

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masyarakat kini cenderung sudah mempunyai kesadaran tinggi akan kesehatan gigi dan mulut, oleh karenanya ketika gigi mengalami karies biasanya akan pergi ke dokter gigi agar giginya dilakukan perawatan tumpatan sehingga dapat mengembalikan fungsi giginya kembali normal. Fungsi gigi tidak hanya sebagai alat pencernaan mekanik tetapi juga mempunyai fungsi fonasi. Gigi juga merupakan suatu organ yang keras adapun struktur berkalsifikasi yang menjadikannya keras yaitu lapisan enamel. Lapisan enamel merupakan bagian terkeras dari gigi yang berfungsi melindungi gigi walaupun demikian enamel akan terus terkikis seiring usia seseorang semakin tua. Adapun penyebab yang dapat merusak struktur gigi yaitu karies sehingga diperlukan perawatan restorasi dan penumpatan agar gigi dapat dipertahankan dalam rongga mulut seseorang. Bahan restorasi yang biasa digunakan oleh dokter gigi adalah amalgam, *glass ionomer cement* (GIC), dan resin komposit. Bahan yang biasanya direkomendasikan oleh dokter gigi dengan pertimbangan estetika yang baik adalah resin komposit, selain itu resin komposit juga mempunyai ketahanan terhadap tekanan dari proses mastikasi.

Resin komposit adalah bahan yang sering digunakan untuk memperbaiki enamel dan dentin oleh karena unggul dalam fungsi estetika dan sifat mekanis yang adekuat (McPhail dkk. 2012). Resin komposit juga memiliki keunggulan seperti bobot yang ringan, tahan korosi terhadap cairan-cairan tubuh, dan tahan terhadap keausan. Informasi kekerasan permukaan bahan restorasi merupakan salah satu cara yang digunakan sebagai penilaian ketahanan terhadap tekanan yang akan mempengaruhi gesekan mekanik saat mengunyah dan menyikat gigi (Kafalia dkk. 2017).

Sebagai bahan utama pengisi tumpatan, Resin komposit memiliki berbagai jenis seperti resin komposit konvensional, resin komposit dengan bahan mikro partikel, dan resin komposit hibrid dan resin komposit nanofiller. Bahan yang sering digunakan adalah resin komposit hibrid. Bahan ini mempunyai keunggulan dari

estetikanya, tahan terhadap fraktur dan keausan, shrinkage yang rendah, penyerapan cairan rendah, dan dapat dipoles tekstur permukaannya serta ketahanan abrasi oleh karena digunakan bersamaan dengan gigi (Soekartono 2014). Resin komposit *nanohybrid* diklaim sebagai resin komposit universal yang cocok diberbagai jenis restorasi kavitas, sebagai resin venner, pembentukan morfologi gigi, dan bahan yang digunakan untuk mengatasi perubahan warna pada gigi. Selain itu resin komposit *nanohybrid* juga mempunyai kelebihan seperti lebih sedikit pengkerutan polimerisasi dan lebih mengkilat dibanding resin komposit jenis lain (Soekartono 2014).

Kekerasan resin komposit akan dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimiawinya. Sifat fisik dari resin komposit akan mempengaruhi kelarutan dan absorpsi air, sedangkan sifat kimiawinya adalah polimerisasi bahan, ketebalan resin komposit, jarak penyinaran dan lama penyinaran. Adapun faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kekerasan resin komposit seperti makanan dan minuman yang dikonsumsi. Makanan dan minuman yang mengandung pH asam cenderung menjadikan permukaan resin komposit menjadi kasar oleh karena dapat mengalami degradasi matriks (Nilasary 2019). Selain itu kualitas dari resin komposit akan menurun oleh karena beberapa faktor seperti kelembaban, mikroflora oral, dan keasaman. Derajat keasaman atau pH normal dari rongga mulut berkisar di angka 6,8-7,8 apabila pH dalam rongga mulut berada dibawah nilai tersebut maka akan berpengaruh pada tumpatan resin komposit (Putri dkk. 2020).

Salah satu faktor sehingga pH di dalam rongga mulut menjadi asam adalah bahan yang dikonsumsi contohnya seperti minuman susu fermentasi. Menurut penelitian oleh Desnandia dkk. (2018) Minuman susu fermentasi yang baik memiliki pH 3,8-4,6 yang mana minuman susu fermentasi ini melibatkan bakteri penghasil asam laktat ke dalam susu. Minuman susu fermentasi ini merupakan minuman yang umum dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia dan dunia, dibuktikan dengan meningkatnya konsumsi produk ini dalam beberapa tahun terakhir. Peningkatan minat masyarakat terhadap minuman susu fermentasi dikarenakan oleh manfaat kesehatan yang ditawarkan oleh produk ini karena terdapat mikrobiota bakteri usus yang dapat berkontribusi pada kehidupan yang sehat dan meningkatkan harapan hidup (Albaari & Murti 2003).

