

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

1. Kaping Pulpa

a. Pengertian

Kaping pulpa adalah salah satu dari perawatan endodontik yang memiliki tujuan untuk mempertahankan status vital pulpa pada endodontium. Perawatan kaping pulpa ini memiliki berbagai syarat diantaranya yaitu (a) keadaan pulpa gigi masih vital dan tidak pernah ada riwayat nyeri yang spontan, (b) nyeri yang timbul saat dilakukannya tes pulpa dengan berbagai stimulus seperti dingin maupun panas tidak berlangsung lama, (c) daerah periradikuler tidak terdapat lesi saat dilakukan radiografi periapikal, (d) bakteri yang ada harus dihilangkan dahulu sebelum dilakukannya restorasi permanen (Amerongen dkk., 2006).

b. Jenis-Jenis Kaping Pulpa

Berdasarkan prosedur pengaplikasiannya, perawatan kaping pulpa dibagi menjadi 2 yaitu kaping pulpa direk dan kaping pulpa indirek.

Kaping pulpa direk adalah perawatan yang dilakukan saat ada kasus dimana pulpa yang masih sehat secara tidak sengaja terekspos akibat *traumatic injury* atau bisa disebabkan dari *iatrogenic*. Prosedur perawatan kaping pulpa direk yaitu bahan

kaping pulpa diletakkan secara langsung atau *direct* tepat di atas pulpa yang terbuka sehingga merangsang proses penyembuhan. Jika perawatan kaping pulpa ini berhasil akan sangat berdampak pada prognosis pasien sehingga tidak memerlukan perawatan yang lebih lanjut (Zhaofei Li, 2014). Tujuan utama dilakukannya kaping pulpa direk adalah untuk merangsang pembentukan dentin tersier yaitu dentin reparatif serta memelihara status vital pulpa (Komabayashi dan Zhu, 2011).

Dentin reparatif adalah salah satu dari produk dentin tersier yang terbentuk karena adanya proses dentinogenesis reparatif. Dentin reparatif terbentuk karena diawali dengan apoptosis *odontoblast* dan sel pulpa yang telah mati. Karena proses apoptosis terbentuk, terangsanglah pembentukan dentin reparatif melalui dentinogenesis reparatif dan pembentukan dentin reaksioner melalui dentinogenesis reaksioner. Dentinogenesis reparatif dibentuk oleh sel-sel mesenkim yang belum terdiferensiasi di dalam rongga pulpa serta berbagai regulator yang ada serta ada peran serta *growth factor* dalam melakukan *signalling* sehingga mengubah sel mesenkin bersama dengan regulator-regulatornya menjadi *odontoblast-like cell* dimana *odontoblast-like cell* inilah yang nantinya akan mensekresi dentin reparatif (Octiara, 2015). Kaping pulpa indirek adalah salah satu perawatan untuk memproteksi pulpa gigi dengan kasus lesi karies yang dalam.

Prosedur perawatan kaping pulpa indirek ini dilakukan dengan cara membuang jaringan-jaringan dentin yang terinfeksi, karies pada dentin. Jaringan dentin yang terdemineralisasi perlu untuk ditinggalkan (tidak dibuang) karena bisa dilakukan remineralisasi kembali dengan menggunakan terapi kaping pulpa (Holland dkk., 2016). Kaping pulpa indirek juga digunakan untuk menghindari tereksposnya pulpa. Perawatan ini bisa dilakukan dengan *onestep* atau *twostep* (Fagundez dan Barata, 2009). Perawatan kaping pulpa diawali dengan menghilangkan dentin yang telah terinfeksi sebelumnya dan meninggalkan lapisan tipis dentin yang sedikit lebih dalam saat lesi karies telah dihilangkan. Langkah pertama yang dilakukan yaitu membuang bagian dentin yang terinfeksi dan melakukan *cavity sealing* menggunakan bahan kaping pulpa yang salah satunya yaitu *calcium hydroxide* serta menumpatnya dengan bahan restoratif. Setelah 8 sampai dengan 12 minggu, barulah step kedua dapat dilakukan yaitu pembuangan bahan kaping yang diaplikasikan sebelumnya dan gigi di restorasi secara konvensional (Jordan dan Suzuki, 2009).

