

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bahan restorasi komposit berbasis resin dalam bidang kedokteran gigi telah mengalami kemajuan pada beberapa tahun terakhir. Penggunaan restorasi komposit pada gigi posterior semakin meningkat karena adanya perbaikan sifat fisik dan mekanisnya. Garoushi *et al.*,(2018) menyatakan tingkat keberhasilan restorasi komposit pada gigi posterior berkisar antara 65,2% - 92,5% dengan *follow up* 3-17 tahun. Tingkat kegagalannya berkisar 7% dalam setahun yang sebagian besar disebabkan karies sekunder, fraktur restorasi, marginal staining dan keausan. Brunthaler *cit* Garoushi (2018) dalam penelitiannya menyatakan kegagalan awal restorasi komposit pada gigi posterior berkaitan erat dengan fraktur. Sedangkan karies sekunder merupakan kegagalan yang terjadi dalam jangka waktu yang panjang. Alvanforoush *et al.*,(2017) melakukan observasi klinis pada restorasi komposit posterior periode 1995-2005 dan 2006-2016 dengan hasil ada peningkatan kegagalan dari 10,6% (32,3% fraktur) menjadi 13,1 % (62,8% fraktur). Gigi posterior menjadi gigi paling rentan terjadinya karies karena posisi gigi yang terletak paling dalam dengan kekuatan oklusal yang paling besar (Anusavice, 2012; Sakaguchi, 2018).

Vandijken *et al.*,(2017) melakukan penelitian secara klinis pada restorasi komposit kelas II tahun 2011 dan 2017. Hasilnya setelah 6-7 tahun menunjukkan tingkat kegagalan 10-15% dan 50% nya karena fraktur. Penelitian yang dilakukan oleh Pazinato *et al.*,(2012) dan Celik *et al.*,(2014) menyatakan kegagalan pada

restorasi komposit kelas II sebagian besar terjadi pada margin proksimal. Restorasi ulang dilakukan dalam jangka waktu 48-56 bulan yang disebabkan retak, karies sekunder dan perubahan warna. Penyebab kegagalan pada margin proksimal dikarenakan sebagian restorasinya berada pada enamel dan sebagian lagi pada dentin. Kekuatan sistem ikatan pada dentin tidak cukup kuat untuk menahan tekanan akibat kontraksi polimerisasi. Proses polimerisasi komposit dapat menyebabkan timbulnya tekanan yang melebihi kekuatan ikatan disekitar gigi. Kemungkinan penyebab lainnya adalah akses yang sulit dan terbatas pada kontak proksimal sehingga polimerisasi yang terjadi tidak sempurna pada dinding gingiva (Pazinatto *et al.*, 2012; Celik *et al.*, 2014).

Permasalahan umum pada restorasi kelas II resin komposit adalah terjadinya penyusutan akibat polimerisasi dan adaptasi yang kurang baik pada margin gingiva sehingga dapat terjadi *crack* pada restorasi bagian proksimal yang akan meningkat terus menerus diakibatkan oleh pengunyahan yang berulang-ulang. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan menggunakan bahan pelapis pengganti dentin yang dapat menyerap tegangan dari tekanan penyusutan polimerisasi dan kekuatan oklusal (Arandi & Rabi, 2020). Resin komposit *flowable* memiliki viskositas yang rendah, yang memungkinkan resin mengalir dengan mudah, menyebar dengan rata, dan dapat beradaptasi baik dengan kavitas. Resin komposit yang *flow* tersebut disarankan para klinisi digunakan pada kavitas kelas II gigi posterior sebagai basis untuk mendapatkan adaptasi yang baik dengan kavitas (Rodrigues *et al.*, 2017).

