

# Penyerapan air dan kelarutan resin komposit mikrohibrid dan nanohibrid

Astrid Yudhit, Rusfian, Illice CW

Departement of Dental Material

Faculty of Dentistry, University of North Sumatera

Jl. Alumni No. 2, Kampus USU, Medan- 20155

e-mail: [yudhitprasetya@gmail.com](mailto:yudhitprasetya@gmail.com)

## ABSTRACT

*Water absorption and solubility are important properties of composite resin and influence their strength, resistance to abrasion, volume and color stability. It was reported that the characteristics of composite resin filler can affect rate of wear, surface roughness, esthetic results, water absorption, and solubility. The aim of this study was to evaluate the water sorption and solubility of composite resin with different particle sizes, micro-hybrid and nano-hybrid. This study is an experimental laboratory research. A total of 40 disc-shape samples of composite resin microhybrid ( $n = 20$ ) and nano-hybrid ( $n = 20$ ) with 15 mm in diameter and 1.5 mm in thickness. The curing was done for 20 seconds on four-point of sample surface. Treatment procedures and measurement of water absorption and solubility values of each sample were done according to the instructions of ISO 4049. Data were analyzed using t-test independent ( $p < 0.05$ ) for water sorption and Mann-Whitney Test ( $p < 0.05$ ) for solubility. The results shows that average value of water sorption and solubility of micro-hybrid composite resin was  $23.917 \pm 2.436 \mu\text{g}/\text{mm}^3$  and  $5.899 \pm 6.159 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ . While the value of nano-hybrid composite resin was  $25.522 \pm 1.802 \mu\text{g}/\text{mm}^3$  and  $8.311 \pm 6.331 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ . Statistics analyzed showed that there were significant differences ( $p < 0.05$ ) between two groups. It was concluded that water absorption and solubility of micro-hybrid composite resin less than nano-hybrid composite resin.*

**Key word:** water sorption, solubility, composite resin, micro-hybrid, nano-hybrid

## ABSTRAK

Salah satu sifat penting tambalan resin komposit adalah penyerapan air dan kelarutan yang mempunyai pengaruh terhadap kekuatan, daya tahan terhadap abrasi, volume, dan stabilitas warnanya. Dilaporkan bahwa karakteristik *filler* resin komposit dapat mempengaruhi tingkat keausan, kekasaran permukaan, keestetisan, penyerapan air, dan kelarutan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi penyerapan air dan kelarutan resin komposit dengan ukuran partikel yang berbeda, yaitu mikrohibrid dan nanohibrid. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratoris. Total 40 sampel berupa resin komposit mikrohibrid ( $n = 20$ ) dan nanohibrid ( $n = 20$ ) berbentuk tablet dengan diameter 15 mm dan ketebalan 1,5 mm. Penyinaran sampel dilakukan selama 20 detik pada empat titik permukaan sampel. Prosedur perlakuan dan penghitungan nilai penyerapan air dan kelarutan tiap sampel dilakukan sesuai petunjuk ISO 4049. Data dianalisis dengan menggunakan uji t-independen ( $p < 0,05$ ) untuk nilai penyerapan air dan uji Mann-Whitney ( $p < 0,05$ ) untuk kelarutan. Dari hasil penelitian ini diperoleh nilai rata-rata penyerapan air dan kelarutan pada resin komposit mikrohibrid yaitu  $23,917 \pm 2,436 \mu\text{g}/\text{mm}^3$  dan  $5,899 \pm 6,159 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ . Sementara pada resin komposit nanohibrid yaitu  $25,522 \pm 1,802 \mu\text{g}/\text{mm}^3$  dan  $8,311 \pm 6,331 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ . Analisis statistik menunjukkan terdapat perbedaan nilai penyerapan air dan kelarutan yang bermakna ( $p < 0,05$ ) dari kedua kelompok tersebut. Dapat disimpulkan bahwa penyerapan air dan kelarutan resin komposit mikrohibrid lebih sedikit dibandingkan resin komposit nanohibrid.

