



Laporan Penelitian

Perbedaan arah sudut dan jarak penyinaran pada ketepatan marginal mahkota sementara resin komposit *Urethane Dimethacryla*: Studi eksperimental

Mohamad Afifuddin Rafi¹
Ika Andryas^{2*}
Siti Wahyuni²

*Korespondensi:
andyasaziz8@gmail.com

Submisi: 26 Februari 2025
Revisi: 14 Mei 2025
Penerimaan: 20 Juni 2025
Publikasi Online: 30 Juni 2025
DOI: [10.24198/pjdrs.v9i2.61936](https://doi.org/10.24198/pjdrs.v9i2.61936)

¹Program Studi Sarjana Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Indonesia

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

ABSTRAK

Pendahuluan: Seiring dengan perkembangan teknologi, bahan mahkota sementara berbasis resin komposit dapat dipolimerisasi dengan aktivasi sinar. Aktivasi dengan arah sudut dan jarak penyinaran yang tidak tepat dapat meningkatkan terjadinya celah dan ketidaktepatan marginal. Hal ini memegang peranan penting dalam penyinaran bahan mahkota sementara sehingga diperoleh ketepatan marginal yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan arah sudut dan jarak penyinaran terhadap ketepatan marginal bahan mahkota sementara resin komposit urethane dimethacrylate (UDMA) polimerisasi sinar. **Metode:** 40 sampel resin komposit light-cured disebar pada 4 kelompok (10 sampel per kelompok). Kelompok A disinari dengan LED light cure unit (B.G Light®, Bluedent, Bulgaria.) pada jarak 1 mm dan arah sinar 45°. Kelompok B disinari pada jarak 3 mm dan arah sinar 45°. Kelompok C disinari dengan jarak 1 mm dan arah sinar 90°. Kelompok D disinari dengan jarak 3 mm dan arah sinar 90°. Sampel direndam dalam air destilasi selama 7 hari agar sesuai dengan kondisi pH rongga mulut dan dilakukan pengukuran celah marginal menggunakan stereomikroskop (Zeiss Stereo Discovery®, V12, Germany). Analisis univariat dilakukan untuk mengetahui nilai rerata dan standar deviasi ketepatan marginal. Uji Anova satu arah dilakukan untuk menganalisis perbedaan arah sudut dan jarak penyinaran terhadap ketepatan marginal mahkota sementara resin komposit Urethane Dimethacrylate. **Hasil:** Hasil uji anova menunjukkan bahwa pada seluruh kelompok yang di uji, terdapat perbedaan celah marginal yang signifikan pada pada sisi bukal dengan nilai $p = 0,026$. Uji Post Hoc menunjukkan perbedaan celah marginal yang bermakna pada kelompok C dengan kelompok D dengan nilai $p = 0,005$. **Simpulan:** Berdasarkan uji *Post Hoc* menunjukkan bahwa kelompok A (arah sudut penyinaran 45° dan jarak 1 mm) hanya menunjukkan perbedaan terhadap kelompok D (arah sudut penyinaran 90° dan jarak 3 mm) dengan nilai $p=0,019$ dan kelompok C (arah sudut penyinaran 90° dan jarak 1 mm) memiliki perbedaan celah marginal yang signifikan dengan kelompok D (arah sudut penyinaran 90° dan jarak 3 mm) dengan nilai $p=0,005$. Arah sudut penyinaran 90° dan jarak 1 mm lebih direkomendasikan untuk mendapatkan penyinaran maksimal agar mahkota sementara dapat terpolimerisasi dengan baik.

KATA KUNCI: Arah Sudut, Jarak, Ketepatan Marginal, Mahkota Sementara, Urethane Dimethacrylate

Effect of irradiation direction and distance on marginal fit of provisional crown material: Study experimental

ABSTRACT

Introduction: With the advancement of technology, provisional crown materials based on composite resin can be polymerized through light activation. Inaccurate angulation and distance of light irradiation may increase the occurrence of gaps and marginal discrepancies. This factor plays an important role in ensuring optimal marginal accuracy during the curing of provisional crowns. This study aimed to analyze the effect of different irradiation angles and distances on the marginal accuracy of light-cured urethane dimethacrylate (UDMA) composite resin provisional crowns. **Methods:** Forty light-cured composite resin samples were divided into four groups (10 samples each). Group A was irradiated with an LED light-curing unit (B.G Light®, Bluedent, Bulgaria) at a distance of 1 mm and a 45° angle. Group B was irradiated at a distance of 3 mm and a 45° angle. Group C was irradiated at a distance of 1 mm and a 90° angle. Group D was irradiated at a distance of 3 mm and a 90° angle. Samples were immersed in distilled water for 7 days to simulate the oral cavity's pH conditions, followed by marginal gap measurement using a stereomicroscope (Zeiss Stereo Discovery® V12, Germany). Univariate analysis was used to determine the mean and standard deviation of marginal accuracy, and one-way ANOVA was applied to evaluate differences between irradiation angles and distances. **Results:** One-way ANOVA revealed significant differences in marginal gaps on the buccal side among all tested groups ($p = 0.026$). Post Hoc analysis indicated a significant difference between Group C and Group D ($p = 0.005$). **Conclusion:** Post Hoc testing showed that Group A (45° angle, 1 mm distance) differed only from Group D (90° angle, 3 mm distance) ($p = 0.019$), while Group C (90° angle, 1 mm distance) showed a significant difference from Group D ($p = 0.005$). An irradiation angle of 90° at a distance of 1 mm is recommended to achieve optimal polymerization and marginal adaptation of provisional crowns.

