
PENGARUH PH SALIVA TERHADAP KEKUATAN TARIK DIAMETRAL RESIN KOMPOSIT NANOHYBRID

Nilasary Rochmanita Suparno, Aulia Syahnas Nabila

Departemen Biomaterial, FKG Universitas Muhammadiyah Surakarta

e-mail: nrs156@ums.ac.id

KEYWORDS

Diametral tensile strength, salivary pH, nanohybrid composite resin

ABSTRACT

Introduction: Nanohybrid composite resin is a restorative material that is often used because of its aesthetics and adequate mechanical properties. One of the mechanical properties of nanohybrid composite resins is diametral tensile strength, which affects the strength of composite resins when receiving chewing loads when used in the oral cavity. The value of the mechanical strength of the composite resin can be influenced by several factors, namely food, drink, and saliva. Human saliva has different pH levels and always interacts with restorative materials in the oral cavity. **Objective:** To determine the effect of salivary pH variations on the diametral tensile strength of nanohybrid composite resin. **Methods:** The materials used in the study were nanohybrid composite resin (Filtek Z250 XT, 3M ESPE, USA), artificial saliva pH 4, pH 7, and pH 10. The type of research was a true experimental laboratory with a posttest-only control group design, which measured the diametral tensile strength of the nanohybrid composite resin that had been immersed in three treatment groups, namely the group immersed in saliva with pH 4, pH 7, and pH 10, with a total of 27 samples using the Universal Testing Machine (JTM, Taiwan). The results obtained were analyzed for one-way and post-hoc LSD variance. **Results:** Samples at acidic pH had the lowest average diametral tensile strength (39.09 MPa) compared to neutral pH (57.54 MPa) and alkaline pH (49.13 MPa). Statistical analysis showed significant differences between groups ($p < 0.05$). **Conclusion:** Nanohybrid composite resin at neutral salivary pH has greater diametral tensile strength than at acidic or basic salivary pH.

PENDAHULUAN

Salah satu tujuan dari perawatan restorasi dalam bidang kedokteran gigi adalah untuk mengembalikan bentuk dan fungsi dari gigi. Material restorasi yang sering digunakan saat ini adalah resin komposit.¹ Material ini banyak dipilih karena memiliki sifat estetik yang baik dan memiliki sifat mekanik yang adekuat.² Kelebihan lain dari resin komposit adalah memiliki koefisien ekspansi termal tidak terlalu tinggi, perubahan dimensi

rendah, dan tahan dari keausan saat digunakan. Resin komposit terdiri dari empat komponen dasar yaitu matriks resin organik, filler inorganik, bahan coupling, dan sistem inisiator-akselerator.³ Lutz dan Phillips mengklasifikasikan resin komposit berdasarkan ukuran partikel filler menjadi makrofil atau konvensional, mikrofil, nanofil, dan hybrid.⁴ Inovasi baru dari resin komposit yang sedang dikembangkan saat ini adalah resin komposit

nanohybrid. Resin komposit *nanohybrid* dikembangkan dari resin komposit *microhybrid* dengan menggunakan *nanofillers*, langkah yang menyebabkan peningkatan yang signifikan dalam *filler* dan peningkatan yang cukup besar dalam sifat fisiknya.⁵ Resin komposit *nanohybrid* terdiri dari komponen partikel *filler* dengan ukuran 0,4–5 mikrometer dan ditambahkan partikel *filler* dengan ukuran 1-100 nanometer.³ Gabungan dari kedua ukuran *filler* tersebut akan memberikan ketahanan dari resin komposit makrofil serta kemampuan poles yang didapat dari komposit nanofil, sehingga resin komposit ini dapat digunakan untuk restorasi daerah anterior maupun posterior.⁶ Ukuran *filler* resin komposit yang lebih kecil menyebabkan minimalnya pengerutan saat penyinaran dan mengurangi kemungkinan timbulnya celah mikro pada tepi enamel yang dapat menyebabkan beberapa kerusakan seperti kebocoran mikro pada restorasi, perubahan warna, penetrasi bakteri dan sensitivitas paska restorasi. *Filler* dengan ukuran nano pada resin komposit *nanohybrid* dapat menghasilkan opasitas yang rendah dan minim keburaman sehingga tingkat pewarnaan restorasi dapat disesuaikan dengan warna gigi alami. Kelebihan resin komposit *nanohybrid* dari segi estetik yang baik diimbangi dengan kekuatan yang memadai karena resin komposit *nanohybrid* juga memiliki partikel berukuran mikro yang dapat menunjang sifat mekanik restorasi resin komposit.⁷

