

PENYERAPAN AIR DAN KELARUTAN RESIN KOMPOSIT TIPE *MICROHYBRID*, *NANOHYBRID*, *PACKABLE* DALAM CAIRAN ASAM

Arlina Nurhapsari*, Andina Rizkia Putri Kusuma*

Keywords:
microhybrid, nanohybrid,
packable, composite
resin, water
sorption, solubility, acid

ABSTRACT

Background: Composite resin is the most widely used restoration material. This material is composed of several materials such as polymer matrix, filler particles and silane coupling agents. As technology progresses, microhybrid, nanohybrid and packable composite resin materials are developed, with good handling and mechanical properties. As a polymer-based material, the composite resin absorbs the liquid, causing the solubility of the resin matrix. Carbonated drinks and chlorine, are acidic liquids that can cause soluble resin matrix. The aim of this paper is to compare water sorption and solubility between composite resin type microhybrid, nanohybrid, packable from different brand.

Methods: This research used experimental method with sample of composite resin disk with diameter 15 mm and thickness 1 mm. The number of samples was 90 divided into 18 treatment groups, 9 group immersed in carbonated drinks and 9 group immersed in chlorine. The grouping is based on composite resin type microhybrid, nanohybrid, packable from different brand. Water sorption is measured by the sample mass difference before and after immersion then divided by the initial volume of the sample. While the solubility of the composite resin was measured by reducing the sample mass prior to submersion and after drying then divided by the initial volume of the sample.

Result: The results showed significant differences in water sorption on chlorine, solubility in carbonated beverages and chlorine. Meanwhile, an insignificant difference occurred in water sorption in carbonated beverages.

Conclusion: water sorption and solubility in 3 types of composite resin with 9 different product, not depend on the composite resin type but depend on the product used

PENDAHULUAN

Resin komposit merupakan bahan tumpatan paling banyak digunakan. Resin komposit menjadi pilihan karena superior dalam warna dan relatif tahan terhadap gaya abrasi dibanding material estetik lain. Resin komposit tersusun dari beberapa komponen antara lain matriks polimer, partikel filler dan silane coupling agents.¹

Klasifikasi resin komposit berdasarkan ukuran partikel penyusun, terdiri dari; *Macrofiller* 10 to 100 μm , *Small/fine filler* 0.1 to 10 μm , *Midfiller* 1 to 10 μm , *Minifiller* 0.1 to 1 μm , *Microfiller* 0.01 to 0.1 μm dan *Nanofiller*

0.005 to 0.1 μm .² Seiring kemajuan teknologi, berkembang bahan resin komposit dengan kombinasi dua ukuran filler seperti resin komposit tipe *microhybrid* dan *nanohybrid* yang diharapkan dapat meminimalkan *shrinkage*. Resin komposit *microhybrid* merupakan gabungan dari *fine particles* dengan ukuran partikel 0,4-3 μm dan beberapa partikel *microfine* dengan ukuran partikel 0,04-0,2 μm .³ Resin komposit *nanohybrid* mempunyai partikel yang heterogen yaitu kombinasi antara micropartikel yang berukuran 0,1-2 μm dan partikel dengan ukuran nano \leq 100 nm.⁴

Klasifikasi resin komposit berdasarkan manipulasi, terdiri dari *packable composite* dan

*Departemen Konservasi Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Islam Sultan Agung
 Korespondensi: arlina@unissula.ac.id

flowable composite. Perbedaan antara kedua komposit tersebut, terdapat dalam kandungan filler dan matriks sehingga menentukan viskositas material. Resin komposit “*packable*” atau “*condensable*” mengandung muatan filler yang lebih tinggi dan ukuran filler yang beraneka ragam, sehingga mempengaruhi *handling* dan konsistensinya. Penambahan muatan filler memberi keuntungan *packable composite* mempunyai kemampuan menyerupai kemampuan *handling* dan kondensasi amalgam, sehingga dapat membentuk kontak proksimal dengan baik.⁵

