

Efek *surface treatment bonding agent* pada kekuatan ikatan geser gigi artifisial akrilik dengan basis gigi tiruan nilon termoplastik: studi eksperimental

Lely Khairani Lubis^{1*}
Putri Welda Utami Ritonga²

*Correspondence:
lelykhairani67@gmail.com

¹Program Studi Sarjana Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

²Departemen Prostodonsia, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

Submission: 13 September 2025

Revised: 13 Oktober 2025

Accepted: 27 Oktober 2025

Published: 31 Oktober 2025

DOI: [10.24198/pjdrs.v9i3.67353](https://doi.org/10.24198/pjdrs.v9i3.67353)

ABSTRAK

Pendahuluan: *Surface treatment* dengan *bonding agent* dapat meningkatkan perlekatan gigi artifisial akrilik dengan basis gigi tiruan nilon termoplastik. Basis gigi tiruan nilon termoplastik sering mengalami masalah ikatan yang lemah terhadap gigi artifisial akrilik, yang dapat menyebabkan fraktur atau lepasnya gigi tiruan dari basis. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh berbagai *bonding agent* terhadap kekuatan ikatan geser antara gigi artifisial akrilik dengan basis gigi tiruan nilon termoplastik. **Metode:** Penelitian eksperimental laboratoris dengan desain *post-test only control group* pada 32 sampel gigi artifisial akrilik insisivus sentralis rahang atas dengan basis nilon termoplastik silinder (18×20 mm). Sampel dibagi empat kelompok: kontrol, OptiBond Universal[®], Tetric N-Bond Universal[®], dan 3M ESPE Single Bond Universal[®]. Uji kekuatan ikatan geser dilakukan dengan *Universal Testing Machine* (crosshead 0,5 mm/menit). Data dianalisis dengan One-Way ANOVA dan uji LSD ($\alpha=0,05$). **Hasil:** Rerata kekuatan ikatan geser adalah $0,453 \pm 0,292$ MPa (kontrol), $0,896 \pm 0,189$ MPa (OptiBond), $1,684 \pm 0,382$ MPa (Tetric N-Bond), dan $2,648 \pm 0,221$ MPa (3M ESPE), dengan perbedaan bermakna antar kelompok ($p=0,001$). **Simpulan:** *Surface treatment bonding agent* secara signifikan meningkatkan kekuatan ikatan geser, dengan 3M ESPE Single Bond Universal[®] memberikan hasil tertinggi dibandingkan OptiBond Universal[®] dan Tetric N-Bond Universal[®].

KATA KUNCI: *Bonding agent*, kekuatan ikatan geser, gigi artifisial akrilik, nilon termoplastik.

The effect of *surface treatment with bonding agents* on the shear bond strength between acrylic artificial teeth and thermoplastic nylon denture bases: an experimental study

ABSTRAK

Introduction: *Surface treatment with a bonding agent* can improve the bond between acrylic artificial teeth and thermoplastic nylon denture bases. Thermoplastic nylon denture bases often experience weak bonding issues with acrylic artificial teeth, which can lead to fracture or debonding of the denture from the base. This study aims to analyze the effect of various bonding agents on the shear bond strength between acrylic artificial teeth and thermoplastic nylon denture bases. **Methods:** A laboratory experimental study with *post-test-only control group* design was conducted on 32 samples of acrylic artificial teeth (maxillary central incisors) with cylindrical thermoplastic nylon bases (18×20 mm). The samples were divided into four groups: control, OptiBond Universal[®], Tetric N-Bond Universal[®], and 3M ESPE Single Bond Universal[®]. Shear bond strength testing was performed using a *Universal Testing Machine* (crosshead speed: 0.5 mm/min). Data were analyzed by one-way ANOVA followed by LSD post hoc testing ($\alpha=0.05$). **Results:** The mean shear bond strengths were 0.453 ± 0.292 MPa (control), 0.896 ± 0.189 MPa (OptiBond), 1.684 ± 0.382 MPa (Tetric N-Bond), and 2.648 ± 0.221 MPa (3M ESPE), with significant differences between groups ($p=0.001$). **Conclusion:** *Surface treatment with bonding agents* significantly increased shear bond strength, with 3M ESPE Single Bond Universal[®] providing the highest bond strength compared to OptiBond Universal[®] and Tetric N-Bond Universal[®].

KEY WORDS: *Bonding agent*, shear bond strength, acrylic artificial teeth, thermoplastic nylon.

Sitasi: Lely K, Ritonga P. Efek pemberian *surface treatment bonding agent* pada kekuatan ikatan geser gigi artifisial akrilik dengan basis gigi tiruan nilon termoplastik: studi eksperimental Padjadjaran Journal of Dental Researchers and Students. 2025; 9(3): 334-343. DOI: [10.24198/pjdrs.v9i3.67353](https://doi.org/10.24198/pjdrs.v9i3.67353) Copyright: ©2025 by Padjadjaran Journal of Dental Researchers and Students. Submitted to Padjadjaran Journal of Dental Researchers and Students for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

PENDAHULUAN

Kehilangan gigi merupakan masalah kesehatan mulut yang sering dijumpai dan dapat disebabkan oleh karies, penyakit periodontal, trauma, maupun faktor lain. Kondisi ini tidak hanya menimbulkan gangguan fungsi pengunyahan dan fonetik, tetapi juga berdampak pada estetika serta psikologis pasien.^{1,2} Pemakaian gigi tiruan menjadi salah satu solusi untuk menggantikan gigi yang hilang agar fungsi fisiologis dan estetik dapat kembali optimal.³ Gigi tiruan lepasan dengan basis resin banyak digunakan karena sifatnya yang biokompatibel, mudah dibentuk, serta memiliki nilai estetika yang baik.^{4,5}

Salah satu bahan basis gigi tiruan yang semakin diminati adalah nilon termoplastik. Bahan ini memiliki kelebihan seperti estetika yang lebih natural, elastisitas tinggi, ringan, serta bebas logam sehingga lebih nyaman bagi pasien.⁶ Nilon termoplastik juga memiliki kekurangan, di antaranya kesulitan dalam proses relining, perubahan warna, serta ikatan yang lemah terhadap gigi artifisial akrilik. Lemahnya ikatan antara gigi artifisial dengan basis nilon termoplastik sering menyebabkan gigi tiruan mengalami fraktur atau lepas dari basis, sehingga memerlukan perbaikan.^{7,8}