Meningkatnya permintaan akan produk konsumsi yang sehat telah menyebabkan pengembangan produk fermentasi yang menyediakan zat probiotik dan bakteri probiotik oleh industri produk makanan dan minuman fermentasi. Produk yang mengandung bakteri probiotik ini telah memicu minat industri susu karena terdapat bukti ilmiah terkait manfaat bagi kesehatan pencernaan. Adapun beberapa jenis makanan dan minuman dari fermentasi susu yang mengandung bakteri probiotik seperti yogurt, kumys, skyr, Minuman susu fermentasi dan kefir (Albaari & Murti 2003).

Minuman yoghurt terdiri dari susu sapi, air, pewarna alami Carmine, *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus culture*. Resin lebih rentan terjadi karena tingkat penyerapan air atau cairan dan tingkat hidrofilisitas matriks resin komposit. Penyerapan zat ini secara berlebihan dapat menyebabkan microcracks pada resin komposit. Proses degradasi hidrolitik pada matriks pengisi antarmuka disebabkan oleh pemotongan ikatan kovalen (Sindy dkk. 2020). Tingkat hidrofilisitas dalam matriks dipengaruhi oleh adanya gugus ester dan gugus hidrosil yang menyebabkan air mengalami resorpsi di dalam matriks resin komposit. Selanjutnya, proses degradasi hidrolitik terjadi melalui proses pemotongan ikatan kovalen pada polimer matriks sampai air diserap pada matriks pengisi antarmuka dan menyebabkan pembengkakan polimer matriks (Basri 2017).

Polimer yang dapat terdegradasi berubah menjadi oligomer dan monomer, sementara pada saat yang sama matriks pengisi antarmuka melemah dan memungkinkan air masuk ke matriks pengisi antarmuka yang menyebabkan pembengkakan. Proses degradasi yang terjadi secara progresif menyebabkan perubahan struktur mikro melalui pembentukan porositas, di mana oligomer dan monomer dilepaskan. Proses ini dikenal sebagai proses degradasi, yang menyebabkan kekasaran pada permukaan resin komposit. Proses degradasi dalam matriks polimer menyebabkan perubahan kekasaran permukaan pada resin komposit karena meninggalkan benjolan pengisi (Basri 2017). Konsumsi minuman asam secara konstan terkait erat dengan perubahan permukaan kasar restorasi polimer matriks (Basri 2017). Kekasaran permukaan resin komposit dapat

meningkatkan pertumbuhan bakteri, karies sekunder, peradangan gingiva dan pewarnaan permukaan (Nurmalasari 2015).

Beberapa alasan dan penelitian lain sebelumnya mengenai pengaruh minuman susu fermentasi terhadap kekerasan yang dikemukakan diatas menjadi dasar untuk melakukan penelitian terhadap pengaruh minuman susu fermentasi terhadap kekerasan resin komposit *nanohybrid*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah apakah minuman susu fermentasi berpengaruh terhadap kekerasan resin komposit?.

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Mengetahui pengaruh minuman susu fermentasi terhadap kekerasan resin komposit *nanohybrid*.

1.3.2 Tujuan Khusus

Mengetahui perbedaan kekerasan resin komposit setelah perendaman dengan minuman susu fermentasi dengan waktu 10 jam dan 24 jam.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Akademik

Dapat memberikan informasi ilmiah di bidang konservasi gigi yang berhubungan dengan pengaruh minuman susu fermentasi terhadap kekerasan resin komposit *nanohybrid*.

1.4.2 Manfaat Praktis

Memberikan informasi kepada pembaca dan masyarakat mengenai pengaruh mengonsumsi minuman susu fermentasi terhadap tumpatan gigi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gigi dan Karies

Gigi tergolong ke dalam organ yang keras dan memiliki beberapa lapisan yaitu enamel, dentin. Seiring bertambahnya usia, lapisan-lapisan gigi dapat mengalami kerusakan salah satunya adalah karies gigi. Karies gigi merupakan suatu penyakit yang menyerang jaringan keras gigi seperti email dan dentin oleh karena aktivitas mikroorganisme yang memakan sisa makanan atau minuman yang kita konsumsi (Listriana dkk. 2018). Gigi yang terkena karies umumnya dilakukan restorasi dan ditumpat menggunakan bahan tumpat seperti GIC, amalgam, dan resin komposit dengan tujuan mengembalikan fungsi gigi yang rusak serta mencegah kerusakan yang parah (Sari Dewiyani 2017).