**Kata kunci:** penyerapan, kelarutan, resin komposit, mikrohibrid, nanohibrid

## PENDAHULUAN

Resin komposit hibrid dikembangkan untuk memperoleh kehalusan permukaan yang lebih baik dari resin komposit mikrofiller. Hal ini karena resin komposit hibrid berisikan campuran ukuran bahan pengisi yang berbeda sehingga akan menambah kerapatan permukaan partikel bahan pengisi. Terdapat berbagai ukuran bahan pengisi resin komposit yaitu makrofiller ( $8-12 \mu\text{m}$ ), mikrofiller ( $0,04-0,4 \mu\text{m}$ ), midihibrid ( $1-3 \mu\text{m}$ ), mikrohibrid ( $0,5-1 \mu\text{m}$ ), nanohibrid ( $0,005-0,01 \mu\text{m}$ ).<sup>1-3</sup> Kerapatan permukaan partikel bahan pengisi akan meningkatkan sifat-sifat mekanik dan fisiknya, termasuk kekuatan dan kehalusan permukaan. Walaupun resin komposit bersifat hidrofobik namun, jika terpapar lingkungan basah dalam waktu yang tertentu maka resin komposit dapat menyerap sejumlah air.<sup>1,4,3</sup>

Penyerapan air dan kelarutan merupakan salah satu sifat penting dan mempunyai pengaruh terhadap kekuatan, daya tahan terhadap abrasi, dan stabilitas warna resin komposit. Pada resin komposit, penyerapan air dan kelarutan yang tinggi dapat menyebabkan turunnya kemampuan mekanis sehingga akan mempengaruhi ketahanan jangka panjang resin komposit tersebut. Penyerapan air yang terjadi dapat juga mempengaruhi stabilitas warna berupa adanya noda pada restorasi yang kelamaan akan menyebabkan warna resin komposit berubah. Selain itu, penyerapan air juga dapat menyebabkan kelarutan, hidrolisis, *swelling*, penambahan berat, plastisasi, keretakan mikro, dan keausan.<sup>4-7</sup>

Banyak faktor yang mempengaruhi kemampuan resin komposit menyerap air. Dinyatakan bahwa ukuran bahan pengisi (*filler*) dapat mempengaruhi penyerapan air resin komposit.<sup>8</sup> Resin matrik juga mempengaruhi penyerapan air dan kelarutan resin komposit, jika jumlah resin matriks lebih banyak dibandingkan dengan bahan pengisi maka dapat menyebabkan lebih banyak penyerapan air. Selain itu, intensitas penyinaran yang tidak adekuat dapat menyebabkan terjadinya polimerisasi yang tidak adekuat sehingga penyerapan air dan kelarutan lebih mudah terjadi pada resin komposit.<sup>1,4,7-9</sup>

Beberapa literatur telah melaporkan mengenai evaluasi penyerapan air dan kelarutan bahan resin komposit, terutama mengenai pengaruh ukuran partikel bahan pengisi.<sup>4,5,8,10</sup> Menurut Powers dan Sakaguchi, resin komposit dengan partikel bahan pengisi yang lebih besar mempunyai nilai penyerapan air yang lebih rendah dibandingkan dengan resin komposit dengan partikel bahan pengisi yang lebih kecil.<sup>8</sup> Namun, beberapa penelitian menyatakan bahwa tidak ada hubungan antara ukuran partikel bahan pengisi dengan penyerapan air.<sup>5,10</sup> Begitu juga menurut van Noort yang menyatakan bahwa penyerapan air hanya bergantung pada komposisi resin dan kualitas ikatan antara resin dengan bahan pengisi.<sup>4</sup>

Masih banyak terdapat perbedaan pendapat mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi penyerapan air dan kelarutan, salah satunya ukuran partikel bahan pengisi. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan penyerapan air antara resin komposit mikrohibrid dengan nanohibrid.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini berupa penelitian eksperimental laboratoris dengan desain penelitian *post-test only group*. Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara dan Departemen Ilmu Material dan Teknologi Kedokteran Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Sumatera Utara.

