

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berkembangnya teknologi saat ini dapat mempengaruhi perkembangan ilmu kedokteran gigi dan menimbulkan berbagai dampak terhadap kehidupan dan kualitas hidup pasien yang memiliki masalah terhadap gigi dan mulutnya. Di era globalisasi ini, banyak orang yang mengalami kerusakan struktur gigi terutama karena konsumsi makanan yang mengandung berbagai zat yang dapat menyebabkan rusaknya struktur gigi serta tidak menggosok gigi minimal sehari dua kali sehingga terbentuknya plak pada gigi dan sisa makanan yang tidak dibersihkan yang berada diantara gigi.¹

Karies adalah penyakit mikrobiologi infeksius pada gigi yang menghasilkan penghancuran jaringan kalsifikasi secara lokal. Karies pada gigi atau gigi berlubang merupakan tanda infeksi bakteri, sehingga untuk mengembalikan struktur gigi yang telah rusak, diperlukan prosedur restorasi.^{2,3}

Prosedur restorasi terbagi menjadi dua yaitu prosedur restorasi secara langsung dan tidak langsung. Restorasi secara langsung adalah prosedur restorasi yang menggunakan bahan restorasi yang dapat langsung ditempatkan ke dalam lubang gigi yang sudah dipreparasi (kavitas gigi) dalam satu kali kunjungan untuk menyelesaikan restorasi, sedangkan restorasi secara tidak langsung adalah prosedur restorasi yang menggunakan bahan restorasi yang dibuat di laboratorium terlebih dahulu, setelah itu ditempatkan ke dalam lubang gigi yang sudah

dipreparasi (kavitas gigi) dan penempatan bahan restorasi ke dalam gigi membutuhkan dua kali kunjungan atau lebih untuk menyelesaikan restorasi. Seluruh restorasi secara tidak langsung membutuhkan semen *dental* untuk melekatkan bahan ke dalam kavitas gigi.⁴

Bahan yang umumnya digunakan untuk restorasi secara langsung adalah amalgam, *glass ionomer*, dan komposit. Saat ini, komposit secara umum digunakan untuk restorasi kelas I, III, IV dan V. Restorasi kelas II sulit menggunakan komposit karena kurangnya kekuatan untuk menahan gaya di bawah area bertekanan tinggi, dan restorasi kelas II meliputi *cusp* atau bagian mesial dan distal gigi posterior sehingga pembuangan jaringan gigi lebih banyak.⁵

Bahan yang umumnya digunakan untuk restorasi secara tidak langsung adalah *porcelain*. *Porcelain* umumnya digunakan untuk *crown*, *inlay*, *onlay*, *bridge*, *veneer*, dan restorasi *porcelain-fused-to-metal* (PFM). Kelebihan penggunaan *porcelain* adalah resistensi terhadap *wear* yang tinggi, *biocompatible*, tidak larut dalam cairan rongga mulut, memiliki stabilitas dimensional yang baik, dan estetik sewarna dengan gigi. Tetapi, bahan *porcelain* memiliki ketahanan fraktur yang rendah dan menyebabkan gigi atrisi pada gigi antagonis, dan sulit untuk dibuat karena membutuhkan suhu yang tinggi. *Porcelain* memiliki nilai *tensile strength* sebesar 40 MPa.^{6,7}

Bahan restorasi yang ideal harus *biocompatible*, berikatan secara permanen terhadap struktur gigi, memiliki warna sama seperti struktur gigi dan jaringan lain sekitarnya, memiliki sifat mekanis yang baik, dan dapat memperbaiki jaringan atau regenerasi jaringan yang hilang atau rusak.⁸

Komposit adalah produk yang terdiri dari sedikitnya dua bahan berbeda dibentuk dengan memadukan komponen tersebut yang memiliki struktur dan sifat yang berbeda dengan tujuan untuk menghasilkan bahan yang memiliki sifat yang diinginkan. Komposisi komposit terdiri dari matriks, *filler*, dan *coupling agent*. Matriks pada komposit secara umum adalah Bis-GMA (*bisphenol A-glycidyl methacrylate*). Bis-GMA memiliki kekurangan seperti viskositas yang tinggi, penyerapan air tinggi, polimerisasi *shrinkage*, dan tidak melekat terhadap struktur gigi. Bahan restorasi harus memiliki sifat mekanis yang baik agar dapat menahan beban kunyah dalam mulut.^{5,9,10}

Filler pada komposit secara umum terbagi menjadi tiga tipe yaitu *ground quartz*, *colloidal silica*, *glasses* atau *ceramic* mengandung *heavy metal*. Salah satu bahan *filler* yang umum digunakan adalah *zirconia* karena *biocompatible*, sifat mekanis baik, stabilitas dimensional yang baik, kekerasan dan ketahanan fraktur yang baik.^{11,12}

