

Role of Composition to Degree of Conversion of Bulk Fill Composite Resins

Sefty Aryani Harahap¹, Yosi Kusuma Eriwati²

¹Peserta Program Magister Ilmu Kedokteran Gigi Dasar Peminatan Ilmu

Material Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia

²Staf Pengajar Departemen Ilmu Material Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia

Abstract

A recent technology of Bulk fill composite resin has been developed to save manipulation time. Bulk fill composite resin has been claimed to have depth of cure up to 4 mm with a high degree of conversion. This paper will evaluate the role of bulk fill composite resin's composition in increasing its degree of conversion. The degree of conversion is the percentage of carbon double bonds that were converted into single bonds as a result of polymerization. It is determined by its composition that contained filler, resin matrix and the photoinitiator. With the development and modifications of the composition, the bulk fill composite resin can be obtained a high degree of conversion so that the expected properties can be achieved.

Keywords : bulk fill resin composites, degree of conversion,

Korespondensi:

Sefty Aryani Harahap

Peserta Program Magister Ilmu
Kedokteran Gigi Dasar Peminatan
Ilmu

e-mail: drgsefty@gmail.com

Peran Komposisi Terhadap Derajat Konversi Resin Komposit Bulk Fill (Tinjauan Pustaka)

Abstrak

Resin komposit *bulk fill* merupakan teknologi yang banyak dikembangkan akhir-akhir ini sebagai pertimbangan dapat menghemat waktu pengerjaan. Resin komposit *bulk fill* yang beredar di pasaran diklaim memiliki *depth of cure* hingga 4 mm karena derajat konversi yang tinggi. Dalam makalah ini akan dipaparkan mengenai peranan komposisi yang terkandung di dalam resin komposit *bulk fill* sehingga dapat meningkatkan derajat konversi. Derajat konversi merupakan persentase ikatan rangkap karbon yang dikonversikan menjadi ikatan tunggal sebagai hasil polimerisasi. Derajat konversi suatu resin komposit ditentukan oleh komposisi yang terkandung di dalamnya seperti filler, matriks, fotoinisiator dan sebagainya. Dengan pengembangan dan modifikasi yang dilakukan pada komposisi yang terkandung dalam resin komposit *bulk fill* dapat diperoleh derajat konversi yang tinggi sehingga sifat-sifat yang diharapkan dapat tercapai.

Kata kunci: resin komposit *bulk fill*, derajat konversi

PENDAHULUAN

Resin komposit aktivasi sinar merupakan material restoratif yang paling umum digunakan di bidang kedokteran gigi pada saat ini. Material restorasi resin komposit aktivasi sinar ini biasanya diaplikasikan dengan teknik inkremental. Salah satu keterbatasan yang dijumpai yaitu *depth of cure* resin komposit konvensional hanya 2 mm yang diaplikasikan dengan teknik inkremental untuk menjamin transmisi sinar yang adekuat dan polimerisasi yang sempurna. Pada kavitas yang memiliki kedalaman lebih dari 2 mm, teknik inkremental membutuhkan waktu yang lama dalam prosedur penempatannya. Dengan alasan itu, diciptakan resin komposit teknologi baru yaitu resin komposit *bulk fill* yang diklaim pabrik memiliki *depth of cure* hingga 4-5 mm.¹

Selain keterbatasan *depth of cure*, masalah yang berhubungan dengan

fotopolimerisasi resin komposit adalah kemungkinan derajat konversi monomer yang tidak adekuat. Derajat polimerisasi atau disebut juga derajat konversi dapat meningkatkan *depth of cure* resin komposit. Derajat konversi adalah ukuran persentase ikatan rangkap karbon yang berubah menjadi ikatan tunggal untuk membentuk resin polimer. Semakin tinggi derajat konversi, sifat-sifat mekanik resin komposit, seperti kekuatan, kekerasan, resistensi terhadap keausan juga akan meningkat. Derajat konversi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain komposisi resin komposit, transmisi sinar, translusensi dan temperatur polimerisasi.¹⁻³

Adapun tujuan dari penulisan makalah ini adalah untuk mengevaluasi peranan komposisi yang terkandung di dalam resin komposit *bulk fill* dalam meningkatkan derajat konversi sehingga memiliki *depth of cure* 4 mm.

