



The Effect of Bonding Agents IV Generation and Universal on Shear Bond Strength of Nanofiller Resin Composites on Enamel

Baiq Vinnisa Namira Putri¹, Melaniwati^{2§}

¹ Undergraduate Student, Faculty of Dentistry, Univeristas Trisakti, Indonesia

² Department of Conservative Dentistry, Faculty of Dentistry, Univeristas Trisakti, Indonesia

KEYWORDS

bonding materials;
nanofiller composite resin;
shear bond strength

ABSTRACT

Introduction: Composite resins require a bonding material in their attachment to the tooth surface. Generation IV bonding is the gold standard because it has high bond strength to tooth structure and durability in long-term use with the total-etch technique. Universal bonding is the newest generation that can be applied in total-etch, self-etch, or selective etch, and it has high bond strength to the enamel. The strength of bonding material against the tooth surface can be measured by using a shear bond strength test. **Objectives:** The objective of this research was to determine the effect of generation IV and universal bonding (total-etch, self-etch) on the shear bond strength of nanofiller composite resin on the enamel surface. **Methods:** A total of 30 mandibular premolars were divided into three groups. In the first group, generation IV bonding (Optibond FL, Kerr) was used. Universal bonding (Optibond Universal, Kerr) was used in the second group as total-etch, and in self-etch in the third group. The composite resin used was a nanofiller composite resin (Filtek Z350XT, 3M ESPE). After restorations were applied, specimens were stored in incubator at 37°C for 24 hours and then tested at 0.5 mm/min using universal testing machine. **Results:** one-way ANOVA test showed that there was a significant difference in each treatment group ($p < 0.05$), and there was a significant difference in the generation IV bonding with the universal bonding in self-etch technique with post-hoc Tukey test ($p < 0.05$). **Conclusion:** There is an effect of generation IV bonding and universal bonding (total-etch, self-etch) on the shear bond strength of nanofiller composite resin on enamel. The shear bond strength of composite resin with generation IV bonding (13.88 MPa) produces the highest shear bond strength, compared to universal bonding with total-etch technique (8.85 MPa) and self-etch technique (8.45 MPa).

[§] Corresponding Author

E-mail address: melaniwati@trisakti.ac.id (Melaniwati)

DOI: [10.32793/jida.v7i1.917](https://doi.org/10.32793/jida.v7i1.917)

Copyright: ©2024 Putri BVN, Melaniwati. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium provided the original author and sources are credited.

KATA KUNCI

bahan *bonding*;
kekuatan ikat geser;
resin komposit nanofiller

ABSTRAK

Pendahuluan: Resin komposit membutuhkan bahan bonding dalam perlekatannya terhadap permukaan gigi. Bonding generasi IV diaplikasikan dengan teknik *total-etch*, dan merupakan *gold standard* karena memiliki kekuatan ikat yang tinggi dan daya tahan dalam pemakaian jangka panjang. Generasi terbaru pada generasi bonding terdapat bonding universal yang dapat diaplikasikan dengan teknik *total-etch*, *self-etch*, atau *selective etch*, serta dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi terhadap permukaan gigi. Pengukuran kekuatan yang dihasilkan oleh bahan bonding terhadap permukaan gigi dapat dilakukan dengan uji kekuatan ikat geser.

Tujuan: Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh bonding generasi IV dan universal (*total-etch*, *self-etch*) terhadap kekuatan ikat geser resin komposit nanofiller pada permukaan email.

Metode: Tiga puluh sampel premolar mandibula dibagi menjadi tiga kelompok perlakuan. Kelompok pertama menggunakan bonding generasi IV (Optibond FL, Kerr), kelompok kedua menggunakan bonding universal (Optibond Universal, Kerr) teknik *total-etch* dan kelompok ketiga menggunakan bonding universal (Optibond Universal, Kerr) teknik *self-etch*. Resin komposit yang digunakan adalah resin komposit nanofiller (Filtek Z350XT, 3M ESPE). Sampel selanjutnya diletakkan pada inkubator dengan suhu 37°C selama 24 jam, dan dilakukan uji kekuatan ikat geser menggunakan universal testing machine dengan kecepatan 0,5 mm/menit dengan beban maksimal 50 kgf.

