

**PENGARUH SILANE TERHADAP KEKUATAN GESER PELEKATAN REPARASI
RESIN KOMPOSIT NANOHIRIDA DENGAN RESIN KOMPOSIT BULKFILL VIBRASI
SONIK DISERTAI
ANALISIS TIPE KEGAGALAN**

Andina Novita Sari*, Tri Endro Untara** dan Diatri Nari Ratih**

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

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

ABSTRAK

Kerusakan sebagian restorasi resin komposit dapat diatasi dengan reparasi menggunakan resin komposit baru. Kekuatan pelekatan antara resin komposit lama dan baru ditingkatkan dengan perlakuan permukaan, termasuk pemberian *intermediate agent*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *silane* terhadap kekuatan geser pelekatan reparasi resin komposit nanohibrida dengan resin komposit bulkfill vibrasi sonik disertai analisis tipe kegagalan.

Enam belas objek penelitian dikenakan proses penuaan yaitu dengan perendaman dalam asam sitrat 37⁰⁹C, pH 3 selama 1 minggu. *Intermediate agents* yang digunakan adalah: (Kelompok 1) aplikasi bahan bonding (*Optibond Solo Plus, Kerr*); (Kelompok 2) silanisasi (*Ceramic primer, 3M ESPE*) dilanjutkan aplikasi bahan bonding (*Optibond Solo Plus, Kerr*). Resin komposit *bulkfill* vibrasi sonik (*SonicFill, Kerr*) kemudian dilekatkan pada substrat, dan dilakukan uji kekuatan geser pelekatan reparasi dilanjutkan analisis tipe kegagalan.

Hasil independent *t-test* menunjukkan terdapat perbedaan yang bermakna antara 2 kelompok ($p < 0,05$). Analisis tipe kegagalan menunjukkan bahwa kegagalan kohesif paling dominan di antara 2 kelompok.

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kombinasi *silane-bonding* mempunyai kekuatan geser pelekatan reparasi yang lebih baik daripada aplikasi *bonding* saja.

Kata kunci: *silane*, reparasi, kekuatan geser pelekatan, nanohibrida, *bulkfill*, vibrasi sonik, tipe kegagalan

ABSTRACT

In some clinical situation, repair of composite restorations is a treatment of choice. Improving the bond strength between new and old composite usually requires surface treatment including intermediate bonding agents. The purpose of this study was to investigate the effect of silane on the shear bond strength and failure type of nanohybrid composite resin and sonic vibration bulkfill composite resin repair.

Sixteen nanohybrid composite resin specimens were assigned to aging condition, immersion in citric acid at 37⁰⁹C, pH 3 for 1 week. Two intermediate bonding agents were selected: (group 1) application of bonding agent (Optibond Solo Plus, Kerr); (group 2) silanization (Ceramic primer, 3M ESPE) followed by bonding agent application (Optibond Solo Plus, Kerr). Sonic vibration bulkfill composite resin (SonicFill, Kerr) were adhered onto the substrate, and repair shear bond strength were determined, followed by failure type analysis.

Independent t-test showed that there were significant differences between 2 groups ($p < 0,05$). Failure type analysis showed that regardless the intermediate agent used, cohesive failure were dominant.

In this study, it was concluded that combination of silane-bonding agent had a better shear bond strength than bonding agent only.

Keywords : *silane*, repair, shear bond strength, nanohybrid, *bulkfill*, sonic vibration, failure type

PENDAHULUAN

Bahan restorasi yang baik dan dapat mengembalikan estetik merupakan kebutuhan masyarakat dewasa ini. Akhir-akhir ini bahan restorasi resin komposit sangat populer dan disukai penggunaannya, baik dokter gigi maupun pasien. Resin komposit terus mengalami evolusi untuk menjadi material yang adekuat untuk pemakaian klinis. Salah satunya adalah dikembangkannya resin komposit dengan teknologi nano, seperti resin komposit nanohibrida dan nanofiller. Resin komposit ini mempunyai pengerutan polimerisasi yang rendah dan sifat estetik yang baik, serta sifat fisik yang sebanding dengan resin komposit hibrida dan mikrofil¹.

