



**KEKUATAN FLEKSURAL RESIN KOMPOSIT *MICROHYBRID* DENGAN
PENAMBAHAN LAPISAN *POLYETHYLENE FIBER***

SKRIPSI

Oleh

Varina Zata Nabilah

NIM 121610101089

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI

UNIVERSITAS JEMBER

2016



**KEKUATAN FLEKSURAL RESIN KOMPOSIT *MICROHYBRID* DENGAN
PENAMBAHAN LAPISAN *POLYETHYLENE FIBER***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Kedokteran Gigi (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Kedokteran Gigi

Oleh

Varina Zata Nabilah

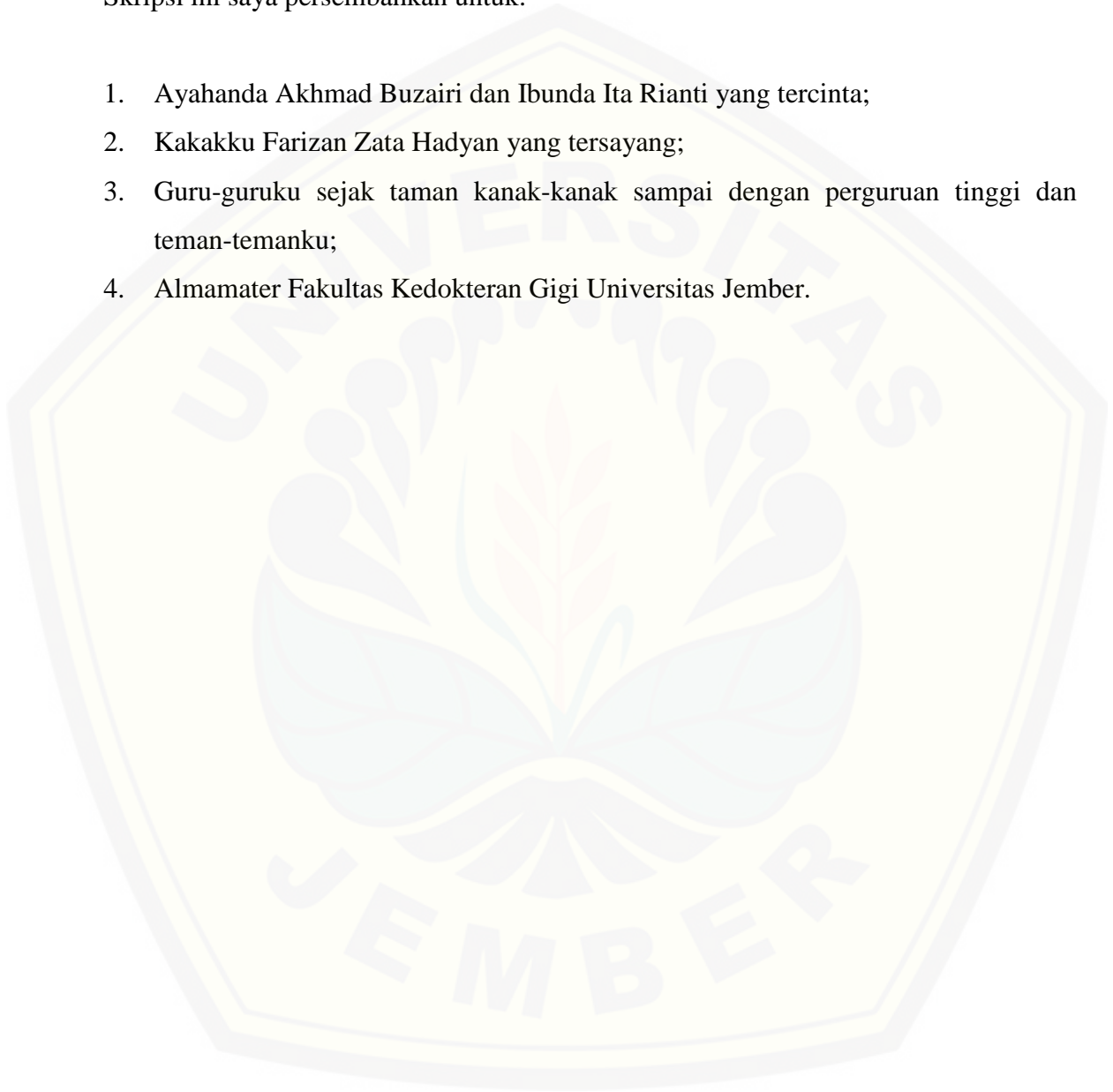
NIM 121610101089

**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

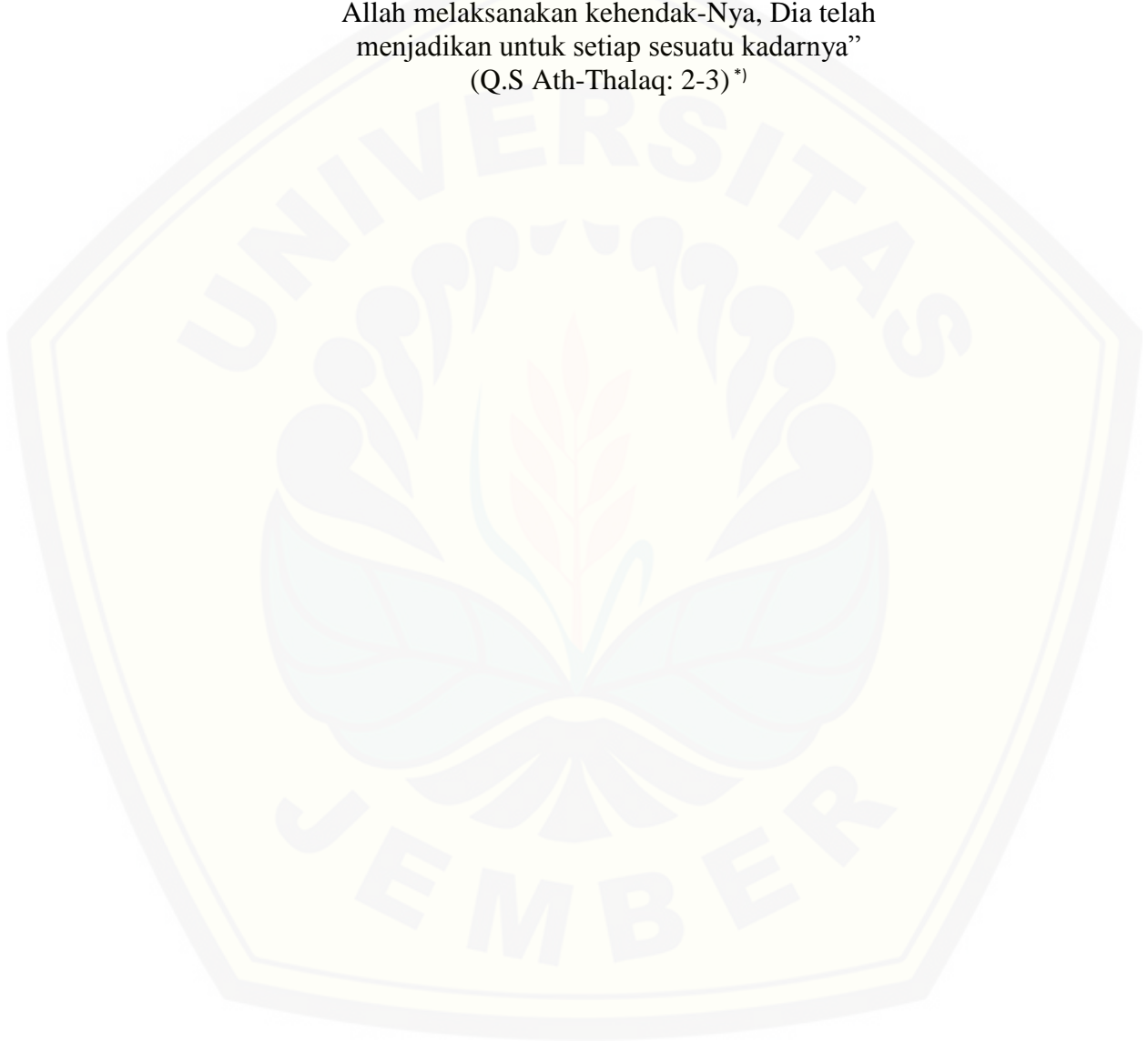
Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda Akhmad Buzairi dan Ibunda Ita Rianti yang tercinta;
2. Kakakku Farizan Zata Hadyan yang tersayang;
3. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi dan teman-temanku;
4. Almamater Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.



MOTO

“Barangsiapa bertakwa kepada Allah, maka Dia akan membukakan jalan keluar baginya, dan memberinya rizki dari jalan yang tidak ia sangka, dan barangsiapa bertawakal kepada Allah maka cukuplah Allah baginya, sesungguhnya Allah melaksanakan kehendak-Nya, Dia telah menjadikan untuk setiap sesuatu kadarnya”
(Q.S Ath-Thalaq: 2-3)*)



*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2002. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Jakarta: CV Darus Sunnah.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

nama : Varina Zata Nabilah

NIM : 121610101089

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Kekuatan Fleksural Resin Komposit *Microhybrid* dengan Penambahan Lapisan *Polyethylene Fiber*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 14 April 2016

Yang menyatakan,

Varina Zata Nabilah

NIM 121610101089

SKRIPSI

**KEKUATAN FLEKSURAL RESIN KOMPOSIT *MICROHYBRID* DENGAN
PENAMBAHAN LAPISAN *POLYETHYLENE FIBER***

Oleh

Varina Zata Nabilah

NIM 121610101089

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : drg. Lusi Hidayati, M.Kes

Dosen Pembimbing Pendamping : drg. Agus Sumono, M.Kes

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Kekuatan Fleksural Resin Komposit *Microhybrid* dengan Penambahan Lapisan *Polyethylene Fiber*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember pada:

hari, tanggal : 14 April 2016

tempat : Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember

Penguji Ketua,

Penguji Anggota,

drg. Dwi Merry Christmarini R., M. Kes

NIP 197712232008122002

drg. Nadie Fatimatuzzahro, MD. Sc

NIP 198204242008012022

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

drg. Lusi Hidayati, M.Kes

NIP 197404152005012002

drg. Agus Sumono, M. Kes

NIP 196804012000121001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Kedokteran Gigi

Universitas Jember,

drg. R. Rahardyan Parnaadji, M.Kes., Sp.Prost

NIP 196901121996011001

RINGKASAN

Kekuatan Fleksural Resin Komposit *Microhybrid* dengan Penambahan Lapisan *Polyethylene Fiber*, Varina Zata Nabilah; 121610101089; 2016; 57 halaman; Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember

FRC (*fiber reinforced composite*) dapat digunakan sebagai alternatif dalam pembuatan gigi tiruan cekat. Resin komposit digunakan untuk mengembalikan bentuk dan fungsi gigi dengan kualitas estetik serta adanya kemampuan bahan untuk berikatan dengan struktur gigi. Penambahan *fiber* dilakukan untuk meningkatkan kekuatan dari resin komposit. *Polyethylene fiber* dengan susunan *unidirectional* merupakan serat yang sering digunakan di bidang kedokteran gigi karena kekakuan dan kekuatan fleksuralnya yang tinggi. Jumlah lapisan *fiber* dapat mempengaruhi kekuatan FRC. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kekuatan fleksural resin komposit *microhybrid* dengan penambahan lapisan *polyethylene fiber*.

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental laboratoris. Sampel dalam penelitian ini dibagi menjadi kelompok kontrol (komposit *microhybrid* tanpa *fiber*) dan 3 kelompok perlakuan yaitu kelompok perlakuan 1 (komposit *microhybrid* dengan penambahan 1 lapis *fiber*), kelompok perlakuan 2 (komposit *microhybrid* dengan penambahan 2 lapis *fiber*), dan kelompok perlakuan 3 (komposit *microhybrid* dengan penambahan 3 lapis *fiber*). Sampel diuji dengan menggunakan *universal testing machine* untuk mengetahui kekuatan fleksural (MPa).