Hasil: Uji one-way ANOVA menunjukkan terdapat perbedaan signifikan pada setiap kelompok perlakuan ($p < 0,05$), dan terdapat perbedaan yang bermakna pada bonding generasi IV dengan bonding universal teknik *self-etch* pada uji post-hoc Tukey ($p < 0,05$). **Kesimpulan:** Terdapat pengaruh bonding generasi IV dan bonding universal (*total-etch*, *self-etch*) terhadap kekuatan ikat geser resin komposit nanofiller pada email. Kekuatan ikat geser resin komposit dengan bonding generasi IV (13,88 Mpa) menghasilkan kekuatan ikat geser tertinggi, dibandingkan dengan bonding universal dengan teknik *total-etch* (8,85 MPa) dan teknik *self-etch* (8,45 Mpa).

PENDAHULUAN

Resin komposit merupakan bahan restorasi yang saat ini digunakan secara luas untuk restorasi pada regio anterior dan posterior karena faktor estetik dan mekanis yang dimiliki.¹ Resin komposit dapat diklasifikasikan berdasarkan ukuran *filler* atau bahan pengisi yang terdapat di dalamnya dari ukuran terbesar yaitu *macrofiller*, sampai ukuran terkecil yaitu *nanofiller*.² Resin komposit nanofiller memiliki kekuatan mekanis setara dengan resin komposit *hybrid* dan karakteristik estetik yang baik seperti resin komposit *microfiller*, serta resin komposit *nanofiller* merupakan salah satu bahan resin komposit yang umum digunakan untuk restorasi karena memiliki sifat mekanis dan estetik yang baik.³

Resin komposit membutuhkan bahan untuk membantu perlekatannya dengan dentin atau email. Bahan yang digunakan adalah *bonding*.⁴ Bahan *bonding* membantu pengikatan resin komposit pada struktur gigi, sehingga kualitas material resin komposit sebagai bahan restorasi meningkat, serta dapat menciptakan ikatan antara dentin, email, dan bahan *bonding*.⁵

Teknik *bonding* dapat diklasifikasikan menjadi *total-etch*, *self-etch*, dan *selective etch*.⁶ Pada teknik *total-etch*, etsa dilakukan secara terpisah, diikuti dengan prosedur pembilasan yang berfungsi untuk menghilangkan seluruh smear layer dan smear plug.⁷ Pada teknik *self-etch* tidak memerlukan langkah etsa yang terpisah dikarenakan monomer asam yang terdapat di dalam bahan *bonding* pada teknik *self-etch* akan secara bersamaan menembus ke dalam permukaan dentin dan

akan mendemineralisasi permukaan dentin, sehingga membuat *smear layer* menjadi permeabel tanpa menghilangkannya secara sempurna.⁶ *Selective etch* pada dasarnya memiliki prinsip yang sama dengan *total-etch*. Pada teknik ini, *smear layer* akan dihilangkan secara sempurna.⁸

Bahan *bonding* terbagi dalam beberapa generasi didasarkan dengan adanya perubahan mekanisme pengaplikasian, jumlah botol, dan efektivitas klinis yang dimiliki.⁷ Generasi keempat atau dikenal dengan istilah *three-step total-etch* dalam pengaplikasiannya menggunakan etsa, primer, dan bahan *bonding* secara terpisah. Pada saat ini, generasi keempat masih menjadi *gold standard* dikarenakan oleh daya tahan dan kekuatan ikatan yang dimiliki.⁹ Generasi ini memiliki primer yang mengandung monomer fungsional hidrofilik yang dilarutkan dalam pelarut organik seperti aseton, etanol, atau air, dan bahan *bonding* yang mengandung hidrofobik monomer seperti Bisphenol A gliserolate dimethacrylate (Bis-GMA) yang mengandung hidrofilik molekul yaitu 2-hydroxyethyl-methacrylate (HEMA), yang dapat mempengaruhi sifat kekuatan ikat pada bahan *bonding* generasi keempat.^{10,11}