2.2 Resin Komposit

Resin komposit adalah pilihan bahan restorasi yang sering digunakan karena sifat estetika dan kekuatannya. Bahan ini terdiri dari beberapa komponen yaitu, matriks polimer yang memberikan kekuatan, partikel pengisi untuk meningkatkan ketahanan, dan zat penghubung (Saline Coupling Agents) yang memperkuat ikatan antara bahan-bahan tersebut. (Nurphtasari dkk. 2018).

Resin komposit merupakan materi restorasi gigi yang disusun dari berbagai bahan. Fungsinya adalah untuk memperbaiki kerusakan pada lapisan gigi seperti enamel dan dentin gigi. Sebagai bahan restorasi adhesif, resin komposit mampu melekat pada jaringan keras gigi melalui dua sistem ikatan, yakni ikatan pada email dan dentin. Komposisi resin komposit yang beragam menjadikannya pilihan yang unggul dibandingkan bahan restorasi lainnya. Bahan ini terdiri dari matriks resin polimer organik, partikel pengisi anorganik, agen pengikat silane, bahan inisiator/akselerator, serta bahan pigmentasi. Selain itu, resin komposit juga memperlihatkan estetika yang luar biasa karena dapat disesuaikan dengan warna enamel melalui aplikasi pigmen, sehingga hasil restorasinya tampak alami seperti gigi asl (Chan dkk. 2010).

2.2.1 Komposisi Resin Komposit

a. Resin Matriks

Resin matriks dalam komposit adalah bahan polimer yang berperan sebagai matriks atau bahan pengikat utama dalam struktur komposit. Sebagai bahan pengikat dan pemberi kekuatan struktural pada material, sifat-sifat resin matriks, seperti kekuatan, kekakuan, tahanan terhadap deformasi, dan kemampuan adhesi, sangat penting dalam menentukan sifat mekanik dan termal dari komposit (Alrahlah dkk. 2019). *Bisphenol glycidyl methacrylate* (Bis-GMA) dan *urethane dimethacrylate* (UDMA) adalah contoh resin matriks yang umum digunakan dalam komposit. Bis-GMA adalah resin termoset yang banyak digunakan sebagai resin matriks dalam komposit resin gigi dan komposit berbasis serat. Resin ini memiliki sifat kaku, tahan aus, dan ketahanan yang baik terhadap pengaruh lingkungan. *Bisphenol Glycidyl Methacrylate* (Bis-GMA) dihasilkan melalui reaksi antara bisfenol A dan glikidil metakrilat, menghasilkan rantai polimer dengan gugus metakrilat yang memungkinkan sifat adhesi yang baik dengan bahan pengisi seperti serat atau partikel yang terkandung di dalam resin komposit (Ilie & Hickel 2013). *Urethane Dimethacrylate* (UDMA) adalah salah satu jenis resin matriks yang digunakan dalam komposit gigi dan aplikasi lainnya. UDMA, dengan fleksibilitas yang lebih tinggi dari pada resin matriks lainnya seperti Bis-GMA, cocok untuk aplikasi di area gigi yang mengalami deformasi karena sifat termosetnya yang dapat memberikan stabilitas struktural yang diperlukan dalam lingkungan oral (Agata dkk. 2021).

b. Bahan Pengisi atau *Filler*

Partikel pengisi dalam resin komposit dental adalah komponen utama yang memberikan kekuatan, kekakuan, dan sifat mekanik yang diperlukan. Partikel ini juga berperan dalam mengatur sifat fisis dan estetika komposit. Partikel pengisi dalam resin komposit dapat terdiri dari bahan-bahan seperti silika (silikon dioksida), zirkonia, silan, atau nanopartikel lainnya. Bahan pengisi ini ditambahkan ke dalam resin komposit dalam bentuk partikel yang beragam ukuran dan distribusi untuk memberikan

karakteristik mekanik yang diinginkan. Adapun peran penting yang dimiliki partikel pengisi ini seperti : meningkatkan kekuatan dan kekakuan agar mencegah pergerakan resin serta tahan terhadap fraktur dan deformasi, membantu mengatur penyusutan pengeringan resin komposit saat polimerisasi terjadi agar mengurangi resiko retak atau kebocoran tepi restorasi gigi oleh karena kontraksi volumetrik, dan dapat memberikan kemiripan optik dengan struktur gigi asli, menghasilkan estetika yang lebih baik dalam restorasi gigi (Drummond 2016).

