



Perbandingan Tingkat Kebocoran Mikro (*Microleakage*) pada Restorasi Kavitas Kelas II dengan Teknik *Snowplow* Antara *Packable Composite Nanohybrid* dan *Bulk-Fill*

Adelia Zahra Phaloza¹, I Gusti Ayu Fienna Novianthi Sidiartha^{2*},
Putu Mariati Kaman Dewi², I Gede Krisna Merta Yoga¹

ABSTRACT

Background: Microleakage is one of the main causes of restoration failure as it allows the penetration of bacteria and fluids into the interface between restorative material and tooth structure. The snowplow technique was developed to improve marginal adaptation by using an uncured flowable composite liner prior to placement of the main restorative material. Differences in restorative materials, such as packable nanohybrid and bulk-fill composites, may influence microleakage.

Methods: This study was a laboratory experimental study using a post-test only with two-group comparison design. A total of 32 extracted permanent premolars were divided into two groups: packable bulk-fill and packable nanohybrid (n=16 each). Restorations were performed using the

snowplow technique, followed by incubation at 37°C for 24 hours, immersion in 0.2% methylene blue solution, longitudinal sectioning, and microscopic evaluation using a 0–4 scoring system. Data were analyzed using the Shapiro-Wilk test and continue with Mann-Whitney test.

Results: The results showed that the packable bulk-fill group had a higher mean microleakage score compared to the packable nanohybrid group. Statistical analysis revealed a significant difference between the groups ($p < 0,05$).

Conclusion: There is a significant difference in microleakage levels between packable bulk-fill and packable nanohybrid in class II cavity restorations using the snowplow technique. Packable nanohybrid demonstrated lower microleakage, indicating better marginal adaptation.

Keywords: microleakage, class II cavity restoration, snowplow technique, packable nanohybrid composite, packable bulk-fill composite.

Cite This Article: Phaloza, A.Z., Sidiartha, I.G.A.F.N., Dewi, P.M.K., Yoga, I.G.K.M. 2026. Perbandingan Tingkat Kebocoran Mikro (*Microleakage*) pada Restorasi Kavitas Kelas II dengan Teknik *Snowplow* Antara *Packable Composite Nanohybrid* dan *Bulk-Fill*. *Bali Dental Journal* 10(1): 39–45. DOI: 10.37466/bdj.v10i1.732

ABSTRAK

Latar Belakang: Kebocoran mikro (*microleakage*) merupakan salah satu penyebab utama kegagalan restorasi karena memungkinkan penetrasi bakteri dan cairan ke dalam celah antara bahan tumpatan dan struktur gigi. Teknik snowplow dikembangkan untuk meningkatkan adaptasi marginal dengan memanfaatkan *flowable composite* sebagai liner yang tidak dipolimerisasi sebelum aplikasi bahan utama. Perbedaan jenis bahan tumpatan restorasi, seperti *packable nanohybrid* dan *bulk-fill*, diduga memengaruhi tingkat kebocoran mikro.

Metode: Penelitian ini merupakan eksperimen laboratorium dengan desain *post-test only with two-group comparison*. Sebanyak 32 gigi premolar permanen dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok *packable bulk-fill* dan *packable nanohybrid* (masing-masing n=16). Restorasi dilakukan dengan teknik snowplow, kemudian sampel

diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam, direndam dalam larutan *methylene blue* 0,2%, dipotong secara longitudinal, dan diamati menggunakan mikroskop dengan sistem skoring 0–4. Data dianalisis menggunakan uji *Shapiro-Wilk* dan dilanjutkan dengan uji *Mann-Whitney*.

Hasil: Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelompok *packable bulk-fill* memiliki rerata skor kebocoran mikro yang lebih tinggi dibandingkan kelompok *packable nanohybrid*. Uji statistik menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok ($p < 0,05$).

Kesimpulan: Terdapat perbedaan tingkat kebocoran mikro pada restorasi kavitas kelas II dengan teknik snowplow antara *packable bulk-fill* dan *packable nanohybrid*. *Packable nanohybrid* menunjukkan tingkat kebocoran mikro yang lebih rendah sehingga berpotensi memberikan adaptasi marginal yang lebih baik.

Kata Kunci: kebocoran mikro, restorasi kavitas kelas II, teknik snowplow, *packable nanohybrid composite*, *packable bulk-fill composite*.

Sitasi Artikel ini: Phaloza, A.Z., Sidiartha, I.G.A.F.N., Dewi, P.M.K., Yoga, I.G.K.M. 2026. Perbandingan Tingkat Kebocoran Mikro (*Microleakage*) pada Restorasi Kavitas Kelas II dengan Teknik *Snowplow* Antara *Packable Composite Nanohybrid* dan *Bulk-Fill*. *Bali Dental Journal* 10(1): 39–45. DOI: 10.37466/bdj.v10i1.732

¹Program Studi Sarjana
Kedokteran Gigi, Fakultas
Kedokteran, Universitas Udayana
²Program Studi Profesi Dokter Gigi,
Fakultas Kedokteran Universitas
Udayana

*Penulis Korespondensi:
I Gusti Ayu Fienna Novianthi
Sidiartha; Program Studi Profesi
Dokter Gigi, Fakultas Kedokteran
Universitas Udayana;
fiennasidiartha@unud.ac.id

Diterima : 15 Maret 2026
Disetujui : 20 April 2026
Diterbitkan : 28 Mei 2026



PENDAHULUAN

Restorasi gigi merupakan prosedur penting dalam perawatan kesehatan mulut yang bertujuan mengembalikan fungsi, estetika, dan struktur gigi yang mengalami kerusakan. Penggunaan bahan tumpatan *resin-based composite* (RBC) menjadi pilihan utama dalam restorasi modern karena sifatnya yang konservatif, mampu berikatan langsung dengan jaringan gigi tanpa preparasi ekstensif, serta memiliki estetika dan sifat mekanis yang baik¹.