Material dengan modulus elastis rendah dapat digunakan sebagai lapisan elastis untuk menyerap tekanan. Modulus modulus elastisitas atau menggambarkan

kekakuan material dalam kisaran bagian elastisnya. Modulus elastisitas mencirikan kemampuan material untuk menahan perubahan non permanen di bawah tegangan atau kompresi. Suatu material dengan modulus elastisitas yang rendah akan bersifat ulet (fleksibel) dan akan mengalami deformasi elastis *reversible* (Gladwin,2013). Hal ini berarti, bahwa material tersebut akan berubah bentuk di bawah tekanan (tekanan pengunyahan) dan kembali ke ukuran aslinya setelah pelepasan tegangan, sedangkan bahan dengan modulus tinggi akan kaku (rapuh) dan tidak akan berubah bentuk, tetapi kemungkinan besar akan mengalami *crak* (Setiawan,2016;Sakaguchi *et al.*, 2019).

Modulus elastisitas yang tinggi tidak diinginkan untuk bahan restorasi karena bahan tersebut tidak akan mentolerir deformasi apapun bahkan di bawah tekanan ringan dan akibatnya bahan tersebut akan mudah patah. Sebaliknya, bahan restorasi harus memungkinkan deformasi kecil sehingga harus memiliki fleksibilitas seperti dentin (Anusavice *et al*, 2012). Beberapa penelitian tentang teknik penumpatan telah dilakukan untuk meminimalkan masalah restorasi komposit pada gigi posterior salah satunya dengan penggunaan lapisan elastis antara dentin dan komposit. Lapisan elastis tersebut dikenal sebagai basis, liner atau restorasi *intermediate* yang bertujuan sebagai material *stress-absorbing layer* atau *stress breaker* yaitu material yang menyerap tekanan saat polimerisasi tumpatan komposit dan tekanan pengunyahan sehingga adaptasi marginal dapat dipertahankan (Dionysopolulos *et al.*,2014; Anatavara *et al.*,2016).

Material restorasi secara konstan juga dapat mengalami perubahan akibat adanya perubahan suhu yang mendadak dari panas ke dingin atau sebaliknya didalam rongga mulut. Perubahan suhu yang mendadak ini bila sering terjadi dapat

mempengaruhi kerapatan material restorasi dan gigi. Material restorasi di dalam rongga mulut akan mengembang ketika dihangatkan oleh makanan dan minuman panas tetapi akan menyusut saat terkena minuman dingin. Ekspansi dan kontraksi yang berulang kali pada material restorasi polimer dapat mempengaruhi ikatan antara restorasi dan kavitas pada daerah marginal. Hal tersebut dapat mengakibatkan terbentuk celah mikroskopik, *crack* kemudian fraktur (Stewart *et al* 2013; Sakaguchi *et al.*, 2018).

Berbagai penelitian dilakukan untuk mengatasi kegagalan suatu restorasi komposit mulai dari merubah komposisi bioaktifnya seperti monomer, *filler* juga inisiator dan *co*-inisiator. Kemudian juga penelitian dengan mencoba memperbaiki dari faktor eksternalnya seperti teknik pengaplikasian, lama penyinaran serta jarak penyinaran yang dapat mempengaruhi kualitas restorasi komposit (Miletic, 2018; Sakaguchi, 2019). Penelitian tentang penggunaan basis dibawah restorasi komposit telah banyak dilakukan. Basis yang banyak digunakan saat ini adalah resin *modified glass ionomer* (RMGI) dan komposit *flowable*. RMGI memiliki keuntungan berikatan secara kimia dengan struktur gigi, mikromekanis dengan komposit, dan melepas *fluor*. Van deSande *et al.*, (2015) meneliti pengaruh basis RMGI terhadap ketahanan dan stabilitas restorasi komposit posterior, ternyata keberadaan basis RMGI tidak mempengaruhi ketahanan resin komposit. Sejalan dengan penelitian Arandi dan Rabi (2020) melaporkan bahwa restorasi komposit posterior yang digabungkan dengan basis RMGI menunjukkan lebih banyak terjadi fraktur. *Glass ionomer* meskipun sudah dimodifikasi dengan resin ternyata masih memiliki kekuatan tarik dan fleksibilitas yang rendah. Hal tersebut menyebabkan sulit mendapatkan adaptasi marginal yang baik.

