

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. *Fiber Reinforced Composite* (FRC)

a. Definisi *Fiber Reinforced Composite*

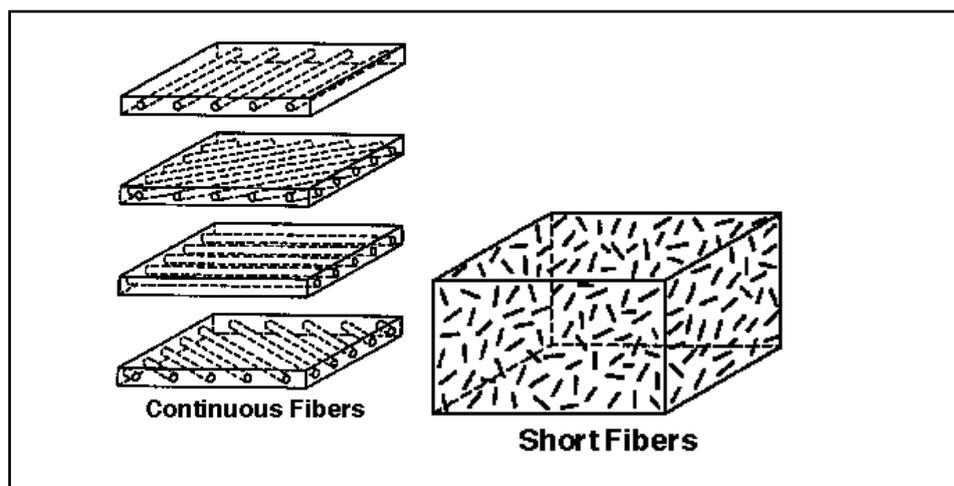
Fiber reinforced composite (FRC) merupakan material di bidang kedokteran gigi yang dapat digunakan sebagai pengganti restorasi logam dan sebagai bahan untuk pembuatan gigi tiruan cekat (Zhang & Matinlinna, 2012). FRC secara struktur terdiri dari dua komponen yaitu *fiber* dan matriks resin dengan *coupling agent* sebagai komponen tambahan yang berfungsi untuk meningkatkan ikatan atau adhesivitas antara *fiber* dan matriks. Umumnya *fiber* mempunyai diameter 7-10 μ m (Freilich dkk., 2000). Kelebihan yang dimiliki FRC adalah mempunyai kekuatan mekanis yang baik, tidak terjadi korosi, lebih estetik karena sewarna gigi (Freilich dkk., 2000), dan tidak memerlukan preparasi yang meluas dan dalam serta memiliki kekuatan fleksural dan kekuatan tekan yang lebih baik daripada resin pada umumnya. (Rosenstiel dkk., 2001). Aplikasi FRC pada bidang kesehatan, salah satunya adalah di bidang kedokteran gigi yang dimanfaatkan dalam pembuatan *splint* periodontal, gigi tiruan cekat (*bridge*), peralatan ortodontik, dan beberapa bahan restorasi *indirect* (Zhang & Matinlinna, 2012).

b. Komposisi *Fiber Reinforced Composite*

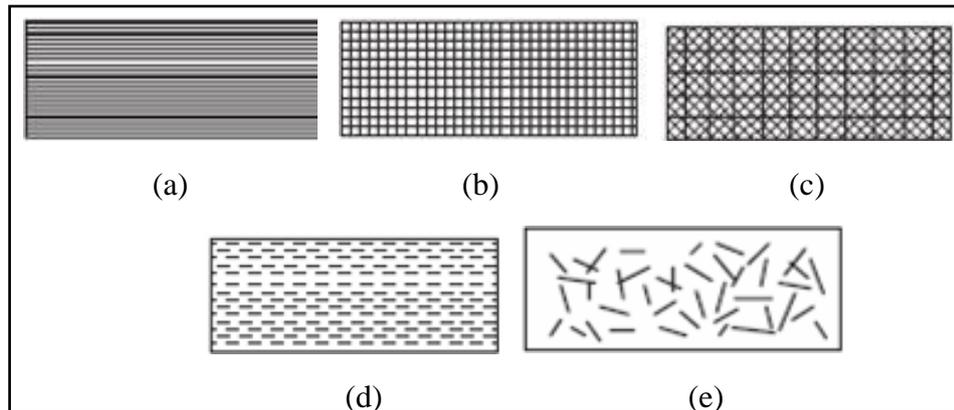
1) *Fiber*

Fiber adalah komponen utama dari material *fiber reinforced composite* yang berfungsi untuk meningkatkan sifat mekanis resin komposit. Karakteristik FRC akan di pengaruhi oleh jenis, volume, panjang dan arah *fiber* yang digunakan (Mallick, 2007).

