

KEKUATAN GESER PELEKATAN SEMEN RESIN DENGAN DAN TANPA BAHAN BONDING SERTA DENGAN DAN TANPA PENYINARAN PADA RESTORASI INDIREK RESIN KOMPOSIT

Ricky Ferdian Raja*, Diatri Nari Ratih** & Purwanto Agustiono***

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

ABSTRAK

Latar belakang: Restorasi indirek, termasuk yang berbahan resin komposit, sering dilekatkan pada struktur gigi menggunakan semen resin. Aplikasi semen resin memerlukan bahan bonding *total-etch* ataupun *self-etch*, dan telah diketahui memiliki kekuatan pelekatan yang baik. Kelemahannya berkaitan dengan kepekaan terhadap cara kerja yang dilakukan. Semen resin tanpa bahan bonding telah tersedia untuk menyederhanakan dan memudahkan tahap-tahap yang perlu dikerjakan dalam proses sementasi. Semen resin yang bersifat *dual-cure* merupakan semen resin yang paling banyak digunakan saat ini. Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kekuatan geser pelekatan semen resin dengan dan tanpa bahan bonding serta dengan dan tanpa penyinaran pada restorasi indirek resin komposit.

Metode Penelitian: Premolar pertama maksila sebanyak 40 gigi secara acak dibagi menjadi dua kelompok dengan jumlah 20 gigi masing-masing. Polimerisasi semen resin kelompok A tidak diaktivasi dengan penyinaran, sedangkan pada semen resin kelompok B dilakukan penyinaran selama 40 detik setelah proses sementasi selama 5 menit. Setiap kelompok dibagi lagi menjadi dua kelompok dengan jumlah 10 gigi masing-masing. Semen resin pada kelompok A1 dan B1 adalah semen resin dengan bahan bonding *total-etch*, sedangkan pada kelompok A2 dan B2 adalah semen resin tanpa bahan bonding. Kekuatan geser pelekatan diuji menggunakan *universal testing machine* setelah penyimpanan subjek penelitian pada suhu 37°C selama 24 jam dan *thermocycling*. Data dianalisis statistik menggunakan uji ANAVA ($\alpha=0,05$) dua jalur, dilanjutkan dengan uji LSD ($\alpha=0,05$).

Hasil: Hasil analisis memperlihatkan ada perbedaan yang bermakna antar seluruh kelompok perlakuan ($B1 > B2 > A1 > A2$). Kesimpulan: Semen resin tanpa bahan bonding memiliki kekuatan geser pelekatan lebih rendah dibandingkan semen resin dengan bahan bonding. Selanjutnya, penyinaran meningkatkan kekuatan geser pelekatan semen resin.

Kata kunci: Semen resin, bahan bonding, tanpa bahan bonding, *dual-cure*, penyinaran, kekuatan geser pelekatan

ABSTRACT

Background: Indirect restorations, such as those made of resin-based composites, are nowadays routinely bonded to tooth substrate via the use of resin cements. Resin cements are based upon the use of a total-etch or self-etch bonding agent prior to their application. Resin cements have established a reputation for their bonding effectiveness and, unfortunately, their technique-sensitivity. Self-adhesive resin cements, without the need for separate application of a bonding agent, were introduced to simplify the clinical steps and alleviate the sensibility of the previous technique comprising multiple steps. Currently, the most used resin cements are dual-cured cements. Objective: The objective of this study was to compare the shear bond strength of a total-etch and a self-adhesive resin cements with and without light-curing to indirect resin composite restorations.

Methods: Forty intact maxillary first premolars were selected and randomly divided into two groups of 20. Resin cements in group A were not light-cured after cementation and those in group B were light-cured for 40 seconds after 5 minutes of cementation. Each group was further divided into two groups of 10; a total-etch resin cement in groups A1 and B1, and a self-adhesive resin cement in groups A2 and B2. The shear bond strength tests of the specimens were conducted with a universal testing machine after being stored in a 37°C incubator for 24 hours and thermocycled. Statistical analyses of two-way ANOVA and LSD were employed ($\alpha=0.05$).

Results: The results revealed that there were significant differences among the groups ($B1 > B2 > A1 > A2$). Conclusions: It was concluded that a self-adhesive resin cement had lower shear

bond strength than a total-etch resin cement. Furthermore, light-curing increased the shear bond strength of resin cements.

Keywords: Resin cement, total-etch, self-adhesive, dual-cured, light-curing, shear bond strength

PENDAHULUAN

Restorasi estetik semakin diminati dan hal ini terlihat dari penggunaan material restorasi sewarna gigi yang semakin meningkat. Kemajuan dalam bidang kimia polimer ikut menuntun perkembangan prosedur pelekatan indirek restorasi estetik dalam praktik kedokteran gigi. Metode indirek memiliki beberapa kelebihan dibandingkan restorasi direk. Hal ini meliputi kemampuan untuk menciptakan kontak proksimal, bentuk, dan penyesuaian permukaan oklusal ideal, yang cukup sulit diperoleh menggunakan metode direk pada kavitas yang luas⁴. Resin komposit sebagai material restorasi indirek memiliki beberapa keuntungan, antara lain integritas tepi yang presisi, daya tahan terhadap keausan serupa email gigi, dan kesesuaian aus dengan gigi asli antagonis.