Bahan yang dipergunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1. Sampel berupa resin komposit tipe mikrohibrid dan nanohibrid yang berbentuk disk dengan diameter 15 mm dan ketebalan 1,5 mm yang dibuat pada suatu *master cast* logam. Penyinaran pada tiap sampel dilakukan pada di empat titik yang berbeda selama 20 detik untuk tiap titik penyinaran dengan jarak penyinaran 1 mm dari permukaan sampel dan arah sinar tegak lurus sampel. Penyinaran dilakukan pada bagian atas dan bawah sampel. Sampel dibuat sebanyak 20 buah sampel resin komposit mikrohibrid dan 20 buah sampel resin komposit nanohibrid.

**Tabel 1** Bahan penelitian

No	Bahan	Merek	Ukuran Partikel	Komposisi	Expired	Batch No.
1	Resin komposit mikrohibrid	Te-Econom Plus ivoclar vivadent	0,04 dan 7 $\mu\text{m}$	bis-GMA dan TEGDMA (22 wt%), barium glass, ytterbium trifluoride, silikon dioksida, dan campuran oksida (76 wt% atau 60 vol%)	Apr-15	DVIV610912A N1F
2	Resin komposit nanohibrid	Tetric N-Ceram ivoclar vivadent	0,04 dan 3 $\mu\text{m}$	bis-GMA (19-20 wt%), barium glass, ytterbium trifluoride, campuran oksida, dan copolymer (80-81 wt%)	Feb-14	DVIV604025 AN1D

Perlakuan terhadap sampel sesuai dengan *International Organization For Standardization* (ISO) 4049<sup>11</sup> untuk menghitung penyerapan air dan kelarutan bahan resin komposit. Adapun caranya yaitu: 1) Setelah pembuatan sampel maka sampel disimpan dalam desikator yang mengandung silika gel dan dimasukkan ke inkubator dengan temperatur  $\pm 37^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Setelah 24 jam, sampel dikeluarkan lalu disimpan dalam desikator lain yang mengandung silika gel dan dimasukkan ke inkubator dengan temperatur  $\pm 23^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Setelah 1 jam, sampel dikeluarkan dari desikator dan ditimbang sampai didapatkan massa yang konstan (3 kali penimbangan) yaitu  $m_1$  (merupakan berat rata-rata). 2) Sampel kemudian direndam dalam akuades dan dimasukkan ke inkubator dengan temperatur  $\pm 37^\circ\text{C}$  selama 7 hari, lalu sampel dikeluarkan lalu dibersihkan dan dikeringkan dengan mengangin-anginkan sampel di udara selama 15 detik. Setelah 1 menit sejak dikeluarkan dari akuades, dilakukan 3 kali penimbangan dan berat rata-ratanya ditandai sebagai  $m_2$ . 3) Setelah ditimbang, sampel disimpan kembali dalam desikator yang mengandung

