



Indonesian Dental Association

Journal of Indonesian Dental Association

<http://jurnal.pdgi.or.id/index.php/jida>
ISSN: 2621-6183 (Print); ISSN: 2621-6175 (Online)



Research Article

Mechanical Properties of Giomer After Immersion in Carbonated Drinks

Cindy Kovianti¹, Rosalina Tjandrawinata^{2§}, Eddy³

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

² Department of Dental Material, Faculty of Dentistry, Universitas Trisakti, Indonesia

Received date: February 7, 2022. **Accepted date:** August 15, 2022. **Published date:** January 9, 2023.

KEYWORDS

diametral tensile strength;
water sorption;
giomer;
carbonated beverages;
resin;
prereacted glass ionomer

ABSTRACT

Introduction: Giomer is a resin-based restorative material consisting of prereacted glass ionomer (PRG) filler which can release fluoride. Carbonated beverages, popular beverages which contain acids that rich in H⁺ ions, can diffuse into the resin-based restoration and cause high solubility. **Objective:** To analyze the effect of immersion in carbonated drinks on water absorption and diametral tensile strength of giomer. **Methods:** Giomer was packed into a stainless-steel mold to obtain sample with diameter of 6.0±0.03mm and height of 3.0±0.09mm. The samples were divided into 2 groups for water absorption test and 3 groups for diametrical tensile strength test. Ten samples of giomer were soaked in artificial saliva for 4 days as a control group, 10 giomer samples were immersed in carbonated drinks for 6 hours, then replaced with artificial saliva for 18 hours and repeated for 4 days as a treatment group, and 10 samples of giomer were used as immediate group for direct diametral tensile strength test. Samples were incubated at 37°C. **Results:** Mann-Whitney test showed no significant difference (p>0.05) in giomer absorption between the control group (0.99±0.54%) and the treatment group (2.37±2.62%). One Way ANOVA test showed significant difference (p<0.05) in giomer diametral tensile strength among the immediate group (29.6±3.7MPa), the control group (51.1±3.9MPa) and the treatment group (44.8±5.3MPa). **Conclusion:** Immersion in carbonated beverages did not show significant difference with artificial saliva for the water absorption ability of giomer. However, the diametral tensile strength of giomer decreased after immersion in carbonated beverages for 24 hours.

[§] Corresponding Author

E-mail address: rosalina@trisakti.ac.id (Tjandrawinata R)

DOI: [10.32793/jida.v5i2.786](https://doi.org/10.32793/jida.v5i2.786)

Copyright: ©2023 Kovianti C, Tjandrawinata R, Eddy. 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

kekuatan tarik diametral;
 daya serap air;
 giomer;
 minuman berkarbonasi;
 resin;
 prereacted glass ionomer

ABSTRAK

Pendahuluan: Giomer merupakan bahan restorasi berbasis resin kategori terbaru yang terdiri dari prereacted glass ionomer (PRG) filler yang dapat melepaskan fluorida. Minuman yang digemari oleh masyarakat adalah minuman berkarbonasi, namun minuman ini mengandung asam yang kaya ion H^+ yang bisa berdifusi ke dalam restorasi berbasis resin dan menyebabkan kelarutan yang tinggi. **Tujuan:** Menganalisis pengaruh perendaman minuman berkarbonasi terhadap daya serap air dan kekuatan tarik diametral giomer. **Metode:** Giomer dimasukkan ke dalam cetakan yang menghasilkan sampel berdiameter $6,0 \pm 0,03$ mm dan tinggi $3,0 \pm 0,09$ mm dibagi menjadi 2 kelompok untuk pengujian daya serap air dan 3 kelompok untuk pengujian kekuatan tarik diametral. 10 sampel giomer yang direndam ke dalam larutan saliva buatan selama 4 hari sebagai kelompok kontrol, 10 sampel giomer yang direndam ke dalam minuman berkarbonasi 6 jam dan digantikan dengan saliva buatan selama 18 jam serta diulangi selama 4 hari sebagai kelompok perlakuan, dan 10 sampel giomer dilakukan pengujian kekuatan tarik diametral secara langsung sebagai kelompok immediate. Sampel diinkubasi dengan mesin inkubator dengan suhu $37^{\circ}C$. **Hasil:** Uji Mann-Whitney menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan ($p > 0,05$) pada daya serap giomer antara kelompok kontrol ($0,99 \pm 0,54\%$) dengan kelompok perlakuan ($2,37 \pm 2,62\%$). Uji ANOVA 1 Jalan menunjukkan terdapat perbedaan signifikan ($p < 0,05$) pada kekuatan tarik diametral kelompok immediate ($29,6 \pm 3,7$ MPa), kelompok kontrol ($51,1 \pm 3,9$ MPa) dan kelompok perlakuan ($44,8 \pm 5,3$ MPa). **Kesimpulan:** Perendaman minuman berkarbonasi tidak memiliki pengaruh terhadap kemampuan daya serap air giomer namun memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik diametral giomer.