c. Bahan Kaping Pulpa

c.1. Kalsium Hidroksida

Kalsium hidroksida merupakan bahan bahan yang paling sering digunakan dan diperkenalkan pertama kali ke dalam kedokteran gigi pada 1921 serta telah menjadi

sebuah “*gold standar*” untuk perawatan kaping pulpa direk dalam beberapa dekade (Baume dan Holz, 1981). Awalnya, bahan kalsium hidroksida diperkenalkan ke dalam bidang endodontik sebagai bahan kaping pulpa *intracanal* maupun *apexification intracanal* karena tingginya sifat alkalin dan sifat biokompatibel yang cocok dengan kedokteran gigi modern (Hermann BW, 1920). Kalsium Hidroksida memiliki kemampuan antibakteri yang bisa meminimalisir bahkan mengeleminasi penetrasi bakteri ataupun yang mengiritasi jaringan pulpa (Barthel dkk., 1997).

Kalsium Hidroksida banyak digunakan juga karena kemampuannya dalam membuat dentin reparatif melalui diferensiasi seluler, pembentukkan matriks ekstraseluler dan mineralisasi (Daurte dan Mattins, 2007). Selain itu, bahan ini juga melindungi pulpa dari stimulus *thermoelectro* berupa aksi antrimikroba (Accorinte dan Holland, 2008).

Banyak sekali kesuksesan perawatan sebuah kasus dengan menggunakan bahan ini, akan tetapi makin lama makin terlihat bahwa bahan kalsium hidroksida menampakkan beberapa kelemahannya yaitu munculnya inflamasi pada permukaan pulpa dan nekrosis setelah perawatan kaping pulpa; adanya kecacatan pada tubulus di

dalam *dentinal bridge* dimana bahan ini gagal dalam membuat sebuah *sealing* yang bagus sehingga menyebabkan pulpa terinfeksi kembali karena adanya *microleakage*; kelarutan yang tinggi dalam cairan rongga mulut; kurangnya adhesi; dan mengalami degradasi dari waktu ke waktu (Hilton, 2009).

Semakin berjayanya bahan kalsium hidroksida semakin terlihat pula bahwa tingkat kegagalan pada bahan ini terus meningkat. Beberapa hal yang melatarbelakangi hal ini yaitu tidak bisanya bahan ini beradaptasi secara penuh pada dentin, tidak mendorong terbentuknya diferensiasi yang konsisten pada odontoblast dan menunjukkan sifat toksis pada kultur sel (Sultana & Alam, 2016)

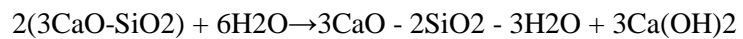
c.2. *Mineral trioxide aggregate* (MTA)

Literatur-literatur penelitian menyebutkan bahwa bahan kalsium hidroksida memiliki penurunan performa dalam kaping pulpa, muncul bahan baru sebagai alternatif dari kalsium hidroksida yang dikenal dengan nama *Mineral trioxide aggregate* (MTA) yang tersusun dari kalsium oksida dalam bentuk trikalsium silikat, dikalsium silikat dan *bismuth* oksida untuk *radiopacity* (Camilleri, 2008). Perawatan endodontik yang ideal yaitu mencakup bahan