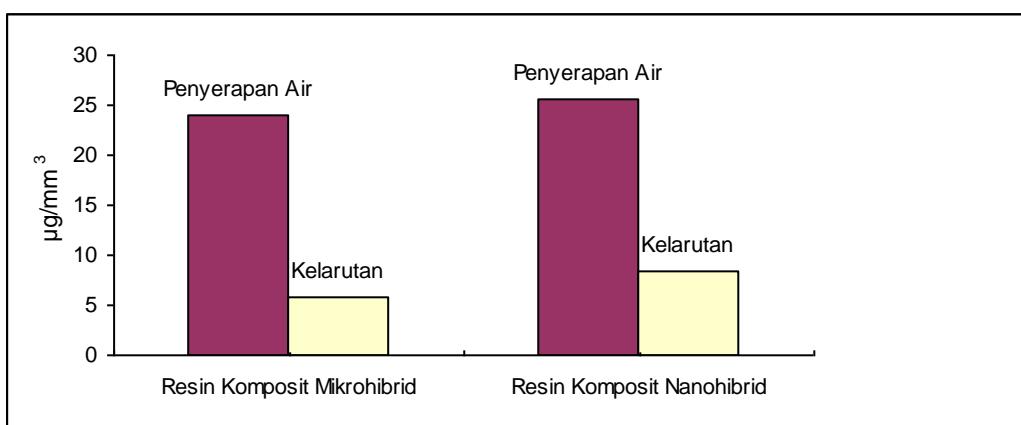
silika gel dan dimasukkan ke inkubator pada temperatur  $\pm 37^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam. Setelah 24 jam, sampel dikeluarkan dan disimpan ke dalam desikator lain yang mengandung silika gel dan dimasukkan ke inkubator pada temperatur  $\pm 23^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam. Setelah 1 jam, sampel dikeluarkan dari desikator dan dilakukan 3 kali penimbangan sampai didapatkan berat yang konstan yaitu  $m_3$ .

Nilai penyerapan air ( $W_{\text{sp}}$ ) dan kelarutan ( $W_{\text{so}}$ ) dalam satuan mikrogram per milimeter kubik dihitung dengan menggunakan rumus Oysaed dan Ruyter, yaitu  $W_{\text{sp}} = (m_2 - m_3)/V$  dan  $W_{\text{so}} = (m_1 - m_3)/V$  ( $W_{\text{sp}}$  : penyerapan air,  $W_{\text{so}}$ : kelarutan,  $m_1$ : berat sampel setelah pengkondision sebelum perendaman ( $\mu\text{g}$ ),  $m_2$ : berat sampel setelah direndam dalam akuades selama 7 hari ( $\mu\text{g}$ ),  $m_3$ : berat sampel setelah dimasukkan ke dalam desikator kedua kalinya ( $\mu\text{g}$ ), dan  $V$ : volume sampel ( $\text{mm}^3$ )).

Data kemudian dianalisis dengan menggunakan uji t untuk nilai penyerapan air, dan uji Mann-Whitney untuk kelarutannya.

## HASIL

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rerata nilai penyerapan air resin komposit mikrohibrid adalah  $23,917 \pm 2,436 \mu\text{g}/\text{mm}^3$  dan nilai kelarutannya adalah  $5,899 \pm 6,159 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ . Sementara rerata nilai penyerapan air resin komposit nanohibrid adalah  $25,522 \pm 1,802 \mu\text{g}/\text{mm}^3$  dan nilai kelarutannya  $8,311 \pm 6,331 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ . Terlihat bahwa nilai penyerapan air dan kelarutan resin komposit mikrohibrid lebih kecil dari pada resin komposit nanohibrid (Gambar 1.).



**Gambar 1** Grafik nilai rerata penyerapan air dan kelarutan resin komposit mikrohibrid dan nanohibrid

Pada penelitian ini, uji statistik untuk nilai penyerapan air menggunakan uji t-independent karena data nilai penyerapan air terdistribusi dengan normal ( $p > 0,05$ ). Sementara untuk nilai kelarutan menggunakan uji Mann-Whitney karena datanya tidak terdistribusi dengan normal ( $p < 0,05$ ). Dari hasil analisa statistik terlihat bahwa nilai penyerapan air dan kelarutan kedua kelompok memiliki perbedaan yang bermakna ( $p < 0,05$ ). Hasil rerata dan standar deviasi (SD) nilai penyerapan air dan kelarutan serta nilai kemaknaan( $p$ ) kedua kelompok dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2** Hasil rerata dan standar deviasi (SD) serta kemaknaan ( $p$ ) penyerapan air dan kelarutan tiap kelompok