Salah satu faktor utama kegagalan restorasi adalah kebocoran mikro (*microleakage*), yaitu terbentuknya celah pada antarmuka antara bahan restorasi dan dinding kavitas yang memungkinkan penetrasi cairan, bakteri, dan molekul. Kondisi ini dapat memicu karies sekunder dan kegagalan restorasi². Permasalahan ini lebih kompleks pada kavitas kelas II, khususnya pada margin gingiva yang memiliki akses terbatas dan sering didominasi oleh dentin dengan kemampuan adhesi lebih rendah dibanding enamel³.

Sebagai upaya untuk meminimalkan kebocoran mikro, dikembangkan teknik *snowplow*, yaitu aplikasi *flowable composite* sebagai liner tanpa polimerisasi awal, kemudian dilanjutkan dengan penempatan *packable composite* dan dilakukan penyinaran secara bersamaan. Teknik ini memungkinkan material *flowable* mengisi celah mikro pada dinding kavitas, sehingga dapat meningkatkan adaptasi marginal dan mengurangi infiltrasi cairan serta bakteri^{4,5}.

Selain teknik aplikasi, jenis bahan tumpatan restorasi juga memengaruhi tingkat kebocoran mikro. *Packable nanohybrid composite* memiliki distribusi filler nano dan mikro yang lebih merata serta adaptasi marginal yang lebih baik⁶, sedangkan *bulk-fill composite* memungkinkan aplikasi dalam lapisan tebal dengan efisiensi waktu dan penetrasi cahaya yang lebih baik⁷. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan penelitian untuk membandingkan tingkat kebocoran mikro pada restorasi kavitas kelas II dengan teknik *snowplow* antara *packable nanohybrid* dan *bulk-fill*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai interaksi antara teknik aplikasi dan sifat material dalam meminimalkan kebocoran mikro, sehingga dapat menjadi dasar dalam pemilihan bahan tumpatan restorasi yang lebih efektif dan meningkatkan keberhasilan jangka panjang restorasi kavitas kelas II.

METODE

Desain Penelitian dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini merupakan eksperimen laboratorium dengan desain *post-test only with two-group comparison design*. Sampel yang digunakan adalah 32 gigi premolar permanen hasil ekstraksi yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Sampel dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok *packable bulk-fill composite* dan *packable nanohybrid composite* (masing-masing n=16).

Restorasi dilakukan pada kavitas kelas II menggunakan teknik *snowplow*, yaitu aplikasi *flowable composite* sebagai liner tanpa polimerisasi awal, kemudian dilapisi *packable composite* dan dipolimerisasi secara bersamaan. Setelah

restorasi, sampel diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam, kemudian direndam dalam larutan *methylene blue* 0,2%, dipotong secara longitudinal, dan diamati menggunakan mikroskop dengan sistem skoring 0–4 untuk menilai kebocoran mikro. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Program Studi Sarjana Kedokteran Gigi dan Laboratorium Farmakologi Fakultas MIPA, Universitas Udayana. Seluruh rangkaian penelitian dilakukan pada Februari hingga Maret 2026.

Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan berbagai alat dan bahan untuk mendukung prosedur preparasi, restorasi, dan pengukuran kebocoran mikro. Alat yang digunakan meliputi *handpiece*, *mikromotor*, *bur preparasi*, *circumferential matrix*, *sectional ring*, *sonde*, *probe*, *microbrush*, *light cure*, *inkubator*, *mikroskop digital*, *mikrometer*, serta alat bantu lainnya seperti *pinset*, *excavator*, *cotton pellet*, dan alat *polishing*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi gigi premolar permanen sebagai sampel, bahan etsa dan bonding, *flowable composite*, *packable composite nanohybrid*, *packable bulk-fill composite*, larutan *methylene blue* 0,2%, *saliva buatan*, serta bahan pelapis seperti cat kuku bening.

Persiapan Sampel Gigi

Sampel penelitian berupa gigi premolar permanen hasil ekstraksi yang dipilih berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi meliputi mahkota gigi utuh, tidak terdapat restorasi sebelumnya, serta ukuran *cervico-occlusal*, *mesiodistal*, dan *buccolingual* dengan perbedaan maksimal 2 mm. Kriteria eksklusi mencakup gigi dengan mahkota hancur total atau kerusakan yang tidak memungkinkan dilakukan preparasi. Pemilihan ini bertujuan menjaga homogenitas sampel.

Sampel dibersihkan menggunakan air mengalir untuk menghilangkan jaringan lunak, plak, dan debris, kemudian direndam dalam larutan *chlorhexidine gluconate* 2% sebagai desinfektan tanpa merusak struktur gigi. Pemeriksaan visual dilakukan menggunakan kaca mulut dan sonde untuk memastikan tidak terdapat defek atau retakan yang dapat memengaruhi hasil uji *microleakage*. Selanjutnya, gigi ditanam dalam gips hingga batas servikal menggunakan cetakan silikon untuk mempermudah proses preparasi. Sampel kemudian diberi kode sesuai kelompok perlakuan (A dan B, masing-masing n=16) dan disimpan dalam larutan NaCl fisiologis 0,9% untuk menjaga kelembapan serta mencegah dehidrasi hingga tahap preparasi dilakukan.