Klinisi lebih merekomendasikan penggunaan komposit *flowable* pada dasar kavitas sebagai lapisan pertama. Hal tersebut dikarenakan komposit *flowable* memiliki sifat yang rendah viskositasnya, elastisitasnya lebih baik serta *wettabilitas* tinggi. Sifat-sifat tersebut memberikan kemampuan penutupan tepi yang lebih baik sehingga dapat membantu mereduksi tekanan penyusutan saat polimerisasi. Karakteristik material *flow* yang mempunyai modulus elastisitas rendah dapat memenuhi konsep *elastic wall cavity* (Lotfi *et al*, 2015; Anatavara *et al.*,2016). Roggendorf *et al.*,(2011), Scotti *et al.*,(2014) melakukan evaluasi adaptasi marginal dari kavitas kelas II dengan membandingkan penggunaan basis komposit *flow bulkfill* dan komposit *flow* konvensional setelah pembebanan termo-mekanis. Hasilnya tidak menemukan perbedaan skor kebocoran mikro di daerah servikal antar kelompok. Jang *et al.*,(2015), Madani *et al.*,(2019) menganalisis *microleakage* dari *flow bulkfill* secara eksperimental pada kavitas kelas II. Kesimpulan dari analisis mereka bahwa komposit *flow bulkfill* menunjukkan nilai tingkat penyusutan tegangan paling rendah tetapi lebih kaku dari bahan *flowable* konvensional maupun non *flowable*. Akibatnya adaptasi marginal yang optimal sulit diperoleh bahkan ketika diaplikasikan pada bagian marginal yang enamelnya lebih banyak.

Penelitian terus dilakukan dalam upaya untuk mendapatkan material komposit *flow* yang fleksibel dan tangguh terhadap retak sehingga dapat meningkatkan serta mempertahankan adaptasi marginal. Teknologi *fiber-reinforced composite* (FRC) saat ini sedang dikembangkan sebagai solusi yang inovatif. Serat dalam FRC berperan memberikan kekuatan transversal yang lebih baik. Serat juga mengurangi pengerutan atau penyusutan dalam arah tertentu serta

memberikan residual *stress* yang lebih rendah. Penggunaan serat dalam aplikasi restorasi di bidang kedokteran gigi menjadi suatu pilihan yang efektif (Abouelleil *et al.*, 2015).

Komposit *flowable* serat pendek telah mulai diperkenalkan dipasaran pada tahun 2013. Merek dagangnya adalah Xenius, yang kemudian dinamai *EverX Flow* (GC Corporation). Material ini terdiri dari serat kaca *E-glass* pendek berorientasi acak dalam resin matriks Bis-GMA, TEGDMA. Material tersebut diindikasikan sebagai basis pada daerah yang menahan tekanan tinggi. Pabrikan mengklaim bahwa material tersebut menirukan sifat dentin sebagai penyerap tekanan. Tetapi hingga saat ini masih terus dilakukan penelitian untuk meningkatkan ketahanan terhadap fraktur bila diterapkan sesuai dengan prinsip biomimetik (Ticoalu *et al.*, 2010; Shouha *et al.*, 2017; Tanner *et al.*, 2018).

