



**GAMBARAN SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (SEM)
MIKROSTRUKTUR PERMUKAAN RESIN KOMPOSIT NANOFILER
SETELAH PERENDAMAN DALAM KOPI ARABIKA GAYO**

**GAMBARAN SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (SEM)
MIKROSTRUKTUR PERMUKAAN RESIN KOMPOSIT NANOFILER
SETELAH PERENDAMAN DALAM KOPI ARABIKA GAYO**

Viona Diansari, Iin Sundari, Noniza Deswitri

Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Syiah Kuala
Correspondence email to: vionafkg@gmail.com

Abstrak

Resin komposit nanofiler merupakan restorasi estetik di bidang kedokteran gigi dengan kelemahan dapat menyerap cairan di sekitar permukaannya. Kopi arabika gayo merupakan salah satu kopi arabika unggulan di Aceh. Minuman kopi memiliki pH rendah (asam) yang dapat menyebabkan degradasi ikatan polimer dan partikel filer. Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat perubahan mikrostruktur permukaan resin komposit nanofiler sebelum dan setelah perendaman dalam kopi arabika gayo selama 4 dan 6 hari. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium dengan rancangan *pretest + posttest design group*. Terdapat 4 spesimen resin komposit nanofiler yang berbentuk silinder dengan tebal 2 mm dan diameter 6 mm, dan dibagi dalam 2 kelompok yakni kelompok A berjumlah 2 spesimen (A1&A2) yang direndam dalam minuman kopi arabika gayo selama 4 hari dan kelompok B berjumlah 2 spesimen (B1&B2) direndam dalam kopi arabika gayo selama 6 hari. Mikrostruktur specimen diamati perubahannya dengan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) dengan perbesaran 3000x. Hasilnya, terlihat area yang berwarna gelap/porus pada gambaran SEM. Setelah dianalisis dengan *paired t-test* dan *unpaired t-test* ($p < 0,05$) terdapat perbedaan yang bermakna antara kelompok A dan kelompok B. Kesimpulan: Semakin lama perendaman yang dilakukan semakin jelas terlihat perubahan yang terjadi.

Kata Kunci: komposit nanofiler, kopi arabika gayo, SEM

Abstract

Nanofilled composite resin is a kind of aesthetic restoration in dentistry which has a disadvantage can absorb liquid around. Arabica gayo coffee is one of superior arabica coffee in Aceh. Coffee is an acidic beverage (low pH) that cause degradation of polymer chain and filler particle. The aim of this study was to view microstructural changes of nanofilled composite resin surface after immersion in arabica gayo coffee for 4 and 6 days. This study was an experimental laboratory with Pretest+posttest group design. There were 4 cylindrical specimens of nanofilled composite resin 2mm thickness and 6 mm in diameter, divided into 2 groups: A group A (A1&A2) was immersed in arabica gayo coffee for 4 days and B group (B1&B2) was immersed in arabica gayo coffee for 6 days. The microstructures of specimen were observed through scanning electron microscope (SEM) with 3000x magnification followed by observing the number of porosity which was analyzed by paired and unpaired t-test ($p < 0,05$). The results showed significant difference of the porosity number after immersed in arabica gayo coffee between 4 - 6 days. Conclusion: The longer the immersion is done the more clearly visible changes occur.

Keyword: nanofilled, arabica gayo coffee, SEM

PENDAHULUAN

Bahan restorasi yang saat ini banyak digunakan dalam bidang kedokteran gigi adalah resin komposit. Resin komposit mempunyai banyak kelebihan dibandingkan dengan bahan restorasi lainnya di antaranya estetikanya lebih baik, lebih kuat, lebih keras, penyerapan air dan penyusutannya kecil, tidak mudah mengalami abrasi, serta mudah dimanipulasi.^{1,2} Resin komposit terdiri dari empat komponen utama, yaitu matriks resin, filer anorganik, *coupling agent* dan sistem inisiator-akselerator.³

