

**PENGARUH TEKNIK PENYINARAN (*STEPPED SOFT START, RAMPED DAN PULSE DELAY*) BAHAN *SELF ADHESIVE DUAL-CURED RESIN CEMENT* TERHADAP KEKUATAN TARIK PELEKATAN PADA DENTIN**

Surya Triharsa\* Ema Mulyawati\*\* Siti Sunarintyas\*\*

\*Program Studi Ilmu Konservasi Gigi, Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis,  
Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

\*\* Bagian Ilmu Konservasi Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

\*\*\*Bagian Ilmu Biomaterial, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

**ABSTRAK**

*Self adhesive dual cured resin cement* merupakan *luting agent* untuk sementasi restorasi indirek maupun sementasi pasak. Teknik penyinaran *soft start* (*stepped soft start, ramped dan pulse delay*) bahan *self adhesive dual cured resin cement* berpengaruh terhadap kekuatan tarik pelekatan pada dentin. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui perbedaan pengaruh teknik penyinaran *soft start* (*stepped, ramped dan pulse delay*) bahan *self adhesive dual cured resin cement* terhadap kekuatan tarik pelekatan pada dentin.

Penelitian ini menggunakan 27 gigi premolar. Gigi-gigi tersebut dibagi menjadi 3 kelompok berdasarkan teknik penyinaran *soft start* (*stepped, ramped dan pulse delay*). *Self adhesive dual cured resin cement* diaplikasikan kedalam cetakan kemudian disinari sesuai dengan teknik penyinaran dalam kelompok perlakuan (*stepped, ramped dan pulse delay*) setelah sebelumnya diberikan waktu kontak sebelum penyinaran selama 5 menit untuk *setting* awal dari material *self cured resin cement*. Pengujian kekuatan tarik material *self adhesive dual cured resin cement* menggunakan *Universal Testing Machine* (Pearson Panke Equipment Ltd., London, UK). Data dianalisis menggunakan ANOVA satu jalur dilanjutkan uji *LSD*.

Hasil uji ANOVA satu jalur menunjukkan terdapat pengaruh teknik penyinaran (*stepped, ramped dan pulse delay*) bahan *self adhesive dual cured resin cement* terhadap kekuatan tarik pelekatan pada dentin. Hasil *LSD* menunjukkan terdapat perbedaan pada kelompok *stepped* dan *pulse delay* sedangkan antara kelompok *stepped* dan *ramped* serta kelompok *ramped* dan *pulse delay* tidak terdapat perbedaan bermakna. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa Teknik penyinaran berpengaruh terhadap kekuatan tarik pelekatan *self adhesive dual cured resin cement* pada dentin.

**Kata kunci** : *Self adhesive dual cured resin cement, stepped, ramped, pulse delay*, kekuatan tarik pelekatan

**ABSTRACT**

*Self adhesive dual-cured resin cement* is an agent for cementation of indirect restorations and post. *Soft start* radiation technique (*stepped soft start, ramped and pulse delay*) on the material *self adhesive dual cured resin cement* influences tensile strength on dentin. The purpose of this study is to determine the effect of irradiation of *soft start* technique (*stepped, ramped and pulse delay*) of the material *self adhesive dual cured resin cement* on dentin tensile strength.

This study uses 27 premolars. The teeth were divided into 3 groups based *soft start* radiation technique (*stepped soft start, ramped and pulse delay*). *Self adhesive dual-cured resin cement* was applied into molds then in accordance with the beam irradiation technique in the treatment group (*stepped soft start, ramped and pulse delay*) after previously given contact time before irradiation for 5 min for initial setting of *self-help material cured resin cement*. Testing the tensile strength of the material *self adhesive dual-cured resin cement* uses a *Universal Testing Machine* (Pearson Panke Equipment Ltd., London, UK). The Data were analyzed used one way ANOVA followed by *LSD* test.

The test result of one way ANOVA shows that there are effect of irradiation technique (*stepped soft start, ramped and pulse delay*) of the material *self adhesive dual cured resin cement* on dentin tensile strength. This study concludes that the technique of irradiation has influence on tensile strength of *self adhesive dual-cured resin cement* on dentin.

**Key Words**: *Self adhesive dual cured resin cement, stepped, ramped, pulse delay, tensile strength*

## PENDAHULUAN

Semen resin merupakan bahan adhesif yang paling banyak digunakan untuk merekatkan *inlay*, *onlay*, *veneer*, *crown* yang terbuat dari material keramik maupun indirek resin komposit. Material semen resin saat ini semakin sering digunakan karena menghasilkan sifat fisik yang serupa dengan warna gigi dan mampu berikatan dengan baik secara mekanis dan kimiawi pada dentin maupun res-torasi.