Penelitian *in vitro* bahan FRC telah banyak dilakukan, tetapi penelitian mengenai kinerja klinis jangka panjang masih kurang. Kelemahan FRC saat ini adalah pada ikatan antarmuka serat dan matrik. Hidrolisis dan degradasi intraoral melemahkan ikatan antarmuka sehingga kegagalan masih terjadi yaitu fraktur dan delaminasi (Bocalon *et al.*, 2016; Garoushi *et al.*, 2017). Stick Tech Ltd (anggota grup GC) telah bekerja selama bertahun-tahun dalam material penguat komposit menggunakan serat kaca *E-Glass*. Penelitiannya tentang komposit jenis pasta yang diperkuat serat dalam uji *in vitro* dan *in vivo* yang berdampak positif pada kekuatan dan daya tahan restorasi. Penguat serat juga berdampak pada pola rekahan dan mengurangi jumlah kegagalan katastrofik. Komposit serat sintetik dengan viskositas rendah terus dikembangkan Stick Tech Ltd dengan tujuan dapat meniru sifat dentin sebagai penyerap tekanan dan dapat menjadi solusi dari kelemahan

resin komposit *flow* konvensional. Tujuan penggunaan serat pada resin komposit untuk mencegah terjadinya fraktur. Efek serat pada *filler* adalah menyerap tekanan dari matriks polimer ke serat selain itu juga berfungsi sebagai *crack stopper* (Dixit *et al.*,2017). Penggunaan *fiber* sebagai *filler* pada resin komposit memiliki beberapa fungsi diantaranya menurunkan penyusutan polimerisasi, meneruskan beban yang diterima pada matrik, memberikan stabilitas termal dan perubahan kimia, meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap fraktur (Mohanty *et al.*,2005).

Permasalahan dari komposit serat sintetis *flow* saat ini adalah masih mempunyai viskositas yang tinggi sehingga diperlukan teknologi tinggi yang mahal untuk pengolahannya. Serat kaca diperlukan untuk mempertahankan efek penguat material, tetapi serat kaca juga membuat material menjadi lebih kental sehingga sulit untuk mendapatkan viskositas yang rendah (Lassila *et al.*,2020). Kelemahan lain serat kaca *E-glass* ini adalah sebagian besar mengandung oksida logam berat seperti *barium*, *zinc*, *yttrium fluoride*, atau *ytterbiumtrifluoride* untuk *radiopacity*. Kandungan serat anorganik tersebut berpotensi menjadi toksik, *non biodegradable* dan diproduksi dengan proses energi yang sangat bergantung pada bahan bakar fosil. Serat *E-glass* densitasnya tinggi, pembentukan komposit lebih lama dan mudah rusak pada tekanan tinggi. Tetapi serat *E-glass* paling banyak digunakan pada material kedokteran gigi karena ketahanan kimia dan biaya yang relatif rendah dibandingkan serat anorganik yang lain (Mosharraf *et al.*,2012;Garoushi *et al.*,2013;Shouha *et al.*,2017).

Sebagian besar serat sintetis (anorganik) tidak tersedia pada negara-negara berkembang dan biaya yang dibutuhkan sangat besar untuk proses produksinya. Menipisnya sumber fosil merupakan masalah kritis bagi resin komposit serat saat

ini. Karena itulah potensi serat alam banyak dieksplorasi untuk menggantikan serat sintetis (Dixit *et al.*,2017; Fronza *et al.*,2017). Produk polimer berbasis bahan hijau seperti tanaman pertanian dan perkebunan merupakan dasar untuk membentuk produk yang *eco-efisien*, berkelanjutan dan bersaing dengan bahan sintetis. Pada sisi yang lain serat alam juga memiliki kekuatan yang bisa disejajarkan dengan serat sintetis. Bahkan untuk material tertentu serat alam dapat mengungguli serat sintetis. Saat ini semua dunia dihadapkan dengan masalah lingkungan dan biaya. Bahan alam mudah terdegradasi yang tidak mungkin terjadi pada bahan sintetis. Keunggulan serat alam adalah densitas rendah, tahan korosi, dan tidak *abrasive*, melimpah dan memiliki kekuatan spesifik yang tinggi (Mohammed *et al.*,2015; Yıldızhan *et al.*,2018).