KEYWORDS: Irradiation angle, Distance, Marginal accuracy, Provisional crown, Urethane dimethacrylate

Sitasi: Rafil MA, Andryas I, Wahyuni S. Pengaruh arah sudut dan jarak penyinaran pada ketepatan marginal mahkota sementara resin komposit *Urethane Dimethacryla*: Studi eksperimental Padjadjaran Journal of Dental Researchers and Students. 2025; 9(2):190-199. DOI: [10.24198/pjdrs.v9i2.61936](https://doi.org/10.24198/pjdrs.v9i2.61936) 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

Mahkota tiruan sementara adalah gigi tiruan sementara yang digunakan untuk mempertahankan estetika, menjaga stabilitas oklusal dan membantu proses pengunyahan dalam interval waktu tertentu. Mahkota jenis ini dipasang sebelum mahkota definitif dibuat.¹ Mahkota sementara digunakan sekitar 2 minggu, dimulai setelah tahap preparasi gigi hingga selesainya pembuatan mahkota definitif.² Pengembangan bahan mahkota sementara dengan bahan dasar resin komposit sangat memungkinkan untuk menggantikan kekurangan dari bahan resin akrilik.³ Bahan resin komposit dipercaya dapat meningkatkan estetik, sifat mekanik dan daya tahan yang lebih baik dibandingkan dengan bahan resin akrilik.^{4,5}

Gigi tiruan sementara berbahan dasar resin komposit saat ini dikembangkan untuk dipolimerisasi dengan polimerisasi cahaya. Metode ini memperkenalkan waktu pengerjaan yang lebih singkat, stabilitas warna dan aspek biologis yang lebih baik (kekuatan, kebocoran mikro, dan sisa monomer) dibandingkan dengan komposit auto-polimerisasi.³ Resin komposit polimerisasi cahaya mampu mempolimerisasi hingga ketebalan 2 mm dengan waktu penyinaran selama 60 detik pada panjang gelombang 460-485 nm. Berdasarkan keunggulan ini, hampir semua komposit yang sering digunakan saat ini adalah komposit yang dipolimerisasi cahaya. Proses polimerisasi dengan *light curing unit* (LCU) sepenuhnya dikontrol oleh operator, namun operator tidak dapat menentukan jarak dan arah sudut penyinaran yang tepat.¹⁷ Mengabaikan arah sudut dan jarak penyinaran pada resin komposit dapat menyebabkan polimerisasi yang tidak memadai pada bahan sementara resin komposit.³ Polimerisasi yang tidak memadai akan menyebabkan penurunan sifat mekanik, menurunkan kekuatan ikatan, celah marginal, keausan, dan potensi terjadinya karies sekunder yang lebih banyak yang berujung pada kegagalan restorasi. Penelitian yang berkembang sebelumnya mengasumsikan jarak ujung LCU dan arah sudut penyinaran ke bahan restorasi, menyebabkan perbedaan marginal sehingga mempengaruhi keberhasilan mahkota sementara.⁶

Ketepatan marginal didefinisikan sebagai celah yang diukur pada berbagai titik antara restorasi dan gigi. Ketepatan marginal yang buruk pada daerah marginal mahkota menyebabkan penurunan persyaratan biologis mahkota sementara.⁴ Faktor utama yang mempengaruhi presisi marginal adalah penyusutan polimerisasi. Penyusutan dapat menyebabkan kesenjangan antara bahan restorasi dan struktur gigi. Mahkota sementara yang memiliki kesesuaian marginal yang baik dapat menjaga kesehatan gingiva dan melindungi gigi dari naik turunnya suhu, bahan kimia, fisik, dan bakteri.^{7,9} Bakteri, cairan, molekul, atau ion yang dapat melewati celah antara restorasi dan dinding kavitas, akan menyebabkan terjadinya proses yang disebut "kebocoran mikro" yang berperan terhadap terjadinya hipersensitivitas, karies sekunder, dan kegagalan restorasi.⁸

Energi cahaya yang mencapai resin komposit dapat dipengaruhi oleh jarak antara ujung LCU pada permukaan resin komposit, semakin jauh jarak antara ujung LCU pada resin komposit, semakin sedikit energi yang menyentuh resin komposit dan semakin rendah nilai konversinya.¹⁸ Ujung sumber LCU harus selalu 90° terhadap permukaan resin komposit untuk mencapai intensitas cahaya maksimum pada permukaan. Apabila paparan radiasi cahaya yang dihantarkan tidak mencukupi, konversi matriks polimer yang tidak sempurna akan mempengaruhi presisi marginal bahan restorasi. Ketika arah sudut sumber cahaya dimiringkan, bentuk lingkaran berubah menjadi elips (area permukaan yang lebih besar) dan dengan demikian mengurangi intensitas cahaya karena energi tersebar di area yang lebih besar.⁹ Adaptasi marginal yang buruk akan menyebabkan kebocoran marginal dan meningkatkan penumpukan plak dan bakteri yang dapat menyebabkan peradangan jaringan periodontal. Oleh karena itu, kesesuaian marginal yang tepat sangat penting untuk keberhasilan restorasi.¹⁰

Williams dan Johnson merekomendasikan penyinaran LCU pada sudut 90° ke permukaan restorasi, Mutlualy dan Price melaporkan bahwa posisi LCU yang tidak tepat pada permukaan restorasi memengaruhi paparan pancaran cahaya yang dikirim ke resin komposit. Terdapat situasi klinis khususnya seperti pada gigi di daerah posterior memerlukan upaya yang besar untuk memposisikan ujung tip LCU 90° di atas permukaan mahkota resin komposit. Lokasi restorasi seperti pada permukaan bukal atau lingual dari

gigi molar kedua dapat memengaruhi aksesibilitas dan arah cahaya penyinaran yang dapat memengaruhi polimerisasi resin komposit. Polimerisasi mahkota sementara di area tersebut lebih sulit dan hanya dapat dilakukan dengan ujung LCU beberapa milimeter dari permukaan resin komposit atau pada sudut kurang dari 90°. Price menyatakan bahwa, penempatan LCU pada sudut 45° ke permukaan resin komposit memengaruhi 56% dari paparan radiasi cahaya. Studi menunjukkan bahwa meningkatkan sudut dan jarak dari permukaan restorasi akan mengurangi intensitas cahaya dan paparan sinar.^{14,15} Penyinaran yang optimal terjadi ketika ujung cahaya tegak lurus (90°) dan kontak dekat dengan permukaan restorasi.¹⁵ Dokter harus mempertimbangkan untuk mengkompensasi berkurangnya output cahaya dengan meningkatkan waktu polimerisasi ketika menggunakan penghalang kontrol infeksi atau ketika arah sudut dan jarak penyinaran tidak dapat dihindari.¹⁴