Berbagai faktor mempengaruhi keberhasilan klinis restorasi indirek seperti desain preparasi, kebersihan rongga mulut, kekuatan mekanis, dan material restorasi yang digunakan, namun faktor penting untuk keberhasilan adalah pemilihan semen serta prosedur sementasi yang tepat⁶. Semua material yang digunakan untuk melekatkan

restorasi indirek pada struktur gigi disebut semen⁷. Sementasi merupakan tahap penting untuk mendapatkan retensi, penutupan tepi, dan ketahanan restorasi indirek. Semen yang tersedia di pasaran memperlihatkan sifat fisik berbeda dan hal ini tergantung komposisi dasar⁶. Restorasi indirek saat ini dilekatkan menggunakan semen ionomer kaca, semen ionomer kaca modifikasi resin, dan semen resin.

Aplikasi semen resin awalnya selalu didahului aplikasi bahan bonding, yaitu dengan sistem *total-etch* ataupun *self-etch*. Teknik aplikasi beberapa tahap pada semen resin dengan bahan bonding ini cukup kompleks dan sensitif, oleh karena itu dapat memengaruhi efektivitas pelekatan restorasi indirek pada gigi

Semen resin terus berkembang dengan berbagai perbaikan. Satu perubahan besar dalam beberapa tahun terakhir adalah pengembangan semen resin yang tidak memerlukan aplikasi bahan bonding untuk melekatkan restorasi indirek. Semen resin tanpa bahan bonding ini memiliki berbagai sebutan seperti semen *all-in-one*, semen universal atau semen *self-adhesive*, sehingga terdapat dua kelompok semen resin saat ini yaitu

dengan dan tanpa bahan bonding. Mekanisme pelekatan semen resin tanpa bahan bonding berdasarkan reaksi asam-basa pada kalsium hidroksiapatit email dan dentin, menyebabkan ikatan dengan dentin gigi mirip dengan semen ionomer kaca modifikasi resin tanpa penggunaan komponen ionomer kaca.

Semen resin dengan dan tanpa bahan bonding yang paling banyak digunakan saat ini bersifat *dual-cure*, yaitu dapat diaktivasi secara kimiawi tanpa penyinaran maupun dengan penyinaran untuk mempercepat polimerisasi. Pencapaian derajat polimerisasi optimal dengan dan tanpa sinar demi memastikan tingkat pengerasan yang memadai pada daerah semen tidak terjangkau sinar adalah hal penting yang perlu dipenuhi semen resin, tetapi masih belum banyak penelitian yang membahas hal ini, terutama untuk melihat kekuatan pelekatan semen resin pada restorasi indirek resin komposit bila dilakukan penyinaran maupun tidak.

Berbagai uji mekanis telah dilakukan untuk menilai performa pelekatan material restorasi. Uji kekuatan geser pelekatan relatif mudah dilakukan, diterima secara luas, dan bersifat dapat diulang yaitu mampu memberikan hasil yang sama atau tidak jauh berbeda apabila diulangi pada waktu lain bahkan oleh peneliti lain, jika parameter dan variabel uji yang digunakan sama. Telah diketahui pula

bahwa kekuatan geser pelekatan sangat berkaitan dengan tingkat kegagalan restorasi klinis.

Penelitian ini bertujuan untuk mem-bandingkan kekuatan geser pelekatan semen resin dengan dan tanpa bahan bonding serta dengan dan tanpa penyinaran pada restorasi indirek resin komposit.

METODE PENELITIAN

Subjek penelitian terdiri dari 40 gigi premolar pertama maksila yang bebas karies, retak maupun fraktur, dan direndam di dalam larutan salin. Gigi dibersihkan dari kalkulus menggunakan *scaler tip*, lalu dicuci dan dibersihkan dengan sikat gigi. Bagian apikal akar gigi dipotong hingga menyisakan panjang akar 6 mm dengan menggunakan *diamond disc* yang dipasang pada *contra angle handpiece*. Bagian oklusal mahkota gigi dipotong 2 mm di bawah *dentin-enamel junction* dari *central groove*¹⁸. *Model trimmer* digunakan untuk menciptakan permukaan dentin yang datar. *Smear layer* dihasilkan melalui pengasahan permukaan dentin dengan kertas abrasif *silicon carbide #600* di bawah air mengalir selama 60 detik.

Tahap selanjutnya setelah preparasi seluruh gigi selesai adalah fiksasi gigi pada resin akrilik *self-cure* dengan menggunakan alat cetak berbahan *fiber glass* berbentuk kubus (panjang 20 mm, lebar 20 mm,

dan tinggi 10 mm) yang sebelumnya diolesi vaselin. Sebelum resin akrilik mengeras, gigi diletakkan perlahan dengan bagian oklusal menghadap ke atas, sejajar dengan permukaan atas resin akrilik. Setelah resin akrilik mengeras, subjek penelitian dilepas dari alat cetak.