Jenis *fiber* dikelompokkan berdasarkan panjangnya menjadi *continuous fiber reinforced composite (long fiber)* dan *discontinuous fiber reinforced composite (short fiber)* (Gambar 1). Serta berdasarkan arah *fiber* dalam FRC dibedakan menjadi *unidirectional fiber*, *bidirectional fiber*, dan *multidirectional fiber* pada *continuous fiber*, sedangkan *unidirectional fiber* dan *random discontinuous fiber* pada *discontinuous fiber* (Gambar 2) (Mallick, 2007).

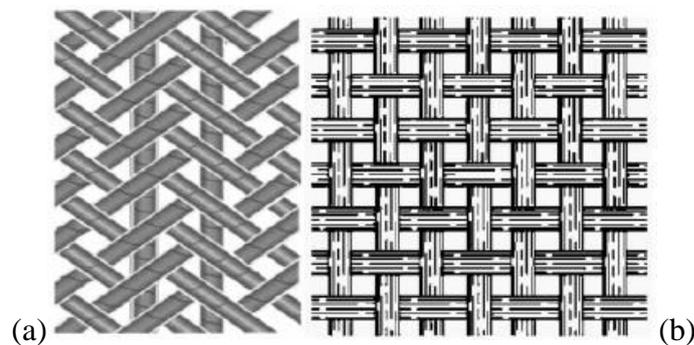


Gambar 1. Jenis fiber berdasarkan panjang fiber (Mallick, 2007).



Gambar 2. Jenis fiber pada FRC berdasarkan arah fiber. (a)unidirectional continuous fiber, (b)bidirectional continuous fiber, (c)multidirectional continuous fiber, (d)unidirectional discontinuous fiber, (e)random discontinuous fiber (Mallick, 2007).

Bidirectional fiber terdapat dua jenis sediaan, yaitu *braided fiber* dan *woven fiber* (Gambar 3).



Gambar 3. (a) braided (b) woven (Mallick, 2007)

Glass fiber, *aramid fiber*, *ultra high molecular weight polyethylene fiber* (UHMWPE), dan *carbon/graphite fiber* merupakan beberapa jenis *fiber* sintesis yang sering digunakan dalam FRC. Bidang kedokteran gigi menggunakan *glass fiber* dan UHMWPE *fiber* pada pembuatan *fixed partial denture*, karena resistensinya terhadap bahan kimia yang tinggi (Rappelli & Coccia, 2005).

Pada penelitian ini akan digunakan *polyethylene fiber* yang termasuk kedalam jenis *bidirectional fiber* dalam sediaan *braided fiber*.

2) Matriks Polimer

Fiber reinforced composite menggunakan resin komposit sebagai matriks polimernya. Resin komposit memiliki komposisi yaitu organik matriks, *filler* (bervariasi antara 70 – 80 % berat) (Schmalz & Bindlsev, 2008), *coupling agent*, inhibitor, dan activator. Resin komposit lebih sering menggunakan bis-GMA sebagai monomer organik matriksnya (Gars & Garg, 2012). Monomer organik matriks resin (bis-GMA) mempunyai ikatan hydrogen (dua gugus OH yang hidrofilik) yang menyebabkan sebagian kecil dari resin komposit bersifat hidrofilik. Monomer metakrilat resin dapat menyerap air melalui proses difusi karena bersifat hidrofilik (Anusavice, 2003).

Matriks polimer pada FRC berfungsi untuk berikatan bersama dengan fiber pada struktur komposit. Matriks juga berfungsi untuk mentransferkan tekanan dari lingkungan *fiber* dan melindungi *fiber* dari lingkungan luar, misalnya lingkungan kimiawi, kelembaban, dan tekanan mekanis (Zhang & Matinlinna, 2012). Matriks yang biasa digunakan pada bidang kedokteran gigi adalah resin komposit (Garoushi dkk., 2008) dengan salah satu jenisnya adalah resin komposit *flowable* (Ballo & Vallitu, 2011).

