

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

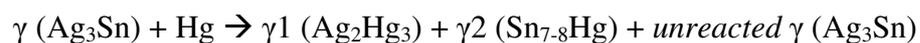
2.1 Kebocoran mikro

Kebocoran mikro adalah mengalirnya cairan oral serta bakteri dan toksinnya ke dalam celah mikroskopis yang terletak antara permukaan gigi yang dipreparasi dengan material restorasi akibat ketidakadekuatan ikatan antara dentin atau email dengan material restorasi dalam menahan tekanan kontraksi pada saat polimerisasi, pemakaian, perubahan suhu.³ Hal ini merugikan karena dapat menyebabkan terjadinya karies sekunder yang memungkinkan iritasi pulpa, yang akhirnya akan menyebabkan kegagalan suatu tumpatan.

2.2 Dental amalgam

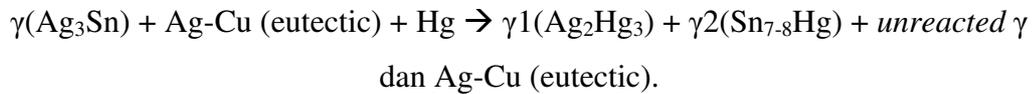
Dental amalgam adalah campuran logam yang ditambahkan merkuri. Menurut spesifikasi ANSI / ADA no. 1 untuk amalgam alloy (ISO 24234), komponen utama dari aloi amalgam adalah perak dan timah, sedangkan komponen tambahan lainnya antara lain tembaga, seng, emas, paladium, platinum, indium, selenium dan merkuri. Kuantitas tembaga harus lebih besar dibandingkan komponen tambahan aloi amalgam lainnya untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan sifat mekanis dari amalgam.^{1,3}

Aloi amalgam secara luas diklasifikasikan menjadi *low cooper alloy* dan *high cooper alloy*. Pada saat proses triturasi, *low cooper alloy* dan merkuri membentuk reaksi sebagai berikut :

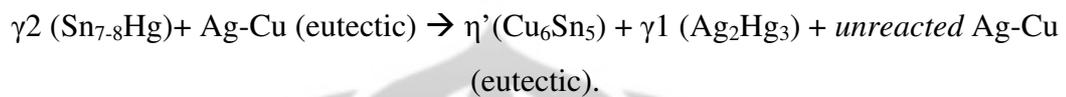


dengan persentase hasil γ_1 sekitar 54-56% ,sedangkan γ dan γ_2 berkisar 27-35% dan 11-13%.

Pada saat proses triturasi, reaksi awal yang terjadi pada *high copper alloy* mirip dengan *low copper*, yaitu :

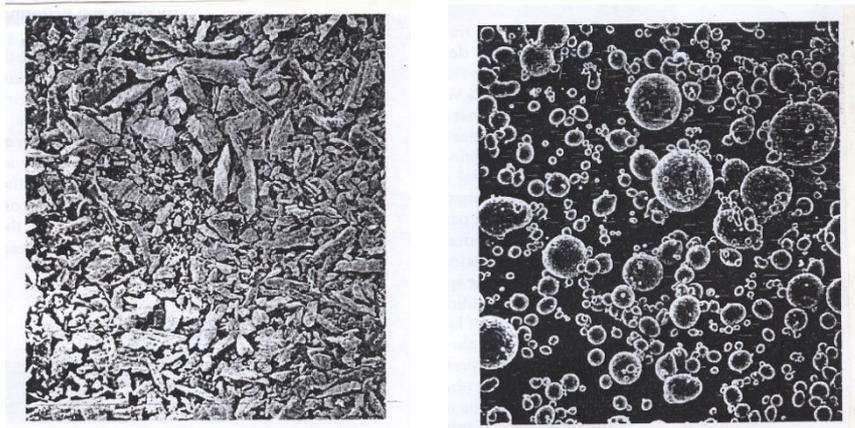


Dan reaksi selanjutnya, *slow solid state reaction* yaitu :