PENDAHULUAN

Giomer adalah produk hibrida yang diperoleh dengan menggabungkan karakteristik resin komposit dan semen ionomer kaca (SIK). Produk ini memiliki keunikan karena di dalam matriks komposit terdapat partikel pengisi kaca yang telah direaksikan sebelumnya (*pre-reacted glass filler*), sehingga dikenal dengan nama "*pre-reacted glass ionomer*" (PRG) komposit.¹⁻³ Giomer mengandung fluoro-alumina-silikat kaca yang bereaksi dengan asam polialkenoat di dalam air sebelum dimasukkan ke dalam resin uretan berisi silika. Giomer memiliki sifat pelepasan fluorida dan pengisian ulang kandungan fluorida (*recharge*) yang berasal dari karakteristik SIK. Studi klinis menunjukkan bahwa resin komposit dan giomer memiliki kemiripan dalam aspek morfologi, adaptasi marginal dan sensitivitas pasca restorasi.⁴

Giomer memiliki matriks bis-GMA konvensional dan pengisi kaca bioaktif (*bioactive glass fillers*) dengan pengaktifan reaksi pengerasan giomer dengan menggunakan cahaya. Konsistensi giomer dapat berupa dempul ataupun cair (*flow*). Penelitian klinis mendapati gigi yang diberikan perawatan dengan restorasi giomer jarang mengalami karies sekunder karena jumlah fluorida yang dilepaskan giomer cukup untuk perlindungan antibakteri.^{5,6} Penggunaan giomer direkomendasikan oleh pabrik untuk semua restorasi terutama untuk pasien dengan indeks karies tinggi. Giomer memiliki sifat estetika yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai *direct veneer* dan juga sebagai bahan restorasi yang dapat

menyamakan warna merah muda gingiva (*gingival shades*) pada area servikal yang terbuka.⁴

Di dalam mulut, bahan restorasi dapat menyerap air. Penyerapan air dapat menyebabkan pelunakan pada matriks, pelepasan monomer yang tidak bereaksi, serta degradasi produk samping dan ion dari *filler*.⁷ Penyerapan air dapat berdampak negatif kepada sifat fisik bahan seperti mempengaruhi kekuatan ikat, mengurangi daya tahan material, stabilitas warna, dan volume.^{7,8} Kekuatan tarik diametral merupakan salah satu dari kekuatan ikat yang akan terpengaruh apabila bahan mengalami penyerapan air. Di dalam bidang kedokteran gigi kekuatan tarik diametral diperlukan agar bahan dapat menahan beban kunyah.⁹

Minuman berkarbonasi mengandung asam yang kaya akan ion H^+ yang bisa berdifusi ke dalam restorasi berbasis resin dan menyebabkan kelarutan yang tinggi sehingga bersifat erosif.¹⁰ Penyerapan air dipengaruhi oleh proses difusi yang dapat melunakkan matriks bahan restorasi sehingga berdampak negatif terhadap sifat fisik bahan restorasi. Sifat erosif minuman berkarbonasi dapat menurunkan sifat mekanik bahan restorasi yang mengakibatkan terjadinya kegagalan suatu bahan restorasi.¹⁰