Prosedur Restorasi dan Preparasi dengan Teknik Snowplow

Preparasi kavitas kelas II dilakukan pada sisi mesial gigi premolar rahang atas menggunakan mikromotor, *handpiece*, dan bur preparasi. Kavitas dibuat dengan kedalaman 4 mm dari permukaan oklusal, lebar isthmus 2 mm, lebar box proksimal 4 mm, panjang dasar 2 mm, serta tinggi dinding aksial 2 mm. Preparasi dimulai pada permukaan oklusal menggunakan *diamond bur pear-shaped* no. 330



sejajar sumbu panjang gigi untuk membentuk *outline* kavitas, kemudian dasar kavitas diratakan menggunakan bur *straight fissure* no. 56 hingga diperoleh dasar yang datar. Box proksimal dibentuk menggunakan bur yang sama dengan arah ke gingiva hingga terbentuk dimensi yang telah ditentukan, dengan posisi dasar *gingival box* minimal 1 mm di atas *cemento-enamel junction* (CEJ). Tahap akhir dilakukan pembuatan bevel 45° menggunakan bur *tapered fissure* no. 169 untuk meningkatkan luas permukaan ikatan dan adaptasi marginal. Seluruh dimensi kavitas diukur menggunakan *probe* UNC-15 untuk memastikan keseragaman.

Setelah preparasi, dipasang *circumferential matrix* untuk membentuk kembali dinding proksimal. Seluruh kavitas dilakukan etsa menggunakan asam fosfat 37% (30 detik pada enamel dan 15 detik pada dentin), kemudian dibilas dan dikeringkan dengan kondisi dentin tetap lembap. Selanjutnya diaplikasikan *bonding* secara merata menggunakan *microbrush*, dilakukan *air thinning*, dan dipolimerisasi selama 20 detik. *Flowable composite* diaplikasikan setebal 1 mm pada dasar kavitas tanpa dilakukan polimerisasi. Sampel kemudian dibagi menjadi dua kelompok. Kelompok pertama direstorasi menggunakan *packable bulk-fill composite* yang ditempatkan langsung di atas *flowable composite* dan dipadatkan, kemudian dilakukan *co-curing* selama 40 detik. Kelompok kedua direstorasi menggunakan *packable nanohybrid composite* dengan teknik *incremental*, yaitu penempatan awal pada dinding proksimal diikuti lapisan bertahap, dengan polimerisasi setiap lapisan selama 20 detik. Tahap akhir dilakukan *finishing* menggunakan bur *tapered flat-end*, kemudian *polishing* bertahap dari kasar hingga halus pada permukaan proksimal dan oklusal untuk menghasilkan permukaan restorasi yang halus dan optimal.

Pengukuran Kebocoran Mikro

Sampel gigi yang telah direstorasi direndam dalam saliva buatan dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam untuk mensimulasikan kondisi oral serta memastikan hidrasi material dan polimerisasi berlangsung optimal. Selanjutnya, seluruh permukaan gigi selain area restorasi dilapisi cat kuku bening, sedangkan bagian akar dilapisi malam merah untuk mencegah penetrasi larutan pewarna di luar margin restorasi. Sampel kemudian direndam dalam larutan *methylene blue* 0,2% selama 24 jam, dibilas dengan air suling, dan dikeringkan sebelum analisis. Sampel dipotong secara longitudinal melewati bagian tengah restorasi arah mesiodistal menggunakan *rotary disc* berkecepatan rendah untuk meminimalkan kerusakan struktur gigi. Permukaan sampel kemudian dikeringkan, dan bagian *buccal* hasil pemotongan digunakan untuk pengamatan dengan penempatan pada malam merah.

Evaluasi kebocoran mikro dilakukan menggunakan metode *dye penetration* sesuai pedoman ISO/TS 11405 dengan pengamatan menggunakan mikroskop digital perbesaran 100×. Penilaian dilakukan berdasarkan kedalaman penetrasi pewarna pada margin gingiva menggunakan sistem skoring 0–4, yaitu skor 0 menunjukkan tidak adanya penetrasi

Tabel 1. Hasil Skor Kebocoran Mikro

Nomor Sampel	Teknik <i>Snowplow</i> + <i>Bulk-Fill</i> (Kelompok A)	Teknik <i>Snowplow</i> + <i>Nanohybrid</i> (Kelompok B)
1	2	3
2	2	0
3	3	4
4	3	0
5	1	0
6	4	1
7	2	0
8	4	1
9	2	2
10	1	0
11	2	0
12	3	3
13	3	1
14	3	1
15	4	0
16	3	4

pewarna; skor 1 menunjukkan penetrasi terbatas pada enamel; skor 2 menunjukkan penetrasi telah melewati *dentin-enamel junction* (DEJ) namun tidak melebihi dua pertiga panjang dinding gingiva; skor 3 menunjukkan penetrasi lebih dari dua pertiga panjang dinding gingiva tetapi belum mencapai dinding aksial; dan skor 4 menunjukkan penetrasi telah mencapai dinding aksial⁸.