Hasil *Kruskal Wallis Test* menunjukkan ada perbedaan yang signifikan antar kelompok penelitian. Kemudian *Mann Whitney U-Test* menyatakan bahwa ada perbedaan yang signifikan antara semua kelompok kecuali kelompok kontrol dan kelompok perlakuan 1. Perbedaan kekuatan fleksural yang bermakna ($p < 0,05$) karena adanya perbedaan jumlah *fiber*. Hal ini diduga karena tekanan yang dihasilkan saat pembebanan 3 *point bending test* terhadap komposit *microhybrid* dengan penambahan 2 lapis dan 3 lapis *fiber* akan didistribusikan merata pada *fiber* dengan

adanya adhesi antara komposit dan *fiber* oleh bahan *bonding*. Permukaan *polyethylene fiber* yang ireguler memberikan kemudahan bagi bahan *bonding* untuk berpenetrasi dan berikatan secara *mechanical interlocking*. Bahan *bonding* kemudian akan berikatan secara kimiawi pada resin komposit yang diletakkan di atasnya. Ikatan komposit dan *bonding* dihasilkan dari ikatan kovalen antara bahan resin dari komposit dan *bonding*, yaitu suatu ikatan kimia yang cukup kuat karena kedua resin tersebut merupakan derivat dari golongan metakrilat. Pada saat tekanan diberikan secara tegak lurus dari arah vertikal, bahan *bonding* akan mentransfer tekanan dari resin komposit ke *fiber*. Distribusi tekanan akan diterima oleh lapisan *fiber* pertama dan akan diteruskan pada lapisan *fiber* berikutnya sehingga lapisan *fiber* yang lebih banyak menghasilkan energi lebih besar untuk menciptakan permukaan yang baru dan menghasilkan kekuatan fleksural yang tinggi.

Berdasar penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan terdapat peningkatan kekuatan fleksural resin komposit *microhybrid* dengan penambahan lapisan *polyethylene fiber*. Penambahan dua lapis dan tiga lapis *polyethylene fiber* mampu meningkatkan kekuatan fleksural resin komposit *microhybrid*.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kekuatan Fleksural Resin Komposit *Microhybrid* dengan Penambahan Lapisan *Polyethylene Fiber*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Orang tua tercinta, Bapak Akhmad Buzairi dan Ibu Ita Rianti yang tidak pernah berhenti memberikan kasih sayang, doa, motivasi, dukungan, dan semangat;
2. Kakak tersayang, Farizan Zata Hadyan yang dengan tulus memberikan doa dan dukungan dalam setiap langkah adiknya;
3. drg. R. Rahardyan Parnaadji, M.Kes., Sp.Prost., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember;
4. drg. Lusi Hidayati, M.Kes., selaku Dosen Pembimbing Utama dan drg. Agus Sumono, M. Kes., selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah meluangkan waktu dalam memberikan bimbingan dan motivasi dengan penuh kesabaran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan;
5. drg. Dwi Merry Christmarini R., M. Kes., selaku Dosen Penguji Ketua dan drg. Nadie Fatimatuzzahro, MD. Sc., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
6. drg. Rudy Joelijanto, M. Biomed., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan motivasi dalam perjalanan studi selama penulis menjadi mahasiswa;
7. Staf Bagian Konservasi Gigi FKG Universitas Jember;
8. Staf Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Farmasi Universitas Airlangga;
9. Staf Laboratorium Beton Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh November;

10. Sahabat sekaligus teman seperjuangan skripsi Arum Risalah, terima kasih atas dukungan dan kerjasamanya;
11. Sahabat-sahabat tersayang Ismail Yusuf, Gusti Ratih Widiati, Ashri Farhana Dhea, Dwitya Kartika Sari, Geasti Raizahani, Intan Permatasari Putri Aditya, Asma'oel Dwi Wulandari, Fahmi Ardiansyah yang selalu mendoakan, mendukung, dan memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Teman-teman selama di Jember Isna, Anin, Halimatus, Nana, Luna, Wulan Tri, Wulan Fajrin, Nisa, Viga, Putri Aisyah, Galis, Rachel, Junti, Ceha, Annis, Defath, Elin, Eno, Nabilah, Cici, Inis, Diol, Mahardika, Malun, Yusuf, dan Prima serta adik-adik Ica, Ade, Ayus, dan Hilda yang selalu mendoakan, mendukung dan memberikan semangat dalam mengerjakan skripsi ini;
13. Penghuni kos Wisma Annisa Elisa, Sucai, Mbak Pik, Mbak Ve, Mbak Dede, Mbak Kiki, Mbak Ayu, Mbak Mila, Mbak Lusi, Mbak Nuyu, Mbak Liana, Mbak Devi, Kharisa, dan Rohma yang selalu mendukung dan memberikan semangat;
14. Seluruh teman-teman FKG 2012. Terima kasih atas motivasi, kerja sama, persaudaraan, dan kekompakkannya selama ini;
15. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 14 April 2016

Penulis

DAFTAR ISI

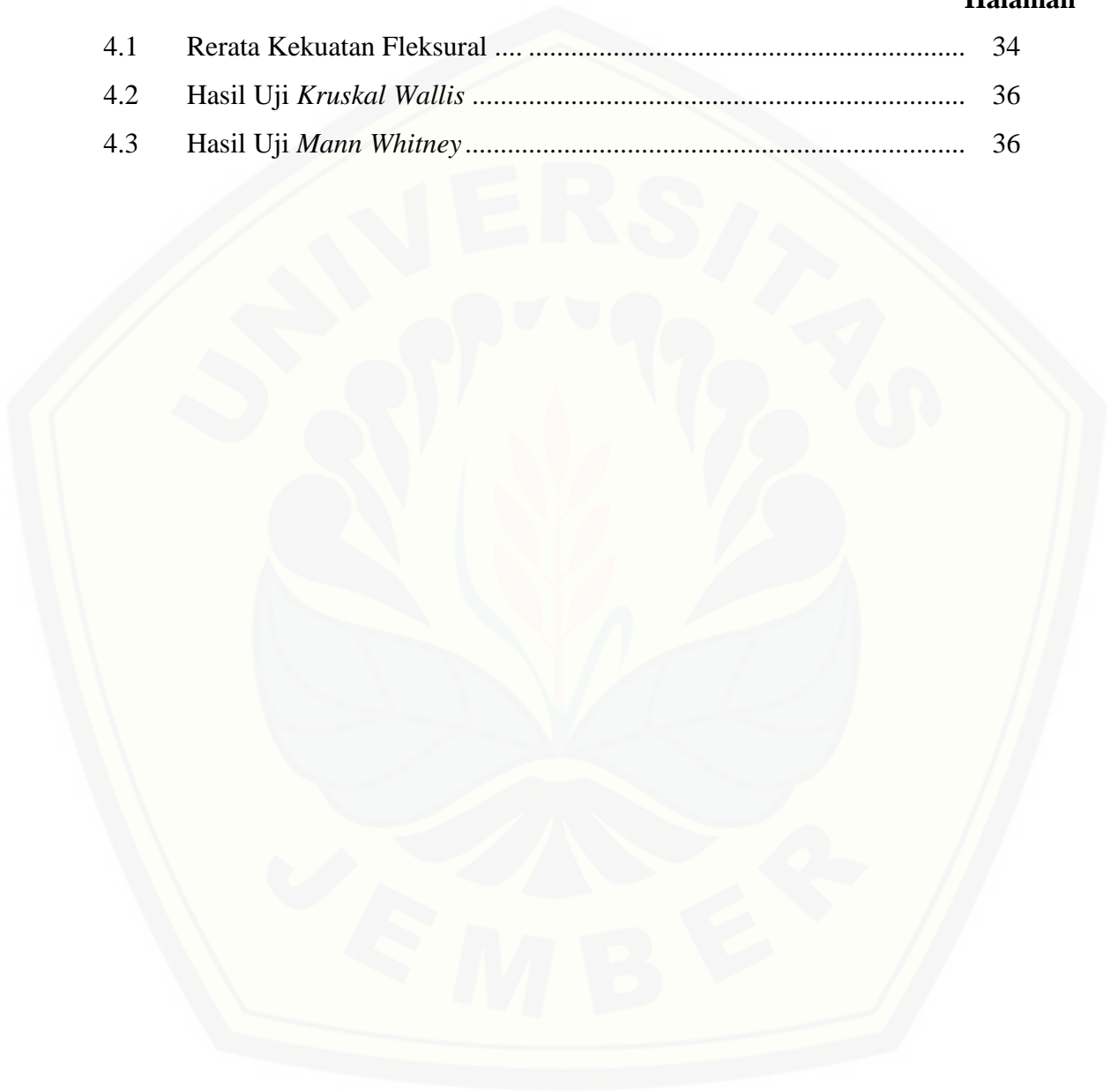
	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Resin Komposit	5
2.1.1 Definisi	5
2.1.2 Komposisi	5
2.1.3 Polimerisasi	8
2.1.4 <i>Bonding</i>	10
2.2 Resin Komposit <i>Microhybrid</i>	12
2.3 <i>Fiber</i> dalam Kedokteran Gigi	14

2.3.1 Jenis <i>Fiber</i>	15
2.3.2 Susunan <i>Fiber</i>	18
2.3.3 Jumlah Lapisan <i>Fiber</i>	18
2.4 Kekuatan Fleksural	19
2.5 Hipotesis	20
2.6 Kerangka Konsep	21
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Jenis Penelitian	22
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.2.1 Tempat Penelitian	22
3.2.2 Waktu Penelitian	22
3.3 Variabel Penelitian	22
3.3.1 Variabel Bebas	22
3.3.2 Variabel Terikat	22
3.3.3 Variabel Terkendali	22
3.4. Definisi Operasional	23
3.4.1 Komposit <i>microhybrid</i>	23
3.4.2 <i>Polyethylene fiber</i>	23
3.4.3 Kekuatan Fleksural	23
3.5 Sampel Penelitian	23
3.5.1 Bentuk Sampel	23
3.5.2 Pembagian Kelompok Sampel	24
3.5.3 Besar Sampel	24
3.6 Alat dan Bahan Penelitian	25
3.6.1 Alat.....	25
3.6.2 Bahan	25
3.7 Prosedur Penelitian	26
3.7.1 Pembuatan Sampel sebagai Kontrol	26
3.7.2 Pembuatan Sampel dengan Penambahan <i>Fiber</i>	28

3.7.3 Pengujian Kekuatan Fleksural.....	30
3.8 Analisis Data.....	32
3.9 Alur Penelitian.....	33
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Hasil Penelitian.....	34
4.2 Analisis Data.....	35
4.3 Pembahasan.....	37
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	41
DAFTAR BACAAN.....	42

DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 Rerata Kekuatan Fleksural	34
4.2 Hasil Uji <i>Kruskal Wallis</i>	36
4.3 Hasil Uji <i>Mann Whitney</i>	36