Sampai saat ini, belum ada penelitian mengenai perendaman bahan restorasi giomer di dalam minuman berkarbonasi yang diasumsi dapat mempengaruhi daya serap air dan kekuatan tarik diametral bahan restorasi giomer. Oleh karena itu, penelitian ini dirancang untuk

menganalisis pengaruh perendaman minuman berkarbonasi terhadap daya serap air dan kekuatan tarik diametral giomer.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratoris dengan rancangan penelitian berupa *pre-post-test group design* dan dilakukan di DMT CORE Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Trisakti. Ukuran sampel giomer (Beautiful II, Shofu, Kyoto, Jepang, LOT 012196) pada penelitian ini dicetak pada cetakan berdiameter $6,0 \pm 0,03$ mm dan tinggi $3,0 \pm 0,09$ mm. Sampel giomer dibuat dengan cara mengoleskan vaselin pada cetakan sampel agar sampel tidak menempel di cetakan. Selanjutnya cetakan diisi dengan giomer hingga penuh kemudian dikondensasi dalam cetakan dengan menggunakan *cement stopper* agar padat. Kemudian cetakan ditekan menggunakan *celluloid strip* dan lempeng kaca selama 20 detik agar sampel menjadi padat dan rata. Selanjutnya, sampel kemudian disinari dengan menggunakan LED *light cure* (Galaxy, Deval Enterprise LLP, Tiongkok) intensitas cahaya 800 mW/cm^2 selama 20 detik dengan menggunakan teknik penyinaran *continuous output*.¹¹

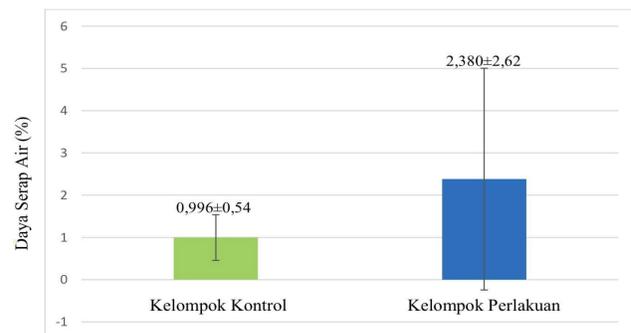
Setelah sampel mengeras dan dikeluarkan dari cetakan, sampel dibagi menjadi 2 kelompok pengujian daya serap air, sebanyak 10 sampel kelompok kontrol dilakukan perendaman selama 4 hari dalam saliva buatan (Universitas Indonesia, Depok, Indonesia) dan 10 sampel kelompok perlakuan akan direndam dalam minuman berkarbonasi (Coca Cola, CKR-A12, PT. Coca-Cola Bottling Indonesia, Bekasi, Indonesia, *Expiry Date* 010622) selama 6 jam kemudian dipindahkan dalam saliva buatan selama 18 jam, setelah itu diulang selama 4 hari dengan menggunakan larutan yang baru. Waktu perendaman minuman berkarbonasi 6 jam selama 4 hari adalah variasi waktu perendaman yang akan mewakili 3 bulan konsumsi minuman berkarbonasi dengan estimasi konsumsi selama 16 menit untuk satu kaleng minuman berkarbonasi dalam sehari.¹² Selanjutnya, kedua kelompok ini akan diuji kekuatan tarik diametral dengan tambahan 10 sampel kelompok *immediate* yang akan diuji langsung setelah sampel mengeras.