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efek jarak dan sudut penyinaran terhadap kebocoran mikro pada mahkota sementara resin komposit UDMA. Penelitian ini menguji secara sistematis keempat kombinasi kelompok A (arah sudut 45°, jarak 1 mm), kelompok B (arah sudut 45°, jarak 3 mm), kelompok C (arah sudut 90°, jarak 1 mm), dan kelompok D (arah sudut 90°, jarak 3 mm). Penelitian ini menguji variabel arah sudut dan jarak diuji secara sekaligus khusus pada mahkota sementara resin komposit UDMA dan memberi gambaran lengkap interaksinya terhadap ketepatan marginal. Pada penelitian ini ditemukan bahwa penyinaran pada arah sudut 90° dengan jarak 1 mm (kelompok C) menghasilkan nilai celah marginal terendah dengan nilai rata-rata 722 µm. Rekomendasi ini sangat aplikatif secara klinis. Sedangkan pada peneliti lain hanya menyarankan jarak penyinaran pendek, tanpa mempertimbangkan arah sudut penyinaran optimal pada mahkota sementara resin UDMA.

Hipotesa nol pada penelitian ini adalah tidak terdapat nilai signifikan pada perbedaan arah sudut dan jarak penyinaran pada ketepatan ketepatan marginal mahkota sementara resin komposit UDMA polimerisasi sinar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan arah sudut dan jarak penyinaran terhadap ketepatan marginal bahan mahkota sementara resin komposit urethane dimethacrylate (UDMA) polimerisasi sinar.

METODE

Penelitian eksperimental laboratoris ini menggunakan model induk yang terbuat dari logam kuning. Sampel pada penelitian ini adalah bahan mahkota sementara berupa resin komposit UDMA polimerisasi sinar *Ezi Crown* (A2, Korea).¹¹ Sebanyak 40 sampel dibuat dan didistribusikan ke dalam 4 kelompok dengan 10 sampel pada masing-masing kelompok.

Model induk 1 dan model induk 2 (Gambar 2A) dibuat dengan menggunakan logam kuning. Model induk 1 mensimulasikan gigi yang belum disiapkan dengan diameter 10 mm dan tinggi 8 mm. Model induk 2 mensimulasikan gigi yang telah disiapkan dengan diameter 10 mm, tinggi 6,5 mm, margin bahu 1,5 mm, dan sudut lancip 5° untuk orientasi saat memasang mahkota pada model induk. Bagian dasar model induk berdiameter 30 mm, tinggi 25 mm, dan batas selebar 6 mm dibuat di bagian atas (Gambar 1). Model induk dan selulosa asetat (Gambar 2B) diolesi dengan petroleum jelly.

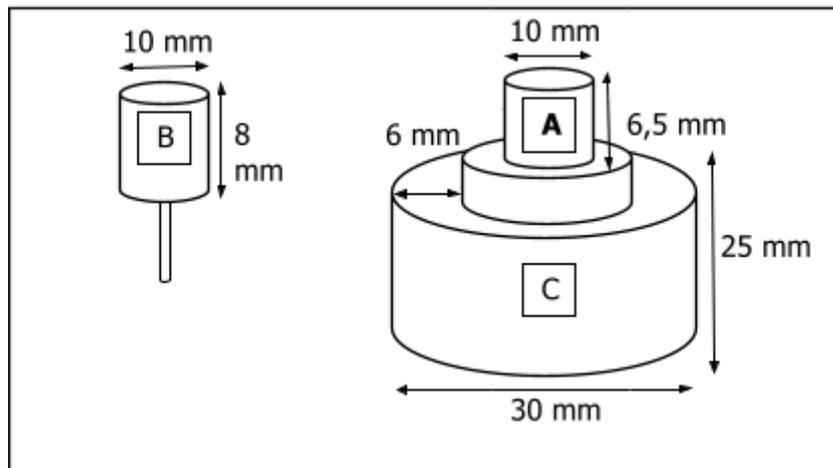
Bahan resin komposit Uretan Dimetakrilat diisi ke dalam selulosa asetat dan dipadatkan dengan menggunakan instrumen plastik. Kemudian selulosa asetat didudukkan pada model induk. Kelompok A adalah sampel yang disinari dengan arah sudut 45° dan jarak 1 mm. Kelompok B adalah sampel yang disinari dengan arah sudut 45° dan jarak 3 mm. Kelompok C adalah sampel yang disinari pada arah sudut 90° dan jarak 1 mm. Kelompok D adalah sampel yang disinari pada 90° dan jarak 3 mm (Gambar 3). Resin komposit kemudian disinari dengan arah sudut dan jarak yang telah ditentukan dalam penelitian menggunakan LED *light cure unit* (B.G Light, Bluedent, Bulgaria) (Gambar 2E) dengan panjang gelombang 450-470 nm selama 60 detik. Selulosa asetat dilepaskan dari mahkota yang telah mengeras. Sampel mahkota gigi dilepas dari model induk dan sisa yang ada pada mahkota gigi dibuang. Semua sampel (Gambar 2D) mahkota direndam dalam air liur buatan selama 7 hari untuk mensimulasikan rongga mulut.

Mahkota diberi 4 garis referensi (Gambar 4B) yaitu mid bukal (garis A), mid mesial (garis B), mid palatum/lingual (garis C) dan mid distal (garis D). Sampel mahkota kemudian ditempatkan pada positioner (Gambar 2C) sehingga tidak ada pergerakan