Kekuatan suatu restorasi ditentukan oleh sifat fisik dan mekanik yang adekuat. Salah satu sifat mekanik resin komposit adalah kekuatan tarik diametral. Sifat ini menyangkut kekuatan penahan terhadap gaya yang dapat menyebabkan material meregang atau memanjang sebelum akhirnya material tersebut fraktur. Kekuatan tarik diametral akan berpengaruh terhadap kekuatan resin komposit untuk menerima beban kunyah dalam penggunaannya di rongga mulut.^{2,8}

Nilai kekuatan mekanik material resin komposit dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor mulai dari makanan, minuman dan saliva yang terdapat dalam rongga mulut. Terserapnya cairan saliva ke dalam restorasi resin komposit dapat terjadi karena matriks resin yang bersifat hidrofilik sehingga matriks resin mampu menyerap air.⁹ Cairan saliva terakumulasi di permukaan antara matriks resin dan *filler*, selanjutnya saliva bereaksi dengan bahan *coupling* dan *filler*, sehingga kemudian terjadi proses degradasi dengan ditandai terlepasnya monomer-monomer resin komposit.¹⁰ Proses degradasi yang terjadi akan memengaruhi nilai kekuatan mekanik yang dimiliki oleh resin komposit salah satunya adalah kekuatan tarik diametral.²

Derajat keasaman (pH) saliva dalam rongga mulut manusia dapat bersifat asam, netral, dan basa. pH saliva termasuk dalam keadaan netral berkisar antara 6-7 dengan rerata pH 6,8. Nilai pH saliva masih dikatakan normal jika tingkat pH asam 5,3 dan pH basa 7,8.

Faktor yang dapat memengaruhi perubahan pH saliva adalah laju aliran saliva, mikroorganisme rongga mulut, dan kapasitas *buffer* saliva.¹¹ Faktor lainnya yang dapat mempengaruhi perubahan saliva menjadi asam dapat dipengaruhi oleh jenis karbohidrat yang terdapat dalam diet, konsentrasi karbohidrat, jenis dan jumlah bakteri, keadaan fisiologis bakteri dan pH di dalam plak.¹²

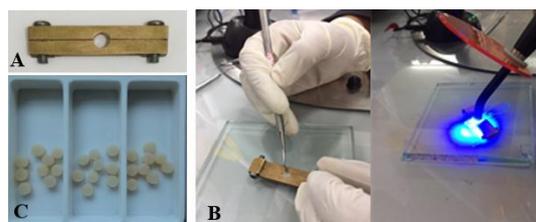
Karakteristik saliva manusia yang beragam dan sulit untuk dikontrol menyebabkan saliva buatan dipilih sebagai media dalam pengujian material karena memiliki sifat yang mirip dengan saliva manusia dan dapat diatur karakteristiknya sesuai kebutuhan peneliti. Beberapa komponen elektrolit dalam saliva manusia juga dimiliki oleh saliva buatan seperti *Sodium chloride* (NaCl), *Potassium chloride* (KCl), *Potassium thiocyanate* (KSCN), *Potassium dihydrogen orthophosphate* (KH₂PO₄), dan *Sodium hydrogen carbonate* (NaHCO₃).⁹

METODE

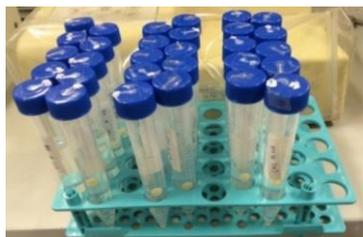
Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental murni laboratoris dengan rancangan penelitian *posttest-only control group design*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Riset Terpadu Fakultas Kedokteran Gigi UGM dan Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS. Penelitian sudah dinyatakan layak untuk dilakukan sesuai dengan surat izin kelaikan etik yang

diperoleh dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan RSUD Dr. Moewardi/ Fakultas Kedokteran UNS dengan Nomor 9/I/HREC/2018.

