PERBEDAAN KEKUATAN TEKAN ANTARA RESIN KOMPOSIT *NANOFILLER* DAN RESIN KOMPOSIT *NANOHYBRID* DENGAN TEKNIK *BULK FILL*

SKRIPSI
UNTUK MEMENUHI PERSYARATAN
MEMPEROLEH GELAR SARJANA

oleh

JAZILA AFIFA NU'MA
165160100111029

PROGRAM STUDI SARJANA KEDOKTERAN GIGI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR ISI

Hal.
HALAMAN PENGESAHAN ii
HALAMAN PERSETUJUAN iii
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI.....iv
ABSTRAK v
ABSTRACT vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR TABLE xi
DAFTAR GAMBAR xii

Bab
I. PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.3.1 Tujuan Umum 4
1.3.2 Tujuan Khusus 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.4.1 Manfaat Klinisi.....4
1.4.2 Manfaat Peneliti 4
II. TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Resin Komposit.....5
2.1.1 Komposisi 5
2.1.2 Pengerasan / *Curing* 9
2.1.3 Sifat Resin Komposit.....11
2.1.3.1 Sifat Fisik.....11
2.1.3.2 Sifat Mekanis 12
2.1.3.3 Sifat Klinis.....13
2.1.4 Teknik Penumpatan Resin Komposit 13
2.1.5 Macam Resin Komposit 15
2.2 Kekuatan Tekan 20
2.3 Universal Testing Machine.....22
III. KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS.....25
3.1 Kerangka Konsep Penelitian.....25
3.2 Hipotesis Penelitian.....26

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

IV. METODE PENELITIAN 27
4.1 Rancangan Penelitian 27
4.2 Sample Penelitian 27
4.3 Tempat dan Waktu Penelitian 28
4.3.1 Tempat Penelitian 28
4.3.2 Waktu Penelitian 28
4.4 Variable Penelitian 28
4.4.1 Variable Bebas 28
4.4.2 Variable Terikat 29
4.4.3 Variable Terkendali 29
4.5 Definisi Operasional 29
4.6 Bahan dan Alat Penelitian 30
4.6.1 Bahan Penelitian 30
4.6.2 Alat Penelitian 30
4.7 Prosedur Penelitian 30
4.7.1 Pembuatan Sampel 30
4.7.2 Penyimpanan Sampel 31
4.7.3 Pengujian Kekuatan Tekan 31
4.8 Pengolahan Data 32
4.9 Alur Penelitian 34
V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 35
5.1 Hasil Penelitian 35
5.2 Analisis Data 37
5.3 Pembahasan 38
VI. KESIMPULAN DAN SARAN 43
6.1 Kesimpulan 43
6.2 Saran 43
DAFTAR PUSTAKA 45
LAMPIRAN 49

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

ABSTRAK

Jazila Afifa Nu'ma. 2019. **Perbedaan Kekuatan Tekan Antara Resin Komposit *Nanofiller* dan Resin Komposit *Nanohybrid* dengan Teknik *Bulk Fill*.** Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya. Pembimbing: (1.) drg. Chandra Sari Kurniawati, Sp. KG.

Salah satu sifat mekanis resin komposit yaitu kekuatan tekan, merupakan kemampuan suatu bahan restorasi untuk menahan gaya tekan di dalam rongga mulut. Teknik penumpatan yang diaplikasikan pada resin komposit yaitu teknik inkremental dan teknik *bulk fill*. Teknik penumpatan *bulk fill* saat ini banyak dikembangkan dikarenakan beberapa keunggulan, yaitu dalam satu kali aplikasi dapat dengan kedalaman 4-6 mm, setelah itu dapat menghemat waktu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan kekuatan tekan antara resin komposit *nanofiller* dan resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill*. Penelitian eksperimental laboratoris dilakukan dengan *post test only group design*, penelitian ini melibatkan 2 resin komposit yaitu resin komposit *nanofiller* sebagai Kelompok 1 dan resin komposit *nanohybrid* sebagai Kelompok 2. Sampel dengan bentuk silinder memiliki ukuran diameter 4 mm dan tinggi 6 mm sebanyak 10 pada tiap kelompok. Dilanjutkan dengan masing-masing sampel dipolimerisasi menggunakan *Light-emitting diode (LED) curing* selama 20 detik dengan intensitas cahaya 440-480 nm, kemudian sampel direndam *aquades* dan di inkubator dengan suhu 37° C selama 48 jam. Kekuatan tekan sampel diuji dengan *Universal Testing Machine*. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan tekan Kelompok 1 adalah 237,25 Mpa dan Kelompok 2 adalah 203,79 Mpa. Hasil statisktik menggunakan *independent t-test* yaitu $p = 0,041$ dimana $p < 0,05$ yang berarti perbedaan kekuatan tekan yang didapat signifikan antara resin komposit *nanofiller* dan resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill*. Kesimpulan penelitian ini adalah kekuatan tekan pada resin komposit *nanofiller* dengan teknik *bulk fill* lebih besar dari resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill*.

Kata Kunci: resin komposit, kekuatan tekan, *bulk fill*, *nanofiller*, *nanohybrid*.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

ABSTRACT

Jazila Afifa Nu'ma. 2019. **The Evaluation of Compressive Strength Restorative Material Nanofiller Resin Composite and Nanohybrid Resin Composite with**. Faculty of Dentistry University of Brawijaya. Conselor: (1.) drg. Chandra Sari Kurniawati, Sp. KG.

One of the mechanical properties of composite resins is the compressive strength, which is the ability of a restoration material to resist compressive strength in the oral cavity. The filling techniques that applied to composite resins are incremental and bulk fil techniques. Composite bulk fill techniques are currently being developed due to several advantages, which is in one application it can be with a depth of 4-6 mm, after that it also can save time. This study aims to determine the difference in compressive strength between nanofiller composite resins and nanohybrid composite resins with the bulk fill technique. Laboratory experimental research was conducted with a post test only group design, this study involved 2 composite resins which is nanofiller composite resins as Group 1 and nanohybrid composite resins as Group 2. Samples with cylindrical shapes had a diameter of 4 mm and a height of 6 mm by 10 in each group . Followed by each sample polymerized using Light-emitting diode (LED) curing for 20 seconds with a light intensity of 440-480 nm, then the samples were soaked in distilled water and incubated at 37° C for 48 hours. The compressive strength of the sample was tested with Universal Testing Machine. The results showed the compressive strength of Group 1 was 237,25 MPa and Group 2 was 203,79 MPa. The statistical results used an independent t-test that is $p = 0.041$ where $p < 0.05$, which means that the compressive strength difference obtained is significant between nanofiller composite resin and nanohybrid composite resin with bulk fill technique. The conclusion of this research is the compressive strength of nanofiller composite resin with bulk fill technique is greater than nanohybrid composite resin with bulk fill technique.

Keywords: *resin composite, compressive strength, bulk fill, nanofiller, nanohybrid.*

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masalah kesehatan gigi dan mulut di Indonesia tergolong cukup tinggi. Berdasarkan *Global Goals for Oral Health* 2020 yang dikembangkan oleh WHO, FDI, dan IADR indikator dari tercapainya suatu kesehatan gigi dan mulut dapat dilihat dari menurunnya masalah karies gigi (Hobdell *et al*., 2003). Menurut hasil Rikesdas (Riset Kesehatan Dasar) persentase penduduk Indonesia yang mengalami masalah pada kesehatan gigi dan mulut di tahun 2007 dan 2013, terjadi peningkatan dari 23,2% menjadi 25,9%. Indeks DMF-T digunakan sebagai indikator status kesehatan gigi, merupakan penjumlahan dari indeks D-T, M-T, dan F-T yang menunjukkan banyaknya kerusakan gigi yang pernah dialami seseorang baik berupa *Decay*/ D (gigi karies atau gigi berlubang), *Missing*/ M (gigi dicabut), dan *Filling*/ F (gigi ditambal). Indeks DMF-T penduduk Indonesia tahun 2013 menunjukkan angka 4,6% yang artinya terjadi kerusakan pada 460 buah gigi pada 100 orang (Riskesdas, 2013).

Pada saat ini, dokter gigi dan pasien dapat memilih berbagai variasi material dan prosedur untuk merestorasi giginya yang berlubang akibat karies. Salah satu restorasi yang sering dipakai yaitu restorasi direk. Material restorasi direk digunakan bila secara langsung diletakkan pada kavitas gigi yang telah dipersiapkan dan hanya dalam satu kali kunjungan. Material restorasi yang digunakan tergantung dari besar dan lokasi suatu restorasi, serta beban besar tekanan kunyah. Material restorasi direk yang saat ini sering digunakan yaitu resin komposit (Irawan, 2004).

Resin komposit merupakan produk yang terdiri dari dua fasa tertentu yang umumnya dibentuk oleh pencampuran bersama dari komponen yang memiliki struktur-struktur dan sifat yang berbeda. Penggunaan resin komposit saat ini banyak digunakan untuk gigi posterior sebagai alternatif dari bahan tumpatan amalgam (Mc Cabe

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

et al., 2016). Resin komposit memiliki beberapa kelebihan, yaitu mempunyai daya absorbsi yang rendah terhadap air, melekat dengan mudah pada permukaan gigi, warna yang mudah disesuaikan karena memiliki translusensi cahaya yang rendah, dan mudah dimanipulasi. Secara klinis ditemukan kelemahan pada resin komposit yaitu *shrinkage* dan menurunnya kekerasan (Susanto, 2005).

Metode aplikasi resin komposit yang umum digunakan yaitu dengan teknik secara berlapis (Alrahlah *et al*., 2014). Aplikasi resin komposit dengan teknik *incremental* yaitu setebal 1-2 mm dengan tujuan untuk meningkatkan penetrasi cahaya, sehingga didapatkan polimerisasi yang adekuat (Lazarchick *et al*., 2007). Teknik *incremental* memiliki kekurangan diantaranya yaitu, membutuhkan waktu yang lama dalam pengaplikasian kavitas yang dalam, serta meningkatkan resiko terkontaminasinya dari resinkomposit pada setiap lapisan yang dapat menyebabkan kegagalan ikatan antar lapisan tersebut (Alrahlah *et al*., 2013). Untuk mengatasi hal tersebut beberapa pabrik telah memperkenalkan resin komposit dengan komponen matriks baru yaitu resin komposit *bulk-fill*. Komponen pada matriks resin komposit *bulk-fill* memiliki ikatan molekul yang lebih panjang dan jarak antar monomer yang lebih sempit sehingga volume resin komposit yang berkurang pada saat polimerisasi lebih sedikit (Souza, 2009). Resin komposit *bulk-fill* ini memiliki kelebihan yaitu diantaranya memiliki warna 15% lebih translusen sehingga cahaya dapat masuk hingga lapisan terdalam (Mackenzie, 2009). Resin komposit *bulk-fill* memiliki nilai estetis yang tinggi. Selain estetiknya, sifat mekanis dari resin komposit juga perlu diperhatikan, sehingga bukan hanya memiliki estetis yang baik pada gigi anterior, tetapi resin komposit juga memiliki kekuatan yang baik pula pada gigi posterior (Hamouda, 2012).

