

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Semen Ionomer Kaca (SIK)

Semen ionomer kaca (SIK) dikembangkan pada awal tahun 1970 oleh Wilson dan Kent di Inggris dengan teknologi kombinasi *zinc polycarboxylate* dan semen silikat. *International Organization for Standardization (ISO) terminology* sebelumnya menamakan SIK sebagai '*alumino silicate polyacrylate*' (ASPA) dengan cairan *polyacrilic acid*. Pada tahun berikutnya, ASPA mengalami modifikasi cairan dan mulai digunakan dengan nama semen ionomer kaca (Chandra, 2008).

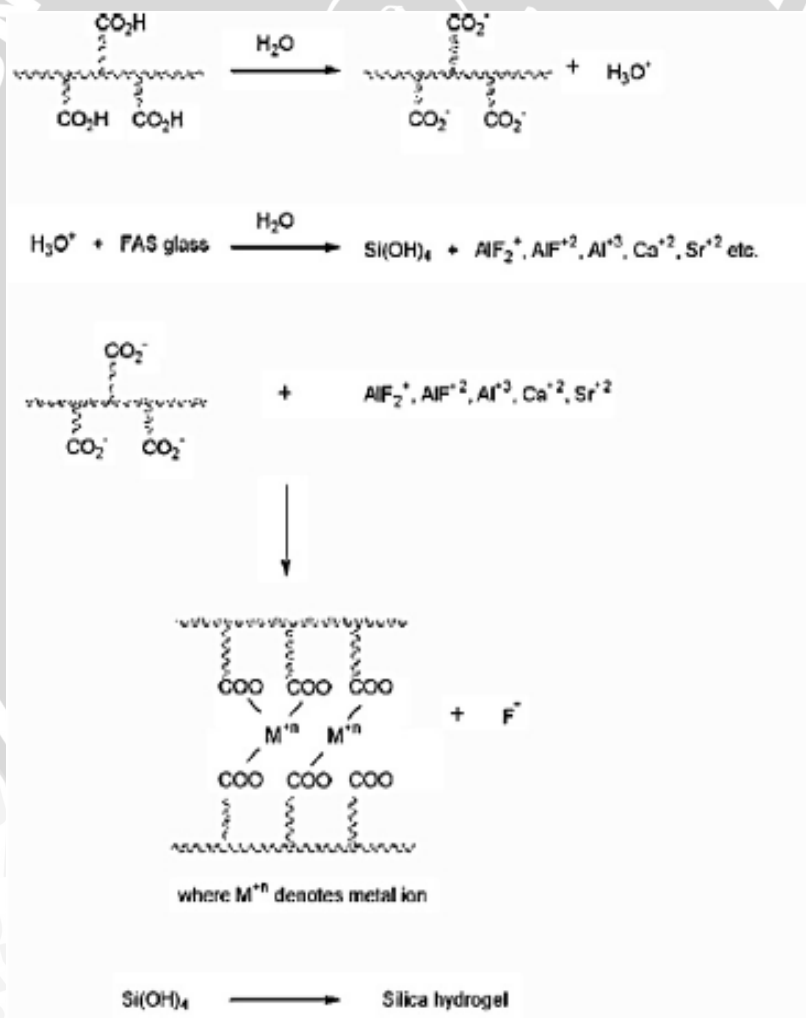
2.1.1 Komposisi

Semen ionomer kaca konvensional terdiri dari bubuk dan cairan. Bubuk SIK adalah *calcium fluoroaluminosilicate glass* atau semen silikat yang larut dalam cairan asam. Kandungan bubuk SIK komersial terdiri dari *silica* (SiO_2), *alumina* (Al_2O_3), *aluminium fluorida* (AlF_3), *calcium fluorida* (CaF_2), *natrium fluorida* (NaF), dan *aluminium phosphate* (AlPO_4). Ukuran partikel bubuk SIK berkisar antara 15-50 μm . Perbedaan kegunaan SIK tergantung pada ukuran partikelnya, untuk bahan tumpatan ukuran partikel maksimum 50 μm dan untuk bahan perekat atau pelapis dibawah 20 μm . Kandungan cairan SIK adalah larutan 47,5% dari 2 : 1 *polyacrilic acid/itaconic acid polymer* (berat molekul rata-rata 10.000) dalam air. *Itaconic acid* mengurangi viskositas cairan dan menghambat pembentukan gel yang disebabkan oleh ikatan hidrogen antar molekul, *tartaric acid* dalam cairan berfungsi sebagai akselerator dengan memfasilitasi ekstraksi ion dari *calcium fluoroaluminosilicate glass*. *Barium glass*

atau *zinc oxide* dapat ditambahkan ke beberapa bubuk untuk memberikan *radiopacity*. Material dasar ini digabung sehingga membentuk kaca yang seragam dengan cara memanaskan sampai suhu 1100-1500°C (Sheerwood, 2010; Powers, 2006).