Berdasarkan ukuran filernya resin komposit diklasifikasikan menjadi makrofil, mikrofil, *hybrid* dan nanofil. Resin komposit nanofil merupakan perkembangan baru di bidang kedokteran gigi. Nanofil memiliki partikel filer berukuran kecil dengan ukuran partikel berkisar 0,1-100 nm yang mengkombinasikan silika nanofil yang ukuran partikel utamanya adalah 20-75 nm dengan *nanocluster zirconia-silica* yang diameternya 0,6-1,4µm. Partikel resin komposit nanofil membentuk 59,5% volume dan ini mirip dengan resin komposit *hybrid* yang diindikasikan untuk restorasi gigi posterior dengan tekanan pengunyahan yang besar.¹

Resin komposit nanofil memiliki keunggulan dibandingkan dengan jenis komposit sebelumnya, berkat ukuran filernya yang semakin kecil dan distribusinya yang luas, sehingga derajat penyusutannya rendah dan dapat meningkatkan sifat mekanisnya.⁴ Meskipun resin komposit nanofil memiliki keunggulan dengan ukuran filernya yang lebih kecil namun tetap memiliki kelemahan karena menyerap cairan di sekitarnya. Berdasarkan penelitian Berger dkk. (2009)⁵ yang mengamati kemampuan penyerapan cairan oleh resin komposit, dengan membandingkan masing-masing ukuran *filer*, Berger menyimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang bermakna antara resin komposit nanofil, *hybrid* dan mikrofil dalam kemampuan menyerap cairan di sekitarnya.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan pada resin komposit mengungkapkan adanya perubahan struktur dan fisik komposit akibat sifatnya yang mampu menyerap cairan. Proses penyerapan yang terjadi dipengaruhi oleh sifat hidrofilik

dari resin komposit.⁴ Sifat hidrofilik ini yang memungkinkan resin komposit menyerap cairan jika terjadi kontak secara langsung. Cairan yang terserap melalui proses ini akan mengisi ruang-ruang di antara matriks sehingga menyebabkan perubahan struktur resin yang diikuti perubahan fisiknya. Penelitian terdahulu membuktikan terjadinya perubahan struktur dan perubahan fisik akibat kopi, teh, anggur merah, jus anggur dan minyak sayur.⁶

Kopi merupakan minuman umum masyarakat Indonesia. Kebiasaan minum kopi di kalangan masyarakat Indonesia masih tinggi. Berdasarkan data yang dihimpun oleh Asosiasi Eksportir & Industri Kopi Indonesia (AEKI) dewasa ini, tingkat kebutuhan kopi masyarakat Indonesia meningkat hingga mencapai 300.000.000 kg per tahun. Lebih dari 4 triliun cangkir kopi dikonsumsi setiap tahunnya.⁷ Kopi arabika gayo (*arabica gayo coffee*) merupakan salah satu jenis kopi arabika unggulan yang ada di Aceh dan merupakan salah satu di antara komoditi ekspor unggulan Indonesia yang telah dikenal di pasar domestik dan internasional.⁸ Kopi merupakan minuman antioksidan; asam klorogenat merupakan antioksidan dominan yang ada dalam biji kopi. Antioksidan tersebut berupa ester yang terbentuk dari asam trans-sinamat dan asam quinat. Asam klorogenat merupakan senyawa penting yang memengaruhi pembentukan rasa, bau, dan flavor saat pemanggangan kopi.⁹

Menurut penelitian Petracco (2005)¹⁰ kandungan asam klorogenat (C₁₆H₈O₉) pada kopi arabika adalah sebanyak 5,5-8,0%. Asam klorogenat dapat menyebabkan degradasi ikatan polimer sehingga beberapa monomer dari resin komposit melepaskan diri. Selama penyangraian kopi, asam klorogenat terdekomposisi menjadi senyawa volatil dan di dalam senyawa volatil terdapat senyawa fenol. Resin komposit apabila berkontak dengan fenol akan menunjukkan peningkatan berat karena menyerap air dan mengalami kerusakan kimiawi pada permukaannya.⁴ Penelitian De Gouvea dkk (2011)¹¹ kopi menunjukkan adanya perubahan permukaan resin komposit setelah direndam dalam kopi. Kopi menyebabkan perubahan warna yang signifikan dan juga dapat meningkatkan kekasaran permukaan suatu material karena

kopi memiliki pH asam sekitar 5,01. Minuman dengan pH rendah (3-6) dapat menyebabkan kerusakan permukaan resin.⁴