DAFTAR GAMBAR

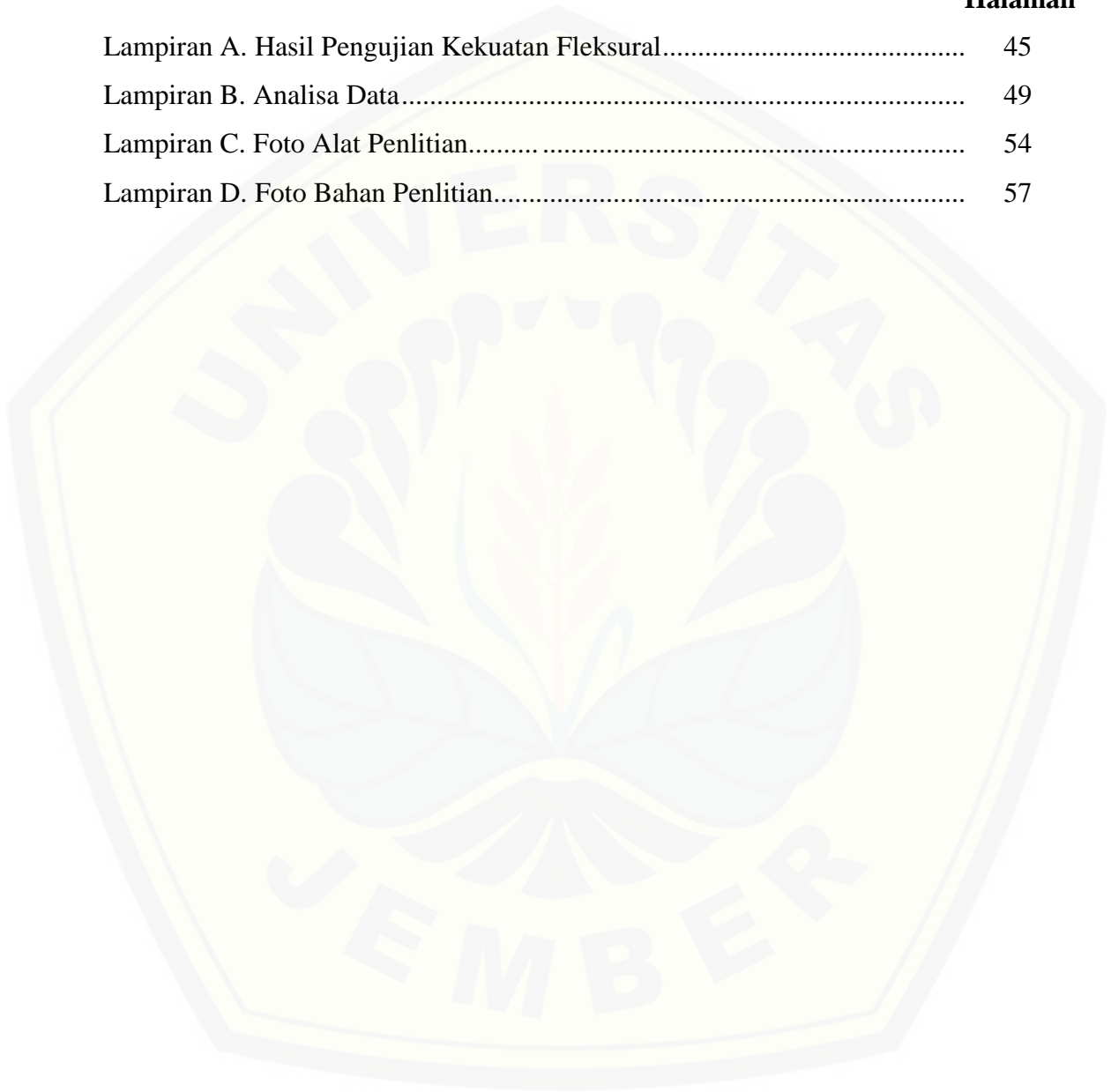
	Halaman
2.1 Monomer Metakrilat	6
2.2 <i>Coupling Agent</i>	7
2.3 Tahap Inisiasi	9
2.4 Tahap Propagasi	9
2.5 Tahap Terminasi.....	10
2.6 Merk Dagang Komposit <i>Microhybrid</i>	13
2.7 Penggunaan <i>Fiber</i> pada GTJ	14
2.8 Susunan <i>Polyethylene</i> dan <i>Glass Fiber</i>	16
2.9 <i>Carbon Fiber</i>	16
2.10 Multidirectional <i>Polyethylene Fiber</i>	17
2.11 <i>Unidirectional Polyethylene fiber</i>	18
2.12 Cara Peletakan <i>Fiber</i>	20
3.1 <i>Universal Testing Machine</i>	25
3.2 <i>Polyethylene Fiber</i> Merk <i>Biodental</i>	26
3.3 Arah Pemberian Gaya	31
4.1 Diagram Batang Rerata Kekuatan Fleksural	35
4.2 SEM pada Permukaan <i>Polyethylene Fiber</i>	39

DAFTAR SINGKATAN

Aramid	: <i>Aromatic polyamide</i>
Bis-GMA	: <i>Bisphenol-A-Glycidyl Methacrylate</i>
FRC	: <i>Fiber Reinforced Composite</i>
HEMA	: <i>2-hydroxyethyl methacrylate</i>
ISO	: International Organization for Standardization
LED	: <i>Light Emitting Diode</i>
mm	: Milimeter
MOD	: Mesial-Oklusal-Distal
MPa	: Mega Pascal
N	: Newton
N/mm ²	: Newton per milimeter persegi
NPG-GMA	: <i>N-phenyl-glycine-glycidyl methacrylate</i>
P	: Probabilitas
SEM	: <i>Scanning Electron Microscopy</i>
TEGDMA	: <i>Trietilen Glycol Dimethacrylate</i>
UEDMA	: <i>Urethane Dimethacrylate</i>

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Hasil Pengujian Kekuatan Fleksural.....	45
Lampiran B. Analisa Data.....	49
Lampiran C. Foto Alat Penelitian.....	54
Lampiran D. Foto Bahan Penelitian.....	57



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kehilangan gigi akibat karies, trauma, kondisi sistemik, dan penyakit periodontal dapat menyebabkan gangguan fungsional terutama saat pengunyahan. Salah satu perawatan untuk mengganti gigi yang hilang adalah dengan gigi tiruan cekat. Bahan gigi tiruan cekat yang umum digunakan adalah *porcelain fused to metal*. Gigi tiruan cekat dengan bahan tersebut memberikan kekuatan dan estetik yang baik. Kekurangan dari bahan tersebut adalah logam *alloy* yang digunakan dapat mengalami korosi dan menyebabkan alergi untuk beberapa pasien. *Porcelain* merupakan bahan yang rapuh dan mudah fraktur. *Porcelain* juga dapat mengakibatkan abrasi bagi enamel dari gigi antagonisnya (Rosenstiel *et al.*, 2006).

Bahan lain yang dapat digunakan sebagai alternatif dalam pembuatan gigi tiruan cekat adalah FRC (*fiber reinforced composite*). Bahan tersebut merupakan material komposit yang terbuat dari matriks yang diperkuat oleh *fiber*. Resin komposit digunakan untuk mengembalikan bentuk dan fungsi gigi dengan kualitas estetik serta adanya kemampuan bahan untuk berikatan dengan struktur gigi sekitarnya (LeSage, 2007). Penambahan *fiber* dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan dari resin komposit. Aplikasi FRC dipengaruhi oleh berbagai macam hal, di antaranya jenis *fiber*, jumlah lapisan *fiber*, dan susunan *fiber* (Freilich *et al.*, 2002).

Fiber yang lazim digunakan di kedokteran gigi di antaranya *glass fiber*, *aramid fiber*, *carbon fiber*, dan *polyethylene fiber* (Le Bell-Ronnlof, 2007) dengan pola susunan serat *unidirectional*, *braided*, dan *woven* (Rosenstiel *et al.*, 2001). *Polyethylene fiber* merupakan serat yang sering digunakan di bidang kedokteran gigi. Serat ini memiliki kekuatan yang jauh lebih tinggi dibanding *glass fiber*. Serat ini memiliki kepadatan yang rendah, resistensi yang baik, dan sewarna dengan gigi (Le

Bell-Ronnlof, 2007). *Fiber* dengan susunan *unidirectional* memiliki kekakuan dan kekuatan fleksural lebih tinggi dibanding *multidirectional* sehingga dapat menjadi pilihan sebagai *framework* pada kasus *intracoronar retainer* pada gigi tiruan cekat (Garoushi dan Vallittu, 2006). Jumlah lapisan *fiber* juga dapat mempengaruhi kekuatan FRC. Septommy *et al* (2014) menyatakan bahwa ada peningkatan kekuatan fleksural resin komposit *microhybrid* seiring ditambahkan lapisan *woven polyethylene fiber*. FRC dengan 2 lapis *fiber* memiliki kekuatan lebih tinggi dibanding tanpa *fiber* dan 1 lapis *fiber*.

Jenis resin komposit yang digunakan juga dapat mempengaruhi kekuatan dari FRC (Mozartha *et al.*, 2010). Resin komposit terdiri dari berbagai tipe, menurut ukuran partikel *filler* dan persentase muatan *filler*. Resin komposit menurut ukuran partikel *filler* yaitu *macrofiller*, *microfiller*, *hybrid*, dan *nanofiller*. Komposit *hybrid* dibagi lagi menjadi *microhybrid* dan *nanohybrid* (Hatrick *et al.*, 2011). Komposit yang digunakan di RSGM Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember adalah komposit *microhybrid*. Komposit *microhybrid* merupakan kombinasi komposit *macrofiller* dan *microfiller*. Komposit ini estetikanya setara dengan komposit berbahan mikro dan memiliki sifat mekanik di antara komposit *macrofiller* dan *microfiller* (Anusavice, 2003).

Komposit *microhybrid* memiliki kelebihan antara lain estetik baik (Albers, 2002), mudah dipoles dan resisten terhadap plak (Mozartha *et al.*, 2010). Kekurangan dari komposit ini yaitu kekuatan mekanisnya lebih rendah dibanding komposit *nanofiller* yang terbaru saat ini (Pontes *et al.*, 2013). Hal ini dikarenakan persentase *filler* komposit *microhybrid* lebih rendah dari komposit *nanofiller* (Mozartha *et al.*, 2010).

Suatu bahan restorasi harus memiliki ketahanan terhadap beban kunyah yang diterima untuk dapat bertahan dalam rongga mulut (Craig dan Powers, 2002). Saat pengunyahan, akan terjadi gaya tekan oleh beban kunyah kemudian diteruskan ke bagian bawah gigi tiruan cekat yang mengalami gaya tarik. Gaya tarik tersebut akan menyebabkan molekul-molekul dalam bahan restorasi berupaya bertahan terhadap

tarikan (Septommy et al., 2014). Resin komposit akan pecah atau retak apabila tidak memiliki kekuatan untuk menahan gaya tekan dan tarik tersebut (Esterina, 2012).

Kemampuan suatu bahan restorasi untuk menahan gaya tekan dan tarik saat sedang berfungsi dalam rongga mulut baik sebagai restorasi di daerah anterior maupun posterior disebut kekuatan fleksural (Mozartha *et al.*, 2010). Kekuatan fleksural minimum yang harus dimiliki resin komposit yang dipolimerisasi dengan sinar menurut ISO 4049 adalah 50 MPa (McCabe dan Walls, 2008). Kekuatan fleksural resin komposit dapat ditingkatkan dengan penambahan *fiber* (Rosenstiel *et al.*, 2001).

Sejauh ini belum ada penelitian yang menguji kekuatan fleksural komposit *microhybrid* yang diperkuat *unidirectional polyethylene fiber* dengan penambahan 1 hingga 3 lapis *fiber*. Berdasar uraian di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang kekuatan fleksural komposit *microhybrid* dengan penambahan lapisan *polyethylene fiber*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah apakah terdapat peningkatan kekuatan fleksural resin komposit *microhybrid* dengan penambahan lapisan *polyethylene fiber*?