2.1.2 Reaksi pengerasan

Reaksi pengerasan SIK adalah melalui reaksi asam-basa saat *acidic polyelectrolyte* berkontak dengan permukaan *aluminosilicate glass* yang kelak akan melepaskan sejumlah ion (Powers, 2012).



Gambar 2.1 Reaksi pengerasan semen ionomer kaca (Powers, 2012)

SIK menjalani 3 fase reaksi pengerasan yang berbeda dan saling tumpang-tindih. Fase pertama adalah fase pelepasan ion (segera setelah *mixing*) atau disebut juga dengan *dissolution stage*. Fase ini terjadi saat bubuk dan cairan pertama kali dicampur. Ion hidrogen menyerang lapisan permukaan partikel *glass* menyebabkan pelepasan kation logam, seperti Ca^{2+} dan Al^{3+} dari permukaan bubuk (Brantley, 2001). Kation tersebut awalnya bereaksi dengan *fluor* untuk membentuk CaF^2 , AlF^{2-} dan kompleks yang lebih besar. Keasaman yang terus meningkat menyebabkan CaF^2 yang tidak stabil rusak dan bereaksi dengan *acrylic copolymer* untuk membentuk kompleks yang lebih stabil (Albers, 2002; Powers, 2006). Secara serentak, bersamaan dengan reaksi ionisasi ini, *polyacrylic chain* mulai membentuk formasi yang lebih linear, memungkinkan dimulainya gelasi yang merupakan fase kedua (Brantley, 2001).

Pada fase pertama, SIK berikatan pada struktur gigi dan terlihat berkilau secara fisik. Penempatan pada struktur gigi harus selesai pada fase ini karena matriks *polyacid* bebas yang diperlukan untuk perlekatan ke gigi tersedia dalam jumlah yang maksimum. Pada tahap akhir fase pelepasan ion ini ditandai dengan hilangnya kilauan SIK, matriks *polyacid* bebas bereaksi terhadap *glass* sehingga berkurangnya perlekatan SIK terhadap struktur gigi (Albers, 2002).

Fase kedua, disebut juga dengan fase hidrogel atau *gelation stage*, dimulai 5-10 menit setelah *mixing*. Selama fase ini, ion kalsium dilepaskan dari permukaan kaca dengan cepat (Garg, 2010). Ion kalsium yang dilepaskan akan bereaksi dengan rantai *polyanionic polyacid* yang bermuatan negatif untuk membentuk ikatan silang ionik. Pada fase ini mobilitas rantai polimer berkurang sehingga terbentuknya gelasi awal matriks ionomer. Selama fase ini, bahan tumpatan harus dilindungi dari lingkungan yang lembab dan kering. Jika tidak

dilindungi, maka ikatan silang ionik yang mudah larut akan melemahkan SIK dan terjadi penurunan tingkat translusensi sehingga mempengaruhi estetika. Pada fase ini, SIK akan terlihat kaku dan opak. Opasitas SIK ini disebabkan oleh perbedaan yang besar pada indeks refraksi antara glass *filler* dan matriks. Opasitas tersebut akan menghilang selama reaksi pengerasan terakhir (Albers, 2002).

Fase terakhir adalah gel poliagram atau disebut juga dengan *final hardening*, dimana terjadi pada saat SIK mencapai pengerasan terakhir dan dapat berlanjut sampai beberapa bulan. Matriks akan matang saat ion aluminium, yang pelepasannya dari permukaan lebih lambat, membantu membentuk hidrogel poliagram yang menyebabkan semen menjadi lebih kaku. Fase ini menyebabkan SIK terlihat menjadi lebih menyerupai gigi karena indeks refraksi permukaan gel silika yang mengelilingi *filler* kaca hampir sama dengan matriks. Hal ini menyebabkan berkurangnya opasitas dan penyebaran cahaya (Albers, 2002). Pada fase ini struktur SIK dideskripsikan sebagai struktur kompleks yang terdiri dari partikel *glass* tidak bereaksi dikelilingi oleh hidrogel dan tertanam di *cross-linked* kalsium dan matriks aluminium polikarboksilat (Brantley, 2001).

Akhir-akhir ini pengerasan SIK yang dibantu oleh sinar (*light-cure*) telah diperkenalkan. Sistem ini menggunakan Bis-GMA atau oligomers lainnya sebagai rantai *pendant* pada rantai utama *polyacrylate* (Powers, 2006).