yang memiliki kemampuan *sealing* yang baik yang berhubungan dengan saluran akar serta jaringan-jaringan disekitarnya. Bahan-bahan yang ideal tersebut haruslah tidak toksik, tidak kariogenik, biokompatibel, tidak larut oleh cairan jaringan dan dimensi yang stabil. Hal tersebut melandasi munculnya bahan yang bernama *mineral trioxide aggregate (MTA)* yang menawarkan karakteristik yang ideal (Parirokh & Torabinejad, 2010). *Mineral trioxide aggregate* diperkenalkan pertama kali oleh Torabinejad pada tahun 1993 (Patil dkk., 2016). *Mineral Trioxide Aggregate (MTA)* direkomendasikan untuk perawatan *root-end filling*, kaping pulpa, pulpotomi, apeksogenesis, dan *barrier* pada apikal pada kasus gigi dengan apikal yang terbuka, memperbaiki perforasi akar dan sebagai bahan pengisi saluran akar (Parirokh dan Torabinejad, 2010). Secara histologi dan studi *in vitro* menunjukkan hasil yang baik dari pertahanan terhadap bahan kimia dan fisik, aktifitas antibakteri, biokompatibilitas, mengandung partikel hidrofilik dan kemampuan *sealing* yang baik (Parirokh dan Torabinejad, 2010).

Dentinal bridge yang dibentuk oleh MTA terlihat lebih homogen karena lebih terlokalisasi daripada yang dibentuk oleh kalsium hidroksida (Witherspoon, 2008).

Rumus kimia MTA saat *setting* menurut Bhatti (1991) adalah sebagai berikut.



Mekanisme perlekatan MTA terhadap gigi yaitu secara konvensional yaitu menukar ion kalsium dalam gigi sehingga tercipta sebuah ikatan secara kimia. Perbedaan yang mendasar antara MTA dan bahan sublayer adesif yaitu terletak pada sistem perlekatannya. Bahan sub layer adesif tersebut apabila berkontak dengan substrat gigi akan menghadirkan delamasi (pengelupasan) dan patahan pada restorasi yang mengakibatkan *microleakage* karena perlekatannya yang lebih buruk dari MTA walaupun keduanya secara kimia. (Cervino dkk., 2017). Dentin dan MTA membentuk struktur seperti *tag-like*. Struktur tersebut dibentuk oleh MTA lebih banyak daripada semen Portland. Hasil hidrasi dari MTA yaitu *phosphate buffered saline* (PBS). Ion kalsium dilepaskan dari semen MTA dan menyebar melalui tubulus dentinalis sehingga bereaksi dengan ion *phosphate* dalam cairan jaringan. Reaksi tersebut menghasilkan kalsium *phosphate*. Ion kalsium *phosphate* ini bereaksi dengan ion lain sehingga membentuk karbonat apatit (CDHA) (Chang, 2012).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Li dkk (2015) dengan menggunakan metode meta analisa mendapatkan kesimpulan bahwa dengan menggunakan MTA sebagai kaping pulpa direk mendapatkan hasil bahwa tingkat kesuksesannya lebih tinggi dan sedikit sekali potensi terjadinya inflamasi pulpa paska perawatan serta pembentukan *dentinal bridge* lebih mudah diprediksi daripada dengan menggunakan kalsium hidroksida. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa MTA adalah bahan yang sangat disarankan untuk perawatan kaping pulpa direk dan hal ini dapat melawan argumen tentang direkomendasikannya kalsium hidroksida sebagai *gold standar* pada treatment tersebut.

Mineral trioxide aggregate memiliki banyak keuntungan namun MTA juga memiliki berbagai kekurangan yaitu memiliki potensi untuk mengalami perubahan warna, susah untuk dikuasai manipulasinya, *setting time* yang lama serta pembuangan yang sulit setelah *curing* (Torabinejad dkk., 2010) serta memiliki waktu *setting* yang tergolong lama yaitu 165 menit (Torabinejad dkk., 1995).

c.3. Semen Ionomer Kaca (SIK)