Hal ini dapat dibuktikan berdasarkan penelitian sebelumnya, bahwa *bonding* generasi keempat memiliki kekuatan lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan *bonding* generasi kelima, hal ini dapat didasari karena bahan generasi keempat memiliki monomer hidrofilik dan hidrofobik yang disajikan dalam botol yang berbeda dan diterapkan secara terpisah sehingga dapat meningkatkan kualitas ikatan.⁹

Perkembangan terbaru bahan bonding dalam kedokteran gigi saat ini terdapat generasi universal atau disebut dengan *multi-mode* yang merujuk pada pengaplikasian bahan pada generasi ini yang dapat diterapkan baik secara *total-etch*, *self-etch*, atau *selective etch*.¹² Dalam hal ikatan email dan dentin, beberapa penelitian mengungkapkan bahwa *bonding universal* memiliki efektivitas ikatan yang lebih tinggi daripada generasi sebelumnya.¹³ Ikatan *bonding universal* terhadap email dan dentin dapat terjadi karena adanya monomer fungsional yaitu 10-methacryloyldecyl dihydrogen phosphate (MDP).¹⁴ Monomer fungsional ini memiliki peran penting dalam mencapai daya tahan ikat pada email, dengan menghambat terjadinya hidrolisis dan menahan terjadinya fatigue stress.¹⁵

Bonding universal juga dapat diaplikasikan dengan atau tanpa menggunakan etsa. Penelitian sebelumnya, menyatakan bahwa penggunaan etsa pada email sebelum pengaplikasian bonding universal dapat meningkatkan kekuatan ikat geser pada generasi tersebut.¹⁶ Namun, pengaplikasian etsa asam pada dentin tidak meningkatkan efisiensi ikatan dari *bonding universal*.¹⁷ Berdasarkan penelitian sebelumnya, penggunaan etsa pada *bonding universal* hanya disarankan untuk diaplikasikan pada bagian email, dikarenakan pengaplikasian etsa pada dentin tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan jika dibandingkan dengan penggunaan tanpa etsa. Namun, terdapat penurunan kekuatan ikat geser pada beberapa bahan *bonding universal* yang dilakukan pada penelitian sebelumnya yaitu Futurabond dan Peak.¹⁸

Salah satu kriteria menilai kekuatan *bonding* pada restorasi resin komposit dengan jaringan keras gigi adalah menilai kemampuannya untuk menghasilkan kekuatan perlekatan yang optimal pada gigi yang dapat diukur salah satunya dengan menggunakan uji kekuatan ikat geser.¹⁹ Kekuatan ikat geser adalah tegangan maksimum material dalam menahan atau menerima gaya geser hingga terjadinya fraktur.²⁰

Penelitian mengenai kekuatan ikat geser oleh generasi bonding telah banyak dilakukan, namun belum ada penelitian yang secara langsung menguji untuk mengetahui pengaruh *bonding* generasi IV dan universal terhadap kekuatan ikat geser resin komposit nanofiller pada permukaan email.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *bonding* generasi IV dan *universal* (*total-etch*, *self-etch*) terhadap kekuatan ikat geser resin komposit *nanofiller* pada permukaan email.

BAHAN DAN METODE

Pembuatan Sampel

Gigi premolar bebas karies dengan permukaan email yang masih utuh dan belum pernah dilakukan penumpatan sebelumnya. Gigi direndam dalam air salin

terlebih dahulu selama 24 jam, selanjutnya diasah menggunakan silicon carbide paper (240 grit) yang setelahnya permukaan gigi dihaluskan dengan menggunakan silicon carbide paper (600 grit) masing-masing dilakukan selama 1 menit. Bagian permukaan bukal gigi yang akan diuji dilekatkan pada sticker paper, selanjutnya ditanam dalam pipa polyvinyl chloride (PVC) dengan diameter 2 cm dan tinggi 2 cm dengan resin akrilik. Resin akrilik dekoratif dan cairan aktivator diaduk dengan perbandingan 2:1 menggunakan sumpit kayu sebelum dituangkan ke dalam pipa PVC.