Perbedaan antara *low copper* dan *high copper* amalgam tidak hanya pada persentase tembaga saja tetapi juga efek dari kandungan tembaga yang lebih tinggi dengan reaksi amalgam. *High copper alloy* amalgam menjadi bahan pilihan karena memiliki kekuatan mekanis, ketahanan terhadap korosi dan integritas bagian tepi lebih baik dibandingkan dengan *low copper alloy*.^{1,3}

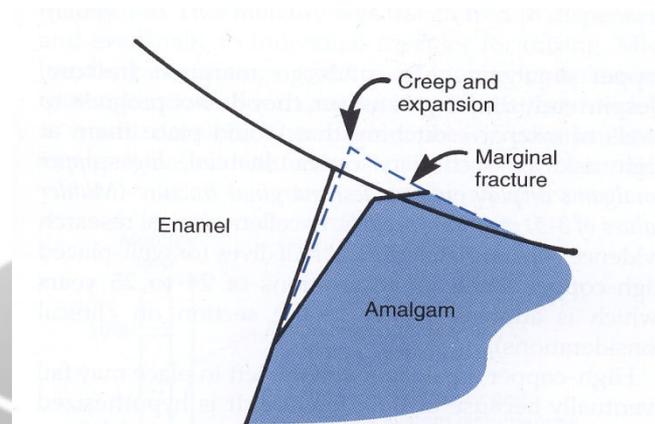
Bentuk partikel dari bubuk aloi amalgam dapat berupa *lathe cut* dengan bentuk yang tidak teratur, atau sperikal yang berbentuk bulat. Partikel *lathe cut* diperoleh dengan cara menggiling atau memotong batang cor dari aloi amalgam sedangkan partikel sperikal diperoleh melalui proses atomisasi aloi cair. Alo yang berbentuk sperikal sangat bersifat plastis oleh karena itu tidak memerlukan tekanan kondensasi yang besar untuk mendapatkan kontur proksimal yang baik.¹ Adaptasi marginal pada amalgam sangat dipengaruhi oleh tingkat keplastisan dari partikel-partikelnya, selain itu rasio merkuri dengan aloi, prekondensasi, keberadaan sisa merkuri di dalam amalgam memegang peranan penting dalam adaptasi marginal. Metode dan tekanan kondensasi yang tidak tepat sering menyebabkan residu merkuri yang tinggi, akibatnya adaptasi marginal kurang baik.¹⁵ Alo yang berbentuk sperikal membutuhkan merkuri dalam jumlah lebih kecil daripada aloi *lathe cut*, karena partikel aloi berbentuk sperikal mempunyai daerah permukaan yang lebih kecil per volumenya dibanding aloi *lathe cut*.¹



Gambar 2.1 : Bentuk Partikel Aloi Amalgam. *Lathe cut* (kiri) dan sperikal (kanan)¹

Spesifikasi ANSI/ADA No.1 (ISO 24234) untuk aloi amalgam, memiliki 3 sifat fisik sebagai ukuran kualitas dari amalgam yaitu *creep*, kekuatan kompresi dan perubahan dimensi. *Creep* adalah regangan atau deformasi yang disebabkan oleh tekanan. Proses perubahan ini dapat menyebabkan restorasi amalgam meluas ke luar dari tepi preparasi kavitas sehingga membuat restorasi mudah mengalami kerusakan tepi. Sebuah spesimen silindris berumur 7 hari, diberi tekanan 36MPa pada suhu ruangan 37°C. Kemudian besarnya *creep* diukur antara 1-4 jam selama mendapat tekanan. Besar *Creep* maksimum yang ditoleransi adalah 1%. Kekuatan untuk menahan tekanan kompresi merupakan sifat yang paling baik dari amalgam, karena amalgam paling kuat menahan kompresi tapi lebih lemah untuk menahan tarikan dan robekan. Oleh karena itu preparasi desain kavitas untuk tumpatan amalgam harus dimaksimalkan guna menahan tekanan kompresi dan meminimalkan tarikan atau robekan. Kekuatan kompresi minimal yang dapat ditoleransi, dimana spesimen silindris diberi tekanan sebesar 0.25 mm/ menit adalah 80 MPa pada 1jam setelah pengerasan dan 300 MPa pada 24 jam setelah pengerasan. Perubahan dimensi selama proses pengerasan amalgam, diawali kontraksi setelah 20 menit pertama triturasi, hal ini terjadi karena ketika aloi amalgam bercampur dengan merkuri, partikel-partikel aloi menjadi lebih kecil dan terbentuklah kristal γ_1 . Kontraksi akan terus berlanjut seiring dengan pertumbuhan dari kristal γ_1 sampai kristal γ_1 menjadi tumpang tindih satu dengan yang lain maka akan dihasilkan tekanan keluar yang melawan kontraksi. Kemudian terjadi ekspansi sebagai hasil reaksi antara merkuri dengan perak dan timah dan terjadi