c. Coupling Agent

Coupling agent (agen pengikat) adalah bahan yang digunakan dalam komposit untuk meningkatkan ikatan antara matriks resin dan bahan pengisi. Fungsinya adalah untuk meningkatkan adhesi antara kedua komponen tersebut dan meningkatkan sifat mekanik serta kestabilan dimensi komposit (Li dkk. 2019). *Coupling agent* bekerja dengan cara membentuk ikatan kovalen atau ikatan hidrogen antara matriks resin dan partikel pengisi. Mereka berinteraksi dengan permukaan partikel pengisi yang umumnya berbentuk inorganik, seperti silika, zirkonia, atau alumina, dan kemudian berikatan dengan matriks resin yang umumnya berbasis organik (Al-Qarni dkk. 2020). Hal ini membantu meningkatkan adhesi antara matriks resin dan partikel pengisi, serta meminimalkan perpindahan partikel pengisi selama proses polimerisasi dan pemakaian. *Coupling agent* juga dapat memberikan perlindungan terhadap degradasi atau pelunakan matriks resin akibat kelembaban atau aktivitas hidrolitik, yang dapat mengurangi kekuatan dan stabilitas dimensi komposit. Selain itu, coupling agent juga dapat mempengaruhi sifat fisik, termal, dan mekanik komposit (Zhang & Weir 2021).

d. Sistem Activator Inisiator

Sistem *activator* inisiator dalam resin komposit dental bertujuan untuk memulai reaksi polimerisasi yang mengubah monomer menjadi polimer tahan gigi. Inisiator adalah senyawa yang berperan dalam menghasilkan radikal bebas, sedangkan aktivator berfungsi untuk mempercepat pembentukan radikal bebas tersebut.

Proses polimerisasi dimulai ketika inisiator teraktivasi oleh aktivator, menghasilkan radikal bebas yang kemudian memulai rantai polimerisasi dalam monomer resin. Proses ini melibatkan berbagai reaksi kimia, seperti penangkapan radikal oleh monomer, pertumbuhan rantai polimer, dan penghubungan antara rantai polimer yang terbentuk (Ferracane 2020).

Pemilihan sistem *activator* inisiator yang tepat sangat penting untuk mengendalikan waktu pengerasan, kekuatan, dan sifat fisik komposit (Geurtsen dkk. 2019). Sistem ini juga dapat mempengaruhi tingkat penyusutan pengeringan dan kestabilan dimensi komposit. Radikal bebas dapat berasal dari aktivasi kimia atau pengaktifan energi eksternal (panas atau sinar). Penggunaan komposit gigi secara langsung biasanya menggunakan aktivasi sinar atau kimia (Fang & Wang 2021).

e. Penghambat (inhibitor)

Penghambat atau inhibitor digunakan dalam resin komposit untuk mengurangi laju reaksi polimerisasi, terutama pada permukaan atau bagian yang terpapar udara. Dengan memperlambat reaksi polimerisasi, penghambat memungkinkan waktu yang lebih lama untuk manipulasi dan penyesuaian material sebelum pengerasan akhir (Ferracane 2020).

Inhibitor dapat bekerja dengan cara mengikat radikal bebas atau memblokir aktivator dalam sistem inisiator. Hal ini akan mengganggu reaksi berantai yang diperlukan untuk polimerisasi sehingga menghambat pertumbuhan jaringan polimer. Sebagai hasilnya, penghambat dapat mempengaruhi waktu pengerasan, kekuatan, dan stabilitas dimensi komposit (Polydorou & Hellwig 2017).

Pemilihan inhibitor yang tepat sangat penting untuk mengendalikan sifat polimerisasi dan performa resin komposit. Penggunaan yang sesuai dapat membantu mengoptimalkan pengolahan dan penempatan material serta mencegah potensi masalah seperti penyusutan pengeringan atau perubahan warna yang tidak diinginkan (Paschos & Douvika 2016).

2.2.2 Sifat – Sifat Resin Komposit

a. Sifat Fisik

Resin komposit mempunyai sifat fisik yang menjadikannya sebagai bahan restorasi yang unggul dalam fungsi estetika sehingga menjadi bahan paling cocok pada gigi anterior. Selain itu, bahan ini mempunyai kekuatan, waktu pengerasan dan karakteristik permukaan yang baik. Sifat-sifat fisik tersebut diantaranya adalah warna, *strength* dan *setting* (Ulker & Caliskan 2020).

Stabilitas dari warna resin dapat dipengaruhi oleh pigmen yang terkandung di dalam makanan dan minuman sehingga dapat menyebabkan perubahan warna pada resin komposit contohnya dari kopi, teh, jus anggur, arak, dan minyak wijen. Perubahan warna juga dapat terjadi akibat interaksi resin komposit dengan zat oksidatif sehingga dapat mempengaruhi sifat kimia resin komposit (Yousuf dkk. 2019). Penyesuaian warna resin komposit yang sesuai dengan warna alami gigi dapat dikalibrasi pada kemampuan cakupan warna visual (*shading*) bahan komposit dan kadar transparansi sehingga dapat disesuaikan dengan warna gigi asli khusus pada bagian dentin dan enamel (Ardu 2017).