Perlakuan terhadap Sampel

Penelitian ini menggunakan 30 sampel gigi premolar mandibula yang dibagi menjadi tiga kelompok perlakuan. Kelompok pertama akan menggunakan bahan *bonding* generasi IV (Optibond FL, Kerr) dan kelompok kedua serta ketiga akan menggunakan bahan bonding universal (Optibond Universal, Kerr). Pada kelompok pertama, permukaan email akan diaplikasikan etsa menggunakan asam fosfat 37% selama 15 detik, dilanjutkan dengan pembilasan dengan air selama 15 detik untuk menghilangkan residu dari etsa, lalu dikeringkan menggunakan semprotan udara. Selanjutnya, *primer* akan dioleskan pada permukaan email selama 15 detik. Setelah pengaplikasian primer, bahan *bonding* akan diaplikasikan menggunakan *microbrush* selama 15 detik, lalu disemprotkan dengan semprotan udara agar bahan *bonding* tersebar merata selama 3 detik, dilanjutkan dengan polimerisasi dengan intensitas cahaya sebesar 650 mW/cm² selama 20 detik.

Bahan *bonding universal* dibagi menjadi dua kelompok. Pada kelompok kedua, permukaan email diaplikasikan dengan menggunakan etsa asam fosfat 37% selama 15 detik, dan dilanjutkan dengan pembilasan menggunakan air, lalu dikeringkan selama 5 detik menggunakan semprotan udara. Setelah itu, bahan *bonding* diaplikasikan selama 15 detik menggunakan *microbrush*, lalu disemprotkan menggunakan semprotan udara selama 5 detik untuk meratakan bahan *bonding* yang telah diaplikasikan pada permukaan email, dan dilakukan polimerisasi atau light cure selama 20 detik. Kelompok ketiga, permukaan email tidak diaplikasikan etsa terlebih dahulu. Permukaan email diaplikasikan bahan *bonding* dengan menggunakan *microbrush* selama 15 detik, dan disemprot menggunakan semprotan udara selama 5 detik, lalu dilakukan polimerisasi atau light cure dengan intensitas cahaya sebesar 650 mW/cm² selama 20 detik.

Setelah aplikasi bahan *bonding*, resin komposit *nanofiller* dilekatkan pada permukaan email menggunakan *plastic filling*, yang selanjutnya akan dibentuk sehingga membentuk kubus dengan ukuran panjang sekitar 2 mm dan lebar 2 mm, dilanjutkan dengan polimerisasi selama 20 detik dengan intensitas cahaya sebesar 650 mW/cm².

Resin komposit yang sudah mengeras dan melekat pada permukaan email, akan diukur menggunakan jangka sorong digital. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam wadah berisi kapas yang telah dibasahkan dengan akuades. Wadah yang berisi 30 sampel tersebut kemudian dimasukkan ke dalam inkubator dengan suhu 37°C selama 24 jam.

Pengukuran Kekuatan Ikatan Geser

Setelah diletakkan dalam wadah berisi kapas yang telah dibasahkan dengan akuades, dan diletakkan dalam inkubator selama 24 jam dengan suhu 37°C, sampel akan diletakkan dalam wadah pada universal testing machine. Uji kekuatan ikatan dilakukan dengan kecepatan 0,5 mm/menit.²¹ Hasil uji kekuatan ikatan dicatat dalam Newton (N) dan dihitung dalam MPa sebagai rasio Newton terhadap luas permukaan sampel.