TELAAH PUSTAKA

Resin Komposit *Bulk Fill*

Resin komposit *bulk fill* merupakan teknologi baru resin komposit yang dapat diaplikasikan dan dipolimerisasi dalam sekali tumpat (teknik *bulk*) dengan kedalaman hingga 4-5 mm. Faktor *depth of cure* yang tinggi ini memungkinkan operator untuk menghemat waktu penempatan jika dibandingkan dengan teknik inkremental yang dilakukan secara bertahap dengan ketebalan 2 mm. Resin komposit *bulk fill* memiliki *depth of cure* yang lebih besar disebabkan oleh sifat translusensi yang lebih tinggi dan *polymerization shrinkage* (penyusutan polimerisasi) yang rendah dan ini berkaitan dengan adanya modifikasi pada komposisi yang terkandung di dalamnya.^{1,4,5}

Resin komposit *bulk fill* harus dapat menunjukkan *shrinkage stress* rendah dan integritas marginal yang tinggi, resistensi yang adekuat terhadap beban pengunyahan pada gigi posterior, *working time* yang memadai, radiopasitas yang baik serta kemampuan poles dan estetik yang baik.^{1,4,5}

Peran Komposisi Resin Komposit *Bulk Fill* Dalam Meningkatkan Derajat Konversi

Derajat konversi adalah ukuran persentase ikatan rangkap karbon yang berubah menjadi ikatan tunggal untuk membentuk resin polimer. Konversi yang adekuat dari resin komposit sangat penting dalam menentukan sifat mekanisnya. Semakin tinggi derajat konversi, semakin baik kekuatan, kekerasan, resistensi terhadap keausan dan sifat-sifat lainnya. Jika terjadi konversi sebesar 50%-60%, misalnya pada komposit yang mengandung bis-GMA terbentuk struktur rantai *crosslink* yang sangat banyak, ini menunjukkan bahwa gugus metakrilat yang terpolimerisasi adalah sebesar 50%-60%. Namun bukan berarti 40-50% sisanya tidak bereaksi, karena gugus yang tidak terpolimerisasi itu dapat berikatan kovalen dengan struktur polimer membentuk gugus *pendant* (tambahan).³

Resin komposit yang ideal sebaiknya mempunyai derajat konversi yang tinggi dan *polymerization shrinkage* (penyusutan polimerisasi) yang minimal. Derajat konversi merupakan kunci ukuran keefektifan polimerisasi dan *crosslinking* dari monomer-monomer yang digunakan untuk membentuk matriks resin. Derajat konversi yang tidak adekuat dapat mengganggu/menurunkan keberhasilan restorasi untuk menahan beban kunyah terutama pada gigi posterior.^{2,3}

Konversi monomer menjadi polimer dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain komposisi resin komposit, transmisi sinar melalui material (dikontrol oleh intensitas lampu yang digunakan, absorpsi dan penghamburan sinar oleh partikel *filler* dan *opacifier*, maupun oleh struktur gigi antara sumber sinar dan komposit) dan temperatur polimerisasi.^{2,3}

Komposisi utama resin komposit aktivasi sinar yang dapat mempengaruhi derajat konversi antara lain matriks organik, *filler* anorganik dan fotoinisiator. Resin komposit *bulk fill* mengalami pengembangan teknologi dan modifikasi sehingga dapat memberikan *depth of cure* yang lebih tinggi daripada resin komposit konvensional.¹⁻⁵

Matriks Organik

Matriks organik yang umum digunakan adalah matriks *cross-linked* monomer dimetakrilat (aromatik) dengan ikatan rangkap pada masing-masing ujung molekul mengalami polimerisasi adisi dengan inisiasi radikal bebas. Komposisi matriks resin yang terkandung dalam resin komposit *bulk fill* setiap pabrik berbeda-beda. Monomer matriks yang banyak digunakan antara lain kombinasi beberapa monomer seperti BisGMA (*bisphenol A diglycidylether dimethacrylate*), UDMA (*urethane dimethacrylate*), AUDMA, TEGDMA (*triethylene glycol dimethacrylate*), BisEMA (*ethoxylated bisphenol A glycol dimethacrylate*), DDDMA (*Dodecanediol dimethacrylate*), dan AFM (*addition-fragmentation monomers*).^{1,4,5}