pembentukan persenyawaan *intermetallic*. Setelah 6-8 jam kemudian dimensi menjadi konstan, kecuali jika terjadi ekspansi tertunda yang disebabkan kontaminasi seng yang terdapat pada aloi dengan air selama proses triturasi atau kondensasi.³ Ekspansi dan kontraksi yang terjadi pada restorasi amalgam sampai tingkat yang berbeda-beda dapat menyebabkan gigi retak dan patah.¹⁶



Gambar 2.2 Skema Tumpatan Amalgam yang Mengalami *Creep* dan Ekspansi⁶

Korosi adalah kerusakan lebih lanjut dari logam karena reaksi kimia atau elektrokimia antara logam dengan lingkungan. Korosi yang besar dapat meningkatkan porositas, mengurangi integritas marginal, hilangnya kekuatan dan dilepaskannya produk-produk logam dari lingkungan oral.³ Telah diteliti bahwa keberadaan γ_2 pada dental amalgam merupakan sumber korosi dalam lingkungan salin. Dalam proses korosi ada kemungkinan dilepasnya merkuri sebagai hasil reaksi, yang nantinya akan menghasilkan *void* dan porositas yang tidak diinginkan.¹⁷ Namun produk korosi di sepanjang celah antara gigi dengan bahan tumpat amalgam dapat menghambat penetrasi cairan, mikroorganisme, serta debri dengan kata lain akan membuat restorasi menjadi *self sealing* dan dapat menghambat kebocoran mikro.¹⁸

Amalgam tidak terikat pada struktur gigi sehingga terdapat celah diantara gigi dan tumpatan amalgam. Celah yang terbentuk ini memberikan jalur untuk penetrasi asam, cairan dan bakteri ke dalam dentin dan menyebabkan kerusakan lebih lanjut. Kerusakan ini kadang tidak terdeteksi karena amalgam menyebabkan

stain pada gigi sehingga tidak dapat dibedakan antara stain dari amalgam atau ada kerusakan di bawah amalgam.¹⁶

2.3 Semen seng fosfat

Semen seng fosfat adalah bahan semen tertua yang masih digunakan sampai sekarang. Semen ini sering digunakan sebagai bahan luting pada penggunaan material restoratif metal ataupun metal-keramik, selain itu juga sering digunakan sebagai basis pada amalgam untuk melindungi pulpa dari konduksi termal amalgam yang cukup besar.¹

Semen seng fosfat terdiri atas bubuk dan cairan. Komposisi utama dari bubuknya adalah oksida seng (90%) dan oksida magnesium (10%), sedangkan cairannya mengandung asam fosfat, air ($33\% \pm 5\%$), aluminium fosfat dan seng fosfat. Air mengendalikan ionisasi dari asam, yang pada gilirannya mempengaruhi kecepatan reaksi cairan dan bubuk (reaksi asam-basa). Menurut spesifikasi ADA No.8, material ini memiliki waktu pengerasan 5- 9 menit.¹