Analisa Statistik

Data penelitian ini diuji normalitasnya menggunakan uji Sapphiro-wilk. Hasil yang diperoleh menunjukkan data terdistribusi normal ($p > 0,05$), maka analisa data dilanjutkan menggunakan uji statistik one way ANOVA dengan tingkat kemaknaan $p < 0,05$. Untuk mengetahui signifikansi masing-masing kelompok dilanjutkan dengan uji Tukey HSD.

HASIL

Hasil Uji Kekuatan Ikatan Geser

Hasil rata-rata dari ketiga kelompok dengan masing-masing berjumlah 10 sampel dapat dilihat pada Tabel 1. Kelompok pertama dengan menggunakan bahan *bonding* generasi IV menunjukkan nilai rata-rata sebesar 13,88 MPa, kelompok kedua dengan menggunakan bahan *bonding universal* dengan teknik *total-etch* menunjukkan nilai rata-rata sebesar 8,85 MPa, dan untuk kelompok ketiga dengan menggunakan bahan *bonding universal* dengan teknik *self-etch* menunjukkan nilai rata-rata sebesar 8,46 MPa.

Tabel 1. Hasil pengukuran rata-rata dan standar deviasi kekuatan ikatan geser

Kelompok	Perlakuan	N	Rata-rata $\pm$ SD (MPa)
1	<i>Bonding</i> generasi IV	10	13,88 $\pm$ 3,28
2	<i>Bonding universal</i> (<i>total-etch</i>)	10	8,85 $\pm$ 2,88
3	<i>Bonding universal</i> (<i>self-etch</i>)	10	8,46 $\pm$ 3,11

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, hasil kekuatan ikatan geser pada kelompok pertama dengan menggunakan bahan *bonding* generasi IV memiliki kekuatan ikatan geser yang paling tinggi yaitu dengan rata-rata sebesar 13,88 MPa, dan kelompok ketiga dengan menggunakan bahan *bonding universal* dengan teknik *self-etch* memiliki kekuatan ikatan geser yang paling rendah dari ketiga kelompok pengujian dengan rata-rata sebesar 8,46 MPa.

Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa kekuatan ikatan geser bahan *bonding universal* dengan menggunakan teknik *total-etch* pada email menghasilkan kekuatan ikatan geser yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan teknik *self-etch*.¹⁶ Hal ini dapat dipengaruhi oleh pengaplikasian etsa yang dapat menghasilkan permukaan email yang lebih retentif, sehingga akan menghasilkan kekuatan ikatan geser yang lebih tinggi. Hal ini juga berkaitan dengan hasil kekuatan ikatan geser pada kelompok pertama dengan menggunakan bahan *bonding* generasi IV yang menggunakan etsa secara terpisah. Etsa akan meningkatkan luas permukaan email secara mikroskopis yang akan membuat permukaan email menjadi lebih kasar dan tidak terstruktur, sehingga saat bahan *bonding* diaplikasikan, akan membuatnya masuk ke dalam mikroporositas yang akan meningkatkan retensi.

Bonding generasi IV memiliki *primer* dan bahan *bonding* dalam botol terpisah yang memiliki sifat hidrofilik dan hidrofobik yang dapat meningkatkan kekuatan ikatan. Ketika bahan *bonding* yang bersifat hidrofobik diaplikasikan pada permukaan gigi yang telah diaplikasikan dengan bahan *primer* yang bersifat hidrofilik, bahan *bonding* dapat meningkatkan kekuatan ikatan dengan mengurangi degradasi dari *primer* yang bersifat hidrofilik.⁹

Hasil kekuatan ikatan geser yang rendah pada kelompok ketiga dapat disebabkan bahan *bonding universal* tidak memiliki sifat keasaman yang terlalu tinggi dengan pH 2,5, sehingga saat diaplikasikan menggunakan teknik *self-etch*, menghasilkan permukaan yang kurang mikroretentif, dan kekuatan ikatan yang dihasilkan menjadi lebih rendah.^{21,23} Selain itu, dapat disebabkan oleh sifat hidrofilitas tinggi yang dimilikinya, sehingga bahan *bonding* dapat menyerap air berlebihan dari permukaan gigi yang lembab. Hal ini dapat menyebabkan hidrolisis dan degradasi pada ikatan antara permukaan gigi dan bahan *bonding* yang akan mempengaruhi kekuatan ikatan.²⁴