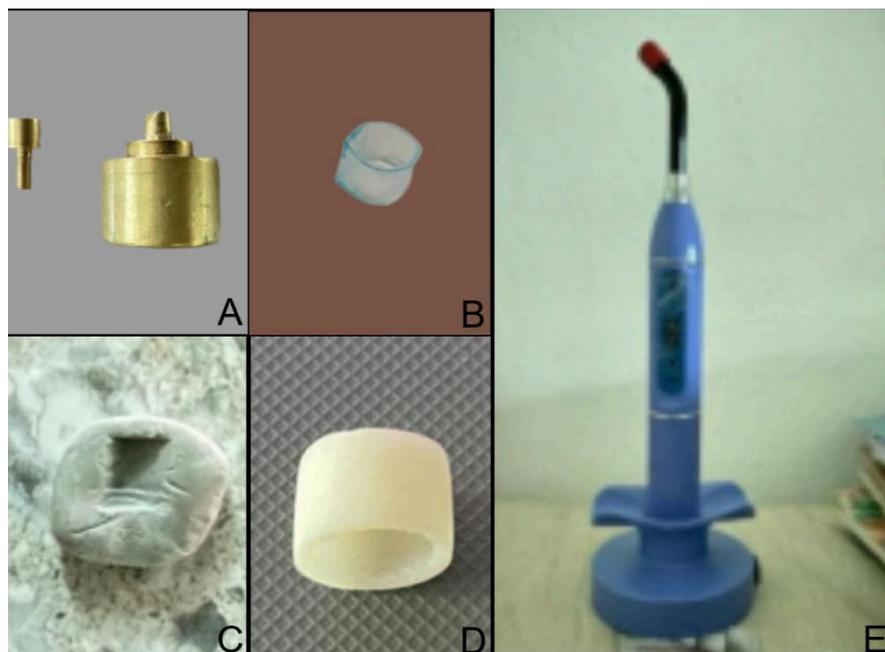
selama pengukuran. Setiap pengukuran pada garis tersebut dilakukan sebanyak 3 kali sehingga total pengukuran pada 1 sampel adalah 12 kali pengukuran menggunakan komputer dengan bantuan perangkat lunak Axiovision Rel. 4.8 (Gambar 3).

Semua sampel mahkota direndam dalam *saliva* buatan selama 7 hari untuk mensimulasikan rongga mulut. Sampel mahkota gigi didudukkan di atas pengatur posisi. Sampel mahkota gigi didudukkan di atas pengatur posisi. Sampel mahkota sementara dan pengatur posisi sampel kemudian diletakkan di atas meja stereomikroskop. Pengukuran akurasi marginal menggunakan stereo mikroskop dengan perbesaran 40x. Pengukuran dilakukan dengan bantuan komputer menggunakan perangkat lunak Axiovision® Rel. 4.8. (Gambar 4A) di Pusat Pengajian Kejuruteraan Bahan dan Sumber Mineral Universiti Sains Malaysia.

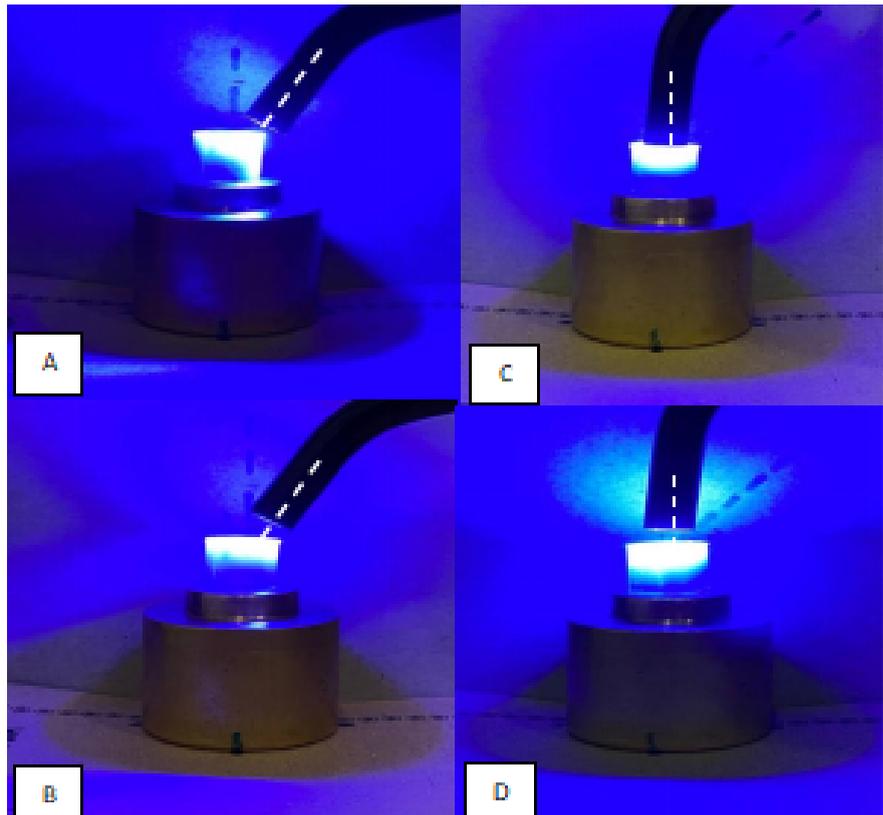
Nilai celah marginal dianalisis menggunakan uji Anova untuk menguji perbedaan celah marginal pada seluruh kelompok uji. Uji *Post Hoc* dilanjutkan terhadap kelompok dengan perbedaan bermakna.



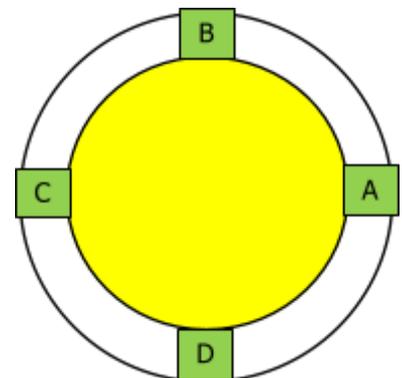
Gambar 1. Model induk (A: Model induk gigi dipreparasi, B: Model Induk gigi belum dipreparasi, C: Basis model induk)



Gambar 2. A. Model Induk 1 dan 2. B. Selulosa Asetat. C. Positioner. D. Sampel E. LED light cure unit



Gambar 3. A. Penyinaran arah sudut 45° dan jarak 1 mm B. Penyinaran arah sudut 45° dan jarak 3 mm C. Penyinaran arah sudut 90° dan jarak 1 mm D. Penyinaran arah sudut 90° dan jarak 3 mm



Gambar 4. A. Pengukuran komputer menggunakan Axiovision Rel software. 4,8 B. Garis referensi