Resin komposit mempunyai kekuatan yang cukup baik untuk aktivitas pengunyahan namun kemampuan untuk menahan gaya tekannya tidak sebaik bahan amalgam sehingga bahan ini disarankan untuk restorasi bagian anterior gigi (Kim dkk. 2020). Adapun sifat fisik dari resin komposit lainnya seperti waktu setting yang cepat ketika terkena cahaya *curing* yang spesifik. Pada bahan yang diberikan paparan *light cure* memerlukan waktu *setting* selama 20-60 detik bergantung pada variasi merek dan jenis resin komposit yang digunakan. Beberapa jenis resin komposit memerlukan waktu pengerasan yang lebih singkat, sedangkan yang lain membutuhkan waktu yang sedikit lebih lama penyinarannya (Kataoka dkk. 2021). Setelah resin komposit mengeras maka pada bagian yang tajam atau kasar dihaluskan menggunakan polisher gigi dari berbagai jenis bahan abrasif halus seperti silikon atau

karbida yang digunakan dengan gerakan berputar secara halus agar menghasilkan permukaan gigi yang mengkilap dan alami (Poggio dkk. 2017).

b. Sifat Mekanis

Sifat mekanis dari bahan resin komposit akan mempengaruhi seberapa lama hasil restorasi tersebut akan bertahan pada gigi yang direstorasi. Sifat mekanis dari resin komposit sangat penting demi mempertahankan ketahanan dan kinerja dari bahan tersebut. Sifat-sifat yang menentukan apakah bahan resin komposit dapat bertahan sebagai bahan restorasi yaitu kemampuan perlekatan (*adhesifitas*) dan ketahanan terhadap keausan (Khosravi dkk. 2019).

Resin komposit memerlukan perlekatan yang baik agar dapat bertahan dan melekat pada bagian restorasi spesifik, mekanisme perlekatan atau sifat adhesif memerlukan dua atau lebih substansi berbeda yang dapat melekat ketika bersentuhan oleh karena gaya tarik – menarik yang teraktivasi antara kedua benda tersebut (Khosravi dkk. 2019). Proses adhesi dilakukan melalui proses Etsa. Etsa adalah asam fosfat yang digunakan dengan tujuan memperbesar retensi permukaan seperti memperkasar permukaan gigi secara mikro. selanjutnya sistem adhesif yang menggunakan bonding agent yang berfungsi untuk memperkuat ikatan antara permukaan gigi dan resin komposit. Sistem adhesif modern biasanya mengandung monomer resin, *silane coupling agent*, dan perekat hidrofilik yang membantu meningkatkan kekuatan ikatan. Terdapat berbagai metode pengujian untuk mengevaluasi kekuatan ikatan antara bahan resin komposit dan gigi. Uji seperti uji mikrolepas (*microtensile bond strength*), uji keausan (*wear resistance*), dan uji kelekatan (*bond strength*) dapat memberikan informasi tentang adhesi dan performa bahan resin komposit (Al-Kheraif 2019).

c. Sifat Khemis

Resin gigi dapat mengalami perubahan sifat khemis selama proses polimerisasi. Polimerisasi merupakan proses berubahnya monomer resin menjadi rantai polimer yang saling terhubung melalui ikatan kovalen.

Ketika monomer resin bereaksi dan membentuk rantai polimer, ikatan kovalen yang terbentuk membuat struktur resin menjadi padat dan stabil. Akibatnya, resin komposit memiliki ketahanan yang baik terhadap pelarut seperti air atau saliva, sehingga mengurangi risiko perubahan dimensi atau degradasi akibat paparan lingkungan (Alrahlah 2016). Beberapa sifat kimia selama proses polimerisasi akan menentukan kualitas dan karakteristik bahan resin komposit. Inti molekul yang terbentuk dalam polimerisasi dapat berbentuk apapun, seperti gugus metakrilat ditemukan pada ujung – ujung rantai atau pada ujung – ujung rantai percabangan. Bahan dasar yang umum digunakan dalam pembuatan resin komposit gigi adalah *Bisphenol Glycidyl Methacrylate* (Bis-GMA). Bis-GMA dihasilkan melalui reaksi antara bisfenol A dan glikidil metakrilat, menghasilkan rantai polimer dengan gugus metakrilat yang memungkinkan sifat adhesi yang baik dengan bahan pengisi seperti serat atau partikel yang terkandung di dalam resin komposit (Ilie & Hickel 2013).