Faktor lain yang dapat menyebabkan hasil kekuatan ikatan geser yang rendah pada bahan *bonding universal* dapat dikarenakan oleh komposisi aseton dalam kandungannya sebagai bahan pelarut yang dapat menguap jika botol dibiarkan terbuka dalam jangka waktu yang lama saat dalam pemakaian.²³

Ketebalan bahan bonding juga dapat mempengaruhi hasil kekuatan ikat geser suatu bahan. Perbedaan tersebut berkaitan dengan tekanan udara yang diberikan pada saat pengeringan bahan *bonding*. Jika tekanan pada semprotan udara terlalu kuat, ketebalan bahan *bonding* akan berkurang sehingga kekuatan ikat geser yang dihasilkan menjadi lebih rendah.²⁵

Menurut penelitian sebelumnya, proses polimerisasi juga berperan terhadap kekuatan ikat geser pada bahan *bonding*.²⁶ Faktor-faktor seperti intensitas kekuatan cahaya, durasi paparan cahaya, jarak, dan arah tip dari *light curing unit* (LCU). Terdapat dua tipe penyinaran yaitu *fast curing* dengan intensitas sinar optimal sebesar 850 mW/cm² dengan lama penyinaran selama 20 detik. Lalu, *soft start* dengan intensitas sinar sebesar 100-600 mW/cm² dengan panjang gelombang 460 – 485 nm, dengan jarak penyinaran 2 mm. Intensitas cahaya optimum yang dapat diberikan pada resin komposit berkisar 600 mW/cm² sampai 1200 mW/cm².

Pengukuran intensitas cahaya LCU dilakukan untuk mengetahui kekuatan intensitas cahaya yang dihasilkan. Penggunaan pada penelitian ini, didapatkan kekuatan intensitas cahaya sebesar 650 mW/cm² yang diukur dengan menggunakan LED light meter. Jika intensitas cahaya yang dihasilkan oleh LCU terlalu rendah, akan menyebabkan resin komposit tidak terpolimerisasi secara sempurna sehingga menyebabkan kekerasan resin komposit menurun. Hal ini akan mempengaruhi kekuatan dari resin komposit sehingga mudah terlepas atau pecah.

Penggunaan intensitas cahaya LCU yang terlalu tinggi dapat dilakukan dengan mengurangi durasi penyinaran. Menurut penelitian sebelumnya, polimerisasi dengan intensitas cahaya yang terlalu tinggi akan menghasilkan lebih banyak penyusutan polimerisasi untuk beberapa resin komposit.²⁷ Penggunaan LCU dengan intensitas yang terlalu tinggi juga terdapat kemungkinan bahwa resin komposit mungkin terlihat sudah terpolimerisasi dengan baik, namun sebagian besar permukaan pada dasar resin komposit belum terpolimerisasi dengan baik.²⁸

Selain intensitas cahaya, durasi paparan sinar LCU juga dapat mempengaruhi polimerisasi pada restorasi. Durasi paparan harus diperhatikan untuk mengurangi adanya potensi berkurangnya sifat mekanik karena paparan cahaya yang tidak mencukupi atau over-heating karena *overexposure*.²⁹