Subjek penelitian sejumlah 40 gigi premolar pertama maksila awalnya dibagi menjadi 2 kelompok. Kelompok A (20 subjek) diaktivasi tanpa penyinaran, sedangkan pada kelompok B (20 subjek) dilakukan penyinaran selama 40 detik setelah sementasi (20 detik arah bukal dan 20 detik arah palatal restorasi). Masing-masing kelompok kemudian dibagi lagi menjadi dua, yaitu kelompok semen resin dengan dan tanpa bahan bonding, sehingga terdapat empat kelompok perlakuan dengan 10 subjek penelitian dalam setiap kelompok. Kelompok semen resin dengan bahan bonding dari kelompok tanpa penyinaran (A1) dan dengan penyinaran (B1) diberi perlakuan etsa asam (15 detik), pencucian (15 detik), dikeringkan dengan semprotan udara ringan (5 detik), pengolesan bahan gabungan primer dan adhesif menggunakan *microbrush* (15 detik), pemberian semprotan udara ringan kembali (3 detik), penyinaran lapisan bahan primer dan adhesif (10 detik), dan dilanjutkan aplikasi semen menggunakan *automix syringe*, sesuai dengan petunjuk teknis produk.

Restorasi indirek resin komposit (berbentuk silinder dengan diameter 2,5 mm dan tinggi 2 mm) ditempatkan pada gigi di atas semen, kemudian diberi beban seberat 300 gram (5 menit) untuk menyamakan beban tekan dan ketebalan semen resin. Kelebihan semen dibersihkan dengan kuas²². Kelompok semen resin tanpa bahan bonding dari kelompok tanpa penyinaran (A2) dan dengan penyinaran (B2) tidak diberi perlakuan etsa asam, bahan primer dan adhesif terpisah, hanya

pengaplikasian semen resin menggunakan *automix syringe*, dilanjutkan penempatan restorasi indirek resin komposit pada gigi di atas semen, kemudian diberi beban seberat 300 gram (5 menit). Kelebihan semen dibersihkan dengan kuas.

Semua subjek penelitian direndam dalam gelas ukur yang berisi larutan saliva buatan dengan pH 6,8 kemudian disimpan ke dalam inkubator dengan suhu 37°C selama 24 jam. Setelah 24 jam, semua subjek penelitian dikeluarkan dan dikeringkan, lalu diperlakukan

thermocycling. *Thermocycling* dilakukan se-banyak 25 kali pada *waterbath* suhu 4°C dan *waterbath* suhu 55°C secara bergantian selama 1 menit. Satu siklus adalah perendaman pada suhu 4°C selama 1 menit, dilanjutkan perendaman dalam *waterbath* suhu 55°C selama 1 menit.

Uji kekuatan geser pelekatan kemudian dilakukan dengan menggunakan *universal testing machine* pada kecepatan 1 mm/menit. Perhitungan kekuatan geser pelekatan adalah sebagai berikut²⁴:

$$P = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

P = Kekuatan geser pelekatan (N/mm² atau MPa)

F = Gaya maksimal untuk mematahkan subjek penelitian (N)

A = Luas penampang subjek (mm²)

Penampang restorasi indirek resin komposit yang melekat pada gigi dalam penelitian ini berbentuk lingkaran, maka:

$$A = \pi r^2$$

Keterangan:

A = Luas penampang subjek (mm²) dengan r adalah jari-jari lingkaran

Analisis data yang dilakukan adalah uji parametrik yang harus didahului dengan uji normalitas dan uji homogenitas. Data tersebut memenuhi syarat, maka dilanjutkan dengan uji ANAVA ($\alpha=0,05$) dua jalur, kemudian dilanjutkan uji *Post Hoc* dengan *LSD* ($\alpha=0,05$).

HASIL PENELITIAN

Nilai rerata dan standar deviasi hasil pengukuran kekuatan geser pelekatan semen resin masing-masing kelompok dapat dilihat pada tabel.

Tabel. Rerata dan standar deviasi kekuatan geser pelekatan semen resin pada restorasi indirek resin komposit dengan jenis semen resin dan cara aktivasi polimerisasi semen yang berbeda (MPa).

	(A) Tanpa Penyinaran	(B) Dengan Penyinaran
Dengan Bahan Bonding	(A1) 3,873 ± 1,432	(B1) 13,250 ± 2,998
Tanpa Bahan Bonding	(A2) 1,518 ± 0,778	(B2) 6,025 ± 2,872

Tabel menunjukkan nilai rerata kekuatan geser pelekatan tertinggi pada kelompok semen resin dengan bahan bonding serta dengan penyinaran, yang diikuti kelompok semen resin tanpa bahan bonding serta dengan penyinaran, dan semen resin dengan bahan bonding serta tanpa penyinaran. Rerata kekuatan geser pelekatan terendah dimiliki kelompok semen resin tanpa bahan bonding serta tanpa penyinaran.