Resin komposit *flowable* menggunakan *bisphenol A glycidyl dimethacrylate* (bis-GMA) sebagai monomernya, dan hanya dapat efektif digunakan jika berbentuk rantai linear polimer. Bis-GMA memiliki

beberapa karakteristik, yaitu presentase *shrinkage* (penyusutan) yang besar, berat molekul yang tinggi serta monomer berviskositas tinggi. Viskositas atau kekentalan bis-GMA yang tinggi biasanya akan berdampak negatif pada penggunaan dibidang kedokteran gigi, maka penggunaan bis-GMA ditambahkan monomer berviskositas rendah sebagai pengontrol kekenalan untuk dapat dipakai secara klinis (Garcia dkk., 2006).

Komposit kedokteran gigi mempunyai *filler* pada matriks kompositnya. *Filler* matriks komposit menggunakan *silicon dioxide*. *Filler* matriks komposit berfungsi untuk mengurangi koefisien ekspansi thermal, memperjelas radiopak, dan dapat meningkatkan estetikanya (Garcia dkk., 2006).

3) *Coupling Agent*

Coupling agent merupakan komponen tambahan untuk meningkatkan adhesivitas antara matriks dan *fiber* pada FRC (Mallick, 2007). Tujuan utama penambahan *cupling agent* adalah membentuk ikatan kimiawi yang kuat, antara gugus oksida pada permukaan *fiber* dan molekul matriks polimer pada resin (Hull & Clyne, 1996). *Coupling agent* yang sering digunakan dalam kedokteran gigi adalah *silane*, yang efektif sebagai pendukung adhesivitas untuk meningkatkan penyatuan dari material yang berbeda. *Silane* akan berperan sebagai jembatan yang menghubungkan komponen organik dan inorganik dengan membentuk ikatan mekanis maupun kimiawi dari resin komposit (Craig & Powers, 2002).

c. Sifat *Fiber Reinforced Composite*

1) Sifat Fisik

Fiber reinforced composite merupakan material bebas logam yang memenuhi kriteria biokompatibel dan estetis. Untuk mendapatkan efek penguat yang bagus maka beberapa faktor penting harus diperhatikan, antara lain: orientasi (arah) *fiber*, jumlah *fiber*, pemasukan *fiber* dalam polimer matriks, adhesi yang kuat antara *fiber* dengan polimer matriks, tipe, dan sifat *fiber* (Le Bell-Ronnlof, 2007). *Fiber* ini mempunyai volume mencapai 60%, dan jika digabungkan dengan matriks resin dapat meningkatkan sifat fisik bahan tersebut. Kekurangan dari bahan FRC yaitu bahan ini memiliki radioopasitas yang kurang sehingga sulit untuk dievaluasi secara radiografis (Le Bell Ronnlof & Anna-Maria, 2007)

Gigi tiruan dari bahan FRC di dalam rongga mulut akan selalu berkontak dengan saliva. Proses hidrolisis dapat terjadi ketika air berdifusi melalui polimer dan mencapai antara permukaan silane *fiber* dan polimer. Hal tersebut dapat menyebabkan penurunan sifat fisik dari bahan FRC (Van Heumen, 2010).

2) Sifat Mekanik

Fiber reinforced composite mempunyai sifat mekanis yang bagus dan dapat digunakan untuk berbagai macam kebutuhan, mampu mempertahankan struktur gigi sebanyak mungkin karena menggunakan preparasi minimal dan teknik adhesif yang mudah (Le Bell-Ronnlof, 2007). Keunggulan penggunaan FRC secara umum adalah modulus elastisitasnya

(Yuji dkk., 2009) yang hampir sama dengan dentin, berkisar 20 GPa. Dibandingkan dengan bahan yang lain, *fiber reinforced composite* mempunyai kekuatan fleksural yang lebih baik, atraumatik, sangat retentive, resistensinya terhadap fraktur yang lebih baik (Kivanc & Ulusoy, 2009).

Fiber reinforced composite memiliki kekuatan fleksural yang berbeda-beda berdasarkan pabrik pembuatannya. Karakteristik FRC seperti perbandingan antara *fiber* dengan resin komposit, lebar *fiber*, dan kekuatan hubungan antara resin komposit dan *fiber* memiliki pengaruh terhadap sifat mekanis yang dimiliki oleh FRC (Seefeld dkk., 2007).