Daya lekat antara nilon termoplastik dan resin akrilik seringkali bermasalah akibat perbedaan sifat kimia dan energi permukaan mereka. Nilon memiliki sifat nonpolar dan hidrofobik, sementara resin akrilik cenderung polar dan lebih reaktif, yang menghambat pembentukan ikatan kimia yang kuat di antara keduanya. Selain itu, energi permukaan nilon yang rendah juga menyebabkan berkurangnya kemampuan resin akrilik untuk menempel permukaan nilon tersebut.¹⁰

Berbagai metode *surface treatment* dikembangkan untuk meningkatkan ikatan antara gigi artifisial akrilik dengan basis nilon termoplastik. Salah satu metode yang banyak diteliti adalah penggunaan *bonding agent*.^{9,10} *Bonding agent* bekerja dengan cara memodifikasi permukaan sehingga terjadi perlekatan mekanis maupun kimia yang lebih baik. Beberapa produk *bonding agent* yang beredar luas antara lain *OptiBond Universal*®, *Tetric N-Bond Universal*®, dan 3M ESPE *Single Bond Universal*®.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan hasil yang beragam. Somwanshi dkk.,¹¹ melaporkan bahwa perlekatan gigi artifisial akrilik pada basis resin termoplastik tanpa perlakuan permukaan menghasilkan nilai kekuatan ikatan geser yang rendah. Khandagale dkk.¹² juga menemukan bahwa penggunaan *surface treatment* mampu meningkatkan ikatan gigi tiruan, meskipun efektivitasnya berbeda pada tiap metode. Nakhaei dkk.¹³ menyatakan bahwa *bonding agent* tertentu dapat meningkatkan ikatan mekanis maupun kimia, tetapi efektivitasnya bervariasi antar produk. Hal ini menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut untuk membandingkan *bonding agent* yang berbeda dalam meningkatkan kekuatan ikatan geser.

Namun, studi yang secara spesifik membandingkan efektivitas tiga jenis *universal bonding agent* yang berbeda (*OptiBond Universal*®, *Tetric N-Bond Universal*®, dan 3M ESPE *Single Bond Universal*®) sebagai perlakuan permukaan untuk meningkatkan kekuatan ikatan geser pada kombinasi gigi artifisial akrilik dan basis nilon termoplastik masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan (*novelty*) untuk menguji dan membandingkan secara langsung ketiga *bonding agent* tersebut secara kuantitatif, sehingga dapat memberikan panduan klinis yang lebih jelas mengenai produk mana yang paling optimal untuk mengatasi masalah perlekatan pada gigi tiruan berbahan nilon termoplastik.

Berdasarkan latar belakang dan kesenjangan penelitian (*gap analysis*) yang telah diuraikan, penelitian ini dilakukan sebagai studi eksperimental untuk menganalisis efek (pengaruh) *surface treatment bonding agent* (*OptiBond U* (Placeholder1) *universal*®, *Tetric N-Bond Universal*®, dan 3M ESPE *Single Bond Universal*®) pada kekuatan ikatan geser antara gigi artifisial akrilik dengan basis gigi tiruan nilon termoplastik. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh berbagai *bonding agent* terhadap kekuatan ikatan geser antara gigi artifisial akrilik dengan basis gigi tiruan nilon termoplastik.

METODE

Rancangan penelitian yang digunakan adalah eksperimental laboratoris dengan desain *post-test only control group design*.²⁸ Penelitian ini menggunakan teknik pengambilan sampel purposive sampling. Berdasarkan perhitungan besar sampel menggunakan rumus uji hipotesis *one-way* ANOVA ditetapkan bahwa diperlukan minimal 8 unit sampel per kelompok untuk mencapai kekuatan statistik yang valid, sehingga total sampel yang digunakan adalah 32 sampel.²⁸

Sampel penelitian adalah gigi artifisial akrilik insisivus sentralis rahang atas yang dipasangkan dengan basis nilon termoplastik berbentuk silindris dengan diameter 18 mm dan tinggi 20 mm. Bagian gigi artifisial yang tertanam pada bagian mesial, distal, dan palatal adalah 1 mm, sedangkan bagian labial adalah 2 mm untuk menyamakan area ikatan. Standarisasi lebih lanjut mencakup penggunaan material nilon (Valplast) seberat 20 gram per sampel serta pengaturan proses (pemanasan pada suhu 288°C selama 11 menit). Ke-32 sampel tersebut kemudian dibagi secara acak menjadi 4 kelompok ($n=8$) untuk diberikan perlakuan: Kelompok Kontrol (tanpa *surface treatment*), Kelompok OptiBond Universal®, Kelompok Tetric N-Bond Universal®, dan Kelompok 3M ESPE Single Bond Universal®.

Ukuran sampel ditentukan menggunakan formula Sastroasmoro Ismael (2010) dengan nilai Z_{α} sebesar 1,96 (tingkat signifikansi $\alpha=5\%$) dan Z_{β} sebesar 0,84 (daya 80%). Perhitungan didasarkan pada varians gabungan dan nilai rerata kelompok perlakuan/kontrol dari studi terdahulu, serta memperhitungkan potensi kehilangan data (drop-out) sebesar 10%. Dengan demikian, diperoleh 8 sampel untuk setiap kelompok, dan karena terdapat 4 kelompok, yaitu: Kelompok A: tanpa *surface treatment* (kontrol), Kelompok B: *surface treatment* dengan *bonding agent* OptiBond Universal®, Kelompok C: *surface treatment* dengan *bonding agent* Tetric N-Bond Universal® dan Kelompok D: *surface treatment* dengan *bonding agent* 3M ESPE Single Bond Universal®, maka total sampel yang dibutuhkan adalah 32.

Pembuatan sampel dilakukan di Unit Jasa Industri (UJI) Dental FKG USU dan Departemen Prostodonsia FKG USU. Permukaan *ridge lap* gigi artifisial dibersihkan, kemudian pada kelompok perlakuan diaplikasikan *bonding agent* menggunakan microbrush selama 20 detik dan disinari dengan *light cure* selama 10 detik.