Semen Ionomer Kaca (SIK) pertama kali muncul pada tahun 1971 yang diperkenalkan oleh Wilson & Kent. Semen ionomer kaca disusun oleh semen silikat serta penambahan semen polikarboksilat dengan tujuan memberikan sifat translusen dan pelepasan flour pada semen silikat, serta untuk kemampuan adhesi secara kimiawi pada struktur jaringan gigi (Meizarini & Irmawati, 2005). Semen ionomer kaca memiliki komposisi powder & liquid. Komposisi powder yaitu terdiri atas senyawa kuarsa (SiO_2), alumunium fluorida (AlF_3), natrium flourida (NaF), alumina (Al_2O_3), kalsium fluorida (CaF_2), alumunium fosfat serta kriolit (Na_3AlF_6) lalu dipanaskan dengan suhu $1100\text{-}1500^\circ\text{C}$ dan membentuk senyawa kaca yang homogen dengan ikatan $\text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3\text{CaF}_2\text{Na}_3\text{AlF}_6\text{AlPO}_4$. Warna radiopak dihasilkan dari lantanum oksida (La_2O_3) serta penambahan stronsium oksida (SrO). Adapun liquid terdiri dari 50% larutan, 2:1 asam katalis:asam itakonik serta penambahan asam tartarik agar memudahkan SIK untuk melakukan pelepasan ion dari powder kaca (Hewlett dan Mount, 2003).

Semen Ionomer Kaca (SIK) telah lama digunakan sebagai bahan untuk *Atraumatic Restorative Technique* (ART) dimana menghilangkan jaringan yang terinfeksi

hanya dengan menggunakan instrumen tangan (*excavator*). Tujuan SIK digunakan untuk pengisi kavitas adalah untuk memperbaiki dentin lunak karena SIK memiliki kemampuan untuk remineralisasi dentin (Metalita, Udjiyanto, & Nuraini, 2014). Adapun jenis semen ionomer kaca (SIK) dapat dibagi berdasarkan kegunaannya yaitu, tipe I digunakan sebagai bahan perekat, II sebagai bahan restorasi, dan III sebagai basis atau pelapis/*liner* (Meizarini dan Irmawati, 2005).

Semen ionomer kaca digunakan sebagai liner yang berkemampuan untuk memperbaiki jaringan dental yang terkena karies yang terlokalisir dan terbukti biokompatibel. Kandungan SIK yaitu semen silikat dan semen polikarboksilat berikatan dengan jaringan gigi secara kimiawi dan tidak mengiritasi pulpa (Hiyashi dkk., 2011). Menurut penelitian Massara dkk., penggunaan SIK dapat membuat proses remineralisasi sehingga bahan ini direkomendasikan sebagai liner pada perawatan kaping pulpa indirek. Sistem perlekaan SIK konvensional yaitu dengan pertukaran ion dimana asam polialkenoat dapat melunakkan struktur gigi dan menginfiltrasi ke dalam sehingga menggantikan ion-ion kalsium dan *phospat*. Ikatan yang terbentuk ini bersifat reversibel dan mudah

rusak tetapi dapat terbentuk kembali, dengan bantuan air (Van dkk., 2011).

Semen ionomer kaca terdiri atas SIK konvensional dan modifikasi. Semen ionomer kaca konvensional memiliki kekuatan fisik yang rendah sehingga ditemukan tipe SIK modifikasi yaitu semen ionomer kaca modifikasi resin (SIKMR). Semen ionomer kaca modifikasi resin ini bisa digunakan sebagai alternatif dari semen ionomer kaca konvensional (Mousavinasab dkk., 2008).

Semen ionomer kaca modifikasi resin (SIKMR) yaitu jenis *hybrid* dari semen ionomer kaca konvensional yang diciptakan untuk mengatasi kekurangan yang ada pada SIK konvensional (Eskandarizadeh dkk., 2015).

Modifikasi resin yang disebutkan pada jenis *hybrid* semen ionomer kaca ini mengarah kepada penambahan dari HEMA atau *2-hydroxyethyl-methacrylate* (5%) sebagai agen polimerisasi sehingga SIKMR dapat berpolimerisasi dengan menggunakan *light cure unit* sehingga SIKMR memiliki komposisi yang khas yaitu terdiri dari 1) Modifikasi asam polikatalis yang mengandung *chomporquinone*, 2) HEMA, 3) ion *leachable glass* seperti contohnya *fuoroalumino silicate glass*, serta 4) air (Sidhu & Watson, 1995). Komponen air sebagian digantikan bahan-

bahan resin seperti *bisphenol glycidyl methacrylate* (*BisGMA*) atau HEMA (Van dkk., 2011). Semen ionomer kaca modifikasi resin disebut juga sebagai bahan *dual cure* karena memiliki 2 cara *setting*. Selain memiliki kemampuan untuk *setting* dengan *light cure unit* karena kehadiran HEMA, SIKMR juga dapat berpolimerisasi dengan cara reaksi asam-basa seperti SIK konvensional (Hewlett dan Mount, 2003).