Pada pengujian daya serap air, 10 sampel kelompok kontrol dan 10 sampel kelompok perlakuan ditimbang massa awalnya dengan menggunakan neraca analitik (FS-AR210, Fujitsu, Tokyo, Jepang) dalam satuan gram. Setelah itu, sampel kontrol dimasukkan ke dalam wadah tertutup berisi 1 mL saliva buatan lalu diinkubasi dengan suhu 37°C selama 96 jam di dalam inkubator. Sampel perlakuan dimasukkan ke dalam wadah tertutup berisi 1 mL minuman berkarbonasi lalu diinkubasi dengan suhu

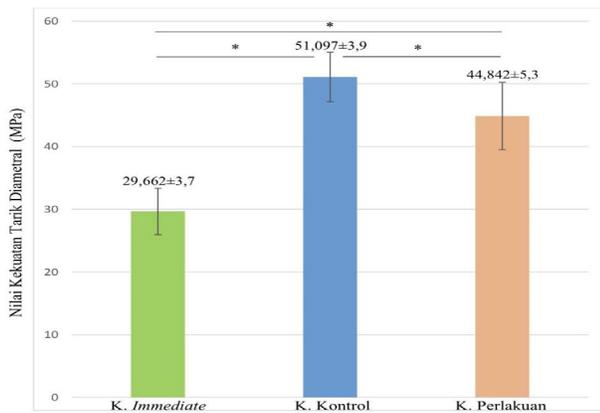
37°C selama 6 jam di dalam inkubator. Setelah 6 jam, sampel perlakuan dibilas dengan akuades selama 15 detik kemudian dipindahkan ke dalam wadah tertutup berisi 1 mL berisi saliva buatan selama 18 jam, diulang selama 4 hari. Setelah itu, sampel kelompok kontrol dan kelompok perlakuan dikeringkan dengan menggunakan kertas saring (Whatman, GE Healthcare Life Sciences, LOT 17244609) selama 1 detik, kemudian massa akhir sampel ditimbang dengan neraca analitik dalam satuan gram, dan dihitung selisih massa *immediate* dan massa 96 jam pada kelompok kontrol. Pada kelompok perlakuan akan dihitung selisih massa imidiat dan masa perendaman 24 jam yang dibagi menjadi 4 hari dengan durasi 6 jam setiap hari. Selanjutnya, 10 sampel giomer kelompok kontrol dan perlakuan yang sudah dihitung massanya dilanjutkan dengan pengujian kekuatan tarik diametral. Pada pengujian ini, ditambahkan 10 sampel giomer kelompok *immediate* yang akan dilakukan pengujian sesaat setelah sampel dibuat. *Universal testing machine* (AGS-X series, Shimadzu, Kyoto, Jepang) dengan *crosshead speed* (CHS) 1 mm/menit. Gaya tekan yang diaplikasikan dalam pengujian sampel giomer menggunakan satuan Newton (N). Sampel kelompok kontrol dan kelompok perlakuan yang sudah dikeringkan dengan *filter paper* diletakkan pada meja penekan dalam posisi melintang. Nilai gaya tekan pada saat sampel pecah, dicatat dan dihitung dalam satuan MegaPascal (MPa), dan dilakukan dengan analisis statistik.

HASIL

Setelah didapatkan nilai daya serap air setiap kelompok, dilakukan uji normalitas data dengan uji Saphiro-Wilk karena jumlah sampel yang diteliti kurang dari 50 sampel yang ditunjukkan pada Gambar 1. Diperoleh data dari kedua kelompok kontrol dan kelompok perlakuan tidak terdistribusi normal ($p < 0,05$), sehingga metode analisis yang digunakan adalah uji Mann-Whitney, yang menunjukkan kedua variabel memiliki rata-rata nilai daya serap air tidak berbeda secara signifikan ($p > 0,05$).