Serat sabut kelapa yang dikenal dengan nama latinnya *cocos nucifera* L.(coir) saat ini sudah dimanfaatkan dan berkembang sebagai bahan baku produk komposit di bidang industri. Sabut kelapa merupakan hasil samping dan bagian terbesar dari buah kelapa. Sabut kelapa sangat melimpah dan memiliki efek farmakologis yang penting dengan toksisitas rendah. Karakteristik unggulan serat sabut kelapa adalah modulus elastisitasnya cukup rendah dan *elongation at breaknya* sangat tinggi. Sifat seratnya tidak kaku, sangat lentur, dan paling ulet diantara serat alam lainnya. Struktur permukaan seratnya berongga menyerupai busa/*sponge* (Bakhri,2011; Astika *et al.*,2013; Suryanto,2016). Keunggulan lainnya adalah kuat, ringan, tahan panas, tahan air garam, tahan cuaca, murah, dan mudah diperoleh. Melihat karakteristik, sifat dan strukturnya serat sabut kelapa bisa memenuhi sebagai salah satu syarat fungsi material basis di bidang kedokteran gigi. Sabut kelapa memiliki potensi yang tinggi untuk menggantikan bahan *filler* serat

sintetis. Lebih lanjut, teknis pemrosesan serat adalah faktor penting yang menentukan struktur dan sifat dari serat (Arsyad, 2016; Arsyad *et al.*, 2017). Berdasarkan latar belakang diatas maka akan dilakukan penelitian tentang potensi serat sabut kelapa sebagai *filler* resin komposit. Tujuannya untuk mendapatkan material basis biokomposit *flow* dengan nilai modulus elastisitas rendah, fleksibel dan tangguh terhadap retak sehingga adaptasi marginal yang baik dengan gigi dapat dipertahankan.

Fitur penting yang mempengaruhi kekuatan dan ketangguhan suatu material komposit adalah kekuatan ikatan antara material *filler* dan matriks. Serat tanaman tidak dapat digunakan secara langsung dalam bentuk aslinya, dibutuhkan modifikasi untuk membersihkan serat serta supaya mendapatkan kekuatan ikatan yang optimal dengan matriksnya. Modifikasi pemrosesan serat bertujuan untuk mendapatkan bagian serat paling kuat yaitu serat selulosa sebagai serat utama yang akan digunakan sebagai *filler* resin komposit (Arrohman *et al.*, 2020). Pembuatan komposit dengan *filler* serat selulosa dari sabut kelapa dengan viskositas rendah belum pernah dilakukan penelitian. Pada penelitian pendahuluan telah dilakukan untuk mendapatkan serat selulosa yang sesuai kriteria pada penelitian ini. Hasil dari pemrosesan serat didapatkan serat selulosa dengan bentukan *fiber* pendek, diameter $\pm 8,03 \mu\text{m}$ dan panjang $\pm 155,2 \mu\text{m}$ (Cevanti *et al.*, 2021).

Material matriks yang digunakan pada penelitian ini adalah BisGMA dengan pengencer TEGDMA dan *diglycidyl ether of bisphenol-A* (DGEBA) sebagai bahan *coupling agent*. DGEBA merupakan senyawa organik konstituen resin epoksi yang memiliki karakteristik sifat *adhesive* dengan kekuatan tarik tinggi, stabilitas termal yang baik dan daya rekat yang tinggi (Yao *et al.*, 2020). Bis-

GMA merupakan polimer monomer paling umum digunakan untuk resin komposit pada gigi. Untuk meningkatkan kinerja BisGMA, ditambahkan ekstra monomer seperti TEGDMA yang berupa cairan karena viskositas BisGMA yang tinggi. Dalam sistem resin multifase ini, BisGMA memainkan peran penting dalam mengurangi penyusutan volumetrik, meningkatkan reaktifitas komposit dan meningkatkan tingkat konversi dari ikatan ganda sampai batas tertentu (Li *et al.*, 2014).