Kelebihan yang ditawarkan oleh SIKMR adalah melepaskan fluor, melakukan pertukaran ion dengan jaringan enamel dan dentin, *interfacial shrinkage* yang rendah, memiliki kekuatan mekanik yang lebih tinggi daripada SIK konvensional (Hewlett dan Mount, 2003) serta kekuatan tekan dan kekuatan tarik yang lebih tinggi daripada SIK konvensional (Sidhu & Watson, 1995) dan lebih baik dalam mengurangi kejadian *microleakage* (Jamjoom, 2008). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa SIKMR memiliki tingkat kesuksesan yang sebanding dengan kalsium hidroksida sebagai bahan kaping pulpa direk (Tarim dkk., 1998).

d. Syarat-Syarat Bahan Untuk Perawatan Kaping Pulpa

Berdasarkan berbagai bahan yang telah di paparkan, tidak dapat dipungkiri bahwa sebuah bahan untuk prosedur kaping pulpa haruslah memiliki syarat-syarat agar prosedur kaping pulpa dapat mencapai hasil yang diinginkan. Syarat – syarat tersebut yaitu dapat mengontrol infeksi, dapat melekat dengan baik pada dentin untuk mencegah kebocoran mikro serta dapat mendukung untuk terbentuknya *dentinal bridge* (Lu dkk., 2008).

Berdasarkan syarat yang telah dipaparkan tersebut dapat dilihat bahwa sebuah bahan / bahan pengisi pulpa haruslah melekat dengan baik pada dentin untuk mencegah kebocoran mikro. Kemampuan melekat yang baik erat kaitannya dengan kekuatan tarik dimana semakin baik kemampuan melekat suatu bahan, maka kekuatan tarik/*tensile strength* bahan tersebut akan semakin baik.

2. Sistem perlekatan SIK terhadap MTA

Menurut Patil dkk. (2016), terjadi sebuah mekanisme perlekatan antara bahan SIK baik konvensional maupun modifikasi resin terhadap MTA dibawahnya. Mekanisme perlekatannya yaitu apabila SIK diaplikasikan sebagai bahan restorasi di atas MTA, melalui SEM dapat terlihat bahwa diantara keduanya terdapat cela atau semacam perpisahan kohesif tetapi tetap ada perlekatan secara mekanis serta kimiawi melalui pertukaran ion-ion kalsium. Hasil

SEM menunjukkan celah yang terjadi diantara SIK konvensional terhadap MTA lebih kecil dan perlekatan lebih baik dibandingkan dengan SIK modifikasi resin terhadap MTA (Patil dkk., 2016). Semen Ionomer kaca adalah material yang bisa dipilih untuk menjadi bahan restorasi permanen apabila kita menggunakan MTA sebagai bahan kaping pulpa, dikarenakan SIK tidak mempengaruhi MTA dibawahnya. Bahan lain yaitu resin komposit misalnya, tidak dapat diaplikasikan langsung di atas MTA yang belum *setting* dikarenakan adanya prosedur pengetsaan dan pembilasan bahan tersebut dapat mempengaruhi kandungan MTA. (Ford dkk., 1995). Pengaplikasian SIK di atas MTA terbukti tidak menimbulkan gejala ataupun interaksi apapun antara SIK dan MTA tersebut. Aplikasi SIK sebagai bahan restorasi permanen dapat dilakukan langsung sesaat setelah aplikasi MTA dan juga bisa dilakukan dengan jeda waktu 45 menit setelah aplikasi MTA. Aplikasi SIK 45 menit setelah aplikasi MTA membuat hasil yang diperoleh lebih baik (dalam hal besar tidaknya celah / *gap* yang terbentuk disambungan antar keduanya) dibandingkan dengan pengaplikasian SIK sesaat setelah aplikasi MTA (tanpa jeda waktu yang berarti). Menurut uraian tersebut, dapat dipastikan bahwa SIK / SIKMR dapat diaplikasikan di atas MTA serta tidak menimbulkan interaksi apapun dan tidak mempengaruhi *mechanical properties* diantara keduanya (Patil dkk., 2016).

3. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik dapat dipengaruhi oleh banyak hal yaitu cara suatu bahan untuk berpolimerisasi salah satunya. Kekuatan tarikerat hubungannya dengan retensi yang berhubungan langsung dengan komposisi powder:liquid dari bahan yang kita gunakan (Aratani dkk., 2005).

Kekuatan tarik merupakan salah satu dari kekuatan mekanis yang memiliki fungsi dalam kemampuan perlekatan suatu bahan ke jaringan gigi. Kemampuan perlekatan tersebut dibagi kedalam bentuk gaya tarikan (*tensile*) geser (*shear*). Terdapat istilah *tensile bond strength* yang dapat diartikan sebagai kuat rekat tarik suatu bahan untuk bertahan disaat bahan tersebut menerima gaya tarik yang tegak lurus terhadap permukaan bahan tersebut. Istilah lainnya adalah *shear bond strength* dapat diartikan sebagai kemampuan bahan untuk bertahan apabila mendapatkan gaya gesek yang sejajar dengan permukaan bahan tersebut (Ismah dkk., 2007).

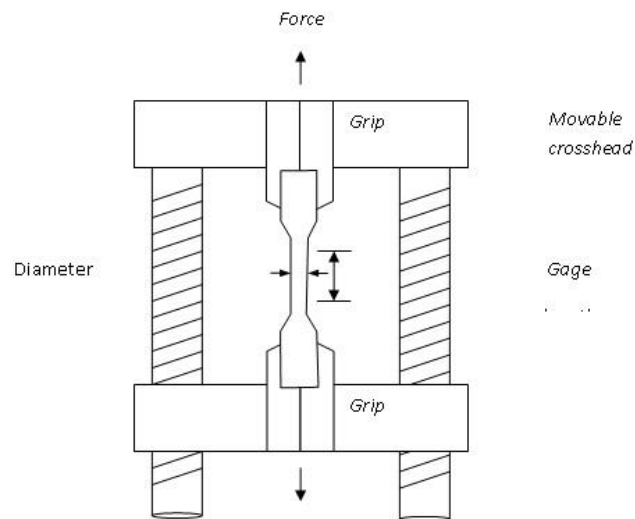
Banyak sekali cara yang dapat kita lakukan agar dapat mengetahui kemampuan melekat suatu bahan terhadap jaringan, salah satu caranya yaitu dengan melakukan uji kekuatan tarik / *tensile strength*. Kekuatan tarik cenderung disebabkan oleh suatu benda yang dapat meregangkan maupun memperpanjang

benda dan disertai dengan regangan tarik (Powers & Sakaguchi, 2006) dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{tensile strength} = \frac{(\text{load at break})}{(\text{original width}) (\text{original thickness})}$$

(*IPC Test Method Manual*)

Dengan skema uji kekuatan tarik sebagai berikut:



Gambar 1. Skema kekuatan tarik (Rafei,2011)

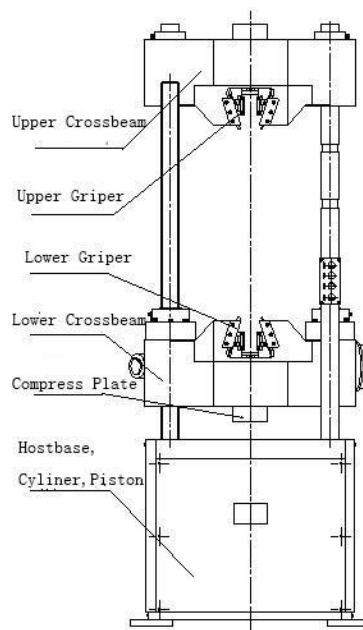
Pada uji kekuatan tarik, hal yang harus diamati yaitu daerah yang menjadi tempat lepasnya perlekatan antara bahan dan jaringan. Data yang telah didapatkan ditulis berisi tentang kekuatan ikatan untuk suatu bahan tertentu seringkali sangat amat bervariasi, dimana variasi tersebut datangnya dari variabel yang tak terkendali seperti adanya air; ada tidaknya lapisan pada permukaan jaringan yang diuji; seberapa luas permukaan jaringan dan sebagainya (Anusavice, 2004).