BisGMA (*bisphenol A diglycidylether dimethacrylate*) adalah monomer hasil reaksi

antara *bisphenol A* dan *glycidylmethacrylate* yang sangat kental dan dapat mengalami polimerisasi adisi untuk menghasilkan polimer padat yang berikatan silang (*crosslink*) dan memiliki struktur aromatik yang dapat meningkatkan kekerasan. BisGMA bersifat lebih kaku dibandingkan TEGDMA. Biasanya dalam suatu resin komposit yang mengandung bisGMA sering dikombinasi dengan TEGDMA. TEGDMA digunakan sebagai *diluent monomer* (monomer pengencer) yang memiliki kekentalan yang rendah dan memiliki gugus *ether linkage*. Kombinasi ini menghasilkan material dengan sifat manipulasi yang baik.^{2,3,4,5}

Monomer UDMA adalah monomer dengan berat molekul tinggi yang memiliki viskositas yang cukup rendah. Monomer ini dimasukkan ke dalam sistem resin untuk mengurangi viskositas resin. Berat molekul yang lebih tinggi efektif menurunkan *shrinkage* saat masih membentuk struktur *network* yang sangat *cross-linked* dan tangguh.²⁻⁵

Monomer AUDMA merupakan dimetakrilat aromatik dengan berat molekul tinggi yang dapat menurunkan jumlah gugus-gugus reaktif di dalam resin. Hal ini dapat membantu mengurangi *polymerization stress* dengan cara menurunkan *volumetric shrinkage* dan kekakuan matriks polimer akhir.⁵

Monomer DDDMA memiliki *hydrophobic backbone* yang dapat meningkatkan pergerakan molekul-molekulnya dan kompatibilitasnya dengan resin nonpolar. Monomer DDDMA memberikan viskositas/volatilitas resin yang rendah yang biasanya digunakan pada aplikasi dental dan biomaterial karena sifat *curing* yang cepat dengan *shrinkage* dan pelepasan panas yang rendah. Monomer DDMA merupakan resin dengan modulus tinggi dan fleksibilitas yang baik serta resistan terhadap beban impak.⁵

Monomer AFM merupakan golongan senyawa metakrilat. Selama polimerisasi, AFM bereaksi menjadi polimer seperti metakrilat lain termasuk pembentukan *crosslink* antara rantai-rantai polimer yang berdekatan. AFM memiliki bagian reaktif ketiga yang terpotong/terbelah melalui proses fragmentasi selama

polimerisasi. Proses ini memberikan mekanisme relaksasi dari struktur rantai *network* yang berkembang dan selanjutnya menghilangkan stres. Fragmen-fragmen ini masih mempertahankan kemampuan untuk bereaksi satu sama lain atau dengan bagian reaktif lain pada polimer. Dengan cara ini, memungkinkan untuk menghilangkan stress sambil mempertahankan sifat fisik polimer.⁵

Penelitian Papadogiannis dkk, melaporkan bahwa derajat konversi paling tinggi terdapat pada resin komposit *bulk fill* yang mengandung UDMA dan TEGDMA tanpa Bis-GMA.⁶ Al-Ahdal dkk dalam penelitiannya, juga melaporkan bahwa resin komposit *bulk fill* yang mencapai derajat konversi maksimum mengandung UDMA dalam matriks resinnya di mana monomer UDMA memiliki viskositas yang lebih rendah daripada bisGMA.⁷ Menurut penelitian Alshali dkk, reaktivitas dan derajat konversi lebih tinggi pada sistem monomer UDMA dibandingkan dengan bisGMA.⁸

Sideridou dkk, melaporkan bahwa TEGDMA meningkatkan derajat polimerisasi jika ditambah ke dalam bisGMA. Campuran ini meningkatkan nilai polimerisasi dari awal penyinaran dibandingkan resin komposit dengan bisGMA sendiri. Hal ini disebabkan karena TEGDMA adalah monomer dengan viskositas rendah dan bekerja sebagai *diluent* sehingga menghasilkan propagasi reaksi polimerisasi yang cepat.⁹