Gambar 1. Hasil rerata kemampuan daya serap air giomer kelompok kontrol dan kelompok perlakuan



Gambar 2. Nilai kekuatan tarik diametral kelompok immediate, kontrol, dan perlakuan

Nilai dari kekuatan tarik diametral kelompok *immediate*, kelompok kontrol, dan kelompok perlakuan (Gambar 2) kemudian dilakukan uji normalitas data menggunakan uji Saphiro-Wilk. Diperoleh data dari ketiga kelompok *immediate*, kelompok kontrol dan kelompok perlakuan terdistribusi normal ($p > 0,05$), sehingga metode analisis yang digunakan adalah uji ANOVA Satu Jalan yang menunjukkan ketiga variabel memiliki rata-rata nilai kekuatan tarik diametral yang berbeda secara signifikan ($p < 0,05$). Uji Post Hoc Tukey menunjukkan kelompok *immediate* memiliki perbedaan yang signifikan terhadap kelompok kontrol dan kelompok perlakuan karena $p = 0,000$, serta kelompok kontrol dan kelompok perlakuan mendapatkan nilai $p = 0,010$ yang artinya kedua kelompok ini memiliki perbedaan yang signifikan pula.

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, didapatkan kemampuan daya serap air kelompok sampel giomer yang direndam di larutan saliva buatan sebesar $0,99 \pm 0,54\%$ serta kemampuan daya serap air kelompok sampel giomer yang direndam di dalam minuman berkarbonasi sebesar $2,37 \pm 2,62\%$. Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan kemampuan daya serap air giomer sebesar $1,49 \pm 0,13\%$.⁷ Kemampuan daya serap air giomer dapat dipengaruhi oleh bahan pengisi *pre-reacted glass ionomer* (PRG) yang secara aktif bereaksi sebagai pusat pengisian ulang (*recharge*) fluorida terutama pada bagian permukaan PRG (S-PRG). Terdapat 3 jenis PRG, yang pertama adalah *surface reaction type* (S-PRG fillers) yang proses reaksinya terjadi pada permukaan. Kedua adalah *full reaction type* (F-PRG fillers) yang proses reaksinya terjadi secara keseluruhan dan membutuhkan penyerapan air yang banyak untuk meningkatkan kecepatan pelepasan fluorida dan mengakibatkan proses degradasi F-PRG

lebih cepat daripada S-PRG. Ketiga adalah *modified S-PRG* yang terdiri dari struktur tiga lapis dengan inti kaca fluoro-boro-alumino-silikat dan dua lapisan permukaan PRG yang telah dimodifikasi. Struktur modifikasi ini dapat meningkatkan daya tahan PRG dan melindungi inti kaca dari kerusakan akibat kelembaban.¹³ McCabe dkk, menetapkan bahwa jika dibandingkan dengan bahan restorasi lainnya, giomer cenderung menyerap lebih banyak air karena giomer memiliki efek osmotik yang dihasilkan oleh adanya area *polyacidic* pada PRG di dalam matriks resin. Pada saat yang bersamaan, partikel fungsional seperti hidroksil, karboksil, dan fosfat cenderung mengikat air dengan ikatan hidrogen yang kemudian dapat menyebabkan matriks resin polimer mengembang.¹⁴

Penelitian ini menggunakan giomer dengan merek dagang Beautifil II yang mengandung Bis-GMA dan TEGDMA. Polimer ini bersifat hidrofilik sehingga dapat menyerap air dan menyebabkan terbentuknya ikatan hidrogen yang kuat antara partikel hidroksil fungsional dan molekul air dibandingkan dengan UDMA.^{8,15} Partikel TEGDMA yang bermassa lebih kecil sangat fleksibel dan memiliki sifat heterogen dalam komposisinya. Heterogenitas dalam matriks ini yang memungkinkan pori-pori mikro yang lebih besar terbentuk di antara polimer, sehingga dapat menyebabkan penyerapan air yang jauh lebih tinggi. Karakteristik ini yang menjelaskan bahwa bahan berbasis TEGDMA paling bersifat hidrofilik karena memiliki kecenderungan untuk menyerap air. Hal ini mendukung kebutuhan giomer dalam menyerap cairan di dalam mulut untuk memfasilitasi pelepasan fluorida dan pengisian ulang (*recharge*) fluorida.^{15,16}

