* dengan bentuk *square-based pyramid* dengan sudut 136° antara permukaan indenter, 22° antara sisi indenter dengan permukaan spesimen. Hal ini berdasarkan pada prinsip bahwa tekanan dibuat oleh indenter yang dapat menyebarkan beban yang sama secara geometris. Beban dengan berbagai *magnitude* (jarak) diaplikasikan pada permukaan datar tergantung pada kekerasan material yang diukur. Nomor Piramida Vicker (HV) kemudian ditentukan oleh perbandingan P/A , dimana P adalah tekanan yang diaplikasikan pada *diamond*, d adalah panjang rata-rata diagonal hasil indentasi, maka: penyesuaian satuan HV kemudian adalah kilogram-gaya per millimeter persegi (kgf/mm^2). Untuk mengubah satuan kekerasan Vicker kedalam satuan SI (MPa atau GPa) pertama perlu untuk mengubah aplikasi gaya dari kgf menjadi Newton dan area dari mm^2 menjadi m^2 untuk memberikan hasil dalam satuan pascal ($1\text{kgf}/\text{mm}^2 = 9.80665 \times 10^6 \text{ Pa}$).

Cara praktis untuk mengubah HV menjadi satuan SI yaitu:

- Untuk mengubah HV menjadi MPa kalikan dengan 9.807
- Untuk mengubah HV menjadi GPa kalikan dengan 0.009807

Nilai kekerasan Vicker dicatat dalam xxxHVyy, contoh: 440HV30, dimana:

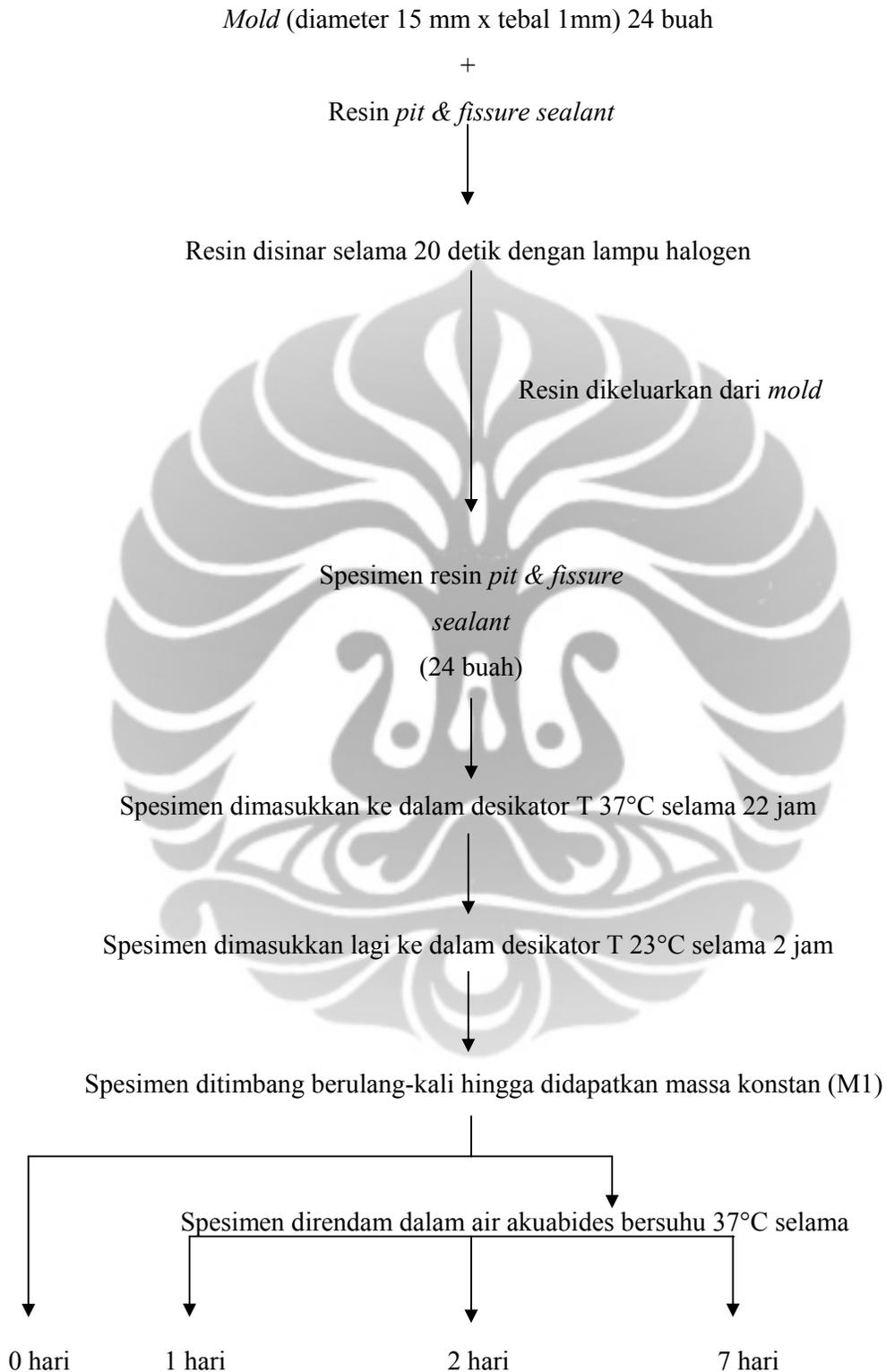
440 = nilai kekerasan

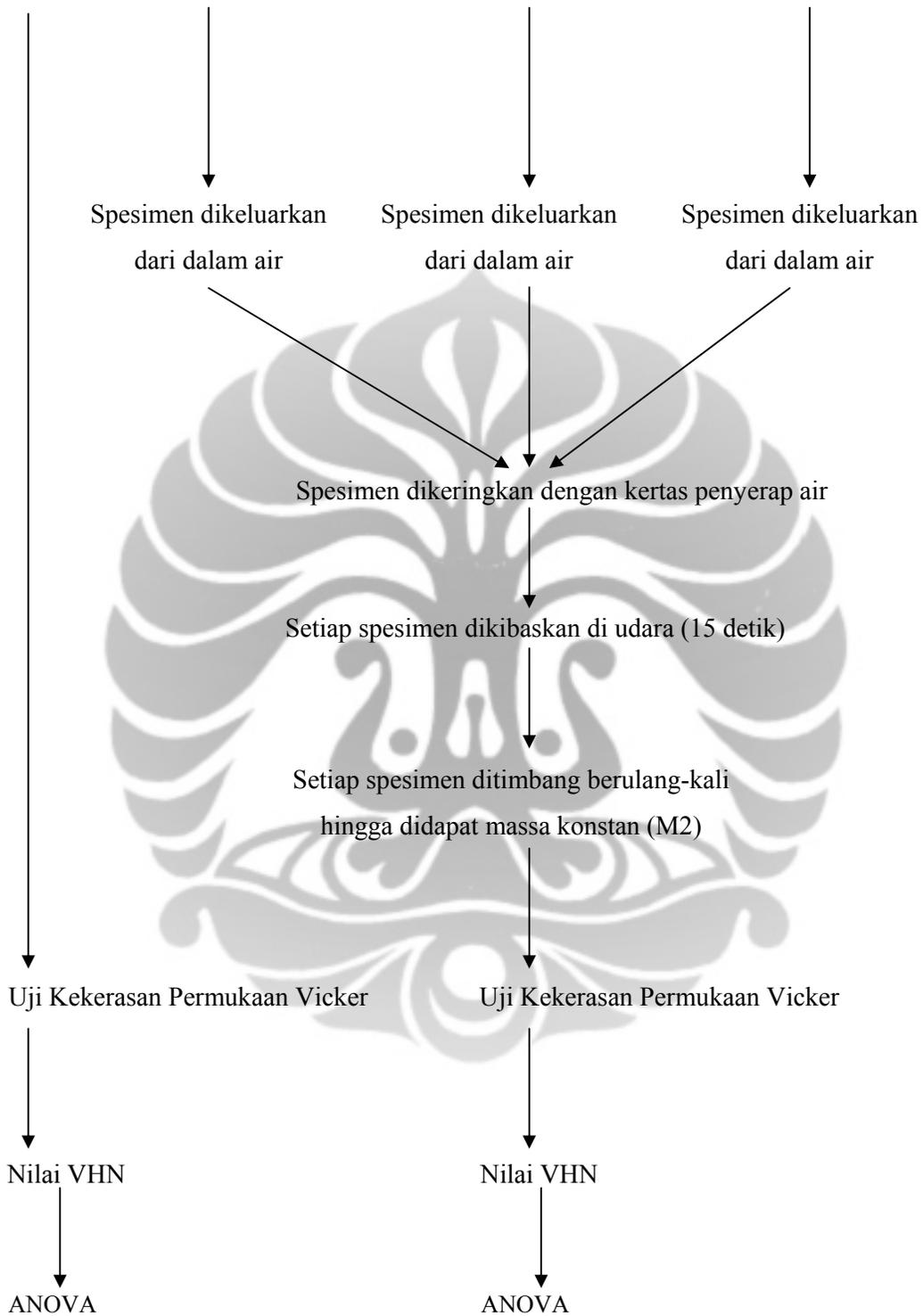
HV memberikan skala kekerasan (Vickers)

30 = beban yang digunakan dalam kg.^[31]



4.7. Alur Penelitian





4.8. Alat, Bahan dan Cara Kerja

4.8.1. Alat

1. Lampu Halogen (*curing unit* merek Litex 680 Dentamerica)
2. Alat pengukur intensitas cahaya
3. Desikator terbuat dari kotak makan plastik dan jaring kawat
4. *Split ring mould* (diameter 15.0 mm tebal 1 mm) terbuat dari akrilik
5. Plastik vakum
6. *Cornig tube* BD Falcon (diameter 3 cm dan tinggi 11,7 cm kapasitas 50 ml)
7. *Shimadzu Electronic Balance*
8. Lempeng kaca dengan tebal 1 mm sebanyak 2 buah
9. Inkubator
10. *Vicker Hardness Tester*
11. Printer
12. Spatula semen
13. Pinset
14. Sarung tangan dan masker
15. *Stop watch* (lihat lampiran 1)

4.8.2. Bahan

1. Resin *pit & fissure sealant* merek Conseal F
2. Air akuabides
3. *Silica gel*
4. Kertas penyerap air (lihat lampiran 1)

4.8.3. Cara kerja

1. Cetakan (*mold*) spesimen berbentuk silinder yang terbuat dari bahan akrilik diameter 15.0 mm dan ketebalan 1.0 mm diletakkan diatas sebuah lempeng kaca dengan ketebalan 1 mm.
2. Resin *pit & fissure sealant* dimasukkan ke dalam cetakan secara berlebih kemudian bagian atas ditutup dengan lempeng kaca yang lain setebal 1 mm secara perlahan untuk mencegah terbentuknya gelembung udara.