Berdasarkan hasil uji normalitas (*Kolmogorov-Smirnov*, $\alpha=0,05$) dan uji homo-genitas (*Levene's Test*, $\alpha=0,05$) diperoleh kesimpulan bahwa data terdistribusi normal dan homogen, sehingga dapat dilakukan uji parametrik ANAVA ($\alpha=0,05$) dua jalur untuk mengetahui apakah ada perbedaan

kekuatan geser pelekatan semen resin pada masing-masing kelompok. Rangkuman hasil analisis ANAVA dua jalur menunjukkan bahwa cara aktivasi polimerisasi semen maupun jenis semen resin yang digunakan pada sementasi restorasi indirek resin komposit berpengaruh terhadap kekuatan geser pelekatan semen resin ($p < 0,05$). Selain itu, hasil analisis juga menunjukkan ada interaksi antara jenis semen resin dengan cara aktivasi polimerisasi semen ($p < 0,05$).

Uji *Post Hoc* dengan *LSD (Least Significance Difference)* kemudian dilakukan terhadap data penelitian untuk mengetahui kelompok mana yang memiliki perbedaan bermakna. Hasil analisis menunjukkan ada perbedaan yang bermakna antar seluruh kelompok perlakuan ($p < 0,05$).

PEMBAHASAN

Perbedaan kekuatan geser pelekatan yang bermakna pada semua pasangan kelompok perlakuan teramati dari hasil uji *LSD*. Tabel menunjukkan kekuatan geser pelekatan tertinggi pada semen resin dengan bahan bonding serta dengan penyinaran. Hasil ini sesuai dengan penelitian Oooka dkk.²⁵ dan Garcia dkk. yang menyatakan bahwa kekuatan geser pelekatan semen resin pada dentin akan lebih tinggi bila dilakukan penyinaran. Penyinaran juga dapat meningkatkan ke-kuatan geser pelekatan semen pada resin komposit.

Hal ini disebabkan karena derajat polimerisasi yang lebih optimal pada penyinaran meningkatkan sifat mekanis material, termasuk kekuatan pelekatan. Semen resin tanpa bahan bonding serta dengan penyinaran memiliki kekuatan geser pelekatan tertinggi kedua. Pemakaian bahan bonding pada semen resin meningkatkan retensi mikromekanis akibat demineralisasi dentin dan penetrasi monomer resin yang lebih dalam.

Semen resin dengan bahan bonding serta tanpa penyinaran ditunjukkan memiliki kekuatan geser pelekatan lebih rendah, dan yang terendah adalah pada semen resin tanpa bahan bonding serta tanpa penyinaran. Hasil ini bisa didapatkan karena derajat polimerisasi material menjadi lebih rendah tanpa penyinaran sehingga mengurangi kekuatan geser pelekatan. Selanjutnya, kombinasi dengan penggunaan semen resin tanpa bahan bonding, yang tidak memiliki mekanisme pelekatan lebih baik dari semen resin dengan bahan bonding, menghasilkan kekuatan geser pelekatan terendah dalam penelitian ini.

Semen resin tanpa bahan bonding yang ideal, termasuk aktivasi polimerisasi tanpa penyinaran, harus cukup asam dan hidrofilik pada awalnya agar terjadi demineralisasi untuk pelekatan dan adaptasi yang baik pada struktur gigi, kemudian netral dan menjadi hidrofobik setelah polimerisasi.

Sifat hidrofilik akibat nilai pH rendah setelah polimerisasi dapat mempengaruhi kekuatan pelekatan oleh karena penyerapan air secara berlebihan. Aktivasi polimerisasi tanpa pe-nyinaran memperlihatkan perbedaan nilai pH awal dan akhir antara semen resin tanpa bahan bonding berbeda pabrikan, sehingga sifat penetralan pH tidak homogen antara satu dengan yang lain. Hal ini mengindikasikan bahwa setiap pabrikan menggunakan komponen yang berbeda untuk pengaturan reaksi asam-basa dan penetralan pH material. Nilai pH rata-rata semen resin tanpa bahan bonding, yang sama dengan yang digunakan dalam penelitian ini, teramati sebagai salah satu yang terendah yaitu sebesar 3,19 setelah 15 menit dan 3,90 setelah 24 jam. Tingkat penyerapan air pada semen resin ini juga teramati sebagai salah satu yang tertinggi.

Hasil uji statistik ANAVA dua jalur menunjukkan bahwa cara aktivasi polimerisasi semen dengan dan tanpa penyinaran berpengaruh terhadap kekuatan geser pelekatan semen resin pada restorasi indirek resin komposit. Derajat polimerisasi sebagian besar semen resin tidak sama saat diuji dengan dan tanpa penyinaran. Kemampuan sebagian besar semen resin untuk memperoleh derajat polimerisasi yang optimal tanpa terpapar sinar tidak diperlihatkan dalam beberapa studi. Semen resin masih memiliki

radikal bebas dalam jumlah banyak pada kondisi ketiadaan sinar ataupun di bawah penyinaran berintensitas rendah, sebagian besar berasal dari katalis kimiawi yang terjebak dalam matriks resin yang mengeras. Radikal bebas yang terjebak ini tetap dapat meningkatkan kepadatan ikatan silang semen melalui gabungan dengan ikatan ganda grup metakrilat matriks resin setempat untuk menyelesaikan terminasi, namun tidak banyak berkontribusi terhadap keseluruhan derajat polimerisasi.