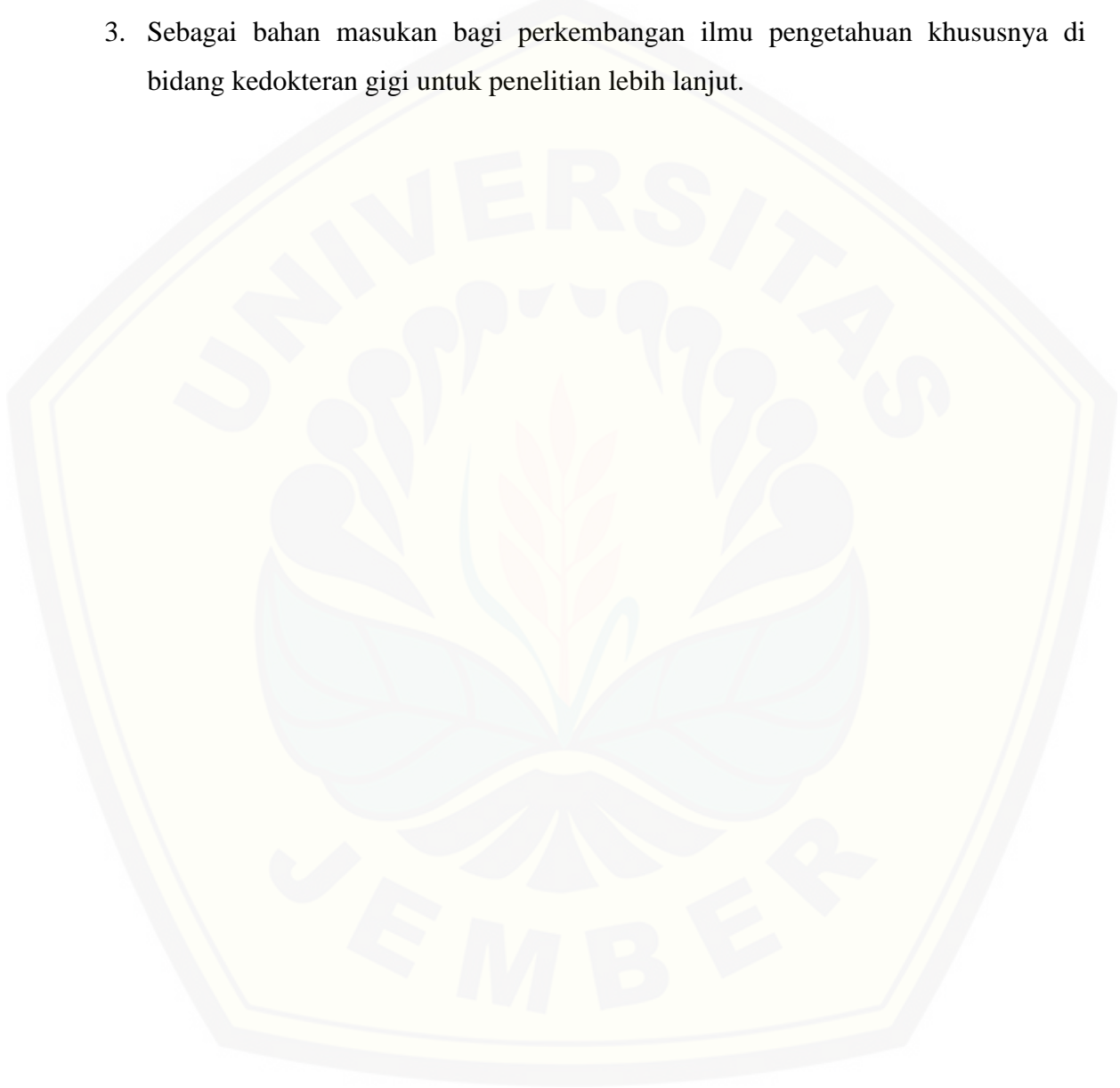
1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan fleksural resin komposit *microhybrid* dengan penambahan lapisan *polyethylene fiber*.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Sebagai informasi tentang pengaruh penambahan *polyethylene fiber* dengan jumlah lapisan yang berbeda terhadap kekuatan fleksural *fiber reinforced microhybrid composite*.

2. Dapat berguna bagi dokter gigi dalam pembuatan gigi tiruan cekat dengan menggunakan resin komposit *microhybrid* yang ditambahkan lapisan *polyethylene fiber* sehingga mengurangi resiko terjadinya fraktur.
3. Sebagai bahan masukan bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang kedokteran gigi untuk penelitian lebih lanjut.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Resin Komposit

2.1.1 Definisi

Resin komposit merupakan bahan restorasi sewarna gigi yang merupakan gabungan dua atau lebih bahan berbeda dengan sifat-sifat yang unggul atau lebih baik daripada bahan itu sendiri (McCabe dan Walls, 2008). Bahan ini telah lama digunakan di kedokteran gigi sejak tahun 1940 dan telah mengalami perkembangan pesat (Annusavice, 2003). Pada awal perkembangannya, resin komposit digunakan untuk restorasi klas I, klas III, dan klas V. Pada tahun 1990-an resin komposit semakin berkembang hingga dapat diaplikasikan untuk restorasi posterior klas II (MOD) dan Klas VI. Komposit juga dapat digunakan untuk membuat crown dan bridge jika diperkuat oleh *fiber* (Craig dan Powers, 2002).

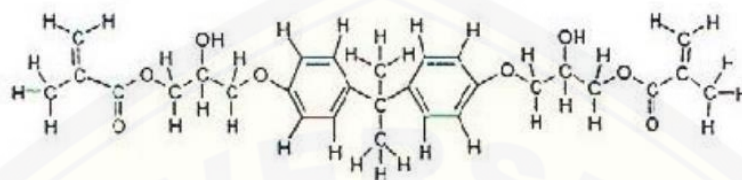
2.1.2 Komposisi

a. Matriks Resin

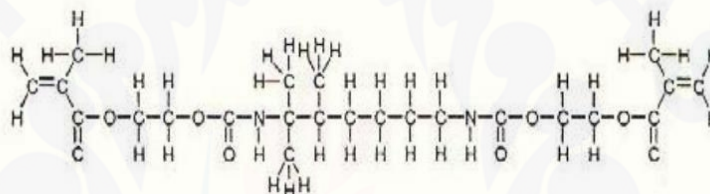
Matriks resin merupakan komponen aktif kimia dalam komposit yang berbentuk monomer cair. *Bisphenol-A-Glycidyl Methacrylate* (Bis-GMA), *Urethane Dimethacrylate* (UEDMA) dan *Trietilen Glycol Dimethacrylate* (TEGDMA) merupakan dimetakrilat yang umum digunakan dalam resin komposit (Annusavice, 2003).

Keunggulan matriks resin adalah memberikan kemampuan resin komposit untuk dibentuk pada suhu kamar dengan waktu polimerisasi yang dapat diatur oleh praktisi (McCabe dan Walls, 2008). Selain itu matriks resin juga membentuk ikatan silang polimer yang kuat pada bahan komposit dan mengontrol konsistensi pada resin komposit. Matriks resin mengandung monomer dengan viskositas tinggi (kental) yaitu Bis-GMA. Monomer dengan viskositas rendah juga terkandung di dalamnya

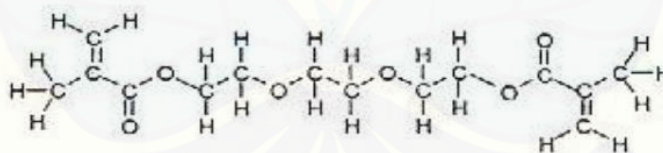
yaitu TEGDMA dan UEDMA. Matriks resin memiliki kandungan ikatan ganda karbon reaktif yang dapat berpolimerisasi bila terdapat radikal bebas (Powers dan Sakaguchi, 2009).



A



B



C

Gambar 2.1 A. Bis-GMA, B. UEDMA, C.TEGDMA (Sumber: Annusavice, 2003)

b. Partikel Bahan Pengisi (*Filler*)

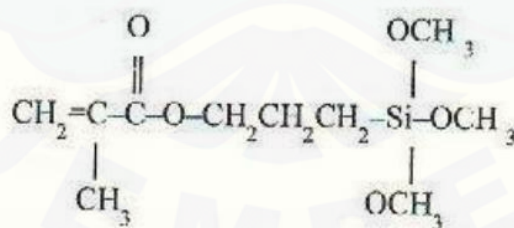
Partikel bahan pengisi (*filler*) adalah material anorganik yang ditambahkan pada matriks resin. Partikel bahan pengisi yang benar-benar berikatan dengan matriks akan meningkatkan sifat bahan matriks, seperti mengurangi pengerutan ketika

polimerisasi matriks resin, meningkatkan sifat mekanis seperti kekuatan, kekakuan, kekerasan, dan ketahanan abrasi atau pemakaian (McCabe dan Walls, 2008).

Berdasar ukuran partikel *filler*, komposit dibagi menjadi empat, yaitu *macrofiller*, *microfiller*, *hybrid*, dan *nanofiller*. Komposit *hybrid* dibagi lagi menjadi *microhybrid* dan *nanohybrid*. Makin besar ukuran partikel maka ikatannya makin lemah dan mudah terjadi abrasi akibat pengunyahan atau penyikatan gigi, menyebabkan hanyalah tertinggal resin matriks sehingga permukaan menjadi kasar (Hatrack *et al.*, 2011).

c. Coupling Agent

Matriks resin dan partikel bahan pengisi yang saling berikatan memungkinkan matriks lebih fleksibel dalam meneruskan tekanan ke partikel pengisi yang lebih kaku. Ikatan antara keduanya diperoleh dengan adanya *coupling agent*. Bahan ini mampu mengikat matriks resin melalui salah satu ujung rantainya yang memiliki karakteristik sama dengan monomer metakrilat dan mampu mengikat *filler* melalui komponen silane. *Coupling agent* yang paling sering digunakan adalah organosilanes (3-metakriloksi-propyl-trimetoksilane) (McCabe dan Walls, 2008).



Gambar 2.2 3-metakriloksi-propyl-trimetoksilane

(Sumber: Powers dan Sakaguchi, 2009)

d. Aktivator dan Inisiator

Monomer metakrilat dan dimetilmetakrilat berpolimerisasi dengan mekanisme polimerisasi yang diawali oleh adanya radikal bebas. Radikal bebas dapat berasal dari

aktivasi kimia dan pengaktifan energi eksternal (panas atau sinar). Komposit yang dipolimerisasi dengan sinar beredar di pasaran dalam bentuk pasta. Radikal bebas pada komposit ini terbentuk saat pemaparan sinar dengan panjang gelombang tepat (468 nm) yang merangsang fotoinisiator (camphorquinon) untuk menarik molekul hidrogen yang terdapat pada aktivator (amina) (McCabe dan Walls, 2008).

e. Inhibitor

Untuk mencegah polimerisasi spontan dari monomer, bahan penghambat (inhibitor) ditambahkan dalam resin komposit. Inhibitor yang umum dipakai adalah *butylated hydroxytoluene* (Annusavice, 2003).

f. Modifier Optik

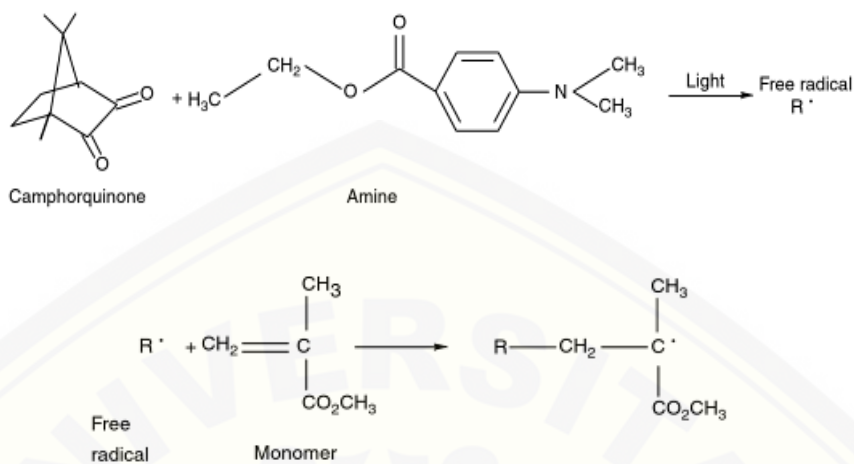
Resin komposit harus memiliki warna dan translusensi yang dapat menyerupai struktur gigi. Warna dapat diperoleh dengan menambahkan pigmen yang berbeda. Bahan pigmen yang digunakan adalah titanium dioksida dan aluminium oksida (Annusavice, 2003).