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa komposit akan mengalami perubahan struktur dan fisik apabila direndam dalam larutan kopi secara terus menerus. Semakin lama perendaman yang dilakukan maka semakin dapat terlihat perubahan struktur dan fisik yang terjadi.⁶ Penelitian Rini (2015)¹² menunjukkan terjadinya peningkatan kekasaran permukaan resin komposit nanofiler setelah direndam dalam seduhan kopi arabika gayo selama 4 hari dengan asumsi konsumsi kopi selama satu tahun. Penelitian Chumairo dkk (2014)⁴ juga menunjukkan adanya efek perubahan kekasaran permukaan yang terjadi setelah perendaman resin komposit *nanofiler* dalam seduhan kopi selama 1,3,5 dan 7 hari.

Perubahan kekasaran permukaan resin komposit diawali dengan perubahan struktur permukaannya. Gambaran perubahan mikrostruktur resin komposit dapat dilihat dengan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM). *Scanning electron microscope* merupakan jenis mikroskop elektron yang dapat menampilkan gambaran permukaan dan rincian suatu spesimen dengan resolusi yang tinggi.¹

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian ini yang bertujuan untuk melihat gambaran mikrostruktur permukaan resin komposit nanofiler setelah perendaman dalam kopi arabika gayo selama 4 dan 6 hari dengan menggunakan *scanning electron microscope*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratoris dengan rancangan *pretest* dan *posttest design group*. Dilakukan pembuatan 4 spesimen resin komposit nanofiler dengan teknik *bulk* berbentuk silinder (tebal 2 mm dan diameter 6 mm), dibagi dalam 2 kelompok yakni kelompok A berjumlah 2 spesimen (A1 & A2) yang direndam dalam minuman kopi arabika gayo selama 4 hari, dan kelompok B berjumlah 2 spesimen (B1 dan B2) direndam dalam kopi arabika gayo selama 6 hari. Sebelum direndam dalam minuman kopi arabika gayo.

Specimen dikondisikan dalam aquades selama 24 jam, dengan tujuan penyesuaian spesimen seperti di dalam rongga mulut. Setelah itu amati mikrostruktur permukaan spesimen sebelum dan setelah perendaman dalam larutan kopi arabika gayo merk Kiswah Gayo. Kopi tersebut memiliki pH 5,03 dan suhu 55°C. Penelitian dilakukan di laboratorium Rekayasa Material Teknik Mesin Universitas Syiah Kuala menggunakan alat *scanning electron microscope* TM 3000 dengan perbesaran 3000x. Setelah diperoleh data hasil pengamatan, data dianalisis dengan analisa kualitatif dan kuantitatif (*paired t-test* untuk melihat perubahan yang terjadi sebelum dan setelah perendaman spesimen dan *unpaired t-test* untuk melihat perbedaan gambaran mikrostruktur yang terjadi pada spesimen yang direndam selama 4 dan 6 hari).

HASIL

Berdasarkan hasil pengamatan SEM sebelum (pengkondisian aquades selama 24 jam) dan setelah perendaman dalam kopi arabika gayo (spesimen A1 dan A2 (selama 4 hari) serta spesimen B1 dan B2 (selama 6 hari) terdapat perubahan mikrostruktur pada spesimen-spesimen tersebut. Perubahan mikrostruktur yang terjadi berupa porus atau rongga berwarna gelap pada permukaan spesimen.

Tabel 1 dan 2 memperlihatkan hasil penelitian dan analisis data dengan menggunakan *paired t-test* pada kedua kelompok spesimen. Sebelum data dianalisis, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas data dengan menggunakan *Kolmogorov Smirnov* dan *Shapiro-Wilk*, dan hasilnya menunjukkan bahwa data berdistribusi normal ($p > 0,05$).