Salah satu syarat mekanis dari bahan material kedokteran gigi adalah kekuatan tekan atau *compressive strength.* Kekuatan tekan merupakan tekanan maksimal yang dapat ditahan oleh suatu struktur hingga struktur tersebut mengalami fraktur atau deformasi. Bahan restorasi yang memiliki kekuatan tekan lebih rendah dari gigi cenderung mudah untuk mengalami fraktur dan kegagalan. Sebagian besar kekuatan mastikasi merupakan kekuatan tekan, oleh karena itu

pada restorasi gigi posterior harus memiliki kekuatan tekan yang baik, agar mampu menahan beban tekan pengunyahan dari gigi tersebut (Van Noort, 2007). Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan tekan dari suatu bahan material yaitu, komposisi bahan, proses polimerisasi, dan kondisi rongga mulut (Moezzyzadeh, 2012).

Komposisi bahan dari komposit pada umumnya terdapat 4 komponen besar yaitu, matriks polimer organik, partikel bahan pengisi inorganik, *coupling agent*, dan sistem inisiator-akselerator (Robert, 2002). Komponen utama dari suatu bahan komposit yaitu berupa matriks dan bahan pengisi, dimana gabungan dari kedua bahan tersebut dapat mempengaruhi kekuatan tekan resin komposit (Mc Cabe, 2008). Setiap pabrik memiliki perbedaan dalam memasukkan partikel matriks resin dan bahan pengisi untuk menghasilkan kekuatan tekan yang baik dan keunggulan lainnya. Resin komposit *nanofiller* mengandung dua jenis partikel *filler* yaitu *nanomer* dan *nanocluster*, setelah itu pada resin komposit *nanohybrid* memiliki komposisi *filler* berukuran nano yang digabung dengan *filler* yang berukuran mikro (Sari, 2016). Menurut Hutami (2016), adanya perbedaan kekuatan tekan antara resin komposit *nanofiller* dan resin komposit *nanohybrid*, dimana resin komposit *nanohybrid* memiliki kekuatan tekan yang lebih besar dibandingkan dengan *nanofilled*, dan menggunakan teknik *incremental* dalam pengaplikasiannya. Berdasarkan uraian tersebut peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian mengenai perbedaan komposisi resin komposit teknik *bulk fill* terhadap kekuatan tekan.

1.2 Rumusan Masalah

Apakah terdapat perbedaan kekuatan tekan antara resin komposit *nanofiller* dan resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill*?

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Mengetahui perbedaan kekuatan tekan antara resin komposit *nanofiller* dan resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill*.

1.3.2 Tujuan Khusus

a. Membuktikan kekuatan tekan resin komposit *nanofiller* dengan teknik *bulk fill* pada ketebalan 6 mm.
b. Membuktikan kekuatan tekan resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill* pada ketebalan 6 mm.
c. Membuktikan perbedaan kekuatan tekan resin komposit *nanofiller* dan resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill* pada ketebalan 6 mm.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Klinisi

a. Sebagai informasi pemilihan bahan restorasi resin komposit dengan teknik *bulk fill* untuk perawatan restorasi.
b. Sebagai upaya peningkatan pelayanan kesehatan gigi dan mulut masyarakat terutama di bidang restorasi gigi.

1.4.2 Manfaat Peneliti

a. Mengetahui perbedaan kekuatan tekan yang berkaitan dengan bahan resin komposit dengan teknik *bulk fill*.
b. Sebagai sumber data dan informasi untuk melakukan penelitian lebih lanjut.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Resin Komposit

Pada tahun 1962, R Bowen, mengembangkan bahan restorasi gigi polimerik yang diperkuat dengan silika sebagai bahan pengisinya, bahan restorasi itu disebut dengan komposit (Garg *et al*., 2011). Resin komposit merupakan produk yang terdiri dari paling sedikit dua fasa tertentu yang umumnya dibentuk oleh pencampuran bersama dari komponen yang memiliki struktur-struktur dan sifat yang berbeda. Tujuan dari pencampuran tersebut adalah untuk mendapatkan suatu material yang memiliki sifat yang tidak dapat diperoleh dari masing-masing komponen tersebut secara sendiri-sendiri (Mc Cabe, 2008).

2.1.1 Komposisi

Secara umum resin komposit terbentuk dari 4 komponen, yaitu matriks polimer organik, partikel *filler* inorganik, *coupling agent*, dan sistem inisiator-akselerator (Robert, 2002). Campuran dari matriks resin dan *filler* merupakan komponen utama dari komposit. Sifat yang baik dari kedua komponen tersebut diambil sehingga dapat menghasilkan bahan yang kuat dan dapat beradaptasi dengan dinding gigi yang telah di preparasi. Selain kedua bahan tersebut, komponen lain digunakan untuk meningkatkan kinerja, penampilan, dan daya tahan material (Heyman *et al*., 2002).

Coupling agent digunakan sebagai bahan pengikat antara matriks resin dan bahan pengisi inorganik, setelah itu sistem inisiator-akselerator digunakan untuk mengubah resin komposit dari bahan pengisi yang lunak menjadi keras dan tahan lama. Bahan lain seperti pigmen, yaitu untuk memperoleh warna yang sama dengan struktur gigi. Komponen lainnya digunakan untuk meningkatkan stabilitas warna (peredam sinar ultra violet) dan inhibitor polimerisasi untuk menghambat polimerisasi sehingga akan memiliki waktu kerja yang lama (Annusavice, 2003).

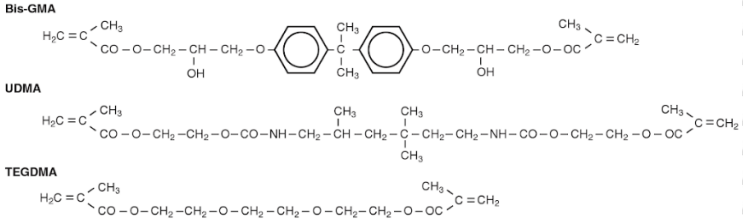
repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

2.1.1.1 Matriks Resin

Dental resin komposit sebagian besar menggunakan campuran monomer *dimethacrylate aromatic* atau *aliphatic*. Matriks resin yang sering digunakan yaitu bis-GMA (*bisphenol-A glycidyl methacrylate*), TEGDMA (*triethylene glycol dimethacrylate*), dan UDMA (*urethane dimethacrylate*). Bahan-bahan matriks resin tersebut berfungsi untuk membentuk struktur polimer yang saling terkait antara komposit dan bahan sealant (Annusavice, 2003).

Bis-GMA memiliki sifat mengurangi penyusutan dan meningkatkan sifat mekanik, akan tetapi dia juga memiliki sifat viskositas yang tinggi. Hal tersebut menandakan bahwa bis-GMA sulit untuk dicampur dengan bahan pengisi dan dimanipulasi. Oleh karena itu banyak pabrikan yang menggunakan TEGDMA sebagai bahan pengencer dari bis-GMA dengan tujuan untuk mengurangi viskositas. (Mc Cabe, 2008).

Gambar 2.1 Matriks Resin



(Annusavice, 2013)

2.1.1.2 Partikel Bahan Pengisi

Memasukkan berbagai partikel bahan pengisi kedalam matriks resin sangat meningkatkan sifat komposit, asalkan partikel bahan pengisi berikatan baik dengan matriks. Bahan pengisi akan memperlemah sifat dari komposit itu sendiri, jika tidak berikatan dengan baik. Bahan pengisi begitu penting di dalam komposisi

material komposit, karena bahan pengisi mineral dapat memperkuat komposit serta mengurangi penyusutan dan ekspansi termal dari komposit. Penggunaan *coupling agent* yang efektif sangat penting untuk keberhasilan material komposit, karena dapat digunakan sebagai pengikat antara matriks dan bahan pengisi (Annusavice, 2003).

Partikel bahan pengisi biasanya diproduksi dengan cara penggilingan atau pengolahan quartz atau kaca untuk menghasilkan sebuah partikel dengan ukuran 0,1-100 µm. Partikel silika submicron dengan ukuran koloid (-0,04 ym), secara kolektif disebut juga sebagai bahan pengisi mikro, yang diperoleh melalui proses pirolitik atau presipitasi (Annusavice, 2003). Partikel-partikel ini nantinya akan digabung dengan monomer, komonomer, inisiator, atau aktivator untuk membentuk pasta. Komposisi dari bahan pengisi sering dikombinasikan dengan ion lain, seperti litium (Li) dan aluminium (Al), berfungsi untuk membuat kaca mudah dihancurkan sehingga dapat menghasilkan partikel kecil. Setalh itu, Ion barium (Ba), seng (Zn), boron (B), itrium (Y), dan zirkonium (Zr) yang digunakan untuk menghasilkan radiopak dalam partikel bahan pengisi (Heyman *et al*., 2002).

Warna atau translusensi dari resin komposit harus sama dengan struktur gigi yang asli untuk menghasilkan estetik yang baik. Untuk menghasilkan estetik yang baik Indeks pantulan bahan pengisi harus sama dengan resin matriks. Misalnya, indeks bias bis-GMA dan TEGDMA masing-masing sekitar 1,55 dan 1,46 dan campuran dari dua komponen dengan proporsi berat yang sama menghasilkan indeks bias sekitar 1,50. Untuk itu sebagian besar kaca dan quartz harus memiliki indeks bias sekitar 1,50 untuk mencapai translusensi yang baik. Partikel bahan pengisi yang sering digunakan yaitu barium (Ba). Meskipun banyak ion dengan nomor atom tinggi yang dapat menghasilkan radiopak, akan tetapi mereka tidak memiliki kelembaman, dan lama kelamaan akan larut saat terkena cairan yang terdapat di dalam rongga mulut (Annusavice, 2003).

Komposit sering sekali digolongkan berdasarkan ukuran partikel bahan pengisinya. Variasi ukuran partikel bahan pengisi dapat menghasilkan peningkatan dari jumlah bahan pengisi terhadap matriks, sehingga memberikan kekuatan yang lebih, karena terdapat

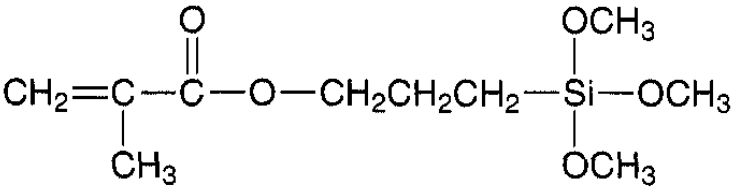
hubungan antara meningkatnya jumlah bahan pengisi dengan peningkatan kekuatan tekan. (Moezzyzadeh, 2012). Resin komposit berdasarkan ukuran partikelnya dapat diklasifikasikan menjadi beberapa klasifikasi, yaitu konvensional, berbahan pengisi mikro, partikel kecil, *hybrid*, dan *nanohybrid* (Koudi *et al.*, 2007).