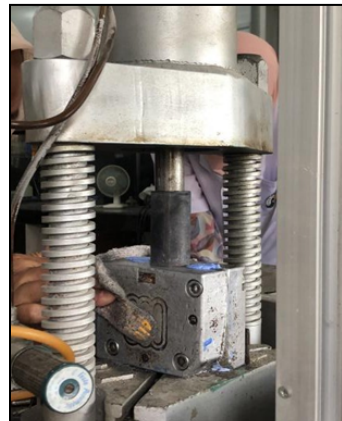
Data terlebih dahulu diuji untuk memastikan kesesuaian dengan asumsi normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk (ukuran sampel kurang dari 50) dan homogenitas varians menggunakan uji Levene. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua asumsi tersebut telah terpenuhi, dibuktikan dengan nilai p lebih dari 0,05 pada semua uji, termasuk nilai p sebesar 0,204 pada uji Levene. Analisis lanjutan menggunakan ANOVA satu arah menghasilkan nilai F 93,98 dengan nilai p kurang dari 0,001. Uji LSD dengan taraf signifikansi 0,05 menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan di antara semua kelompok.





Gambar 1. Microbrush yang digunakan untuk aplikasi bonding agent pada permukaan ridge lap gigi artificial akrilik

Pembuatan basis nilon termoplastik dilakukan dengan teknik *injection molding* menggunakan kuvet khusus. Model sampel ditanam dengan posisi horizontal pada gips tipe II di dalam kuvet bawah, lalu dipasangkan kuvet atas. Butiran nilon termoplastik (Valplast®) dimasukkan ke dalam *cartridge* dan dipanaskan pada suhu $\pm 288^\circ\text{C}$ selama 11 menit hingga melunak setelah dilakukan pembuangan wax sprue. Nilon cair kemudian diinjeksi ke dalam *mold* menggunakan alat injector dengan tekanan hidrolis. Setelah pendinginan, sampel dikeluarkan dari kuvet, dirapikan, dan dipoles hingga permukaan halus.



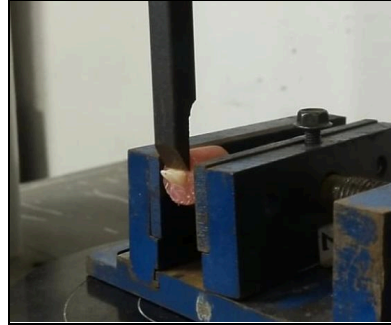
Gambar 2. Pembuatan basis nilon termoplastik dengan teknik *injection molding*

Sampel penelitian berupa gigi artificial akrilik insisivus sentralis rahang atas yang telah dipasangkan pada basis nilon termoplastik berbentuk silinder dengan diameter 18 mm dan tinggi 20 mm.



Gambar 3. Sampel penelitian gigi artificial akrilik dengan basis nilon termoplastik

Seluruh sampel direndam dalam akuades pada suhu 37°C selama 24 jam sebelum dilakukan pengujian. Kekuatan ikatan geser diuji di Laboratorium Magister Teknik Mesin USU menggunakan *Universal Testing Machine* (Tensilon RTF-1350, A&D, Japan). Sampel ditempatkan pada pemegang uji, kemudian diberi beban tekan pada permukaan palatal insisal dengan kecepatan *crosshead* 0,5 mm/menit hingga gigi artificial terlepas dari basis.



Gambar 4. Pengukuran kekuatan ikatan geser menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM)

Nilai kekuatan ikatan geser dihitung dengan rumus: $\text{Kekuatan ikatan geser (Nmm}^2\text{)} = \frac{L(N)}{A(\text{mm}^2)}$. Keterangan: L=beban maksimum (N), A=luas permukaan penampang (mm^2). Hasil pengujian dinyatakan dalam MPa. Analisis data dilakukan secara univariat untuk mendapatkan rerata dan standar deviasi. Perbedaan antar kelompok diuji dengan *One-Way ANOVA*, dan untuk mengetahui kelompok mana yang berbeda bermakna dilanjutkan dengan uji *Least Significant Difference* (LSD) dengan tingkat signifikansi 0,05.

HASIL

Penelitian ini menggunakan 32 sampel gigi artifisial akrilik insisivus sentralis rahang atas yang dipasangkan dengan basis nilon termoplastik. Sampel dibagi menjadi empat kelompok, yaitu kelompok A (kontrol, tanpa *surface treatment*), kelompok B (OptiBond Universal®), kelompok C (Tetric N-Bond Universal®), dan kelompok D (3M ESPE *Single Bond Universal*®).

Kekuatan ikatan geser artifisial akrilik dngan basis gigi tiruan nilon termoplastik yang telah diberi perlakuan *surface treatment* dengan *bonding agent* pada gigi artifisial akrilik yang diuji menggunakan alat *Tensilon Universal Testing Machiene*. Kekuatan ikatan geser keempat kelompok terdiri dari kelompok gigi artifisial akrilik dengan basis gigi tiruan nilon termoplastik tanpa *surface treatment bonding agent* (A), gigi artifisial akrilik dengan basis gigi tiruan nilon termoplastik dengan *surface treatment bonding agent* OptiBond Universal® (B), gigi artifisial dengan basis gigi tiruan nilon termoplastik dengan *surface treatment bonding agent* Tetric N-Bond® (C), gigi artifisial akrilik dengan basis nilon termoplastik dengan *surface treatment bonding agent* 3M ESPE *Single Bond Universal*® (D).

Tabel 1. Nilai kekuatan ikatan geser antara gigi artifisial akrilik dan basis gigi tiruan nilon termoplastik dengan *surface treatment* berbagai *bonding agent*

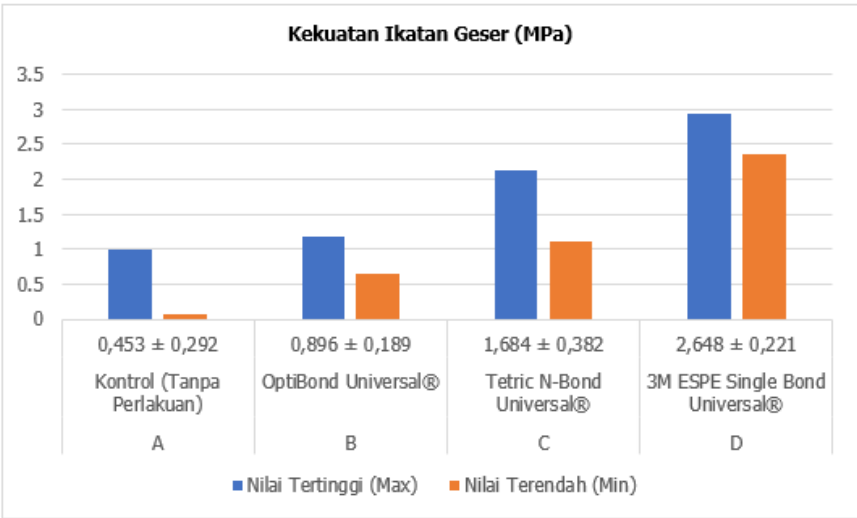
No. Sampel	Kekuatan Ikatan Geser (MPa)			
	Kelompok A	Kelompok B	Kelompok C	Kelompok D
1	0,463	0,673	1,175	2,556
2	0,998*	0,892	1,619	2,777
3	0,361	1,046	1,847	2,794
4	0,588	1,046	1,583	2,361**
5	0,076**	0,757	2,132*	2,852
6	0,397	1,174*	2,066	2,546
7	0,613	0,927	1,928	2,934*
8	0,129	0,653**	1,122**	2,364
$\bar{x} \pm \text{SD}$	$0,453 \pm 0,292$	$0,896 \pm 0,189$	$1,684 \pm 0,382$	$2,648 \pm 0,221$