3. Selanjutnya, resin disinari dengan lampu halogen selama 20 detik pada permukaan atas. Penyinaran resin pfs dilakukan pada 5 area (atas, bawah, kanan, kiri dan tengah) pada 1 sisi permukaan.
4. Resin *pit & fissure sealant* (pfs) yang telah mengeras kemudian dikeluarkan dari cetakan → spesimen resin pfs berjumlah 24 buah.
5. Spesimen disimpan dalam plastik vakum selama 1-3 hari.
6. Setelah disimpan, spesimen dimasukkan ke dalam desikator bersuhu 37°C selama 22 jam.
7. Selanjutnya, spesimen dipindahkan ke dalam desikator bersuhu 23°C selama 2 jam.
8. Tahap berikutnya, spesimen ditimbang dengan *Shimadzu Electronic Balance* sebanyak 3 kali untuk memperoleh massa konstan (M1).
9. Kemudian 18 spesimen direndam dalam air selama:
 - 1 hari = sebanyak 6 buah spesimen
 - 2 hari = sebanyak 6 buah spesimen
 - 7 hari = sebanyak 6 buah spesimen18 spesimen tersebut direndam dalam air akuabides sebanyak 40 ml yang telah dimasukkan ke dalam *cornig tube*.
10. 6 buah spesimen lainnya tidak direndam dalam air akuabides tapi langsung diuji kekerasan permukaannya dengan menggunakan alat uji kekerasan Vicker.
11. Setelah 1 hari perendaman, spesimen uji 1 hari diangkat dari dalam air dan dikeringkan dengan menggunakan kertas penyerap.
12. Tahap selanjutnya, spesimen dipegang dengan pinset dan dikibaskan di udara selama 15 detik untuk memastikan tidak ada lagi molekul air yang menempel pada spesimen.
13. Setelah itu, tiap spesimen tersebut ditimbang sebanyak 3 kali untuk mendapatkan massa konstan (M2).
14. Selanjutnya, spesimen tersebut diuji kekerasan permukaannya dengan alat uji kekerasan permukaan Vicker.
15. Begitupun untuk uji kekerasan permukaan spesimen yang direndam selama 2 dan 7 hari. Metodanya sama dengan nomor 11 – 14. (lihat lampiran 2)

Uji Kekerasan Permukaan Vicker

1. Terlebih dahulu letakkan spesimen diatas sebuah lempeng kaca kemudian spesimen dan kaca tersebut diletakkan di atas meja objek alat Vicker.
2. Tentukan fokus objek, kemudian tentukan besarnya beban indentasi, banyak dan lamanya indentasi. Indentasi dilakukan sebanyak 5 kali yaitu masing-masing disebelah kiri, kanan, atas, bawah dan tengah dari permukaan atas spesimen. Masing-masing indentasi dilakukan selama 10 detik.
3. Setelah itu, sentuh tombol *start*
4. Diamkan *tester* dan jangan disentuh saat *tester* sedang melakukan indentasi.
5. Setelah indentasi selesai, maka pada lensa objek akan terlihat gambaran hasil indentasi yaitu berbentuk segiempat (belah ketupat).
6. Tahap selanjutnya adalah mengukur besarnya diagonal vertikal dan horisontal, yaitu dengan cara meletakkan 2 garis secara berhimpitan di ujung kiri diagonal horisontal. Kemudian sentuh tombol *zero set*. Lalu, geser salah satu garis ke arah kanan hingga ke ujung kanan batas akhir diagonal horisontal. Kemudian sentuh tombol pengukur diagonal → maka diperoleh panjang diagonal horisontal (L1).
7. Putar alat pengukur diagonal ke arah vertikal. Kemudian letakkan 2 garis pada setiap ujung diagonal vertikal.
8. Sentuh tombol pengukur diagonal → diperoleh panjang diagonal vertikal (L2).
9. Kemudian akan diperoleh nilai kekerasan permukaan dalam satuan VHN.
10. Sentuh tombol *next* untuk melakukan indentasi yang baru pada area lain spesimen.
11. Setelah spesimen diindentasi pada 5 area berbeda, kemudian sentuh tombol *result*. Maka akan keluar nilai rata-rata kekerasan, standard deviasi, koefisien variasi, nilai maksimum dan minimum.
12. Selanjutnya sentuh tombol *print out* untuk mengeluarkan nilai kekerasan permukaan ke dalam kertas.
13. Setelah selesai melakukan uji kekerasan permukaan Vicker pada satu spesimen, sentuh tombol *test finish* untuk mengakhiri dan mengganti spesimen yang baru.

*Bila terdapat kesalahan operator dalam mengukur diagonal atau jika operator tidak yakin dengan hasil indentasi yang dihasilkan maka dapat dilakukan pengujian ulang dengan cara menyentuh tombol *re-measure* atau *re-test*.