2.1.1.3 Bahan Coupling

Bahan pengisi sangat penting dalam berikatan dengan matriks resin. Hal ini memungkinkan matriks polimer yang lebih fleksibel mentransfer tekanan ke partikel pengisi dengan modulus yang lebih tinggi atau lebih kaku. Ikatan antara dua fase komposit diperoleh dengan penambahan bahan *coupling*. Bahan *coupling* yang diaplikasikan dengan tepat dapat memberikan sifat fisik dan sifat mekanik yang lebih baik, dan dapat mencegah masuknya air menembus sepanjang antar-muka resin dan bahan pengisi (Annusavice, 2003).

Ikatan antara bahan pengisi dan matriks resin yaitu dengan cara melapisi bahan pengisi dengan bahan *coupling silane*. Atau dengan kata lain bahan *coupling* digunakan untuk mengikat antara partikel bahan pengisi dan matriks resin. Bahan *coupling* ini adalah molekul dengan gugus *silane* di satu ujung dan gugus metrakilat di ujung lainnya (Garg *et al.*, 2011).

Gambar 2.2 *Coupling 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane*



(Craig *et al.*, 2012)

2.1.2 Pengerasan / *Curing*

2.1.2.1 Aktivasi Kimia

Komposit pertama yang dikeraskan dengan proses polimerisasi yang diaktifkan secara kimia, disebut juga dengan *cold curing* atau *self curing*. Polimerisasi yang diaktifkan secara kimia didahului dengan mencampurkan dua pasta. Komposit *cold curing* memiliki kelemahan, yaitu dimana selama pencampuran dua pasta hamper, sehingga mustahil untuk tidak memasukkan udara ke dalam campuran tersebut dan membentuk pori-pori yang melemahkan struktur dan dapat memerangkap oksigen, yang dapat menghambat polimerisasi selama proses pengerasan. Masalah lain yaitu operator tidak memiliki kendali atas waktu kerja setelah kedua bahan tersebut dicampur, sehingga proses pemasukan bahan dan pembentukan kontur harus diselesaikan dengan cepat setelah komponen resin dicampur (Annusavice, 2003).

2.1.2.2 Aktivasi Cahaya

Selain pengerasan dengan kimia, sinar cahaya juga dapat mengaktifkan sistem inisiator. Komposit dengan pengerasan sinar memiliki beberapa keuntungan, diantaranya yaitu memungkinkan operator menyelesaikan proses pemasukan bahan dan pembentukan kontur sebelum proses pengerasan dimulai. Waktu yang dibutuhkan hanya 40 detik untuk proses pengerasan hingga benar-benar keras dengan ketebalan 2 mm. Keuntungan lain yang dimiliki yaitu, mereka tidak sensitif dengan penghambatan oksigen dibandingkan dengan sistem pengerasan kimia. Namun komposit dengan pengerasan sinar juga memiliki kekurangan, yaitu mereka harus di aplikasikan dengan cara bertahap yaitu dengan ketebalan 2-3 mm, dengan keterbatasan penetrasi cahaya. Untuk itu komposit ini membutuhkan waktu yang lama dalam pengerjannya untuk kavitas yang besar (Annusavice, 2003).

Intensitas cahaya yang digunakan pada suatu komposit bergantung pada ukuran partikel dan jenis parikel *filler*. Menurut Fitriyani *et al* (2007) pada penelitiannya, dengan intensitas cahaya yang digunakan antara 480 mW/ cm^2 – 1120 mW/ cm^2 derajat konversi maksimum diperoleh pada saat intensitas cahaya 800 mW/ cm^2, akan tetapi rekomendasi tersebut tidak berlaku untuk semua produk contohnya pada komposit teknik *bulk fill*. Kekerasan maksimal yang didapatkan dengan intensitas cahaya 1000 mW/ cm^2 pada resin komposit teknik *bulk fill* dengan ketebalan 2-4 mm dengan jarak penyinaran 0-2 mm (Razibi *et al*, 2017). Arah penyinaran tegak lurus dengan tumpatan resin komposit (Ratih *et al*, 2017).

2.1.2.2.1 Lampu LED

Sumber cahaya ini memancarkan radiasi hanya dibagian biru dari spektrum yang terlihat yaitu antara 440-480 nm. LED membutuhkan watt yang rendah, dapat didukung oleh daya, dan tidak menghasilkan panas, sehingga tidak membutuhkan kipas pendingin. Meskipun LED menghasilkan radiasi yang cukup rendah, tetapi teknologi baru dapat mengatasi hal ini (Annusavice, 2003).

2.1.2.2.2 Lampu QTH

Lampu QTH memiliki penyinaran UV dan sinar putih yang terdapat pada bola lampu kuarsa dengan filamen tungsten. Bola lampu ini harus disaring untuk menghilangkan panas dan panjang gelombang kecuali pada kisaran biru-ungu atau 400-500 nm. Intensitas dari bohlam dapat berkurang sata penggunaannya, oleh karena itu pengukur kalibrasi diperlukan untuk mengukur intensitas *output* nya (Annusavice, 2003).

2.1.2.2.3 Lampu PAC

Lampu PAC menggunakan gas xenon yang terionisasi untuk menghasilkan plasma. Cahaya putih yang terdapat pada lampu PAC memiliki intensitas yang tinggi, oleh karena itu perlu disaring untuk menghilangkan panas dan memungkinkan cahaya biru dipancarkan dengan panjang gelombang sekitar 400-500 nm (Annusavice, 2003).

2.1.2.2.4 Argon

Lampu laser argon memiliki intensitas cahaya tertinggi dan memancarkan panjang gelombang tunggal. Lampu argon saat ini dapat memancarkan cahaya sebanyak 490 nm (Annusavice, 2003).

2.1.3 Sifat Resin Komposit

2.1.3.1 Sifat Fisik

Resin komposit saat ini memiliki beberapa keunggulan, yaitu dapat digunakan untuk menambal gigi posterior karena kekuatannya setara dengan restorasi amalgam, memiliki estetik yang baik karena memiliki kesamaan warna dengan gigi yang asli, dan perlekatan bahan pada permukaan gigi terjadi secara *micro mechanical interlocking* (Noort, 2002). Sifat fisik dari resin komposit yaitu adanya pengerutan saat polimerisasi, ekspansi termal, penyerapan cairan, kelarutan, stabilitas warna yang cukup baik, serta *working* dan *setting time* yang dapat dikontrol dengan mengendalikan konsentrasi inisiator dan akselerator (Craig *et al*., 2012).

2.1.3.2 Sifat Mekanis

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Mekanis Komposit

Property	Nano Composite	Multipurpose Composite	Microfill Composite
Flexural Strength (Mpa)	180	80 – 160	60 – 120
Flexural Fatuge Limit (Mpa)	-	60 – 110	-
Compressive Strength (Mpa)	460	240 – 290	240 – 300
Compressive Modulus (Mpa)	-	5.5 – 8.3	2.6 – 4.8
Diametral Tensile Strength (Mpa)	61	30 – 55	25 – 40
Linear Polymerization Shrinkage (%)	-	0.7 – 1.4	2.0 – 3.0
Color Stability, stained by juice/tea	-	4.3	-

(Powers *et al.*, 2012)

Sifat menakis yang dimiliki resin komposit yaitu, *flexural strength* dan *modulus*, *compressive strength* dan *modulus*, *knoop hardness*, serta kekuatan perlekatan pada substrat gigi, yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Resin komposit memiliki sifat mekanis yang berfungsi untuk menjaga restorasi supaya dapat bertahan dengan baik di dalam kavitas. Sifat-sifat mekanis dari bahan resin komposit harus bekerja secara kolektif untuk menghasilkan performa yang optimal pada bahan restorasi resin komposit. (Craig *et al.*, 2012).

Konsentrasi dan ukuran bahan pengisi dari partikel inorganik dapat mempengaruhi sifat mekanis dari resin komposit. Sifat mekanis dapat terpengaruh dikarenakan adanya penurunan dimensi partikel dan meluasnya penyebaran partikel, peningkatan muatan bahan

pengisi yang dapat diterima, dan tanpa adanya peningkatan viskositasnya. Hal ini dapat menghasilkan sifat mekanis yang lebih baik, yang terdiri dari kekuatan tensil, kekuatan tekan, dan sifat mekanis lainnya (Kiran, 2014).

2.1.3.3 Sifat Klinis

Persyaratan sifat klinis komposit yang dapat diterima untuk penggunaan tidak terbatas, termasuk restorasi gigi posterior. Sifat klinis yang dimiliki oleh resin komposit yaitu, *radiopacity* yang rendah, *biocompatibility* yang baik, serta tingkat keausan yang cukup tinggi (Powers *et al.*, 2012).

2.1.4 Teknik Penumpatan Resin Komposit

Sifat mekanis dari resin komposit memiliki hubungan dengan polimerisasi, jenis resin komposit yang digunakan, beban kunyah, dan teknik tumpatan yang digunakan (Diansari *et al.*, 2008). Resin komposit memiliki 2 teknik dalam penumpatannya, yaitu teknik *incremental* dan teknik *bulk fill*. Teknik *incremental* sendiri merupakan teknik penumpatan resin komposit secara bertahap dan teknik *bulk fill* merupakan teknik penumpatan secara sekaligus ke dalam kavitas (Wilson, 2015).

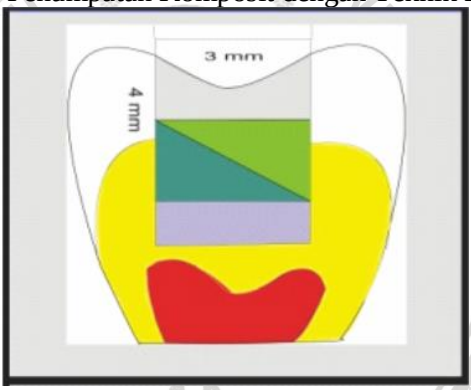
2.1.4.1 Teknik Incremental

Teknik *incremental* memiliki tujuan utama yaitu untuk memberi batas ketebalan pada resin komposit yang dipenetrasi oleh cahaya (Alrahlah *et al.*, 2014). Teknik *incremental* digunakan sebagai standar dalam penumpatan resin komposit dikarenakan dapat mencegah pembentukan celah yang diakibatkan oleh tekanan saat polimerisasi dan dapat menghasilkan ikatan yang lebih baik antara resin komposit dan gigi (Van Ende *et al.*, 2012). Teknik *incremental* itu sendiri dapat terbagi menjadi 2, yaitu *incremental* oblik dan

horizontal. Teknik *incremental* horizontal diaplikasikan secara bertahap, setelah itu setiap tahapan diletakkan secara bertingkat dengan ketebalan 2 mm disetiap tingkatnya. Teknik *incremental* oblik atau yang biasa disebut dengan teknik Z, diletakkan di dalam kavitas secara berlapis dan menyilang (Katona dan Barrak, 2016).