Selain derajat polimerisasi, hasil uji statistik ANAVA dua jalur yang menunjukkan bahwa cara aktivasi polimerisasi semen berpengaruh terhadap kekuatan geser pelekatan semen resin juga dapat dipengaruhi asupan larutan dan degradasi hidrolitik material³⁸. Penyerapan air dapat menyebabkan pengembangan serta pelunakan jaringan polimer, dan derajat polimerisasi material yang rendah diketahui dapat meningkatkan difusi air ke dalam jaringan matriks polimer. Selanjutnya, material berbasis resin dengan derajat polimerisasi rendah memiliki lebih banyak monomer sisa dan lebih rentan laru. Hal-hal tersebut dapat berkontribusi terhadap pe-nurunan kekuatan geser pelekatan.

Selain perendaman, mekanisme penuaan material uji yang dilakukan adalah *thermocycling*. Reaksi kimiawi bertanggung-jawab terhadap degradasi

pelekatan resin dengan dentin seiring waktu dan me-nyebabkan penurunan kekuatan pelekatan, termasuk pengurangan stabilitas bahan bonding dan penarikan material resin dari lapisan hibrida. Penurunan kekuatan pe-lekatan juga dikaitkan dengan hidrolisis bahan bonding dan serat kolagen pada bagian dasar lapisan hibrida. Proses ini dipercepat dengan panas dan tekanan ekspansi maupun kon-traksi yang dihasilkan pada permukaan pelekatan resin dengan struktur gigi selama *thermocycling*. Berdasarkan hal tersebut, semen resin tanpa penyinaran bisa lebih rentan mengalami penurunan kekuatan geser pelekatan dibandingkan semen resin dengan penyinaran oleh karena perlakuan ini.

Hasil uji statistik ANAVA dua jalur juga memperlihatkan bahwa jenis semen resin yang digunakan pada sementasi restorasi indirek resin komposit berpengaruh terhadap kekuatan geser pelekatan semen resin. Upaya yang dilakukan pada semen resin dengan bahan bonding *total-etch* untuk mengatasi kekuatan pelekatan rendah akibat *smear layer*, yaitu menggunakan asam fosfat untuk penghilangan *smear layer*, demineralisasi sebagian struktur dentin, juga penyingkapan serat kolagen dan peningkatan energi bebas permukaan dentin. Perubahan energi bebas permukaan yang terjadi mengakomodasi monomer resin bahan primer dan adhesif mengalir ke dalam,

melekat, dan terpoli-merisasi di dalam tubulus membentuk lapisan hibrida dan *resin tags* yang kuat⁴².Berbeda dari semen resin dengan bahan bonding,pelekatan semen resin tanpa bahan bonding terjadi dengan demineralisasi permukaan luar stuktur gigi sekaligus meresap ke dalam dan membentuk lapisan hibrida. Hal ini terjadi tanpa aplikasi etsa asam untuk menghilangkan *smear layer* maupun aplikasi bahan primer dan adhesif sebelumnya namun pola pelekatan semen resin ini tanpa demineralisasi maupun infiltrasi yang jelas pada dentin. Lapisan hibrida tipis yang dihasilkan sukar dilihat .Monticelli dkk. menyebut mekanisme pelekatan semen resin tanpa bahan bonding ini lebih menyerupai semen ionomer kaca.

Hasil analisis *Post Hoc* dengan *LSD* memperlihatkan ada perbedaan yang bermakna antar seluruh kelompok perlakuan. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa apabila dilakukan aktivasi polimerisasi semen dengan cara yang sama, pemilihan jenis semen resin yang digunakan saat sementasi restorasi indirek resin komposit dapat berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan geser pelekatan semen resin, begitu pula semen resin akan memiliki kekuatan geser pelekatan yang berbeda secara signifikan bila dilakukan aktivasi polimerisasi dengan dan tanpa penyinaran.

Material berbasis resin tidak terlepas dari tekanan kontraksi. Tekanan kontraksi yang lebih besar dari kekuatan pelekatan dapat menyebabkan kerusakan ikatan material dengan struktur gigi yang dilekatinya. Tekanan kontraksi pada semen resin dengan penyinaran lebih tinggi secara signifikan dibandingkan tanpa penyinaran. Kejadian tersebut disebabkan proses polimerisasi yang lebih cepat mengurangi sifat alir semen untuk mengimbangi tekanan. Tekanan kontraksi semen resin, walaupun diaktivasi tanpa penyinaran, memiliki besaran yang cukup untuk mengganggu pelekatan semen pada dentin di bawah restorasi inlei kelas I. Hal ini dapat berdampak negatif terhadap kekuatan pelekatan semen resin, tetapi dalam penelitian ini, derajat polimerisasi semen yang lebih tinggi tampak lebih berpengaruh terhadap kekuatan geser pelekatan semen daripada tekanan kontraksi yang dihasilkan. Alster dkk. menyebutkan bahwa pada material substrat uji yang dapat menyusut menuju satu sama lain, tekanan kontraksi pada lapisan tipis resin dapat berkurang secara signifikan. Hal tersebut bisa memiliki relevansi klinis untuk restorasi onlei dan mahkota yang memungkinkan restorasi bergerak mendekati struktur gigi oleh karena konvergensi bentuk preparasi.