Pada penelitian Cebe dkk, ditemukan bahwa resin komposit *bulk fill* yang mengandung TEGDMA dengan berat molekul rendah mempunyai derajat konversi yang tinggi, viskositas yang rendah dan reaktivitas yang tinggi daripada Bis-GMA dan UDMA.¹⁰ Penelitian Zorzin dkk menjelaskan bahwa berat molekul monomer yang rendah dapat menurunkan viskositas resin komposit dan meningkatkan derajat konversi. Untuk menjaga viskositas tetap rendah tanpa peningkatan jumlah TEGDMA, monomer dengan berat molekul tinggi seperti UDMA dan BisEMA dapat digunakan.¹¹ Penelitian Taubock dkk melaporkan bahwa komposit yang diberi perlakuan *pre-heating* sebelum fotoaktivasi dapat menurunkan *polymerization shrinkage* pada resin komposit

konvensional dan *bulk fill* viskositas tinggi dengan tetap mempertahankan ataupun meningkatkan derajat konversi.¹²

Filler Anorganik

Filler pada resin komposit *bulk fill* berfungsi untuk memaksimalkan kekuatan, resistensi terhadap keausan radiopasitas serta meminimalkan *shrinkage* dan mempertahankan manipulasi yang baik. Pada beberapa produk resin komposit *bulk fill* dijumpai penambahan partikel *agglomerate Ytterbium trifluoride* (YbF₃) dengan ukuran 100 nm untuk meningkatkan radiopasitasnya. Juga ditemukan kombinasi *filler* silika *non-agglomerated/non-aggregated* dengan ukuran 20 nm, *filler* zirkonia non-agglomerat/non-aggregat ukuran 4 sampai 11 nm, *filler cluster zirkonia/silika agregat cluster filler* (partikel *silica* 20 nm dan zirkonia 4 sampai 11 nm), yang membuat total *filler loading* hampir 76,5% berat (58,4% volume). *Filler glass/kaca* juga dapat ditambahkan untuk mendapatkan sifat *glossy* yang tinggi dan kekasaran permukaan yang rendah.^{4,5}

Menurut Papadogiannis dkk, salah satu cara meningkatkan derajat konversi sehingga mendapatkan *depth of cure* yang tinggi adalah dengan meningkatkan translusensi. Meningkatkan translusensi komposit dapat dilakukan dengan menggunakan *filler* dan matriks yang memiliki indeks refraktif yang hampir sama.⁶

Penelitian Alrahalah dkk melaporkan bahwa adanya peningkatan *filler loading* dapat mengurangi volume matriks resin dalam polimerisasi dan meningkatkan kekerasan, sehingga pada resin komposit *bulk fill* yang memiliki kandungan *filler* yang tinggi (83,5%) dapat diberikan energi sonic melalui handpiece khusus untuk meningkatkan flow dan memudahkan packing. *Depth of cure* yang baik diperoleh karena indeks refraksi (indeks bias) yang sesuai antara resin dengan *filler* dapat meningkatkan transmisi/penyebaran sinar. Rendahnya perbedaan indeks bias resin dan *filler* dapat meningkatkan derajat konversi dan *depth of cure*.¹³

Penelitian Al-Ahdal dkk melaporkan bahwa resin komposit *bulk fill* yang mencapai

derajat konversi maksimum pada 24 jam setelah cure, memiliki *filler loading* yang tinggi (74,2% dan 73% berat). Pada resin komposit *bulk fill* yang mengandung *filler surface pre-reacted glass-ionomer (S-PRG)*, yang melepaskan fluorida beberapa ion seperti Al³⁺, B⁻, dan Sr²⁺ dengan *filler loading* 87% mencapai derajat konversi maksimum pada waktu 30 menit setelah penyinaran, sedangkan *bulk fill* dengan *filler loading* 73% berat mencapai derajat konversi maksimum 24 jam setelah penyinaran.⁷

Al-Ashali dkk menjelaskan bahwa derajat konversi menurun secara linear dengan bertambahnya kandungan *filler opaque*. Perbedaan dalam geometri *filler* tidak terlihat mempengaruhi derajat konversi. Namun, derajat konversi menurun pada resin komposit yang ukuran partikel *filler*nya mendekati *output* panjang gelombang *curing unit* (470 nm).⁸