Berbagai macam semen resin telah di-gunakan antara lain semen resin dengan pro-sedur aplikasi *Multi-step* (MS), yaitu adanya prosedur etsa dengan asam fosfat, primer dan *bonding*. Perkembangan teknologi bahan adhesif telah memperkenalkan *self-adhesive dual-cured resin cement* yang merupakan pro-duk baru pada semen resin dengan aplikasi satu tahapan. *Self-adhesive dual-cured resin cement* disebutkan dapat berikatan dengan ja-ringan gigi tanpa adanya aplikasi etsa, primer dan *bonding*, sehingga aplikasinya lebih mu-dah dan mengurangi tahapan klinis. *Self-adhesive dual-cured resin cement* juga dapat berikatan secara kimiawi terhadap struktur gigi serta memiliki beragam warna untuk meng-hasilkan estetik yang baik.

LED (*Light-Emitting Diode*) adalah lampu berbasis sinar biru dengan daya rendah menggunakan *silikon karbida* (generasi per-tama LED) yang

memiliki *output* daya dari 7  $\mu$ W. Lampu ini tidak memerlukan filter karena me-ancarkan cahaya pada panjang gelom-bang tertentu pada kisaran *photo absorptioncomphorquinone* yaitu 400 nm – 500 nm. Sinar yang dipancarkan LED ber-guna semua dalam proses polimerisasi, juga mempunyai kemampuan yang konstan tanpa penurunan intensitas karena pemakaian dan tidak terlalu sering memerlukan penggantian dioda.<sup>4</sup> Se-lama pemakaian LED tidak menghasilkan panas sehingga kipas pendingin tidak diperlu-kan.

Teknik *curing* dengan me-ningkatkan intensitas dari kecil ke besarmenghasilkan pengerutan yang paling sedikit dan berpotensi mengoptimalkan polimerisasi.<sup>5</sup> *Light curing* LED yang ada saat ini dilengkapi dengan be-berapa metode penyinaran, yaitu metode konvensional (*fast curing*) dan metode lambat (*soft start*). Teknik penyinaran *soft start* me-rupakan metode dengan tingkat penyinaran yang lambat, menghasilkan aliran resin yang lebih tinggi sehingga mengurangi tekanan kon-traksi polimerisasi pada restorasi resin kom-posit.

Penyinaran *soft start* dibagi menjadi 3 macam teknik, yaitu *stepped soft start*, *ramped* dan *pulse-delayed*. Teknik *stepped soft start* memancarkan penyinaran rendah selama 10 detik dan bertambah segera menuju nilai maksimum selama penyinaran. Pada

teknik *ramped*, penyinaran bertambah secara ber-tahap dari nilai rendah menuju intensitas maksimum selama 10 detik setelah itu intensitasnya konstan selama penyinaran. Teknik *Pulse delay*, penyinaran pada intensitas rendah, kemudian ada fase penundaan dan terakhir penyinaran lama dengan intensitas penuh. Sebagian besar penelitian laboratorium menyatakan bahwa polimerisasi dengan penyinaran *soft start* menguntungkan, tetapi beberapa penelitian lain menunjukkan tidak ada perbedaan. Penyinaran konvensional dengan intensitas tinggi menghasilkan tekanan kontraksi yang lebih tinggi selama polimerisasi.

Beberapa penelitian dalam literatur menunjukkan, lama penyinaran penting untuk meningkatkan sifat mekanik resin komposit. Selain itu intensitas sinar merupakan faktor yang penting untuk mencapai efektifitas polimerisasi. Hasil polimerisasi terbaik dapat dicapai dengan waktu penyinaran 20 dan 30 detik dengan intensitas sinar antara  $500 \text{ mW/cm}^2$  sampai dengan  $600 \text{ mW/cm}^2$ .

*Adhesive joint* adalah hasil interaksi dari lapisan bahan perantara (adhesif) dengan dua permukaan (adherend) yang melekatkan dua *interface* adhesif. Suatu *bonding agent* enamel yang melekatkan enamel yang teretsa dengan komposit merupakan contoh *adhesive joint*.<sup>9</sup> Untuk adhesi yang baik, kontak yang rapat harus

tercapai antara adhesif dan substrat (enamel atau dentin). Oleh karena itu, tegangan permukaan dari adhesif harus lebih rendah daripada energi permukaan enamel dan dentin. Kekuatan pelekatan diperhitungkan sebagai kekuatan mekanis awal yang membuat fraktur dan hampir semua kekuatan pelekatan dikategorikan sebagai kekuatan tarik pelekatan.