Resin komposit juga memiliki keterbatasan, salah satunya adalah terjadinya pengerutan polimerisasi. Untuk mengurangi jumlah pengerutan, dianjurkan untuk menempatkan resin komposit secara berlapis (*incremental*). Namun apabila tidak dilakukan dengan benar maka bisa timbul celah di restorasi yang dapat menyebabkan sensitivitas pasca penempatan dan karies sekunder. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, beberapa perusahaan mengembangkan resin komposit dengan metode *bulkfill*. Metode *bulkfill* adalah metode penempatan resin komposit dimana keseluruhan kavitas diisi dalam satu tahap pengisian kemudian disinari.

Terdapat instrumen yang menggunakan vibrasi untuk kondensasi material. Prinsipnya vibrasi dapat menurunkan viskositas resin komposit sehingga memungkinkan material tersebut mengalir dan lebih mudah beradaptasi ke dinding kavitas tanpa terjadi gelembung udara. *SonicFill* (*Kerr Corporation*) merupakan resin komposit nanohibrida dengan *modifiers* khusus yang diaktivasi dan dimasukkan dalam kavitas menggunakan *handpiece* dengan vibrasi sonik³. Kedalaman *curing* yang mencapai 5 mm dan pengerutan polimerisasi yang rendah (1,6%), memungkinkan *SonicFill* diaplikasikan secara *bulkfill*⁴.

Restorasi resin komposit mengalami degradasi seiring waktu (Ortengren dkk., 2001). Penuaan resin komposit secara *in vivo* meliputi diskolorasi, kebocoran mikro, aus, tepi tumpatan terbuka, dan fraktur sehingga membutuhkan perbaikan atau penggantian restorasi. Penggantian restorasi total sering dilakukan pada praktek klinis sehari-hari⁵. Metode tersebut dirasakan sebagai perawatan yang berlebihan, karena pada kebanyakan kasus, sebagian besar restorasi masih dalam keadaan baik secara klinis maupun radiografis. Penggantian restorasi total malah bisa mengakibatkan pelemahan struktur gigi, pengurangan gigi sehat, cedera berulang pada pulpa⁶, serta waktu kerja dan biaya yang lebih besar pula⁷.

Salah satu konsep *minimal invasive dentistry* adalah memperbaiki kerusakan pada restorasi dengan melapisi resin komposit baru pada resin komposit yang sudah ada. Masalah utama pada prosedur ini adalah pembentukan pelekatan yang tahan lama antara resin komposit yang baru dengan resin komposit lama⁸. Kekuatan pelekatan pada reparasi resin komposit hanya mencapai 20-80% dari kekuatan pelekatan awal⁹.

Ketahanan reparasi restorasi resin komposit tergantung pada metode perlakuan permukaan dan usia restorasi. Ketika selapis resin komposit ditambahkan pada resin komposit segera setelah polimerisasi, pelekatan antara kedua lapisan terjadi dengan adanya monomer sisa pada *oxygen inhibited layer*. Monomer sisa ini akan akan berpolimerisasi dengan resin komposit yang baru.

Resin komposit yang telah mengalami penuaan akan kehilangan monomer sisa seiring waktu, oleh karena itu terdapat beberapa teknik yang dianjurkan untuk memaksimalkan kekuatan reparasi resin komposit meliputi perlakuan permukaan dengan meningkatkan kekasaran permukaan, dan aplikasi *intermediate agent* seperti pemberian *silane*, aplikasi bahan bonding, dan aplikasi komposit *flowable*.

Silane dapat berikatan secara kimiawi dengan *filler* pada resin komposit lama. Aplikasi *silane* pada reparasi

resin komposit juga dapat meningkatkan *wetting* pada permukaan resin komposit lama sehingga meningkatkan adhesi resin komposit.

Anjuran aplikasi *silane* pada prosedur reparasi resin komposit masih belum ditetapkan karena pada beberapa penelitian didapatkan bahwa aplikasi *silane* dan bahan adhesif meningkatkan kekuatan pelekatan reparasi hanya sedikit lebih besar daripada aplikasi tunggal bahan adhesif. Selain itu permukaan email dan dentin yang terkontaminasi cairan *silane* dapat menurunkan kekuatan pelekatan selama proses reparasi.