Semen seng fosfat, jika dimanipulasi sesuai dengan petunjuk pabrik, akan mempunyai kekuatan tekan sebesar 104 Mpa dan kekuatan tarik diameter 5.5 MPa serta mempunyai modulus elastisitas sekitar 13 GPa. Jadi material ini cukup kaku dan dapat menahan perubahan bentuk elastis akibat tekanan pengunyahan yang besar.¹

2.4 Glass Ionomer Cement

Glass Ionomer Cement (GIC) berasal dari larutan asam polyalkenoic seperti asam poliakrilik (pH=1.0) dan komponen kaca yang biasanya berupa *fluoroaluminosilicate*. Ketika bubuk dan larutan dicampur bersama terjadi reaksi asam basa dimana terjadi pengendapan garam polialkenoat metalik, kemudian proses gelasi dimulai sampai semen mengalami pengerasan.⁸

Komposisi dari bubuk terdiri atas SiO_2 (quartz), Al_2O_3 (Alumina), CaF_2 (fluorite), Na_3AlF_6 (cryolite), AlF_3 , AlPO_4 dengan ukuran partikel berkisar antara 4-50 μm . Umumnya, partikel yang lebih halus digunakan untuk semen *luting* dan semen *lining* sedangkan partikel yang lebih kasar digunakan untuk material restoratif karena memberikan translusensi yang lebih baik. Distribusi ukuran

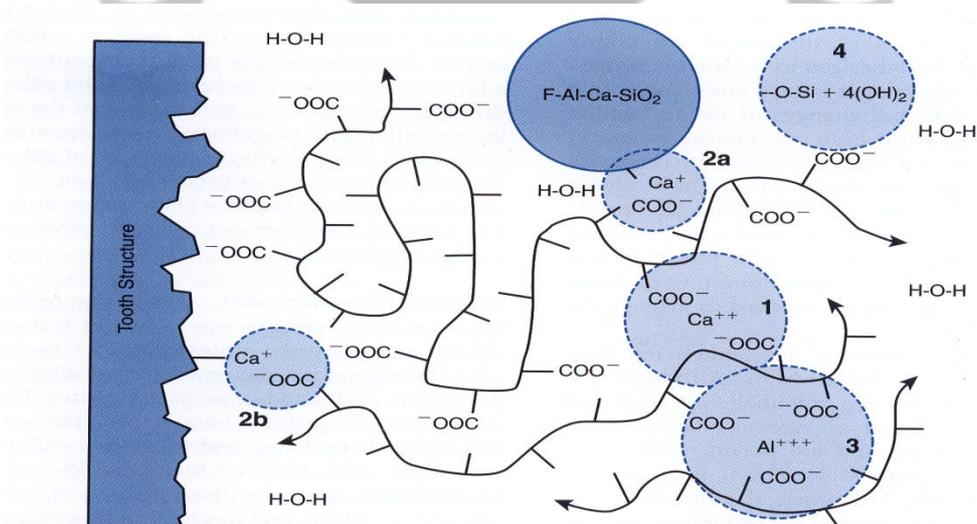
partikel berpengaruh pada *working properties*, kecepatan *setting*, dan sifat fisik akhir tiap material.¹⁹

Komposisi larutannya mengandung polimer dan kopolimer asam akrilik. Kopolimer terdiri dari 2 macam molekul yaitu asam poliakrilik dan asam *itaconic*. Asam poliakrilik memegang peranan paling penting dalam pembentukan matriks semen. Asam *itaconic* mendorong terjadinya reaksi antara partikel kaca dan larutan, serta mencegah terjadinya gelasi pada larutan. Asam polimaleik sering kali terdapat dalam larutan ini. Asam ini lebih kuat daripada asam poliakrilik dan menyebabkan pengerasan semen.²⁰ Kandungan 40-55% larutan terdiri dari asam akrilik dan kopolimer asam maleat dalam air dengan perbandingan 2:1. Isomer asam tartarik sering kali ditambahkan ke dalam larutan dengan kuantitas yang kecil untuk mengontrol reaksi *setting*. Komponen ini membantu keluarnya ion dari bubuk kaca, memperpanjang *working time* dan mempercepat *setting time*. Air adalah bagian terpenting di dalam cairan semen. Pada awalnya air berfungsi sebagai media reaksi dan kemudian menghidrasi matriks ikatan silang yang akhirnya akan menambah kekuatan dari material.¹⁸