Teknik *incremental* sendiri memiliki keunggulan yaitu sangat sering digunakan untuk tumpatan posterior dan konfigurasi pada kavitas atau faktor C. Akan tetapi teknik *incremental* juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu dapat memungkinan terjadi kontaminasi diantara lapisan, kegagalan bonding disetiap lapisan, sulitnya dalam penempatan bahan restorasi karena keterbatasan akses pada preparasi, dan memerlukan waktu yang lebih lama untuk menempatkan dan mempolimerisasikan setiap lapisan (Lovan *et al*, 2011).

Gambar 2.3 Penumpatan Komposit dengan Teknik *Incremental*



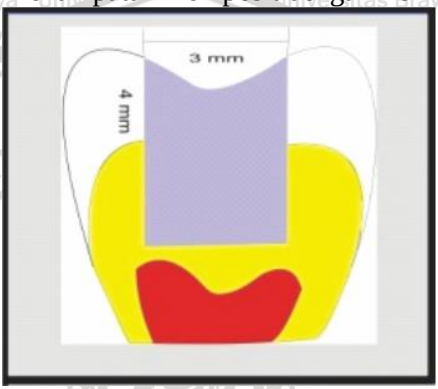
(Permana *et al*., 2016)

2.1.4.2 Teknik Bulk Fill

Teknik *bulk fill* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan teknik *incremental*, yaitu membutuhkan waktu yang lebih singkat dan ruang kosong yang dihasilkan lebih sedikit. Teknik *bulk fill* diindikasikan untuk kavitas yang dalam. Semakin besar volume resin komposit yang dipolimerisasi, maka semakin besar penyusutan

polimerisasi, sehingga dalam teknik *bulk fill* tengangan yang tinggi pada material dapat dihasilkan dan hilangnya integritas marginal dapat terjadi (Moezzyzadeh, 2009). Oleh karena itu teknik *bulk fill* juga memiliki kekurangan yaitu karena teknik ini hanya dilakukan dengan sekali penumpatan dan penyinaran, sehingga mudah terjadinya penyusutan polimerisasi. Dimana penyusutan polimerisasi tersebut dapat mempengaruhi hasil dari bahan restorasi dan sifat mekanik dari hasil tumpatan (Christensen, 2012).

Gambar 2.4 Penumpatan Komposit dengan Teknik *Bulk Fill*



(Permana *et al*., 2016)

2.1.5 Macam Resin Komposit

Resin komposit dapat diklasifikasikan berdasarkan ukuran partikel, bentuk, dan distribusi ukuran partikel pengisi (Annusavice 2003). Berdasarkan ukuran rata-rata yang terdapat pada bahan pengisi utama, resin komposit dapat diklasifikasikan kedalam 3 macam, yaitu komposit konvensional, komposit berbahan pengisi patikel kecil, dan komposit berbahan pengisi mikro. Resin komposit *hybrid*, merupakan komposit yang menggabungkan bahan pengisi dari kategori konvensional atau kecil dengan mikro. Resin apapun yang memiliki bahan pengisi dua atau lebih rentang ukuran, pada prinsipnya dapat dikatakan sebagai resin komposit *hybrid* (Annusavice, 2003).

Menurut Moezzyzadeh (2012), berbagai variasi ukuran partikel dari bahan pengisi dapat meningkatkan jumlah bahan pengisi terhadap matriks resin komposit, yang kemudian akan memberikan kekuatan ekstra karena antara peningkatan kekuatan tekan dengan peningkatan jumlah bahan pengisi memiliki hubungan satu sama lain. Resin komposit secara luas dapat diklasifikasikan berdasarkan penggunaannya, yaitu *multipurpose*, *nanocomposite*, *microfilled*, *packable*, *flowable*, *laboratory* (*core* dan *provisional*), serta *compomers* (Powers *et al.*, 2012).

Tabel 2.2 Karakteristik Berbagai Tipe Komposit

Type of Composite	Size of Filler Particles (µm)	Volume of Inorganic Filler (1%)	Handling Characteristics and Properties	
			Advantages	Disadvantages
Multipurpose	0.04, 0.2-3.0	60-70	High strength, high modulus	
Nanocomposite	0.002-0.075	78.5	High polish, high strength, high modulus	
Microfilled	0.04	32-50	Best polish, best esthetics	Higher shrinkage
Packable	0.04, 0.2-20	59-80	Packable, less shrinkage, lower wear	
Flowable	0.04, 0.2-3.0	42-62	Syringeable, lower modulus	Higher wear
Laboratory	0.04, 0.2-3.0	60-70	Best anatomy and contacts, lower wear	Lab cost, special equipment, requires resin cement

(Powers *et al.*, 2012)

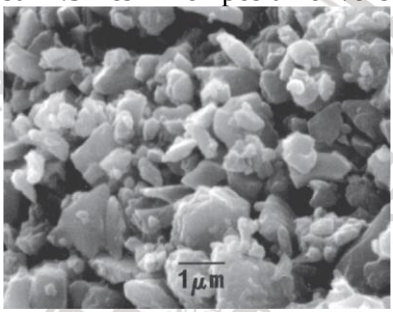
2.1.5.1 Komposit Konvensional

Komposit konvensional memiliki partikel pengisi yang cukup besar, oleh karena itu komposit ini biasa juga disebut dengan komposit makro. Komposit ini tidak lagi banyak digunakan, maka istilah tradisional lebih bermakna dari pada konvensional. Bahan pengisi yang paling umum digunakan pada bahan komposit ini adalah silika dan *quartz* yang digiling. Ukuran rata-rata yaitu 8-12 µm, akan tetapi

ukuran partikel 50 µm pun sering ditemukan pada komposit ini (Annusavice, 2003).

Menurut Annusavice (2003), komposit konvensional memiliki tingkat kekerasan yang lebih besar dibandingkan dengan akrilik. Komposit ini juga tahan terhadap abrasi dibandingkan dengan bahan akrilik, namun bahan ini memiliki kekurangan yaitu terdapat abrasi selektif pada matriks resin yang lebih lunak yang mengelilingi partikel bahan pengisi yang lebih keras, sehingga menghasilkan permukaan yang kasar. Selain itu komposit konvensional juga memiliki resistensi yang buruk terhadap keausan oklusal (Annusavice, 2003).

Gambar 2.5 Resin Komposit Konvensional



(Powers *et al.*, 2012)

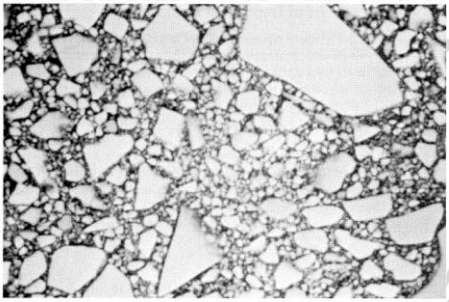
2.1.5.2 Komposit Berbahan Pengisi Partikel Kecil

Untuk meningkatkan kehalusan permukaan dan mempertahankan atau meningkatkan sifat fisik komposit konvensional, pengisi inorganik dibuat menjadi lebih kecil dari yang biasa digunakan pada komposit konvensional. Rata-rata ukuran bahan pengisi dari komposit ini sebesar 0.5-3 µm, tetapi dengan rentang distribusi yang cukup luas. Distribusi partikel yang cukup luas ini memungkinkan tingginya muatan bahan pengisi, dan umumnya mengandung bahan pengisi inorganik yang lebih banyak (80% berat dan 65-77 % volume) dari komposit konvensional (Annusavice, 2003).

Beberapa komposit jenis ini menggunakan silika amorf sebagai bahan pengisinya, akan tetapi sebagian besar menggunakan kaca yang mengandung bahan logam berat untuk *radiopacity*. Matriks resin dari komposit jenis ini serupa dengan bahan komposit konvensional dan komposit mikro. Pengisi utama dari komposit ini terdiri dari partikel tumbuk yang dilapisi *silane*. Silika koloidal biasanya ditambahkan dalam jumlah sekitar 5% berat untuk mengatur kekentalan pasta (Annusavice, 2003).

Resin Komposit ini memiliki muuatan pengisi yang cukup tinggi, komposit jenis ini diindikasikan untuk aplikasi ditempat yang bertekanan tinggi dan rawan abrasi. Ukuran partikel dari beberapa komposit jenis ini memungkinkan untuk restorasi pada gigi anterior karena memiliki permukaan yang cukup halus. Akan tetapi komposit jenis ini tidak dapat membentuk permukaan yang halus seperti komposit mikro (Annusavice, 2003).

Gambar 2.6 Resin Komposit Berbahan Pengisi Partikel Kecil



(Annusavice, 2003)

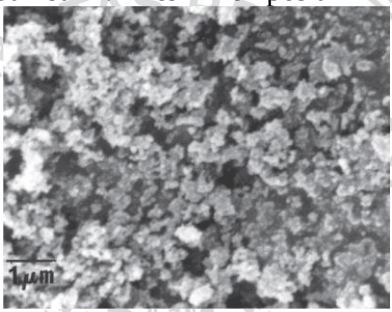
2.1.5.3 Komposit Mikro

Komposit mikro memiliki ukurang partikel kurang lebih 0.04 µm. Nilai tersebut sepersepuluh dari panjang gelombang cahaya tampak dan 100-200 kali lebih kecil dari rata-rata partikel dalam komposit konvensional. Komposit mikro memiliki kemampuan untuk mendukung pengikatan resin dengan bantuan partikel bahan pengisi, sehingga komposit mikro memiliki permukaan yang halus. Partikel

bahan pengisi dari komposit mikro terdiri dari *microfine* silika pada aglomerasi yang diolah menjadi partikel berdiameter kurang lebih 20 µm. Hasil bahan pengisi tersebut dimasukkan ke dalam konsentrasi komposit mikro, sehingga unsur inorganik dapat ditingkatkan 50-60% dari berat (Annusavice, 2003).

Komposit mikro banyak digunakan saat ini. Komposit mikro memiliki permukaan yang halus, resin komposit mikro menjadi pilihan untuk restorasi pada gigi anterior atau gigi yang memerlukan estetik yang tinggi. Komposit ini dipilih terutama untuk situasi tanpa tekanan dan untuk memulihkan daerah subgingiva. (Annusavice, 2003).

Gambar 2.7 Resin Komposit Mikro



(Powers *et al*., 2012)

2.1.5.4 Komposit *Hybrid*

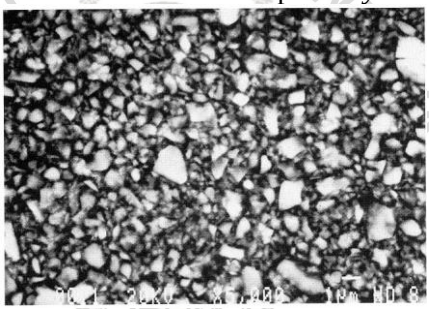
Menurut Powers *et al* (2012), komposit *hybrid* terbentuk dari kaca *irreguler* (*borosilicate glass, lithium* atau *barium aluminium silicate*, *strontinum* atau *zinc glass*) dan partikel *qurartz* atau *zirconia*. Komposit ini memiliki penyebaran dari dua atau lebih ukuran *fine* partikel yang ditambahkan dengan *microfine filler*. Distribusi pada komposit jenis ini lebih efisien karena partikel kecilnya mengisi tempat antara partikel besar.