Pada penelitian ini, data sampel kelompok kontrol dan kelompok perlakuan pada uji daya serap air giomer tidak terdistribusi normal. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh luas permukaan sampel giomer yang berkontak dengan larutan saliva buatan dan minuman berkarbonasi berbeda. Saat dilakukan pengujian, beberapa sampel dalam keadaan posisi berdiri dan yang lainnya dalam posisi mendatar. Hal ini didukung oleh studi yang membahas tentang korelasi antara luas permukaan terhadap daya serap air. Penelitian tersebut menyatakan semakin tinggi luas permukaan suatu bahan, maka semakin tinggi pula daya serap air bahan tersebut, sehingga jumlah air yang terabsorpsi semakin bertambah karena proses penyerapan air terjadi pada permukaan bahan.¹⁷

Minuman berkarbonasi bersifat asam, mengandung banyak ion H^+ yang dapat berdifusi ke dalam resin dan mengikat ion negatif yang terdapat dalam matriks, sehingga resin tersebut menjadi rusak dan terdapat

monomer metilmetakrilat. Hal tersebut mengakibatkan ikatan kimia tidak stabil, matriks larut dan terurai, sehingga mempengaruhi kemampuan daya serap air bahan tersebut.¹⁰ Pada percobaan ini, kelompok yang direndam dalam minuman berkarbonasi memiliki kenaikan daya serap air lebih tinggi dibandingkan sampel yang direndam di dalam saliva buatan, tetapi tidak terdapat perbedaan kenaikan daya serap air yang signifikan di antara kedua kelompok tersebut. Hal ini mungkin disebabkan oleh waktu perendaman kurang lama, serta berkurangnya jumlah karbon dioksida pada minuman berkarbonasi.¹⁸

Kekuatan tarik diametral dikembangkan untuk mengevaluasi material getas dengan sedikit atau tanpa deformasi plastis.¹⁹ Beberapa bahan restorasi kedokteran gigi dapat patah begitu saja tanpa mengalami deformasi, yang berarti bahan restorasi tersebut bersifat rapuh atau getas (*brittle*). Bahan restorasi lainnya akan meregang dan mengalami deformasi sebelum patah, yang berarti bahan restorasi tersebut bersifat elastis (*ductile*).⁹ Pada penelitian ini, didapatkan hasil berupa kekuatan tarik diametral pada kelompok sampel *immediate* sebesar 29,6±3,7 MPa, kekuatan tarik diametral pada kelompok sampel kontrol sebesar 51,1±3,9 MPa, dan kekuatan tarik diametral pada kelompok sampel perlakuan sebesar 44,8±5,3 MPa. Hasil ini sesuai dengan penelitian Lien dan Vandewalle, sampel giomer direndam ke dalam larutan akuades selama 24 jam dengan suhu 37 °C, didapatkan kekuatan tarik diametral giomer sebesar 51,5±1 MPa.²⁰

Penurunan kekuatan tarik diametral giomer terjadi ketika polimer material bahan restorasi menyerap air sehingga dapat menyebabkan pemecahan hidrolitik (*hydrolytic breakdown*) dan mengakibatkan hilangnya ikatan antara matriks resin dengan bahan pengisinya. Penurunan kekuatan tarik diametral secara signifikan terjadi pada kelompok sampel perlakuan yang direndam di dalam minuman berkarbonasi dibandingkan kelompok sampel kontrol yang direndam di dalam larutan saliva buatan, karena minuman berkarbonasi mengandung asam *orthophosphate* yang lebih dapat melunakkan material, serta memiliki ion H⁺ yang bisa berdifusi ke dalam matriks resin dan menyebabkan kelarutan yang tinggi sehingga bersifat erosif.⁶ Kelompok *immediate* memiliki kekuatan tarik diametral yang paling rendah serta memiliki perbedaan signifikan dengan kelompok kontrol yang dilakukan perendaman di dalam larutan saliva buatan dan kelompok perlakuan yang dilakukan perendaman di dalam minuman berkarbonasi. Meskipun penelitian sebelumnya menyatakan bahwa tidak ada reaksi asam-basa yang terjadi dalam reaksi pengerasan giomer,^{8,21} reaksi polimerisasi akan terus berlangsung dalam periode waktu 24 jam.²²