Pada umumnya, resin komposit *bulk-fill* menunjukkan translusensi yang lebih tinggi daripada resin komposit konvensional karena transmisi sinar sangat terkait dengan opasitas material. Translusensi yang lebih tinggi juga dapat dicapai dengan penurunan kandungan *filler*. Semua resin komposit *bulk-fill* yang diteliti oleh Zorzini dkk menunjukkan fraksi volume *filler* sedikit lebih rendah dibandingkan dengan resin komposit konvensional *flowable* viskositas rendah. Peningkatan sejumlah partikel *filler* adalah hambatan dalam propagasi rantai polimer dan BisGMA karena viskositasnya yang tinggi mengurangi pergerakan. Faktor-faktor ini dapat mengurangi derajat konversi.¹¹

Peningkatan ukuran *filler* menyebabkan *filler-matrix interface* yang lebih rendah dan akibatnya menurunkan penghamburan sinar dan meningkatkan transmisi sinar melalui material. Perbedaan indeks refraktif antara *filler* dan matriks organik mempengaruhi translusensinya. *Filler* ukuran besar (>20 µm) yang tergabung dengan matriks resin menyebabkan peningkatan translusensi. Di sisi lain, peningkatan kandungan *filler* (74,5% volume) menyebabkan translusensi yang lebih rendah dan sifat mekanis yang lebih tinggi.^{12,14}

Fotoinisiator

Molekul inisiator hanya mampu menyerap foton dalam rentangan spektral spesifik. *Camphorquinone*, inisiator yang luas digunakan dalam sintesis polimer memiliki spektrum absorpsi sinar kira-kira 450-490 nm, dengan sensitivitas puncak 470 nm. *Camphorquinone* bereaksi terhadap sinar tampak pada rentangan sinar biru dan memiliki *hue* kuning yang kuat karena sifat absorpsinya. Demikian pula dengan inisiator lain seperti Lucirin TPO (*2,4,6-trimethylbenzoyl-diphenylphosphine oxide*), yang memutihkan secara keseluruhan setelah polimerisasi, cenderung digunakan untuk *shade bleaching* ataupun *colourless protective varnishes*. Lucirin TPO memiliki puncak sensitivitas yang lebih rendah daripada *camphorquinone*. Lucirin TPO, menginisiasi resin sehingga dapat berpolimerisasi lebih cepat dengan *depth of cure* yang lebih besar.⁴

Untuk meningkatkan *depth of cure*, parameter yang mempengaruhinya seperti translusensi, warna, jenis inisiator dan konsentrasi serta waktu *curing* dan intensitas sinar harus dipertimbangkan. Salah satu caranya dengan mengkombinasi *camphorquinone* ditambah *acyl phosphine oxide* dengan inisiator baru yaitu *Ivocerin®* ditujukan untuk meningkatkan *depth of cure*. *Ivocerin®*, turunan *dibenzoyl germanium* berperan penting dalam meningkatkan *depth of cure* dan memungkinkan aplikasi dan *curing* resin komposit hingga kedalaman 4 mm tanpa mengganggu sifat optik seperti translusensi dan warna. Fotoinisiator *Ivocerin®* memiliki absorpsi maksimum pada rentangan sinar biru sekitar 370 sampai 460 nm. *Ivocerin®* memiliki koefisien absorpsi yang lebih tinggi daripada *camphorquinone*.⁴

Pada penelitian Zorzin dkk, resin komposit *bulk fill* dengan fraksi volume *filler* 60%, dan kurang translusen direkomendasikan aktivasi sinar selama 10 detik pada 1200 mW/cm². Untuk material tersebut, derajat konversi pada kedalaman paling tinggi dicapai dengan menggunakan sistem fotoinisiator yang menggabungkan *camphorquinone* (CQ) dan

acyl phosphine oxide dengan *Ivocerin®* (*Bis-4-(methoxybenzoyl)diethylgermanium Ge-3*), derivat *dibenzoyl germanium* yang mirip dengan *dibenzoyl diethylgermane* (DBDEGe). Jika diradiasi dengan sinar tampak, derivatif *dibenzoyl germanium* menunjukkan *cleavage* dalam pembentukan radikal *germyl* dan *benzoyl* yang menginisiasi polimerisasi sehingga tidak adakoinisiator, seperti *tertiary amine*. Derivat *Dibenzoyl germanium* dikarakterisasi dengan absorpsi pada panjang gelombang terendah <350-490 nm, (contoh: *Ivocerin®*, maksimum 408,2 nm atau DBDEGe, maksimum 418 nm) dibandingkan CQ (400-550 nm, maksimum 468 nm) dan konversi hasil kuantum yang lebih tinggi (DBDEGe 0.85, CQ 0.07) dan radikal yang lebih menginisiasi tiap molekul inisiator. Semakin sensitif sistem inisiator, semakin mudah reaksi polimerisasi dimulai, meskipun energi sinar sedikit yang sampai pada kedalaman yang lebih besar.¹¹