Penelitian tentang komposit serat selulosa dari sabut kelapa belum pernah dilakukan sehingga perlu dilakukan uji ikatan kimia antara material pembuatnya yaitu matriks, *filler* dan *coupling agent*, uji kekuatan mekanik meliputi uji kekuatan fleksural, uji modulus elastisitas, uji kekuatan tekan dan uji adaptasi marginal basis komposit serat selulosa sabut kelapa *low viscous* dengan dinding dentin.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana mekanisme serat selulosa sabut kelapa sehingga mempunyai potensi sebagai *filler* resin komposit berbasis Bis-GMA dengan viskositas rendah untuk bahan basis pada restorasi gigi posterior?

Selanjutnya masalah yang menjadi bahan kajian dalam penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Bagaimana serat selulosa sabut kelapa dapat berikatan secara kimia dengan DGEBA sebagai bahan *coupling agent* ?
2. Bagaimana serat selulosa sabut kelapa dapat berikatan secara kimia dengan campuran BisGMA dan TEGDMA?

3. Bagaimana serat selulosa sabut kelapa dapat berikatan secara kimia dengan campuran DGEBA sebagai *coupling agent*, Bis-GMA dan TEGDMA sebagai matriksnya ?
4. Bagaimana perbedaan kekuatan fleksural komposit serat selulosa sabut kelapa *low viscous* dengan komposit sintetis *flowable* pabrikan?
5. Bagaimana perbedaan nilai modulus elastisitas komposit serat selulosa sabut kelapa *low viscous* dengan komposit sintetis *flowable* pabrikan?
6. Bagaimana perbedaan kekuatan tekan komposit serat selulosa sabut kelapa *low viscous* dengan komposit sintetis *flowable* pabrikan?
7. Bagaimana adaptasi marginal antara bahan basis komposit serat selulosa sabut kelapa *low viscous* dengan dinding dentin?

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan bahwa serat selulosa sabut kelapa mempunyai potensi sebagai *filler* resin komposit berbasis BisGMA dengan viskositas rendah untuk basis pada restorasi gigi posterior.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Membuktikan bahwa serat selulosa sabut kelapa dapat berikatan secara kimia dengan bahan *coupling agent* (DGEBA) .
2. Membuktikan bahwa serat selulosa sabut kelapa dapat berikatan secara kimia dengan campuran BisGMA dan TEGDMA.
3. Membuktikan bahwa serat selulosa sabut kelapa dapat berikatan secara kimia dengan campuran DGEBA, Bis-GMA dan TEGDMA.

4. Membuktikan perbedaan kekuatan fleksural komposit serat selulosa sabut kelapa *low viscous* dengan komposit sintetis *flowable* pabrikan.
5. Membuktikan perbedaan modulus elastisitas komposit serat selulosa sabut kelapa *low viscous* dengan komposit sintetis *flowable* pabrikan.
6. Membuktikan perbedaan kekuatan tekan komposit serat selulosa sabut kelapa *low viscous* dengan komposit sintetis *flowable* pabrikan.
7. Mengevaluasi secara mikroskopis adaptasi marginal basis komposit serat selulosa sabut kelapa *low viscous* dengan dinding dentin.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini dapat menjadi suatu informasi ilmiah pemanfaatan serat sabut kelapa dengan mengungkapkan karakteristik material komposit serat selulosa sebagai kandidat material *filler* resin komposit di bidang kedokteran gigi.

1.4.2 Manfaat Praktis

1. Mengetahui kemampuan komposit serat selulosa berbasis BisGMA sebagai kandidat *novelty* basis pada material resin komposit yang *low viscous*.
2. Mengembangkan potensi *filler* dari serat sabut kelapa sebagai material alternatif penggunaan serat sintetis pada komposit restorasi kedokteran gigi dalam usaha menuju produk komersial yang dapat memberikan keuntungan kepada masyarakat terkait dengan pemanfaatan sumber daya alam di Indonesia.