METODE PENELITIAN

Enam belas alat cetak yaitu kavitas berbentuk tabung dengan diameter 5 mm dan tinggi 4 mm kemudian dilakukan penempatan resin komposit nanohibrida (*Premisa, Kerr Corp., USA*) secara *incremental* dengan ketebalan resin komposit 2 mm tiap aplikasi. Objek penelitian dikenakan proses penuaan yaitu dengan perendaman dalam asam sitrat 37⁰⁹C, pH 3 selama 1 minggu.

Pengasaran permukaan resin komposit dengan menggunakan amplas 320 gritt di bawah air mengalir selama 1 menit dengan gerakan dan tekanan yang stabil sampai permukaan resin komposit rata dengan cetakan resin akrilik. Aplikasi asam fosfat 37% (*Scotch bond Etching Liquid Dental Etchant, 3M*

ESPE, St.Paul, MN, USA) ke permukaan resin komposit menggunakan *microbrush*.

Objek penelitian dibagi secara acak menjadi 2 kelompok. *Intermediate agents* yang digunakan adalah: (Kelompok 1) aplikasi bahan bonding (*Optibond Solo Plus, Kerr*); (Kelompok 2) silanisasi (*Ceramic primer, 3M ESPE*) dilanjutkan aplikasi bahan bonding (*Optibond Solo Plus, Kerr*). Resin komposit *bulkfill* vibrasi sonik (*SonicFill, Kerr*) kemudian dilekatkan pada substrat. Semua objek penelitian direndam dalam air destilasi pada inkubator bersuhu 37°C selama 24 jam sebelum dilakukan pengujian kekuatan pelekatan.

. Uji kekuatan geser dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine (Zwick, USA)* dengan kecepatan 1 mm/menit. Analisis tipe kegagalan ditentukan dengan pengamatan menggunakan mikroskop optic pembesaran 100 kali.

HASIL PENELITIAN

Terdapat 16 objek penelitian yang dibagi dalam 2 kelompok perlakuan, yaitu kelompok pertama adalah kelompok dengan perlakuan bonding, sedangkan kelompok kedua adalah kelompok perlakuan kombinasi *silane* dan bonding. Hasil pengukuran kekuatan geser pelekatan pada dua kelompok tersebut ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rerata dan standar deviasi (SD) uji kekuatan geser pelekatan pada

reparasi resin komposit nanohibrida menggunakan bonding dan kombinasi *silane*-bonding.

| Kelompok | n | Kekuatan geser Rerata ± SD |
|--------------------|---|-------------------------------|
| Bonding | 8 | 16,06 ± 4,10 |
| Silane- bonding | 8 | 23,05 ± 7,68 |

Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata kekuatan geser pelekatan reparasi kelompok *silane*-bonding lebih besar dibandingkan kelompok bonding.

Uji normalitas Saphiro-Wilk diketahui bahwa nilai signifikansi kelompok bonding sebesar 0,711 dan kelompok *silane*-bonding sebesar 0,078. Data pada semua kelompok mempunyai nilai signifikansi > 0,05. Hal ini berarti data terdistribusi normal. Berdasarkan uji homogenitas dengan *Levene's test* diketahui bahwa nilai signifikansinya 0,055 > 0,05. Hal ini berarti bahwa variansi antar kelompok perlakuan homogen.

Setelah memenuhi uji normalitas dan homogenitas dapat dilakukan *independent sample t-test*. Uji ini untuk menguji perbedaan kekuatan geser pelekatan reparasi resin komposit nanohibrida dengan resin komposit *bulkfill* vibrasi sonik menggunakan bonding dan kombinasi *silane*-bonding. Terdapat perbedaan yang bermakna atau signifikan jika nilai signifikansinya < 0,05.

Hasil *independent sample t-test* pada penelitian ini ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. *Independent t-test* uji kekuatan geser pelekatan reparasi resin komposit nanohibrida dengan resin komposit *bulkfill* vibrasi sonik menggunakan bonding dan kombinasi *silane*-bonding.