Kelompok	n	Nilai Penyerapan		Nilai Kelarutan	
		Rerata $\pm$ SD ( $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ )	p	Rerata $\pm$ SD ( $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ )	p
Resin Komposit Mikrohibrid	20	$23.9175 \pm 2.43616$	0,023*	$5.899 \pm 6.159$	0,046**
Resin Komposit Nanohibrid	20	$25.522 \pm 1.802$		$8.311 \pm 6.331$	

Keterangan: \* terdapat perbedaan bermakna uji t-independen ( $p < 0,05$ )

\*\* terdapat perbedaan bermakna uji Mann-Whitney ( $p < 0,05$ )

## PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penyerapan air dan kelarutan resin komposit nanohibrid lebih besar dari mikrohibrid. Tabel 2 menunjukkan bahwa dari hasil analisis statistik dengan menggunakan uji t-

independen diperoleh perbedaan nilai penyerapan air yang bermakna ( $p<0,05$ ) antara dua kelompok tersebut. Sementara analisis statistik uji Mann-Whitney juga menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai kelarutan yang bermakna ( $p<0,05$ ) antara dua kelompok tersebut.

Penyerapan air terjadi pada matriks resin komposit melalui proses difusi molekul air ke ruang kosong diantara rantai polimer dan menyebabkan polimer berekspansi karena molekul-molekul polimer terdesak kesamping (mengembang). Hal ini akan menyebabkan atom-atom menjadi tidak stabil sehingga mudah terjadi perubahan dimensi. Namun pada tahap awal ini sifatnya masih reversibel karena air dapat menghilang jika dikeringkan. Lebih lanjut, polimer yang memiliki gugus karboksil yang bersifat polar akan berikatan dengan air membentuk ikatan hidrogen yang lemah yang nantinya dapat terlepas dan merusak polimer matriks (degradasi). *Silane coupling agent* pada resin komposit juga memiliki gugus polar yang mampu berikatan dengan molekul air dan akan melemahkan ikatannya dengan partikel pengisi yang akhirnya dapat melepaskan partikel pengisi. Dan lepasnya partikel ini berkaitan dengan kelarutannya.<sup>2,4,8,12,13</sup> Pada lingkungan mulut, resin komposit berkontak dengan saliva yang secara komposisinya mengandung air (99,5%). Kondisi ini membuat resin komposit dapat menyerap air dan melepaskan monomer yang tidak tereaksi, inisiator, katalis stabilisator, dan lain-lain yang juga akan terlarut di media yang basah.<sup>14,15</sup>

Dinyatakan bahwa nilai penyerapan air dan kelarutan dipengaruhi oleh ukuran partikel bahan pengisi, komposisi resin, dan kualitas ikatan antara resin dan partikel pengisi.<sup>4,5,8,10</sup> Powers dan Sakaguchi menyatakan bahwa resin komposit dengan ukuran partikel pengisi yang lebih besar mempunyai nilai penyerapan air yang lebih rendah dibandingkan dengan partikel pengisi yang lebih kecil.<sup>8</sup> Hasil yang sama juga diperoleh dari penelitian ini (Gambar 1). Terlihat bahwa resin komposit yang memiliki partikel lebih besar (mikrohibrid) memiliki nilai penyerapan air yang lebih rendah dibanding resin komposit dengan ukuran partikel lebih kecil (nanohibrid). Powers dan Sakaguchi menyatakan bahwa jumlah fraksi volume polimer juga berperan untuk menghasilkan kualitas dan stabilitas bahan *coupling*, semakin sedikit jumlah fraksi volume polimer maka semakin banyak penyerapan air yang terjadi. Disebutkan juga bahwa resin komposit dengan partikel pengisi yang lebih kecil mempunyai jumlah fraksi volume polimer yang lebih sedikit, sehingga dapat disimpulkan bahwa resin komposit nanohibrid, yang mempunyai ukuran partikel pengisi yang lebih kecil dibanding resin komposit mikrohibrid, mengalami penyerapan air yang lebih banyak.<sup>8</sup>