Sebagai bahan yang berbahan dasar polimer, resin komposit bersifat menyerap air, sehingga dapat mengalami degradasi bila terpapar oleh cairan dalam rongga mulut.⁶ Degradasi matriks resin menyebabkan sifat fisik resin komposit, seperti kekerasan, *flexural strength* dan modulus elastisitas, mengalami penurunan.^{7,8} Degradasi resin komposit merupakan mekanisme yang kompleks meliputi penyerapan air dalam bahan dan beberapa fenomena, seperti suhu, mekanik, retak, perendaman, komposisi matriks polimer, serta ukuran dan kandungan filler.^{9,10,11}

Penyerapan air pada polimer mengakibatkan *expansion stress* yang berefek pada rusaknya ikatan antara permukaan gigi dengan bahan restorasi. Akibat hal tersebut, akan terjadi kelarutan pada monomer sisa dan ion.¹² Penyerapan air dan kelarutan pada suatu material selanjutnya menyebabkan degradasi unsur seperti formaldehid dan asam metakrilat yang dapat berefek toksik pada fibroblast dan odontoblast.¹³ Penelitian Knezevic dkk¹⁴ menyatakan bahwa degradasi bahan polimer dapat berefek alergi, mutagenik dan *genotoxic*. Penyerapan air dan kelarutan merupakan hal yang menarik untuk diperhatikan, karena dapat menilai suatu bahan sudah sesuai dengan spesifikasinya.

Cairan dalam rongga mulut bisa berasal dari dalam maupun luar tubuh, seperti minuman berkarbonasi. Minuman berkarbonasi termasuk minuman yang banyak diminati oleh masyarakat Indonesia karena rasanya yang nikmat dan siap saji.¹⁵ Minuman ini mempunyai pH < 7 sehingga bersifat asam, karena mengandung karbondioksida dan asam karbonat.¹⁶

Air kolam renang akan berkontak secara langsung dengan gigi dan restorasi saat perenang melakukan gerakan pengambilan napas.¹⁷ Agar air kolam renang tetap bersih dari bakteri dan alga, dilakukan pemberian disinfektan yaitu klorin. Menurut Litan dkk¹⁸ air yang ditambahkan dengan klorin akan berubah sifatnya menjadi asam. Klorin yang dimasukkan ke dalam kolam renang akan membentuk *hypochlorous acid* (HOCl) dan *hydrochloric acid* (HCl). Pada pH dibawah 6, *hypochlorous acid* akan terpisah menjadi ion *hypochlorite* atau OCl⁻. *Hypochloric acid* dan ion *hypochlorite* disebut *free available chlorine* (FAC), zat ini sangat efektif dalam membunuh bakteri. Pemberian klorin selain mempunyai efek disinfektan, tetapi mempunyai efek samping seperti alergi, iritasi mata dan kulit dan erosi pada gigi.¹⁹

Cairan dengan pH rendah dapat mempercepat terjadinya erosi pada gigi²⁰. Berdasarkan penjelasan-penjelasan diatas, muncul gagasan untuk mengetahui mengenai penyerapan air dan kelarutan pada resin komposit microhybrid, nanohybrid, packable dengan berbagai merk yang paling sering digunakan oleh dokter gigi di Indonesia, terhadap cairan asam, dalam hal ini adalah minuman berkarbonasi dan klorin.

METODE PENELITIAN

Pembuatan sampel dilakukan dengan

aplikasi resin komposit pada cetakan *stainless steel mold* dengan diameter 15 mm dan ketebalan 1 mm (ISO FDIS 4049:2009) dan disinari selama 20 detik menggunakan *light cure* (Bluephase N). Resin komposit yang

dipakai tipe *microhybrid* dengan 3 merk yaitu Filtek Z250 (3M ESPE), Herculite (Kerr), Estelite (Tokuyama). Resin komposit yang dipakai tipe *nanohybrid* dengan 3 merk yaitu Filtek Z250xt (3M ESPE), Premise (Kerr), Tetric