Penelitian diawali dengan pembuatan sampel yaitu menggunakan resin komposit *nanohybrid* Filtek Z250 XT (3M ESPE, USA), dengan cetakan logam berbentuk disk dengan diameter 6 mm dan tebal 3 mm (Gambar 1A).¹³ Bagian bawah cetakan diberi alas *glass plate* yang dilapisi *celluloid strip*. Resin komposit diaplikasikan menggunakan *plastis instrument* ke dalam cetakan sampai cetakan terisi penuh, kemudian dikondensasi dan dilakukan penyinaran menggunakan *light curing unit* (Woodpecker, Cina) dengan arah tegak lurus terhadap permukaan sampel. Sampel disinari selama 20 detik dengan jarak penyinaran 2-3 mm dan dilakukan dari 2 arah¹⁴, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1B. Setelah penyinaran selesai, sampel dikeluarkan dari cetakan, kemudian dilakukan *finishing* dan *polishing*. Tahap tersebut diulangi sampai mendapatkan jumlah sebanyak 27 sampel (Gambar 1C). Sampel dan alat-alat penelitian disterilkan dengan *autoclave* (Rexall, USA) pada suhu 121°C selama 30 menit.



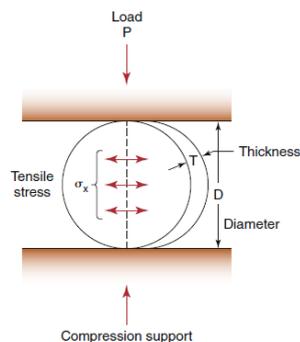
Gambar 1 A. Cetakan; B. Pembuatan sampel; C. Sampel



Gambar 2 Perendaman sampel dalam saliva buatan pH 4, pH 7 dan pH 10

Sampel dibagi menjadi 3 kelompok dengan masing-masing kelompok terdiri dari 9 sampel berdasarkan perendaman dalam saliva buatan dengan pH bervariasi. Sediaan saliva buatan yang sudah siap pakai diukur terlebih dahulu kadar pH menggunakan alat pH meter. Kelompok I, sampel direndam dalam saliva buatan dengan pH 4 sebanyak 10 ml di dalam *conical tube* (Onemed, Indonesia); kelompok II dengan pH 7 dan kelompok III dengan pH 10. Perendaman sampel dengan posisi digantung pada ketinggian yang sama menggunakan benang dalam *conical tube*, kemudian diletakkan pada inkubator (Sanyo, Japan) pada suhu 37°C selama 7 hari (Gambar 2).¹⁵

Sampel yang sudah selesai mendapat perlakuan dilakukan uji kekuatan tarik diametral menggunakan alat *Universal Testing Machine* (JTM, Taiwan). Uji ini dilakukan dengan meletakkan sampel dengan posisi di tengah jarum panduan, lalu pemberian beban dengan posisi membujur. Selanjutnya mesin dihidupkan dan diatur kecepatannya yaitu 1 mm/menit. Pengambilan data dilakukan dengan melihat monitor alat uji yang menunjukkan besarnya beban dalam angka tertentu (N) yang diperlukan sampai sampel menjadi fraktur.



Gambar 3 Ilustrasi posisi pengujian sampel¹⁴

Kemudian kekuatan tarik diametral diperoleh dengan cara dimasukkan ke dalam rumus dan akan didapatkan hasil kekuatan tarik diametral dalam satuan MPa.

$$\text{Rumus kekuatan tarik diametral: } \sigma_t = \frac{2P}{\pi DT}$$

Keterangan:

σ_t = kekuatan tarik diametral (MPa)

P = beban yang diterima (N)

D = diameter disk (mm)

T = ketebalan disk (mm)

π = (konstan) 3,14

HASIL

Perendaman resin komposit *nano hybrid* pada saliva buatan menunjukkan nilai rerata kekuatan tarik diametral resin komposit *nano hybrid* dari nilai terendah ke tertinggi yaitu resin komposit *nano hybrid* yang direndam dalam saliva buatan dengan pH 4 (39,09 ± 3,24 MPa), pH 10 (49,13 ± 2,85 MPa), dan pH 7 (57,54 ± 3,43 MPa).