2.2.3 Klasifikasi Resin Komposit

Resin komposit diklasifikasikan menjadi tiga jenis utama yang berbeda dari ukuran, jumlah, dan komposisi zat pengisi anorganik yaitu, komposit Makrofil, komposit Mikrofil, dan komposit Hibrid.

1. Resin Komposit Makrofill

Komposit resin makrofill adalah sejenis bahan restorasi gigi yang banyak digunakan dalam praktik kedokteran gigi. Resin sintetik ini terdiri dari matriks resin organik yang diperkuat dengan partikel pengisi besar, yang dikenal sebagai makrofiller. Makrofiller ini terdiri dari bahan anorganik seperti *fiberglass* atau bubuk kuarsa (Ilie dkk. 2019).

Penelitian sebelumnya telah melihat berbagai aspek resin komposit makrofil, termasuk sifat mekanik, estetika, dan ketahanan terhadap degradasi. Secara umum, resin komposit makrofil menunjukkan kekuatan mekanik yang baik, terutama karena adanya partikel pengisi yang besar yang memberikan kekuatan tambahan pada material (Ilie dkk. 2019). Namun, sifat permukaan

resin komposit makrofil umumnya lebih kasar dibandingkan dengan resin komposit lainnya, seperti resin komposit mikrofil. Adanya *filler* yang besar dapat menyebabkan permukaan kasar dan mempengaruhi estetika material. Oleh karena itu, teknik pemolesan dan *finishing* yang hati-hati seringkali diperlukan untuk mendapatkan kilau yang halus dan menyenangkan secara estetika (Papadogiannis dkk. 2019). Selain itu, keberadaan partikel *makrofiller* dalam resin komposit dapat mempengaruhi sejumlah sifat fungsional lainnya. Misalnya, partikel *filler* yang besar dapat meningkatkan konduktivitas termal material, yang dapat memengaruhi (Salehi dkk. 2019).

2. Resin Komposit Mikrofill

Resin komposit mikrofill adalah resin komposit yang digunakan dalam restorasi gigi. Resin komposit ini mengandung partikel *filler* yang sangat kecil yang disebut mikrofiller. Biasanya, pengisi mikro terdiri dari silika atau partikel halus lainnya. Penelitian sebelumnya telah menyelidiki sifat resin komposit mikrofil, termasuk kekuatan mekanik, estetika, dan stabilitas warna (Gupta dkk. 2019). Secara umum, resin komposit mikrofil memberikan hasil estetik yang sangat baik karena ukuran partikel *filler* yang kecil, memberikan permukaan yang halus dan mirip dengan struktur gigi alami (Gupta dkk. 2019). Namun, kekuatan mekanik komposit mikrofil cenderung lebih rendah dibandingkan dengan komposit makrofil. Hal ini disebabkan jumlah *filler* yang lebih sedikit dalam matriks resin, karena ukuran *filler* yang kecil mengurangi rongga yang tersedia untuk partikel *filler* dalam resin. Namun, perkembangan teknologi mikrofil komposit terus meningkatkan kekuatan mekaniknya (Gupta dkk. 2019). Selain itu, resin komposit mikrofil juga memiliki kecenderungan memudar dan aus yang lebih tinggi dibandingkan resin komposit lainnya. Oleh karena itu, perawatan yang tepat dan hasil restorasi sangat penting untuk menjaga estetika dan stabilitas warna resin komposit mikrofil (Ozgunaltay dkk. 2019).

3. Resin Komposit Hibrid

Resin komposit hibrid adalah campuran dari spesifikasi resin komposit makrofil dan mikrofil, yang mengandung partikel filler makro dan mikro. Resin hibrid memanfaatkan kedua pengisi untuk mencapai keseimbangan antara kekuatan mekanik dan estetika.

Penelitian sebelumnya telah meneliti sifat-sifat resin komposit hibrid, meliputi kekuatan mekanik, estetika, ketahanan terhadap degradasi, dan koreksi warna. Dari segi kekuatan mekanik, komposit resin hibrid menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan komposit mikrofiler karena adanya partikel makrofiler yang memberikan kekuatan tambahan pada material. Sementara itu, komposit hibrid juga memiliki estetika yang lebih baik dibandingkan dengan resin komposit makrofil karena adanya partikel mikrofiler yang membuat permukaan menjadi halus dan estetik (Sattabanasuk dkk. 2020). Selain itu, resin komposit *hybrid* juga dapat menunjukkan ketahanan yang baik terhadap degradasi dan perubahan warna. Kombinasi *filler* dengan ukuran berbeda mengurangi retensi plak, mengurangi keausan permukaan dan menjadikan warna resin komposit sesuai dengan warna yang diinginkan (Yu dkk. 2019).