Tabel 1. komposisi dari merek resin komposit yang digunakan dalam penelitian

Merek	Komposisi	Filler (wt %)	Filler (vol%)	Pabrikan
NANOHYBRID				
Tetric N Ceram	Filler : barium glass, ytterbium trifluoride, mixed oxide and copolymers size : 40 nm and 3000 nm. Matrix: UDMA, Bis-GMA, ethoxylated Bis-EMA, TEGDMA	80-81	55-57	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtensein
Filtek Z250xt	Filler : modifikasi zirconia/silica dengan ukuran ≤ 3 microns, Non-agglomerated/non-aggregated 20 nm Matrix : BIS-GMA, UDMA, BIS-EMA, PEGDMA and TEGDMA	82	68	3M ESPE, St Paul, MN, USA
Herculite Precise	Filler: Prepolymerized filler, barium glass, silica Size : 0,47 μ m Matrix : Bis-EMA, UDMA, PEGDMA	-	59	Kerr, Orange, CA, USA
MICROHYBRID				
Filtek Z250	Filler : zirconia/silica Size : 0.01 to 3.5 μ m Matrix : BIS-GMA, UDMA, and Bis-EMA	82	60	3M ESPE, St Paul, MN, USA
Polofil Supra	Filler : - BisGMA,UDMA, TEGDMA	76,5	60	VOCO
Solare X	Fillers : Silica, fluoro-aluminosilicate glass and pre-polymerized resin fillers Size : Mean 0.85 μ m Matrix: UDMA	77	65	GC Corporation, Tokyo, Japan
PACKABLE				
Filtek p60	Filler : zirconia/silica Size : 0.01 - 3.5 μ m. Matrix : BIS-GMA, UDMA, and BIS-EMA resins.		61	3M ESPE, St Paul, MN, USA
Tetric N Ceram Bulkfill	Filler : barium glass, prepolymer, ytterbium trifluoride and mixed oxide size : 0.04 - 3 μ m (ukuran utama 0.6 μ m) Bis-GMA, DMA	75-77	53-55	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtensein
Surefill	Filler : silanized barium, borosilicate-aluminium Size : - Matrix : modified Bis-GMA, urethane resin	82	65	Dentsply, Milford, DE, USA

N Ceram (Ivoclar Vivadent). Resin komposit yang dipakai tipe *packable* dengan 3 merk yaitu Filtek P60 (3M ESPE), Bulk Fill (Ivoclar Vivadent), Surefill (Dentsply). Setiap merk resin komposit dibuat 10 sampel, sehingga didapat 90 sampel.

Sampel yang telah dibuat dimasukkan ke dalam desikator yang berisi silica gel dengan suhu 37° selama 24 jam, kemudian sampel dipilih secara acak dan dibagi menjadi 18 kelompok. Massa sampel sebelum perendaman ditimbang dengan timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001 mg. Volume sampel diukur dengan digital caliper dihitung dengan rumus $V = \pi r^2 t$ (keterangan : $\pi = 3,14$; r = jari-jari sampel; t = tinggi sampel)

Perendaman dilakukan pada 18 kelompok, dimana 9 kelompok direndam dengan minuman berkabonat dan 9 kelompok direndam dalam klorin. Perendaman dilakukan selama 7 hari dengan cairan sebanyak 20 ml selama 7 hari, dilakukan pergantian cairan setiap 24 jam sekali untuk menjaga pH cairan dan kontaminasi bakteri.

Pengukuran penyerapan air dilakukan dengan cara, setelah 7 hari perendaman sampel ditiriskan selama 15 menit, kemudian

diukur dengan rumus $Sp = (m_2 - m_3) / V$ (keterangan : Sp = Sorption atau penyerapan; m_2 = Massa setelah perendaman (μg); m_3 = Massa setelah pengeringan (μg); V = Volume sampel (mm^3)).