Tabel 1. Rerata dan simpangan baku kekuatan tarik diametral resin komposit *nano hybrid* (MPa)

Perlakuan	N	\bar{x}	SB
Saliva buatan pH 4	9	39,09	3,24
Saliva buatan pH 7	9	57,54	3,43
Saliva buatan pH 10	9	49,13	2,85

Keterangan:

N: jumlah sampel

\bar{x} : Rerata

SB: Simpangan baku

Hasil uji normalitas *Shapiro-Wilk* data dari ketiga kelompok perlakuan resin komposit *nanohybrid* yang direndam dalam saliva dengan pH 4, pH 7 dan pH 10 menunjukkan bahwa data terdistribusi normal ($p > 0,05$), kemudian hasil uji *Levene* untuk uji homogenitas menunjukkan jika data yang diuji homogen ($p > 0,05$), sehingga selanjutnya data dapat dilakukan analisis variansi satu arah. Berdasarkan hasil analisis variansi satu arah, perbandingan nilai rerata kekuatan tarik diametral resin komposit *nanohybrid* pada ketiga kelompok perlakuan menunjukkan signifikansi 0,000 ($p < 0,05$) yaitu terdapat perbedaan nilai kekuatan tarik diametral di antara kelompok perlakuan atau dapat disimpulkan bahwa variasi pH saliva berpengaruh terhadap kekuatan tarik diametral resin komposit *nanohybrid*. Selanjutnya dilakukan uji *post hoc* LSD pada data kekuatan tarik diametral resin komposit *nanohybrid* dengan hasil bahwa terdapat perbedaan bermakna ($p < 0,05$) antar kelompok perlakuan seperti yang terangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Rangkuman uji LSD kekuatan tarik diametral resin komposit *nanohybrid*

Perlakuan	Saliva pH 4	Saliva pH 7	Saliva pH 10
Saliva pH 4		-18.44667*	-10.03111*
Saliva pH 7	18.44667*		8.41556*
Saliva pH 10	10.03111*	-8.41556*	

Keterangan:

*= berbeda bermakna ($p < 0,05$)

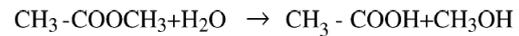
PEMBAHASAN

Selama penggunaannya resin komposit *nanohybrid* akan terus-menerus berinteraksi dengan lingkungan dalam rongga mulut salah satunya saliva. Resin komposit akan mengalami perubahan sifat material karena degradasi dan juga proses penuaan. Perubahan-perubahan ini disebabkan oleh penguraian kimia oleh hidrolisis, penguraian kimia oleh efek tekanan yang diberikan, perubahan komposisi kimia karena kelarutan, fenomena pembengkakan pada rantai polimer yang menghasilkan ruang kosong (*voids*) dan retakan (*cracks*), serta kehilangan kekuatan karena korosi.¹⁶

Matriks resin komposit memiliki sifat hidrofil atau mampu menyerap air. Molekul air dari saliva yang terserap akan menginduksi proses degradasi pada resin komposit dengan melalui dua mekanisme. Pertama, molekul air yang terserap akan berdifusi ke dalam rantai polimer dan mengisi ruang kosong diantara rantai polimer, kemudian ikatan polimer resin komposit akan melunak dan mengembang yang akan menyebabkan terlepasnya monomer.¹⁷ Penyerapan cairan ke dalam resin komposit tersebut terjadi secara perlahan-lahan dalam jangka waktu tertentu. Ekspansi higroskopis cairan dapat terjadi 15 menit setelah polimerisasi sampai mencapai titik jenuh dalam waktu 7 hari¹⁸, sedangkan proses kelarutan monomer dapat terjadi setelah 24 jam perendaman resin komposit dalam suatu cairan dan puncak pelepasannya terjadi

setelah 7 hari.¹⁹ Mekanisme kedua yaitu molekul air menyebabkan degradasi pada ikatan siloksan (ikatan antara gugus silanol pada permukaan silika dan *silane coupling agent*) melalui reaksi hidrolisis yang mengakibatkan ikatan antara *filler* dengan matriks resin menjadi tidak stabil.¹⁷ Perubahan struktur polimer pada resin komposit akan menyebabkan penurunan kekuatan fisik dan mekanik resin komposit.²⁰ Selain dari sifat hidrofilik matriks resin resin komposit, kadar pH yang berbeda dalam suatu cairan yang berkontak dengan resin komposit juga memiliki peran dalam perubahan kekuatan mekanik maupun fisik dari resin komposit tersebut.^{1,9,15} Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi pH saliva berpengaruh terhadap kekuatan tarik diametral resin komposit *nanohybrid*, hal ini dapat disebabkan oleh proses degradasi yang dipengaruhi kadar pH saliva asam, netral dan basa. Cairan dengan pH asam dinilai lebih mendegradasi permukaan resin komposit dibandingkan dengan pH basa atau netral, karena banyak mengandung ion H⁺ yang dapat bereaksi dengan gugus ester dari monomer dimetakrilat, membentuk asam karboksilat dan molekul alkohol (Gambar 4). Monomer dimetakrilat yang berikatan dengan ion H⁺ akan terputus dari rantai polimer, menyebabkan ekspansi pada material, dan menginduksi hidrolisis komponen matriks resin. Reaksi hidrolisis yang terjadi menyebabkan rantai polimer terpecah menjadi oligomer dan monomer,

matriks mengalami melunak dan membesar, serta terbentuk porus di dalam material.^{1,9,15,18,21}