HASIL

Hasil nilai ketepatan marginal didapatkan dari jarak antara tepi preparasi gigi dengan tepi mahkota sementara. Berdasarkan celah marginal pada setiap sisi sampel (mesial, distal, bukal dan lingual) pada kelompok A, nilai celah marginal tertinggi terdapat pada sisi lingual dengan rerata celah marginal sebesar $906.679 \mu\text{m} \pm 266.45$ dan nilai celah marginal terendah terdapat pada sisi bukal yaitu $689.803 \mu\text{m} \pm 126.241$. Kelompok B memiliki nilai celah marginal tertinggi terdapat pada sisi lingual dengan rerata celah marginal sebesar $824.165 \mu\text{m} \pm 259.561$ dan nilai celah marginal terendah terdapat pada sisi distal sebesar $686.723 \mu\text{m} \pm 254.330$. Kelompok C memiliki nilai celah marginal tertinggi terdapat pada sisi lingual dengan rerata celah marginal sebesar $760.309 \mu\text{m} \pm$

178,239 dan nilai celah marginal terendah terdapat pada sisi bukal sebesar 641,469 $\mu\text{m} \pm 760,313$. Kelompok D memiliki nilai celah marginal tertinggi terdapat pada sisi bukal dengan rerata celah marginal sebesar 897,859 $\mu\text{m} \pm 249,203$ dan nilai celah marginal terendah terdapat pada sisi distal sebesar 731,53 $\pm 161,21$. Secara keseluruhan, nilai celah marginal tertinggi terdapat pada kelompok A sisi lingual yaitu sebesar 906.681 $\mu\text{m} \pm 266.452$ dan nilai celah marginal terendah terdapat pada kelompok C sisi bukal yaitu sebesar 641.477 $\mu\text{m} \pm 77.766$.

Berdasarkan rerata celah marginal pada 4 sisi permukaan pada masing-masing sampel, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai celah marginal pada kelompok C (arah sudut 90° dengan jarak 1 mm) lebih rendah dibandingkan dengan nilai celah marginal pada kelompok A, B, dan D (arah sudut 45° dengan jarak 1 mm, arah sudut 45° dengan jarak 3 mm, dan arah sudut 90° dengan jarak 3 mm). Nilai celah marginal tertinggi terdapat pada kelompok A (arah sudut 45° dengan jarak 1 mm) yaitu sebesar 832.09 ± 101.62 , diikuti oleh kelompok D sebesar 805.73 ± 103.53 , kelompok B sebesar 767.12 ± 185.95 , dan kelompok C memiliki nilai rerata terendah yaitu 721.87 ± 145.35 (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai rerata ketepatan marginal pada bahan mahkota sementara resin polimerisasi sinar yang disinari dengan variasi arah sudut dan jarak penyinaran.

Kelompok	Ketepatan Marginal (μm)				Rerata \pm SD
	Mesial	Bukal	Distal	Lingual	
A	828,98	689,80	902,89	906,68	832,09 \pm 101,62*
B	793,01	764,58	686,72	824,16	767,12 \pm 185,95
C	757,56	641,47**	728,15	760,31	721,87 \pm 145,35**
D	845,70	897,86	731,53	747,83	805,73 \pm 103,53

Hasil uji Anova pada setiap kelompok yang di uji menunjukkan terdapat perbedaan celah marginal yang signifikan pada sisi bukal dengan nilai $p=0,026$. Namun tidak terdapat perbedaan celah marginal yang bermakna pada kelompok A, B, C dan D di sisi mesial, lingual dan distal. Uji lanjut perbedaan signifikan hanya dilanjutkan pada sisi bukal karena sisi ini menunjukkan perbedaan yang signifikan pada semua kelompok dengan menggunakan uji Post Hoc *Least Significant Difference* (Tabel 2, 3). Hasil uji lanjut ini menunjukkan bahwa kelompok A (arah sudut penyinaran 45° dan jarak 1 mm) hanya menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap kelompok D (arah sudut penyinaran 90° dan jarak 3 mm) dengan nilai $p=0,019$ dan kelompok C (arah sudut penyinaran 90° dan jarak 1 mm) memiliki perbedaan celah marginal yang signifikan dengan kelompok D (arah sudut penyinaran 90° dan jarak 3 mm) dengan nilai $p=0,005$.

Tabel 2. Perbedaan ketepatan marginal pada setiap sisi antara kelompok bahan mahkota sementara komposit resin polimerisasi yang disinari pada arah sudut 45° dan 90° dengan jarak 1 mm dan 3 mm.

Variabel		X \pm SD	p-Value
Perlakuan	Sisi		
Kelompok A	Bukal	689,80 \pm 126,24	0,026*
Kelompok B		764,58 \pm 246,14	
Kelompok C		641,47 \pm 77,76	
Kelompok D		897,86 \pm 249,20	
Kelompok A	Mesial	828,98 \pm 209,28	0,784
Kelompok B		793,01 \pm 252,14	
Kelompok C		757,56 \pm 178,23	
Kelompok D		845,70 \pm 182,17	
Kelompok A	Lingual	906,68 \pm 266,45	0,438
Kelompok B		824,16 \pm 259,56	
Kelompok C		760,31 \pm 248,25	
Kelompok D		747,83 \pm 168,74	
Kelompok A	Distal	902,89 \pm 220,61	0,165
Kelompok B		686,72 \pm 254,33	
Kelompok C		728,15 \pm 255,10	

Kelompok D 731,53 ± 161,21

Tabel 3. Uji Post Hoc

	Variabel	P-Value
Kelompok A	Kelompok B	0,385
	Kelompok C	0,573
	Kelompok D	0,019
Kelompok B	Kelompok C	0,156
	Kelompok D	0,126
Kelompok C	Kelompok D	0,005