Komposit *hybrid* memiliki dua jenis partikel pengisi. Pengisi komposit *hybrid* modern terdiri dari silika koloidal dan partikel kaca

dihaluskan yang mengandung logam berat. Bahan pengisi tersebut mengisi kandungan bahan pengisi sebesar 75-80% berat. Kaca memiliki ukuran partikel 0.5-1 µm. Kurang lebih 75% dari partikel yang dihaluskan lebih kecil dari 1.0 µm, yang terdapat di dalam distribusi ukuran yang tipikal. Setelah itu, terdapat 10-20% berat dari seluruh kandungan bahan pengisi terbentuk dari silika koloidal (Annusavice, 2003).

Selain itu komposit *hybrid* juga meiliki sifat mekanik yang hampir serupa dengan komposit konvensional atau komposit makro. Nilai kekuatan modulus dari komposit *hybrid* sedikit lebih besar, tetapi tidak terlalu signifikan. Hal tersebut dikarenakan di dalam komposit *hybrid* terdapat partikel berukuran besar yang dapat memberikan ketahanan yang besar terhadap tekanan (Mc Cabe, 2008).

Gambar 2.8 Resin Komposit *Hybrid*



(Annusavice, 2003)

2.2 Kekuatan Tekan

Menurut Annusavice (2003), kekuatan tekan atau *compressive strength* adalah ketahanan internal benda terhadap beban, dimana beban tersebut merupakan suatu benda yang ditempatkan dibawah beban yang cenderung menekan atau memendekannya. Kekuatan tekan termasuk dalam sifat mekanis yang dimiliki oleh resin komposit atau suatu material. Kekuatan tekan dapat dihasilkan ketika suatu benda diberikan dua gaya sekaligus yang berlawanan satu sama lain

pada satu garis tegak yang sama, atau ketika salah satu permukaan suatu benda berada dibatas dan permukaan benda lain yang diberikan gaya langsung kea rah sisi pembatas (Powers *et al.*, 2002).

Kekutan tekan merupakan kekuatan maksimum dari suatu bahan material dibawah tekanan terhadap terjadinya farktur. Untuk mengetahui kekuatan tekan suatu bahan material dapat dilakukan uji kekuatan tekan. Uji kekuatan tekan adalah salah satu cara yang paling sering dilakukan untuk membandingkan kelemahan dan kerapuhan suatu restorasi terhadap daya tekan. Untuk mengukur uji kekuatan tekan biasanya dapat menggunakan alat uji berupa *Universal Testing Machine* dengan satuan hasil Mpa. Dengan pengaplikasian muatan tekan pada luas penampang silinder atau persegi dapat menentukan besar kekuatan tekan pada uji kekuatan tekan. Menurut Aguiar dalam Hutami (2016), rumus pehitungan kekuatan tekan, yaitu:

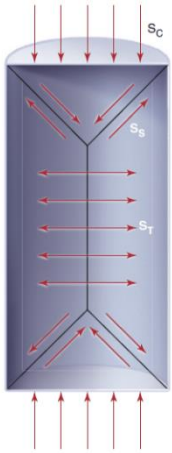
$$\textit{Compressive Strength}\ (\text{Mpa}) = 4F/\pi d^2$$

Keterangan:
F = kekuatan tekan maksimum
d = diameter dari material (Firdani *et al.*).

Kekuatan tekan berguna untuk membandingkan bahan yang rapuh dan umumnya lemah dalam ketegangan. Ketika suatu bahan material diberikan gaya tekan akan menghasilkan suatu kerusakan, dan kerusakan tersebut akan menghasilkan *complex stress*.

Kekuatan tekan merupakan sifat mekanis yang penting dari suatu bahan restorasi kedokteran gigi, terutama dalam proses penguyahan. Secara klinis, pada saat proses pengunyahan, gigi dan bahan restorasi pada gigi akan selalu menerima gaya tekan. Oleh karena itu, sifat mekanis dari suatu bahan restorasi gigi berupa kekuatan tekan harus terpenuhi oleh bahan restorasi untuk mendapatkan hasil yang baik pada gigi anterior maupun posterior (Bresciani *et al.*, 2004).

Gambar 2.9 Pola *Complex Stress* yang dihasilkan oleh kekuatan tekan saat diberikan gaya



(Powers *et al.*, 2012).

2.3 Universal Testing Machine

Universal Testing Machine (UTM) merupakan mesin yang dirancang untuk menguji suatu bahan atau material dalam tegangan, kekuatan, dan tekukannya, selain itu UTM juga dirancang untuk menerapkan gaya pada material untuk menentukan kekuatan dan ketahanannya terhadap deformasi. Terlepas dari gaya, mesin ini dirancang untuk menggerakkan *crosshead* pada tingkat yang terkontrol, sehingga menghasilkan beban tarik atau tekan pada benda. Benda yang akan diuji dipasang pada mesin penguji dengan gaya tarik dan gaya tekan yang akan bertambah semakin besar, sehingga benda yang diuji akan menjadi pendek, panjang, atau patah (Davis, 2004).

Gambar 2.10 *Universal Testing Machine*

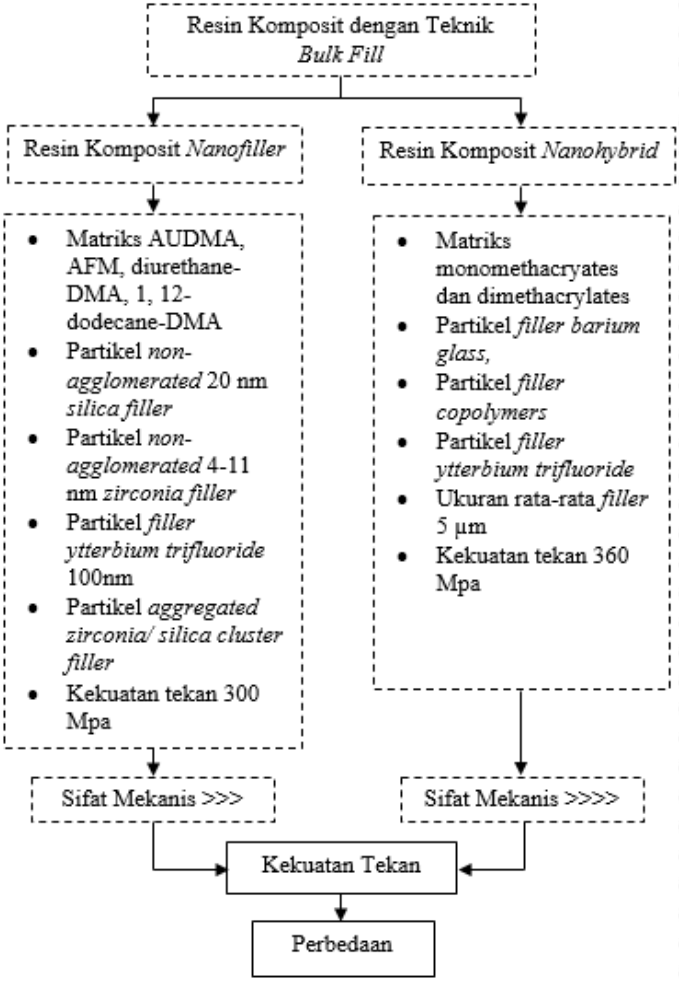
(Sumber: http://venusinstruments.com)

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB III
KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS

3.1 Kerangka Konsep Penelitian

Gambar 3.1 Kerangka Konsep Penelitian



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Keterangan:

: Penelitian yang dilakukan

: Penelitian yang tidak dilakukan

Dari bagan diatas dapat dijelaskan bahwa resin komposit dengan teknik *bulk fill* memiliki beberapa tipe, diantaranya yaitu resin komposit *nanofiller* dan resin komposit *nanohybrid*. Resin komposit *nanofiller* dan resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill* tentunya memiliki komposisinya masing-masing. Menurut bagan diatas resin komposit *nanofiller* memiliki kandungan matriks AUDMA, AFM, diurethane-DMA, 1, 12-dodecane DMA, sedangkan resin komposit *nanohybrid* memiliki matriks berupa *monomethacrylates* dan *dimethacrylates*. Resin komposit *nanofiller* memiliki beberapa kandungan *filler* yaitu berupa *silica, zirconia,* dan *yyterbium trifluoride*, dimana resin komposit *nanohybrid* memiliki kandungan *filler* berupa *barium glass, copolymers,* dan *yyterbium trifluoride*. Resin komposit *nanofiller* memiliki ukuran partikel yang beragam mulai dari 4-100 nm, sedangkan resin komposit *nanohybrid* memiliki ukuran *filler* rata-rata 5 µm dimana hal tersebut memilki keunggulan yang lebih, yaitu semakin besar ukuran *filler* yang dimilki maka semakin besar juga kekuatan mekanisnya.

Berdasarkan beberapa perbedaan yang terdapat pada kandungan dan ukuran antara resin komposit *nanofiller* dan resin komposit *nanohybrid*, maka didapatkan resin komposit *nanohybrid* dapat memiliki sifat mekanis yang lebih besar dibandingkan dengan resin komposit *nanofiller*. Salah satu sifat mekanis dari sebuah resin komposit yaitu berupa kekuatan tekan, hal tersebut memungkinkan terdapatnya perbedaan kekuatan tekan antara resin komposit *nanofiller* dan resin komposit *nanohybrid*.

3.2 Hipotesis Penelitian

Hipotesis peneilitan yaitu kekuatan tekan resin komposit *nanohybrid* lebih besar dibandingkan dengan resin komposit *nanofiller* dengan teknik *bulk fill*.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Rancangan Penelitian

Penelitian yang digunakan merupakan penelitian eksperimental laboratoris (*True Eksperimental Design*). Pada penelitian ini menggunakan rancangan penelitian *Post-Test Only Design* dengan tidak adanya kontrol terhadap rancangan eksperimen. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan kekuatan tekan antara resin komposit *nanofiller* teknik *bulk fill* dan resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill*.

4.2 Sampel Penelitian

Sampel pada penelitian ini menggunakan restorasi resin komposit *nano filler* teknik *bulk fill* dan restorasi resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill* dengan bentuk tabung silindris yang memiliki kriteria:

a. Memiliki diameter = 4 mm
b. Memiliki ketebalan = 6 mm
c. Restorasi tidak porus (Moezzyzadeh, 2012 dan ANSI/ADA 27 *spesifications and manufacturers' instruction*).