Dalam perkembangannya terdapat dua generasi baru dari komposit hibrid yaitu:

a. Resin Komposit Mikrohibrid

Resin komposit mikrohibrid adalah jenis resin komposit yang memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan partikel pengisi makro. Resin komposit mikrohibrid menunjukkan hasil yang baik dalam hal kekuatan mekanis karena partikel pengisi mikro memberikan penguatan pada material. Sifat-sifat resin komposit mikrohibrid, termasuk kekuatan mekanis, estetika, ketahanan terhadap degradasi, dan manajemen penyusutan. Ketahanan terhadap degradasi juga menjadi keunggulan resin komposit mikrohibrid. Partikel *filler* mikro membantu mengurangi retensi plak dan risiko terjadinya degradasi mikroorganisme, yang dapat mengurangi risiko pembentukan karies atau infeksi (Basso dkk. 2021).

b. Resin Komposit *Nanohybrid*

Resin komposit *nanohybrid* adalah jenis resin komposit yang mengandung partikel *filler* berukuran nanometer, seperti silika atau zirkonia, yang terdispersi dalam matriks resin (Zhang dkk. 2021). Resin ini memiliki keunggulan dalam kekuatan mekanis, estetika, ketahanan terhadap degradasi, dan polimerisasi yang lebih baik. Partikel *filler* nanometer memberikan distribusi homogen, permukaan halus, dan transparansi yang alami. Ketahanan terhadap degradasi juga menjadi keunggulan resin komposit *nanohybrid*. Partikel *filler* nano membantu mengurangi retensi plak dan risiko terjadinya degradasi mikroorganisme, yang dapat mengurangi risiko pembentukan karies atau infeksi (Rodrigues dkk. 2019).

2.2.4 Perubahan Kekerasan Resin Komposit

Kekerasan permukaan resin komposit memiliki pengaruh yang penting dalam bidang kedokteran gigi, terutama dalam perawatan restoratif dan estetika. Kemampuan ketahanan dan kualitas resin komposit yang ditingkatkan dapat meningkatkan jangka waktu restorasi gigi, mengurangi risiko fraktur, dan mengurangi biaya perawatan jangka panjang (Bhanu dkk. 2019). Kekerasan permukaan resin komposit adalah salah satu karakteristik penting dalam bahan restoratif gigi karena berkaitan dengan kualitas, daya tahan, dan performa jangka panjang dari restorasi gigi (Agata dkk. 2021). Kekerasan permukaan resin komposit berpengaruh pada kemampuan material untuk menahan abrasi, aus, dan goresan selama paparan makanan, minuman, dan gaya kunyah. Selain itu, kekerasan permukaan yang tinggi juga berhubungan dengan kemampuan resin komposit untuk mempertahankan polimerisasi dan estetika restorasi dalam jangka waktu yang lama (Agata dkk. 2021). Polimerisasi resin komposit merupakan proses yang penting dalam pembentukan tambalan gigi yang mempengaruhi sifat mekanis dan estetika material tersebut. Salah satu faktor penting yang memengaruhi polimerisasi resin komposit adalah penyinaran menggunakan unit penyinaran cahaya. Proses penyinaran ini memicu reaksi fotoinisiator dalam matriks resin, yang menyebabkan ikatan kimia antar monomer dan pembentukan jaringan polimer yang kuat (Kowalska dkk. 2021). Efek penyinaran secara signifikan mempengaruhi kekerasan

permukaan resin komposit sehingga beberapa unit penyinaran cahaya menghasilkan kekerasan permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang lain (Shafadilla dkk. 2017). Perbedaan ini dapat disebabkan oleh variasi dalam intensitas cahaya, panjang gelombang, dan pengaturan waktu penyinaran (Siena dkk. 2018).

Kekerasan permukaan resin komposit menjadi faktor penting dalam menentukan daya tahan dan performa jangka panjang dari restorasi gigi. Namun, resin komposit dapat mengalami perubahan struktural dan sifat fisiknya karena interaksi dengan lingkungan mulut, terutama akibat penyerapan air (Basri dkk. 2017). Penyerapan air adalah fenomena yang umum terjadi pada resin komposit karena adanya perpindahan air dari saliva dan lingkungan mulut ke dalam matriks resin (Putri dkk. 2020). Penyerapan air ini dapat menyebabkan perubahan dimensi dan volumetrik pada resin komposit, yang kemudian dapat mempengaruhi kekuatan dan kekerasan permukaan material (Putri dkk. 2020). Makanan dan minuman yang dikonsumsi juga dapat berinteraksi dengan resin komposit, terutama jika mengandung bahan fermentasi seperti asam organik. Proses fermentasi ini dapat menyebabkan peningkatan keasaman dalam mulut dan mengakibatkan reaksi kimia pada permukaan resin komposit. Sebagai hasilnya, resin komposit dapat mengalami perubahan warna, kekerasan permukaan, dan bahkan degradasi yang dapat mempengaruhi daya tahan dan estetika restorasi gigi (Imbery dkk. 2019). Peningkatan keasaman dalam mulut dapat menyebabkan perubahan pada permukaan resin komposit, termasuk penurunan kekerasan permukaan. Peningkatan keasaman dapat merusak matriks resin komposit dan mempengaruhi ikatan partikel *filler* dengan matriks, yang kemudian dapat mengurangi kekuatan mekanis dan kekerasan permukaan material (Mohammed dkk. 2019).