Keterangan: * nilai terbesar, ** nilai terkecil

Kekuatan ikatan geser terbesar pada kelompok A adalah 0,998 Mpa. dan terkecil adalah 0,076 Mpa. Kekuatan ikatan geser terbesar pada kelompok B adalah 1,174MPa dan terkecil adalah 0,653 MPa. Kekuatan ikatan geser terbesar pada kelompok C Adalah 2,132 MPa dan terkecil adalah 1,122 MPa. Kekuatan ikatan geser terbesar pada kelompok D adalah 2,934 Mpa dan terkecil adalah 2,361 Mpa (Tabel 1).

Nilai rerata kekuatan ikatan geser dianalisis dengan uji univarian. Nilai rerata kekuatan ikatan geser pada kelompok A adalah sebesar $0,453 \pm 0,292$ MPa. Nilai rerata kekuatan ikatan geser pada kelompok B adalah sebesar $0,896 \pm 0,189$ MPa. Nilai rerata kekuatan ikatan geser pada kelompok C adalah sebesar $1,684 \pm 0,382$ MPa. Nilai rerata kekuatan ikatan geser pada kelompok D adalah sebesar $2,648 \pm 0,221$ MPa. Penelitian ini menggunakan 32 sampel gigi artifisial akrilik insisivus sentralis rahang atas yang

Berdasarkan hasil uji tersebut, terdapat perbedaan rerata dan standar deviasi nilai kekuatan ikatan geser yang signifikan antara kelompok A, kelompok B, kelompok C, dan kelompok D sebagaimana grafik pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik rerata, standar deviasi, dan perbedaan signifikansi kelompok A, B, C, D. Alfabet yang berbeda menandakan adanya perbedaan yang signifikan antar kelompok A, B, C, D.

Efek *surface treatment* dengan berbagai *bonding agent* pada kekuatan ikatan geser anasir gigi artifisial akrilik dengan basis gigi tiruan nilon termoplastik yang dianalisis menggunakan uji ANOVA satu arah pada keempat kelompok. Sebelum uji ANOVA satu arah dilakukan, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas dengan menggunakan uji statistik *Shapiro-Wilk* ($n < 50$) karena sampel uji berjumlah lebih sedikit dari 50 sampel. Hasil uji pada nilai kekuatan ikatan geser sampel gigi artifisial akrilik yang ditanam pada basis nilon termoplastik pada kelompok perlakuan *bonding agent*, *Optibond Universal®*, *Tetric N Bond Universal®*, *3M Espe Single Bond Universal®* dan kontrol dilakukan dengan uji *Shapiro-Wilk*.

Tabel 2. Efek *surface treatment* berbagai *bonding agent* terhadap kekuatan ikatan geser antara gigi artifisial akrilik dan basis gigi tiruan nilon termoplastik

Kelompok	Kekuatan Ikatan Geser (MPa)		Nilai p
	N	$\bar{x} \pm SD$	
A	8	0,453 ± 0,292	0,0001*
B	8	0,896 ± 0,189	
C	8	1,684 ± 0,382	
D	8	2,648 ± 0,221	

Keterangan: *signifikan ($p < 0,05$)

Hasil uji normalitas *Shapiro-Wilk* diperoleh data dengan nilai signifikansi (p) untuk kelompok A diperoleh $p=0,701$, kelompok B adalah $0,604$, kelompok C adalah $0,379$, dan kelompok D adalah $0,311$. Hasil uji normalitas menunjukkan seluruh nilai $p>0,05$, maka seluruh data terdistribusi normal. Uji homogenitas data dilaksanakan setelah uji normalitas untuk mengetahui bahwa data tersebut homogen dengan menggunakan uji *Levene*. Hasil uji homogenitas diperoleh nilai $1,634$ dengan tingkat signifikansi $p=0,204$ ($p>0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa data yang diperoleh homogen. Data penelitian kemudian diuji dengan uji statistik ANOVA satu arah karena hasil temuan normal dan homogen.

Berdasarkan hasil uji ANOVA satu arah diperoleh signifikansi $p=0,0001$ ($p<0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa ada efek *surface treatment berbagai bonding agent* terhadap kekuatan ikatan geser gigi artifisial akrilik dengan basis gigi tiruan nilon termoplastik (Tabel 2).

Tabel 3. Uji beda efek *surface treatment berbagai bonding agent* pada kekuatan ikatan geser gigi artifisial akrilik dengan basis gigi tiruan nilon termoplastik

Kelompok		Nilai p
B	A	0,0001*
	C	0,0001*
	D	0,004*
C	A	0,0001*
	D	0,0001*
D	A	0,0001*

Keterangan: *signifikan ($p<0,05$) uji LSD

Uji LSD dilakukan sebagai lanjutan dari uji ANOVA satu arah yang menunjukkan adanya perbedaan bermakna antar kelompok, dengan tujuan untuk mengetahui kelompok perlakuan mana yang memiliki perbedaan signifikan (Tabel 3). Hasil analisis uji statistik Uji statistik LSD menunjukkan adanya perbedaan bermakna *surface treatment bonding agent OptiBond Universal[®], Tetric N-Bond Universal[®], 3M ESPE Single Bond Universal[®]* terhadap kekuatan ikatan geser gigi artifisial akrilik dengan basis gigi tiruan nilon termoplastik, yaitu kelompok A dan B dengan nilai $p=0,0001$ ($p<0,05$), kelompok A dan C dengan nilai $p=0,0001$ ($p<0,05$), kelompok A dan D dengan nilai $p=0,004$ ($p<0,05$), kelompok B dan C dengan nilai $p=0,0001$ ($p<0,05$), kelompok B dan D dengan nilai $p=0,0001$ ($p<0,05$), kelompok C dan D dengan nilai $p=0,0001$ ($p<0,05$) (Tabel 3).