2. Polyethylene Fiber

a. Komposisi Polyethylene Fiber

Polyethylene fiber memiliki komposisi yaitu polimer yang terdiri dari monomer *ethylene* (C_2H_4) yang merupakan gas dengan berat molekul 28 g/mol (Kurtz, 2009). Dari berbagai jenis *polyethylene*, *ultra high molecular weight polyethylene* merupakan jenis *fiber* yang sering digunakan dalam kedokteran gigi. *Fiber* jenis ini termasuk dalam salah satu dari berbagai *reinforcing fiber* yang terkuat (Le Bell-Ronnlof, 2007). *Ultra High Molecular Weight Polyethylene* (UHMWP) merupakan polimer dengan struktur rantai *linear homopolymer*. Struktur rantai *linear homopolymer* berarti polimer tersebut tersusun atas monomer-monomer yang sama dan tersusun sejajar. Pada *fiber* jenis ini, rantai molekulnya terdiri dari 200.000 unit *ethylene* yang berulang dan 400.000 atom karbon (Kurtz, 2009).

b. Sifat *Polyethylene Fiber*

Fiber jenis *polyethylene* digunakan sebagai penguat pada FRC dengan tujuan untuk meningkatkan *impact strength*, modulus elastisitas, dan *flexural strength*. *Fiber* ini akan meningkatkan sifat mekanis dan estetik saat digunakan sebagai FRC (Barutcigil dkk., 2011).

Sifat mekanis dari UHMWPE adalah modulus elastisitasnya sebesar 0,5-0,8 GPa, *yield strength* sebesar 21-28 MPa, *tensile strength* sebesar 39-48 Mpa, dan *impact strength* sebesar 1070 J/m (Kurtz, 2009). Sifat fisis dari *fiber* UHMWPE ini antara lain densitas yang rendah yaitu 0.97 g/cm³ (Str08) transparansi dari *fiber* yang menciptakan estetik yang baik, dan tahan terhadap air, kelembapan, sebagian besar zat kimia, radiasi UV, serta mempunyai *abrasion resistance* yang baik (Le Bell-Ronnlof, 2007).

Titik lebur UHMWPE adalah pada suhu 147°C, namun karena akan menimbulkan sifat *creep* yang besar pada suhu di atas 100°C, maka pada saat *fiber* UHMWPE ini diaplikasikan diberi batasan suhu antara 80°C – 90°C. Suhu produksi yang aman untuk komposit adalah pada suhu di bawah 125°C, karena bila melebihi suhu ini akan menunjukkan penurunan yang cepat dan signifikan dalam kekuatan. *Fiber* jenis ini mempunyai sifat adhesi yang buruk terhadap matriks resin. Hal ini menyebabkan perlunya modifikasi permukaan dengan *gas plasma treatment* (Le Bell-Ronnlof, 2007)

Mikroorganisme dalam rongga mulut mempunyai afinitas yang tinggi untuk melekat pada FRC dengan *fiber* jenis UHMWPE (Curtis &