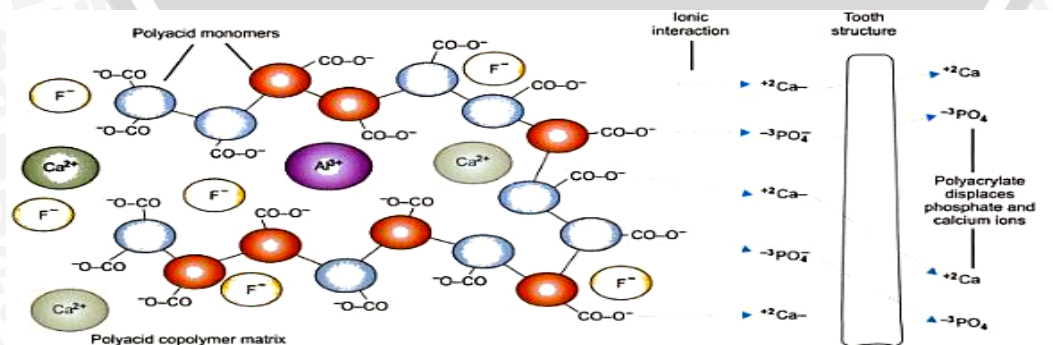
2.1.3 Perlekatan SIK Terhadap Gigi

Semen ionomer kaca telah diketahui mempunyai perlekatan secara kimiawi melalui mekanisme pertukaran ion terhadap struktur gigi baik enamel

maupun dentin (Agtini, 2010). Khelasi antara ion karboksilat dan ion kalsium bertanggung jawab atas mekanisme perlekatan bahan tumpatan ini (Garg, 2010).

Perlekatan ionik terjadi antara ion-ion karboksilat (COO) pada *acid* semen dan ion kalsium (Ca^{++}) pada enamel dan dentin. Perlekatan ini terjadi disebabkan oleh pertukaran ion kalsium dan ion fosfat karena aksi dari ion karboksilat. Pertukaran ini menghasilkan formasi aluminum dan kalsium fosfat yang membentuk ikatan pada *interface* (Garg, 2010). Ikatan-ikatan ion ini menghasilkan lapisan kaya ion (*ion-enriched layer*) yang berikatan secara kuat dengan enamel dan dentin. Lapisan ini terdiri dari ion kalsium, ion fosfat, aluminium, *silicic*, *fluoride* dan ion strontium (tergantung pada komposisi bubuk SIK). Ketebalan dari lapisan ini tampak beberapa mikrometer dan menyatu ke dalam SIK (Tyas, 2004).

Semen ionomer kaca dapat melekat secara langsung pada enamel dan dentin walaupun terdapat *smear layer*, tetapi studi menunjukkan penghilangan *smear layer* memberikan perlekatan yang lebih baik. *Conditioner* lebih banyak disukai untuk diberikan pada permukaan gigi sebelum menguji perlekatan SIK pada gigi karena *conditioner* dapat membantu pertukaran ion yang akan meningkatkan perlekatan SIK terhadap gigi (Garg, 2010).



Gambar 2.2 Perlekatan SIK terhadap gigi (Garg, 2010)

2.1.4 Klasifikasi

Pada awalnya, SIK digunakan untuk restorasi estetik pada gigi anterior dan direkomendasikan untuk penggunaan pada restorasi gigi kavitas kelas III dan kelas V (Klasifikasi Black). Kini SIK telah meluas penggunaannya untuk *luting agent*, *liners* dan basis *core build-up*, *orthodontics cement*, *fissure sealant*, dan juga sebagai bahan tumpatan karena perlekatan adhesinya yang baik dengan struktur gigi dan potensinya mencegah karies (Powers, 2006).

SIK digolongkan dalam beberapa klasifikasi, menurut Wilson dan McLean pada tahun 1988, SIK terbagi menjadi 3 tipe, yaitu tipe I (*luting*), tipe II (restoratif) yang terbagi lagi menjadi restoratif estetik dan restoratif *reinforced*, dan tipe III (*lining* dan semen basis). Pada tahun 1994, McLean *et al.* membuat klasifikasi baru yang terdiri dari semen ionomer kaca, semen ionomer kaca modifikasi resin dan komposit modifikasi *polyacid* atau disebut juga dengan kompomer (Garg, 2010).

Semen ionomer kaca digunakan untuk lesi servikal, restorasi kelas III dan V pada orang dewasa dimana estetik kurang dipentingkan, dan untuk karies akar. Kelebihan SIK dibanding bahan tumpatan yang lainnya adalah pelepasan *fluor* untuk potensi menghambat karies, adhesinya terhadap struktur gigi, dan respon pulpa terhadap SIK baik. SIK memerlukan waktu selama 24 jam untuk mencapai *setting* yang tuntas, selain itu SIK sensitif terhadap air dan lingkungan yang lembab. Selama beberapa tahun, SIK dimodifikasi untuk meningkatkan sifat mekaniknya dan resistensi terhadap dekomposisi partikel *glass*, tetapi tetap memelihara sifat adhesi, pelepasan *fluor*, dan kemudahan dalam penggunaannya, dengan menambahkan inisiator *light-cure* pada bubuk dan monomer 2-HEMA pada cairan agar terjadi reaksi pengerasan sinar. SIK yang

telah dimodifikasi ini disebut dengan SIK modifikasi resin (Garg, 2010; Hussain, 2008).