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi nilai kekuatan ikatan geser pada setiap kelompok perlakuan. Uji ANOVA satu arah menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan dan kontrol ($p=0,0001$), yang membuktikan adanya efek *surface treatment berbagai bonding agent* terhadap kekuatan ikatan geser gigi artifisial akrilik dengan basis gigi tiruan nilon termoplastik.

Secara deskriptif, rerata dan standar deviasi kekuatan ikatan geser disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2 Kelompok A (Kontrol) menghasilkan nilai rerata terendah, yaitu $0,453 \pm 0,292$. Pada kelompok kontrol ini, nilai ikatan geser tertinggi tercatat $0,998$ MPa dan terendah $0,076$ MPa. Nilai rerata yang rendah pada kelompok kontrol ini konsisten dengan temuan Somwanshi dkk.¹¹, yang mendapatkan nilai ikatan rendah pada basis resin termoplastik tanpa perlakuan. Ikatan yang rendah ini disebabkan oleh sifat nilon yang hidrofobik dan memiliki energi permukaan rendah, yang menghambat pembasahan (*wetting*) resin akrilik dan mencegah terbentuknya ikatan kimia yang efektif.

Kelompok dengan perlakuan *bonding agent* menunjukkan peningkatan rerata kekuatan ikatan geser yang signifikan, yaitu: Kelompok B (OptiBond Universal[®]): $0,896 \pm 0,189$ MPa, dengan nilai tertinggi $1,174$ MPa dan terendah $0,653$ MPa. Kelompok C (Tetric N-Bond

Universal®): $1,684 \pm 0,382$ MPa, dengan nilai tertinggi 2,132 MPa dan terendah 1,122MPa. Kelompok D (3M ESPE Single Bond Universal®): $2,648 \pm 0,221$ MPa, dengan nilai tertinggi 2,934 MPa dan terendah 2,361 MPa.

Uji *Least Significant Difference* (LSD) sebagai uji *post hoc* (Tabel 3) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rerata yang bermakna secara statistik $p < 0,05$ pada semua pasangan kelompok perlakuan. Perbedaan signifikan ini berlaku untuk perbandingan: A dan B ($p=0,0001$), A dan C ($p=0,0001$), A dan D ($p=0,004$), B dan C ($p=0,0001$), B dan D ($p=0,0001$), serta C dan D ($p=0,0001$).

Nilai rerata kekuatan ikatan geser tertinggi ditunjukkan oleh kelompok 3M ESPE Single Bond Universal® (D) $2,648 \pm 0,221$ MPa) Peningkatan ini menunjukkan bahwa aplikasi *bonding agent* mampu memperkuat ikatan antara gigi artifisial akrilik dan basis nilon termoplastik, dengan nilai tertinggi ditunjukkan oleh 3M ESPE Single Bond Universal®. Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian terdahulu yang menyimpulkan bahwa perlakuan permukaan (*surface treatment*), seperti penggunaan *primer* atau *bonding agent*, sangat penting untuk meningkatkan kekuatan ikatan pada nilon termoplastik.

Kekuatan ikatan geser tertinggi pada kelompok 3M ESPE Single Bond Universal® (D) dapat diatribusikan pada komposisi unik yang dimilikinya. *Bonding agent* ini, yang merupakan sistem *one-step universal*, mengandung monomer fungsional 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (10-MDP). Monomer 10-MDP dikenal mampu berinteraksi secara kimiawi dengan berbagai substrat.

Dalam kasus basis nilon, kehadiran gugus polar amida (-CONH-) pada nilon memungkinkan interaksi ikatan hidrogen dengan monomer fungsional, yang diperkuat oleh kemampuan 10-MDP membentuk ikatan kimia yang lebih stabil. Selain mekanisme kimiawi ini, sifat fisik dari 3M ESPE Single Bond Universal® yang lebih cair dibandingkan *bonding agent* lainnya (Tetric N-Bond Universal® dan OptiBond Universal®) memungkinkan terbentuknya lapisan adhesif yang lebih tipis. Lapisan adhesif yang tipis ini berperan krusial dalam meningkatkan perlekatan.

Perbedaan efektivitas yang diamati antara Tetric N-Bond Universal® (C) dan OptiBond Universal® (B) mencerminkan perbedaan komposisi kimia monomer, jenis pelarut, dan pH yang mereka gunakan. Tetric N-Bond Universal® memiliki rerata kekuatan ikatan geser yang secara signifikan lebih tinggi $1,684 \pm 0,382$ MPa) dibandingkan OptiBond Universal® $0,896 \pm 0,189$ MPa). Keunggulan Tetric N-Bond Universal® ini diperkirakan karena keseimbangan komposisinya yang mengandung *phosphonic acid modified acrylates* dan monomer lain yang mungkin memiliki kemampuan membasahi (*wetting*) permukaan nilon yang hidrofobik dengan lebih efisien. Pembasahan yang lebih baik ini memungkinkan penetrasi monomer yang lebih optimal ke dalam mikroporositas permukaan nilon yang telah dikasarkan, sehingga menghasilkan retensi mekanis yang lebih unggul dibandingkan dengan OptiBond Universal®³⁵. Berdasarkan hasil penelitian ini, secara klinis disarankan bahwa penggunaan 3M ESPE Single Bond Universal® sangat efektif untuk meningkatkan retensi gigi artifisial pada basis gigi tiruan nilon termoplastik.

Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian terdahulu yang menyimpulkan bahwa perlakuan permukaan (*surface treatment*), seperti penggunaan *primer* atau *bonding agent*, sangat penting untuk meningkatkan kekuatan ikatan pada nilon termoplastik. Penelitian oleh Koodaryan dan Hafezeqoran dkk.,¹² dan Nakhaei dkk.¹³ juga melaporkan bahwa penggunaan *adhesive* spesifik secara signifikan meningkatkan ikatan geser dibandingkan kelompok kontrol.

Secara spesifik, nilai rerata kekuatan ikatan geser pada kelompok kontrol penelitian ini $0,453 \pm 0,292$ Mpa) menunjukkan konsistensi dengan temuan Somwanshi dkk.¹¹ yang juga mendapatkan nilai ikatan yang rendah pada basis resin termoplastik tanpa perlakuan. Ikatan yang rendah pada kelompok kontrol disebabkan oleh sifat nilon yang hidrofobik dan memiliki energi permukaan rendah, yang menghambat pembasahan (*wetting*) resin akrilik dan mencegah terbentuknya ikatan kimia yang efektif.