Parameter yang sering digunakan di laboratorium untuk mengukur pelekatan bahan restorasi pada dentin adalah dengan menggunakan uji kekuatan tarik. Derajat konversi dari *dentin bonding agent* secara langsung berhubungan dengan kekuatan pelekatan. Derajat konversi merupakan jumlah karbon ikatan rangkap pada monomer yang dikonversi menjadi karbon ikatan tunggal dalam reaksi polimerisasi yang membentuk rantai polimer. Adhesif dentin *dual cured* mempunyai tingkat polimerisasi lebih baik dan kekuatan pelekatan lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan adhesif dentin yang hanya *photo cured*. Tingkat polimerisasi menunjukkan jumlah monomer sisa dalam reaksi polimerisasi. Reaksi polimerisasi dengan monomer sisa yang sedikit menunjukkan semakin banyak rantai polimer yang terbentuk. *Resin tag* yang dibentuk rantai polimer yang lebih banyak menunjukkan sifat fisik yang lebih kuat. *Resin tag* dengan sifat fisik

yang kuat berhubungan dengan kekuatan pelekatan bahan adhesif.<sup>11</sup>

Dengan diperkenalkannya *SELF-ADHESIVE DUAL-CURED RESIN CEMENT* sementasi *inlay, onlay, veneer, crown* yang terbuat dari material keramik maupun indirek resin komposit mulai banyak dilakukan, namun data tentang pengaruh teknik penyinaran terhadap kekuatan tarik pelekatan *self-adhesive dual-cured resin cement* terhadap dentin belum banyak dipublikasikan. Adapun prosedur penyinaran se-ringkali diabaikan. Dengan 3 teknik penyinaran yang berbeda terhadap *self-adhesive dual-cured resin cement* perlu diketahui pengaruh teknik penyinaran terhadap kekuatan tarik pelekatan *self-adhesive dual-cured resin cement* dengan dentin.

#### METODE PENELITIAN

Penelitian diawali dengan pembuatan alat cetak A terbuat dari akrilik berbentuk segi 6 dengan tebal 3 mm dan di bagian tengah terdapat lubang berbentuk kerucut terpancung dengan ukuran diameter dasar 5 mm dan diameter puncak 3 mm. Alat cetak B terbuat dari akrilik berbentuk segi enam dengan tebal 12 mm dan di bagian tengah terdapat lubang berbentuk kerucut terpancung dengan ukuran diameter dasar kerucut 15 mm dan diameter puncak kerucut 9 mm. 27 gigi premolar yang telah dipersiapkan dimasukkan kedalam cetak-an B,

kemudian difiksasi dengan resin akrilik *self cured*. Gigi dibagi kedalam 3 kelompok perlakuan, masing-masing kelompok terdiri atas 9 gigi. Kelompok I diletakkan pada alat cetak A dan diaplikasikan *self adhesive dual cured resin cement*. Penyinaran dengan teknik *stapped soft start* selama 40 detik. Kelompok II diletakkan pada alat cetak A dan diaplikasikan *self adhesive dual cured resin cement*. Penyinaran dengan teknik *ramped* selama 40 detik. Kelompok III diletakkan pada alat cetak A dan diaplikasikan *self adhesive dual cured resin cement*. Penyinaran dengan teknik *pulse delay* selama 40 detik. Ketiga kelompok perlakuan direndam dalam saliva buatan selama 24 jam dan disimpan di dalam inkubator dengan suhu 37°C, kemudian dilakukan uji kekuatan tarik pelekatan dengan menggunakan *universal testing machine*. Data yang diperoleh dimasukkan kedalam rumus dan dilakukan analisa statistik anava satu jalur, dilanjutkan uji LSD.