Semen ionomer kaca modifikasi resin digunakan juga untuk lesi servikal, restorasi kelas V, dan karies akar sama seperti SIK konvensional, tetapi ditambahkan penggunaannya untuk restorasi kelas III dan V gigi sulung, pasien dengan resiko karies tinggi, juga untuk teknik *sandwich*. SIK tipe ini telah luas digunakan pada kedokteran gigi klinis terutama pada kedokteran gigi anak dan beberapa penelitian menyarankan semen ionomer kaca modifikasi resin ini digunakan untuk menggantikan restorasi amalgam pada gigi sulung yang akan ditumpat. Bahan tumpatan ini memiliki estetika yang lebih baik dan kurangnya sensitivitas terhadap lembab selama fase awal dibandingkan dengan SIK konvensional karena terdapat kandungan resin di dalamnya. Perbedaannya dengan SIK konvensional adalah pada reaksi pengerasannya, yaitu dengan menggabungkan dua mekanisme berbeda, reaksi asam-basa dan *light-cured/self-cured* (Powers, 2006).

Kompomer, berasal dari 2 kata "kompo-sit" dan "iono-mer", merupakan kombinasi antara resin komposit dan semen ionomer kaca. Bahan tumpatan ini adalah komposit yang mewarisi sifat semen ionomer kaca seperti, *self-adhesion* dan pelepasan *fluor*. Kompomer digunakan untuk gigi sulung, restorasi gigi anak kelas I dan II, lesi servikal, restorasi kelas III dan V, juga untuk pasien resiko karies medium. Kontraindikasi kompomer adalah restorasi kelas IV karena restorasi ini memiliki situasi *high stress bearing*. Bahan tumpatan ini adalah persilangan antara resin komposit dan SIK, dengan harapan dapat membawa sifat komposit yang unggul, seperti stabilitas warna, ketahanan aus, dan *polishability*. Berbeda dari SIK dan SIK modifikasi resin yang terdiri dari *calcium*

fluoroaminosilicate glass, *polyacid* serta *hydroxyethyl methacrylate* (pada SIKMR), komposisi kompommer adalah *strontium aluminum fluorosilicate*, *sodium fluor*, *self-* dan *light-cured initiators* sebagai bubuk dan *polymerizable methacrylate/carboxylic acid*, multifungsional *akrilat/phosphate monomer*, *diacrylate monomer* dan air. Reaksi asam-basa terjadi dalam kompommer tetapi bukan reaksi pengerasan utama. Pengerasan kompommer ini adalah hasil dari *self-* dan *light-cured*. Kompommer ini memiliki nilai yang tinggi pada retensi, kekuatan ikat, kekuatan tekan, dan ketangguhan patah, tetapi terdapat kebocoran yang lebih besar dan penyerapan *fluor* yang terbatas (Pinkham, 2005; Mathur, 2008).

2.2 Semen ionomer kaca modifikasi resin (SIKMR)

Antonucci dan rekan kerjanya memperkenalkan SIK *light-cured* pada tahun 1988. Vitrebond, semen komersial pertama tipe ini, dikembangkan oleh Mitra pada tahun 1989. SIKMR, disebut juga dengan *hybrid ionomer*, pada awalnya terdapat dua mekanisme berbeda yaitu *light-cured* dan reaksi asam-basa (*dual cured*). Pada tahun 1992, Mitra mengembangkan tambahan reaksi *auto-cured* resin pada SIKMR dengan menambahkan inisiator kimia yang membantu pengerasan resin tanpa cahaya (*tricured*) (Albers, 2002).

SIKMR mengkombinasikan sifat baik dari semen ionomer kaca dan resin komposit. Bahan tumpatan ini memiliki kemampuan untuk menghambat karies, ekspansi termal rendah, dan kualitas hidrofilik dari SIK, sedangkan pengerasannya yang seperti resin komposit meningkatkan ketangguhan patah, ketahanan aus, dan *polishability* jika dibandingkan dengan SIK konvensional (Nicholson, 2002; Albers, 2002).

SIKMR digunakan sebagai *liner*, *fissure sealant*, *basis*, *core build-up*, restoratif, bahan adhesif untuk ortodontik, material reparatif untuk *amalgam core* yang rusak atau *cusps*, dan material *retrograde root-filling*. Penggunaan bahan tumpat ini tergantung pada formulasi pabrik dan rasio bubuk-cairan (Fraunhofer, 2009).