Pengamatan terhadap tipe kerusakan pada uji kekuatan geser

pelekatan semen resin tidak dilakukan dalam penelitian ini, namun beberapa studi telah melaporkan hal tersebut. Semen resin tanpa bahan bonding cenderung memperlihatkan kerusakan adhesif semen pada struktur gigi, sedangkan semen resin dengan bahan bonding cenderung memperlihatkan kerusakan kohesif dalam semen itu sendiri⁵¹ ataupun campuran ke-⁵¹rusakan adhesif/kohesif. Berdasarkan hal tersebut, dapat diasumsikan bahwa efektivitas pelekatan adhesif lebih tinggi dari kekuatan kohesif apabila terjadi kerusakan kohesif dalam material itu sendiri.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Semen resin dengan bahan bonding memiliki kekuatan geser pelekatan lebih tinggi dibandingkan semen resin tanpa bahan bonding, apabila dilakukan aktivasi polimerisasi dengan cara yang sama.
2. Semen resin dengan penyinaran memiliki kekuatan geser pelekatan lebih tinggi dibandingkan semen resin tanpa penyinaran.
3. Semen resin dengan bahan bonding serta dengan penyinaran memiliki kekuatan geser pelekatan tertinggi, sedangkan semen resin tanpa bahan bonding serta tanpa penyinaran memiliki kekuatan geser pelekatan terendah.

SARAN

1. Perlu dilakukan penyinaran pada semua tepi restorasi indirek yang dapat dijangkau dalam penggunaan semen resin *dual-cure* di klinik.
2. Terdapat banyak semen resin dengan dan tanpa bahan bonding yang tersedia di pasaran, tetapi semua semen dalam masing-masing kelompok memiliki kemampuan yang tidak sama oleh karena adanya variasi antar produk. Penelitian lebih lanjut terhadap sifat dan kapabilitas material lain ataupun yang lebih baru perlu dilakukan, bersamaan dengan pengamatan klinis kinerja semen.

DAFTAR PUSTAKA

1. Foxton, R.M., Pereira, P.N., Nakajima, M., Tagami, J., Miura, H., 2002, Durability of the Dual-Cure Resin Cement/Ceramic Bond with Different Curing Strategies, *The Journal of Adhesive Dentistry*, 4(1): 49-59.
2. Shimada, Y., Tomimatsu, N., Suzuki, T., Uzzaman, M.A., Burrow, M.F., Tagami, J., 2005, Shear Bond Strength of Tooth-Colored Indirect Restorations Bonded to Coronal and Cervical Enamel, *Operative Dentistry*, 30(4): 468-473.
3. Ikeda, M., Nikaide, T., Foxton, R.M., Tagami, J., 2005, Shear Bond Strengths of Indirect Resin Composites to Hybrid Ceramic, *Dental Materials Journal*, 24(2): 238-243
4. Gerdolle, D.A., Mortier, E., Loos-Ayav, C., Jacquot, B., Panighi, M.M., 2005, In Vitro Evaluation of Microleakage of Indirect Composite Inlays Cemented with Four Luting Agents, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 93(6): 563-570.
5. Touati, B. dan Aidan, N., 1997, Second Generation Laboratory Composite Resins for Indirect Restorations, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 9(3): 108-118.
6. Hill, E.E., 2007, Dental Cements for Definitive Luting: A Review and Practical Clinical Considerations, *Dental Clinics of North America*, 51(3): 643-658.
7. Simon, J.F. dan De Rijk, W.G., 2006, Dental Cements, *Inside Dentistry*, 2(2): 42-47.
8. Lowe, R.A., 2012, Dental Cements: An Overview, *International Dentistry – African Edition*, 2(2): 6-17.
9. Mak, Y.F., Lai, S.C., Cheung, G.S., Chan, A.W., Tay, F.R., Pashley, D.H., 2002, Micro-Tensile Bond Testing of Resin Cements to Dentin and an Indirect Resin Composite, *Dental Materials*, 18(8): 609-621.
10. Harrison, J.L., De Rijk, W.G., Simon, J.F., 2007, Resin Cements: A Closer Look at Newly Introduced Cements, *Inside Dentistry*, 3(10): 52-56.
11. Diaz-Arnold, A.M., Vargas, M.A., Haselton, D.R., 1999, Current Status of Luting Agents for Fixed Prosthodontics, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 81(2): 135-141.
12. Powers, J.M., 2008, Self-Adhesive Resin cements: Characteristics, Properties and Manipulation, *Functional Esthetics & Restorative Dentistry*, 2(1): 34-37.
13. Vrochari, A.D., Eliades, G., Hellwig, E., Wrbas, K.T., 2009, Curing Efficiency of Four Self-Etching, Self-Adhesive Resin Cements, *Dental Materials*, 25(9): 1104-1108.
14. Braga, R.R., Meira, J.B., Boaro, L.C., Xavier, T.A., 2010, Adhesion to Tooth Structure: A Critical Review of "Macro" Test Methods, *Dental Materials*, 26(2): E38-E49.
15. Versluis, A., Tantbirojn, D., Douglas, W.H., 1997, Why do Shear Bond Tests Pull Out Dentin?, *Journal of Dental Research*, 76(6): 1298-1307.
16. Sudsangiam, S. dan Van Noort, R., 1999, Do Dentin Bond Strength Tests Serve a Useful Purpose?, *The*