Perhitungan untuk sampel pada penelitian ini menggunakan rumus Hulley dengan cara perhitungan (Notoadtmojo, 2010)

$$P(n-1) \geq 15$$
$$2(n-1) \geq 15$$
$$2n - 2 \geq 15$$
$$2n \geq 17$$
$$n \geq 8{,}5 \approx \text{dibulatkan menjadi } 9$$

Keterangan:
P = Jumlah perlakuan
n = Jumlah sampel per perlakuannya.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Berdasarkan perhitungan diatas, besar sampel yang digunakan yaitu minimal 9 sampel untuk tiap kelompok. Tetapi peneliti memilih menggunakan 10 sampel untuk tiap kelompoknya. Hal tersebut bertujuan agar banyaknya data tidak pada batas minimal sampel sehingga data yang didapatkan lebih valid. Untuk itu, secara keseluruhan dibutuhkan 20 sampel.

4.3 Tempat dan Waktu Penelitian

4.3.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di:

a. Ruang skill's Laboratorium Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya.
b. Laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya.
c. Laboratorium Fakultas Teknik, Prodi Teknik Mesin, Univesitas Brawijaya.

4.3.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2019.

4.4 Variabel Penelitian

4.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini yaitu resin komposit *nanofiller* dengan teknik *bulk fill* dan resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill*.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

4.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini yaitu besarnya nilai kekuatan tekan pada masing-masing resin komposit.

4.4.3 Variabel Terkendali

a. Pembuatan sampel pada resin komposit *nanofiller* dengan teknik *bulk fill*.
b. Pembuatan sampel pada resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill*.
c. Ketebalan sampel pada resin komposit *nanofiller* yaitu 6 mm
d. Ketebalan sampel pada resin komposit *nanohybrid* yaitu 6 mm.
e. Lama penyinaran pada masing-masing komposit.
f. Penyimpanan sampel pada suhu ruangan.
g. Prosedur penggunaan alat uji (*universal testing machine*).

4.5 Definisi Operasional

a. Resin komposit *nanofiller* dengan teknik *bulk fill* memiliki ukuran partikel *filler* yang bervariasi yaitu 4-100 nm, dengan bentuk silindris berukuran diameter 4 mm dan tinggi 6 mm. Resin komposit *nanofiller* yang digunakan yaitu dengan merk 3M Filtek One Bulk Fill Restorative.
b. Resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill* memiliki ukuran partikel *filler* dengan rata-rata 5 µm, dengan bentuk silindris berukuran diameter 4 mm dan tinggi 6 mm. Resin komposit *nanohybrid* yang digunakan yaitu dengan merk Ivoclar Tetric N Bulk Fill Flow.
c. Kekuatan tekan merupakan kekuatan maksimum dari suatu bahan material yang dapat diuji menggunakan alat ukur berupa *Universal Testing Machine* atau UTM dengan satuan skala newton (F), dan akan dikonversikan ke dalam satuan Mpa.

4.6 Bahan dan Alat Penelitian

4.6.1 Bahan Penelitian

a. Resin komposit *nanofiller* teknik *bulk fill*.
b. Resin komposit *nanohybrid* teknik *bulk fill*.
c. Vaselin.

4.6.2 Alat Penelitian

a. Selang diameter 4 mm.
b. *Cutter* pemotong.
c. *Plastic filling instrument*.
d. *Glass lab*.
e. *Cement stopper*.
f. Kuas berukuran kecil
g. *Light-emitting diode (LED) curing*.
h. Sonde *half moon*.
i. *Hand piece low speed contra angle*.
j. *Micro motor*.
k. Mata bur preparasi.
l. Petridish.
m. Inkubator.
n. *Universal Testing Machine*.

4.7 Prosedur Penelitian

4.7.1 Pembuatan Sampel

a. Mempersiapkan alat dan bahan
b. Bagi menjadi dua grup yang terdiri dari dua jenis komposit, dimana masing-masing grup memiliki 10 sampel, sehingga jumlah total yaitu 20 sampel.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

c. Membuat cetakan sampel yaitu dengan memotong selang setebal 6 mm, sehingga didapatkan cetakan sampel berupa cincin plastik silindris (d = 4 mm, t = 6 mm).
d. Ulasi vaselin menggunakan kuas berukuran kecil pada permukaan selang yang sudah dipotong dengan ukuran (d = 4 mm, t = 6 mm).
e. Masing-masing resin komposit diaplikasikan ke dalam cetakan hingga terisi penuh menggunakan *plastic filling instrument* dan ratakan menggunakan *cement stopper*.
f. Komposit dipolimerisasi dengan *light curing unit* selama 20 detik dengan arah tegak lurus dengan tumpatan.
g. Keluarkan sampel dari cetakan menggunakan sonde *half moon*.
h. Rapikan semua permukaan yang terdapat kelebihan bahan menggunakan *hand piece low speed contra angle* yang terhubung dengan *micro motor* serta menggunakan mata bur preparasi.
i. Kelompok sampel penelitian adalah restorasi resin komposit *nanofiller* teknik *bulk fill* sebagai kelompok 1 dan restorasi resin komposit *nanohybrid* teknik *bulk fill* sebagai kelompok 2.

(Moezzyzadeh, 2012).

4.7.2 Penyimpanan Sampel

Masing-masing sampel disimpan dalam petridish berbeda yang berisi aquades dan disimpan pada inkubator dengan suhu ruangan 37° C selama 48 jam (Moezzyzadeh, 2012).

4.7.3 Pengujian Kekuatan Tekan

Menurut Moezzyzadeh (2012), pada penilitan ini menggunakan alat untuk mengukur kekuatan tekan yaitu *Universal Testing Machine* dengan prosedur:

a. Letakkan sampel berupa tabung silindris pada tempat yang telah tersedia.
b. Gerakkan *crosshead* dengan kecepatan 1 mm/ menit ke permukaan sampel dan sampel di tekan hingga fraktur atau hingga kekuatan maksimal.
c. Amatilah fraktur pada sampel yang dapat diketahui dengan terdengarnya bunyi retakan pada sampel.
d. Catat angka yang terdapat pada alat ukur pada saat sampel terjadi fraktur yang merupakan gaya (F) dengan skala newton.
e. Lakukan prosedur yang sama pada semua sampel.
f. Hasil kemudian dimasukkan ke dalam rumus untuk dikonversikan ke dalam skala Mpa. Rumus yang digunakan yaitu:

$$\sigma\, bk = P/A$$

Keterangan:
$\sigma\, bk$ = kekuatan tekan (N/mm^2 atau Mpa).
P = beban maksimal pada titik patah (N).
A = luas penampang bidang tekan (mm^2).

4.8 Pengolahan Data

a. Uji Normalitas dan Homogenitas
1. Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah penyebaran data tersebut normal atau tidak. Uji normalitas yang digunakan yaitu metode *Shapiro-Wilk*, karena jumlah sampel yang digunakan kurang dari 50 sampel.

Hipotesis yang digunakan yaitu:

H_0: Data penelitian mengenai perbedaan komposisi resin komposit teknik *bulk fill* terhadap kekuatan tekan tersebar mengikuti distribusi normal.

H_1: Data penelitian mengenai perbedaan komposisi resin komposit teknik *bulk fill* terhadap kekuatan tekan tersebar tidak mengikuti distribusi normal.

Jika nilai P > 5% (0,05) maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, yang berarti bahwa data berdistribusi normal. Tetapi, jika

P < 5% (0,05) maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang berarti bawa data tidak berdistribusi normal.

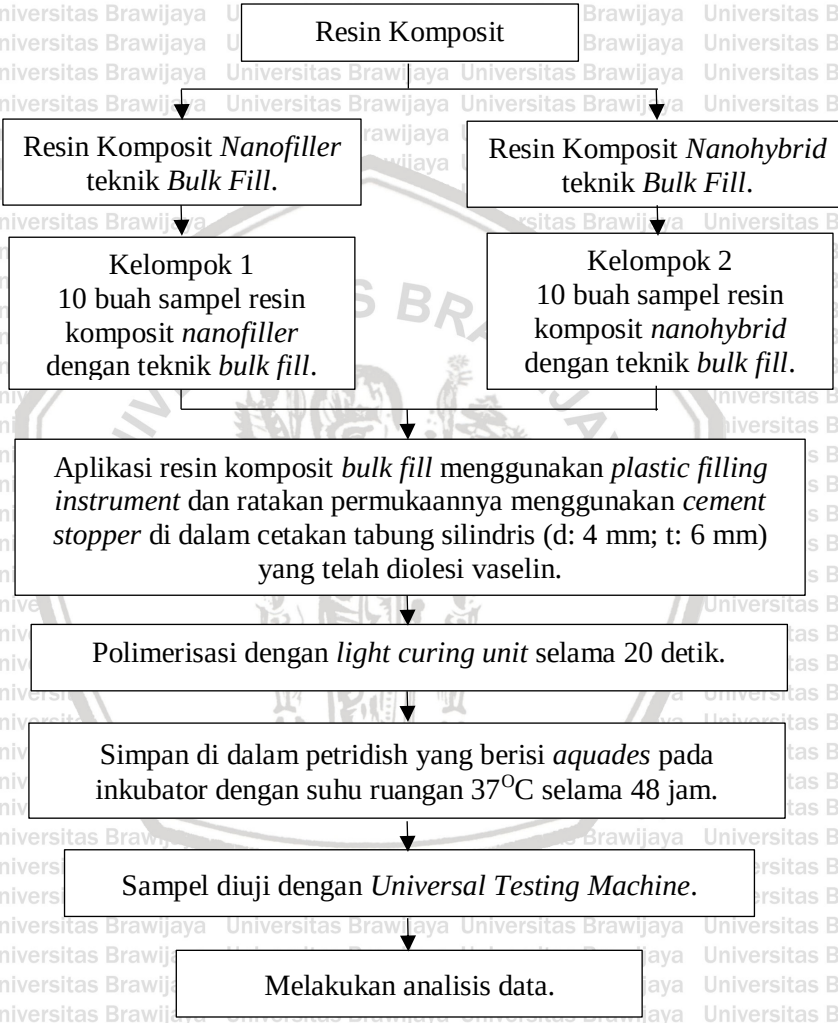
2. Uji homogenitas bertujuan untuk mengetahui sama tidaknya variansi-variansi dua buah distribusi atau lebih. Uji homogenitas yang digunakan yaitu metode *Levene's test*.

b. Uji *independent t-test* merupakan uji komparatif atau perbandingan, dengan tingkat kemaknaan 5% (0,05). Uji *t-test* memiliki syarat yaitu perbedaan dua kelompok data harus berdistribusi normal, apabila data tidak berdistribusi normal maka dilakukan uji nonparametrik *Man Whitney U Test* untuk mengetahui perbedaan statistik komposisi resin komposit teknik *bulk fill* terhadap kekuatan tekan.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

4.9 Alur Penelitian

Gambar 4.1 Alur Penelitian



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB V
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini menggunakan 2 kelompok sampel, dengan masing-masing sampel berjumlah 10 buah. Kelompok 1 merupakan resin komposit *nanofiller* dengan teknik *bulk fill* berbentuk silinder dengan ukuran d: 4 mm dan t: 6 mm, serta kelompok 2 merupakan resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill* berbentuk silinder dengan ukuran d: 4 mm dan t: 6 mm (sesuai ANSI/ADA 27 *spesifications and manufacturers' instruction*).