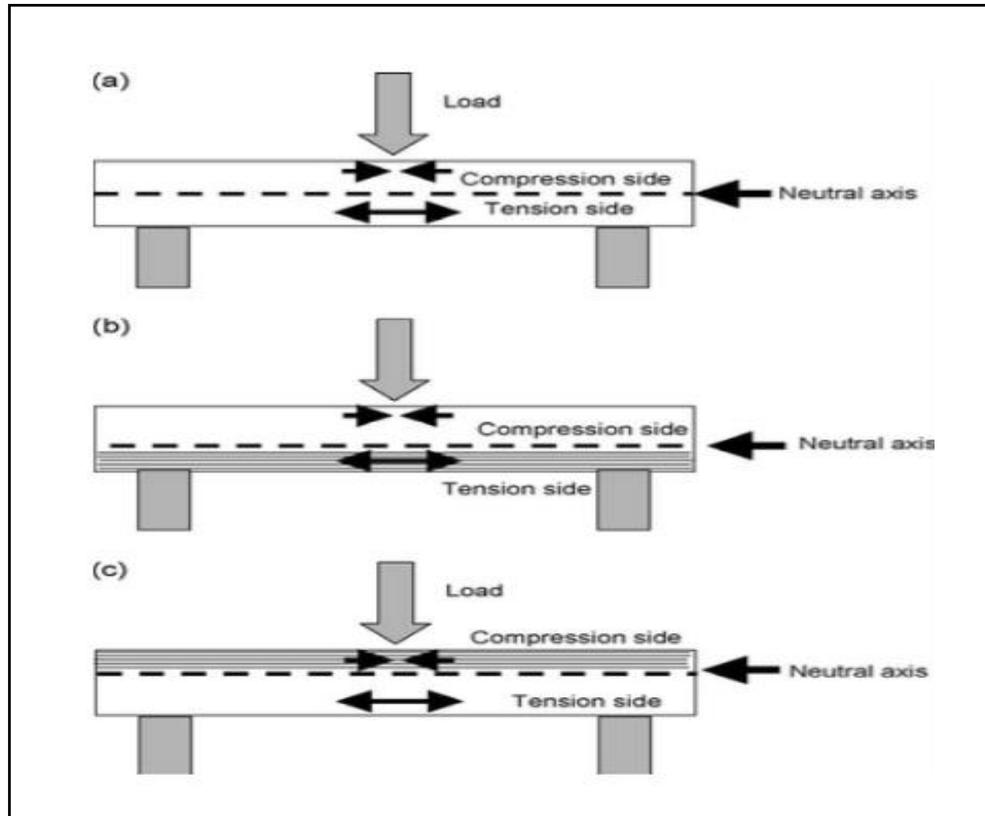
Watson, 2009). Beberapa studi melaporkan bahwa retensi mikroorganisme pada rongga mulut pada permukaan komposit dengan UHMWPE sebagai penguat lebih tinggi dibandingkan dengan FRC dan material restoratif konvensional lainnya (Le Bell-Ronnlof, 2007). Hal ini terkait dengan sifat penyerapan terhadap air dari *fiber* UHMWPE sendiri yang tergolong rendah (Kurtz, 2009). Permukaan UHMWPE mempunyai sifat hidrofobik, yaitu permukaan yang cenderung tidak menyerap atau tidak terbasahi oleh air.

c. Posisi *Fiber Reinforced Composite*

Dari hasil suatu penelitian menunjukkan volume *fiber* UHMWPE antara 18,6% dan 75,8% tidak ada perbedaan dalam nilai modulus elastisitasnya dan begitu juga posisi *fiber* UHMWPE yang berbeda dengan fraksi volumetrik *fiber* yang sama didapatkan nilai modulus elastisitas yang berbeda (Dyer dkk., 2004). Hal ini menunjukkan bahwa belum ada posisi dan volume *polyethylene fiber* yang optimal untuk meningkatkan sifat mekanik FRC (Septommy, 2014).

Penggunaan FRC pada GTC akan menerima berbagai gaya selama digunakan untuk pengunyahan diantaranya gaya *compression*, *tension*, dan *shear*. Maksimum tekanan oklusal dapat mencapai 900N pada gigi posterior usia dewasa dan tekanan pengunyahan antara 100-300N. Maksimum frekuensi tekanan oklusal bisa terjadi hingga 3000 kali per hari, hal tersebut menjadi pertimbangan bahwa GTC memiliki beban yang besar untuk waktu yang lama dalam penggunaan sehari-hari (Vallittu, 2001). Berdasarkan pembagian zona pada FRC yang terbagi menjadi 3, yaitu zona *compression*,

neutral, dan *tension* (Gambar 4) maka penempatan *fiber* pada FRC dapat ditempatkan pada salah satu zona tersebut.



Gambar 4. Skema area sisi tarikan (*tension side*) dan sisi tekanan (*compression side*). (a) sumbu netral berada pada bagian tengah sampel. (b) fiber terletak pada sisi tarikan, (c) fiber terletak pada sisi tekanan (Septommy, 2014).