Proses polimerisasi terjadi dalam tiga tahapan yaitu inisiasi, propagasi, dan terminasi.²³ Pada tahap inisiasi, proses panas yang dihasilkan dengan menggunakan sinar tampak (*light cure*) menyebabkan adanya radikal bebas yang dapat mengurai molekul besar menjadi pusat radikal monomer aktif. Tahap kedua adalah propagasi, pada tahap ini pusat monomer yang diaktifkan menjadi saling berikatan dengan cepat terhadap monomer lain sehingga terbentuk rantai polimer yang terus berkembang, reaksi propagasi berlangsung hingga tidak ada radikal bebas yang dapat berikatan dan membentuk ikatan silang. Tahap terakhir adalah terminasi, yaitu rantai membentuk molekul monomer menjadi polimer yang stabil sampai pada periode waktu 24 jam.²⁴ Teori ini sejalan dengan kekuatan tarik diametral pada kelompok *immediate* yang memiliki nilai yang rendah dibandingkan dengan kelompok lainnya. Hal ini karena molekul monomer belum seutuhnya menjadi polimer yang stabil meskipun giomer sudah mengeras karena paparan cahaya dari *light curing unit*.²²⁻²⁴

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, disimpulkan bahwa tidak terdapat peningkatan daya serap air terhadap kelompok sampel giomer yang direndam dalam minuman berkarbonasi dibandingkan kelompok sampel giomer yang direndam dalam larutan saliva buatan. Kekuatan tarik diametral sampel giomer yang direndam dalam minuman berkarbonasi lebih rendah dibandingkan dengan sampel giomer yang direndam dalam saliva buatan. Namun, sampel giomer yang diuji secara *immediate*, yaitu sesaat setelah setting, memiliki kekuatan tarik diametral yang nilainya lebih rendah dibandingkan dengan sampel giomer yang direndam dalam minuman berkarbonasi.

KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Trisakti yang telah mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arami S, Kimyai S, Oskoe P, et al. Reparability of Giomer Using Different Mechanical Surface Treatments. *J Clin Exp Dent*. 2017; 9(4): 520-6.
2. Burtea L, Prejmerean C, Prodan D, et al. New Pre-reacted Glass Containing Dental Composites (Giomers) with Improved Fluoride Release and