Pada penelitian ini, jarak tip dengan resin komposit akan diukur menggunakan jangka sorong digital untuk mendapatkan jarak sebesar 2 mm. Jarak tip LCU dapat mempengaruhi intensitas cahaya yang dihasilkan. Jika jarak yang dihasilkan terlalu jauh, akan menyebabkan sinar menyebar sehingga akan membuat polimerisasi menjadi tidak adekuat.³⁰ Selain jarak dari tip LCU, arah pada tip juga akan mempengaruhi hasil dari penelitian. Arah tip pada penelitian ini dilakukan tegak lurus dengan permukaan restorasi yang akan meningkatkan intensitas

sinar cahaya LCU yang akan menyebar pada permukaan restorasi secara lebih luas dan merata sehingga polimerisasi akan menjadi lebih adekuat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *bonding* generasi IV (Optibond FL, Kerr) memiliki nilai kekuatan ikat geser yang lebih tinggi daripada *bonding universal*, baik dengan teknik *total-etch* dan *self-etch*. Kekuatan ikat geser resin komposit dengan bonding generasi IV (13,88 Mpa) menghasilkan kekuatan ikat geser tertinggi, dibandingkan dengan *bonding universal* dengan teknik *total-etch* (8,85 MPa) dan teknik *self-etch* (8,45 Mpa).

KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak terdapat konflik kepentingan dalam penelitian ini.

REFERENSI

1. Dede DÖ, Şahin O, Koroglu A, Yilmaz B. Effect of sealant agents on the color stability and surface roughness of nanohybrid composite resins. *J Prosthet Dent*. 2016;116(1):119–28.
2. Sakaguchi L R, Powers M J, editors. Composites and Polymers. In: Craig's Restorative Dental Materials. 12th ed. St. Louis, Mo: Elsevier; 2012. p. 167.
3. Ritter A, Boushell L, Walter R, editors. Dental Biomaterials. In: Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry. 7th ed. St. Louis, Missouri: Elsevier; 2016. p. 469.
4. Susra W, Nur DL, Puspita S. Perbedaan Kekuatan Geser dan Kekuatan Tarik pada Restorasi Resin Komposit Microhybrid dengan Bonding Generasi V dan Bonding Generasi VII. *Ijd*. 2013;02(02):68–75.
5. Olek A, Klimek L, Bottacz-Rzepakowska E. Comparative scanning electron microscope analysis of the enamel of permanent human, bovine and porcine teeth. *J Vet Sci*. 2020;21(6):1–14.
6. Li F, Zhang L, Weir MD, Cheng L, Zhang K, Xu HHK. Material-Tissue Interfacial Phenomena: Contributions from Dental and Craniofacial Reconstructions. 1st ed. Cambridge: Woodhead; 2016.
7. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Van Landuyt K, Yoshida Y, Peumans M. From buonocore's pioneering acid-etch technique to self-adhering restoratives. *J Adhes Dent*. 2020;22(1):7–34.
8. Francis T, Sakkir N, Soe HHK, Yeow TY, Hwe HZ, Tze ALM. Post-operative Sensitivity of Selective-Etch and Total-Etch Techniques in Composite Resin Restorations: An In-Vivo Study. *J Clin Diagnostic Res*. 2020;1–4.

