

## 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

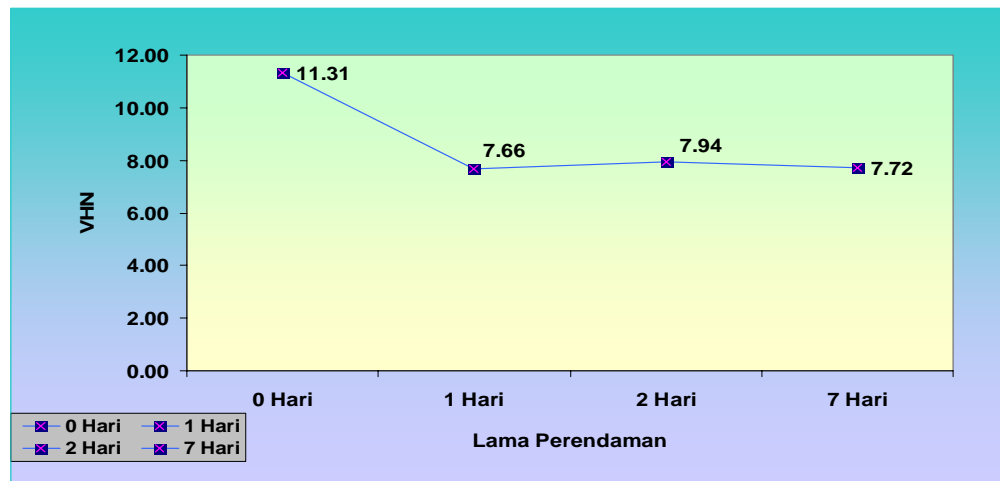
### 6.1 Pembahasan Hasil Penelitian

#### 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.

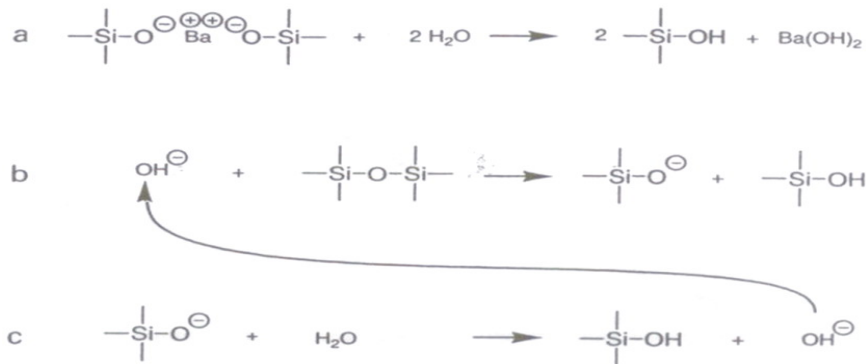
Terjadinya penurunan nilai kekerasan permukaan secara signifikan dari 0 hari ke 1 hari disebabkan oleh adanya penyerapan air oleh resin *pit & fissure sealant*. Bukti dari adanya penyerapan air oleh resin ini adalah adanya penambahan berat resin setelah direndam dalam akuabides.

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.<sup>[35]</sup> 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 H<sub>2</sub>O.<sup>[16]</sup> Kebanyakan

material berbahan dasar polimer dapat menyerap air ke dalam matriks melalui suatu proses difusi terkontrol.<sup>[18]</sup> 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.<sup>[19]</sup>

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.<sup>[17]</sup>
4. Menurut teori degradasi partikel *filler*, disebutkan bahwa ion hidrogen diserap oleh permukaan *silica (filler)*, konsentrasi ion OH<sup>-</sup> air menempel pada permukaan *filler* semakin meningkat. Ion OH<sup>-</sup> 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<sup>-</sup> baru bebas yang dapat berpartisipasi dalam pemecahan ikatan *siloxane* selanjutnya. Reaksi menjadi autokatalitik dengan produksi ion OH<sup>-</sup> 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.<sup>[17]</sup>



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.<sup>[16]</sup>

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.<sup>[17]</sup> 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.<sup>[36]</sup> 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.<sup>[36]</sup> 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.

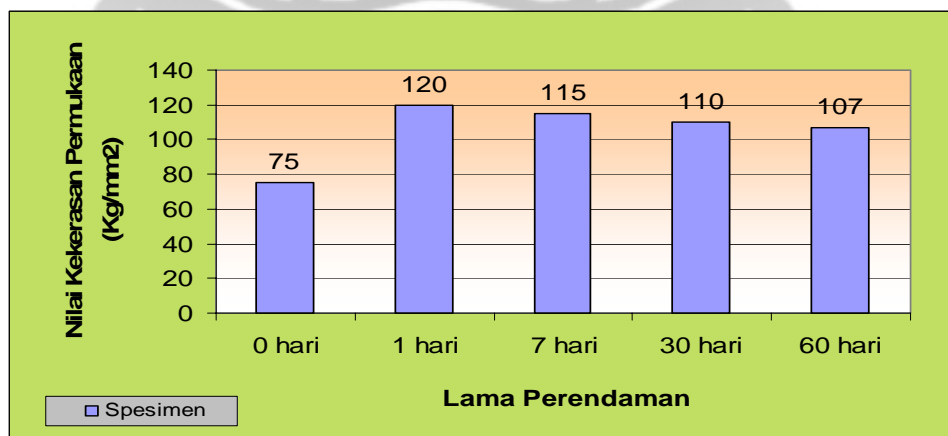
Pada hasil penelitian ini juga terjadi sedikit peningkatan nilai kekerasan permukaan dari perendaman 1 hari ke perendaman 2 dan 7 hari meskipun kenaikannya tidak signifikan. Sedikit kenaikan nilai kekerasan ini mungkin disebabkan oleh proses maturasi polimerisasi *postcuring* yang masih berlangsung. 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.<sup>[33]</sup> 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.<sup>[19]</sup> 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.<sup>[33]</sup>