Analisis Data

Data berupa skor penetrasi pewarna pada margin gingiva dicatat dan disajikan dalam bentuk tabel distribusi frekuensi serta diagram untuk memudahkan interpretasi. Analisis diawali dengan uji deskriptif, kemudian dilakukan uji normalitas menggunakan *Shapiro-Wilk* untuk menentukan distribusi data. Analisis dilanjutkan dengan uji non-parametrik *Mann-Whitney* untuk mengetahui perbedaan signifikan tingkat kebocoran mikro antara kelompok restorasi.

HASIL PENELITIAN

Kebocoran mikro pada tepi margin gingiva restorasi didapatkan dari perendaman sampel dalam larutan *methylene blue* 0,2% selama 24 jam, kemudian pemotongan sampel secara longitudinal yaitu memotong spesimen pada bagian tengah restorasi ke arah mesiodistal melewati bagian tengah restorasi, sehingga seluruh margin gingiva dapat terlihat jelas. Hasil penelitian menunjukkan skor tingkat kebocoran pada margin gingiva yang dinilai dari skor 0 – 4 dengan data sebagai berikut:



Gambar 1. Penetrasi Warna pada Restorasi Kelas II Teknik Snowplow dengan *Packable Bulk-Fill Composite* (Kiri) dan *Packable Nanohybrid Composite* (Kanan).

Analisa deskriptif ini dilakukan untuk menggambarkan data secara umum melalui ukuran statistik, seperti skor terendah, skor tertinggi, rerata skor (*mean*), dan standar deviasi dari masing-masing variabel.

Berdasarkan uji analisis deskriptif diatas dapat diketahui bahwa skor minimum dari kelompok perlakuan *Bulk-fill composite* memiliki minimum skor 1, sedangkan kelompok perlakuan *Nanohybrid composite* memiliki minimum skor 0. Nilai maksimum dari kedua kelompok memiliki kesamaan yaitu sebesar 4. Uji normalitas pada penelitian ini total sampel di bawah 50 pada setiap kelompok, maka uji normalitas dilakukan dengan metode *Shapiro-Wilk*. Hasil uji normalitas dalam penelitian ini tersaji melalui tabel dibawah ini.

Berdasarkan hasil analisis di atas, didapatkan nilai $p > 0,05$ untuk kelompok perlakuan dengan *bulk-fill composite*, maka data berdistribusi normal, sedangkan kelompok perlakuan *nanohybrid composite* mendapatkan nilai $p < 0,05$ yang menyatakan data bertidistribusi tidak normal.

Hasil uji normalitas dengan menggunakan uji *Shapiro-wilk* menunjukkan terdapat data yang tidak berdistribusi normal. Hal tersebut mengindikasikan bahwa uji statistika yang tepat digunakan adalah uji statistik non-parametrik. Uji statistik non-parametrik merupakan uji statistik yang tidak memerlukan asumsi mengenai sebaran data populasi berdistribusi normal. Uji statistik non-parametrik yang digunakan pada penelitian ini adalah uji *Mann-Whitney*.

Berdasarkan tabel uji statistik *Mann-whitney* menunjukkan nilai $p < 0,05$ sehingga dapat disimpulkan H_0 ditolak dan H_1 diterima. Rata - rata peringkat juga menunjukkan bahwa tingkat kebocoran mikro pada kelompok perlakuan menggunakan *packable bulk-fill composite* lebih tinggi yaitu sebesar 20.91, dibandingkan dengan *nanohybrid composite* yaitu 12.09. Hal tersebut menginterpretasikan terdapat perbedaan signifikan tingkat kebocoran mikro di margin gingiva pada restorasi kelas II dengan teknik *snowplow* antara *packable bulk-fill composite* dan *nanohybrid composite*.

PEMBAHASAN

Keberhasilan klinis restorasi resin komposit dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk sifat bahan restorasi, teknik aplikasi, dan interaksi antar permukaan gigi. Kontraksi

Tabel 3. Hasil Uji Normalitas (*Shapiro-Wilk*)

Kelompok	P-value	Keterangan
<i>Bulk-fill composite</i>	0.065	Normal
<i>Nanohybrid composite</i>	0.002	Tidak Normal

Tabel 4. Uji Non-parametrik (*Mann-Whitney*)

	Kelompok	N	Rata - rata Peringkat	P-value
Skor Kebocoran	<i>Bulk-fill composite</i>	16	20.91	0.007
	<i>Nanohybrid composite</i>	16	12.09	
	Total	32		

polimerisasi saat pengerasan resin yang tinggi dapat menimbulkan tegangan besar pada *interface* restorasi gigi, sehingga timbulnya celah marginal (*microgaps*) hampir tak terhindarkan⁹. Celah mikroskopis ini memungkinkan penetrasi cairan, bakteri, dan molekul hingga ke lapisan dentin berisiko menimbulkan hipersensitivitas pasca perawatan, perubahan warna margin restorasi, karies sekunder, bahkan iritasi atau nekrosis pulpa¹⁰.