2.1.3 Polimerisasi

Polimerisasi merupakan pembentukan rantai polimer dari adisi radikal bebas pada monomer metakrilat. (Craig dan Powers, 2002). Tahap polimerisasi terdiri dari:

a. Inisiasi

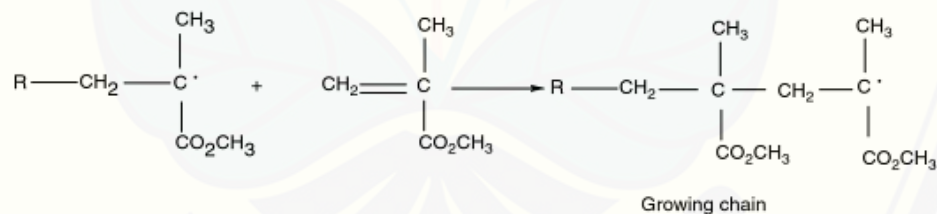
Pada tahap ini, radikal bebas yang dihasilkan dari aktivasi oleh sinar terhadap camphorquinon dan amina organik akan berikatan dengan monomer metakrilat membentuk *active center monomer radical*.



Gambar 2.3 Tahap Inisiasi (Sumber: Sakaguchi dan Powers, 2012)

b. Propagasi

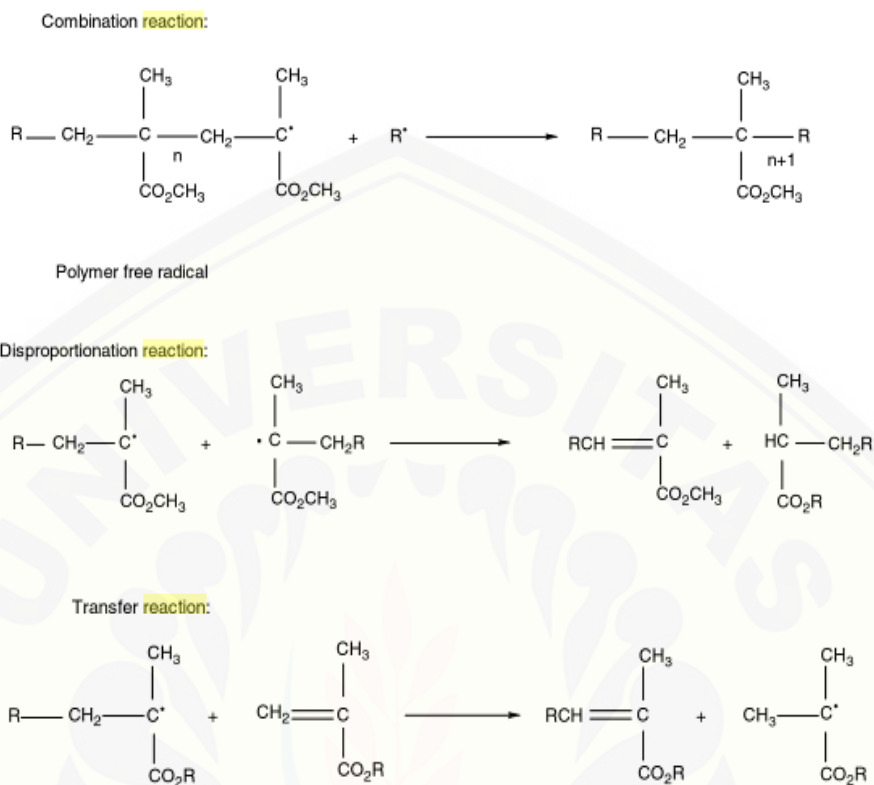
Pada tahap ini terjadi ikatan antara molekul monomer metakrilat dan *active center monomer radical* membentuk rantai polimer yang belum stabil.



Gambar 2.4 Tahap Propagasi (Sumber: Sakaguchi dan Powers, 2012)

c. Terminasi

Pada tahap ini radikal bebas yang tersisa akan berikatan dengan rantai polimer hingga stabil.



Gambar 2.5 Tahap Terminasi (Sumber: Sakaguchi dan Powers, 2012)

2.1.4 Bonding

Bonding atau *adhesion* adalah suatu keadaan dimana dua permukaan disatukan dengan adanya bahan *adhesive*. Bahan *adhesive* merupakan suatu bahan yang menyatukan dua substrat sehingga dapat mentransfer beban dari substrat satu ke substrat lainnya. Menurut Chandra *et al* (2007) generasi *bonding* terdiri dari:

a. *Bonding* Generasi 1

Bonding generasi 1 diperkenalkan pada tahun 1970-an dengan menggunakan NPG-GMA (N-phenyl-glycine-glycidyl methacrylate) sebagai *surface active comonomer*. Namun *bonding* generasi 1 ini memiliki kekuatan *bonding* yang sangat rendah.

b. *Bonding* Generasi 2

Bonding generasi 2 diperkenalkan pada tahun 1978 dengan menggunakan material *phosphat ester* dan HEMA. Muatan negatif dari ion fosfat dalam resin akan bereaksi dengan ion kalsium pada *smear layer*. *Bonding* generasi ini menggunakan *smear layer* sebagai substrat. Kegagalan dari *bonding* generasi 2 ini terletak pada *smear layer* sebagai substrat.

c. *Bonding* Generasi 3

Bonding generasi 3 diperkenalkan pada tahun 1980-an. Sistem *bonding* generasi ini menggunakan etsa asam untuk pertama kalinya sebelum *phosphat ester bonding*. Sistem ini meningkatkan *bond strength* pada dentin. Namun seiring berjalannya waktu, dapat mengakibatkan *margin staining* (Wahab, 2015).

d. *Bonding* Generasi 4

Bonding generasi 4 dikenal dengan proses hibridisasinya pada *interface* antara dentin dan komposit. Hibridisasi adalah menggantikan hidroksiapatit dan air pada permukaan dentin oleh resin. Resin dan serat kolagen yang tersisa akan membentuk *hybrid layer*. *Bonding* generasi 4 mengandung gel etsa asam (asam fosfat 37% atau asam maleic 10%) untuk membuang *smear layer*, *primer-reactive hydrophilic monomers* (2% NTG GMA dan 16% *bisphenyl dimethacrylate*) dalam etanol atau aseton, dan *resin bonding agent* (Bis-GMA yang mengandung HEMA) yang berdifusi dan membasahi dentin yang terdekalsifikasi sebagian kemudian berpolimerisasi membentuk *hybrid layer*.

e. *Bonding* Generasi 5

Bonding generasi 5 mengkombinasikan primer dan bahan *adhesive* dalam 1 botol namun aplikasi etsa tetap dilakukan terpisah. *Bonding* generasi ini memberikan kelebihan menghemat waktu aplikasi dengan kekuatan *bonding* hampir sama dengan *bonding* generasi 4.

f. *Bonding* Generasi 6

Bonding generasi ini diperkenalkan sejak tahun 2000 dengan menyederhanakan aplikasi etsa, primer, dan *bonding* hanya dalam 1 langkah. Dalam penggunaan *bonding* generasi ini, operator perlu melakukan *mixing* antara etsa, primer, dan *bonding* kemudian diaplikasikan dalam 1 langkah pada gigi.

g. *Bonding* Generasi 7

Bonding generasi ini lebih menyederhanakan aplikasi dari *bonding* generasi 6, yakni etsa, primer, dan *bonding* tersedia dalam 1 botol. Penggunaan *bonding* generasi ini memberikan keuntungan waktu kerja yang cepat dan lebih sederhana. *Bonding* generasi 7 digunakan dalam penelitian ini dan berasal dari pabrik yang sama dengan komposit yang digunakan supaya menghasilkan ikatan yang baik.

h. *Bonding* Generasi 8

Bonding generasi ini memiliki kandungan tambahan yang berbeda dari generasi-generasi sebelumnya, yakni *nanofiller*. Penambahan *filler* ini bertujuan untuk mengurangi pengerutan setelah polimerisasi.

2.2 Resin Komposit *Microhybrid*

Komposit *microhybrid* merupakan kombinasi komposit *macrofiller* dan *microfiller*. Rata-rata ukuran partikel pengisi komposit *microhybrid* adalah 0,2-1 μm (Olivi dan Olivi, 2015). Kategori bahan komposit ini dikembangkan dalam rangka memperoleh kehalusan permukaan yang baik sehingga estetikanya setara dengan komposit berbahan mikro dan memiliki sifat mekanik di antara komposit *macrofiller* dan *microfiller* (Anusavice, 2003).



Gambar 2.6 Salah satu merk dagang komposit *microhybrid* siap pakai
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Komposisi *filler* dalam komposit *microhybrid* berkisar antara 75-85% berat. Semakin tinggi kandungan *filler*, semakin tinggi pula resistensi suatu bahan komposit terhadap fraktur. Kandungan *filler* yang tinggi dalam komposit *microhybrid* meningkatkan resistensinya terhadap fraktur (kekuatan tinggi) (Olivi dan Olivi, 2015). Ada dua jenis bahan filler dalam komposit *microhybrid* yakni silica koloidal yang berjumlah 10-20 % dari total kandungan filler dan partikel *glass* yang mengandung logam berat yang berukuran 0,6-1 μm . Partikel pengisi berukuran rata-rata 1 mikron dan partikel *submicron* memberikan kekuatan dan kepadatan. Kepadatan menyebabkan *shading* yang akurat dan optik warna yang sangat baik (Schneider *et al.*, 2010).

Komposit *microhybrid* memiliki estetika yang baik dan warna stabil (Albers, 2002) mudah dipoles dan resisten terhadap plak, serta membutuhkan preparasi minimal pada gigi penyangga jika digunakan untuk gigi tiruan jembatan. Namun dalam perkembangannya, komposit jenis ini memiliki kekuatan lebih rendah dibanding komposit jenis terbaru yakni komposit *nanofiller*. Hal ini dikarenakan persentase *filler* komposit *microhybrid* lebih rendah dari komposit *nanofiller* (Mozartha *et al.*, 2010). Persentase *filler* dalam komposit *microhybrid* adalah 75-85% berat (Olivi dan Olivi, 2015), sedangkan persentase *filler* dalam komposit *nanofiller* adalah 80%-90% (Annusavice, 2003). Hal tersebut juga didukung oleh penelitian Pontes *et al* (2013) yang menyebutkan bahwa komposit *nanofiller* memiliki sifat mekanik yang lebih baik dari komposit *microhybrid*. Dalam

penelitiannya, komposit *nanofiller* memiliki kekuatan fleksural lebih tinggi dibanding komposit *microhybrid*.

2.3 Fiber dalam Kedokteran Gigi

Fiber dapat dikombinasikan dengan resin komposit sebagai bahan restorasi dalam kedokteran gigi. Kombinasi ini bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik resin komposit (Rosenstiel *et al.*, 2006). Komposit yang diperkuat oleh *fiber* mulai banyak digunakan oleh para praktisi di bidang kedokteran gigi sebagai alternatif yang potensial dari gigi tiruan jembatan (GTJ) untuk mengganti satu gigi yang hilang baik di anterior maupun posterior. Aplikasi *fiber* dalam pembuatan GTJ dengan bahan FRC (*Fiber Reinforced Composite*) adalah sebagai *substructure (framework)* (Garoushi dan Vallittu, 2006). Posisi peletakan *fiber* berdasar pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Mosharraf dan Givechian (2012) serta Spyrides *et al* (2015), *fiber* yang diletakkan pada dasar cetakan tepat pada sisi yang menerima gaya tarik menunjukkan kekuatan fleksural lebih tinggi dibanding *fiber* yang diletakkan menjauhi dasar cetakan. Temuan ini sesuai dengan teori Griffith (dalam Mozartha *et al.*, 2010) mengenai terjadinya retakan dan perambatannya melalui material yang *brittle*, bahwa selama retakan berkembang dibutuhkan energi untuk menciptakan permukaan yang baru.



Gambar 2.7 *unidirectional glass fiber framework* pada gigi tiruan jembatan (Sumber: Garoushi dan Vallittu, 2006)

Kelebihan yang ditawarkan oleh FRC sebagai GTJ adalah gigi penyangga tidak perlu diasah terlalu banyak sehingga jauh lebih konservatif dan estetik memuaskan serta biokompatibilitas baik. Proses pembuatannya di laboratorium lebih sederhana karena tidak membutuhkan proses casting, sehingga biayanya juga lebih murah. Namun, ketahanan jangka panjang FRC sebagai material untuk restorasi permanen pada gigi posterior masih diperdebatkan, dan masih belum banyak penelitian tentang sifat mekanisnya (Mozartha *et al.*, 2010).