Gambar 5.1 Sampel Resin Komposit *nanofiller* dan Resin Komposit *Nanohybrid* dengan Teknik *Bulk Fill*

Tabel 5.1 Hasil Uji Kekuatan Tekan Resin Komposit *Nanofiller* dan Resin Komposit *Nanohybrid* dengan Teknik *Bulk Fill*

Sampel	Nilai Kekuatan Tekan (Mpa)	
	Kelompok 1	Kelompok 2
1	294,6	195,0
2	282,6	210,9
3	215,0	179,1
4	203,0	207,0
5	294,6	207,0
6	199,0	207,0

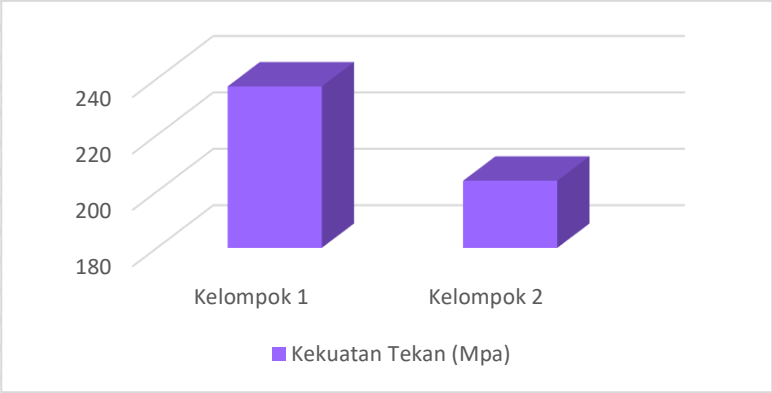
repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

7	238,8	171,1
8	187,1	215,0
9	187,1	215,0
10	270,7	230,8
Mean	237,25	203,79

Keterangan :
Kelompok 1 : Sampel resin komposit *nanofiller* dengan teknik *bulk fill*
Kelompok 2 : Sampel resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill*

Tabel 5.1 menunjukam nilai kekuatan tekan dan nilai rata-rata kekuatan tekan secara berurutan yaitu kelompok 1 lebih tinggi dan kelompok 2 lebih rendah. Gambaran perbedaan nilai rata-rata kekuatan tekan dari kedua kelompok dengan kelompok 1 resin komposit *nanofiller* dengan teknik *bulk fill* dan kelompok 2 resin komposit *nanohybrid* denganteknik *bulk fill* dapat diihat pada diagram batang pada gambar 5.2.

Gambar 5.2 Diagram Batang Rata-rata Kekuatan Tekan Resin Komposit *Nanofiller* (Kelompok 1) dan Resin Komposit *Nanohybrid* (Kelompok 2) dengan Teknik *Bulk Fill*.



4.2 Analisis Data

Data yang telah didapat dalam penelitian setelah itu dilakukan analisis data statistik. Data kekuatan tekan yang telah didapatkan dari dua kelompok dilakukan uji normalitas untuk mengetahui apakah data tersebut terdistribusi normal atau tidak. Setelah diketahui data terdistribusi normal atau tidak dilakukan uji homogenitas. Jika data terdistribusi normal maka dilakukan uji *independent t-test* tetapi jika data tidak terdistribusi normal maka dilakukan uji nonparametrik *Man Whitney U Test* untuk mengetahui perbedaan statistik komposisi resin komposit teknik *bulk fill* terhadap kekuatan tekan.

4.2.1 Uji Normalitas Data

Pada penelitian ini digunakan uji normalitas menggunakan metode *Shapiro-Wilk* karena jumlah sampel 20 ($\leq$ 50) dan diperoleh hasil yaitu p = 0,079 pada kelompok 1 dan p = 0,331 pada keompok 2. Data tersebut menunjukkan bahwa p > 0,05 , sehingga dapat diketahui bahwa data yang diperoleh berdistribusi normal.

4.2.2 Uji Homogenitas Varian

Uji statistik ynag dilakukan kedua adalah uji homogenitas varian. Uji homogenitas varian dilakukan menggunakan uji homogenitas *Levene's*. Uji homogenitas digunakan untuk mengetahui apakah suatu data atau sampel yang diambil berasal dari varian yang homogen atau tidak. Suatu data dikatakan memiliki varian yang homogen apabila nilai signifikasi atau p > 0,05. Berdasarkan hasil uji homogenitas menggunakan metode *Levene's test* pada sampel diperoleh nilai p = 0,295. Data tersebut menunjukkan p > 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa data yang diperoleh memiliki ragam yang sama (homogen).

4.2.3 T-*test* Dua Sampel Bebas

Setelah didapatkan sampel dengan distribusi yang normal dan varian yang homogen, maka uji statistik yang digunakan adalah uji parametrik dengan tingkat kemaknaan p < 0,05. Uji parametrik yang digunakan yaitu T-*test* dua sampel bebas atau *independent t-test* untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan rata-rata data yang signifikan dari kedua kelompok yang ada.

Perbedaan rata-rata data kekuatan tekan dianggap signifikan jika nilai p < 0,05. Berdasarkan hasil uji t data dua sampel bebas ini didapatkan p = 0,041 sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan kekuatan tekan yang signifikan antara resin komposit *nanofiller* dan resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill*.

Resin komposit *nanofiller* dengan teknik *bulk fill* menunjukkan kekuatan tekan yang lebih tinggi dan diikuti oleh resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill* menunjukkan kekuatan tekan yang lebih rendah yang dapat dilihat pada tabel 5.1.

4.3 Pembahasan

Hasil penelitian ini tidak sesuai dengan hipotesis penulis, yaitu terdapat perbedaan kekuatan tekan yang signifikan. Dimana kekuatan tekan pada resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill* lebih besar dibanding resin komposit *nanofiller* dengan teknik *bulk fill*.

Hasil pengukuran kekuatan tekan antara resin komposit *nanofiller* dan resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill* menunjukkan rata-rata kekuatan tekan yaitu kelompok 1 (resin komposit *nanofiler* dengan teknik *bulk fill*) sebesar 237,25 Mpa dan kelompok 2 (resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill*) sebesar 203,79 Mpa. Nilai rata-rata tersebut memiliki selisih sebesar 33,46 Mpa. Kelompok 1 menunjukkan kekuatan tekan yang lebih tinggi dan diikuti dengan kelompok 2 yang memiliki nilai kekuatan tekan lebih rendah.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Hal tersebut terjadi pada kelompok 1 (resin komposit *nanofiller* dengan teknik *bulk fill*) karena resin komposit ini diformulasikan menggunakan nanomer dan *nanocluster* (Hedge ,2011). Menurut Harahap pada tahun 2014 resin komposit *nanofiller* yang sebenarnya hanya terdapat pada kombinasi antara partikel nanomer dan *nanocluster*. Nanomer merupakan sintesa sol yang membentuk dengan ukuran yang sama, dimana apabila digunakan hanya dalam bentuk ini dapat menghasilkan sifat reologi yang kurang baik. Untuk mengatasi hal tersebut maka dapat digunakan dalam bentuk *nanocluster* yang diperoleh melalu proses sintering (Harahap, 2014). Penggunaan *nanocluster* pada suatu komposit dengan distribusi yang luas dapat meningkatkan nilai *filler loading* dari komposit itu sendiri (Hegde, 2011). Menurut Alrahlah *et al* pada tahun 2014 *filler loading* dan sifat mekanis dari resin komposit dapat mempengaruhi satu sama lain dimana, jika nilai *filler loading* suatu resin komposit meningkat maka nilai sifat mekanis resin komposit akan ikut meningkat. Manfaat lain dari penggunaan *nanocluster* menurut Hegde *et al* pada tahun 2011 *nanocluster* dapat berperan menyerupai benda padat sehingga dapat menghasilkan suatu resin komposit dengan kekuatan seperti resin komposit *hybrid*.

Menurut Soanca *et al* pada tahun 2012 sifat mekanis dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu komposisi dan karakteristik dari suatu bahan, terutama dari kuantitas dan ukuran *filler* atau bahan pengisi resin komposit. Semakin kecil ukuran *filler* atau bahan pengisi resin komposit maka akan semakin banyak *filler* atau bahan pengisi yang terdapat di resin komposit tersebut. Partikel pengisi *nanocluster* terdiri dari agregat longgar yang berikatan dengan partikel *nanofiller*. Penambahan nanopartikel ke formulasi yang mengandung *nanocluster* mengurangi jarak *interstitial* dari partikel pengisi, sehingga membuat beban pengisi lebih tinggi. Hal tersebut dapat meningkatkan beban pengisi dari resin komposit, tanpa meningkatkan viskositas resin komposit dan dapat meningkatkan sifat mekaniknya seperti kekuatan tekan (Hegde, 2011).

Ukuran dari *filler* atau bahan pengisi pada resin komposit *nanofiller* yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan ukuran terkecil sebesar 4 nm dan ukuran terbesar 100 nm. Semakin kecil ukuran *filler* atau bahan pengisi dari resin komposit maka semakin

tinggi muatan yang ada di dalam *filler* atau bahan pengisi, dan umumnya mengandung bahan pengisi inorganik yang lebih banyak (80% berat dan 65-77 % volume) dari komposit konvensional (Annusavice, 2003).

Resin komposit *nanohybrid* memiliki ukuran *filler* gabungan antara partikel *filler* yang berukuran 20-75 nm dan partikel *filler* berukuran 0,4-5 µm serta *filler nanocluster zirconia/silica* yang mudah berikatan membentuk kelompok, dimana kelompok tersebut terdiri dari partikel *zirconia/silica* dengan ukuran 2-20 nanomer (Ertan, 2006). Partikel *filler zirconia* memiliki ukuran yang besar pada komposit ini memberikan peranan yang dapat meningkatkan kekuatan resin. Partikel *filler* berukuran kecil berfungsi hanya untuk memperbaiki estetis komposit menjadikan komposit lebih halus dan licin ketika selesai dipoles (Manappalil, 2010).

Sifat mekanis dari suatu komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu komposisi dan karakteristik bahan, terutama dari kuantitas dan ukuran partikel inorganik (Soanca *et al*., 2012). Hal tersebut dapat terjadi pada kelompok 2 (resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill*) karena ukuran *filler* yang dimiliki oleh resin komposit *nanohybrid* sebesar 0,1 µm-30 µm dengan besar rata-rata *filler* sebesar 5 µm. Menurut penelitian Harahap dan Erawati pada tahun 2017 peningkatan ukuran *filler* menyebabkan *filler-matrix interface* yang lebih rendah dan akibatnya menurunkan penghamburan sinar dan meningkatkan transmisi sinar melalui material. Perbedaan indeks refraktif antara *filler* dan matriks organik mempengaruhi translusensinya. *Filler* ukuran besar (>20 µm) yang tergabung dengan matriks resin menyebabkan peningkatan translusensi, maka semakin besar translusensinya maka sifat mekanisnya akan rendah. Selain itu resin komposit *nanohybrid* memiliki kelemahan yaitu pengerutan saat dilakukan polimerasi sehingga dapat terjadi celah antara permukaan restorasi dengan dinding cusp. Celah ini yang akan mengakibatkan kebocoran mikro (Mulyani *dkk*, 2011).