Pengukuran kelarutan resin komposit dilakukan dengan cara, setelah dilakukan pengukuran penyerapan air, sampel dikeringkan dengan diletakkan di atas *silica gel* yang diletakkan didalam wadah desikator selama 10 hari. Sampel ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik untuk mendapatkan massa sampel setelah pengeringan. Kelarutan dihitung menggunakan rumus : $SL = (m_1 - m_3) / V$ (keterangan : SL = Solubility atau kelarutan; m_1 = Massa awal (μg); m_3 = Massa setelah pengeringan (μg); V = Volume sampel (mm^3))

Data yang diperoleh dengan satuan $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ diolah dengan menggunakan program SPSS. Selanjutnya analisis dengan menggunakan uji *one way Anova* taraf signifikansi 5%.

HASIL

Pada tabel 2 memperlihatkan data penyerapan air dan kelarutan pada sampel yang direndam menggunakan coca cola.

Tabel 2 . Hasil rata-rata untuk penyerapan air dan kelarutan pada perendaman coca cola

Jenis Komposit dan Merek		Penyerapan air ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)	Solubility ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)
nanohybrid	tetric N ceram	23,09 ± 3,842	3,248 ± 1,563
	filtek z250 xt	31,33 ± 7,377	3,188 ± 2,916
	herculite precise	23,10 ± 5,629	2,913 ± 1,612
microhybrid	filtek z250	17,19 ± 4,897	1,539 ± 1,139
	polofil supra	28,83 ± 6	1,715 ± 1,164
	solare x	28,02 ± 12,15	7,152 ± 6,296
packable	filtek p60	23,38 ± 8,545	2,318 ± 1,98
	tetric bulkfill	19,52 ± 6,024	0,719 ± 2,372
	surefill	20,09 ± 2,542	6,058 ± 3,289

Tabel 3 . Hasil rata-rata untuk penyerapan air dan kelarutan pada perendaman air kolam renang yang mengandung klorin

Jenis Komposit dan Merek		Penyerapan air ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)	Solubility ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)
nanohybrid	tetric N ceram	18,94 ± 4,709	1,501 ± 1,163
	filtek z250 xt	34,24 ± 6,851	2,917 ± 1,212
	herculite precise	22,21 ± 5,660	3,550 ± 2,048
microhybrid	filtek z250	20,92 ± 2,622	4,643 ± 1,532
	polofil supra	35,67 ± 16,49	4,631 ± 2,554
	solare x	25,88 ± 4,920	4,549 ± 1,039
packable	filtek p60	21,68 ± 6,284	2,21 ± 0,839
	tetric bulkfill	21,11 ± 8,868	0,858 ± 0,8
	surefill	17,96 ± 4,21	4,064 ± 1,915

Tabel 4. Tes One Way ANOVA

	Sig.
Penyerapan air (minuman berkarbonasi)	0,054
Kelarutan (minuman berkarbonasi)	0,022
Penyerapan air (Chlorin)	0,005
Kelarutan (Chlorin)	0,001

Penyerapan air terbesar terjadi pada jenis resin komposit *nanohybrid* merek Filtek z250xt. Kelarutan terbesar terjadi pada jenis resin komposit *microhybrid* merek Solare X.

Pada tabel 3 menunjukkan data penyerapan air dan kelarutan pada sampel yang direndam menggunakan air kolam renang yang mengandung klorin. Penyerapan air terbesar terjadi pada jenis resin komposit *microhybrid* merek polofil supra. Kelarutan terbesar terjadi pada jenis resin komposit *microhybrid* merek Filtek z250.

Berdasarkan perhitungan rata-rata kelarutan pada hari Ke-10 sudah terjadi dengan kelarutan terbanyak dipegang oleh kelompok merek Solare x yang direndam coca cola. Pada jenis komposit *packable* merek Tetric bulkfill mempunyai nilai paling kecil untuk kelarutan baik pada perendaman coca cola ataupun pada air kolam renang yang mengandung klorin.