- Biocompatibility. *Materials Journal*. 2019; 12(23): 1-3.
3. Kooi TJ, Tan QZ, Yap AU, et al. Effects of Food-Simulating Liquids on Surface Properties of Gioner Restoratives. *Oper Dent*. 2012; 37: 665–71.
 4. Rusnac M, Gasparik C, Irimie A, Grecu A, Mesaros A, Ducea D. Gioners in Dentistry – at the Boundary between Dental Composites and Glass-Ionomers. *Med Pharm Rep*. 2019; 92(2): 1-6.
 5. Abdel-karim UM, El-Eraky M, Etman WM. Three-year Clinical Evaluation of Two Nano-Hybrid Gioner Restorative Composites. *Tanta Dent J*. 2014; 11: 213-22.
 6. Cury JA, de Oliveira BH, dos Santos AP, Tenuta LM. Are Fluoride Releasing Dental Materials Clinically Effective on Caries Control. *Dent Mater*. 2016; 32: 323-33.
 7. Gonulol N, Ozer S, Sen Tunc E. Water Sorption, Solubility, and Color Stability of Gioner Restoratives. *J Esthet Restor Dent*. 2015; 27(5): 300-6.
 8. Harhas A, ElSayed I, Zaghoul A. A Comparative in vitro Study on Fluoride Release and Water Sorption of Different Flowable Esthetic Restorative Materials. *Eur J Dent*. 2017; 11(4): 192-5.
 9. Chan W. Pengaruh Nanofilled Resin Coating Terhadap Kekuatan Tarik Diametral dan Daya Serap Air Semen Ionomer Kaca [Skripsi]. Jakarta: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Trisakti; 2019.
 10. Kafalia R, Firdausy M, Nurhapsari A. Pengaruh Jus Jeruk Dan Minuman Berkarbonasi Terhadap Kekerasan Permukaan Resin Komposit. *Odonto Dental Journal*. 2017; 4(1): 38.
 11. Nugrahenny G, Nugraheni T, Hadriyanto W. Pengaruh Teknik Penyinaran Ramped, Pulse-Delayed, dan Konvensional Terhadap Kekerasan Mikro Resin Komposit Nanofil. *J Ked Gi*. 2016; 7(2): 68-72.
 12. Miki S, Kitagawa H, Kitagawa R, Kiba W, Hayashi M, Imazato S. Antibacterial Activity of Resin Composites Containing Surface Pre-reacted Glass Ionomer (S-PRG) Filler. *Dent J*. 2017; 27(1): 65-71.
 13. Saira N, Najma W, Meena N. GIOMER - The Intelligent Particle (New Generation Glass Ionomer Cement). *Int J Dent Oral Health*. 2015; 2(4): 1-3.
 14. Rusnac ME., Prodan, D., Cuc, S., Petean, I., Prejmerean, C., Gasparik, C., Moldovan, M. Water Sorption and Solubility of Flowable Gioners. *Materials*. 2021; 14(9): 2399.
 15. Sokolowski K., Szczesio-Wlodarczyk A., Bociong, K., Krasowski M., Fronczek-Wojciechowska M., Domarecka M., Sokolowski J., Lukomska-Szymanska M. Contraction and Hydroscopic Expansion Stress of Dental Ion-Releasing Polymeric Materials. *Polymers*. 2018; 10(10): 1093.
 16. Saba D, Gawad F, Ellatif M. In Vitro Assessment of Water Sorption, Solubility and Surface Roughness of Compomer and Gioner Materials After Immersion in Different Beverages. *Egypt Dent J*. 2017; 63(1): 205-14.
 17. Kurniawan D. Pemanfaatan Media Bambu Sebagai Adsorbent Penyerap Logam Timbal (Pb) dengan Perbandingan Tanpa Aktivasi dan Aktivasi dengan Asam Sitrat [Tugas Akhir]. Yogyakarta: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia; 2016.
 18. Simanjuntak B., Adawiyah D., Purnomo E. Stabilitas Gas Karbondioksida pada Minuman Berkarbonasi Selama Penyimpanan. *Jurnal Mutu Pangan*. 2016; 3(1):45-9.
 19. Anusavice KJ. *Phillips' Science of Dental Material*. Edisi ke-12. St.Louis: WB Saunders. 2012.
 20. Lien W, Vandewalle K. Physical Properties of a New Silorane-Based Restorative System. *Dent Mater*. 2010; 26(4): 337–44.
 21. Francois P, Fouquet V, Attal J, Dursun E. Commercially Available Fluoride-Releasing Restorative Materials: A Review and a Proposal for Classification. *Materials*. 2020; 13(10): 12-21.
 22. Sakaguchi RL., Powers JM. *Craig's Restorative Dental Materials*. 13th ed. Philadelphia: Elsevier, 2012: 143, 163-82.
 23. Indriaswati S. *Polymer Dalam Kedokteran Gigi*. Denpasar: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Udayana. 2018; 18-9.
 24. Lee CI., Yi MD., Gage BM., Yarbrough LN., Kirkwood BJ., Lien W. Post-Cure Polymerization and Depth of Cure Behaviors of Dental Bulk-Fill Resin-Based Composites. *Med J*. 2021; 8(21): 74-82.