Margin gingiva pada kavitas kelas II berada di dekat dengan *cemento enamel junction* (CEJ) yang lebih rentan mengalami kebocoran mikro. Hal ini terkait dengan karakteristik dentin yang terdiri atas 30–50% matriks organik (terutama kolagen) dan sekitar 20% air, serta anatominya yang berongga oleh tubulus dentin¹¹. Proses etsa dan aplikasi adhesif tidak selalu dapat menggantikan seluruh volume air dalam dentin oleh resin, sehingga sering tersisa zona kaya air dalam *hybrid layer*. Kondisi ini membuat adhesi dentin tidak sempurna dan substrat dentin jauh lebih lemah daripada enamel, memudahkan terbentuknya mikroporositas dan celah pada batas restorasi. Keberadaan tubuli dentin yang semakin besar juga menyebabkan peningkatan permeabilitas dentin. Kondisi ini menyulitkan proses infiltrasi resin adhesif secara optimal, sehingga meninggalkan area yang tidak terinfiltrasi sempurna dalam *hybrid layer*¹². Walaupun enamel masih dapat teramati secara klinis pada area servikal, ketebalannya yang sangat tipis menyebabkan kontribusi terhadap kekuatan adhesi menjadi terbatas, sehingga substrat dentin yang berada di bawahnya tetap menjadi faktor dominan dalam menentukan kualitas ikatan¹¹.

Teknik *snowplow* dikembangkan untuk meningkatkan adaptasi marginal pada restorasi komposit. Pada teknik ini, sebuah lapisan *flowable composite* dengan viskositas rendah diletakkan sebagai lapisan dasar kavitas tanpa dilakukan polimerisasi terlebih dahulu, lalu langsung diatasnya ditempatkan komposit *packable* (viskositas tinggi) dan keduanya dipolimerisasi bersamaan¹³. Cara ini bertujuan agar material *flowable* terdorong ke dalam ketidakaturan mikroskopis dinding kavitas sebelum mengeras, sehingga mengisi celah kecil dan memperbaiki *seal* margin restorasi. Metode *snowplow* membuat lapisan *flowable* menjadi sangat tipis dan terpadu dengan resin di atasnya, menjaga



kelancaran aliran *flowable* namun mengurangi efek negatif penyusutan pada lapisan tebal. Studi terkini menunjukkan efektivitas teknik ini dipengaruhi oleh parameter seperti ketebalan dan viskositas *liner*, keserasi kimia antara *liner* dan komposit atasan, serta protokol penyinaran. Literatur melaporkan teknik *snowplow* menghasilkan lebih sedikit *void* dan celah pada area marginal dibandingkan teknik konvensional. Selain itu, penggunaan *liner flowable* umumnya menurunkan kebocoran mikro dan jumlah *microvoid* di *interface* restorasi dibanding tanpa *liner*. Perlu diperhatikan bahwa jika tekanan aplikasi terlalu besar atau viskositas resin di atasnya sangat tinggi, lapisan *flowable* bisa terdorong keluar dari batas margin, mengurangi efektivitas *seal* dan meninggalkan rongga kecil yang berpotensi menjadi jalur infiltrasi cairan⁴.

Hasil penelitian menunjukkan restorasi dengan komposit *nanohybrid packable* memiliki skor kebocoran mikro lebih rendah daripada kelompok komposit *bulk-fill packable*. Variasi skor kebocoran mikro yang ditemukan mulai dari skor 0 hingga skor 4 pada kelompok yang sama dapat diakibatkan oleh heterogenitas biologis substrat dentin yang tidak dapat sepenuhnya diseragamkan meskipun variabel penelitian telah dikontrol. Masih ditemukannya skor kebocoran mikro tertinggi pada kedua kelompok menunjukkan bahwa teknik *snowplow* tidak sepenuhnya mampu menghilangkan risiko *microleakage*. Kondisi tersebut kemungkinan berkaitan dengan ketidakteraturan lokal pada dinding kavitas, perbedaan kualitas *hybrid layer*, serta keterbatasan penetrasi adhesif pada area dentin. Oleh karena itu, meskipun teknik *snowplow* telah dirancang untuk memperbaiki adaptasi marginal, keberhasilannya tetap bergantung pada kualitas substrat dan kestabilan ikatan pada area terdalam kavitas. Pada margin gingiva kavitas kelas II, posisi margin yang dekat atau melewati *cemento enamel junction* (CEJ) menyebabkan sebagian sampel masih memiliki kontribusi enamel, sedangkan pada sampel lainnya dapat didominasi oleh dentin yang memiliki sifat adhesi lebih rendah¹⁴. Literatur mendukung bahwa penempatan bertahap menyebarkan tegangan kontraksi polimerisasi lebih merata dan mengurangi akumulasi stres lokal, sehingga mengurangi risiko terbentuknya *gap* marginal. Sebaliknya teknik *bulk* dalam satu lapisan besar menyebabkan volume material yang mengerut secara simultan lebih besar, yang dapat menghasilkan tegangan penyusutan lebih tinggi pada batas restorasi, terutama pada margin gingiva yang adhesinya lebih lemah¹⁵.

Perbedaan performa di antara kedua bahan restorasi tersebut dapat dijelaskan dari karakteristik material. Komposit *nanohybrid* mengandung campuran partikel *filler* ukuran nano dan mikro, sehingga *filler* didistribusikan lebih merata, serta cenderung mengalami penyusutan polimerisasi lebih rendah dibanding beberapa komposit konvensional. Komposit ini juga memiliki viskositas yang lebih tinggi, sehingga memungkinkan kontrol kondensasi yang lebih baik dan adaptasi yang lebih stabil terhadap dinding kavitas. Volume penyusutan yang lebih kecil meminimalkan risiko terbentuknya *void* di tepi restorasi.