Adanya campuran partikel pengisi dengan ukuran yang berbeda (besar dan kecil) pada resin komposit hibrid membuat kerapatan permukaan antara partikel lebih besar, dalam artian lebih sedikit permukaan matriks yang terekspos sehingga hal ini diharapkan dapat memperbaiki sifat fisik dan mekaniknya.<sup>1,3,4</sup> Resin komposit hibrid biasanya mengandung 60% atau lebih partikel kaca (dari keseluruhan isi) yang memiliki komposisi dan ukuran yang berbeda, antara 0,6 -1  $\mu\text{m}$  dan ukuran silika koloidal sebesar 0,04  $\mu\text{m}$ .<sup>1,2,14</sup> Penelitian ini menggunakan dua jenis resin komposit yang mengandung jenis partikel pengisi yang hampir sama dengan ukuran partikel yang berbeda (Tabel 1). Resin komposit nanohibrid (Tetric N-Ceram, Ivoclar Vivadent Inc., USA) memiliki partikel pengisi dengan ukuran berbeda yaitu 0,04 dan 3  $\mu\text{m}$ , dan sebesar 80-81% berat keseluruhan komposisi resin komposit. Sementara resin komposit mikrohibrid (Te-Econom Plus, Ivoclar Vivadent Inc., USA) memiliki partikel pengisi dengan ukuran yaitu 0,04 dan 7  $\mu\text{m}$ , dan sebesar 76% berat keseluruhan resin komposit.

Namun, Berger, dkk dan Nicholson, dkk menyatakan bahwa tidak ada perbedaan nilai penyerapan air yang bermakna antara resin komposit dengan ukuran partikel pengisi yang berbeda.<sup>5,10</sup> van Noort juga menyatakan bahwa penyerapan air hanya bergantung pada komposisi resin dan kualitas ikatan antara resin dengan partikel pengisi.<sup>4</sup> Jenis resin matriks yang digunakan dalam resin komposit juga memiliki pengaruh terhadap penyerapan air dan kelarutannya, seperti derajat konversi polimer, struktur konfigurasi polimer, sifat hidrofilik dan hidrofobik polimer, kepolaran polimer, dan berat molekul polimer.<sup>15</sup>

Dari Tabel 1 terlihat bahwa komposisi resin matriks komposit yang digunakan pada penelitian ini juga sedikit berbeda. Resin komposit mikrohibrid (Te-Econom Plus, Ivoclar Vivadent Inc., USA) mengandung 22% berat monomer bis-GMA dan triethyene glycol dimethacrylate (TEGDMA) sedangkan resin komposit nanohibrid (Tetric N-Ceram, Ivoclar Vivadent Inc., USA) hanya mengandung 19-20 % berat bis-GMA.

Sistem monomer pada resin komposit dapat dilihat sebagai tulang punggung dari resin komposit. Monomer bis-GMA merupakan yang paling sering digunakan. Bis-GMA memiliki berat molekul yang besar sehingga monomer ini memiliki kekentalan yang tinggi dan cenderung kaku. Sifat bis-GMA yang kaku ini menyulitkan dalam pengisian partikel pengisi dan juga membatasi pergerakan molekulnya dalam membuat ikatan silang sehingga sulit didapatkan konversi yang optimal. Sementara monomer yang

memiliki berat molekul rendah (lebih encer) seperti TEGDMA dapat secara maksimal terisi oleh partikel pengisi dan juga kemudahannya bergerak mengakibatkan dapat terbentuknya ikatan silang sehingga konversi dapat dicapai optimal. Karenanya, biasanya bis-GMA dicampurkan sedikit monomer cair seperti TEGDMA untuk memaksimalkan sifatnya.<sup>1,14,15</sup>