4.9. Analisis Data

4.9.1. Uji ANOVA

One-way ANOVA digunakan untuk uji membedakan diantara dua atau lebih kelompok independen. Secara khusus, one-way ANOVA digunakan untuk uji membedakan paling sedikit tiga kelompok. Esensi dari pengujian ini adalah mengetahui apakah ada perbedaan yang signifikan (jelas) antara rata-rata hitung beberapa kelompok data. Asumsi yang digunakan pada pengujian ANOVA :

1. Populasi-populasi yang akan diuji memiliki distribusi normal (berbentuk *bell shaped*)
2. Varians dari populasi-populasi tersebut adalah sama.
3. Sampel tidak berhubungan satu dengan yang lain. Artinya, sample bersifat independen.^[34]

BAB 5 HASIL PENELITIAN

5.I. GAMBARAN HASIL PENELITIAN

Spesimen pada penelitian ini terbuat dari resin *pit & fissure sealant* berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 mm dan tebal 1 mm, jumlah spesimen 24 buah. Spesimen tersebut dibagi dalam empat kelompok perlakuan, dimana masing-masing perlakuan menggunakan 6 spesimen, yaitu:

1. Kelompok spesimen uji kekerasan permukaan yang direndam dalam air akuabides selama 1 hari.
2. Kelompok spesimen uji kekerasan permukaan yang direndam dalam air akuabides selama 2 hari.
3. Kelompok spesimen uji kekerasan permukaan yang direndam dalam air akuabides selama 7 hari.
4. Kelompok spesimen uji kekerasan permukaan yang tidak direndam dalam air akuabides (0hari).

Nilai kekerasan permukaan setiap spesimen resin *pit & fissure sealant* dapat dilihat pada tabel hasil penelitian (lampiran 3). Berikut adalah grafik hasil penelitian yang menggambarkan nilai rata-rata kekerasan permukaan pada tiap kelompok perlakuan.



Gambar 5.1: Grafik nilai rata-rata kekerasan permukaan spesimen resin *pit & fissure sealant* serta waktu perendaman

Pada grafik diatas, terlihat bahwa nilai kekerasan permukaan spesimen resin *pit & fissure sealant* yang tidak direndam memiliki nilai tertinggi yaitu 11,31 VHN. Nilai kekerasan menurun secara signifikan pada perendaman hari pertama menjadi 7,66 VHN. Kemudian, nilai kekerasan permukaan resin *pit & fissure sealant* sedikit mengalami kenaikan setelah direndam selama 2 hari menjadi 7,94 VHN. Pada hari ketujuh perendaman, nilai kekerasan permukaan resin *pit & fissure sealant* menurun lagi menjadi 7,72 VHN.

Hasil penelitian ini kemudian diuji secara statistik (lihat lampiran 4) dengan menggunakan *one-way* ANOVA sebab data hasil penelitian ini telah memenuhi syarat uji ANOVA, antara lain:

1. jumlah perlakuan pada penelitian ini lebih dari 2, yaitu terdapat 4 kelompok perlakuan antara lain kelompok uji perendaman 0, 1, 2 dan 7 hari
2. data hasil penelitian tergolong numerik
3. distribusi data di dalam tiap kelompok adalah normal
4. distribusi data antar kelompok adalah normal

ANOVA yang digunakan adalah *one-way* ANOVA sebab setiap kelompok perlakuan mendapat 1x perlakuan.

Hasil analisis statistik one-way ANOVA data hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

Oneway

Tabel 5.1: Tabel Post Hoc Test Bonferroni (hasil analisis statistik mengenai perbedaan bermakna nilai kekerasan permukaan antar kelompok perlakuan)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Nilai_Kekerasan_Permukaan_(VHN)
Bonferroni

(I) Lama_Perendaman_dalam_Aquabides	(J) Lama_Perendaman_dalam_Aquabides	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1 Hari	2 Hari	-.28000	.62585	1.000	-2.1119	1.5519
	7 Hari	-.05667	.62585	1.000	-1.8886	1.7753
	0 Hari (kontrol)	-3.65333*	.62585	.000	-5.4853	-1.8214
2 Hari	1 Hari	.28000	.62585	1.000	-1.5519	2.1119
	7 Hari	.22333	.62585	1.000	-1.6086	2.0553
	0 Hari (kontrol)	-3.37333*	.62585	.000	-5.2053	-1.5414
7 Hari	1 Hari	.05667	.62585	1.000	-1.7753	1.8886
	2 Hari	-.22333	.62585	1.000	-2.0553	1.6086
	0 Hari (kontrol)	-3.59667*	.62585	.000	-5.4286	-1.7647
0 Hari (kontrol)	1 Hari	3.65333*	.62585	.000	1.8214	5.4853
	2 Hari	3.37333*	.62585	.000	1.5414	5.2053
	7 Hari	3.59667*	.62585	.000	1.7647	5.4286

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Pada tabel diatas semua nilai signifikansi antara spesimen 0 hari (kontrol) dengan tiap kelompok perlakuan 1, 2, dan 7 hari adalah sebesar 0,000. Hal ini berarti bahwa $p < 0,05$. Hal ini berarti bahwa terdapat perbedaan bermakna nilai kekerasan permukaan antara kelompok kontrol dengan semua kelompok perendaman.

Sedangkan nilai signifikansi antar kelompok perlakuan, yaitu antara :

- Kelompok perlakuan 1 hari dengan 2 hari, nilai signifikansi (sig) = 1.000
- Kelompok perlakuan 1 hari dengan 7 hari, nilai signifikansi (sig) = 1.000
- Kelompok perlakuan 2 hari dengan 7 hari, nilai signifikansi (sig) = 1.000

Semua nilai signifikansi antar kelompok perlakuan, $p > 0,05$. Hal ini memiliki arti bahwa nilai kekerasan permukaan antar kelompok perendaman tidak berbeda bermakna.