Tabel 1. Analisis jumlah porus pada mikrostruktur permukaan resin komposit nanofiler sebelum dan setelah perendaman dalam kopi gayo selama 4 hari

Spesimen	Area	Sebelum	Setelah	P
A1	1	4	11	
	2	3	7	
	3	0	5	
A2	1	2	5	
	2	0	8	
	3	2	8	
Rata-rata ($\bar{X} \pm SD$)		1,8±1,6	7,3±2,2	0,001*

*perbedaan bermakna (*paired t-test*, $p < 0,05$)

Tabel 2. Analisis jumlah poros pada mikrostruktur permukaan resin komposit nanofiler sebelum dan setelah perendaman dalam kopi gayo selama 6 hari

Spesimen	Area	Sebelum	Setelah	p
B1	1	4	12	
	2	4	9	
	3	0	11	
B2	1	1	10	
	2	1	9	
	3	3	15	
Rata-rata($\bar{x} \pm SD$)		2,1±1,7	11±2,2	0,000*

*perbedaan bermakna (*paired t-test*, $p < 0,05$)

Berdasarkan hasil analisis data terlihat adanya perbedaan yang bermakna pada kedua kelompok spesimen. Pada spesimen sebelum dan setelah perendaman dalam minuman kopi arabika gayo selama 4 hari, diperoleh nilai kemaknaan (p)=0,001 dan pada spesimen sebelum dan setelah perendaman dalam minuman kopi arabika gayo selama 6 hari, diperoleh nilai kemaknaan (p)=0,000. Karena nilai $p < 0,05$ maka kedua kelompok spesimen menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna sebelum dan setelah perendaman dalam minuman kopi arabika gayo selama 4 dan 6 hari.

Tabel 3. Analisis statistik perbedaan jumlah poros setelah perendaman dalam kopi arabika gayo selama 4 dan 6 hari

Spesimen	Jumlah Porus ($\bar{x} \pm SD$)	p
A1 dan A2	5,5±1,8	0,017*
B1 dan B2	9,8±3,1	

*perbedaan bermakna (*unpaired t-test*, $p < 0,05$)

Pada Tabel 3 terlihat rata-rata peningkatan jumlah poros setelah perendaman dalam kopi arabika gayo selama 4 dan 6 hari. Pada spesimen A1 dan A2 yang direndam 4 hari ditemukan rata-rata peningkatan jumlah poros sebanyak 5,5, sedangkan pada spesimen B1 dan B2 yang direndam selama 6 hari ditemukan peningkatan rata-rata jumlah poros sebanyak 9,8. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa jumlah poros lebih banyak ditemukan pada spesimen yang direndam selama 6 hari dibandingkan dengan spesimen yang direndam selama 4 hari. Berdasarkan hasil analisis data pada Tabel 3 menggunakan

unpaired t-test menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna pada spesimen yang direndam dalam minuman kopi arabika gayo selama 4 hari dan pada spesimen yang direndam dalam minuman kopi arabika gayo selama 6 hari, dengan nilai $p=0,017$.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan SEM sebelum perendaman dalam kopi arabika gayo terlihat adanya perubahan mikrostruktur pada beberapa permukaan spesimen. Adanya perubahan mikrostruktur sebelum perendaman kopi arabika gayo diduga karena lemahnya ikatan antara matriks dan filer saat polimerisasi. Umumnya kegagalan polimerisasi pada resin komposit *light cured* disebabkan karena teknik penyinarannya, misalnya posisi dan arah sinar, ketebalan bahan restorasi, durasi dan jarak penyinaran, serta intensitas cahaya yang kurang. Intensitas cahaya yang tidak tepat mengakibatkan polimerisasi yang tidak sempurna. Menurut Fitriyani dkk (2007)¹³ sumber cahaya LED untuk mempolimerisasi resin komposit nanofiler yang tepat adalah dengan intensitas cahaya 800 mW/cm² dan lama penyinaran 20 detik. Menurut spesifikasi pabrik, penyinaran optimal *light curing composite* adalah antara 800-1200 mW/cm². Dalam penelitian ini diketahui resin komposit dipolimerisasi dengan intensitas cahaya 375 mW/cm² (<800 mW/cm²), sehingga resin komposit terpolimerisasi namun tidak maksimal.