Kekuatan ikatan geser tertinggi yang ditemukan pada kelompok 3M ESPE Single Bond Universal® $2,648 \pm 0,221$ MPa) menguatkan temuan berbagai penelitian sebelumnya yang menempatkan universal *bonding agent* berbasis monomer 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (10-MDP) sebagai salah satu yang paling efektif pada berbagai substrat kedokteran

gigi. Meskipun nilai absolut kekuatan ikatan dapat bervariasi antara studi (disebabkan oleh perbedaan metode, jenis nilon, atau resin akrilik yang digunakan), hasil ini sejalan dengan kesimpulan umum bahwa mekanisme ikatan yang dimediasi oleh 10-MDP memberikan performa superior.

Kekuatan superior 3M ESPE Single Bond Universal® dapat diatribusikan pada komposisi unik yang dimilikinya. *Bonding agent* ini, yang merupakan sistem *one-step universal*, mengandung monomer fungsional 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (10-MDP). Monomer 10-MDP dikenal mampu berinteraksi secara kimiawi dengan berbagai substrat, membentuk lapisan nanolayer. Dalam konteks basis nilon termoplastik, ikatan ini diasumsikan terjadi melalui interaksi ikatan hidrogen yang kuat antara gugus fosfat pada 10-MDP dengan gugus amida (-CONH-) polar pada rantai nilon, yang menghasilkan ikatan yang lebih stabil dan tahan terhadap beban geser. Nilai 2,648 MPa yang tinggi ini menunjukkan bahwa mekanisme ikatan kimia dan penetrasi yang dihasilkan oleh 10-MDP berhasil mengatasi sifat hidrofobik nilon dan jauh lebih efektif dibandingkan *bonding agent* lain dalam penelitian ini.

Kekuatan ikatan geser tertinggi yang ditemukan pada kelompok 3M ESPE Single Bond Universal® 2,648 ± 0,221 MPa) dapat diatribusikan pada komposisi unik yang dimilikinya. *Bonding agent* ini, yang merupakan sistem *one-step universal*, mengandung monomer fungsional 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (10-MDP). Monomer 10-MDP dikenal mampu berinteraksi secara kimiawi dengan berbagai substrat, membentuk lapisan nanolayer, dan berinteraksi secara kimiawi dengan kalsium pada hidroksiapatit.

Dalam kasus basis nilon termoplastik, yang tidak memiliki kandungan kalsium, mekanisme ikatan 10-MDP berbeda dengan yang terjadi pada jaringan gigi. Kehadiran gugus polar amida (-CONH-) pada nilon memungkinkan interaksi ikatan hidrogen dengan gugus fosfat pada monomer fungsional 10-MDP. Interaksi ikatan hidrogen inilah yang diperkuat oleh kemampuan 10-MDP membentuk ikatan kimia yang lebih stabil dibandingkan dengan ikatan fisik atau mekanis semata.

Hasil superior ini menunjukkan kesamaan mekanisme dengan penelitian Ibarra-Medina dkk.¹⁴ dan Fávero dkk.¹⁵ yang juga menemukan bahwa sistem universal adhesif berbasis 10-MDP memberikan performa ikatan yang unggul pada bahan resin komposit dan metal dibandingkan sistem adhesif universal lainnya. Namun, terdapat perbedaan mendasar dalam literatur yang membahas interaksi spesifik 10-MDP dengan nilon. Meskipun penelitian ini mengemukakan adanya interaksi ikatan hidrogen, penelitian lain pada nilon termoplastik seringkali menekankan pentingnya penetrasi fisik dan pembentukan ikatan mikro-mekanis (misalnya, setelah perlakuan *sanding* atau *etching*), seperti yang disoroti oleh Al-Samadani dkk.¹⁶ Temuan kami yang menunjukkan nilai ikatan tertinggi pada 3M ESPE menyarankan bahwa kombinasi mekanisme kimiawi 10-MDP dan retensi mekanis yang dihasilkan oleh *bonding agent* ini jauh lebih efektif daripada retensi mekanis semata.

Selain itu, sifat fisik dari 3M ESPE Single Bond Universal® yang lebih cair memungkinkan terbentuknya lapisan adhesif yang lebih tipis. Hasil ini didukung oleh temuan sebelumnya yang melaporkan bahwa *bonding agent* efektif meningkatkan kekuatan ikatan geser karena adanya perubahan morfologi permukaan, pembentukan *pit* mikro, dan peningkatan retensi mekanis. Selain mekanisme kimiawi ini, sifat fisik dari 3M ESPE Single Bond Universal® juga turut berkontribusi pada kekuatan ikatan yang optimal. Sifat fisik 3M ESPE Single Bond Universal® yang lebih cair dibandingkan *bonding agent* lainnya (Tetric N-Bond Universal® dan OptiBond Universal®) memungkinkan terbentuknya lapisan adhesif yang lebih tipis. Lapisan adhesif yang tipis dan merata ini berperan krusial dalam meningkatkan perlekatan.

Hasil ini sejalan dengan temuan sebelumnya (Kesamaan) yang melaporkan bahwa *bonding agent* efektif meningkatkan kekuatan ikatan geser karena adanya perubahan morfologi permukaan, pembentukan *pit* mikro, dan peningkatan retensi mekanis. Namun, terdapat perbedaan penting dalam analisis kami (Perbedaan). Peningkatan kekuatan ikatan geser tertinggi pada kelompok D disebabkan oleh viskositas rendah 3M ESPE yang memungkinkan penetrasi monomer 10-MDP yang lebih efisien ke dalam mikroporositas permukaan nilon. Dengan demikian, peningkatan kekuatan ikatan geser ini adalah hasil sinergi optimal antara

mekanisme kimiawi (10-MDP) dan mekanisme fisik/mechanis (lapisan tipis dan penetrasi), yang menunjukkan efektivitas superior dibandingkan teknik *surface treatment* lain dalam penelitian ini.

Perbedaan efektivitas yang diamati antara Tetric N-Bond Universal® (C) dan OptiBond Universal® (B) mencerminkan perbedaan komposisi kimia monomer, jenis pelarut, dan pH yang mereka gunakan, yang menghasilkan derajat interaksi dan penetrasi permukaan nilon yang berbeda. Tetric N-Bond Universal® memiliki rerata kekuatan ikatan geser yang secara signifikan lebih tinggi ($1,684 \pm 0,382$ MPa) dibandingkan OptiBond Universal® ($0,896 \pm 0,189$ MPa).