2.2.1 Komposisi

Komposisi SIKMR terdiri dari cairan dan bubuk seperti pada SIK konvensional. Bubuk SIKMR sama seperti SIK pada biasanya, *fluoroaluminosilicate glass*, tetapi ditambahkan inisiator untuk *light-cured* atau *chemical curing*. Cairannya mengandung monomer yaitu *dimethyl metacrylate monomer* dan *hydroxyethyl methacrylate*, *polyacid*, dan air. SIKMR mengkombinasikan reaksi asam-basa dengan pengerasan resin *light-cured* oleh *2-hydroxyethyl methacrylate* (HEMA). Bis-GMA, PMDM, PMGDM, BPDM, dan monomer lainnya (untuk mengontrol polimerisasi *shrinkage*) tidak dapat digunakan karena tidak larut dalam air. *Bonding agent* yang ditambah pada kavitas sebelum memasukkan SIKMR merupakan kontraindikasi karena dapat menurunkan penyerapan *fluor* (Garg, 2008; Powers, 2012).

Contoh SIKMR yang mengandung *free radical polymerizable side chains* pada molekul utama *polyacid* adalah Vitremer dan Vitrebond (3M Dental Products, St.Paul, Minnesota), sedangkan contoh SIKMR yang menggunakan *polyacid glass polymer* yang lebih kecil dikombinasikan dengan *methacrylate polymer* yang lebih besar yang larut dalam air (oligomer) adalah Fuji II LC, Fuji Duet, GC Tokyo, Japan, dan Photac-Fil, ESPE Seefeld, Germany (Albers, 2002).

2.2.2 Reaksi pengerasan

Reaksi pengerasan SIKMR dikontrol oleh dua reaksi yang berlangsung bersamaan. Reaksi asam-basa terjadi relatif lebih lambat sementara reaksi polimerisasi cahaya/light-cured terjadi jauh lebih cepat dan menjadi reaksi pengerasan yang mendominasi. Reaksi ini terjadi saat kelompok *methacrylate* terkait ke rantai *polyacrylic acid* dan HEMA (Garg, 2010). Pengerasan seperti ini memiliki keuntungan karena diinisiasi oleh polimerisasi cahaya, tetapi kekuatan akhir SIK didapat dari pengerasan asam-basa (Mount, 2002).

Pengerasan awal terjadi dari reaksi polimerisasi HEMA dilanjutkan oleh reaksi asam-basa yang akan mengeraskan dan menguatkan matriks yang sudah terbentuk. Kekhawatiran akan kedalaman pengerasan SIK dari aktivasi sinar berkurang semenjak semen yang belum teraktivasi sinar akan mengalami pengerasan asam-basa. Kekurangan pada reaksi pengerasan ini tetap terjadi, yaitu terdapat sisa HEMA tidak bereaksi pada bagian terbawah mendekati pulpa. Bagian yang terutama mengeras secara sempurna karena aktivasi sinar adalah bagian permukaan. Pencegahan jika mekanisme polimerisasi terbatas pada bagian permukaan saja yaitu dengan *depth cure* juga direkomendasikan untuk melakukan *incremental build-up* (Mount, 2002).

SIKMR tidak memiliki *working time* panjang yang sama seperti resin komposit walaupun SIKMR untuk aplikasi restorasi ini diaktivasi oleh sinar. Hal ini disebabkan karena reaksi asam-basa berjalan secepatnya setelah *mixing* dilakukan dan sebelum diaktivasi oleh sinar, juga material ini mengandung aktivator dan inisiator kimia yang memungkinkan pengaktifan secara kimia untuk melanjutkan pengerasan sebelum *exposure* sinar aktif. Beberapa material juga

sangat sensitif terhadap sinar *visible*. Sensitivitas ini telah diuji pada uji ISO untuk bahan tumpatan (McCabe, 2009).

Reaksi polimerisasi SIKMR menyebabkan terjadi polimerisasi *shrinkage* selama proses *setting* berlangsung. Kandungan air dan *carboxylic acid* yang rendah juga menurunkan kemampuan dari semen untuk membasahi substrat gigi sehingga akan meningkatkan terjadinya kebocoran (McCabe, 2009).

2.2.3 Perlekatan SIKMR Terhadap Gigi

Terdapat sedikit perbedaan pada perlekatan semen ionomer kaca modifikasi resin, yaitu pembentukan *lapisan hybrid* modifikasi dengan struktur gigi (Strassler, 2011). Mekanisme perlekatan tambahan yang telah dipelajari pada SIKMR, yaitu adanya kadar resin menunjukkan kemungkinan perlekatan yang sama seperti *dentin bonding agent* pada rangkaian penempatan resin komposit, terdapat *resin tag* ke enamel dan dentin. Beberapa penelitian menunjukkan adanya *resin tag* pada perlekatan ini, tetapi terdapat juga penelitian yang tidak. Mekanisme perlekatan SIKMR terhadap struktur gigi yang sama seperti SIK konvensional juga telah dikemukakan (Tyas, 2004; Martin 2006).