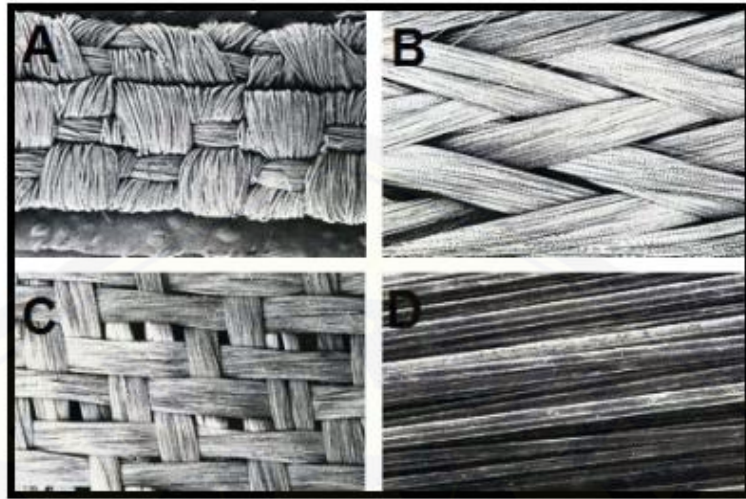
Aplikasi bahan FRC sebagai restorasi sangat dipengaruhi oleh berbagai macam hal, di antaranya jenis *fiber*, jumlah lapisan *fiber*, dan susunan *fiber* (Freilich *et al.*, 2002). *Fiber* yang lazim digunakan di kedokteran gigi di antaranya *glass fiber*, *aramid fiber*, *carbon fiber*, dan *polyethylene fiber* (Rappeli dan Goccia, 2005) dengan pola susunan serat *unidirectional*, *braided*, dan *woven* (Rosenstiel *et al.*, 2001).

2.3.1 Jenis *Fiber*

a. *Glass Fiber*

Glass fiber adalah material berbentuk serabut-serabut yang sangat halus mengandung bahan kaca (Sitorus dan Dahar, 2012). Serat ini memiliki diameter sekitar 0,005-0,01 mm. Keuntungan dari serat ini sebagai bahan penguat adalah biayanya murah, kekuatan tarik yang tinggi, sangat biokompatibel, dan estetik baik (Le Bell-Ronnlof, 2007). Bahan *glass fiber* tersedia dalam susunan yang *unidirectional* dan *multidirectional*.

Glass fiber berbentuk anyaman mudah digunakan karena sifatnya yang mudah dibentuk sehingga menjadi pilihan yang tepat untuk dilingkarkan pada gigi. *Glass fiber* berbentuk batang mempunyai daya lentur yang tinggi sehingga serat ini merupakan pilihan yang tepat untuk daerah yang menerima tekanan pengunyahan yang tinggi (Garoushida dan Vallitu, 2006).



Gambar 2.8 Gambaran mikroskop elektron A. *Woven polyethylene fiber*, B. *Braided glass fiber*, C. *Woven glass fiber*, D. *Unidirectional glass fiber* (Sumber: Garoushi dan Vallitu, 2006)

b. *Carbon fiber*

Carbon fiber dapat menambah ketahanan fraktur dan modulus elastisitas bahan resin. *Fiber* ini memberikan kekuatan yang lebih tinggi daripada jenis *fiber* yang lain dan mudah dalam perbaikannya. *Fiber* ini memberikan warna hitam dan opak pada komposit dengan kekakuan yang sama dengan dentin. Dari segi estetika, warnanya yang hitam merupakan kekurangan dari *fiber* ini (Le Bell- Ronnlof, 2007).



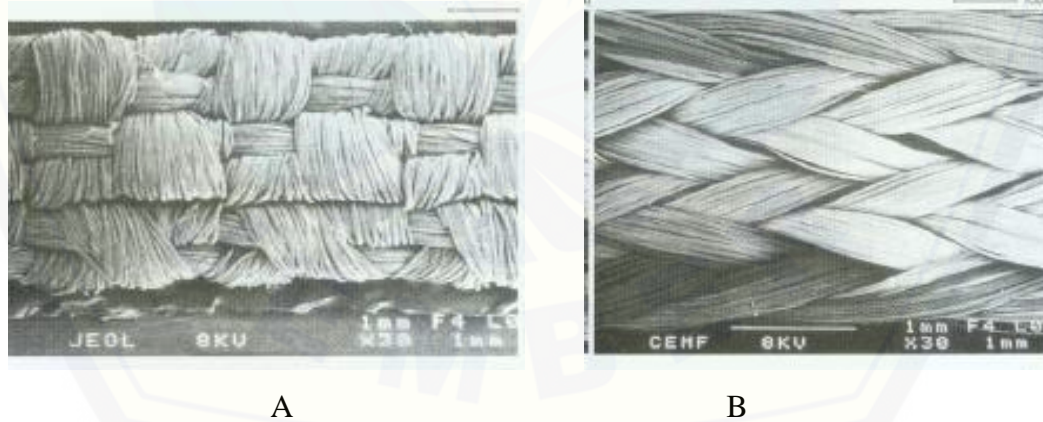
Gambar 2.9 Gambaran mikroskop electron *carbon fiber* berbentuk anyaman (Sumber: Kilfoil, 1983)

c. *Aramid fiber*

Aramid adalah kependekan dari *aromatic polyamide*. Aramid memiliki struktur kuat, tahan terhadap bahan kimia, dan dapat menahan panas hingga 370°C, sehingga tidak mudah terbakar. Ringan dan fleksibel adalah sifat dari *aramid fiber*. Kekurangan *aramid fiber* adalah warnanya yang kuning sehingga kurang estetik jika digunakan dalam bidang kedokteran gigi (Le Bell-Ronnlof, 2007).

d. *Polyethylene fiber*

Polyethylene fiber diperkenalkan pada tahun 1992. Serat ini sering digunakan di bidang kedokteran gigi, memiliki kekuatan yang jauh lebih tinggi dibanding *glass fiber*, kepadatannya rendah, memiliki resistensi yang baik, dan sewarna dengan gigi (Le Bell-Ronnlof, 2007). Serat ini memiliki diameter sekitar 10-20 μm (O'Masta, 2014). *Polyethylene fiber* tersedia dalam susunan *unidirectional* seperti helai benang (*strands*) dan *multidirectional* seperti *woven* atau *braided* yang mana serat-serat ini dijalin seperti anyaman (Loncar *et al.*, 2008).



Gambar 2.10 Gambaran mikroskop elektron A. *Woven polyethylene FRC*, B. *Braided polyethylene fiber FRC* (Sumber: Rosenstiel *et al.*, 2001)



Gambar 2.11 *Unidirectional polyethylene fiber*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

2.3.2 Susunan *Fiber*

Susunan *fiber* mempunyai pengaruh yang nyata baik terhadap sifat mekanik maupun kemudahan penggunaannya (Ganesh dan Tandon, 2006). Susunan *fiber* dapat berupa *unidirectional* dan *multidirectional* seperti *woven* atau *braided* yang mana serat-serat ini dijalin seperti anyaman (Loncar *et al.*, 2008). *Fiber* dengan susunan *multidirectional* mudah dikendalikan dan beradaptasi dengan baik pada kontur dan lengkung gigi (Ganesh dan Tandon, 2006), sedangkan *fiber* dengan susunan *unidirectional* memiliki keuntungan mudah dalam pembasahannya dengan bahan bonding karena bentuknya yang seperti benang (Mozartha *et al.*, 2010). *Fiber* dengan susunan *unidirectional* memiliki kekakuan dan kekuatan fleksural lebih tinggi dibanding *multidirectional* sehingga dapat menjadi pilihan sebagai *framework* pada kasus *intracoronar reitainer* pada GTJ (Garoushi dan Vallittu, 2006).

2.3.3 Jumlah Lapisan *Fiber*

Jumlah lapisan *fiber* juga dapat mempengaruhi kekuatan FRC. Septommy *et al* (2014) menyatakan bahwa ada peningkatan kekuatan fleksural komposit *microhybrid* seiring ditambahkannya lapisan *woven polyethylene fiber*. FRC dengan 2 lapis *fiber* memiliki kekuatan lebih tinggi dibanding tanpa *fiber* dan 1 lapis *fiber*.

2.4 Kekuatan Fleksural

Kekuatan fleksural merupakan kemampuan suatu restorasi untuk menahan gaya fleksural, yaitu kombinasi dari gaya tarik dan kompresi, saat sedang berfungsi di dalam mulut baik sebagai restorasi di daerah anterior maupun posterior. Kekuatan fleksural suatu material penting untuk diketahui oleh para klinisi sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan material untuk restorasi (Mozartha *et al.*, 2010). Kekuatan fleksural minimum yang harus dimiliki oleh suatu bahan restorasi yang dipolimerisasi dengan sinar menurut ISO 4049 adalah 50 MPa (McCabe dan Walls, 2008).

Cara pengujian kekuatan fleksural yang direkomendasikan oleh spesifikasi ISO 4049 untuk material berbasis polimer adalah *3-point bending test* yang telah digunakan secara luas. Alat untuk menguji kekuatan fleksural adalah *Universal Testing Machine*. Sebuah mesin uji universal yang dapat digunakan untuk menguji tegangan tarik dan kekuatan tekan bahan.

Rumus yang dipakai untuk menentukan kekuatan fleksural adalah (Annusavice, 2003):

$$\sigma = \frac{3Pl}{2bd^2}$$

Keterangan:

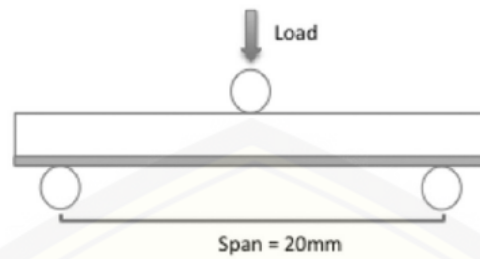
σ = Kekuatan fleksural (N/mm² atau MPa)

P = beban maksimal pada titik patah (N)

l = jarak antar tumpuan (mm)

b = lebar sampel (mm)

d = tebal sampel (mm)