Ketika bubuk dicampur dengan cairan menjadi suatu pasta, terjadi proses *setting* yang dibagi menjadi 3 tahap yaitu : tahap *dissolution*, tahap pengendapan garam dan hidrasi garam. Tahap *dissolution* yaitu ketika permukaan dari partikel kaca berkontak dengan asam yang menyebabkan penguraian 20-30% partikel kaca dan pelepasan ion kalsium, stronsium, aluminium, fluor dan membentuk sol semen. Pada tahap pengendapan garam (gelasi/pengerasan), ion kalsium, stronsium dan aluminium terikat dengan polianion pada kelompok karboksilat. Ion fluor dan fosfat membentuk garam tak terlarut dan kompleks ion, sedangkan ion natrium berkontribusi dalam pembentukan asam orthosilicic pada permukaan partikel dan dengan peningkatan pH akan berubah menjadi silica gel yang akan membantu pengikatan bubuk pada matriks. Awal pengerasan klinis diperoleh dari ikatan silang ion kalsium. Reaksi ini relatif cepat, biasanya mulai terbentuk permukaan keras dalam 4-10 menit setelah pencampuran. Proses maturasi terjadi setelah 24 jam, dimana ion aluminium terikat dengan matriks semen dan menyebabkan semen menjadi lebih keras. Pada tahap terakhir, terjadi

perkembangan hidrasi pada matriks garam sehingga menyebabkan peningkatan sifat fisik yang berhubungan dengan fase maturasi.¹⁸

Salah satu karakteristik dari material GIC yang paling penting adalah kemampuannya untuk berikatan dengan jaringan yang telah termineralisasi. Mekanisme ini berdasarkan fenomena difusi dan adsorpsi yang diawali oleh asam polyalkenoat pada GIC yang berkontak dengan struktur gigi; dimana ion H⁺ pada asam poliakrilat berpenetrasi ke dalam kaca fluoroaluminosilikat, kemudian melepaskan ion-ion logam, ion kalsium, dan ion aluminium dari semen serta ion kalsium dan ion fosfat dari struktur gigi. Ion fosfat dari apatit digantikan oleh gugus kelompok karboksilat. Saat GIC *setting* dan ion-ion mineral terlepas dari permukaan email atau dentin, maka akan terjadi *buffering* polyacid, meningkatkan pH, dan pengendapan mineral pada interfase antara gigi dan semen. Ikatan kimia terbentuk melalui struktur kristalin yang berperan sebagai interfase antara email atau dentin dengan material yang sudah *setting*. Mekanisme ini dapat disebut adhesi dengan dasar difusi. Ikatan adhesi pada komponen organik dentin dapat juga terjadi melalui ikatan hidrogen maupun ikatan ion logam antara kelompok karboksil pada polyacid dengan molekul kolagen dentin.¹⁹ Ikatan antara GIC dengan enamel lebih baik daripada dengan dentin, karena enamel mengandung material apatit yang lebih banyak daripada dentin.²³



Gambar 2.3 : Reaksi *Setting* GIC⁶

Seluruh reaksi agen yang mengandung resin akrilik dalam material ini, akan mengalami pengerutan ketika proses polimerisasi. Hal ini dapat menyebabkan terbentuknya celah antara dentin dan bahan restorasi yang dapat menyebabkan kebocoran mikro.²⁵

Air mudah diserap dan dilepaskan oleh GIC. Pada kelembapan yang tinggi, semen mengabsorpsi air dan menyebabkan ekspansi hidroskopik yang lebih besar daripada pengerutan yang disebabkan proses *setting*. GIC banyak mengabsorpsi air, terutama pada hari pertama. Jika semen tidak cukup maturasi, maka akan terjadi *swelling* disertai lepasnya substansi ke lingkungan oral dan menyebabkan kekasaran permukaan dari GIC.²¹