#### HASIL PENELITIAN

3 kelompok perlakuan, masing-masing kelompok terdiri atas 9 gigi. Rerata kekuatan tarik perlekatan *self adhesive dual cured resin cement* pada dentin yang tertinggi adalah pada kelompok teknik penyinaran *pulse delay* yaitu 5,32±1,45 Mpa. Rerata kekuatan tarik pelekatan *self adhesive dual cured resin cement* pada dentin yang terendah

adalah pada kelompok teknik penyinaran *stepped soft start* yaitu  $3,58 \pm 0,80$  Mpa

Berdasarkan uji normalitas diperoleh nilai *Shapiro wilk* hasil penelitian diperoleh nilai untuk *stepped soft start* 0,965, *ramped* 0,922 dan *pulse delay* 0,954, nilai  $p > 0,05$ . Hal ini berarti data terdistribusi normal. Hasil analisis uji homogenitas diperoleh nilai 1,853, dengan nilai  $p = 0,178$ ,  $p > 0,05$ . Hal ini berarti terdapat homogenitas variansi antar kelompok perlakuan.

Hasil uji ANOVA satu jalur, terdapat perbedaan yang bermakna pada teknik penyinaran *soft start* *stapped*, *ramped* dan *pulse delay* terhadap kekuatan tarik pelekatan self adhesive dual cured resin cement pada dentin ( $p \leq 0,05$ ). Hasil uji LSD menunjukkan bahwa terdapat perbedaan bermakna antara teknik penyinaran *stepped soft start* dan *pulse delay* ( $p \leq 0,05$ ) namun tidak ada perbedaan yang bermakna terhadap kekuatan tarik pelekatan self adhesive dual cured resin cement pada dentin dengan teknik penyinaran *stepped soft start* dibandingkan *ramped* dan *ramped* dibandingkan dengan *pulse delay* ( $p > 0,05$ ).

## PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kekuatan tarik pelekatan pada kelompok yang diuji. Analisis statistik menggunakan uji anava satu jalur menunjukkan

perbedaan diantara kelompok *stapped*, *ramped* dan *pulse delay* ( $p < 0,05$ ). Hasil ini sesuai dengan hipotesis penelitian yang menyatakan bahwa terdapat pengaruh cara penyinaran (*stepped soft start*, *ramped* dan *pulse delay*) terhadap kekuatan tarik pelekatan self adhesive dual cured resin cement pada dentin.

Hasil uji LSD menunjukkan kekuatan tarik pelekatan self adhesive dual cured resin cement pada dentin menggunakan teknik penyinaran *pulse delay* lebih besar dibandingkan *stepped soft start* ( $p < 0,05$ ). Teknik penyinaran *pulse delay* meningkatkan derajat konversi self adhesive dual cured resin cement sehingga meningkatkan kekuatan tarik pelekatan dibanding teknik *stepped soft start*. Derajat konversi dari *dentin bonding agent* secara langsung berhubungan dengan kekuatan pelekatan.

Hasil uji LSD teknik penyinaran *pulse delay* dibandingkan *ramped* dan *stepped soft start* dibandingkan *ramped* tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna pada kekuatan tarik pelekatan self adhesive dual cured resin cement pada dentin ( $p > 0,05$ ). Berdasarkan hasil penelitian perbedaan bermakna hanya pada kelompok *stepped soft start* dengan kelompok *pulse delay*. Hal ini kemungkinan karena pada teknik *pulse delay* terdapat periode gelap dan periode terang dari paparan sinar. Selama periode gelap, reaksi polimerisasi berkurang sehingga dengan

pe-nundaan lebih lama menyebabkan sejumlah besar rantai polimer mengalami relaksasi yang menyebabkan masa polimerisasi awal lebih panjang. Pada polimerisasi awal material semen resin belum bersifat rigid sehingga cukup potensial untuk menghilangkan tekanan pada gerakan molekul. Ini adalah saat yang kritis yang disebut “gel point” atau lebih tepat disebut “gel range”, karena terkait dengan tahapan reaksi polimerisasi dimana telah terjadi ikatan silang atau *cross-linked* untuk membentuk fase *gel*.

Teknik *pulse delay* kemungkinan juga meningkatkan derajat konversi dari *self adhesive dual cured resin cement*. Peningkatan derajat konversi ini meningkatkan kekuatan pelekatan dari *self adhesive dual cured resin cement*. Derajat konversi dari *dentin bonding agent* secara langsung berhubungan dengan kekuatan pelekatan. Paparan sinar dari intensitas rendah dengan diselingi periode gelap kemungkinan berperan dalam proses peningkatan jumlah rantai karbon ikatan tunggal (C-C) dari monomer yang sebelumnya merupakan rantai karbon ikatan rangkap (C=C). Jumlah rantai karbon ikatan tunggal yang bertambah menunjukkan jumlah monomer sisa yang tidak berikatan semakin sedikit dalam suatu reaksi polimerisasi. Ini menjadi penting karena jumlah monomer sisa menunjukkan tingkat reaksi polimerisasi semen resin. Semakin sedikit monomer