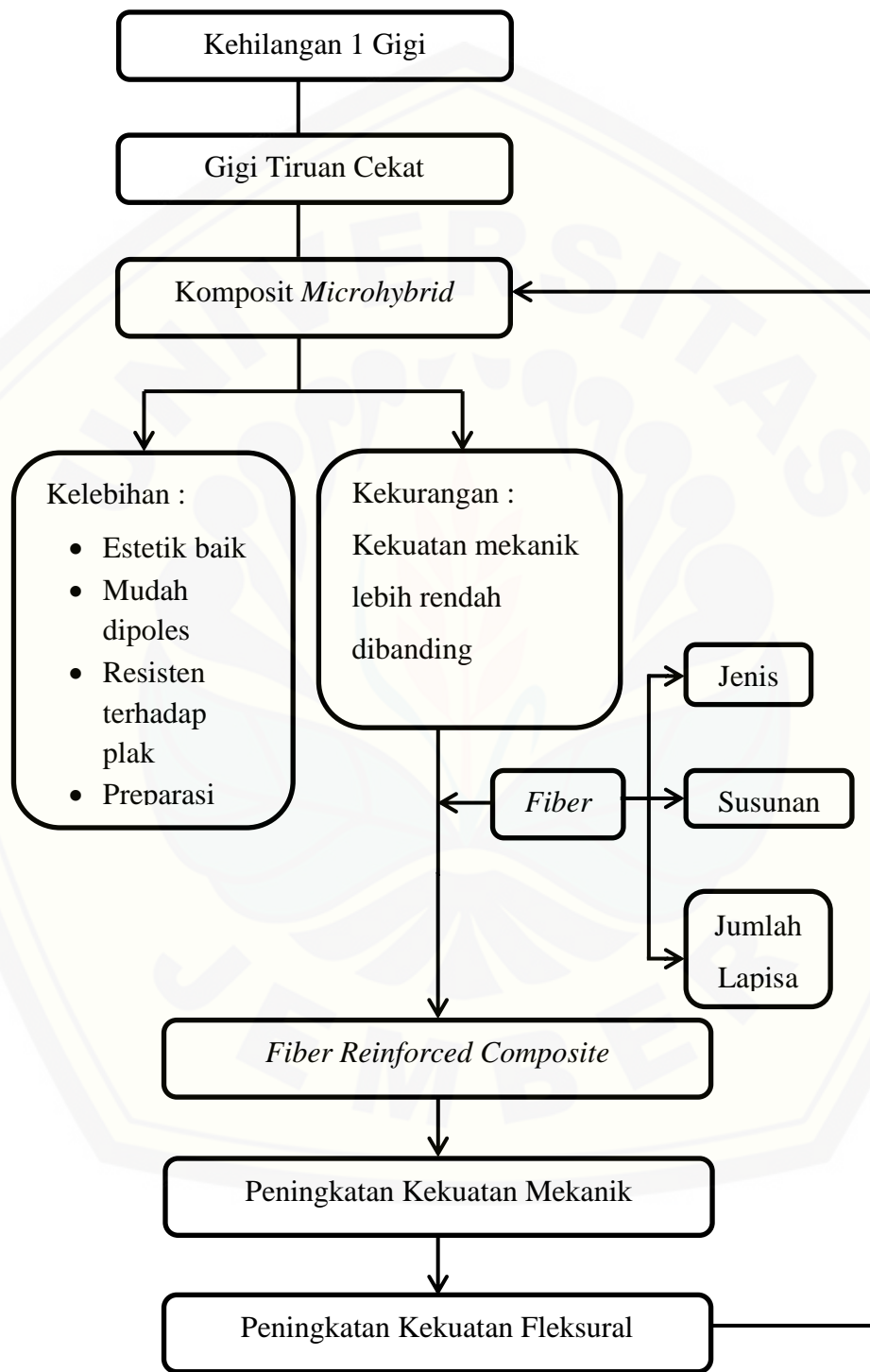


Gambar 2.12 Cara peletakan *fiber* di dalam mold dan arah pemberian gaya
(Sumber: Spyrideset *al.*, 2015)

2.5 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah terdapat peningkatan kekuatan fleksural resin komposit *microhybrid* dengan penambahan lapisan *polyethylene fiber*.

2.6 Kerangka Konsep



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimental laboratoris dengan menggunakan rancangan penelitian tipe *post-test only control group design*.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Bagian Konservasi Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember, Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Farmasi Universitas Airlangga, dan Laboratorium Beton Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh November.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Desember 2015-Januari 2016.

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Bebas

Jumlah lapisan *polyethylene fiber*

3.3.2 Variabel Terikat

Kekuatan fleksural

3.3.3 Variabel Terkendali

- a. Ukuran dan bentuk sampel
- b. Lama penyinaran komposit
- c. Prosedur penggunaan alat uji

3.4 Definisi Operasional

3.4.1 Komposit *microhybrid* merupakan kombinasi komposit *macrofiller* dan *microfiller* dengan rata-rata ukuran partikelnya 0,2-1 μm . Komposit *microhybrid* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Solare X # A3 GC.

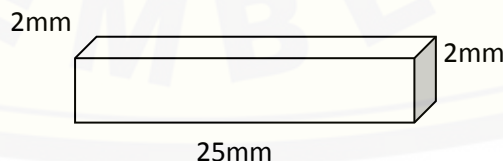
3.4.2 *Polyethylene fiber* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki susunan *unidirectional* dengan panjang dan lebar sesuai ukuran sampel, yakni 25 mm dan 2 mm. *Fiber* ditimbang dan dibasahi dengan bahan bonding sebelum dimasukkan ke dalam cetakan.

3.4.3 Kekuatan fleksural merupakan kemampuan suatu restorasi untuk menahan gaya fleksural, yaitu kombinasi dari gaya tarik dan kompresi, saat sedang berfungsi di dalam mulut. Cara pengujian kekuatan fleksural yang direkomendasikan oleh spesifikasi ISO 4049 untuk material berbasis polimer adalah *3-point bending test* yang telah digunakan secara luas dengan menggunakan *Universal Testing Machine*. Hasil dari pengukuran kekuatan fleksural dalam satuan N/mm^2 atau MPa.

3.5 Sampel Penelitian

3.5.1 Bentuk Sampel

Sampel berbentuk balok dengan ukuran 25x2x2 mm (ISO 4049)



3.5.2 Pembagian Kelompok Sampel

Sampel penelitian ini terdiri dari kelompok kontrol dan 3 kelompok perlakuan. Penjelasan masing-masing kelompok sebagai berikut:

a. Kelompok kontrol

Komposit *microhybrid* tanpa penguat *fiber*

b. Kelompok perlakuan 1

Komposit *microhybrid* yang ditambahkan 1 lapis *polyethylene fiber*

c. Kelompok perlakuan 2

Komposit *microhybrid* yang ditambahkan 2 lapis *polyethylene fiber*

d. Kelompok perlakuan 3

Komposit *microhybrid* yang ditambahkan 3 lapis *polyethylene fiber*

3.5.3 Besar Sampel

Besar sampel penelitian yang digunakan berdasar rumus penelitian eksperimental (Federer, 1977):

$$(t-1)(n-1) \geq 15$$

$$(4-1)(n-1) \geq 15$$

$$3(n-1) \geq 15$$

$$n-1 \geq 5$$

$$n \geq 6$$

Keterangan :

t : Jumlah kelompok penelitian

n : Besar sampel

15: konstanta

Dari hasil penghitungan tersebut, jumlah sampel dalam penelitian ini sebanyak 6 untuk setiap kelompok sampel.

3.6 Alat dan Bahan Penelitian

3.6.1 Alat

- a. *Split stainless steel mold* berukuran 25x2x2 mm
- b. *Glass plate*
- c. *Plastis filling instrument*
- d. Pinset kedokteran gigi
- e. *Light-emiting diode (LED) curing unit* (SKI, China)
- f. Petridish
- g. Inkubator
- h. *Universal Testing Machine* (Shimadzu, Japan)
- i. *Glass slide*
- j. Gunting khusus pemotong *fiber*
- k. Penggaris
- l. Neraca analitik digital



Gambar 3.1 *Universal Testing Machine* (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3.6.2 Bahan

- a. Komposit *microhybrid* (Solare X # A3 GC, Japan)
- b. *Polyethylene fiber* (Biodental, Australia)

- c. Bahan *bonding* (GC G Bond, *Japan*)
- d. Sarung tangan
- e. *Celluloid strip*
- f. Aquades steril

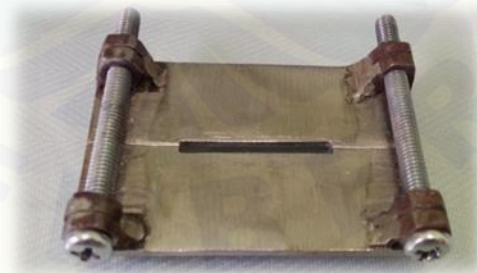


Gambar 3.2 Jenis *fiber* yang digunakan (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3.7 Prosedur Penelitian

3.7.1 Pembuatan Sampel sebagai Kontrol

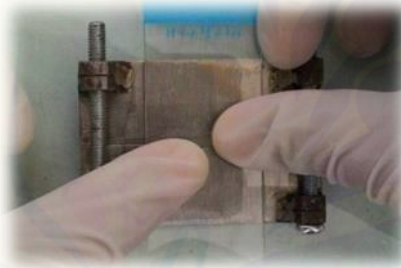
- a. Mempersiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan
- b. Cetakan ukuran 25x2x2 mm diletakkan di atas pita *celluloid strip* yang di bawahnya terdapat *glass plate*



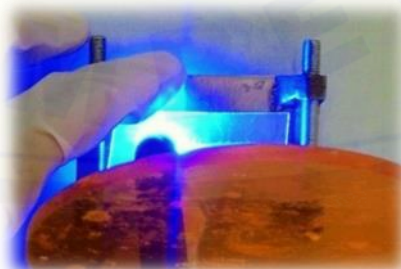
- c. Resin komposit diaplikasikan hingga memenuhi cetakan



- d. Permukaan atas cetakan ditutup dengan *glass slide* lalu ditekan dengan tekanan ringan untuk menekan resin yang berlebih, di antara *glass slide* dan cetakan diletakkan *celluloid strip*



- e. Kemudian dipolimerisasi menggunakan *light curing unit* dengan jarak sedekat mungkin menyentuh *celluloid strip*, penyinaran dibagi menjadi 4 bagian (sesuai diameter ujung *light curing unit* terhadap panjang sampel) dan tiap bagian selama 20 detik penyinaran



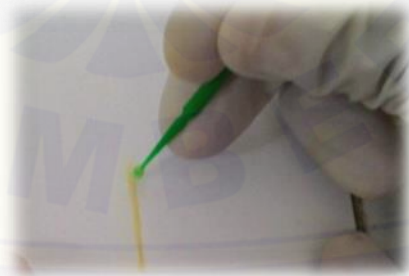
- f. Sampel dilepas dari cetakan dan direndam dalam aquades steril kemudian disimpan di dalam inkubator pada suhu 37° C selama 24 jam sebelum pengujian

3.7.2 Pembuatan Sampel dengan Penambahan *Fiber*

- a. Mempersiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan
- b. *Polyethylene fiber* digunting sesuai dengan ukuran sampel lalu ditimbang untuk standarisasi

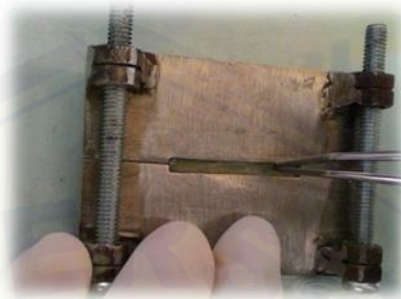


- c. Cetakan ukuran 25x2x2 mm diletakkan di atas pita *celluloid strip* yang di bawahnya terdapat *glass plate*
- d. *Polyethylene fiber* dibasahi dengan bahan *bonding* menggunakan *microbrush* sebelum diletakkan di dalam cetakan (pembasahan *fiber* dilakukan pada tiap lapis)

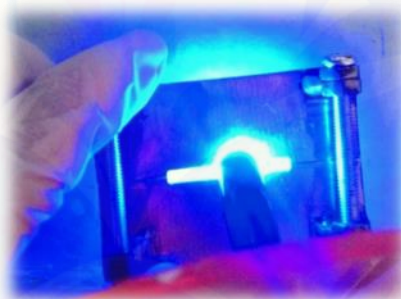


- e. *Fiber* dipegang menggunakan pinset untuk menghindari kontaminasi

- f. *Fiber* diletakkan di dasar cetakan (penambahan 2 dan 3 lapis *fiber* diletakkan per lapis)

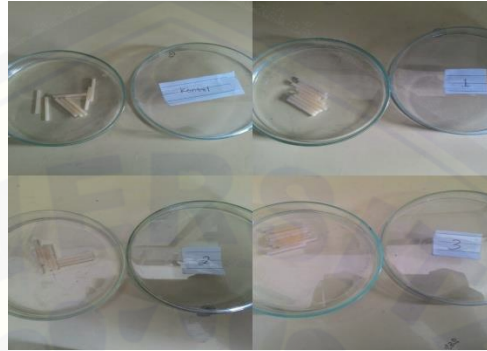


- g. Disinar menggunakan *light curing unit* dengan jarak sedekat mungkin, penyinaran dibagi menjadi 4 bagian (sesuai diameter ujung *light curing unit* terhadap panjang sampel) dan tiap bagian selama 20 detik penyinaran (penyinaran pada penambahan 2 dan 3 lapis *fiber* dilakukan dalam satu kali penyinaran)