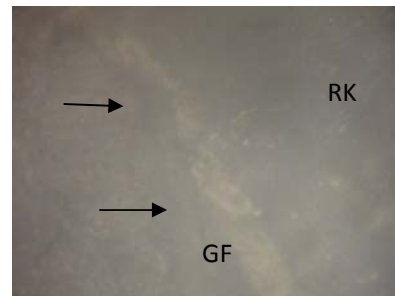
| | t | p |
|----------------|---------|--------|
| Kekuatan geser | - 2.269 | 0.040* |

*Perbedaan yang signifikan

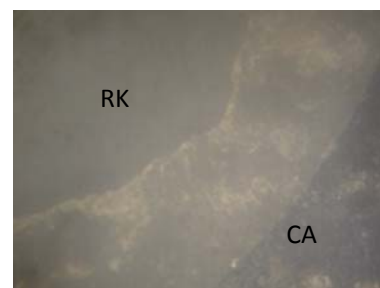
Berdasar tabel 2, diketahui bahwa hasil *independent t-test* pada penelitian ini mempunyai signifikansi 0,04. Nilai signifikansi $0,04 < 0,05$ yang berarti terdapat perbedaan yang bermakna/signifikan antara kekuatan geser pelekatan reparasi resin komposit nanohibrida dengan resin komposit *bulkfill* vibrasi sonik menggunakan bonding dan kombinasi *silane*-bonding.

Analisis tipe kegagalan ditentukan dengan pengamatan menggunakan mikroskop otik. Pembesaran yang digunakan sebesar 100 kali. Analisis ini meliputi 3 tipe kegagalan yaitu tipe tipe adhesif, kohesi pada resin komposit lama, atau kohesi pada resin komposit baru. Tampak garis fraktur pada resin komposit lama maka tipe kegagalan kohesi resin komposit lama. Tampak garis fraktur pada resin komposit baru maka tipe kegagalan kohesi resin komposit baru (Gambar 1). Tidak tampak garis fraktur pada resin komposit lama maupun baru me-

nunjukkan tipe kegagalan adhesif interfisial (Gambar 2).



Gambar 1. Tampak garis fraktur (GF) yang ditunjukkan dengan tanda panah pada resin komposit (RK). Garis fraktur ditemukan pada resin komposit lama maka tipe kegagalan kohesif pada resin komposit lama, dan apabila garis fraktur ditemukan pada resin komposit baru maka tipe kegagalan kohesif pada resin komposit baru.



Gambar 2. Tipe kegagalan adhesif interfisial. Pengamatan di bawah mikroskop optik menunjukkan tidak ada garis fraktur pada resin komposit (RK) lama maupun baru. *Intermediate agent*, CA = cetakan akrilik)

Hasil pengamatan kegagalan pelekatan pada dua kelompok penelitian ($n=8$) ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tipe kegagalan reparasi resin komposit nanohibrida dengan resin komposit *bulkfill* vibrasi sonik

| Tipe kegagalan | Kelompok | |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| | Kelompok I (bonding) | II (<i>silane</i> - bonding) |
| Adhesi | 2 (25%) | 1 (12,5%) |
| Kohesi resin komposit lama | 6 (75%) | 7 (87,5%) |
| Kohesi resin komposit baru | 0 (0%) | 0 (0%) |
| Total | 8 (100%) | 8 (100%) |

Tabel 3 menunjukkan bahwa pada kelompok bonding maupun kombinasi *silane*-bonding, kegagalan yang sering terjadi adalah kegagalan

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna antara kekuatan geser pelekatan reparasi resin komposit nanohibrida dengan resin komposit *bulkfill* vibrasi sonik menggunakan bonding dan kombinasi *silane*-bonding ($p < 0,05$). Hasil penelitian yang diperoleh sesuai dengan hipotesis penelitian yang menyatakan bahwa terdapat pengaruh aplikasi *silane* terhadap kekuatan geser pelekatan reparasi resin komposit nanohibrida dengan resin komposit *bulkfill* vibrasi sonik.

Kekuatan geser pelekatan reparasi resin komposit dengan aplikasi kombinasi *silane*-bonding lebih besar daripada aplikasi bonding saja. Hal ter-

sebut dikarenakan *silane* dapat menambah kekuatan pelekatan dengan berikatan secara kimiawi dengan *filler* pada resin komposit lama. *Silane* merupakan molekul dengan dua gugus fungsional yaitu gugus silanol yang bereaksi dengan gugus inorganik (partikel *filler* inorganik pada permukaan resin komposit lama) dan gugus organofungsional yang bereaksi dengan gugus organik (monomer pada bahan bonding). Selain itu *silane* juga meningkatkan *wettability* permukaan bahan bonding sehingga dapat lebih mudah menginfiltrasi ke dalam iregularitas resin komposit yang telah dilakukan pengasaran.