3. Matriks Resin Komposit

Resin komposit adalah bahan yang terdiri dari dua atau lebih komponen, yang masing-masing mempunyai struktur dan sifat yang berbeda, yaitu matriks (*material organic*), *filler* (*material anorganik*), *coupling agent* (pengikat antara *filler* dan matriks ditambah dengan bonding system) (Anusavice, 2003). Ada beberapa macam klasifikasi resin komposit salah satunya yang dikemukakan oleh Lutz dan Philips. Berdasarkan ukuran bahan pengisi terdiri dari *macrofilled*, *microfilled*, dan *hybrid*. Pembagian

lain berdasarkan perbandingan banyaknya volume matriks resin dan bahan pengisi yang mempengaruhi daya alirnya, dibagi menjadi *packable* komposit dan *flowable* komposit (Anusavice, 2003). Pada penelitian ini akan digunakan matriks resin komposit jenis *flowable* filtek Z350 XT.

a. Komposisi *Flowable Resin Composite*

Flowable resin composite mempunyai komposisi yaitu bahan pengisi yang hamper sama dengan hybrid komposit, tetapi mengalami pengurangan konsentrasi bahan pengisi anorganik dan peningkatan volume matriks resin (Prabhakar dkk., 2003).

Komposit *flowable* berpolimerisasi dengan aktivitas sinar tampak. Komposit ini mempunyai ukuran partikel 0,4 μ m-3 μ m dan komposit ini mempunyai kandungan bahan pengisi anorganik sebesar 42-53% total volume. Kandungan bahan pengisi yang rendah mengakibatkan besarnya polimerisasi *shrinkage* dan rendahnya ketahanan bila dibandingkan dengan komposit mikrohibrid (Powers & Sakaguchi, 2006). Komposit *flowable* memiliki viskositas rendah dan daya alir yang tinggi (Gladwin & Bagby, 2001), yang dapat menghasilkan adaptasi yang baik pada kerusakan mikrostruktural dan makrostruktural pada dasar dan dinding kavitas sehingga menambah kekuatan ikatan dengan gigi (Chimello dkk., 2002).

b. Sifat *Flowable Resin Composite*

Flowable resin komposit memiliki sifat yang mudah mengalir karena presentase bahan pengisi inorganik yang rendah dan presentase matriks yang lebih tinggi dibanding komposit hybrid biasa (De Goes dkk.,

2008). Serta memiliki viskositas yang rendah dan daya alir yang tinggi sehingga menghasilkan modulus elastisitas yang rendah dan fleksibilitas yang tinggi. Hal tersebut dapat mengurangi ketegangan saat pengerutan akibat polimerisasi dan menghasilkan integrasi ikatan yang baik dengan struktur gigi (Prabhakar dkk., 2003). Selain itu, *flowable* resin komposit memiliki ketahanan terhadap fraktur (*fracture toughness*) yang lebih tinggi karena modulus elastisitasnya yang rendah (Sularsih & Sarianoferni, 2003). Kelebihan lain dari *flowable* resin komposit, yaitu dengan adanya sistem bonding yang memungkinkan adanya ikatan mekanis antara *flowable* resin komposit dengan struktur gigi (Prabhakar dkk., 2003).

4. Mikroporositas

Mikroporositas merupakan hal yang berpengaruh terhadap kekuatan fleksural FRC. Teknik kondensasi yang dilakukan secara manual dapat menyebabkan masuknya udara ke dalam resin sehingga terjadi porositas pada masing-masing sampel (Van Dijken dkk., 1985). Porositas dapat meningkatkan perambatan retakan di dalam resin serta dapat mengurangi kekuatan dari material. Hal ini juga berpengaruh terhadap daya tahan (kekuatan mekanis) dari material tersebut (McCabe & Ogden, 1987).

5. Scanning Electron Microscope (SEM)

Uji mikroporositas dapat dilakukan dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*). SEM memungkinkan visualisasi gambar dengan tingkat perbesaran yang tinggi yaitu 50-10.000x keatas. Dengan teknik ini, sebuah sinar elektron akan memindai permukaan sampel untuk

menghasilkan berbagai sinyal. Karakteristiknya bergantung pada banyak faktor termasuk energi sinar electron dan sifat sampel, karena sinar elektron akan menerpa sampel dan responnya dikumpulkan oleh detektor (Saghirdkk., 2012). Selama proses ini tidak menggunakan cahaya dan warna sampel tidak berpengaruh pada gambar. Hal ini sangatlah penting dalam kedokteran gigi, karena jaringan dan bahan gigi cenderung berwarna putih atau memiliki warna terang, yang umumnya justru mempersulit penggunaan mikroskop optik (Paradella & Bottino, 2012).