Berdasarkan output pada kolom perbedaan rata-rata antar kelompok (*mean difference*), jika ada tanda * maka perbedaannya signifikan.

1. *Mean difference* antara kelompok perendaman 1 hari dan 2 hari bernilai 0,28000 dan -0,28000 **tanpa** tanda *. Hal ini berarti tidak ada perbedaan bermakna kekerasan permukaan diantara kelompok perendaman 1 hari dan 2 hari.
2. *Mean difference* antara kelompok perendaman 1 hari dan 7 hari bernilai 0,05667 dan -0,05667 **tanpa** tanda *. Hal ini berarti tidak ada perbedaan bermakna kekerasan permukaan diantara kelompok perendaman 1 hari dan 7 hari.
3. *Mean difference* antara kelompok perendaman 2 hari dan 7 hari bernilai 0,22333 dan -0,22333 **tanpa** tanda *. Hal ini berarti tidak ada perbedaan bermakna kekerasan permukaan diantara kelompok perendaman 2 hari dan 7 hari.
4. *Mean difference* antara kelompok perendaman 1 hari dan 0 hari bernilai 3,65333 dan -3,65333 **dengan** tanda *. Hal ini berarti ada perbedaan bermakna kekerasan permukaan antara kelompok perendaman 1 hari dan 0 hari.
5. *Mean difference* antara kelompok perendaman 2 hari dan 0 hari bernilai 3,37333 dan -3,37333 **dengan** tanda *. Hal ini berarti ada perbedaan bermakna kekerasan permukaan antara kelompok perendaman 2 hari dan 0 hari.
6. *Mean difference* antara kelompok perendaman 7 hari dan 0 hari bernilai 3,59667 dan -3,59667 **dengan** tanda *. Hal ini berarti ada perbedaan bermakna kekerasan permukaan antara kelompok perendaman 7 hari dan 0 hari.

BAB 6 PEMBAHASAN

6.1 Pembahasan Hasil Penelitian

Keterangan Spesimen:

- Material: resin *pit & fissure sealant (light activated system)*
- Spesimen: (diameter = 15 mm; t = 1mm); penyinaran 20 s; panjang gelombang : 400-500 nm.
- Medium: air akuabides
- Uji kekerasan permukaan: *Vicker Hardness Tester* (beban: 980,7 mN; lama tiap indentasi = 10s; 5 indentasi tiap spesimen).
- Lama perendaman dalam air: 0, 1, 2, dan 7 hari.

Tabel 6.1: Nilai rata-rata kekerasan permukaan spesimen resin *pit & fissure sealant* dengan perlakuan

Perlakuan spesimen	Nilai rata-rata kekerasan permukaan (VHN)	Standard deviasi
Tidak direndam (0 hari)	11,31	1,05668
Direndam 1 hari	7,66	1,52648
Direndam 2 hari	7,94	0,76758
Direndam 7 hari	7,72	0,81513



Gambar 6.1: Grafik nilai rata-rata kekerasan permukaan resin *pit & fissure sealant* dan waktu perendaman

Pada grafik diatas terlihat adanya perbedaan nilai kekerasan permukaan yang signifikan antara kelompok uji 0 hari dengan semua kelompok perendaman. (uji 0 hari =11,31 VHN; uji 1 hari=7,66 VHN; uji 2 hari=7,94 VHN; uji 7 hari=7,72 VHN). Kelompok spesimen uji 0 hari menunjukkan nilai kekerasan permukaan yang paling tinggi. Sedangkan pada semua kelompok perendaman (1, 2, dan 7 hari perendaman) menunjukkan nilai kekerasan permukaan yang jauh lebih rendah dibandingkan spesimen uji 0 hari.

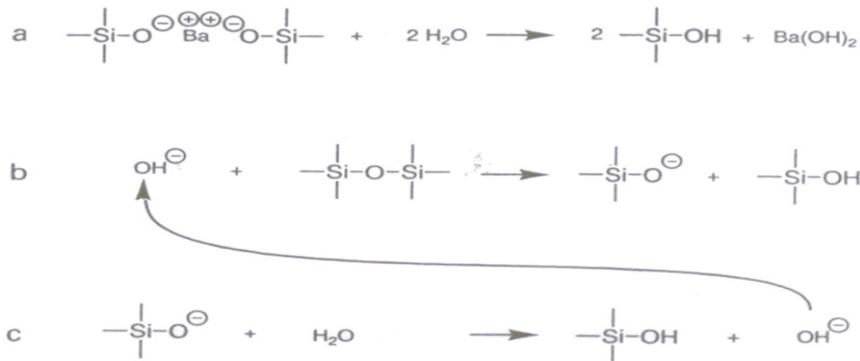
Terjadinya penurunan nilai kekerasan permukaan secara signifikan dari 0 hari ke 1 hari disebabkan oleh adanya penyerapan air oleh resin *pit & fissure sealant*. Bukti dari adanya penyerapan air oleh resin ini adalah adanya penambahan berat resin setelah direndam dalam akuabides.