2.3 Minuman Susu Fermentasi

Minuman susu fermentasi adalah jenis minuman yang bermanfaat untuk kesehatan pencernaan yang dihasilkan melalui proses fermentasi susu menggunakan bakteri probiotik atau ragi. Proses fermentasi ini menyebabkan konversi gula dalam susu menjadi asam organik, yang kemudian mengubah tekstur, rasa, dan sifat nutrisi minuman (Blerina Shkemi & Thom Huppertz, 2023).

Minuman susu fermentasi umumnya mengandung asam laktat, yang memberikan rasa asam khas pada produk tersebut (Albaari & Murti 2003). Minuman susu fermentasi memiliki dikenal memiliki manfaat bagi kesehatan, terutama karena kandungan bakteri probiotiknya. Probiotik adalah mikroorganisme yang bermanfaat bagi kesehatan saluran pencernaan, dan dapat membantu menjaga keseimbangan flora usus dan meningkatkan pencernaan (Saarela 2020).

2.3.1 Karakteristik dan Kandungan Minuman Susu Fermentasi

Minuman susu fermentasi, adalah produk yang dihasilkan melalui proses fermentasi susu dengan menggunakan bakteri probiotik *Lactobacillus casei Shirota* adalah bakteri asam laktat yang ditemukan oleh ilmuwan Dr. Minoru Shirota pada tahun 1930. Proses fermentasi ini mengubah gula dalam susu menjadi asam laktat, yang memberikan rasa asam khas pada minuman dan berperan penting dalam menjaga tingkat keasaman yang sesuai untuk pertumbuhan bakteri probiotik (Albaari & Murti).

Minuman susu fermentasi umumnya memiliki rasa manis dan segar yang disukai banyak orang. Kandungan dari minuman susu fermentasi ini mencakup beberapa komponen utama. Air digunakan sebagai media untuk mencampurkan susu dan bakteri probiotik. Susu merupakan bahan utama dalam minuman ini, yang menyediakan nutrisi seperti protein, lemak, dan kalsium. Selain itu, gula dalam bentuk sirup atau sukrosa sering ditambahkan untuk memberikan rasa manis yang disukai konsumen (Thongaram dkk. 2017).

Bakteri probiotik *Lactobacillus casei Shirota* menjadi komponen yang penting dalam minuman susu fermentasi ini. Bakteri ini memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan saluran pencernaan dan meningkatkan keseimbangan mikrobiota usus. Selama proses fermentasi, bakteri probiotik ini mengubah gula dalam susu menjadi asam laktat, yang memberikan rasa asam khas pada minuman susu fermentasi (Ganesan dkk. 2018). Selain itu, minuman susu fermentasi dapat mengandung zat penyesuaian keasaman, seperti asam laktat, untuk memastikan tingkat keasaman yang stabil selama proses fermentasi (Ganesan dkk. 2018).

2.3.2 Minuman Fermentasi Menurunkan Tingkat Kekerasan Resin Komposit

Minuman fermentasi mengandung asam organik dan bakteri probiotik yang dapat berinteraksi dengan resin komposit dalam restorasi gigi. Proses fermentasi pada susu menghasilkan produksi asam organik asam laktat (Ganesan dkk. 2018). Asam laktat yang dihasilkan oleh fermentasi dapat menyebabkan erosi pada matriks resin dan mempengaruhi ikatan antara partikel filler dengan matriks (Dena dkk. 2016). Akibatnya, terjadi perubahan pada struktur resin komposit yang dapat menyebabkan penurunan kekerasan permukaan. Selain itu, reaksi kimia antara asam organik dan bahan restoratif gigi juga dapat menyebabkan perubahan warna dan degradasi yang berdampak pada estetika dan performa restorasi gigi (Nurmalasari 2015). Pengaruh minuman fermentasi pada kekerasan permukaan resin komposit dapat juga dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti konsentrasi asam, waktu paparan, dan komposisi resin komposit itu sendiri (Mohammed dkk. 2019)