Gambar terbanyak yang didapatkan adalah gambar bervakum tinggi, karena permukaan gigi bisa diperbaiki dan dikeringkan. Level vakum yang tinggi mampu memunculkan gambar dengan pembesaran lebih tinggi, namun sampel harus bersifat konduktif. Namun karena gigi maupun bahan gigi (komposit, keramik, semen) tidak bersifat konduktif, maka sampel perlu diberi percikan Au atau Au-Pd jika memungkinkan. Lapisan karbon juga dapat digunakan, tergantung jenis penelitiannya (Paradella & Bottino, 2012).

6. Saliva Buatan

Saliva adalah suatu cairan oral yang kompleks dan tidak berwarna yang terdiri atas campuran sekresi dari kelenjar ludah besar dan kecil yang ada pada mukosa oral. Saliva dapat disebut juga kelenjar ludah atau kelenjar air liur. Komposisi saliva terdiri dari 99% air dan 1% terdiri dari substansi organik dan anorganik (Elmitha, 2011).

Pada penelitian ini akan digunakan saliva buatan dengan pH 6,8 untuk perendaman sampel yang akan dilakukan uji mikroporositas. Salah satu contoh komposisi saliva buatan adalah sebagai berikut (Elmitha, 2011):

NaHCO ₃	: 58,8 gram
Na ₂ HPO ₄ .7H ₂ O	: 42,0 gram
NaCl	: 2,82 gram
KCl	: 3,42 gram
CaCl ₂	: 0,24 gram
MgSO ₄ .7H ₂ O	: 0,74 gram

7. Kekuatan Fleksural

Kekuatan fleksural didefinisikan sebagai kemampuan sebuah material untuk menahan kombinasi beberapa tekanan, yaitu tekanan tarik (tensile stress), tekanan kompresif (compressive stress), dan tekanan geser (shear stress). (Mathew dkk., 2014). Kekuatan fleksural adalah gaya per satuan luas yang diberikan pada satu titik fraktur benda yang mengalami pembebanan lentur (Rajj & D'Souza, 2011). Hasil penelitian terdahulu menyatakan bahwa kekuatan fleksural semakin meningkat dengan bertambahnya kandungan *filler* pada komposit yang diuji (Ikejima dkk., 2003).

Kekuatan fleksural pada resin komposit untuk kebutuhan prostodontik adalah 123 Mpa, angka ini lebih tinggi dibandingkan *glass ionomer cements* dan *resin modified glass ionomers* yang umumnya masing-masing hanya memiliki kekuatan fleksural sebesar 10-30 Mpa dan

40-60 Mpa. Terdapat sebuah penelitian eksperimental FRC yang dapat menghasilkan kekuatan fleksural mendekati 140 Mpa. Peningkatan jumlah *fiber* pada FRC tidak menghasilkan kenaikan nilai kekuatan fleksural (Xu dkk., 1997).

Rumus perhitungan kekuatan fleksural (Mpa), adalah sebagai berikut (ISO 4049/2000):

$$\sigma = \frac{3Fl}{2bh^2}$$

dimana,

F = gaya maksimal yang diberikan pada sampel (Newton)

I = jarak antar (mm),

keakuratannya adalah 0,01 mm

b = lebar sampel (mm)

h = tinggi sampel (mm)