Alat yang digunakan untuk melakukan uji kekuatan tarik yaitu bisa dengan menggunakan alat *Universal testing machine* (Sundari dkk., 2008).



Gambar 2. Universal Testing Machine

(sumber: dokumen penulis)



Gambar 3. Bagian-bagian dari UTM

(Sumber gambar: Adam Zaborski, 2010)

B. Landasan Teori

Perawatan kaping pulpa merupakan perawatan yang ditujukan bagi gigi yang mengalami pulpitis reversibel dimana bahan yang digunakan dalam perawatan ini ada banyak sekali, contohnya yaitu kalsium hidroksida, *mineral trioxide aggregate*, maupun SIK yang masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri. Perawatan kaping pulpa ini ditujukan agar bakteri tidak menginfeksi pulpa lebih dalam lagi ataupun lebih parah lagi. Tujuan utama dari perawatan ini yaitu menjaga status vital pulpa.

Berbagai bahan untuk perawatan kaping pulpa memang banyak sekali macamnya. Kita sebagai dokter gigi harus tahu secara detail tentang kelebihan dan kekurangan bahan tersebut. Adapun syarat dari bahan untuk perawatan kaping pulpa yaitu dapat mengontrol infeksi, dapat melekat dengan baik pada dentin untuk mencegah kebocoran mikro serta dapat mendukung untuk terbentuknya *dentinal bridge*. *Dentinal bridge* ini terbentuk dari sebuah rangsangan yang ditimbulkan oleh bahan kaping pulpa dimana merangsang terbentuknya dentin tersier berupa dentin

reparatif yang nantinya akan menggantikan struktur dentin yang sebelumnya telah rusak.