Pada penelitian ini resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill* memiliki *filler loading* sebesar 68,2% dari berat sedangkan resin komposit *nanofiller* dengan teknik *bulk fill* memiliki *filler loading* sebesar 76,5% dari berat, yang berarti resin komposit *nanofiller* dengan teknik *bulk fill* memiliki berat *filler* yang lebih besar

dari pada berat *filler* pada resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill*. Menurut penelitian Alrahlah pada tahun 2014 dapat disimpulkan bahwa kekuatan tekan resin komposit *nanofiller* lebih besar dibandingkan dengan *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill*. Hal ini dapat dibuktikan dengan adanya nilai kekuatan tekan yang tinggi pada resin komposit *nanofiller* dengan teknik *bulk fill*. Resin komposit *nanofiller* dengan teknik *bulk fill* sangat baik digunakan untuk menahan tekanan tinggi terutama pada gigi posterior dengan kavitas yang dalam, karena kekuatan tekan dari resin komposit *nanofiller* dengan teknik *bulk fill* lebih tinggi dari kekuatan tekan resin komposit mikro *hybrid* dan untuk kavitas yang dalam dapat menghemat waktu saat penumpatan karena dapat diaplikasikan pada kavitas hingga kedalaman 5 mm dengan satu kali penyinaran.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

a. Nilai kekuatan tekan bahan restorasi resin komposit *nanofiller* dengan teknik *bulk fill* memiliki nilai $p < 0,05$.
b. Nilai kekuatan tekan bahan restorasi resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill* memiliki nilai $p < 0,05$.
c. Terdapat perbedaan kekuatan tekan yang signifikan, dimana nilai kekuatan tekan bahan restorasi resin komposit *nanofiller* dengan teknik *bulk fill* menunjukkan hasil yang lebih tinggi dari resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill*.

6.2 Saran

a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang uji sifat mekanis lain pada resin komposit *nanofiller* dan resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill*.
b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang uji kekuatan tekan pada resin komposit *nanofiller* dan resin komposit *nanohybrid* dengan teknik *bulk fill* dengan disertai perlakuan khusus seperti perendaman pada saliva.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR PUSTAKA

Alrahlah, 2013, A. *Physical, Mechanical and Surface Properties of Dental Resin Composites*. Doctoral Dissertation, University of Manchester.

American National Standard, 1993, American Dental Association Specification n. 27 for Resin-based filling materials.

Annusavice K. J., 2003, *Phillips' Science of Dental Materials*, 12th Ed., Elsevier, Missouri. p. 402-423.

Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan RI. 2013. *Riset Kesehatan Dasar 2013*. Departemen Kesehatan RI. Jakarta. p.118.

Barrak I., Katona A., 2016, Comparison of Composite Restoration Techniques., *Interdisciplinary Description of Complex System*, 14(1): 101 – 115.

Bresciani E., Brata T.J., Fagundes T.C., Adachi A., Terrin M.M., Nervari M.F., 2004, Compressive ang Diametral Tensile Strength of Glass Ionomer Cement., *Journal Applied Oral Science*, 12(4): 334-338.

Christensen G. J., 2012, Advantages and Challenges of Bulk-Fill Resins., *Clinical Report Found*, 5(1): 1 – 6.

Craig R. G., Powers J. M., 2012, *Restorative Dental Material*, 13th Ed., Mosby Year Book, St. Louis, p. 166-239.

Davis J. R., 2004, *Tensile Testing*, 2nd Ed., United States, Amerika, p. 66.

Diansari, V., Eriwati Y. K., Indrani D. J., 2008, Kebocoran Mikro pada Restorasi Komposit Resin dengan Sistem Total-Etch dan Self-Etch pada Berbagai Jarak Penyinaran., *Indonesian Journal of Dentistry*, 15(2): 121-130.

Ertan E., Ahmet U. G., Ali A. N., Hulya K., Eda G., 2006, Color Stability of Resin Composites After Immersion in Different Drinks., 2(52): 371 – 376.

Fitriyani S., Herda E., Haryono A., 2007, Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Derajat Konversi Komposit Nano Partikel., *Indonesian Journal of Dentistry*, 14(2): 146 – 152.

Garg N., Garg A., 2011, *Textbook of Preclinical Conservative Dentistry*., Jaypee Brothers Medical Publishers, New Delhi. p. 202 – 203.

Hamouda, Ibrahim. M., 2012, Evaluation the Mechanical Properties of Nanofilled Composite Resin Restorative Material., *Journal of Nanomaterials and Biotechnology*, 3: 238-242.

Harahap S. A., Sastrodihardjo S., 2014, Teknologi Nano di Bidang Kedokteran Gigi., *Dentika Dental Journal*, 18(2): 194 – 198.

Hegde M. N., Hegde P., Bhandary S., Deepika K., 2011, An Evaluation of Compressive Strength of Newer Nanocomposite: An In Vitro Study., *J Conserv Dent*, 14(1): 36 – 39.

Heyman H. O., Swift E. J., Ritter, Andre V., 2002 *Studervant's Art and Science of Operative Dentistry*., Mosby, Missouri. p. 190, 192.

Hobdell M., Petersen P.E., Clarkson J., Johnson N., 2003, Global Goals for Oral Health 2020., *Int Dent J*, 53: 285-288.

Irawan B., 2004, Material Restorasi Direk Kedokteran Gigi Saat Ini., *Journal Dentistry Indonesia*, 11(1): 24 – 28.

Istikharoh, F., 2018, *Dental Resin Komposit: Teori, Instrumentasi, dan Aplikasi*., Universitas Brawijaya Press, Malang. p. 26-29.

Kiran, K. V., *et al.*, 2014, In Vitro Evaluation of the Compressive Strength of Microhybird and Nanocomposites., *OHDM*, 13(4): 1171 – 1173.

Koudi M. S., Patil S. B., 2007, *Prep Manual for Ungraduates: Dental materials*., Mosby Elsevier, London. p. 130.

Lazarchik, D.A., Hammond, B.D., Sikes, C.L., Looney, S.W., Rueggeberg, F.A., 2007, Hardness Comparison of Bulk-Filled/ Transtooth and Incrementalfilled/ Occlusally Irradiated Composite Resins., *J Prosthet Dent*, 98: 129- 40.

Lovan G., Stoleriu S., Moldovanu A., Morogai S., Adrian S., 2011, Sem Study of Interface Between the Cavity Wall and Composite Resin in Cavities Filled Using Vibration., *Int J Med Dent*, 3(1): 254 – 258.

Mackenzie L, Shortall AC, Burke FJ., 2009, Direct posterior composites: a practical guide. *Dent Update*. 36(2):71-80.

Manappallil, J. J., 2010, *Basic Dental Material*, 3th Ed., Jaypee Brother Medical Publisher, India. p. 90.

McCabe J. F., Walls A. W. G., 2016, *Applied Dental Materials*., Blackwell Publishing, Oxford. p. 198.

Moezyzadeh M., Kazemipoor M., 2009, Effect of different techniques on microleakage of class V composite restorations., *Journal of Dentistry, Tehran University of Medical Science*, 6(3): 121 – 129.

Moezzyzadeh M., 2012, Evaluation of The Compressive Strenght of Hybrid and Nanocomposites., *JDS*, 1:24-29.

Mulyani., Mulyawati. E., Siswandi. Y. L., 2011, Perbedaan Kebocoran Mikro antara Tumpatan Resin Komposit Nanohybrid Konvensional dan Nanohybrid Flowable., *J Kedokteran Gigi*, 2(4): 285 – 291.

Noort R. V., 2002, *Introduction to Dental Material's*, 2th Ed., Mosby, United Kingdom. p. 119.

Notoadmojo S., 2010, *Metodologi Penelitian Kesehatan*., Rineka Cipta, Jakarta.

Pade M. M. M., Kumaat E. J., Tanudjaja H., pandaleke R., 2013, Pemeriksaan Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Beragregat Kasar Batu Ringan Ape dari Kepulauan Talaud., Jurnal Sipil Statik, 1(7): 497 – 485.

Permana D. P., Sujatmiko B., Yulianti R., 2016, Perbandingan Tingkat Kebocoran Mikro Resin Komposit Bulk Fill dengan Teknik Penumpatan Oblique Incremental dan Bulk., *Majalah Kedokteran Gigi Indonesia*, 2(3): 135 – 140.

Permatasari R., Usman M., 2008, Penutupan Diastema dengan Menggunakan Komposit Nanofiller., *Indonesian Journal of Dentistry*, 15(3): 239 – 246.

Ratih D. N., Novitasari A., 2017, Kekerasan Mikro Resin Komposit Packable dan Bulkfill dengan Kedalaman Kavitas Berbeda., *Majalah Kedokteran Gigi Indonesia*, 3(2): 76-82.

Razibi N. D., Nahzi N. Y. I., Puspitasari D., 2017, Perbandingan Jarak Penyinaran dan Ketebalan Bahan Terhadap Kekerasan Permukaan Resin Komposit Tipe *Bulk Fill*., *Dentino (Jur. Ked. Gigi)*, 2(2): 211 – 214.

Robert G., Craig J. M. P., 2002, *Restorative dental materials*, 11th Ed., Mosby, Missouri. p. 233-236.

Sari, G. G. P., Nahzi M. Y. I., Widodo., 2016, Kebocoran Mikro Akibat Efek Suhu Terhadap Pengerutan Komposit Nanohybrid., 1(2): 108 – 112.

Soanca, A., Roman, M., Moldovan, C. I., Bondor, M., Rominu., 2012, Evaluation of Mechanical Properties of Some Composite Biomaterials., *Optoelectronics and Advanced Materials*, 6(1-2): 258 – 262.

Souza, F., Brahim D. F., Luciana A. C., Lucas D. F., Simonides C., 2009, Polymerization Shrinkage Stress of Composites Photoactivated by Different Light Sources., *Braz Dent J*, 20(4): 319 – 324.

Susanto A. A., 2005, Pengaruh Ketebalan Bahan dan Lamanya Waktu Penyinaran Terhadap Kekerasan Permukaan Resin Komposit Sinar., *Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga*, 38(1): 32 – 35.

Van Ende A., Mine A., De Munck J., Poitevin A., Van Meerbeek B., 2012, Bonding of Low-Shrinking Composites in High C-Factor Cavities., *Journal of Dentistry*, 40(4): 295 – 303.

Van Noort R., 2007, *Intoduction to Dental Material*, 3rd Ed., Mosby, USA. p. 43-50.

Wilson N. H. F., 2015, *Essentials of esthetic dentistry volume one.*, Elsevier,
London. p. 193 – 199