Penyerapan air oleh resin *pit & fissure sealant* dapat menurunkan kekerasan permukaannya. Hal ini akan dijelaskan melalui mekanisme berikut:

1. Resin *pit & fissure sealant* yang direndam dalam air dapat menyerap molekul air. Penyerapan air meningkat secara signifikan pada perendaman 1 hari.^[35] Resin mampu menyerap air sebab matriks resin bersifat hidrofilik dimana kelompok fungsional dari matriks resin yaitu kelompok hidroksi dan ikatan eter serta ester yang memiliki afinitas tinggi terhadap H₂O.^[16] Kebanyakan

material berbahan dasar polimer dapat menyerap air ke dalam matriks melalui suatu proses difusi terkontrol.^[18] Molekul pelarut yang masuk akan memaksa ikatan polimer berjauhan sehingga menyebabkan ekspansi matriks. Akibatnya, kekuatan dari ikatan menurun sehingga polimer menjadi lebih lunak dimana pelunakan matriks segera terjadi setelah adanya penyerapan air (Ferracane, 2006) sehingga kekuatan menurun.^[19]

2. Berdasarkan teori degradasi matriks (Ferracane 1995; Eliades 2003; Noort RV 2007) resin dalam air → resin menyerap molekul air → air berpenetrasi ke dalam ruang intermolekuler rantai polimer → interaksi polar menurun → jarak antar rantai polimer meningkat → ekspansi matriks → matriks melunak → kekerasan permukaan menurun.
3. Air yang masuk ke dalam polimer menyebabkan degradasi kimia polimer sehingga terbentuk monomer dan oligomer. Degradasi yang progresif mengubah mikrostruktur dari material melalui pembentukan porus dimana lewat porus itulah oligomer dan monomer sisa, produk degradasi dan bahan tambahan lainnya keluar dari material sehingga menurunkan sifat mekaniknya.^[17]
4. Menurut teori degradasi partikel *filler*, disebutkan bahwa ion hidrogen diserap oleh permukaan *silica (filler)*, konsentrasi ion OH⁻ air menempel pada permukaan *filler* semakin meningkat. Ion OH⁻ dapat memutuskan ikatan *siloxane* antara permukaan *filler* dengan *coupling agent*. Selama proses tersebut, ikatan *siloxane* yang ruptur juga dapat menyerap ion hidrogen. Pemecahan ikatan *siloxane* menghasilkan 2 kelompok SiOH dan pembentukan ion OH⁻ baru bebas yang dapat berpartisipasi dalam pemecahan ikatan *siloxane* selanjutnya. Reaksi menjadi autokatalitik dengan produksi ion OH⁻ yang baru secara berkelanjutan, dimana salah satunya dikonsumsi pada reaksi pecahnya ikatan *siloxane*. Akibat dari berlanjutnya reaksi autokatalitik, permukaan akan meregang (ekspansi) dan menjadi lemah → kekerasan permukaan menurun.^[17]



Gambar 6.2: Reaksi pemecahan ikatan siloxane antara permukaan *filler* dengan *coupling agent*

Sumber: Eliades George, Eliades Theodore, Brantley W A, Watts D C. *Dental Material In Vivo: Aging and Related Phenomena*. Chicago. Quintessence Publishing Co, Inc. 2003. p.114-20

5. Kelompok silanol yang dihasilkan dari hidrolisis silane terkondensasi sehingga kelompok silanol akan menempel pada permukaan *silica* atau dengan kelompok itu sendiri. Dengan demikian, kelompok *alkoxy* yang tidak bereaksi dan kelompok silanol mungkin terdapat di lapisan *organo-siloxane*, mempengaruhi ikatan kimia antara *filler* dengan matriks resin. Selanjutnya, kelompok silanol berada pada *interface* penyerapan air, menyebabkan resin berekspansi, dan mungkin meningkatkan *inner stress* diantara *filler* dan matriks resin. Hasilnya adalah penurunan kekuatan material.^[16]

Sedangkan, perendaman resin *pit & fissure sealant* dari 1 hari hingga 7 hari tidak menyebabkan penurunan kekerasan permukaan secara signifikan. Hal ini dapat terjadi mungkin disebabkan oleh:

1. Pelunakan matriks mencapai maksimum dalam 1 atau 2 bulan penyerapan air berlangsung dimana saat itulah jaringan polimer telah jenuh seluruhnya (Ferracane, 2006)

2. Gugus hidroksil telah banyak yang mengikat air selama perendaman 1 hari, sehingga gugus hidroksil yang tersisa hanya sedikit. Dengan demikian, pada perendaman hari ke 2 dan ke 7, air yang dapat masuk ke dalam resin hanya sedikit dan efeknya pada kekerasan permukaan resin tidak menurun secara signifikan tidak seperti pada perendaman 1 hari.
3. *Silane* yang melapisi partikel *filler* bersifat hidrofobik sehingga pemecahan silane pada permukaan *filler* merupakan proses degradasi yang lambat.^[17] Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa degradasi dapat menyebabkan ekspansi permukaan yang akan menyebabkan penurunan kekerasan permukaan.
4. Resin *pit & fissure sealant* yang digunakan dalam penelitian ini (Conseal F) memiliki sifat kelarutan dalam air yang rendah. Maka, komponen resin yang dapat keluar sangat sedikit sehingga hanya sedikit pula porus yang dihasilkan akibat keluarnya komponen. Dimana, melalui porus dan ruang intermolekular inilah air dapat masuk ke dalam jaringan polimer.^[36] Selain itu, melalui mekanisme degradasi kimia yaitu proses hidrolisis dimana setelah air masuk ke dalam polimer, menyebabkan degradasi kimia polimer sehingga terbentuk oligomer dan monomer. Degradasi yang progresif dapat mengubah struktur mikro material melalui porus, dimana melalui porus inilah oligomer, monomer sisa, produk degradasi dan bahan aditif lainnya keluar. Proses inilah yang mungkin bertanggungjawab terhadap rendahnya sifat mekanik.^[36] Namun, oleh karena porus yang terbentuk itu sedikit akibat hanya sedikit komponen resin yang dapat larut maka sifat mekanik resin *pit & fissure sealant* pada penelitian ini tidak menurun secara signifikan seiring dengan peningkatan waktu perendaman.