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai akurasi marginal terendah berada pada sisi lingual dengan rerata celah marginal sebesar 906,68 $\mu\text{m} \pm 266,45$ dan nilai akurasi marginal tertinggi berada pada sisi bukal sebesar 689,803 $\mu\text{m} \pm 126,241$. Kelompok A memiliki nilai ketepatan marginal terendah berada pada sisi lingual dengan rerata celah marginal sebesar 824,165 $\mu\text{m} \pm 259,561$ dan nilai ketepatan marginal tertinggi berada pada sisi distal sebesar 6,875 $\mu\text{m} \pm 259,561$. Kelompok B memiliki nilai ketepatan marginal terendah berada pada sisi lingual dengan rerata celah marginal sebesar 824,165 $\mu\text{m} \pm 259,561$ dan nilai ketepatan marginal tertinggi berada pada sisi distal sebesar 686,723 $\mu\text{m} \pm 254,330$. Kelompok C memiliki nilai ketepatan marginal terendah berada pada sisi bukal dengan rerata celah marginal 757.566 $\mu\text{m} \pm 178.239$ dan ketepatan marginal tertinggi berada pada sisi bukal 641.477 $\mu\text{m} \pm 760.313$. Kelompok D memiliki nilai ketepatan marginal terendah terdapat pada sisi bukal dengan rerata celah marginal sebesar 897.869 $\mu\text{m} \pm 249.203$ dan nilai ketepatan marginal tertinggi terdapat pada sisi bukal sebesar 897.869 $\mu\text{m} \pm 249.203$. Hasil ini menunjukkan nilai ketepatan marginal yang bervariasi untuk setiap sampel dalam satu kelompok. Variasi nilai ini dapat disebabkan oleh faktor yang mempengaruhi, yaitu penyusutan restorasi setelah polimerisasi yang tidak dapat dikontrol oleh operator.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelompok A, B, dan D menghasilkan nilai ketepatan marginal yang lebih kecil dibandingkan kelompok C. Shu Fen C *et al.*,¹² yang meneliti mengenai pengaruh arah sudut penyinaran terhadap penyusutan polimerisasi dengan beberapa kelompok perlakuan. Kelompok yang disinari dengan arah sudut penyinaran 45° terjadi pola penyusutan asimetris dengan sebagian besar vektor mengarah ke bagian yang disinari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fenomena "penyusutan searah dengan arah sudut penyinaran" terjadi pada arah sudut penyinaran 45°. Ujung sumber LCU harus selalu 90° ke permukaan resin komposit untuk mencapai intensitas cahaya maksimum di permukaan. Paparan radiasi cahaya yang diberikan tidak terpenuhi maka konversi matriks polimer yang tidak sempurna akan mempengaruhi ketepatan marginal bahan restorasi.¹⁰

Penelitian Budimulia B dan Aryanto M dkk.,²¹ menunjukkan bahwa jumlah sinar yang cukup atau kekuatan sinar yang stabil dari permukaan tumpatan sehingga dasar tumpatan dapat menghasilkan restorasi yang kuat dan menghindari kebocoran mikro. Karena penyebaran energi cahaya dapat dipengaruhi dari jauhnya jarak antara ujung tip sinar dan lapisan resin komposit terbawah. Maka harus dilakukan jarak penyinaran sedekat mungkin terhadap restorasi, agar sinar tidak menyebar dan terfokus sehingga didapatkan kekuatan sinar yang stabil dari permukaan tumpatan hingga dasar tumpatan dapat menghasilkan restorasi yang kuat dan menghindari kebocoran mikro. Didapatkan hasil penelitian bahwa tingkat kebocoran mikro semakin banyak terjadi pada sampel seiring dengan meningkatnya jarak penyinaran yaitu 0,5 mm, 2 mm, dan 4 mm. Tetapi pada jarak 0,5 mm dan 2 mm, mengalami kebocoran dengan tingkat yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan jarak penyinaran 4 mm. Dengan demikian jarak penyinaran 0,5 mm, sampai dengan 2 mm mendapatkan intensitas sinar dengan maksimal sehingga dapat disimpulkan bahwa jarak penyinaran yang ideal berkisar antara 0,5 mm sampai dengan 2 mm.²¹

Hasil dari penelitian ini mengamati setiap sisi tepi mahkota sementara. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara sisi tepi dalam kelompok yang sama dan antar kelompok yang berbeda. Kelompok A disinari dengan arah sudut sumber penyinaran 45° dan jarak 1 mm di atas permukaan sudut

bukal, terlihat bahwa nilai rerata ketepatan marginal pada tepi bukal adalah yang paling besar dengan nilai celah marginal yang paling kecil dibandingkan tepi lainnya. Kelompok B disinari dengan arah sudut sumber penyinaran 45° dan jarak 3 mm di atas permukaan bukal, terlihat bahwa nilai rerata ketepatan marginal pada tepi bukal adalah yang terkecil dengan nilai celah marginal yang paling besar dibandingkan tepi lainnya. Arah sudut penyinaran yang mendekati suatu permukaan akan mengakibatkan terbukanya celah pada sisi yang jauh dari sumber penyinaran. Tepi bukal pada penelitian ini secara keseluruhan menunjukkan perbedaan nilai yang signifikan. Hasil ini menunjukkan bahwa pada sisi bukal terjadi polimerisasi yang baik dengan arah sudut penyinaran pada sisi tersebut menghasilkan akurasi marginal yang baik.

Kelompok A dan kelompok B disinari dengan arah sudut sumber penyinaran 45° di atas permukaan bukal, sehingga tepi lingual berada di belakang tepi bukal menjauhi sumber penyinaran. Nilai rerata ketepatan marginal pada kelompok A dan B pada tepi lingual adalah yang terkecil dengan nilai celah marginal yang besar. Hasil ini sesuai dengan pernyataan Shu-Fen C *et al.*,¹² bahwa fenomena "penyusutan searah dengan arah sudut penyinaran" terjadi pada penyinaran dengan arah sudut 45° . Pada saat polimerisasi, penyusutan resin terjadi ke arah titik tengah massa, sehingga secara tidak langsung margin pada bagian tepi akan terangkat dari garis akhir dan menyebabkan terjadinya celah marginal vertikal dan horizontal.^{7,8} Fenomena ini seperti yang terjadi pada kelompok A dan B, dengan sumber sinar dari arah bukal, margin lingual terangkat dari garis akhir dan berpindah ke arah bukal. Sesuai dengan pernyataan yang diberikan oleh Maan M. Alshaafi bahwa angulasi ujung sumber penyinaran dapat mengurangi tingkat paparan sinar yang dihantarkan ke permukaan resin komposit.¹⁶ Pengurangan paparan radiasi ini dijelaskan oleh fakta bahwa bentuk cahaya yang melingkar berubah menjadi elips dengan luas permukaan yang lebih besar. Sudut 90° dari sumber penyinaran ke permukaan resin komposit direkomendasikan seperti yang dilakukan oleh peneliti.⁹