Zirconia juga digunakan sebagai bahan material dalam bidang kedokteran gigi terutama bahan restorasi karena estetik yaitu memiliki warna yang sewarna dengan gigi. *Filler* lain yang digunakan adalah *silica nanosphere* karena dapat meningkatkan sifat mekanis, kestabilan suhu, dan memungkinkan berbagai aplikasi yang lebih luas dibandingkan komponen tunggal. Nanosilika dapat memberikan gambaran opasitas yang rendah dan distribusi beban mekanis yang baik (khususnya berbentuk *spherical* atau bulat) yang menyebabkan peningkatan sifat mekanik.^{11,13,14,15,16}

Matriks yang paling sering digunakan pada komposit dalam bidang kedokteran gigi adalah Bis-GMA, diikuti dengan TEGDMA (*triethylene glycol dimethacrylate*), UDMA (*urethane dimethacrylate*), dan PMMA (*polymethylmethacrylate*). Namun, semakin berkembangnya teknologi, terdapat bahan baru yang banyak diteliti oleh peneliti yaitu geopolimer. Geopolimer merupakan hasil reaksi kimia dari bahan mengandung *aluminosilicate* (Si-Al) dengan larutan alkali. Reaksi kimia geopolimer dinamakan geopolimerisasi. Larutan alkali terbuat dari campuran sodium silikat dan sodium hidroksida sebagai bahan aktivator matriks.^{8,17,18,19}

Geopolimer menarik perhatian karena kekuatan dan daya tahan tinggi, tahan abrasi, durabilitas jangka panjang, dan temperatur stabil. Geopolimer tahan terhadap asam karena memiliki kandungan kalsium yang rendah. Beberapa literatur menganjurkan untuk membuat geopolimer berbahan dasar metakaolin dengan campuran sodium hidroksida dan sodium silikat untuk meningkatkan sifat mekanisnya. Hasil yang didapat dari literatur tersebut mengarah kepada kondisi *curing* yang melibatkan suhu pada temperatur lebih tinggi daripada temperatur ruangan.^{19,20}

Alasan utama geopolimer banyak diteliti dan menarik perhatian karena sumber bahan geopolimer berasal dari limbah pabrik dan sumber alam. Salah satu prekursor geopolimer adalah kaolin, dan kaolin berasal dari sumber alam. Keuntungan geopolimer yang lainnya yaitu biaya yang efektif karena harga limbah dan sumber alam yang murah dan proses pembuatannya tidak rumit dibandingkan *porcelain*.¹⁸

Pada penelitian ini dilakukan pengembangan material komposit (nanokomposit) sebagai bahan restorasi gigi berbahan dasar geopolimer yang digunakan sebagai matriks dengan *filler zirconia* dan *silica nanosphere* yang diharapkan memiliki sifat mekanik yang baik menyerupai enamel. *Tensile strength enamel* sebesar 10 MPa.⁷

1.2 Identifikasi Masalah

1. Apakah sintesis *silica* berbentuk bulat (*sphere*) melalui teknik *sol-gel* dapat menghasilkan partikel berukuran nano berdasarkan karakterisasi (*Scanning Electron Microscope*) SEM?
2. Apakah sintesis *zirconia* melalui teknik *sol-gel* dapat menghasilkan partikel berbentuk tetragonal berdasarkan karakterisasi (*X-ray Diffraction*) XRD?
3. Apakah penambahan *filler zirconia* dan *silica nanosphere* berpengaruh terhadap *diametral tensile strength* nanokomposit dengan matriks geopolimer?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh penambahan *filler zirconia* dan *silica nanosphere* terhadap *diametral tensile strength* nanokomposit dengan matriks geopolimer.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mensintesis *silica* berbentuk bulat (*sphere*) dengan teknik *sol-gel* sehingga menghasilkan partikel berbentuk nano berdasarkan karakterisasi SEM.

2. Mensintesis *zirconia* melalui teknik *sol-gel* dapat menghasilkan partikel berbentuk tetragonal berdasarkan karakterisasi XRD.
3. Mengetahui penambahan *filler zirconia* dan *silica nanosphere* berpengaruh terhadap *diametral tensile strength* nanokomposit dengan matriks geopolimer.

1.4 Manfaat Karya Tulis Ilmiah

Manfaat dari penelitian ini terdiri dari manfaat ilmiah, manfaat praktis, dan manfaat akademis yang akan dijelaskan sebagai berikut:

a. Manfaat Ilmiah

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan yang bermanfaat bagi institusi dan masyarakat mengenai adanya pengaruh penambahan *filler zirconia* dan *silica nanosphere* pada nanokomposit dengan matriks geopolimer. Selain itu juga dapat menjadi landasan ilmiah untuk melakukan penelitian lebih lanjut.

b. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan nanokomposit dengan *filler zirconia* dan *silica nanosphere* dan geopolimer sebagai matriks yang memenuhi persyaratan untuk dijadikan bahan restorasi gigi yang ideal.

c. Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan menjadi pengembangan ilmu pengetahuan akademik yang bermanfaat bagi mahasiswa fakultas kedokteran gigi pada bidang ilmu teknik material kedokteran gigi, khususnya mengenai ilmu konservasi gigi.