Oleh karena itu walaupun secara % berat kandungan partikel pengisi resin nanohibrid lebih banyak dibanding resin mikrohibrid (Tabel 1), namun karena resin komposit nanohibrid tidak mempunyai kandungan jenis monomer *dimethacrylate* berviskositas rendah yaitu TEGDMA, maka partikel pengisi kurang masimal mengisi matriks, tidak menyebar rata dan cenderung berkelompok. Hal ini mengakibatkan permukaan matriks lebih banyak terekspos karena kerapatan permukaan yang kurang sehingga penyerapan air mudah terjadi. Dan sebaliknya yang terjadi pada resin komposit mikrohibrid.<sup>2,4,14</sup>

## SIMPULAN DAN SARAN

Banyak faktor diketahui memiliki pengaruh terhadap penyerapan air dan kelarutan resin komposit. Dan berbagai penelitian telah dilakukan untuk lebih meningkatkan sifat-sifat resin komposit untuk pencapaian maksimal sebagai bahan tambalan. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa resin komposit yang memiliki partikel pengisi lebih besar memiliki nilai penyerapan air dan kelarutan yang lebih rendah dibanding resin komposit yang memiliki partikel pengisi yang lebih kecil. Dan juga penelitian lebih lanjut yang berkaitan dengan penyerapan air dan kelarutan yang melibatkan cairan ataupun struktur resin komposit itu sendiri masih dibutuhkan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Annusavice KJ. Phillips' science of dental material. 11<sup>th</sup> ed. India: Elsevier; 2008.p.402-3,426.
2. Ferracane JL. Materials in dentistry. 2<sup>nd</sup> Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001. p.87-101, 135-40.
3. Heasman P. Restorative dentistry, paediatric dentistry and orthodontics. 2<sup>nd</sup> Ed. Philadelphia: Churchill Livingstone Elseveir; 2008. p.104-7.
4. Van Noort R. Introduction to dental materials. 3<sup>rd</sup> Ed. London: Mosby Inc.; 2007. p.99-125.
5. Berger SB, Palialol ARM, Cavalli V, Giannini M. Characterization of water sorption, solubility and filler particles of light-cured composite resins. *Braz Dent J* 2009; 20(4): 314-8.
6. Lagousvardos PE, Pissis P, Kyritsis A, Daoukaki D. Water sorption and water-induced molecular mobility in dental composite resins. *J Mater Sci* 2003; 14: 753-9.
7. Toledano M, Osorio R, Osorio E, Fuentes V, Prati C, Garcia-Godoy F. Sorption and solubility of resin-based restorative dental materials. *J Dent* 2003; 31: 43-50.
8. Powers JM, Sakaguchi RL. Craig's restorative dental material. 12<sup>th</sup> Ed. Missouri: Mosby Inc.; 2006.p.190-207.
9. El-Hejazi AA. Water sorption and solubility of hybrid and microfine resins-composite filling materials. *Saudi Dent J* 2001; 13(3): 139-42.
10. Nicholson JW. Water sorption/desorption in polyacid-modified composite resins for dentistry. *J Mater Sci* 2008; 19: 1713-7.
11. International Organization For Standardization (ISO). Dentistry-resin-based filling materials – ISO 4049; 1998.
12. Veranes V, Correa D, Martin JM, Krael R, Alvarez R. Characterization of light-cured dental composites prepared from bis-GMA/TEGDMA and bis-GMA/MPS mixtures. *Latin Am Appl Res* 2006; 36:1-6.
13. Darvell BW. Materials Science for Dentistry. 6<sup>th</sup> ed. Hongkong: BW Darvell; 2000.p.199-131.
14. Garcia AH, Lozano MAM, Vila JC, Escribano AB, Galve PF. Composite resins. A review of the materials and clinical indications. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2006; 11: e215-20.
15. Santerre JP, Shajii L, Leung BW. Relation of dental resin composite formulation to their degradation and the release of hydrolyzed Polymeric-resin-derived-products. *Crit Rev Oral Biol Med* 2001;12(2): 136-51