Berdasarkan uji normalitas menggunakan

tes Kolmogorov-Spirnov dan uji homogenitas menggunakan tes Levene, menunjukkan hasil yang normal dan homogen ($p > 0,05$). Pada uji *one way ANOVA* didapatkan hasil yang signifikan pada penyerapan air pada klorin dan kelarutan pada minuman berkarbonasi dan klorin, sedangkan pada penyerapan air minuman berkarbonasi tidak didapatkan hasil yg signifikan (lih.tabel 4).

DISKUSI

Pada hasil penelitian ini didapat perbedaan signifikan antar kelompok pada kelarutan minuman berkarbonasi dan klorin, serta penyerapan air klorin. Pada penyerapan air minuman berkarbonasi tidak ada perbedaan yang signifikan antar kelompok. Namun, berdasarkan rata-rata penyerapan air dan kelarutan antara minuman berkarbonasi dengan klorin tidak ada perbedaan. Kedua cairan tersebut merupakan cairan asam

tetapi derajat keasamannya berbeda yaitu 1,9 untuk minuman berkarbonasi dan 5,7 untuk klorin. Walaupun tidak ada perbedaan dalam rata-rata penyerapan air dan kelarutan pada perendaman kedua cairan tersebut, tetapi tingkat penyerapan air dan kelarutannya masih dibawah dari nilai ISO 4049 yaitu penyerapan air $40 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ dan kelarutan $7,5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$.²¹

Penyerapan air bisa terjadi karena air mempunyai diameter molekul 0,16 nm yang lebih kecil dibandingkan dengan jarak antara dua rantai polimer yang kecil, sehingga memudahkan air berdifusi ke dalam matriks resin. Terdapat 2 teori difusi air ke dalam rantai polimer. Teori pertama yaitu *free volume theory*, konsentrasi air dalam keadaan seimbang berhubungan dengan mikrovoid dan defek morfologik yang disebabkan difusi air tanpa reaksi kimia yang berhubungan dengan struktur bahan. Teori kedua yaitu *interaction theory*, menjelaskan difusi merupakan hasil dari formasi hubungan antara molekul air dan grup kutub dari rantai polimer.²² Faktor yang memperparah tingginya penyerapan air adalah efek erosi yang tinggi pada permukaan material karena asam. Bahan yang terpapar oleh asam mempunyai pertahanan yang rendah terhadap penetrasi molekul air pada rantai polimer.

Rata-rata penyerapan air yang berbeda-beda pada produk resin komposit yang digunakan dalam penelitian ini, dikarenakan beberapa hal yaitu matriks polimer yang bersifat hidrofilik, *crosslinking density*, *filler*, porositas dan solvent.⁶ TEGDMA dan BisGMA merupakan matriks yang bersifat hidrofilik, berdasarkan sifat hidrofiliknya TEGDMA merupakan urutan pertama diikuti BisGMA dan UDMA. Sifat hidrofilik dari TEGDMA dikarenakan bentuk polimer yang sangat padat tetapi networknya heterogen, sehingga mudah dimasuki air karena bentuk mikroporus

diantara gugus polimer.⁹ Hal ini selaras dengan hasil penelitian, dimana produk Filtek z250xt dan polofil supra yang mengandung TEGDMA mempunyai rata-rata penyerapan air lebih tinggi. Keberadaan gelembung atau *void* pada aplikasi resin komposit dalam penelitian ini dapat berpengaruh dalam peningkatan penyerapan air. Oksigen yang terjebak pada gelembung dapat menghambat polimerisasi dan mengurangi derajat konversi dari resin komposit.