- Journal of Adhesive Dentistry*, 1(1):57-67.
17. Van Meerbeek, B., Peumans, M., Poitevin, A., Mine, A., Van Ende, A., Neves, A., De Munck, J., 2010, Relationship between Bond-Strength Tests and Clinical Outcomes, *Dental Materials*, 26(2): E100-E121.
 18. Garcia, R.N., Renzetti, A.G.Z., Schaible, B.R., Frankenberger, R., Lohbauer, U., Miguel, L.C.M., 2011, Bond Strength of Self-Adhesive Resin Cements to Deep Dentin, *Revista Sul-Brasileira de Odontologia*, 8(4): 431-438.
 19. Takahashi, R., Nikaido, T., Ariyoshi, M., Foxton, R.M., Tagami, J., 2010, Microtensile Bond Strengths of a Dual-Cure Resin Cement to Dentin Resin-Coated with an All-in-One Adhesive System Using Two Curing Modes, *Dental Materials Journal*, 29(3): 268-276.
 20. Chaves, C.A., De Melo, R.M., Passos, S.P., Camargo, F.P., Bottino, M.A., Balducci, I., 2009, Bond Strength Durability of Self-Etching Adhesives and Resin Cements to Dentin, *Journal of Applied Oral Science*, 17(3): 155-160.
 21. Nicola, C., Sava, S., Ducea, D., Bondor, C.I., Şoancă, A., Colceriu, L., Alb, C., 2009, Influence of Adhesive Systems Composition on Dual-Cured Resin Cements, *Journal of Optoelectronics and Biomedical Materials*, 1(4): 331-337.
 22. Kubo, C.H., Caneppele, T.M.F., Da Silva, E.G., Huhtala, M.F.R.L., Torres, C.R.G., Pagani, C., Gomes, A.P.M., 2012, Shear Bond Strength of a Chemical Resin Cement to Five Adhesive Systems in Bovine Dentin, *World Journal of Dentistry*, 3(2): 150-155.
 23. Chimello, D.T., Chinelatti, M.A., Ramos, R.P., Palma Dibb, R.G., 2002, In Vitro Evaluation of Microleakage of a Flowable Composite in Class V Restorations, *Brazilian Dental Journal*, 13(3): 184-187.
 24. İşman, E., Karaarslan, E.S., Okşayan, R., Tunçdemir, A.R., Üşümez, S., Adanir, N., Cebe, M.A., 2012, Inadequate Shear Bond Strengths of Self-Etch, Self-Adhesive Systems for Secure Orthodontic Bonding, *Dental Materials Journal*, 31(6): 947-953.
 25. Oooka, S., Miyazaki, M., Rikut, A., Moore, B.K., 2004, Influence of Polymerization Mode of Dual-Polymerized Resin Direct Core Foundation Systems on Bond Strengths to Bovine Dentin, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 92(3): 239-244.
 26. Garcia, R.N., Reis, A.F., Giannini, M., 2007, Effect of Activation Mode of Dual-Cured Resin Cements and Low-Viscosity Composite Liners on Bond Strength to Dentin, *Journal of Dentistry*, 35(7): 564-569.
 27. Faria-e-Silva, A.L., Fabião, M.M., Arias, V.G., Martins, L.R., 2010, Activation Mode Effects on the Shear Bond Strength of Dual-Cured Resin Cements, *Operative Dentistry*, 35(5): 515-521.
 28. Farrokh, A., Mohsen, M., Soheil, S., Nazanin, B., 2012, Shear Bond Strength of Three Self-Adhesive Resin Cements to Dentin, *Indian Journal of Dental Research*, 23(2): 221-225.
 29. Arrais, C.A., Rueggeberg, F.A., Waller, J.L., De Goes, M.F., Giannini, M., 2008, Effect of Curing Mode on the Polymerization Characteristics of Dual-Cured Resin Cement Systems, *Journal of Dentistry*, 36(6): 418-426.
 30. Ferracane, J.L., Stansbury, J.W., Burke, F.J., 2011, Self-Adhesive Resin Cements - Chemistry, Properties and Clinical Considerations, *Journal of Oral Rehabilitation*, 38(4): 295-314.
 31. Zorzin, J., Petschelt, A., Ebert, J., Lohbauer, U., 2012, pH Neutralization and Influence on Mechanical Strength in Self-Adhesive Resin Luting Agents, *Dental Materials*, 28(6): 672-679.
 32. Santos, G.C. Jr., El-Mowafy, O., Rubo, J.H., Santos, M.J., 2004,