2.5 Resin semen adhesif

Resin semen atau resin komposit semen mempunyai komponen umum yang sama dengan material restorasi komposit, tetapi memiliki *filler* dengan ukuran kecil dan konsentrasi yang minimal. Material ini memiliki sifat yang paling baik dibandingkan dengan semen lainnya, namun memerlukan prosedur klinis yang lebih rumit dan umumnya melibatkan sistem *bonding* untuk dentin, email dan bahan restorasi.⁶

Komposisi Resin semen adhesif terdiri dari matriks dengan *filler* anorganik yang telah diproses dengan *silane*. Monomer yang mengandung gugus fungsional seperti organofosfonat, *hidroksietil metakrilat* (HEMA), dan *4-metakrilat trimellitik anhidrat* (4-HEMA) sering ditambahkan ke dalam semen-semen ini untuk menciptakan ikatan dengan dentin. Sedangkan ikatan dengan email diperoleh melalui teknik etsa asam. Polimerisasi dapat dilakukan dengan 2 metode, yang pertama menggunakan sistem konvensional, dengan penambahan aktivator amine-peroksida dan metode kedua menggunakan aktivasi sinar, menggunakan UV dibantu dengan *photosensitizer camphorquinone*. Ada juga yang menggunakan kombinasi dari kedua mekanisme tersebut atau yang dikenal dengan sistem *dual cure*. Bahan pengisi resin semen mirip dengan bahan pengisi komposit yaitu silika atau partikel kaca yang bergaris tengah 10-15 μm dan silika koloidalnya sama seperti yang digunakan pada resin berbahan pengisi mikro.

Sistem *bonding* dentin/ email terdiri dari etsa, primer dan *bonding* dengan dentin dan secara simultan menghasilkan ikatan dengan email. Etsa berasal dari asam fosfat yang berperan dalam pengangkatan *smear layer*, membuka kolagen intertubular dan peritubular, dan membuka tubulus. Agen primer bergantung pada monomer dengan gugus hidrofilik seperti *2-hydroxyethyl methacrylate* (2-HEMA atau HEMA), yang berperan untuk membasahi permukaan dentin, melapisi permukaan eksternal dari kolagen fibril, dan juga mengandung sedikit monomer hidrofobik untuk proses kopolimerisasi dengan bahan adhesif. Komposisi agen primer ini sangat bervariasi, tapi secara umum mengandung 65-90% pelarut dengan pilihan sistem pelarut antara lain aseton, etanol, air atau kombinasi lain yang sangat berpengaruh pada efisiensi proses pembasahan. Agen *bonding* meliputi campuran larutan monomer akrilik, tanpa *filler* yang kebanyakan merupakan monomer hidrofobik seperti Bis-GMA dan juga mengandung sedikit monomer hidrofilik seperti HEMA. Agen *bonding* berperan berkolimerisasi dengan molekul primer serta berpenetrasi dan berpolimerisasi ke dalam ruang interfibriliar yang berfungsi sebagai struktur penyangga pada lapisan *hybrid*.⁶

Preparasi mekanik pada dentin atau email meninggalkan permukaan debris atau *smear layer* yang melapisi permukaan dan menutupi struktur di bawahnya, oleh karena itu perlu adanya penggunaan etsa. Idealnya, etsa pada dentin menghasilkan bentuk mikromekanik untuk ikatan antara tubulus pada intertubular dentin di sepanjang permukaan dentin yang terpotong tetapi tanpa demineralisasi yang berkelanjutan pada tubulus atau peritubulus dentin. Jika etsa dipadukan dengan primer hidrofilik maka *bond strength* meningkat menjadi 22-35 MPa. Menurut teori batas kekuatan, sistem *bonding* pada dentin dapat lebih tinggi (80-100 MPa) dan lebih besar daripada yang diaplikasikan pada email karena dentin lebih resisten terhadap fraktur *shear*, tetapi karena keberadaan air yang lebih banyak pada dentin daripada email maka permukaan *bonding* menjadi lebih kompleks dan *sistem bonding* lebih tahan lama pada email daripada dentin.¹⁹