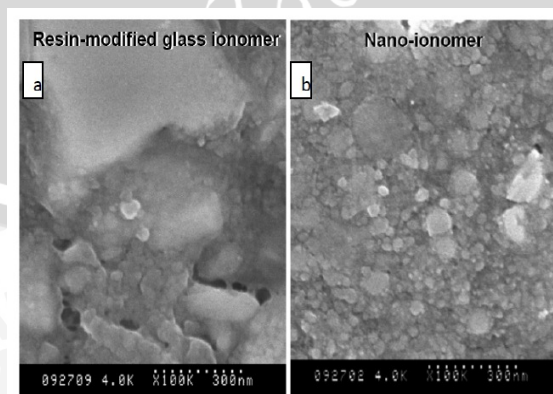
2.3 Semen ionomer kaca modifikasi resin nano (SIKMRn)

Kemajuan semen ionomer kaca modifikasi resin (SIKMR) terbaru adalah semen ionomer kaca modifikasi resin berpartikel nano/nano *filler* atau disebut juga dengan nano ionomer, tersedia secara komersial pada tahun 2007. SIKMRn yang pertama kali dikeluarkan yaitu Ketac Nano (Ketac N100). Bahan tumpatan ini adalah SIKMR dimana nanopartikel seperti nanomer dan *nanocluster*, ditambahkan ke bubuk *fluoroaluminosilicate glass* (FAS). SIKMR berpartikel nano juga mempunyai komponen *aqueous* dengan *polycarboxylic acid monomer*

methacrylate larut air, sama seperti pada SIKMR. *Filler* yang terkandung di dalam SIKMRn sebanyak 69% yang terdiri dari 27% FAS dan 42% *methacrylate* fungsional nano *filler* (Powers, 2012).

Tambahan nano partikel di SIKMRn ini meningkatkan *polishability* dan karakteristik optikal *cured ionomer*, dimana hasil akhirnya memiliki nilai estetika yang sama baiknya dengan resin komposit. FAS bahan tumpatan ini memiliki luas area permukaan yang tinggi sehingga tidak mengganggu pelepasan *fluor*. Penelitian *in vitro* menunjukkan bahwa semen ionomer kaca modifikasi resin nano mempunyai kemampuan untuk kembali mengisi pelepasan *fluor* (Powers, 2012). Penelitian oleh Neelakantan *dkk.* (2011) yang membandingkan SIKMR nano dengan SIK konvensional menunjukkan posisi tertinggi untuk pelepasan *fluor* adalah SIK konvensional tetapi SIKMRn ini menunjukkan pelepasan *fluor* yang maksimum untuk hari-hari selanjutnya. Sifat mekanis dari bahan SIKMR nano ini juga lebih baik dibandingkan dengan SIK maupun SIKMR karena teknologi nano *filler* dapat memperkecil jarak antar partikel sehingga meningkatkan sifat mekanik dan estetikanya (Powers, 2012).

Perbandingan struktur dari semen ionomer kaca *hybrid* dengan *nano ionomer*, dapat dilihat melalui gambar berikut (gambar 2.3).



Gambar 2.3: Perbandingan semen ionomer kaca modifikasi resin (a) SIKMR (b) SIKMR nano (Powers, 2012).

Semen ionomer kaca modifikasi resin nano dapat digunakan untuk pasien anak hingga dewasa. Indikasi pemakaian semen ionomer kaca modifikasi resin nano ini adalah restorasi gigi sulung, restorasi transisional, restorasi kelas I kecil, restorasi kelas III dan V, restorasi *sandwich*, dan *core build-up* (Independent non-profit dental products testing laboratory, 2007).

2.3.1 Komposisi

Komposisi SIKMRn terdiri dari cairan dan bubuk seperti pada SIKMR. Kandungan bubuk SIKMRn sama seperti SIKMR yaitu *fluoroaluminosilicate glass* dan inisiator untuk *light-cured* atau *chemical curing*, tetapi yang membedakan dengan SIKMR adalah *fillemya* yang berukuran nano dimana terdiri dari nanomer dan *nanocluster*. Cairan SIKMRn juga sama seperti SIKMR yaitu *dimethyl metacrylate* dan *hydroxyethyl methacrylate* monomer, *polyacid*, dan air (Theodore, 2007). SIKMRn juga mengombinasikan reaksi asam-basa dengan pengerasan resin *light-cured* oleh *2-hydroxyethyl methacrylate* (HEMA) (Powers, 2012).



Gambar 2.4 : Semen ionomer kaca modifikasi resin nano dengan formula pasta/pasta (Theodore, 2007).

2.3.2 Reaksi Pengerasan

Reaksi pengerasan SIKMRn sama seperti SIKMR, yaitu dikontrol oleh dua reaksi yang berlangsung bersamaan, reaksi asam-basa dan reaksi polimerisasi cahaya/light-cured. Reaksi polimerisasi cahaya ini juga terjadi jauh lebih cepat dan menjadi reaksi pengerasan yang mendominasi (Theodore, 2007).