Pada Tabel 1 dan 2 terlihat bahwa tidak semua area pada spesimen yang diamati terdapat poros walaupun berasal dari spesimen yang sama. Ada dan tidak adanya poros diduga karena polimerisasi yang tidak sempurna pada beberapa area spesimen. Selain karena lemahnya ikatan matriks dan filer saat polimerisasi, degradasi pada permukaan spesimen juga didukung oleh sifat resin komposit yang mampu menyerap cairan. Penyerapan air telah diidentifikasi sebagai faktor utama dalam terjadinya degradasi fisik maupun kimia dari bahan komposit dan dapat menurunkan kualitas resin komposit.¹⁴ Pada gambaran mikrostruktur dari penelitian ini, terlihat beberapa poros sudah mulai terbentuk saat pengkondisian dalam aquades, dan bertambah banyak pada

perendaman dalam kopi arabika gayo merk Kiswah Gayo dengan rata-rata pH 5,03. Pada hasil analisis data dengan menggunakan *paired t-test* juga menunjukkan adanya perubahan yang bermakna pada spesimen sebelum dan setelah perendaman dalam minuman kopi arabika gayo. Bertambah banyaknya jumlah porus pada perendaman dalam kopi arabika gayo diduga karena adanya kandungan asam yang terkandung di dalam kopi. Salah satu unsur kimia yang terdapat dalam kopi adalah asam klorogenat yang merupakan senyawa polifenol dengan kelebihan ion H^+ . Kelebihan ion H^+ menyebabkan ikatan kimia dari rantai ganda polimer matriks resin komposit nanofiler menjadi tidak stabil, karena terjadi ikatan secara *crosslink* dengan ion H^+ tersebut, sehingga ikatan ganda polimer matriks terputus yang disertai dengan pelepasan partikel filer.¹⁵

Adanya pelepasan partikel filer ini akan menyebabkan ruang-ruang kosong di antara matriks polimer bertambah banyak sehingga memudahkan terjadinya proses difusi cairan dari luar menuju ke dalam resin komposit.⁴ Penelitian yang dilakukan oleh Han, Okamoto, Fukushima, dan Okiji (2008)¹⁶ membuktikan bahwa filer dapat terlepas dari material resin dan komponen matriks mengalami dekomposisi ketika terpapar dengan lingkungan yang memiliki pH asam (3-6). Menurut Daibs *et al* (2012)¹⁷ mikroporus pada permukaan spesimen akan semakin meningkat berdasarkan frekuensi dan durasi paparan asam. Hal ini dibuktikan pada penelitian ini dengan bertambahnya jumlah porus pada permukaan spesimen setelah perendaman dalam kopi arabika gayo selama 4 dan 6 hari, dimana jumlah porus lebih banyak didapatkan pada resin komposit yang direndam dalam kopi arabika gayo selama 6 hari dibandingkan dengan perendaman selama 4 hari (Tabel 3). Hasil analisis data menggunakan *unpaired t-test* juga menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna pada kedua kelompok spesimen yang direndam dalam minuman kopi arabika gayo selama 4 hari dan selama 6 hari.

Pada hasil penelitian ini tidak ditemukan adanya *crack* pada mikrostruktur permukaan resin komposit nanofiler. Hal ini diduga karena resin komposit nanofiler memiliki nilai *fracture toughness* tinggi, hal ini didukung oleh hasil penelitian Hamouda (2012)¹⁸ yang

menyatakan bahwa nilai *fracture toughness* pada resin komposit nanofiler lebih tinggi dibandingkan dengan komposit hibrid konvensional. *Fracture toughness* yaitu ketahanan resin komposit terhadap terjadinya *crack* pada permukaan resin komposit.¹⁸

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada spesimen resin komposit nanofiler yang direndam dalam kopi arabika gayo selama 4 dan 6 hari dapat diambil kesimpulan bahwa minuman kopi arabika Gayo dapat menyebabkan terjadinya perubahan mikrostruktur pada permukaan resin komposit nanofiler, yaitu semakin lama perendaman resin komposit nanofiler dalam kopi arabika gayo maka semakin besar perubahan yang terjadi pada gambaran mikrostrukturnya. Terdapat perbedaan jumlah porus yang bermakna pada gambaran mikrostruktur resin komposit antara perendaman dalam kopi arabika gayo selama 4 dan 6 hari.