Pada hasil penelitian ini juga terjadi sedikit peningkatan nilai kekerasan permukaan dari perendaman 1 hari ke perendaman 2 dan 7 hari meskipun kenaikannya tidak signifikan. Sedikit kenaikan nilai kekerasan ini mungkin disebabkan oleh proses maturasi polimerisasi *postcuring* yang masih berlangsung. Menurut *Mandikos et al* periode penyimpanan selama 2

minggu dapat memastikan bahwa reaksi polimerisasi komposit resin telah sempurna. Terjadi penurunan nilai kekerasan permukaan setelah perendaman 7, 30, dan 60 hari.^[33] Kemungkinan penyebab lainnya adalah saat melakukan indentasi, indentor menekan partikel *filler* resin sehingga diperoleh variasi nilai kekerasan permukaan antar kelompok spesimen uji 1, 2, dan 7 hari.

Sedangkan, nilai kekerasan permukaan resin *pit & fissure sealant* menurun pada hari ketujuh setelah perendaman dalam akuabides. Hal ini terjadi karena peningkatan penyerapan air seiring peningkatan waktu perendaman sehingga semakin banyak pula molekul air yang berhasil masuk ke dalam resin. Dimana telah dijelaskan sebelumnya bahwa molekul air dapat memaksa ikatan polimer berjauhan, menyebabkan ekspansi. Akibatnya, kekuatan dari ikatan menurun sehingga polimer menjadi lebih lunak dan kekuatan menurun.^[19] Dengan demikian, semakin banyaknya molekul air yang berada di dalam matriks resin maka semakin besar pula jarak antar rantai polimer sehingga ekspansi matriks semakin besar kemudian terjadi penurunan kekerasan permukaan.

6.2 Hasil Penelitian Sebelumnya Mengenai Perubahan Kekerasan Permukaan Akibat Penyerapan Air

Penelitian Neamat Abu-Bakr, 2000



Gambar 6.3: Grafik nilai kekerasan permukaan komposit resin dan waktu perendaman

Keterangan spesimen:

- Material: komposit resin
- Spesimen: (diameter = 4 mm; t = 2mm); penyinaran 40 s pada tiap permukaan (atas dan bawah)
- Medium: air deionisasi
- Uji kekerasan permukaan: *Vicker Hardness Reading* (100g force; lama tiap indentasi = 20s; banyak indentasi = 3).
- Lama perendaman: 0, 1, 7, 30, dan 60 hari.

Hasil:

1. Terjadi peningkatan nilai kekerasan permukaan antara 0 hari → 1 hari.

Penyebab:

- Proses maturasi polimerisasi *postcuring* yang masih berlangsung. Menurut *Mandikos et al* periode penyimpanan selama 2 minggu dapat memastikan bahwa reaksi polimerisasi komposit resin telah sempurna.

2. Terjadi penurunan nilai kekerasan permukaan setelah 7, 30, dan 60 hari.

Penyebab:

- Semakin lama perendaman menyebabkan peningkatan penyerapan air oleh komposit resin. Molekul air akan menembus ikatan silang matriks resin sehingga menyebabkan permukaan resin melunak (Ferracane & Marker, 1992) → penurunan kekerasan permukaan.^[33]

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Perendaman resin *pit & fissure sealant* di dalam air akuabides selama 1 hari menyebabkan penurunan nilai kekerasan permukaan secara signifikan. Sedangkan pada perendaman selama 2 hari terjadi sedikit kenaikan nilai kekerasan permukaan resin *pit* dan *fissure sealant*. Namun, terjadi lagi penurunan nilai kekerasan permukaan resin *pit & fissure sealant* setelah direndam selama 7 hari.

7.2 Saran

Diadakan penelitian lebih lanjut mengenai penurunan kekerasan permukaan resin *pit & fissure sealant* dengan waktu perendaman dalam hitungan jam dan lebih dari 7 hari