Resin komposit nanohibrida yang digunakan dalam penelitian ini merupakan resin komposit *high-volume* (84% *weight*, 70% *volume*). Besarnya volume *filler* resin komposit akan meningkatkan ikatan kimiawi dengan *silane*. Jumlah *filler* yang terdapat pada resin komposit lama yang akan berikatan secara kimia dengan *silane* akan berpengaruh pada kekuatan pelekatan reparasi. Boyer dkk (1984) menyatakan bahwa resin komposit dengan volume *filler* yang banyak mempunyai kekuatan pelekatan yang tinggi.

Reparasi restorasi resin komposit dicapai dengan melapisi resin komposit yang ada dengan resin komposit baru²⁰. Efektivitas pelekatan antara substrat resin komposit lama dengan resin komposit baru merupakan per-

hatian utama para klinisi yang akan melakukan reparasi restorasi resin komposit. Kekuatan pelekatan resin komposit yang telah mengalami penuaan di lingkungan rongga mulut menurun sebesar 25-80% dibandingkan kekuatan kohesif resin komposit awal. Tidak ditemukan data pada literatur mengenai besarnya kekuatan pelekatan reparasi yang adekuat untuk menahan tekanan pengunyahan, namun kekuatan pelekatan reparasi resin komposit lebih dari 18 MPa dilaporkan dapat memberikan hasil yang dapat diterima secara klinis. Pada penelitian ini didapatkan hasil kekuatan geser pelekatan reparasi dengan aplikasi kombinasi *silane*-bonding yaitu 23,05 MPa, telah memenuhi nilai tersebut.

Penggunaan bahan bonding akan meningkatkan kekuatan pelekatan reparasi. Bahan bonding menciptakan pelekatan kimiawi antar resin komposit dengan polimerisasi antara monomer resin baru dengan monomer sisa yang belum bereaksi²³. Bahan bonding menyebabkan penetrasi monomer ke dalam permukaan resin komposit yang tidak beraturan menghasilkan lapisan yang tidak terpolimerisasi yang disebabkan oleh efek inhibisi oksigen. Lapisan ini akan membantu pelekatan dengan resin komposit baru²⁴.

Pada penelitian ini, kelompok aplikasi bonding tunggal memiliki rerata kekuatan geser 16,06 MPa. Nilai ini belum dapat memenuhi nilai kekuatan

pelekatan reparasi yang disarankan oleh Yesilyurt dkk. (2009), yaitu sebesar >18 MPa. Rendahnya kekuatan pelekatan reparasi pada kelompok bonding tunggal mungkin disebabkan oleh jumlah monomer sisa resin komposit lama yang berikatan dengan bahan bonding telah berkurang. monomer sisa adalah komponen utama yang dilepaskan resin komposit setelah polimerisasi selama 7 hari pertama²⁵.

Hasil analisis tipe kegagalan pada penelitian ini menunjukkan bahwa tipe kegagalan yang paling banyak terjadi adalah kegagalan tipe kohesi pada resin komposit lama. Kegagalan kohesi mengindikasikan bahwa kekuatan pelekatan adhesi di bagian interfisial melebihi kekuatan kohesi di resin komposit. Hal tersebut mengindikasikan bagian yang paling lemah dalam pelekatan reparasi resin komposit bukanlah pada bagian interfisial adhesif melainkan pada resin komposit itu sendiri²⁶.

Kegagalan kohesi sebagian besar terjadi pada resin komposit lama dan bukan pada resin komposit baru. Hal ini dikarenakan bagian interfisial resin komposit lama telah mengalami degradasi akibat proses penuaan. Temuan ini sesuai dengan temuan Boyer dkk⁸ yaitu kekuatan kohesif resin komposit bervariasi tergantung dengan lama pemakaian. Resin komposit yang mengandung komponen hidrofilik, seperti TEGDMA pada matriksnya, akan lebih rentan terhadap degradasi matriks

karena penetrasi air yang mudah²⁷. Air dapat bertindak sebagai *plasticizer* yang dapat melemahkan struktur polimer²⁸.