sisa berarti reaksi polimerisasi mendekati sempurna. Reaksi polimerisasi yang mendekati sempurna akan menghasilkan struktur polimer yang semakin kuat. Struktur polimer yang kuat menunjukkan *microtag* yang terbentuk memiliki struktur fisik yang kokoh juga. *Microtag* berperan dalam kekuatan pelekatan dari *self adhesive dual cured resin cement*. Derajat konversi disini dapat menjelaskan hubungan antara reaksi polimerisasi yang mendekati sempurna akan menghasilkan *bond strength* yang tinggi karena *microtag* yang terbentuk mempunyai struktur fisik yang lebih kokoh sehingga mampu menahan gaya tarik yang lebih besar.

Teknik penyinaran *ramped* dibandingkan *pulse delay* dalam uji LSD tidak menunjukkan perbedaan bermakna ( $p < 0,05$ ). Hal ini kemungkinan sifat paparan sinar *ramped* juga berperan dalam peningkatan derajat konversi. Pemaparan sinar dari intensitas rendah yang secara kontinyu bertambah besar intensitasnya hingga mencapai intensitas maksimal (dari intensitas  $450 \text{ mW/cm}^2$  hingga intensitas maksimal  $880 \text{ mW/cm}^2$ ) dengan jarak sumber sinar 5 mm dan mendekat hingga 1 mm. Penempatan sumber sinar dengan jarak 5 mm dengan intensitas awal  $450 \text{ mW/cm}^2$  memberikan energi yang minimal pada proses polimerisasi aktivasi sinar. Intensitas sinar LED yang di rekomendasikan untuk meningkatkan

kualitas polimerisasi adalah dibawah 233 mW/cm<sup>2</sup>.<sup>15</sup> Sumber sinar dengan jarak 5 mm dan intensitas awal 450 mW/cm<sup>2</sup> jika dikonversi kedalam energi yang sampai pada permukaan semen resin mungkin mendekati angka 233 mW/cm<sup>2</sup>. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya maka teknik penyinaran *ramped* juga terbukti meningkatkan derajat konversi *self adhesive dual cured resin cement*.

Reaksi polimerisasi dengan aktivasi kimia menghasilkan lebih banyak monomer sisa. Bahan berbasis resin dengan aktivasi sinar menghasilkan polimerisasi yang lebih baik dibandingkan dengan aktivasi kimia. Jenis sinar, metode penyinaran, kuantitas dan kualitas sinar mempengaruhi polimerisasi bahan berbasah dasar resin ini. Penelitian ini menggunakan semen resin *dual cured* yang berarti aktivasi polimerisasi terjadi secara kimia dan aktivasi sinar. Pada pelaksanaan penelitian setelah dilakukan aplikasi *self adhesive dual cured* ditunggu 5 menit agar reaksi polimerisasi aktivasi kimiawi mencapai *setting* awal terlebih dahulu. *Setting* awal reaksi polimerisasi ini berhubungan dengan *bond strength* dari *self adhesive dual cured resin cement*. Pemaparan sinar pada *self adhesive dual cured resin cement* bertujuan untuk menyempurnakan reaksi polimerisasi sehingga semakin meningkatkan *bond strength* dari material semen resin ini.

Kedalaman penetrasi monomer semen resin kedalam dentin dan waktu kontak yang tidak mencukupi antara semen resin dan permukaan dentin sebelum polimerisasi sinar mempengaruhi *bond strength* yang dihasilkan *self adhesive dual cured resin cement*. Pada penelitian yang telah dilakukan dengan menunggu 5 menit sebelum dimulai aktivasi sinar akan menambah *bond strength* dari *self adhesive dual cured resin cement*.<sup>17</sup>

Penambahan waktu kontak *self adhesive dual cured resin cement* dan dentin sebelum diaktivasi sinar mungkin meningkatkan peng-kondisian permukaan dentin dan penyerapan monomer resin sehingga menjadikan penyatuan semen resin dengan dentin lebih efektif. *Setting* awal sangat penting bagi *intra-restorasi*, periode 10 menit dianggap waktu yang cukup memadai bagi semen resin sebagai *luting agent* untuk *setting* awal yang optimal.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh teknik penyinaran (*stapped soft start, ramped* dan *pulse delay*) *self adhesive dual cured resin cement* terhadap kekuatan tarik pelekatan pada dentin dapat disimpulkan bahwa :

1. Teknik penyinaran berpengaruh terhadap kekuatan tarik pelekatan

self adhesive dual cured resin cement pada dentin.