Perbedaan mencolok ini kemungkinan besar disebabkan oleh komposisi monomer fungsional. Tetric N-Bond Universal® mengandung *phosphonic acid modified acrylates* dan *dimethacrylates* yang memiliki kemampuan membasahi (*wetting*) permukaan nilon yang hidrofobik dengan lebih efisien dibandingkan monomer dan pelarut yang terkandung dalam OptiBond Universal®. Pembasahan yang lebih baik ini memungkinkan penetrasi monomer yang lebih optimal ke dalam mikroporositas permukaan nilon yang telah dikasarkan, sehingga menghasilkan retensi mekanis yang lebih unggul.

Secara spesifik, temuan ini menunjukkan perbedaan efikasi yang mencolok, yang perlu ditekankan dalam literatur. Meskipun kedua agen ini beroperasi dengan mekanisme *self-etch* atau *universal* (tergantung mode aplikasi), hasil kami sejalan dengan studi *in vitro* lainnya yang menyimpulkan bahwa perbedaan formulasi *universal adhesive*, bahkan dalam kategori yang sama, dapat menghasilkan variasi kekuatan ikatan yang besar terhadap resin termoplastik. Contohnya, penelitian oleh Ibarra-Medina dkk.¹² dan Fávero dkk.¹³ pada material resin yang berbeda juga menunjukkan bahwa efektivitas adhesif universal sangat bergantung pada interaksi spesifik monomer fungsionalnya dengan substrat, bukan hanya pada kategori produknya secara umum. Perbedaan yang ditemukan (C jauh lebih baik dari B) memperkuat hipotesis bahwa hanya monomer tertentu yang mampu berinteraksi secara efektif dengan gugus polar nilon termoplastik, yang mana monomer dalam Tetric N-Bond Universal® terbukti lebih mampu melakukannya dibandingkan dengan OptiBond Universal®.

Keunggulan Tetric N-Bond Universal® ini diperkirakan karena keseimbangan komposisinya yang mengandung *phosphonic acid modified acrylates* dan monomer lain yang mungkin memiliki kemampuan membasahi (*wetting*) permukaan nilon yang hidrofobik dengan lebih efisien. Pembasahan yang lebih baik ini memungkinkan penetrasi monomer yang lebih optimal ke dalam mikroporositas permukaan nilon yang telah dikasarkan, sehingga menghasilkan retensi mekanis yang lebih unggul dibandingkan dengan OptiBond Universal®. Berdasarkan hasil penelitian ini, secara klinis disarankan bahwa penggunaan 3M ESPE Single Bond Universal® sangat efektif untuk meningkatkan retensi gigi artifisial pada basis gigi tiruan nilon termoplastik.

Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan karena pengujian hanya menggunakan gaya geser, sehingga tidak sepenuhnya merepresentasikan kondisi rongga mulut yang melibatkan kombinasi gaya oklusal. Selain itu, variasi saat aplikasi *bonding agent* dengan *microbrush* dapat memengaruhi ketebalan lapisan adhesif yang terbentuk. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dengan metode pengujian lain dan kontrol aplikasi yang lebih ketat, serta simulasi penuaan (*aging*) seperti *thermal cycling*, diperlukan untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif.

SIMPULAN

Pemberian *surface treatment* dengan berbagai *bonding agent* memberikan perbedaan kekuatan ikatan geser antara gigi artifisial akrilik dan basis gigi tiruan nilon termoplastik. Kekuatan ikatan geser antara gigi artifisial akrilik dan basis gigi tiruan nilon termoplastik setelah dilakukan *surface treatment* dengan *bonding agent* 3M Espe Single Bond Universal® menghasilkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan *surface treatment bonding agent* Optibond Universal® dan Tetric N-Bond Universal. Implikasi klinis dari penelitian ini adalah bahwa bonding agent 3M ESPE Single Bond Universal® sangat direkomendasikan sebagai perlakuan permukaan untuk mengatasi masalah retensi gigi artifisial pada basis gigi tiruan nilon termoplastik, memberikan solusi yang optimal untuk meningkatkan stabilitas dan fungsi klinis gigi tiruan.

Kontribusi Penulis: Konseptualisasi, L.K.L.; S.W.; metodologi, L.K.L.; S.W.; perangkat lunak, tidak berlaku; validasi, L.K.L.; S.W.; analisis formal, L.K.L.; S.W.; investigasi, L.K.L.; S.W.; sumber daya, L.K.L.; S.W.; kurasi data, L.K.L.; S.W.; penulisan—penyusunan draft awal, L.K.L.; S.W.; penulisan—tinjauan dan penyuntingan, L.K.L.; S.W.; visualisasi, L.K.L.; S.W.; supervisi, L.K.L.; S.W.; administrasi proyek, L.K.L.; S.W.; perolehan pendanaan, tidak berlaku. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang diterbitkan.

Pendanaan: Pendanaan penelitian ini merupakan pendanaan secara pribadi.

Persetujuan Etik: Penelitian ini telah mendapatkan izin penelitian, dan pembebasan etik dari Komisi Etik Penelitian Universitas Sumatera Utara dengan nomor 856/KEPK/USU/2022.