Berbeda dengan kelompok C dan D, arah sudut sumber penyinaran adalah 90° di atas permukaan oklusal mahkota sementara, sehingga patokan pada kelompok ini adalah jarak sumber cahaya ke mahkota sementara. Nilai rerata akurasi marginal pada kelompok C sebesar $721,87 \mu\text{m}$ lebih kecil dibandingkan dengan kelompok D yaitu $805,73 \mu\text{m}$ dengan jarak sumber penyinaran 3 mm dari permukaan oklusal mahkota sementara. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Bernardo B dan Mirza A bahwa semakin besar jarak penyinaran, maka semakin besar pula kebocoran mikro. Terlihat bahwa ketelitian marginal yang rendah dengan nilai celah marginal tertinggi terdapat pada kelompok D dengan jarak penyinaran yang jauh dari semua sisi tepi. Intensitas sinar maksimum diperoleh ketika jarak penyinaran sedekat mungkin, sehingga dapat dilihat bahwa semakin jauh penyinaran maka intensitas sinar yang diperoleh semakin kecil karena sinar tidak dapat menjangkau resin.¹

Sudut dan jarak ujung sumber penyinaran cahaya secara signifikan mempengaruhi *output* cahaya dan efektivitas penyinaran dalam prosedur perawatan gigi. Peningkatan intensitas *curing* dapat menyebabkan perubahan kebocoran mikro dan secara langsung memengaruhi keberhasilan mahkota sementara yang akan berdampak pada restorasi definitif. Penelitian menunjukkan bahwa meningkatnya arah sudut dan jarak dari permukaan restorasi mengurangi intensitas cahaya dan paparan sinar.^{14,15} Mahkota sementara yang memiliki ketepatan marginal yang baik dapat menjaga kesehatan gingiva dan melindungi gigi dari perubahan suhu, bahan kimia, fisik, dan bakteri.⁷ Bakteri, cairan, molekul, atau ion yang dapat melewati celah antara restorasi dan dinding kavitas, akan menyebabkan terjadinya proses yang disebut "kebocoran mikro" yang berperan terhadap terjadinya hipersensitivitas, karies sekunder, dan kegagalan restorasi.^{8, 19, 20}

Uji ANOVA satu arah mengevaluasi perbedaan rata-rata celah marginal di keempat kelompok A, B, C, dan D pada masing-masing sisi mesial, bukal, lingual, dan distal. Pada sisi bukal memperlihatkan $p = 0,026$ ($< 0,05$), menandakan ada perbedaan bermakna antarkelompok. Namun pada ketiga sisi lain yaitu mesial $p = 0,784$, lingual $p = 0,438$, dan distal $p = 0,165$, tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hasil pada uji ANOVA adalah hanya di sisi bukal mendapatkan ketepatan marginal benar terpengaruh oleh kombinasi sudut dan jarak penyinaran.

Hasil di atas menunjukkan sisi bukal yang signifikan, maka uji lanjutan Post Hoc *Least Significant Difference* (LSD) dipakai untuk memetakan pasangan kelompok mana yang

berbeda. Hasil uji lanjutan ini menunjukkan bahwa kelompok A (Arah penyinaran 45° dan jarak 1 mm) hanya menunjukkan perbedaan bermakna pada kelompok D (Arah penyinaran 90° dan jarak 3 mm) dengan nilai $p = 0,019$ dan kelompok C (Arah penyinaran 90° dan jarak 1 mm) memiliki perbedaan celah marginal yang bermakna dengan kelompok D (Arah penyinaran 90° dan jarak 3 mm) dengan nilai $p = 0,005$. Kedua perbandingan ini menunjukkan gap marginal di kelompok D secara signifikan lebih besar daripada di kelompok A dan C. Semua perbandingan lain menghasilkan $p > 0,05$, artinya tidak ada perbedaan bermakna.

Keterbatasan penelitian adalah teknik penekanan manual saat pembuatan sampel. Penekanan manual saat pengisian bahan resin ke dalam seluloid strip tidak dilakukan secara konsisten sehingga memungkinkan adanya perangkat udara yang menyebabkan porositas pada bahan mahkota sementara. Pembacaan hasil pengukuran menggunakan stereomikroskop secara manual tidak seragam untuk setiap sampel karena keterbatasan penglihatan dari peneliti sendiri.

Keterbatasan penelitian lainnya adalah perlunya penyesuaian kondisi lingkungan rongga mulut untuk mendapatkan kondisi yang mempengaruhi mahkota sementara seperti di dalam rongga mulut. Peneliti perlu melakukan penekanan pada bahan resin komposit saat mengisi ke dalam *seluloid strip* agar udara tidak terperangkap di dalam sampel, agar tidak memengaruhi keberhasilan mahkota sementara. Manipulasi posisi sampel pada positioner masih dilakukan secara manual dan memengaruhi akurasi posisi sampel pada waktu pengukuran sampel.

SIMPULAN

Kombinasi sudut 90° dan jarak penyinaran 3 mm menghasilkan celah marginal tertinggi, sedangkan variasi sudut pada jarak 1 mm tidak memengaruhi ketepatan marginal restorasi secara signifikan. Peneliti lebih merekomendasikan arah sudut penyinaran 90° untuk mendapatkan cahaya penyinaran maksimum dan meningkatkan proses polimerisasi. Jarak penyinaran 1 mm juga lebih disarankan untuk mendapatkan penyinaran maksimum agar mahkota sementara dapat terpolimerisasi dengan baik. Penyinaran maksimum dengan arah sudut dan jarak yang optimum akan mengurangi terjadinya celah marginal dan menghasilkan ketepatan marginal yang baik pada bahan mahkota sementara. Implikasi dari penelitian ini adalah untuk menentukan arah sudut dan jarak penyinaran terhadap ketepatan marginal bahan mahkota sementara resin komposit *urethane dimethacrylate* (UDMA) polimerisasi sinar pada saat penambalan.