- Hardening of Dual-Cure Resin Cements and a Resin Composite Restorative Cured with QTH and LED Curing Units, *Journal (Canadian Dental Association)*, 70(5): 323-328.
33. Lu, H., Mehmood, A., Chow, A., Powers, J.M., 2005, Influence of Polymerization Mode on Flexural Properties of Esthetic Resin Luting Agents, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 94(6):549-554.
 34. Gomes, I. dan Lopes, L.P., 2010, Effect of Light-Curing in the Microhardness of Resin Cements of Dual Polymerization, *Revista Portuguesa de Estomatologia Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, 51(3): 133-138.
 35. Aguiar, T.C., Saad, J.R.C., Pinto, S.C.S., Calixto, L.R., Lima, D.M., Silva, M.A.S., Bandéca, M.C., 2011, The Effects of Exposure Time on the Surface Microhardness of Three Dual-Cured Dental Resin Cements, *Polymers*, 3(3): 998-1005.
 36. Ramos, M.B., Pegoraro, T.A., Pegoraro, L.F., Carvalho, R.M., 2012, Effects of Curing Protocol and Storage Time on the Micro-Hardness of Resin Cements Used to Lute Fiber-Reinforced Resin Posts, *Journal of Applied Oral Science*, 20(5): 556-562.
 37. Meng, X., Yoshida, K., Atsuta, M., 2008, Influence of Ceramic Thickness on Mechanical Properties and Polymer Structure of Dual-Cured Resin Luting Agents, *Dental Materials*, 24(5): 594-599.
 38. Toledano, M., Osorio, R., Ceballos, L., Fuentes, M.V., Fernandes, C.A., Tay, F.R., Carvalho, R.M., 2003, Microtensile Bond Strength of Several Adhesive Systems to Different Dentin Depths, *American Journal of Dentistry*, 16(5): 292-298.
 39. Ferracane, J.L., 2006, Hygroscopic and Hydrolytic Effects in Dental Polymer Networks, *Dental Materials*, 22(3): 211-222.
 40. Gonçalves, L., Filho, J.D., Guimarães, J.G., Poskus, L.T., Silva, E.M., 2008, Solubility, Salivary Sorption and Degree of Conversion of Dimethacrylate-Based Polymeric Matrixes, *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 85(2): 320-325.
 41. Osorio, R., Pisani-Proença, J., Erhardt, M.C., Osorio, E., Aguilera, F.S., Tay, F.R., Toledano, M., 2008, Resistance of Ten Contemporary Adhesives to Resin-Dentine Bond Degradation, *Journal of Dentistry*, 36(2): 163-169.
 42. Van Meerbeek, B., De Munck, J., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Vijay, P., Van Landuyt, K., Lambrechts, P., Vanherle, G., 2003, Buonocore Memorial Lecture. Adhesion to Enamel and Dentin: Current Status and Future Challenges, *Operative Dentistry*, 28(3): 215-235.
 43. Gerth, H.U., Dammaschke, T., Züchner, H., Schäfer, E., 2006, Chemical Analysis and Bonding Reaction of RelyX Unicem and Bifix Composites – A Comparative Study, *Dental Materials*, 22(10): 934-941.
 44. Monticelli, F., Osorio, R., Mazzitelli, C., Ferrari, M., Toledano, M., 2008, Limited Decalcification/Diffusion of Self-Adhesive Cements into Dentin, *Journal of Dental Research*, 87(10): 974-979.
 45. Peutzfeldt, A. dan Asmussen, E., 2004, Determinants of in Vitro Gap Formation of Resin Composites, *Journal of Dentistry*, 32(2): 109-115.
 46. Park, J.W. dan Ferracane, J.L., 2005, Measuring the Residual Stress in Dental Composites Using a Ring Slitting Method, *Dental Materials*, 21(9): 882-889.
 47. Jongsma, L.A., De Jager, N., Kleverlaan, C.J., Pallav, P., Feilzer, A.J., 2012, Shear Bond Strength of Three Dual-Cured Resin Cements to Dentin Analyzed by Finite Element Analysis, *Dental Materials*, 28(10): 1080-1088.
 48. Braga, R.R., Ferracane, J.L., Condon, J.R., 2002, Polymerization Contraction Stress in Dual-Cure Cements and Its Effect on Interfacial Integrity of Bonded Inlays, *Journal of Dentistry*, 30(7-8): 333-340.

49. Alster, D., Venhoven, B.A., Feilzer, A.J., Davidson, C.L., 1997, Influence of Compliance of the Substrate Materials on Polymerization Contraction Stress in Thin Resin Composite Layers, *Biomaterials*, 18(4): 337-341.
50. Lührs, A.K., Guhr, S., Günay, H., Geurtsen, W., 2010, Shear Bond Strength of Self-Adhesive Resins Compared to Resin Cements with Etch and Rinse Adhesives to Enamel and Dentin in Vitro, *Clinical Oral Investigations*, 14(2): 193-199.
51. D'Arcangelo, C., De Angelis, F., D'Amario, M., Zazzeroni, S., Ciampoli, C., Caputi, S., 2009, The Influence of Luting Systems on the Microtensile Bond Strength of Dentin to Indirect Resin-Based Composite and Ceramic Restorations, *Operative Dentistry*, 34(3): 328-336.
52. Abo-Hamar, S.E., Hiller, K.A., Jung, H., Federlin, M., Friedl, K.H., Schmalz, G., 2005, Bond Strength of a New Universal Self-Adhesive Resin Luting Cement to Dentin and Enamel, *Clinical Oral Investigations*, 9(3): 161-167.