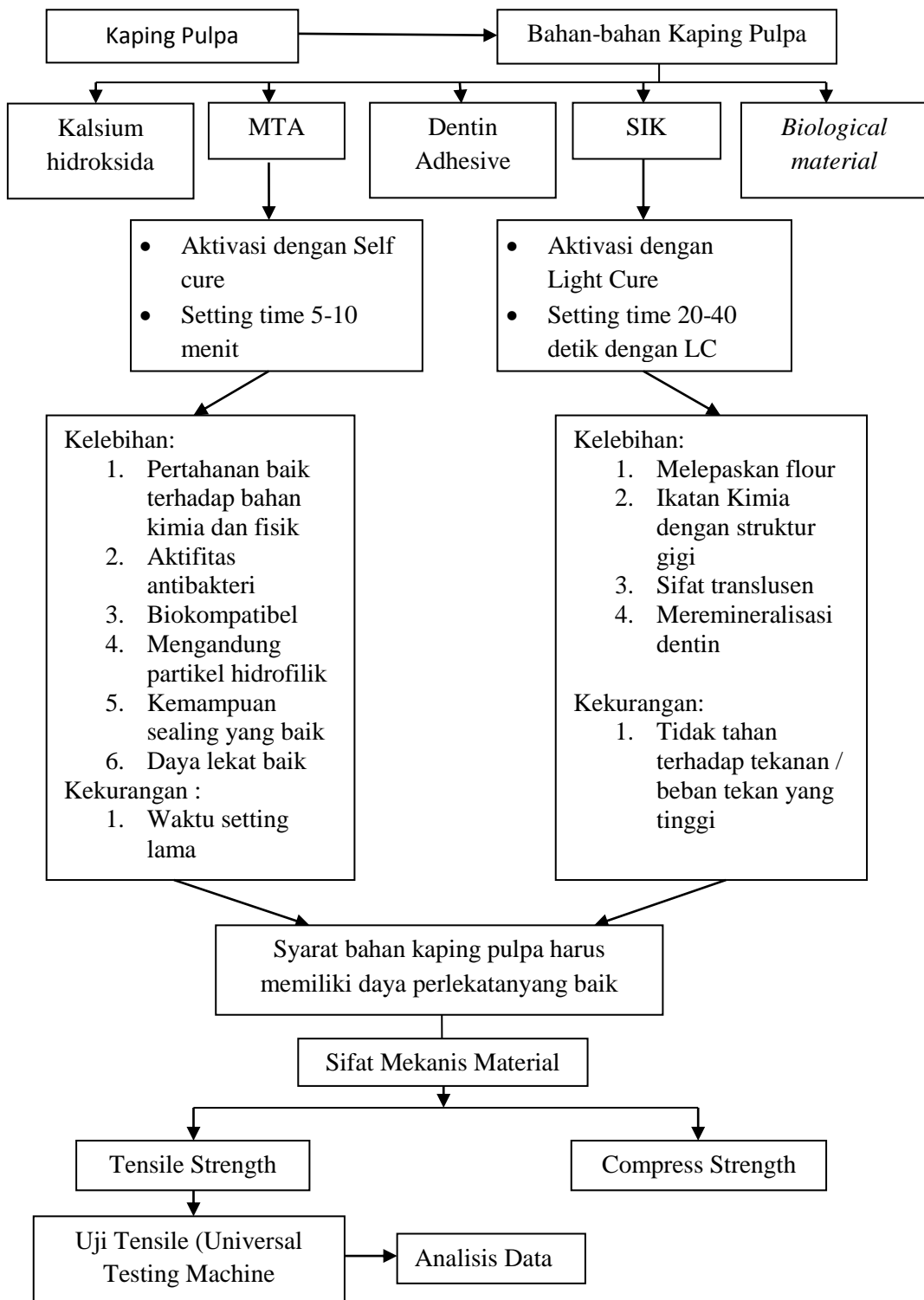
Salah satu syarat baiknya sebuah bahan untuk perawatan kaping pulpa tidak terlepas dari adanya daya lekat atau *adhesi* dari bahan tersebut. Daya lekat erat kaitannya dengan kekuatan tarik/*tensile strength* dari sebuah bahan. Berbagai komposisi yang berbeda dari bahan-bahan yang digunakan untuk perawatan kaping pulpa akan mempengaruhi daya perlekatan bahan tersebut dengan jaringan gigi dan membuat perawatan kaping pulpa berhasil.

Kedua bahan ini memiliki ikatan kimia terhadap gigi. Perbedaan dari keduanya adalah MTA mampu menukar substrat kalsium pada gigi dgn substrat MTA dan dengan sifat hidrofiliknya mampu menghadirkan ikatan yang dapat melindungi jaringan gigi dari adanya *microleakage* akibat absennya delamasi dan *crack* dari restorasi ini, sedangkan SIKMR mampu melakukan pertukaran ion kalsium gigi dengan ion *phospate* sehingga menghasilkan ikatan yang cukup kuat dalam segi mekanisnya.

Banyak sekali cara yang dapat digunakan untuk menilai daya perlekatan antara bahan kaping pulpa dan jaringan gigi, salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu dengan cara uji kekuatan tarik menggunakan alat *universal testing machine*. Uji yang akan dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik yang terbaik antara bahan MTA dan SIKMR sehingga dapat

menunjang keberhasilan dalam melakukan perawatan kaping pulpa.

C. Kerangka Konsep



Gambar 4. Kerangka Konsep Penelitian

D. Hipotesis

Berdasarkan teori yang telah diuraikan, maka hipotesis yang bisa dirumuskan dalam penelitian ini yaitu terdapat perbedaan kekuatan tarik antara bahan *mineral trioxide aggregate* (MTA) dan semen ionomer kaca modifikasi resin (SIKMR) sebagai bahan perawatan kaping pulpa.