Penelitian Palin dkk menunjukkan bahwa derajat konversi resin komposit *bulk fill* MAPO (*monoacyl phosphine oxide*)-based yang disinarpada 3000 mW/cm² selama 6 detik signifikan lebih besar daripada spesimen yang disinarpada 400 mW/cm² selama 45 detik ($p < 0.05$), meskipun konversi sedikit dipengaruhi oleh protokol dalam proses *curing* dibandingkan dengan material CQ (*camphorquinone*)-based. Material MAPO-based menunjukkan perbedaan kecil pada derajat konversi dengan CQ karena peningkatan konsentrasi sedikit dipengaruhi oleh rekombinasi radikal (dan meningkatkan laju terminasi), dan peningkatan spektral efektif yang *overlapping* antara *curing light* dan fotoinisiator pada intensitas (*power density*) yang lebih tinggi.¹⁵

Pembahasan

Komposisi utama resin komposit aktivasi sinar yang dapat mempengaruhi derajat konversi antara lain matriks organik, *filler* anorganik dan fotoinisiator. Derajat konversi paling tinggi pada resin komposit *bulk fill* adalah yang mengandung UDMA dan

TEGDMA tanpa Bis-GMA. Molekul Bis-GMA memiliki berat molekul tinggi, dengan rantai utama berupa gugus aromatik yang kaku dan kapasitas ikatan hidrogen intermolekular yang kuat, yang menunjukkan pergerakan molekul yang rendah sehingga konversi dalam *network* polimer menurun pula. Resin komposit *bulk fill* yang mengandung UDMA dan TEGDMA dengan berat molekul rendah, memiliki pergerakan molekul yang tinggi sehingga meningkatkan konversi. Molekul bisGMA dapat diganti dengan molekul bisEMA yang viskositasnya lebih rendah dan SIMA (*siloxane-methacrylate copolymer*) yang lebih fleksibel sehingga dapat meningkatkan aktivitas molekul monomer *crosslink*.⁶

Resin komposit *bulk fill* yang mencapai derajat konversi maksimum umumnya mengandung UDMA dalam matriks resinnya di mana monomer UDMA memiliki viskositas yang lebih rendah daripada bisGMA. Resin UDMA merupakan gugus *imino* (-NH) yang bertanggung jawab dalam reaksi transfer rantai spesifik untuk menyediakan jalur alternatif untuk kelanjutan polimerisasi, sehingga jika monomer UDMA dikombinasikan dengan bisGMA polimerisasi akan terus berlanjut sampai mendekati sempurna.⁷

Resin UDMA juga termasuk monomer yang memiliki viskositas yang tinggi karena interaksi ikatan hidrogen antarmolekul antara gugus imino (-NH-) dan *carbonyl*nya (-C=O). Viskositas UDMA lebih rendah daripada Bis-GMA karena ikatan hidrogen gugus imino nya (-NH-) rendah dibanding gugus hydroxyl (-OH). Adanya gugus imino (-NH-) dalam struktur UDMA yang bertanggung jawab pada karakteristik reaksi transfer rantai yang memberi jalur alternatif untuk melanjutkan polimerisasi. Reaksi ini menghasilkan peningkatan pergerakan daerah radikal pada rantai *network* dan akibatnya meningkatkan polimerisasi dan konversi monomer, sehingga reaktivitas dan derajat konversi tinggi pada sistem monomer UDMA dibandingkan dengan Bis-GMA.⁸