Filler merupakan faktor yang bisa mempengaruhi penyerapan air dan kelarutan. Jenis filler yang digunakan pada setiap produk resin komposit, berbeda-beda bahan dasarnya. Pada Filtek z250xt, menunjukkan rata-rata penyerapan air yang lebih tinggi daripada produk lainnya. Hal ini dikarenakan filler zirconia dan silica mempunyai sifat dasar berpori, sehingga memungkinkan peningkatan penyerapan air. Selain itu, *non-agglomerated nanosilica* di Z250xt juga dapat memberikan luas permukaan yang besar pada rasio volume, yang memungkinkan akumulasi cairan di sekitar permukaan antara filler - polimer dan menyebabkan peningkatan penyerapan air. Dapat disimpulkan bahwa total massa air yang diserap tidak hanya terdifusi melalui matriks polimer tetapi juga sebagian besar terdifusi ke dalam permukaan antara filler-matriks atau mikrovoid komposit. Bentuk filler yang *irregular*, *angular* dan *spherical* juga menjadi faktor yang mempengaruhi penyerapan air dan kelarutan.²³ Penggunaan filler berbentuk *spherical* lebih baik, karena lebih banyak filler dapat digabungkan ke dalam matriks. Namun, karena terbatasnya informasi dari bentuk filler yang digunakan dalam produk resin komposit dalam penelitian ini, peneliti tidak bisa menghubungkan keterkaitan bentuk filler dengan hasil penelitian.

Rata-rata penyerapan air dan kelarutan pada perendaman minuman berkarbonasi dan klorin dalam penelitian ini tidak berbeda jauh, padahal tingkat keasaman berselisih 3 tingkat. Hal ini dikarenakan zat *chloramine* yang mempunyai efek degradasi. Efek degradasi chloramine lebih kuat dibandingkan klorin terhadap bahan polimer. Chloramine adalah turunan dari klorin. Bila *hypochloric acid* yang merupakan hasil dari klorin, tercampur oleh ammonia maka akan terbentuk chloramine. Chloramine mempunyai kemampuan sterilisasi kurang dari satu persen kekuatan *Free Available Chlorin* (gabungan dari *hypochloric acid* dan ion *hypochlorite*).²⁴

Kelarutan pada perendaman cairan asam bisa terjadi dikarenakan reaksi hidrolisis. Reaksi hidrolisis adalah reaksi yang melibatkan air dan ikatan polimer yang tidak stabil. Reaksi ini diinduksi oleh cairan asam yang mengaktifkan proton, sehingga terjadi proses hidrolisis dari ester pada matriks resin komposit.²⁵ Hal lain yang disebabkan oleh reaksi hidrolisis yaitu terputusnya ikatan rantai polimer untuk membentuk oligomer atau monomer dengan ditandai berkurangnya massa resin komposit.²⁶ Monomer sisa yang terbentuk saat polimerisasi juga mengalami reaksi hidrolisis.³

Menurut penelitian Giannini dkk²¹ menyatakan bahwa muatan filler yang tinggi mempunyai nilai kelarutan yang tinggi. Hal yang hampir serupa terjadi dalam penelitian ini, pada produk Solare X dan Surefill yang mempunyai muatan filler 65% vol mengalami kelarutan yang paling tinggi dibanding produk yang lain. Akan tetapi, hal tersebut tidak berlaku pada filtek z250xt yang mempunyai muatan filler paling tinggi diantara yang lain yaitu 68% vol tetapi nilai kelarutannya rendah. Nilai kelarutan yang rendah pada filtek

z250xt, mungkin dikarenakan ukuran filler dan komposisi matrik polimer yang berbeda dengan Solare X dan Surefill.

Kelarutan yang tinggi selalu sejalan dengan berkurangnya derajat konversi dan kepadatan bahan.²⁷ Hal ini, dapat dilihat pada sample Solare X yang mempunyai tingkat kelarutan yang tinggi baik pada perendaman minuman berkarbonasi maupun klorin. Berdasarkan data komposisi yang didapat peneliti, matriks yang digunakan pada Solare X seluruhnya adalah UDMA, sehingga viskositas matriks resin menjadi tinggi. Viskositas matriks resin yang tinggi dapat menyebabkan pembatasan gerak dari molekul, yang menghasilkan derajat konversi dan *crosslinking* yang rendah, mengakibatkan monomer mudah larut. Berdasarkan penelitian Sideridou dkk⁹ didapat derajat konversi dari matriks BisGMA (39%) < BisEMA (52,2%) < UDMA(69,6%) < TEGDMA (75,7%).