Kontribusi Penulis: Kontribusi peneliti Konseptualisasi, M.A.R. dan I.A.; metodologi, M.A.R, I.A; perangkat lunak, M.A.R.; validasi, I.A dan S.W.; analisis formal, M.A.R.; investigasi, M.A.R.; sumber daya, M.A.R.; kurasi data, M.A.R.; I.A penulisan—penyusunan draft awal, M.A.R.; penulisan-tinjauan dan penyuntingan, M.A.R. dan I.A.; S.W visualisasi, M.A.R.; supervisi, I.A, S.W; administrasi proyek, M.A.R.; perolehan dana, M.A.R. 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 936/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. J Prosthet Dent, The Academy of Prosthodontics. The glossary of prosthodontic term: ninth edition. 2017; 117(5):40-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.12.001>
2. Gegauff AG, Holloway JA. Interim fixed restorations. Dalam: Rosentiel SF, Land MF, Fujimoto J, Contemporary fixed prosthodontics 5th ed. St.Louis: Mosby; 2016:466-504, 457. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.04.008>
3. Juliana SS. Pengaruh Penggunaan LED Light Curing Unit Yang Berbeda Terhadap Derajat Konversi Dan Kekerasan Mikro Resin Komposit *Bulk Fill*: Tesis. Medan: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Sumatera Utara. Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis 2019. Hal: 51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.11.002>
4. Yu, H.; Yao, J.; Du, Z.; Guo, J.; Lei, W. Comparative Evaluation of Mechanical Properties and Color Stability of Dental Resin Composites for Chairside Provisional Restorations. *Polymers* 2024, 16, 2089. <https://doi.org/10.3390/polym16142089>
5. Dionysopoulos D, Gerasmidou O, Wear of contemporary dental composite resin restorations: a literature review, *Restor Dent Endod.* 2021 May;46(2):e18 DOI: <https://doi.org/10.5395/rde.2021.46.e18> pISSN 2234-7658 eISSN 2234-7666
6. Vahid R. Marginal Integrity of Provisional Resin Restoration materials: A Review of The Literature: *The Saudi Journal for Dental*

- Research 2015; 6:33-40. <https://doi.org/10.1016/j.sjdr.2014.03.002>
7. Amin BM, Aras MA, Chitre V. A comparative evaluation of the marginal accuracy of crowns fabricated from four commercially available provisional materials: an in vitro study. *Contemp Clin Dent* 2015;6(2):161–5. DOI: <https://doi.org/10.4103/0976-237X.156035>
 8. Rakhshan V. Marginal integrity of provisional resin restoration materials: A review of the literature. *Saudi J Dent Res* 2015;6:33-40. DOI: [10.1016/J.SJDR.2014.03.002](https://doi.org/10.1016/J.SJDR.2014.03.002)
 9. Alshaafi M, Factors affecting polymerization of resin-based composites :A literature review, *The Saudi Dental Journal*,2017;29(2): 48-58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2017.01.002>
 10. Haifa M, Abdulrahman A.B, Qoot A, Howard S, Mary A.S.M. Factors influencing success of radiant exposure in light-curing posterior dental composite in the clinica setting. *American Journal of Dentistry* 2018; 31(6): 321.
 11. Erma S, Fineza R. Pengaruh Lama Penyinaran dan Ketebalan Resin Komposit *Bulk Fill* terhadap Kebocoran Mikro: Literature Review: *Insisival Dental Journal* 2020;9(2):76. va *Dental Journal Majalah Kedokteran Gigi Insisiva* DOI: <https://doi.org/10.18196/di.9221>
 12. Shu-Fen C, Pin-Sheng H, Terry Yuan-Fang C, Lo-Hao H, Ko-Chih S, Chi-Han C. Shrinkage Behaviours Of Dental Composite Restorations: The Experimental Numerical Hybrid Analysis. *Dental Material* 2016; 12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.09.022>
 13. Roselino LDMR, Chinelatti MA, Alandia-Roman CC, Pires-de-Souza FDCP. Effect of brushing time and dentifrice abrasiveness on color change and surface roughness of resin composites. *Brazilian Dent J* 2015; 26(5): 507-13. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-6440201300399>
 14. Jitte VD, Andrew TS, Sunyoung Ma. Effects of Infection Control Barriers on Light Output from a Dental Light-Curing Unit Used in Various Positions. *MDPI*. 2023; 3:166–175. <https://doi.org/10.3390/oral3020015>
 15. Illiyana, Himma. Perbedaan Kekerasan Mikro Resin Komposit Bulk Fill Viskositas Tinggi pada Sudut Penyinaran 45 Derajat, 60 Derajat dan 90 Derajat. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Gadjah Mada. 2015. Hal: 28-50.
 16. Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, Sulik WD. Considerations in measurement of marginal fit. *J Prosthet Dent* 1989;62(4):405–8. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(89\)90170-4](https://doi.org/10.1016/0022-3913(89)90170-4)
 17. Juliana SS. Pengaruh Penggunaan LED *Light Curing Unit* Yang Berbeda Terhadap Derajat Konversi Dan Kekerasan Mikro Resin Komposit *Bulk Fill*:Tesis. Medan: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Sumatera Utara. Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis 2019. Hal: 51.
 18. Hasanain, F.A.; Nassar, H.M.; Ajaj, R.A. Effect of Light Curing Distance on Microhardness Profiles of Bulk-Fill Resin Composites. *Polymers* 2022, 14, 528. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym14030528>
 19. Amin BM, Aras MA, Chitre V. A comparative evaluation of the marginal accuracy of crowns fabricated from four commercially available provisional materials: an in vitro study. *Contemp Clin Dent* 2015;6(2):161–5. DOI: <https://doi.org/10.4103/0976-237X.156035>
 20. Gratton DG, Aquilino SA. Interim restorations. *Dent Clin North Am* 2004;48(2):487-97 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cden.2003.12.007>
 21. Bernardo B, Aryanto M, Kebocoran Mikro Tumpatan Resin Komposit Bulkfill Flowable pada Berbagai Jarak Penyinaran. *Ked Gi Unpad*. April 2018; 30(1): 1-7. DOI: [10.24198/jkg.v30i1.17878](https://doi.org/10.24198/jkg.v30i1.17878)