Monomer TEGDMA dapat meningkatkan polimerisasi jika ditambah ke dalam bis-GMA. Campuran ini meningkatkan polimerisasi dari awal *photo-cure* dibandingkan resin

komposit dengan bis-GMA sendiri, karena TEGDMA adalah monomer dengan viskositas rendah dan bekerja sebagai *diluent* sehingga menghasilkan reaksi propagasi polimerisasi yang cepat. Monomer dengan berat molekul rendah dapat menurunkan viskositas resin komposit dan meningkatkan derajat konversi. Untuk menjaga viskositas tetap rendah tanpa peningkatan jumlah TEGDMA, monomer berat molekul tinggi seperti UDMA dan BisEMA dapat digunakan.¹¹ TEGDMA yang memiliki berat molekul rendah memberikan pergerakan molekul yang lebih tinggi, elusi lebih cepat daripada Bis-GMA (berat molekul tinggi). Monomer TEGDMA mampu menghasilkan derajat konversi yang tinggi, viskositas yang rendah dan reaktivitas yang lebih tinggi daripada Bis-GMA dan UDMA.¹⁰

Untuk meningkatkan derajat konversi dan *depth of cure*, dapat dilakukan dengan cara meningkatkan translusensi. Pada resin komposit dengan partikel *filler* berukuran hampir sama dengan panjang gelombang dari sinar aktivasinya, dapat terjadi penurunan *depth of cure*. Hal ini terjadi karena adanya efek penghamburan sinar sehingga jumlah sinar yang ditransmisikan di dalam resin komposit menurun. Partikel yang memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan panjang gelombang sinar tampak (370-780 nm) menunjukkan translusensi yang

tinggi. Namun efek penghamburan sinar dapat terjadi pada *interface* dua material yang memiliki indeks refraktif yang berbeda, contohnya pada *interfacematriks-filler* atau antar *filler* yang nonhomogen. Semakin besar ukuran *filler*, maka total permukaan *filler* semakin berkurang, demikian juga dengan *interfacematriks-filler*, sehingga efek penghamburan sinar pada *interface* matriks-*filler* menurun dan memungkinkan sinar untuk berpenetrasi lebih dalam terutama bila perbedaan indeks refraktifnya besar. Penggunaan *filler* dan matriks resin yang memiliki indeks refraktif yang hampir sama dapat meningkatkan translusensi komposit. Cara lain adalah dengan meningkatkan efektivitas fotoinisiator (*camphoroquinone-amine system*). Dengan

fotoinisiator tambahan senyawa *TPO derivatives (Lucerin-TPO atau benzoyl-germanium(Ivocerin™))*, dapat menambah efek sinergi pada *camphoroquinone*.^{4,6,8,13}

Resin komposit *bulk fill* dengan *filler loading* 87% mencapai derajat konversi maksimum pada waktu 30 menit setelah *curing*, sedangkan *bulk fill* dengan *filler loading* 73% berat mencapai derajat konversi maksimum 24 jam setelah *curing*. Dengan demikian, semakin tinggi *filler loading*, semakin cepat derajat konversi maksimum dapat dicapai.⁷

Derajat konversi menurun secara linear dengan bertambahnya kandungan *filler opaque*. Hal ini dapat dijelaskan karena *filler opaque* cenderung menyerap sinar, sehingga dengan meningkatnya kandungan *filler opaque*, sinar sulit diteruskan ke monomer matriks untuk berpolimerisasi. Dengan demikian dapat menurunkan laju polimerisasi.⁸

Pada fotoinisiator, semakin sensitif sistem inisiator, semakin mudah reaksi polimerisasi dimulai, meskipun energi sinar sedikit yang sampai. Sistem fotoinisiator pada resin komposit *bulk fill* tetap mengandung *camphoroquinone (CQ)*, meskipun ada produk yang mengkombinasinya dengan inisiator tambahan, yaitu Ivocerin, yang berbahan dasar germanium yang sangat mirip dengan CQ dan dilaporkan memiliki aktivitas *photo-curing* yang lebih tinggi daripada CQ, karena absorpsi sinar tampak yang lebih tinggi.⁴

Derajat konversi resin komposit *bulk fill* MAPO (monoacylphosphine oxide)-based lebih besar daripada material CQ (*camphoroquinon*)-based karena molekul MAPO dapat mengaktivasi dua radikal bebas sedangkan CQ hanya mengaktivasi satu radikal bebas sehingga laju polimerisasi lebih tinggi pada resin komposit dengan fotoinisiator MAPO. Derajat konversi resin komposit MAPO (monoacylphosphine oxide)-based yang disinarpada 3000 mW/cm² selama 6 detik signifikan lebih besar daripada spesimen yang disinarpada 400 mW/cm² selama 45 detik. Meskipun pada kedua protokol *curing* tersebut memiliki total