B. Landasan Teori

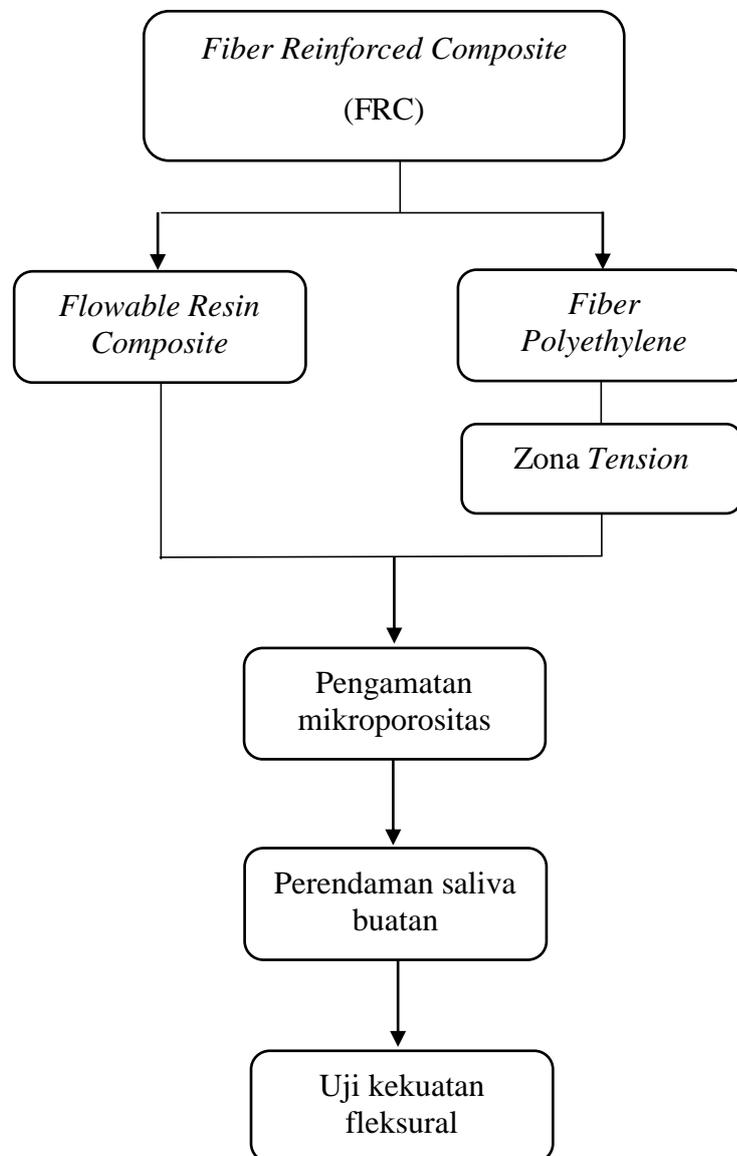
Fiber reinforced composite (FRC) adalah bahan yang mulai banyak digunakan sebagai alternatif yang potensial dalam pembuatan gigi tiruan jembatan (*bridge*). FRC terdiri dari dua material atau lebih berupa *fiber*, matriks polimer dan diperkuat oleh *coupling agent*. Sifat FRC lebih unggul dari bahan lain karena kekuatan tekan yang tinggi, tidak mudah korosi, dan sewarna dengan gigi. Kekuatan tekan yang tinggi dipengaruhi oleh adanya *fiber* dan kandungan *filler* pada resin.

Terdapat beberapa jenis *fiber* yang sering digunakan dalam FRC yaitu *glass fiber*, *aramid fiber*, *ultra high molecular weight polyethylene fiber* (UHMWPE), dan *carbon/graphite fiber*. *Polyethylene fiber* adalah salah satu jenis *fiber* yang memiliki keunggulan yaitu mempunyai modulus

elastisitas dan densitas yang rendah, kekuatan impak yang tinggi, dan tahan terhadap air, serta kelembaban yang baik. Jenis *fiber polyethylene* yang sering digunakan adalah *braided Ultra High Molecular Weight Polyethylene (UHMWPE) fiber*. Kekuatan *fiber* juga sangat dipengaruhi oleh posisi penempatannya yang dibagi menjadi 3 bagian, yaitu *compression, neutral, dan tension*.

Salah satu fungsi gigi adalah sebagai alat pengunyahan sehingga gigi akan menerima tekanan. Gigi tiruan harus memiliki kekuatan tekan yang tinggi. Kekuatan tekan tersebut dipengaruhi oleh kekuatan fleksural dan mikroporositas. Kekuatan fleksural didefinisikan sebagai kemampuan sebuah material untuk menahan kombinasi beberapa tekanan, yaitu tekanan tarik (*tensile stress*), tekanan kompresif (*compressive stress*), dan tekanan geser (*shear stress*). Untuk mengetahui pengaruh posisi *fiber* dan mikroporositas terhadap kekuatan fleksural, maka dilakukan pengamatan mikroporositas dengan *Scanning Electron Microscope (SEM)* dan uji kekuatan fleksural dengan menggunakan *Universal Testing Machine (UTM)*.

C. Kerangka Konsep



Gambar 5. Kerangka Konsep

D. Hipotesis

Berdasarkan teori yang telah diuraikan pada tinjauan pustaka, maka hipotesis penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

Terdapat pengaruh posisi *fiber polyethylene* pada zona *tension* dan mikroporositas terhadap kekuatan fleksural FRC menggunakan *flowable resin composite*.