Pada penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata kelarutan yang rendah terlihat pada resin komposit jenis *nanohybrid*. Walaupun semua produk resin komposit mengalami degradasi, tetapi karena yang larut partikel filler berukuran nano, maka massa yang hilang pun lebih kecil dalam pengukurannya. Hal ini diperkuat dengan rata-rata kelarutan produk Tetric N Ceram Bulkfill, yang mempunyai nilai kelarutan terendah dibanding produk lainnya. Walaupun Tetric N Ceram Bulkfill termasuk dalam jenis resin komposit *packable*, namun ukuran fillernya adalah nano (0,6 µm). Hasil yang sama juga didapat dalam penelitian Berger dkk²⁸ yang melakukan penelitian menggunakan satu produk resin komposit *nanohybrid* dibandingkan dengan dua produk *microhybrid*. Tingkat kelarutan yang rendah pada produk resin komposit berukuran nano, dapat menjadi panduan bagi dokter gigi dalam

memilih jenis resin komposit untuk pasien yang gemar berenang dan minum minuman berkarbonisasi.

KESIMPULAN

Penyerapan air dan kelarutan terbesar tidak terjadi pada 1 jenis resin komposit tertentu, tetapi tergantung dari merek yang digunakan. Jenis resin komposit yang mempunyai tingkat kelarutan rendah terdapat pada jenis nanohybrid