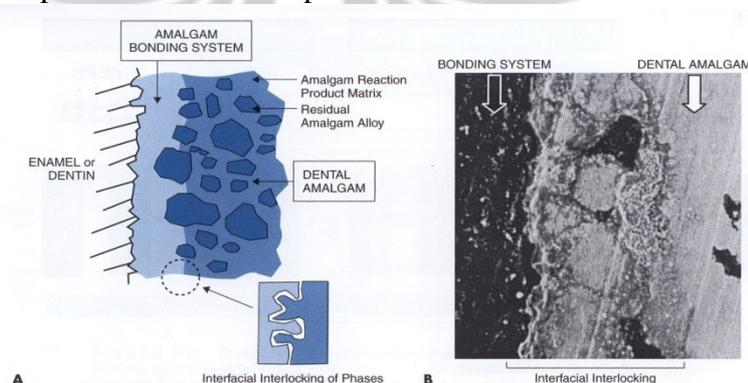
Salah satu kelemahan dari material resin adalah *shrinkage* yang cukup besar selama proses *curing*. Hal ini dapat menyebabkan kebocoran di sepanjang margin kavitas. Sebelum proses polimerisasi, monomer-monomer terikat bersama oleh adanya gaya *Van der Waals* yang memiliki energi potensial *spacing*

minimum, di mana setelah proses polimerisasi berlangsung, tiap polimer saling berikatan membentuk ikatan kovalen yang memiliki energi potensial *spacing* minimum 20% lebih kecil daripada pada monomer-monomer yang tidak bereaksi. Hal ini akan menyebabkan kontraksi volume selama proses *curing*.¹

2.6 Tumpatan *bonded amalgam*

Tumpatan *bonded amalgam* merupakan salah satu modifikasi tumpatan amalgam, yaitu dengan menambahkan bahan adhesif atau bahan pelapis lain diantara struktur gigi dan bahan tumpat amalgam. Modifikasi bahan tumpat ini bertujuan untuk memperkuat ikatan antara bahan tumpat amalgam dengan struktur gigi, karena ikatan antara amalgam dan struktur gigi merupakan ikatan makro mekanikal sedangkan ikatan bahan adhesif dengan struktur gigi merupakan ikatan mikro mekanikal dan ikatan kimia^{6,8}.

Mekanisme perlekatan antara bahan adhesif dengan amalgam tidak seluruhnya dimengerti tetapi mekanisme *bonding* pada amalgam bergantung juga pada tipe dari amalgam itu sendiri. Aloji amalgam yang berbentuk sperikal memiliki bond strength lebih besar dari pada yang berbentuk *lathe cut*. Shear bond strength awal antara amalgam dan dentin berkisar dari 3-5 MPa. Studi lain menunjukkan bahwa beberapa sistem adhesif tertentu memberikan bond strength awal yang berkisar dari 10-14 MPa. Namun, preparasi struktur gigi dengan bentuk retensi mekanik tetap dianjurkan ketika menggunakan teknik *bonded amalgam* ini, karena belum diketahui secara pasti, seberapa lama ikatan yang adekuat dari bahan adhesif dapat bertahan setelah perawatan.⁶



Gambar 2.4 Ikatan antara Amalgam dan bahan *Bonding*
A. Skema Ikatan antara Amalgam dan Bahan *Bonding* (kiri); **B.** Potongan melintang dari penggabungan dental amalgam dengan sistem *bonding* yang membentuk *interfacial interlocking*⁶

Penggunaan sistem adhesif di bawah tumpatan amalgam atau *bonded amalgam* dapat melapisi interfase gigi yang direstorasi, meningkatkan integritas marginal mencegah kebocoran mikro ke dalam tubulus dentin dan pulpa serta mengurangi sensitifitas setelah perawatan.¹⁷ Ikatan yang terbentuk antara bahan adhesif dengan amalgam adalah ikatan mikromekanikal (*interfacial interlocking*).⁶



2.7 Kerangka Teori