Gambar 4 Reaksi gugus ester monomer dimetakrilat membentuk asam karboksilat dan molekul alkohol²²

Proses hidrolisis yang mendegradasi matriks resin, melepaskan beberapa monomer resin disertai pelepasan *filler* resin komposit yang terdiri dari unsur litium, barium, atau stronsium. Unsur-unsur tersebut merupakan logam anorganik yang cenderung larut jika bereaksi dengan cairan asam. Pelepasan *filler* tersebut akan menyebabkan bertambahnya ruang-ruang kosong di antara matriks resin sehingga memudahkan terjadinya proses difusi cairan ke dalam resin.²³

Saat resin komposit berkontak dengan cairan dengan pH basa dan netral juga dapat terjadi proses hidrolisis. Pengaruh media cair dengan sifat basa pada resin komposit berkaitan dengan interaksinya dengan ion OH⁻ selama hidrolisis. Degradasi akan berlangsung lebih cepat bila terjadi pada cairan yang mengandung ion hidroksil, pada cairan basa tinggi lebih banyak mengandung ion hidroksil dibandingkan cairan yang bersifat netral, namun cairan asam lebih bersifat mendegradasi bila dibandingkan dengan cairan basa.^{9,15,22} Penelitian lain juga menyatakan bahwa degradasi matriks resin juga dapat terjadi pada cairan dengan pH netral melalui proses difusi yaitu ketika air memasuki rantai polimer menimbulkan porositas dan celah intermolekuler diikuti

dengan terlepasnya monomer. Cairan dengan pH basa (*alkaline*) dapat meningkatkan disolusi partikel *filler* seperti barium yang dapat menimbulkan kerusakan struktur permukaan restorasi resin komposit.²⁴

Kekuatan tarik diametral yang dimiliki resin komposit jenis *nanohybrid* yang digunakan pada restorasi agar aman menerima beban kunyah adalah minimal sebesar $\pm 40,5$ MPa.²⁵ Hasil penelitian menunjukkan nilai kekuatan tarik diametral pada kelompok perendaman dengan saliva pH netral (57,54 MPa) dan pH basa (49,13 MPa) masih dikatakan tinggi karena kekuatan tarik diametral yang dimiliki menunjukkan nilai di atas batas minimal, sedangkan pada kelompok perendaman dengan saliva pH asam (39,09 MPa) telah menunjukkan penurunan kekuatan tarik diametral.

SIMPULAN

Resin komposit *nanohybrid* pada kondisi pH saliva netral memiliki kekuatan tarik diametral lebih besar dibandingkan pada pH saliva asam maupun basa.