Disarankan melakukan uji fitokimia pada kopi arabika gayo guna mengetahui kandungannya. Penelitian dengan *light cure unit* dengan intensitas yang cukup (800-1200 mW/cm²). Serta perlunya penelitian mengenai pengujian dengan *atomic force microscopy* (AFM) guna melihat gambaran mikroskopik tiga dimensi dari permukaan resin komposit.

DAFTAR PUSTAKA

1. Hamouda I, Elkader HA, Badawi MF. Microleakage of Nanofilled Composite Resin Restorative Material. *J Biomater Nanobiotechnol*. 2011;02(03):329-334.
2. Genda DR, Leman MA. Pengaruh Jus Pepaya (*Carica papaya*) terhadap Perubahan Warna Resin Komposit. *J Ilm Farm*. 2016;5(1):15-19.
3. Putriyanti F, Herda E, Soufyan A. strength micro fine hybrid resin composite yang direndam dalam minuman isotonik *J PDGI*. 2012;61(1):43-48.
4. Chumairo SM, R DMC, Nugroho R, et al. Pengaruh Kebiasaan Minum Kopi Robusta (*Coffea robusta*) terhadap Perubahan Warna pada Restorasi Resin Resin Komposit Nanofiler (The Effect of Robusta Coffee (*Coffea robusta*) Drinking Habits on Nanofiler Composite Resin Discoloration). *Artik Ilm Has Penelit Mhs*. 2014:0-4.
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):314-318.
6. Aprilia, Rochyani L, Rahardianto E. Pengaruh Minuman Kopi terhadap Perubahan Warna pada Resin Komposit. *Indon J Dent*. 2007;14(3):164-170.
7. Wahyudian, Surmawan U H. Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Konsumsi Kopi dan Analisis Pemetaan Beberapa Merek Kopi dan Implikasinya pada Pemasaran Kopi. *J Manaj Agribisnis*. 2004;1(1):55-68.
8. Karim A, Basri H. Analysis of Geographical Indication of Gayo Coffee Based on Spatial Planning of Districts. *J Agrista*. 2012;16(2):46-61.
9. Kristiyanto, D., B. D. H. Pranoto dan A. Penurunan Kadar Kafein Kopi Arabika dengan Proses Fermentasi Menggunakan Nopkor Mz-15. *J Teknol Kim dan Ind*. 2013;2(4):170-176.
10. Petracco M. Our Everyday Cup of Coffee : The Chemistry behind Its Magic. *J Chem Educ*. 2005;82(8):1161-1167.
11. De Gouvea C V, Bedran LM, de Faria MA, Cunha-Ferreira N. Surface Roughness and Translucency of Resin Composites after Immersion in Coffee and Soft Drink. *Acta Odontol Latinoam*. 2011;24(1):3-7.
12. Rini C. Pengaruh Perendaman dalam Kopi Arabika Gayo terhadap Kekasaran Permukaan Resin Komposit Nanofiler. In:2015:30. Skirpsi
13. Sri Fitriyani, Ellyza Herda A Haryono. Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Derajat Konversi Komposit Partikel Nano. 2007;14(2) 146-152.
14. JJ M. *Basic Dental Material*. New Delhi : Jaypee Brother Medical Publisher; 2003:146.
15. Nurmalasari A. Roughness Differences In Surface Of Nano Composite Resin in Black Tea and Coffee Immersion. *J Wiyata*. 2015;2(1):1-6.
16. Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T. Evaluation of Flowable Resin Composite Surfaces Eroded by Acidic and Alcoholic Drinks. *Dent Mater J*. 2008;27(3):455-465.
17. Daibs BDP, da Silva JMF, da Rocha DM, Fernandes Junior VVB, Rodrigues JR. Microstructural Analysis of Restorative Materials Submitted to Acid Exposure. *Braz Dent Sci*. 2012;15(1):19-26. doi:10.14295/bds.2012.v15i1.710.
18. Hamouda IM, Elkader HA. Evaluation the Mechanical Properties of Nanofilled Composite Resin Restorative Material. *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*. 2012;3:238-242.