2.3.3 Perlekatan SIKMRn Terhadap Gigi

Semen ionomer modifikasi resin nano mempunyai mekanisme perlekatan ke struktur gigi secara mekanik melalui *resin tag* dan kimiawi melalui pertukaran ion (Patel, 2012). Penggunaan primer pada SIKMRn menghasilkan pembasahan permukaan kavitas sehingga memfasilitasi perlekatan dengan cara membantu penetrasi resin ke tubulus dentin yang terbuka, mengelilingi jaringan kolagen, dan membentuk lapisan *hybrid* dengan tambahan *mechanical bonding* melalui *resin tag* yang lebih baik (Sergio *et al.*, 2004; Azizah, 2012).

2.3.4 Primer

Salah satu unsur pada sistem bonding adalah primer (Powers, 2012; Bishara, 2001). Primer merupakan monomer bersifat hidrofilik dan hidrofobik yang dibawa dengan pelarut yang melarutkan berbagai monomer untuk menunjang aliran dan penetrasi pada dentin serta menghasilkan pembasahan yang baik (Azizah, 2012; Powers, 2012). Kandungan primer terdiri dari *polyalkenoic acid copolymer*, HEMA, air, dan *photoinitiator* (Landuyt *et al.*, 2007). Primer pada sistem bonding bekerja untuk mendemineralisasikan atau memodifikasi *smear layer* yang bertindak sebagai lapisan pembatas pada permukaan guna meningkatkan penetrasi mikromekanikal dan perlekatan pada dentin (Schmidseder, 2000; Albers 2002).

Primer terbawa oleh sebuah pelarut seperti aseton, ethanol, dan air (Chandra, 2008). Pelarut tersebut akan menggantikan air dari permukaan dentin dan kolagen yang lembab guna mendukung infiltrasi monomer resin ke dalam dentin yang teremineralisasi (Khan, 2014). Masing-masing pelarut primer mempunyai keuntungan dan kerugian yang berbeda-beda. Primer dengan pelarut aseton dapat mengering dengan cepat, tetapi cepat menguap setelah dikeluarkan dari wadahnya, sensitif terhadap dentin yang basah, perlu pelapisan beberapa kali, dan baunya yang menyengat, primer dengan pelarut ethanol tidak menguap dengan cepat juga tidak terlalu sensitif terhadap dentin yang basah, tetapi perlu waktu pengeringan yang lebih sedangkan primer dengan pelarut air menguap dengan lambat, tidak sensitif dengan dentin yang basah, tetapi pengeringan lama dan jika air tidak dihilangkan maka akan mengganggu perlekatan (Powers, 2012). Menurut Jayaprakash *et al.* (2010), primer berpelarut air pada permukaan dentin yang basah akan menimbulkan fenomena *over-wet* sehingga menjadi kurang efektif. Kini primer tanpa pelarut telah dipasarkan dengan kelebihan tidak memerlukan pengeringan tetapi menghasilkan lapisan yang tebal (Powers, 2012).

Aplikasi primer akan membentuk suatu lapisan hybrid. Primer mendemineralisasi atau memodifikasi *smear layer* serta dentin tak terpengaruh dan meninggalkan tubulus dentin yang terbuka. Bersamaan dengan pembentukan lapisan ini, primer berpenetrasi ke dalam tubulus dentin dan serat kolagen (Schmidseder, 2000; Albers, 2002).

2.4 Kebocoran Tepi

Sejumlah penelitian membuktikan bahwa bahan tumpatan seringkali tidak melekat pada enamel atau dentin dengan kekuatan yang cukup untuk menahan

tekanan atau kontraksi dari polimerisasi, aus, atau siklus termal. Perlekatan antara bahan tumpatan dan struktur gigi yang tidak ada atau terlepas akan menyebabkan kebocoran, hal ini disebut dengan kebocoran tepi. Menariknya, kebocoran tepi tersebut tetap ditemukan pada SIK yang menunjukkan ikatan kimia yang baik (Chandra, 2008).

Semen ionomer kaca modifikasi resin menunjukkan kebocoran tepi dikarenakan oleh polimerisasi sinar dibandingkan dengan SIK konvensional dengan reaksi asam basa. Kebocoran ini dapat menyebabkan invasi bakteri, karies sekunder, gigi hipersensitif, diskolorasi warna bahan tumpatan, cedera pulpa hingga lepasnya bahan tumpatan atau protesa (Chandra, 2008; Sheridan, 2013).

Perubahan dimensi, termasuk perubahan yang higroskopis, merupakan hal yang penting bagi bahan tumpatan. Perubahan dimensional terjadi akibat stimulasi panas dan dingin, adanya *setting shrinkage*, disolusi, serta pajanan terhadap faktor luar, sehingga *marginal seal* yang baik sulit didapatkan (Chutinan, 2004).

Pada berbagai jenis SIK ditemukan celah dengan ukuran 3-29 μm pada kavitas dentin yang menyebabkan kebocoran. Studi *in vitro* terhadap kebocoran pada SIKMR menunjukkan adanya bentuk celah pada dinding antara bahan tumpatan dan struktur gigi dalam waktu 15 menit (Totiam, 2006).