REFERENSI

1. Suparno NR, Hidayah NU. Pengaruh Lama Perendaman Resin Komposit *Nanohybrid* dalam Saliva pH Asam terhadap Perlekatan *Streptococcus mutans*. *JIKG*. 2019; 2(2): 1-6.
2. Putri JNS, Elline E. Diametral Tensile Strength of Microhybrid and Nanohybrid Composite Resins. *Journal of Indonesian Dental Association*. 2021; 4(1): 41-46.
3. Cangul S, Adiguzel O. The Latest Developments Related to Composite Resins. *Int Dent Res*. 2017; 7(2):32-41.
4. Kowalska A, Sokolowski J, Bociong K. The Photoinitiators Used in Resin Based Dental Composite — A Review and Future Perspectives. *Polymers (Basel)*. 2021; 13(3): 470.
5. Hong G, Yang J, Jin X, Wu T, Dai S, Xie H, Chen C. Mechanical Properties of Nanohybrid Resin Composites Containing Various Mass Fractions of Modified Zirconia Particles, *International Journal of Nanomedicine*. 2020; 15: 9891-9907.
6. Rathod A, Vadavadagi SV, Verma T, Kumar P, Deepak PV, Deb S, Iqbal A. Effect of Acidic Beverages on Color Stability and Microhardness of Various Esthetic Restorative Materials: A Comparative Study. *J Pharm Bioallied Sci*. 2021; 13(2): S1084-S1087.
7. Pratap B, Gupta RK, Bhardwaj B, Nag M. Resin Based Restorative Dental Materials: Characteristic and Future Perspectives. *Japanese Dental Science Review*. 2019; 55: 126-38.
8. Al-Shekhli AAR, Aubi IA. Composite Diametral Tensile Strength. *World J Dent*. 2018; 9(6): 457-461.
9. Abouelmagd DM, Basheer RR. Microhardness Evaluation of Microhybrid Versus Nanofilled Resin Composite After Exposure to Acidic Drinks. *J Int Soc Prev Communit Dent*. 2022; 12(3): 353-359.
10. Alzraikat H, Burrow MF, Maghaireh GA, Taha NA. Nanofilled Resin Composite Properties and Clinical Performance: A Review. *Operative Dentistry*. 2018; 43(4): E173-E190.
11. Alshahrani FA, AlToraibily F, Alzaid M, Mahrous AA, AlGhamdi MA, Gad MM. An Updated Review of Salivary pH Effects on Polymethyl Methacrylate (PMMA)-Based Removable Dental Prostheses. *Polymers (Basel)*. 2022; 14(16): 3387.
12. Adhani R, Hidayat S, Arya, IW. Perbedaan pH Saliva Menggosok Gigi Sebelum dan Sesudah Mengonsumsi Makanan Manis dan Lengket. *Dentino (Jurnal Kedokteran Gigi)*. 2014; 2(1): 39-45.
13. ASTM D695-10. Standart Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics. *ASTM International*. United States; 2010.
14. Sakaguchi RL, Powers JM. *Craig's: Restorative Dental Materials* 13th ed. Philadelphia: Mosby, Inc; 2012. p.161-81.
15. Badole GP, Sheno PR, Kubde R, Bengal S. Comparative Evaluation of Surface Roughness and Microhardness of Bulk-fill Composite Placed in Artificial Saliva at Three Different pH. *World J Dent*. 2023; 14(4): 331-335.

16. Islam MS, Nassar M, Elsayed MA, Jameel DB, Ahmad TT, Rahman MM. In Vitro Optical and Physical Stability of Resin Composite Materials with Different Filler Characteristics. *Polymers (Basel)*. 2023; 15(9): 2121.
17. Rahim TNA, Mohamad D, Md Akil H, Rahman IA. Water Sorption Characteristics of Restorative Dental Composites Immersed in Acidic Drink. *Dental Materials*. 2012; 28(6): e63-e70.
18. Puspitasari SA, Siswomihardjo W, Harsini. Perbandingan Kekasaran Permukaan Resin Komposit *Nanofiller* pada Perendaman Saliva pH Asam. *JMKG*. 2016; 2(5): 15-19.
19. Archegas LRP, Rached RN, Ignacio SA, de Vasconcelos EC, Ramos DT, de Souza EM. Identification and Quantification of Monomers Released from Dental Composite Using HPLC. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2009; 52(4): 855-62.
20. Vouvoudi EC, Sideridou ID. Effect of Food/Oral-Stimulating Liquids on Dynamic Mechanical Thermal Properties of Dental Nanohybrid Light-Cured Resin Composite. *Dental Materials*. 2013; 29: 842-50.
21. Poggio C, Dagna A, Chiesa M, Colombo M, Scribante A. Surface Roughness of Flowable Resin Composite Eroded by Acidic and Alcoholic Drinks. *Journal of Conservative Dentistry*. 2012; 15(2): 137-40.
22. Prakki A, Cilli R, Mondelli RFL, Kalachandra S, Pereira JC, 2005. Influence of pH Environment on Polymer Based Dental Material Properties. *Journal of Dentistry*. 2005; 33: 91-8.
23. Aprilia, Rochyani L, Rahardianto E. Pengaruh Minuman Kopi terhadap Perubahan Warna pada Resin Komposit. *Journal of Dentistry*. 2007; 14(3): 164-170.
24. Pribadi N, Soetojo A. Effect of Different Saliva pH on Hybrid Composite Resin Surface Roughness. *Dental Journal (Majalah Kedokteran Gigi)*. 2011; 44(2): 63-6.
25. Vallittu P. *Non-metallic Biomaterials for Tooth Repair and Replacement*, UK: MPG Books Group; 2013. p. 241.