9. Carvalho AO, Bacelar-Sá R, Wodevotzky O, Ambrosano GMB, Magne PC, Giannini M. Bond strength and micromorphology of resin-dentin interface of etch-and-rinse dentin bonding agents after 1-year of water storage. *Appl Adhes Sci*. 2016;4(1):1–2.
10. 10. Anusavice K, Shen C, Ralph R, editors. Bonding and Bonding Agents. In: Phillips' Science of Dental Materials. 12th ed. St. Louis, Missouri; 2012. p. 264.
11. Loguercio AD, Luque-Martinez I, Muñoz MA, Szesz AL, Cuadros-Sánchez J, Reis A. A comprehensive laboratory screening of three-step etch-and-rinse adhesives. *Oper Dent*. 2014;39:653.
12. Hanabusa M, Mine A, Kuboki T, Momoi Y, Van Ende A, Van Meerbeek B, et al. Bonding effectiveness of a new “multi-mode” adhesive to enamel and dentine. *J Dent*. 2012;40:475–484.
13. Suzuki T, Takamizawa T, Barkmeier WW, Tsujimoto A, Endo H, Erickson RL, et al. Influence of etching mode on enamel bond durability of universal adhesive systems. *Oper Dent*. 2016;41(5):520–530.
14. Kim JH, Chae SY, Lee Y, Han GJ, Cho BH. Effects of multipurpose, universal adhesives on resin bonding to zirconia ceramic. *Oper Dent*. 2015;40(1):55–62.
15. Tsuchiya K, Takamizawa T, Barkmeier WW, Tsubota K, Tsujimoto A, Berry TP, et al. Effect of a functional monomer (MDP) on the enamel bond durability of single-step self-etch adhesives. *Eur J Oral Sci*. 2016;124:96–102.
16. Beltrami R, Chiesa M, Scribante A, Allegretti J, Poggio C. Comparison of shear bond strength of universal adhesives on etched and nonetched enamel. *J Appl Biomater Funct Mater*. 2016;14(1):78–83.
17. Nagarkar S, Theis-Mahon N, Perdigão J. Universal dental adhesives: Current status, laboratory testing, and clinical performance. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater*. 2019;107(6):2121–31.
18. Poggio C, Beltrami R, Colombo M, Chiesa M, Scribante A. Influence of dentin pretreatment on bond strength of universal adhesives. *Acta Biomater Odontol Scand*. 2017;3:30–35.
19. Diana S, Santosa P, Daradjati S. Perbedaan Kekuatan Geser Perlekatan Resin Komposit Packable dengan Intermediate Layer Resin Komposit Flowable Menggunakan Bonding Total-Etch dan Self Adhesive Flowable Terhadap Dentin. *J Ked Gi*. 2014;5(2):209–218.
20. Sakaguchi L R, Powers M J, editors. Craig's Restorative Dental Materials. 13rd ed. St. Louis, Mo: Mosby; 2012.
21. Poggio C, Scribante A, Della Zoppa F, Colombo M, Beltrami R, Chiesa M. Shear bond strength of one-step self-etch adhesives to enamel: Effect of acid pretreatment. *Dent Traumatol*. 2014;30(1):43–48.
22. Salem AA, Nassif MS, El-Korashy DI. Durability of bond strength to dentin using two universal adhesives in different etching modes. *Brazilian J Oral Sci*. 2021;20:1–15.
23. Staxrud F, Valen H. Potential of universal bonding agents for composite repair. *Biomater Investig Dent*. 2022;9(1):41–46.
24. Steiner R, Edelhoff D, Stawarczyk B, Dumfahrt H, Lente I. Effect of dentin bonding agents, various resin composites and curing modes on bond strength to human dentin. *Materials (Basel)*. 2019;12(20):1–10.
25. Sundari I, Arifin R, Maulida R. Shear Bond Strength Bracket Metal dengan Bahan Adhesif Kimia Cured dan Light Cured yang Terkontaminasi Saliva Terhadap Email. *J Syiah Kuala Dent Soc*. 2017;2(1):6–11.
26. Jain A, Ray S, Mitra R, Chopra SS. Light Cure Tip Distance and Shear Bond Strength: Does it have any Clinical Significance? *J Indian Orthod Soc*. 2013;47(3):135–142.
27. Bektas OO, Hümmüzlü F, Eren D. Effect of the composite curing light mode on polymerization shrinkage of resin composites. *Cumhuriyet Dent J*. 2012;15(1):1–6.
28. Garoushi S, Lassila L, Vallittu PK. Impact of fast high-intensity versus conventional light-curing protocol on selected properties of dental composites. *Materials (Basel)*. 2021;14(6): 13–15.
29. Vandewalle KS, Swift EJ. Estimated light exposure time for composite resin restorative materials. *J Esthet Restor Dent*. 2012;23(4):201–4.
30. Lima AF, de Andrade KMG, da Cruz Alves LE, Soares GP, Marchi GM, Aguiar FHB, et al. Influence of light source and extended time of curing on microhardness and degree of conversion of different regions of a nanofilled composite resin. *Eur J Dent*. 2012;6(2):153–7.