Ada beberapa cara untuk mencegah kebocoran tepi pada semen ionomer kaca, yaitu *bonding*, *conditioning* gigi dengan *tannic acid*, *polyacrylic acid*, atau *citric acid* meningkatkan *bonding* dan mengurangi tingkat kebocoran. Cara kedua adalah rasio bubuk : cairan, rasio cairan akan meningkatkan kelarutan semen, oleh karena itu manipulasi semen harus dilakukan dengan tepat. Cara ketiga

adalah dengan pemakaian instrumen putar untuk *finishing* bahan tumpatan karena *hand* instrumen akan menyebabkan *marginal ditching*. Cara lainnya adalah dengan *vaseline* atau *petroleum jelly* yang diulaskan pada permukaan gigi yang telah direstorasi (Chandra, 2008). Selain itu, *varnish* juga dapat mencegah kebocoran tepi dengan cara melindungi permukaan luar SIK yang baru ditempatkan pada kavitas dari kontaminasi cairan dan saliva pada fase pengerasan pertama (Sheridan, 2013). *Varnish* dioleskan pada kavitas yang telah dipreparasi lalu pelarut akan menguap dan meninggalkan suatu lapisan resin yang tipis untuk mencegah kebocoran (McDonald, 2010).

2.4.1 Evaluasi Kebocoran Tepi

Metode *in vitro* maupun *in vivo* dapat dilakukan untuk mendeteksi kebocoran tepi, tetapi tidak ada satupun metode yang benar-benar tepat untuk mendeteksi kebocoran ini (Fabianelli, 2007).

Metode pertama adalah metode *dye*. Metode ini dilakukan dengan cara merendam gigi ke berbagai jenis *dye solution* dalam variabel waktu untuk menguji integritas marginal. Penilaian *marginal seal* dilakukan di sekitar bahan tumpatan dan tempat masuknya *dye solution*. *Dye solution* yang dipakai yaitu: (a) *Methylene blue*, (b) *Crystal violet*, (c) *India ink*, (d) *Eosin*, (e) *Erythrosin*, (f) *Fluoroscien*, (g) *Basic fussin*, dan (h) *Rhodamine B*. Metode yang kedua adalah metode *radioactive isotope*. Metode ini dipercaya lebih sensitif dan lebih penetrasi kedalam celah yang terbentuk. *Isotope* yang digunakan adalah (a) ^{14}C , (b) ^{32}P , (c) ^{35}S , (d) ^{45}Ca , (e) ^{86}Rb , dan (f) ^{131}I . Metode ketiga yaitu dengan metode *chemical tracer*. Metode ini menggunakan dua senyawa berwarna dimana bereaksi untuk membentuk endapan opak. *Silver nitrat solution* 50% direaksikan

dengan *hydroquinone*, terkadang 1% *silver chloride* juga digunakan (Chandra, 2008).

Scanning electron microscopy (SEM) juga termasuk salah satu metode yang sering dipakai. SEM merupakan teknik yang paling akurat dan terprediksi untuk kebocoran tepi. Dilakukan dengan observasi langsung melihat adanya perubahan pada struktur gigi yang berdekatan dengan bahan tumpatan. Teknik ini melibatkan spesimen itu sendiri untuk pemeriksaan mikroskopis yang telah terjadi *shrinkage*. Penulis memilih menggunakan metode ini karena kelebihan SEM yang mempunyai pembesaran yang tinggi (1000-5000X), resolusi gambar topografi yang tinggi, fokus yang dalam serta mempunyai mode kontras yang bervariasi sehingga menghasilkan observasi visual yang baik terhadap kebocoran pada bahan tumpatan terhadap dinding kavitas (Khrusheed, 2011; Nawawy, 2012)

Mikroskop ini menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda. Prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi. Permukaan benda yang dikenai berkas tersebut akan memantulkan kembali berkas elektron tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah dan selanjutnya akan diperkuat sinyalnya. Besarnya amplitudo akan ditampilkan dalam gradasi kontras gelap-terang memperlihatkan resolusi gambar yang baik pada kebocoran tepi (Börjesson, 2006). Gigi yang digunakan dipotong untuk diteliti di bawah mikroskop dengan pembesaran yang tinggi. Pemindaian mikroskop mengobservasi bahan tumpatan pada semua *group* dan memperlihatkan celah pada antarmuka bahan tumpatan yang menunjukkan adaptasi tepi yang buruk. Potongan gigi tersebut difoto dengan SEM (Rashi, 2012; ETTY, 2003).

Cara lain yang digunakan selain keempat cara diatas, yaitu *neutron activation analysis*, *bacteriological method*, *air pressure technique*, *electrochemical study*, *reverse diffuse methode*, dan *pain perception* (Chandra, 2008).