DAFTAR REFERENSI

- [1] Harris N O, Garcia F, Godoy. (2004). *Primary Preventive Dentistry*. 6th ed. New Jersey: Pearson. p. 12; 287
- [2] Anonymous. *3M ESPE Clinpro TM Sealant Technical Product Profile*. [cited; Available from: <http://multimedia.mmm.com/mws/mediawebserver.dyn?6666660Zjcf6lVs6EVs666alfCOrrrQ->
- [3] Craig. (2000). *Dental Material Properties and Manipulation*. 7th ed. USA: Mosby.. p. 38-9
- [4] Anonymous. Archives of Orofacial Science. [cited; Available from: <http://www3.interscience.wiley.com/journal/119439987/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0>
- [5] O'Brien. (1997). *Dental Material and their Selection* 2nd ed. Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc. p. 22;48;80;92-3;102-3;105;11
- [6] Gladwin Marcia, et.al. (2000). *Clinical Aspect of Dental Material*. Philadelphia: Lippincott William & Wilkins. p. 33-4; 222
- [7] Anusavice, KJ. (1996). *Phillips' Science of Dental Material*. 10th ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company. p. 66; 217-21; 274-83; 288.
- [8] Phillips, W R. (1982). *Skinner's Science of Dental Material*. 8th ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company. p. 226
- [9] Bagheri R, et.al. (2007). Subsurface Degradation of Resin-Based Composite. *J Dent Mater* (23):944-51.
- [10] Bhat V S, Nandish B T. (2006). *Science of Dental Material Clinical Application*. 1st ed. New Delhi: CBS Publishers & Distributors. p. 177-8.
- [11] Craig. (1997). *Restorative Dental Material*. 10th ed. USA: Mosby. p. 51;89;268-71
- [12] Agustiono P, dkk. (1997). Pola Kelarutan dan Penyerapan Air pada Bahan Tumpatan Gigi Hibrida Semen Ionomer Kaca dan Resin Komposit Aktivasi Sinar Tampak. *J Kedokteran Gigi Universitas Indonesia*.(4):446-9.
- [13] Veranes Y. (2006). Characterization of Light-Cured Dental Composites Prepared from Bis-GMA / TEEGDMA and Bis-GMA / MPS Mixtures. *Latin American Applied Research*. (36): 1-6.
- [14] Lee, Sheng-Yang. (1995). Detection of Leached Moieties from Dental Composites in Fluids Simulating Food and Saliva. *J Dent Mater*. (11):348-353
- [15] Martin N, dkk. (2003). Hygroscopic Expansion and Solubility of Composite Restoratives. *J Dent Mater*. (19):77-86.
- [16] Nihei T, et.al. (2002). Enhanced Hydrolytic Stability of Dental Composites by Use of Fluoroalkyltrimethoxysilanes. *J Dent Res*. 81(7):482-6.
- [17] Eliades, G. (2003). *Dental Material In Vivo: Aging and Related Phenomena*. Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc. p.114
- [18] Koizumi H, et.al. (2005). Effect of Metal Halide Light Source on Hardness, Water Sorption & Solubility of Indirect Composite Material. *J Oral Science*. 47(4): 165-9

- [19] Noort RV. (2007). *Introduction to Dental Materials*. 3rd ed. London: Mosby Elsevier. p. 62-4.
- [20] Gerdolle DA, et.al. (2008). *Water Sorption and Water Solubility of Current Luting Cements: An In Vitro Study*: Quintessence International.
- [21] Anonymous. Hardness. (2008). [cited; Available from: <http://en.wikipedia.org/wiki/Hardness>
- [22] Phillips RW. (1973). *Skinner's Science of Dental Material*. 7th ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company. p. 42-5.
- [23] Ferracane, L J. (1995). Fracture Toughness of Experimental Dental Composites Aged in Ethanol. *J Dent Res*.74(7):1418-23
- [24] YAP, AUJ. (2008). Materials in Medicine. *J Material Science*. 1977;8(7):413-6
- [25] Anonymous. *Vicker Hardness Test*. [cited; Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/Vickers_hardness_test
- [26] Shahdad SA, et.al. (2007). Hardness measured with traditional Vickers and Martens Hardness Methods. *J Dent Mater*. p. 1079
- [27] Ellis RA. (2003). *Uncertainties of Vickers Hardness Test Blocks*. [cited; Available from: <http://www.imeko.org/publications/wc-2003/PWC-2003-TC5-004.pdf>
- [28] Denry IL, Holloway JA. (2004). Elastic constant, Vicker Hardness and Fracture Toughness of Fluorrichterite-Based glass-Ceramics. *J Dent Mater*. p. 214
- [29] Cefaly D F G, et.al. (2006). Water Sorption of Resin-Modified Glass-Ionomer Cements Photoactivated with LED. *Braz Oral Res*. 20(4):342-6.
- [30] Schneider L F, et.al. (2006). Halogen and LED light curing of composite: temperature increase and Knoop hardness. *J Clinical Oral Investigation*. 10:66-71.
- [31] Anonymous. *Vicker Hardness Test*. [cited; Available from: <http://www.gordonengland.co.uk/hardness/vickers.htm>
- [32] Uysal T, et.al. (2008). *Conventional and High Intensity Halogen Light Effects on Water Sorption and microhardness of Orthodontic Adhesive*. *The Angle Orthodontist*. 78(1):134-9 [cited; Available from: <http://www.angle.org/anglonline/?request=get-document&issn=0003-3219&volume=078&issue=01&page=0134>
- [33] Neamat Abu-bakr, BDS, MDDc, Linlin Han, DDS, PhD, et al. (2000). Changes in The Mechanical Properties and Surface Texture of Compomer Immersed in Various Media. *J Prosthet Dent*. 84 :446-50.
- [34] Santoso S. (2008). *Panduan Lengkap Menguasai SPSS 16*. Jakarta: PT. Elex Media Computindo. p. 237-55.
- [35] Malacarne J, et.al. (2006). Water Sorption / Solubility of Dental Adhesive Resins. *J Dent Mater*. (22): 973-80.
- [36] Medeiros I S, Gomes M N, Loguercio A D, R FLE. (2007). Diametral Tensile Strength and Vicker Hardness of a Composite After Storage in Different Solution. *J Oral Science*. 49: 61-6.
- [37] *Universitas Indonesia*. (2008). *Pedoman Teknis Penulisan Tugas Akhir Mahasiswa Universitas Indonesia*. Depok