Pernyataan Ketersediaan Data: Ketersediaan data penelitian akan diberikan izin oleh peneliti melalui email korespondensi dengan memperhatikan etika dalam penelitian.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Lontaan J, Siagian K, Pangemanan D. Pola kehilangan gigi pada pasien gigi artifisial sebagian lepasan di Rumah Sakit Gigi dan Mulut Program Studi Pendidikan Dokter Gigi Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi. *J Ked Klinik (JKK)*. 2017;1(3):1.
2. Siagian KV. Kehilangan sebagian gigi pada rongga mulut. *J e-Clinic (eCl)*. 2016;4(1).
3. Balitbang Kemenkes RI. Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS). Jakarta: Balitbang Kemenkes RI; 2018.
4. Perdana W, Diansari V, Rahmayani L. Distribusi frekuensi pemakaian gigi artifisial lepasan resin akrilik dan nilon termoplastik di beberapa praktik dokter gigi di Banda Aceh. *J Caninus Dent*. 2016;1(4):1–5.
5. Rangarajan V, Padmanabhan TV. Textbook of Prosthodontics. Chennai: Elsevier; 2017.
6. Mahadevan V, Krishnan M, Krishnan CS, Azhagarasan NS, Sampathathkumar J, Ramasubramanian H. Influence of surface modifications of acrylic resin teeth on shear bond strength with denture base resin – an in vitro study. *J Clin Diagn Res*. 2015;9(9):16–21.
7. Gharebagh TG, Hamedirad F, Miruzadeh K. Comparison of bond strength of acrylic, composite, and nanocomposite artificial teeth to heat-cure acrylic denture base resin. *Front Dent*. 2019;16(3):166–72. <https://doi.org/10.18502/fid.v16i3.2081>.
8. Nakhei M, Dashti H, Barazandeh R, Teimori N. Shear bond strength of acrylic denture teeth to PMMA and polyamide denture base materials. *J Dent Mater Tech (JDMT)*. 2018;7(1):20.
9. Rahmawati SJ, Logamarta SW, Satrio R. Penambahan nanoselulosa sekam padi terhadap kekasaran permukaan basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas. *Indones Dent J (IDJ)*. 2021;10:45–50.
10. Amanda BP, Wahyuni S. Pengaruh perendaman gigi artifisial resin akrilik dalam ekstrak daun kemangi terhadap perubahan warna. *Padjadjaran J Dent Res Stud*. 2023;7(1):63–8.
11. Soesetijo FA, Prijatnoko D, Hidayati L. Biocompatibility of thermoplastic nylon flexible removable partial denture – a review. *Int J Curr Res Acad Rev*. 2016;4(10):75–83.
12. Koodaryan R, Hafezeqorani A. Effect of surface treatment methods on the shear bond strength of auto-polymerized resin to thermoplastic denture base polymer. *J Adv Prosthodont*. 2016;8(6):504–10. <https://doi.org/10.4047/jap.2016.8.6.504>.
13. Le Bars P, Bandiaky ON, Le Guéhennec L, Clouet R, Kouadio AA. Different Polymers for the Base of Removable Dentures? Part I: A Narrative Review of Mechanical and Physical Properties. *Polymers (Basel)*. 2023;15(17):3495. <https://doi.org/10.3390/polym15173495>.
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. <https://doi.org/10.2341/14-073-L>.
15. Vodjani M, Giti R. Polyamide as a denture base material. *J Dent Shiraz Univ Med Sci*. 2015;16:1–9.
16. Yarmohamadi E, Ahmadi B, Farhadian M. Comparative evaluation of application of universal bonding on the microtensile bond strength of light cure and dual cure composites bonded to dentin. *Front Dent*. 2023;20:39. <https://doi.org/10.18502/fid.v20i39.13879>.
17. Yarmohamadi E, Ahmadi B, Farhadian M. Comparative Evaluation of Application of Universal Bonding on the Microtensile Bond Strength of Light Cure and Dual Cure Composites Bonded to Dentin. *Front Dent*. 2023;20:39. <https://doi.org/10.18502/fid.v20i39.13879>.
18. Lee GW, Yoon JH, Jang JH, Chang HS, Hwang YC, Hwang IN, Oh WM, Lee BN. Effects of newly-developed retrograde filling material on osteoblastic differentiation in vitro. *Dent Mater J*. 2019 Jul 31;38(4):528–533. <https://doi.org/10.4012/dmj.2018-124>.
19. Yoshihara K, Nagaoka N, Sonoda H, Okuyama K, Snauwaert J, De Munck J, et al. Effectiveness of 10-MDP to promote adhesion to zirconia and titanium. *J Dent Res*. 2016;95(8):895–901. <https://doi.org/10.1177/0022034516641886>.
20. Nejim S, Khoully E, Khayrallah R, Sater J, Barakat Y, Hammoudeh M. Effect of surface treatment and application of universal adhesive on the shear bond strength of acrylic denture teeth to flexible denture base material. *J Clin Exp Dent*. 2021;13(4):e338–44. <https://doi.org/10.4317/jced.57861>.
21. Al-Haj Husain A, Al-Moaleem M, Al-Jouf M, Abusamra M, Assiri T. Effect of different surface treatments on the shear bond strength of acrylic resin teeth to flexible denture base materials. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2021;14(1):21–5. <https://doi.org/10.5005/ip-journals-10005-1886>.
22. Somwanshi A, Kulkarni P, Mahajani B, Deshpande S. Effect of various surface treatments on shear bond strength of acrylic teeth to polymethyl methacrylate and flexible nylon denture bases: an in vitro study. *Int J Oral Health Sci*. 2018;8(1):17.
23. Al-Ami H, Al-Saffar M. Evaluation of the effect of surface treatment methods on the bond strength of acrylic teeth to flexible thermoplastic resin. *J Baghdad Coll Dent*. 2017;29(2):11–7.
24. Hossen M, Farhadian M, Ghafari M, Giti R. Effect of primer and bonding agent on shear bond strength of acrylic teeth to flexible denture base resin. *J Dent Sch*. 2019;37(2):111–7.
25. Ibarra-Medina A, Guzmán-Velázquez G, Zúñiga-Mendoza A, Reyes-Gasga J. Shear bond strength of acrylic resin to different dental materials using universal adhesive systems. *J Clin Exp Dent*. 2020;12(1):e27–33. <https://doi.org/10.4317/jced.56475>.

26. Al-Samadani A, Al-Jasser N, Al-Aali A, Al-Saleh B. Effect of various surface treatments and adhesive systems on the shear bond strength of denture teeth to heat-polymerized denture base resin. *J Prosthet Dent.* 2018;120(5):764–70. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.12.008>.
27. Fávero F, de Moraes V, Montanheiro T, da Silva R, Bottino M. Shear bond strength of universal adhesive systems applied to different restorative materials. *Braz Dent J.* 2021;32(1):31–6. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202102143>.
28. Hulley SB, Cummings SR, Browner WS, Grady D, Newman TB, Vittinghoff E, et al. *Designing Clinical Research.* 5th Ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2022.
29. Macho E, Macho M, Macho V. *Statistical Methods in Dental Research.* 2nd Ed. Basel: Karger; 2019.
30. Rimawi O. Knowledge of breast cancer and its risk factors among Al-Quds university students in Palestine. *Int J Res Med Sci.* 2018;6(1):1–5. <https://doi.org/10.18203/2320-6012.IJRMS20180001>.
31. Jayasheel A, Niranjana N, Pamidi H, Suryakanth MB. Comparative evaluation of shear bond strength of universal dental adhesives: an in vitro study. *J Clin Exp Dent.* 2017;9(7):e892–6. <https://doi.org/10.4317/jced.53855>.