1.5 Kerangka Pemikiran dan Hipotesis

Bahan restorasi gigi mengandung komponen-komponen sintetis yang digunakan untuk memperbaiki atau menggantikan struktur gigi. Bahan restorasi yang ideal harus *biocompatible*, berikatan secara permanen terhadap struktur gigi, memiliki warna sama seperti struktur gigi dan jaringan lain sekitarnya, memiliki sifat mekanis yang baik, dan dapat memperbaiki jaringan atau regenerasi jaringan yang hilang atau rusak.⁸

Komposit adalah produk yang terbuat dari sedikitnya dua fasa berbeda yang terbentuk dengan pencampuran secara bersamaan komponen yang memiliki struktur dan sifat berbeda. Tujuan produksi bahan komposit adalah untuk mencapai sifat dan struktur yang diinginkan.^{7,9}

Beberapa puluh tahun terakhir, teknologi nano berkontribusi dalam meningkatkan performa klinis komposit dalam bidang kedokteran gigi. Bahan nano menarik perhatian karena dianggap bahan berukuran nano dapat meningkatkan sifat mekanis, fisik, kimia, dan optikal secara signifikan. Nanokomposit memiliki angka *diametral tensile strength* sebesar 81 MPa, sedangkan *tensile strength* untuk komposit pada umumnya sebesar 34-62 MPa.^{3,7,12,21}

Nanokomposit terdiri dari matriks, *filler*, dan *coupling agent*. *Filler* yang digunakan pada penelitian ini adalah *zirconia* dan *silica nanosphere*. Alasan *zirconia* digunakan sebagai *filler* di kedokteran gigi karena sifat mekanik yang baik, stabilitas dimensional yang baik, ketahanan baik, *biocompatible*, resistensi kimia, sifat estetik, opasitas, dan translusensi yang baik. Zirkonia membutuhkan

stabilizer agar fasa kristal yang telah dicapai dapat dipertahankan pada suhu ruangan. Metal oksida umumnya digunakan untuk menstabilkan *zirconia*, selain metal oksida, *calcium* umumnya digunakan sebagai bahan penstabil *zirconia* menggunakan *heat treatment*.^{11,22,23}

Alasan *silica nanosphere* digunakan sebagai *filler* di kedokteran gigi karena permukaan spesifik yang tinggi dan warna yang estetik (kecerahan tinggi), meningkatkan sifat fisik dan kimia, dan kestabilan suhu yang baik, sehingga memungkinkan berbagai aplikasi yang lebih luas dibandingkan komponen tunggal. Penambahan *silica nanosphere* dapat memberikan opasitas yang rendah pada suatu bahan. Teknik sol-gel memungkinkan terbentuknya partikel dengan morfologi tertentu. Nanosilika disintesis menggunakan metode *sol-gel* dilaporkan memiliki bentuk bulat (*sphere*) yang bervariasi dengan distribusi ukuran yang sempit yang berguna untuk aplikasi kedokteran gigi.^{13,15,16}

Matriks yang digunakan pada penelitian ini adalah geopolimer karena sifat mekanik dan sifat kimia yang bagus, kekuatan dan daya tahan tinggi, tahan abrasi, temperatur stabil, dan tahan asam. Namun, geopolimer memiliki potensi *shrinkage*, bersifat getas, dan tidak estetik, sehingga perlu ditambahkan *filler*. Geopolimer disintesa menggunakan bahan mengandung aluminosilika dilarutkan kedalam larutan alkalin aktivator. Bahan prekursor yang digunakan pada sintesis geopolimer berasal dari sisa limbah dan sumber alam, sehingga biaya yang dikeluarkan sedikit dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah metakaolin.^{18,19}

Metakaolin digunakan pada penelitian ini sebagai salah satu komponen dari geopolimer dan bertindak sebagai *binder*. Alasan Metakaolin dipilih sebagai prekursor geopolimer karena prekursor geopolimer lainnya berasal dari sisa limbah sedangkan kaolin berasal dari sumber alam, sehingga secara biokompatibilitas untuk prekursor selain metakaolin masih diragukan. Pada industri keramik, kaolin digunakan untuk membuat warna menjadi lebih estetik.¹²

Metakaolin berfungsi sebagai bahan awal karena kemurniannya dan reaktivitas tinggi. Penggunaan Metakaolin dalam suatu bahan dapat meningkatkan kekuatan, mikrostruktur yang padat seperti meningkatkan *compressive strength*, *tensile strength*, dan *flexural strength*, porositas sedikit, dan resistensi terhadap rangsangan kimia meningkat.^{18,24,25}