Sebaliknya, komposit *bulk-fill* diformulasikan agar dapat diletakkan dalam lapisan tunggal yang lebih tebal hingga sekitar 4 mm dengan kemudahan penetrasi cahaya. Hal ini cenderung menghasilkan tegangan residu yang lebih besar pada dinding kavitas dibanding teknik *incremental*⁹. Bahan komposit *bulk-fill* biasanya dibuat lebih translusen untuk memaksimalkan penetrasi cahaya, tetapi hal tersebut tidak selalu menghilangkan risiko tegangan tinggi di fase akhir polimerisasi¹⁶.

Interaksi antara *liner flowable* dan komposit *packable* juga berperan pada teknik restorasi *snowplow*. *Flowable* yang belum terpolimerisasi seharusnya terdorong oleh komposit *packable* ke arah dinding kavitas dan mengisi celah mikro. Kondisi optimal tercapai ketika *liner flowable* tetap berada di tempatnya hingga proses *curing* selesai dan berfungsi sebagai *stress breaker* untuk mengurangi tegangan kontraksi. Masalah dapat terjadi apabila tekanan aplikasi komposit *packable* yang terlalu besar, sehingga lapisan *flowable* dapat tersingkir keluar dari margin restorasi. Hal ini menghilangkan efektivitas *liner* adaptif dan dapat meninggalkan ruang kosong pada *interface* restorasi¹⁷. Sejalan dengan itu hal tersebut, penelitian menunjukkan bahwa *flowable resin composite* dengan viskositas lebih tinggi cenderung menghasilkan *shrinkage stress* yang lebih rendah dibandingkan material dengan viskositas lebih rendah¹⁸.

Perbedaan hasil kebocoran mikro antara komposit *nanohybrid* dan *bulk-fill* dalam penelitian ini dapat dipahami sebagai hasil interaksi antara sifat material dan teknik aplikasi. *Nanohybrid* cenderung memberikan adaptasi marginal yang lebih baik ketika digunakan dengan teknik *incremental layering* yang terkontrol, sedangkan *bulk-fill* menawarkan efisiensi waktu prosedur, namun memerlukan pemilihan teknik aplikasi yang tepat. Selisih kebocoran mikro antara kedua kelompok menunjukkan bahwa pemilihan bahan restorasi pada kavitas kelas II tidak cukup hanya didasarkan pada kemudahan manipulasi, tetapi juga harus mempertimbangkan kemampuan mempertahankan *seal* marginal. Hasil penelitian ini mengisyaratkan bahwa *nanohybrid* dapat menjadi pilihan yang lebih aman ketika prioritas utama adalah integritas marginal, sedangkan *bulk-fill* lebih unggul dari sisi efisiensi aplikasi namun tetap memerlukan perhatian ekstra terhadap kondisi margin gingiva. Dengan demikian, hasil penelitian ini lebih tepat dipahami sebagai dasar pertimbangan seleksi material, bukan sebagai penolakan mutlak terhadap *bulk-fill*. Oleh karena itu, pemilihan bahan tumpatan restorasi sebaiknya disesuaikan dengan kondisi klinis dan diikuti dengan teknik aplikasi yang sesuai dengan karakteristik material.

Penelitian ini memiliki keterbatasan yang perlu diperhatikan. Kondisi laboratorium tidak sepenuhnya mereplikasikan lingkungan oral aktual. Faktor-faktor seperti siklus termal jangka panjang dan beban mastikasi tidak disimulasikan penuh. Penggunaan teknik 3-D nondestruktif yaitu mikrotomografi sinar-X (micro-CT), *scanning electron microscopy* (SEM), atau mikroskop konfokal laser (CLSM) diperlukan untuk analisis volumetrik *microleakage* yang lebih akurat, serta penggunaan pewarna *fluorescent* dan



protokol penuaan termomekanik¹⁹. Modifikasi berdasarkan karakteristik bahan perlu diperhatikan. Studi *in vitro* terbaru menunjukkan bahwa pada *nanohybrid* kombinasi *Mat incremental* dengan *preheating* menghasilkan penetrasi warna paling rendah dibandingkan teknik *layering* lain sebagai akibat dari berkurangnya *shrinkage stress* serta membaiknya adaptasi pada margin restorasi²⁰. Sedangkan pada *bulk-fill*, studi melaporkan bahwa teknik aplikasi seperti *thermoviscous bulk-fill* dapat mengurangi *void internal* dan meningkatkan kualitas adaptasi marginal²¹.

Variasi jenis liner *flowable* dalam teknik *snowplow* juga perlu dipertimbangkan lebih lanjut, karena perbedaan karakteristik viskositas dan perlakuan awal material dapat memengaruhi perilaku material pada area gingiva. Studi terbaru menunjukkan adanya perbedaan tingkat *microleakage* antara penggunaan *flowable liner* dan *preheated packable bulk-fill* pada kavitas kelas II dimana dapat memodifikasi viskositas material dan berpotensi meningkatkan adaptasi marginal pada margin dentin²². Penelitian ini belum mempertimbangkan variasi mode *curing* dalam penerapan teknik *snowplow*. Variasi metode penyinaran, seperti *soft-start*, *modulated curing*, *ramped*, *pulse-delay*, dan *continuous curing* diketahui dapat memengaruhi dinamika polimerisasi, distribusi *polymerization shrinkage stress*, serta kualitas adaptasi marginal. Teknik *curing* yang dimodulasi bekerja dengan memperlambat fase awal polimerisasi sehingga memperpanjang fase *pre-gel*, memungkinkan material mengalir dan mengurangi stres internal, yang pada akhirnya dapat meningkatkan adaptasi marginal restorasi^{23,24}. Penggunaan bahan *flowable composite* dalam teknik *snowplow* juga perlu dikaji dalam memberikan kontribusi terhadap *microleakage*. Hal ini berkaitan dengan variasi karakteristik material, seperti viskositas, *polymerization shrinkage*, dan *shrinkage stress* yang dapat memengaruhi kualitas adaptasi marginal pada restorasi²⁵. Hasil penelitian masih perlu divalidasi dengan studi klinis jangka panjang agar dapat dihubungkan dengan *outcome* klinis sebenarnya seperti kejadian karies sekunder, sensitivitas pasca restorasi, dan retensi restorasi.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan yaitu:

1. Terdapat perbedaan yang signifikan pada tingkat kebocoran mikro antara restorasi kavitas kelas II yang menggunakan *packable bulk-fill composite* dan *packable nanohybrid composite* dengan teknik *snowplow*.
2. Restorasi dengan teknik *snowplow* menggunakan *packable nanohybrid composite* menunjukkan tingkat kebocoran mikro lebih rendah dibandingkan dengan *packable bulk-fill composite* pada margin gingiva.

SARAN

Berdasarkan simpulan penelitian di atas, ada beberapa saran yang dapat disampaikan, yaitu:

1. Penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan metode evaluasi kebocoran mikro yang lebih akurat seperti *micro-computed tomography* (micro-CT) atau *scanning electron microscopy* (SEM) untuk memperoleh hasil yang lebih detail.
2. Penelitian berikutnya disarankan menggunakan simulasi kondisi intraoral yang lebih aktual untuk menggambarkan kondisi klinis yang lebih mendekati keadaan sebenarnya.
3. Penelitian selanjutnya dapat mengevaluasi modifikasi teknik aplikasi sesuai karakteristik bahan, seperti penggunaan *Mat incremental* dengan *preheating* pada *nanohybrid* serta *thermoviscous bulk-fill* pada *bulk-fill*.
4. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengevaluasi teknik *snowplow* dengan berbagai mode *curing*. Variasi metode penyinaran, seperti *soft-start*, *modulated curing*, *ramped*, *pulse-delay*, dan *continuous curing*.
5. Penelitian selanjutnya perlu mengkaji ulang apakah jenis *flowable composite* yang digunakan dalam teknik *snowplow* dapat menjadi faktor yang berkontribusi terhadap kebocoran mikro, berkaitan dengan efek *flowability* atau *polymerization shrinkage*.
6. Penelitian selanjutnya dapat mengevaluasi pengaruh teknik *snowplow* terhadap parameter klinis lain seperti ketahanan restorasi jangka panjang.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam publikasi artikel penelitian ini.

PENDANAAN

Penelitian ini sepenuhnya didanai secara mandiri oleh peneliti tanpa dukungan dari sponsor, hibah, maupun sumber pendanaan lainnya.

ETIKA PENELITIAN

Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etik dari Komite Etik Fakultas Kedokteran Universitas Udayana.

KONTRIBUSI PENULIS

Seluruh penulis berperan aktif dalam pelaksanaan penelitian, penyusunan naskah, proses revisi, serta evaluasi akhir artikel.

DAFTAR PUSTAKA

1. Zaidi, S. A. A., Arshad, A., Jawed, A., Khursheed, M. H., Zahir, K., Hadi, A., & Azam, H. M. (2023). Assessment of the efficacy and long-term outcomes of minimally invasive techniques in dental restoration. *International Journal of Health Sciences*, 7(S1), 1901–1909. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v7ns1.14433>
2. Zotti, F., Falavigna, E., Capocasale, G., De Santis, D., & Albanese, M. (2021). Microleakage of Direct Restorations-Comparison between Bulk-Fill and Traditional Composite Resins: Systematic Review and Meta-Analysis. In *European Journal of Dentistry* (Vol. 15, Number 4, pp. 755–767). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1724155>