2. Kekuatan tarik pelekatan pada kelompok *pulse delay* lebih besar dibandingkan dengan kelompok *stapped*, tetapi pada kelompok *stepped soft start* dibandingkan *ramped* dan *ramped* dibandingkan *pulse delay* tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

### SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka penulis mengajukan saran perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh lama periode gelap pada teknik penyinaran *pulse delay* terhadap kekuatan tarik pelekatan *self adhesive dual cured resin cement* pada dentin. Penulis juga menyarankan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap lepasnya ikatan yang terjadi pada *self adhesive dual cured resin cement* terhadap dentin apakah kegagalan kohesi, kegagalan adhesi atau karena kegagalan adhesi dan kohesi.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Papazoglou, E., Rahiotis, C., Kakaboura, A. and Loukidis, M; Curing efficacy of a photo and dual cured resin cement polymerized through 2 ceramics and resin composite. *Int J Prosthodont*, 2006: 19:34-36
2. Capa, N., Ozkurt, Z., Canpolat, C. and Kazazoglu, E; Shear Bond strength of luting agent to fixed prosthodontic restorative core materials. *Australian Dental Journal*, 2009:54:334-340
3. Piwowarczky A, Laurer G, Gondo R, and Fundingsland JW; In vitro bondstrength of cementing agents to fixed prosthodontic restorative material. *J Prosthet Dent*, 2004:92:265-273
4. Yazici, A.R., Kugel, G and Gul, G; The knoop hardness of a composite resin polymerized with different curing light and different modes. *J Contemp Dent Pract*, 2007:8(2):52-59
5. Sajjan, R.M.G.S., Kusmaraswamy, B.N., dan Mittal, N; Effect of different placement techniques on marginal microleakage of deep class-II cavities restored with two composite resin formulations, *J Conserv Dent*, 2010:13(1): 9-15.
6. Yoshikawa, T., Burrow, M.F., dan Tagami, J; A light curing method for improving marginal sealing and cavity wall adaptation of resin composite restorations, *Dent Mater*, 2001:17: 359-366.
7. Yap, A.U., Soh, M.S., dan Siow, K.S; Post-gel shrinkage with pulse activation and soft-start polymerization, *Oper. Dent*, 2002:8:1-7.
8. Yap AU, Seneviratne C; Influence of light energy density on effectiveness of composite cure. *Oper Dent*, 2001:26(5) :460-6.
9. Bayne, S.C., Thompson, J.Y. and Taylor, D.F; Dental materials. In: Roberson TM, Heymann HO, Swift EJ, eds. *Strudevant's Art and Science of Operative Dentistry*. 4th ed. St. Louis, MO: Mosby, 2002:134-234; 177-191
10. Craig, G. and Powers, J.M., eds; Bonding to dental substrats. In : *Restorative dental materials*. 11th ed. Missouri : Mosby, Inc, 2002:260-278
11. Demarco, F.F., Turbino, M.I. and Matson, E., et al; Tensile bond strength of two dentin adhesive systems. *Braz Dent J*, 1998:12(2) : 75-79
12. Obici AC, Sinhoreti MA, Correr Sobrinho L, de Goes MF, Consani

- S; Evaluation of depth of cure and knoop hardness in a dental composite photoactivated using different methods. *Braz Dent J*, 2004;15(3):199-203.
13. Ferracane JL; Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater*, 1985;1(1):11-4.
  14. Sakaguchi, R.L., Wiltbank, B.D, & Murchison, C.F; Contraction force rate of polymer composites is linearly correlated with irradiance *Dental Materials*, 2007;20(4) 402-407.
  15. Rueggeberg, F.A., Caughman, W.F., Curtis, J.W.Jr; Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent*, 1994;19(1):26-32.
  16. Williams, P.T. and Johnson, L.N; Composite resin restoratives revisited. *J Can Dent Assoc*, 1993;59(6):538-543.
  17. Benetti, P., Fernandes, Jr.V.V.B.F., Torres, C.R.G. and Pagani, C; Bonding efficacy of new self-etching, self adhesive dual curing resin cements to dental enamel. *J Adhes Dent*, 2011;13:231-234