Metode penuaan resin komposit dengan asam sitrat belum terlalu banyak dilakukan dalam penelitian, namun dapat digunakan untuk meniru efek yang ditimbulkan oleh makanan dan minuman asam. Perendaman resin komposit dalam asam sitrat terjadi dalam lingkungan cair dan pH yang rendah menyebabkan pelepasan *filler*, serupa dengan yang terjadi pada penuaan dengan perendaman dalam air selama 6 bulan.

Molekul air berdifusi ke dalam resin komposit dan mengisi ruang kosong antara rantai polimer yang menyebabkan pelunakan dan pembengkakan matriks polimer, dan juga menginisiasi pemotongan rantai polimer yang menyebabkan pelepasan monomer²⁸. Molekul air juga dapat mendegrasi ikatan siloxane (ikatan antara gugus silanol dan bahan *coupling silane*) melalui reaksi hidrolisis yang menyebabkan pelepasan *filler*²⁹. Perendaman dalam larutan asam menyebabkan pH yang rendah di dalam matriks resin yang dapat mengkatalisasi proses hidrolisis gugus ester monomer dimetakrilat membentuk asam karboksil dan alkohol. Reaksi tersebut dapat mempercepat degradasi dan pelepasan monomer .

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh *silane* terhadap kekuatan geser pelekatan reparasi resin komposit nanohibrida dengan resin komposit *bulkfill* vibrasi sonik disertai analisis tipe kegagalan dapat diambil kesimpulan bahwa kekuatan geser pelekatan reparasi resin komposit nanohibrida dengan resin komposit *bulkfill* vibrasi sonik menggunakan aplikasi kombinasi *silane*-bonding lebih besar daripada aplikasi bonding tunggal dan kegagalan yang sering terjadi pada kelompok bonding maupun kombinasi *silane*-bonding adalah kegagalan tipe kohesi pada resin komposit lama.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan disarankan: Aplikasi kombinasi *silane*-bonding dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan geser pelekatan reparasi resin komposit nanohibrida dengan resin komposit *bulkfill* ultrasonik dan penelitian selanjutnya bisa menggunakan media perendaman yang lain seperti perendaman dalam air teh atau asam cuka.

DAFTAR PUSTAKA

1. Mitra, S.B., WU D., dan Holes, B.N., An application of nanotechnology in advanced dental materials, *J Am Dent Assoc*, 2003, 134: 1382-90.
2. Powers, J.M., dan Wataha, J.C., 2008, *Dental Materials*

- Properties and Manipulation*, 9th ed, Mosby Elsevier, Missouri.
3. Sybron Dental Specialties Inc., 2011, *SonicFill™ System*, www.sonicfill.eu/
 4. Iovan, G., Stoleriu, S., Moldovanu A., Morogai, S., dan Andrian, S. 2011, SEM Study of the interface between the cavity wall and composite resin in cavities filler using vibration, *International Journal of Medical Dentistry*, 1(3): 254-258.
 5. Mjor, I.A., 1981, Placement and replacement of restorations, *Oper Dent*, 6: 49-54.
 6. Mjor, I.A., Moorhead, J.E., dan Dahl, J.E, 1999, Selection of restorative materials in permanent teeth in general dental practice, *Acta Odontol Scand*, 57: 257-262.
 7. Jokstad, A., Bayne, S., Blunck, U., Tyas, M., dan Wilson, N., 2001, Quality of dental restorations. FDI commission project 2-95, *Int Dent J*, 51: 117-158.
 8. Boyer, DB., Chan, K., dan Reindhart, J., 1984, Build-up and repair of light-cured composite: bond strength, *J Dent Rest*, 63: 1241-1244.
 9. Roulet, J.F, 1987, *Degradation of Dental Polymers*, Karger, Basel, Germany.
 10. Soderholm, K.J., Zigan, Ragan, M., Fischlschweiger, W., dan Bergman, M., 1984, Hydrolytic degradation of dental composites, *J Dent Res*, 63: 1248-1254.
 11. Shadad, S.A., dan Kennedy, J.G., 1998, Bond strength of repaired composite resins: an in vitro study, *J Dent*, 26: 685-694.
 12. Kawamoto, Y., Hinokiyama, N., Nemato, M, Shima, H., Kawahara, K., Shimada, K., Yoshinari, K., Asano, S., Kakehashi, Y., Aigarashi, T., SAitoh, M., dan Nishiyama, M., 2001, A study on repair restoration of high-filler content prosthetic composite resins-effect of surface treatment conditions on bending bond strength, *J Jpn Prosthodont Soc*, 45:632-641.
 13. Padipatvuthikul, P., dan Mair, L.H., 2007, Bonding of composite to water aged composite with surface treatments, *Dent Mater*, 23: 519-525.
 14. Papacchini, F., De Castro, F.L.A., Goracci, C., Sardella, T.N., Tay, F.R., Polimeni, A, Ferrari, M., dan Carvalho, R.M., 2006, An investigation of the contribution of silane to the composite repair strength over time using a double-sided microtensile test, *International Dentistry South Africa*, 8 (1): 26-37.
 15. Tezvergil, A., Lassila, LVJ., Vallittu, PK., 2003, Composite-composite repair bond strength: effect of different adhesion primers, *Journal of Dentistry*, 31: 521-525.
 16. Ozcan, M., Alexander, P., Vallittu, P.K., Huysman, M.C., dan Kalk, W., 2005, Effect of three surface conditioning methods to improve bond strength of particulate filler resin composites, *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. 16: 21-27.
 17. Fawzy, A.S., El-Askary, F.S., dan Amer, M.A., 2008, Effect of surface treatments on the tensile bond strength of repaired water-aged anterior restorative microfine hybrid resin composite, *J Dent*, 36: 969-976.
 18. Hamano, N., Chiang, YC., Nyamaa, I., Yamaguchi, H., Ino, S., Hickel, R., dan Kunzelmann, KH., 2011, Effect of different surface treatments on the repair strength of nanofiller resin based composite, *Dental Materials Journal*, 30 (4): 537-545.