energi (perkalian antara intensitas sinar dan waktu *curing*) yang sama yaitu 18 J/cm² (), tetapi terdapat perbedaan intensitas sinar dan waktu *curing* pada kedua protokol *curing* tersebut. Protokol *curing* dengan menggunakan intensitas sinar yang lebih besar meskipun dilakukan dalam waktu yang singkat lebih dapat meningkatkan derajat konversi karena jumlah pancaran sinar yang dihasilkan *curing unit* per luas permukaan lebih besar sehingga dapat meningkatkan laju polimerisasi dan pada akhirnya derajat konversi akan meningkat.¹⁵

Kesimpulan

Resin komposit *bulk fill* memiliki *depth of cure* sampai 4-5 mm dipengaruhi oleh derajat konversinya yang tinggi. Salah satu cara meningkatkan derajat konversi adalah dengan memodifikasi komposisi seperti mengkombinasi monomer-monomer matriks organik sesuai dengan memperhatikan sifat-sifatnya, menggunakan matriks dan *filler* dengan perbedaan indeks bias yang tidak terlalu besar, penggunaan *filler* yang berukuran lebih kecil daripada panjang gelombang sinar tampak, meningkatkan *filler loading*, mengurangi kandungan *filler opaque* dan penggunaan fotoinisiator yang efektif untuk meningkatkan laju polimerisasi. Dengan meningkatnya derajat konversi, polimerisasi menjadi adekuat guna mendapatkansifat material yang diinginkan, seperti sifat mekanik yang baik, dapat menghilangkan *polymerization shrinkage stress* dan *depth of cure* yang tinggi. Pengembangan teknologi yang lebih mutakhir sangat dibutuhkan untuk menghasilkan material restorasi resin komposit yang lebih baik lagi.

Referensi

1. Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Sabbagh J, Devaux J, Leloup G. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent*. 2014; 42(8): 993–1000.

2. Sakaguchi RL, Powers JM. Craig's restorative dental materials 13th ed., Philadelphia: Elsevier, 2012: 161-81.
3. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. Philips's Science of Dental Materials. 12th ed., St. Louis: Elsevier, 2013: 275-93.
4. Todd J-C, Wanner DM. Tetric® N-Ceram scientific documentation. 2014:1-42.
5. Fltek™ Bulk Fill Technical product profile. www.3M.com/dental
6. Papadogiannis D, Tolidis K, Gerasimou P, Lakes R, Papadogiannis Y. Viscoelastic properties, creep behavior and degree of conversion of bulk fill composite resins. Dental materials. 2015; 31: 1533-41.
7. Al-Ahdal K, Ilie N, Silikas N, Watts DC. Polymerization kinetics and impact of postpolymerization on the Degree of Conversion of bulk-fill resin-composite at clinically relevant depth. Dental materials. 2015; 31: 1207-13.
8. Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals. Dent Mater. 2013; 29(9): 213-7.
9. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. Biomaterials 2012; 23(8):1819-29.
10. Cebe MA, Cebe F, Cengiz MF, Cetin AR, Arpag OF, Ozturk B. Elution of monomer from different bulk fill dental composite resins. Dental materials. 2015; 31: 141-9.
11. Zorzin J, Maier E, Harre S, Fey T, Belli R, Lohbauer U, Petschelt A, Taschner M. Bulk-fill resin composites: Polymerization properties and extended light curing. dental materials. 2015; 31: 293-301.
12. Tauböck TT, Tarle Z, Marovic D, Attin T. Pre-heating of high-viscosity bulk-fill resin composites: Effects on shrinkage force and monomer conversion. Journal of Dentistry. 2015; 43: 1358-64.
13. Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. Dental materials. 2014; 30: 149-54.
14. Dionysopoulos D, Tolidis K, Gerasimou P. The Effect of Composition, Temperature and Post-Irradiation Curing of Bulk Fill Resin Composites on Polymerization Efficiency. Materials Research. 2016; 19(2): 466-73.
15. Palin WM, Hadis MA, Leprince JG, Leloup G, Boland L, Fleming GJP, Krastl G, Watts DC. Reduced polymerization stress of MAPO-containing resin composites with increased curing speed, degree of conversion and mechanical properties. Dental materials. 2014; 30: 507-16.