3. Ritter, A. V, Boushell, L. W., & Walter, R. (2018). *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry* (7th ed.). Mosby.
4. Tee, R., Vach, K., Schlueter, N., Jacker-Guhr, S., & Luehrs, A.-K. (2024). High C-Factor Cavities: How Do "Snowplow Technique", Adhesive Application Mode and Aging Influence the Microtensile Bond Strength to Dentin? *J Adhes Dent*, 26, 1–10. <https://doi.org/10.3290/jad.b4835909>
5. Gomaa, M. M., Mosallam, R. S., Abou-Auf, E. A., & Hassanien, O. E. (2024). Clinical evaluation of "Snowplow" technique versus Bulk-fill technique in restoration of class II cavities: A randomized clinical trial. *Journal of International Oral Health*, 16(2), 158–165. https://doi.org/10.4103/jioh.jioh_274_23
6. Abuzenada, B. M. (2025). Analysis of Microleakage in Different Composite Resin Systems. *Bangladesh Journal of Medical Science*, 24, 95–98. <https://doi.org/10.3329/bjms.v24i10.79176>
7. Carrasco, M. F. L., Brito, B. P. T., & Guerrero, V. J. R. (2022). Microleakage of bulk fill polymer-based composite: review of the literature. *Journal of Dental Health, Oral Disorders & Therapy*, 13(4), 77–81. <https://doi.org/10.15406/jdhodt.2022.13.00577>
8. Ahirwal, S., Shetty, V., Pillai, J., Gautam, G., Goswami, K., Chudasama, K., & Sachdev, S. S. (2025). Comparative evaluation of cervical microleakage in class II composite restorations using different liner and placement techniques: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 28(12), 1272–1278. https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_917_25
9. Maesako, M., Fischer, N. G., Matsui, N., Elgreatly, A., Mahrous, A., & Tsujimoto, A. (2024). Comparing Polymerization Shrinkage Measurement Methods for Universal Shade Flowable Resin-Based Composites. *Biomimetics*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/biomimetics9120753>
10. Canik, G., Ulusoy, N., & Orhan, K. (2024). Evaluation of Microvoid and Microleakage Potential of Bulk-Fill Resin Composites in MOD Restorations. *Coatings*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/coatings14030329>
11. Pinto, M. V., Pires, S., Marto, C. M., Amaro, I., Coelho, A., Sousa, J., Ferreira, M. M., Botelho, M. F., Carrilho, E., Abrantes, A. M., & Paula, A. B. (2023). Microleakage Study of a Bulk Fill over an Uncured Adhesive System. *Journal of Composites Science*, 7(1). <https://doi.org/10.3390/jcs7010040>
12. Vasudevan, K., Marwaha, J., Gopinath, G., Jadhav, S., ARYA, A., & Arora, V. (2025). Comparative Study of Microleakage in Nanofilled and Conventional Composite Resins Used in Class II Restorations. *Journal of Pioneering Medical Sciences*, 14(S02), 14–18. <https://doi.org/10.47310/jpms202514S0203>
13. Ranjini, M. A., Geetha, V., Vedavathi, B., Ashok, H. K., Airsang, A. J., & Swathi, S. (2024). Comparative evaluation of microleakage in Class II cavities restored with snowplow technique using flowable or preheated packable bulk-fill composite resin as gingival increment by dye extraction method: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 27(11), 1158–1162. https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_519_24
14. Krishna, B. S., Nammaniwar, S., Koppu, S. M., Divakar, K. P., & Punna, R. (2026). Comparative assessment of the resin-dentin interface using three different universal adhesives: An ex vivo study. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 29(4), 406–411. https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_1099_25
15. Sengupta, A., Naka, O., Mehta, S. B., & Banerji, S. (2023). The clinical performance of bulk-fill versus the incremental layered application of direct resin composite restorations: a systematic review. *Evidence-Based Dentistry*, 24(3), 143. <https://doi.org/10.1038/s41432-023-00905-4>
16. Sarapultseva, M., Hu, D., & Sarapultsev, A. (2025). Clinical Performance of Bulk-Fill Versus Incremental Composite Restorations in Primary Teeth: A Systematic Review of In Vivo Evidence. In *Dentistry Journal* (Vol. 13, Number 7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/dj13070320>
17. Kaisarly, D., Meierhofer, D., El Gezawi, & M., Rösch, & P., & Kunzelmann, K. H. (2021). *Effects of flowable liners on the shrinkage vectors of bulk-fill composites*. <https://doi.org/10.1007/s00784-021-03801-2/Published>
18. Jeconias, N., Fischer, P., & Tauböck, T. T. (2025). Viscosity-Dependent Shrinkage Behavior of Flowable Resin Composites. *Polymers*, 17(24). <https://doi.org/10.3390/polym17243292>
19. Mijakovic, M., Dacic, S., Popovic, J., Nikolic, M., & Stosic, N. (2026). Review of Dye Methods for Microleakage Assessment in Restorative Dentistry and Endodontics. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. <https://doi.org/10.1111/jerd.70111>
20. Raj, R. A., Ataide, I. D. N. De, & Lambor, R. (2025). Comparative Assessment of Microleakage in Nanohybrid Composite Using Two Different Layering Techniques for Class V Cavities: An In-vitro Study. *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH*. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2025/76289.21127>
21. Gigova, R., & Hristov, K. (2025). Micro-CT Assessment of Internal and External Void Formation in Class II Restorations of Primary Molars Using Bulk-Fill Composites. *Materials*, 18(11), 2621. <https://doi.org/10.3390/ma18112621>
22. Bahari, M., Ajami, A. A., Chaharom, M. E. E., Kahnamouei, M. A., Katebi, K., & Aghazadeh, A. (2024). Pre-heating decreases microleakage of bulk fill composite resins in dentin margins of class II cavities: an in-vitro study. *Journal of Stomatology*, 77(2), 71–76. <https://doi.org/10.5114/jos.2024.139874>
23. Najjar, Y. M., Burhan, A. S., Hajeer, M. Y., Nawaya, F. R., & Alam, M. K. (2023). Effects of the conventional, soft start, and pulse delay modes produced by light-emitting diode device on metal brackets bond strength and enamel damage: An in vitro comparative study. *International Orthodontics*, 21(3), 100787. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2023.100787>
24. Haji, Z., & Ghafoor, R. (2021). Effect of Curing Modes on Depth-of-Cure in Bulk-Fill Composite. *International Dental Journal*, 71, S40. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2021.08.022>
25. Baltacıoğlu, İ. H., Demirel, G., Öztürk, B., Aydın, F., & Orhan, K. (2024). Marginal adaptation of bulk-fill resin composites with different viscosities in class II restorations: a micro-CT evaluation. *BMC Oral Health*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-024-03975-7>



This work is licensed under
a Creative Commons Attribution