19. Rodrigues-Jr, S.A., Ferracane, J.L., dan Bona, A.D., 2009, Influence of surface treatments on the bond strength of repaired resin composite restorative materials, *Dent Mater*, 25: 442-451.
20. Inoue, T., 1978, Repair of restoration materials: repair of amalgam and composite resin used in restoration, *Shikai Tenbo*, 52: 87-96.
21. Gordan, V.V., Mjor, I.A., Blum, I.R., dan Wilson, N., 2003, Teaching students the repair of resin based composite restoration: a survey of North American dental schools, *J Am Dent Assoc*
22. Yesilyurt, C., Kuzgos, A., dan Bayram, M., 2009, Initial Repair Bond Strength of Nano-Filled Hybrid Resin: Effect of Surface Treatments And Bonding Agents, *J. Esthet. Restor. Dent.*, 21: 251-261.
23. Vanckerckhoven, H., Lambrechts, P., van Beylen, M., Davidson, C.L., dan Venherle, G., 1982, Unreacted methacrylate groups on the surface of composite resins, *J Dent Res*, 61: 791-795.
24. Ozcan, M., Barbosa, S.H., Melo, R.M., Galhano, G.A.P., dan Bottino, M.A., 2007, Effect of surface conditioning bond strength of resin composite to composite after aging conditions, *Dent Mater*, 23:1276-1282.
25. Øysaed, H., Ruyter, I.E., dan Sjøvik Kleven, I.J., 1988, Release of formaldehyde from dental composite, *J Dent Res*, 67: 1289-94.
26. Rinastiti, M., Ozcan, M., Siswomihardjo, W., dan Busscher, H.J., 2011, Effects of surface conditioning on repair bond strengths of non-aged and aged-microhybrid, nanohybrid, and nanofilled composite resins, *Clin Oral Invest*, 15: 625-633.
27. Ortengren, U., Welleendorf, H., Karlsson, S., dan Ruyter, I.E., 2001, Water sorption and solubility of dental composites and identification of monomers released in an aqueous environment, *J Oral Rehabil*, 28: 1106-1115.
28. Ferracane, J.L., 2006, Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymers networks, *Dent Mater*, 22 (3): 211-222.
29. Curtis, A.R., Shortall, A.C., Marquis, P.M., dan Palin, W.M., 2008, Water uptake and strength characteristics of a nanofilled resin-based composite, *J Dent*, 36 (3): 186-193.
30. Prakki, A., Cilli, R., Mondelli, R.F.L., Kalachandra, S., dan Pereira, J.C., 2005, Influence of pH environment on polymer based dental material properties, *J Dent*, 33(2): 91-98.