Proses reaksi kimia geopolimer disebut dengan geopolimerisasi. Geopolimerisasi terjadi dalam beberapa tahap dimana tahap pertama meliputi pelepasan silika (SiO_4) dan alumina (AlO_4), dilanjutkan dengan tahap hidrolisis, dan tahap polikondensasi.^{18,19}

Larutan alkali aktivator menggunakan campuran sodium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat (Na_2SiO_3). Sodium silikat berfungsi sebagai aktivator dalam mempercepat reaksi polimerisasi, dan sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur Al dan Si yang terkandung dalam partikel metakaolin.¹⁹

Menurut penelitian Wiryadi (2015), dilakukan pengujian pada 3 kelompok spesimen untuk mengevaluasi kekerasan *micro vicker's* pada spesimen dengan perbandingan *filler zirconia*, *silica nanorod*, dan metakaolin yang berbeda-beda pada matriks geopolimer dan didapatkan hasil bahwa kelompok I dengan

perbandingan *zirconia*, *silica nanorod*, dan metakaolin yaitu 60:20:20 memiliki kekerasan tertinggi dibandingkan kelompok lain dan kesimpulan penelitian tersebut bahwa peningkatan kekerasan berbanding lurus dengan peningkatan jumlah *zirconia*, tetapi belum melakukan pengujian *diametral tensile strength*. Pada penelitian ini akan melakukan pengujian *diametral tensile strength* karena bahan bersifat *brittle*, dan ingin mengetahui nilai *tensile strength* karena *tensile strength* salah satu dari jenis kekuatan yang diperlukan bahan untuk menahan beban kunyah.^{26,27}

Penelitian sebelumnya menunjukkan komposisi zirkonia : silika : metakaolin per kelompoknya yaitu kelompok I (60:20:20), kelompok II (50:20:30) dan kelompok III (40:20:40) dan didapatkan nilai kekerasan tertinggi yaitu kelompok I. Peneliti ingin membuat variasi kelompok dengan kelompok I sebagai kelompok kontrol negatif, komposisi zirkonia :silika: metakaolin kelompok II (0:80:20) dan , komposisi zirkonia :silika: metakaolin kelompok III (60:20:20).²⁶

Menurut penelitian Ekaputri, Junaedi, dan Wijaya (2016), dilakukan pengujian pada 4 kelompok spesimen untuk mengevaluasi *splitting tensile strength* pada spesimen dengan menambahkan *polyvinyl alcohol fiber* (PVA) kedalam geopolimer dengan komposisi dan temperatur yang berbeda-beda dengan terdapat kelompok kontrol negatif (geopolimer tidak ditambahkan PVA), dan didapatkan hasil bahwa kelompok kontrol negatif pada suhu 25° C adalah 2,34 MPa, suhu 40° C adalah 2,35 MPa, suhu 60° C adalah 2,39 MPa, dan suhu 80° C adalah 2,91 MPa, serta spesimen dengan suhu curing 80° C mendapatkan nilai *split tensile*

strength terbesar dibandingkan kelompok suhu *curing* lain, dan seiring bertambah banyaknya PVA meningkatkan nilai *tensile strength*.²⁸

Berdasarkan kerangka pemikiran tersebut, didapatkan hipotesis bahwa penambahan *filler zirconia* dan *silica nanosphere* berpengaruh terhadap *diametral tensile strength* nanokomposit dengan matriks geopolimer.

1.6 Metodologi

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium dengan mensintesis *filler* partikel *zirconia* dan *silica nanosphere* dan geopolimer sebagai matriks untuk membentuk nanokomposit dengan memberikan perbedaan perlakuan kelompok spesimen pada perbandingan antara komposisi *filler* dan komposisi matriks geopolimer yaitu metakaolin. Hasil penelitian dihitung dengan menggunakan analisis statistik metode ANOVA *one way* dilanjutkan dengan *Post Hoc* Tukey menggunakan *software* SPSS.

1.7 Lokasi dan Waktu Penelitian

Pra-penelitian dilakukan pada bulan Agustus 2017 hingga Oktober 2017 dan penelitian dilakukan pada bulan Desember 2017 hingga Maret 2018 yang berlokasi di:

1. Sintesis *filler zirconia*, *silica nanosphere*, dan geopolimer sebagai matriks nanokomposit dilakukan di *Advanced Material Processing Laboratorium*, Institut Teknologi Bandung.

2. Karakterisasi *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan di Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi, Institut Teknologi Bandung.
3. Karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan di Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi, Institut Teknologi Bandung.
4. Uji *Diametral Tensile Strength* dilakukan di Pusat Penelitian Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Kristen Maranatha.