DAFTAR PUSTAKA

- Anusavice, K.J. 2005. Phillips' Science of Dental Materials 11th ed, Rio de Janeiro Elsevier editor.
- Anusavice, K.J., Shen, C., Rawls, H.R. 2012. Phillip's science of dental materials. Ed 12. St Louis: Elsevier
- Powers, J.M. dan Sakaguchi, R.L. 2012. Craig's Restorative Dental Material. ed 13. Philadelphia: Elsevier
- Janus, J., Fauxpoint, G., Arntz, Y., Pelletier, H. 2010. Surface roughness and morphology of three nanocomposites after two different polishing treatments by a multi-technique approach. J Dent. Mater. 360-368.
- Burgess, J.O., Walker, R., Davidson, J.M. 2002. Posterior resin-based composite: review of the literature. Pediatric dentistry. 24(5): 465-479
- Ferracane, J.L. 2006. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks Dental Materials. 22(3): 211-222.
- Curtis, A.R., Shortall, A.C., Marquis, P.M., Palin, W.M. 2008. Water uptake and strength characteristics of a nanofilled resin-based composite. Journal of Dentistry. 36(3): 186-193.
- Zhang, Y., Xu, J. 2008. Effect of immersion in various media on the sorption, solubility, elution of unreacted monomers, and flexural properties of two model dental composite compositions Journal of Materials Science: Materials in Medicine. 19(6): 2477-2483.
- Sideridou, I., Tserki, V., Papanastasiou, G. 2003. Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of lightcured dimethacrylate-based dental resins. Biomaterials. 24(4): 655-665.
- Gonçalves, L., Noronha Filho, J.D., Guimarães, J.G.A., Poskus, L.T., Silva, E.M. 2008. Solubility, salivary sorption and degree of conversion of dimethacrylate-based polymeric matrixes Journal of Biomedical Material Research Part B, Applied Biomaterials. 85(2): 320-325.
- Silva, E.M., Almeida, G.S., Poskus, L.T., Guimarães, J.G.A. 2008. Relationship between the degree of conversion, solubility and salivary sorption of a hybrid and a nanofilled resin composite: Influence of the light-activation mode. Journal of Applied Oral Science. 16(2): 161-166.
- Feilzer, A. J., Kakaboura, A. I., De Gee, A. J. Davidson, C. L. 1995. The influence on the development of setting shrinkage stress in traditional and resin-modified glassionomer cements, Dent. Mater. 11 : 186-190.
- Moharamzadeh, K., Van Noort, R., Brook, I. M., Scutt, A. M. 2007. Cytotoxicity of resin monomers on human gingival fibroblasts and HaCaT keratinocytes, Dent. Mater. 23: 40-44.
- Knezevic, A., Zeljezic, D., Kopjar, N., Tarle, Z. 2003. Cytotoxicity of composite materials polymerized with LED curing units, Oper. Dent. 33: 23-30.
- Puspitasari, N.B., Hasya, A. 2014. Analisis Preferensi Konsumen Terhadap Produk Coca Cola, Pepsi, dan Big Cola di Kota Semarang dengan Analisis Konjoin. Seminar Nasional IENACO. 603-610.
- Jayanti, S., Ilza, M., Desmelati. 2012. Pengaruh Penggunaan Minuman Berkarbonasi untuk Menghambat Kemunduran Mutu Ikan Gurami (*Osfrophonemus ourami*) Pada Suhu Kamar. Jurnal Perikanan dan Kelautan. 17(2): 71-87.
- Sartono. 2015. Hubungan Power Otot Lengan, Power Otot Tungkai dan Panjang Tungkai dengan Prestasi Renang Gaya Bebas. Jurnal Ilmiah EDUCATER 1(1): 1-19.
- Litan, B.F., Wowor, V.N.S. & Pangemanan D.H.C. 2016. Gambaran Status Erosi Gigi Pada Perenang di Kolam Renang Koni Sario. Pharmacon Jurnal Ilmiah Farmasi-UNSRAT. 5(1): 69-77.
- Radlinska, J.B., Lagocka, R., Kaczmarek, W., Gorski, M. Nowicka, A. 2013. Prevalence of Dental Erosion in Adolescent Competitive Swimmers Exposed to gas-klorinated Swimming Pool Water. Clin Oral Invest. 17(2013): 579-583.
- Tedesco, T.K., Gomes, N.G., Soares, F.Z., Rocha, R.O. 2012. Erosive effects of beverages in the presence or absence of caries simulation by acidogenic challenge on human primary enamel: an in vitro study. Eur Arch Paediatr Dent. Feb; 13(1): 36-40
- Giannini M, Di Francescantonio M, Pacheco RR, Cidreira Boaro LC, Braga RR. Characterization of water sorption, solubility, and roughness of silorane- and methacrylate-based composite resins. Oper Dent. 2014 May-Jun; 39(3): 264-72
- Tamai, Y., Tanaka, H., Nakanishi, K. 1995. Molecular simulation of permeation of small penetrant through membranes, II, Solubilities, Macromolecules 28: 2544-2554.
- Mortier, E., Jager, S., Gerdolle, D.A., Dahoun, A. 2013. Influence Of Filler Amount On Water Sorption And Solubility Of Three Experimental

-
- Flowable Composite Resins. *Journal of Materials Science and Engineering with Advanced Technology*. Vol7(1):35-48
24. Torrey, J.D. 2013. Effect of Chlorine vs. Chloramine Treatment Techniques on Materials Degradation. *Reclamation Infrastructure. Technical Memorandum No. MERL-2013-57*
 25. Cilli, R., Pereira, J.C., Prakki, A. 2012. Properties of Dental Resins Submitted to pH Catalyzed Hydrolysis. *SciVerse ScienceDirect*. 40(1) : 1144 – 1150.
 26. Rahim, T.N.A.T.R., Mohamad, D., Akil, H.M. & Rahman, I.A. 2012. Water Sorption Characteristic of Restoration Dental Composites Immersed in Acidic Drink. *SciVerse ScienceDirect*. (28) : e63-e70.
 27. Malacarne J, Carvalho RM, de Goes MF, Svizero N, Pashley DH, Tay FR, et al. Water sorption/solubility of dental adhesive resins. *Dent Mater* 2006;22(10):973–80.
 28. Berger SB, Paliolol AR, Cavalli V, Giannini M. 2009. Characterization of water sorption, solubility and filler particles of light cured composite resins. *Braz Dent J*. Jan; 20(4):314-318