- h. Resin komposit diaplikasikan di atas lapisan *fiber* hingga memenuhi cetakan
- i. Permukaan atas cetakan ditutup dengan *glass slide* lalu ditekan dengan tekanan ringan untuk menekan resin yang berlebih, di antara *glass slide* dan cetakan diletakkan *celluloid strip*
- j. Kemudian dipolimerisasi menggunakan *light curing unit* dengan jarak sedekat mungkin menyentuh *celluloid strip*, penyinaran dibagi menjadi 4 bagian (sesuai diameter ujung *light curing unit* terhadap panjang sampel) dan tiap bagian selama 20 detik penyinaran

- k. Sampel dilepas dari cetakan dan direndam dalam aquades steril kemudian disimpan di dalam inkubator pada suhu 37° C selama 24 jam sebelum pengujian



3.7.3 Pengujian Kekuatan Fleksural

Cara pengujian kekuatan flesural yang direkomendasikan oleh spesifikasi ISO 4049 untuk material berbasis polimer adalah *3-point bending test* dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Sampel ukuran 25x2x2 mm diletakkan pada alat uji dengan *bending span* 20 mm.
- b. *Loading piston* diarahkan tegak lurus dengan *fiber*
- c. Beban akan jatuh pada lapisan resin komposit sedangkan *fiber* berada di bagian dasar pada sisi yang mengalami gaya tarik
- d. Pengujian dilakukan dengan kecepatan 1 mm/menit hingga sampel fraktur atau hingga mencapai beban puncak

- e. Hasil tersebut kemudian dimasukkan ke dalam rumus. Rumus yang dipakai untuk menentukan kekuatan fleksural adalah:

$$\sigma = \frac{3Pl}{2bd^2}$$

Keterangan:

σ = Kekuatan fleksural (N/mm²= MPa)

P = beban maksimal pada titik patah (N)

l = jarak antar tumpuan (mm)

b = lebar sampel (mm)

d = tebal sampel (mm)

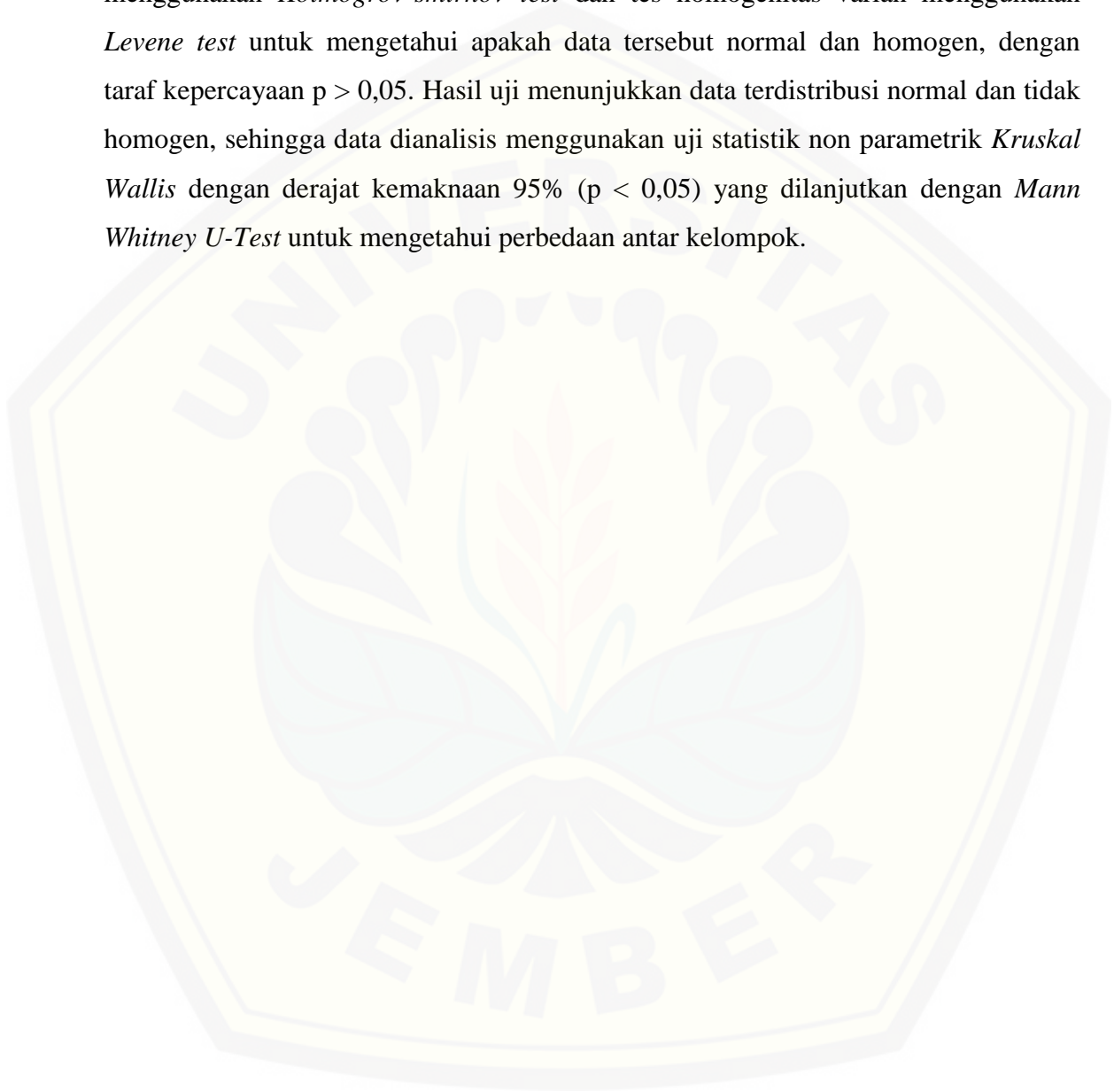
(Annusavice,2003)



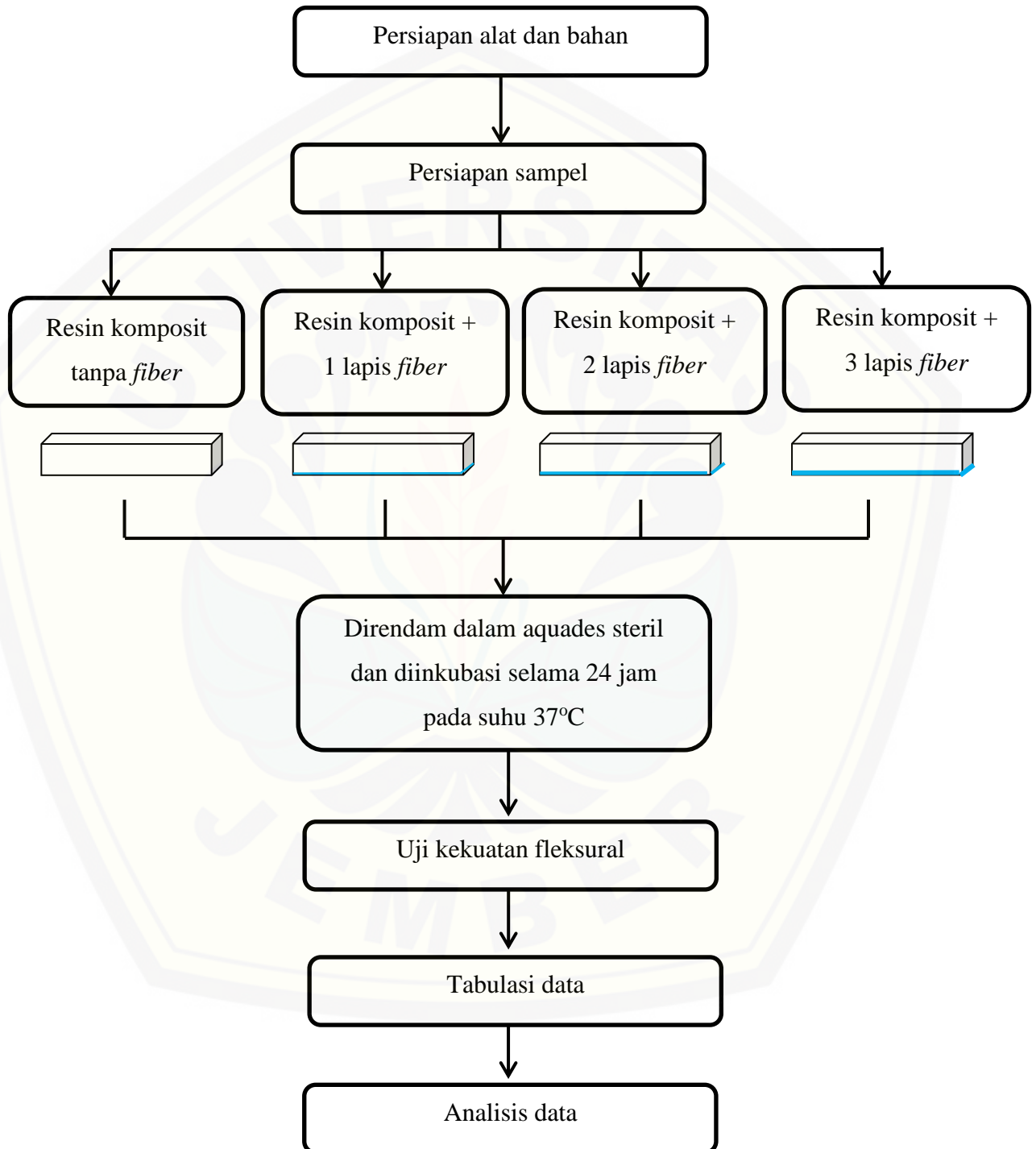
Gambar 3.3 Arah pemberian gaya dengan kecepatan 1 mm/menit
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

3.8 Analisis Data

Data yang diperoleh ditabulasi, kemudian dilakukan uji normalitas menggunakan *Kolmogrov-smirnov test* dan tes homogenitas varian menggunakan *Levene test* untuk mengetahui apakah data tersebut normal dan homogen, dengan taraf kepercayaan $p > 0,05$. Hasil uji menunjukkan data terdistribusi normal dan tidak homogen, sehingga data dianalisis menggunakan uji statistik non parametrik *Kruskal Wallis* dengan derajat kemaknaan 95% ($p < 0,05$) yang dilanjutkan dengan *Mann Whitney U-Test* untuk mengetahui perbedaan antar kelompok.



3.9 Alur Penelitian



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Terdapat peningkatan kekuatan fleksural resin komposit *microhybrid* dengan penambahan lapisan *polyethylene fiber*.
2. Penambahan dua lapis dan tiga lapis *polyethylene fiber* mampu meningkatkan kekuatan fleksural resin komposit *microhybrid*.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian serupa dengan menggunakan perbandingan volume *fiber* dan komposit untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kekuatan fleksural resin komposit *microhybrid*.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan jenis komposit berbeda untuk melihat pengaruhnya terhadap kekuatan fleksural.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan jenis *bonding* generasi berbeda untuk melihat pengaruhnya terhadap kekuatan fleksural resin komposit *microhybrid* dengan penambahan lapisan *polyethylene fiber*.
4. Pemampatan resin komposit sebaiknya menggunakan beban timbangan untuk mengendalikan volume resin komposit.

DAFTAR BACAAN

- Albers, H.F. 2002. *Tooth-colored Restoratives Principles and Techniques*. BC Decker Inc Hamilton: London
- Annusavice, K. J. 2003. *Philips : Buku Ajar Ilmu Bahan Kedokteran Gigi*. Alih bahasa: Johan Arif Budiman, Susi Purwoko, Lilian Juwono. Edisi 10. Jakarta: EGC
- Bagherpour, Salar. 2012. *Fiber Reinforced Polyester Composites*. InTEch
- Chandra, Satish., Chandra, Shaleen., Chandra, Girish. 2007. *Text Book of Operative Dentistry*. New Delhi: Jaypee
- Craig, Robert G & Powers, John M. 2002. *Restorative Dental Materials*. 11th Edition. United States of America: Mosby, Inc
- Esterina, H., Sunarko, B., dan Ismiyatin, K. 2012. Perbedaan Kekuatan Tarik Diametra Resin Komposit Nanofiller dan Resin Komposit Nanoceramic. *Conservative Dental Journal*. 2(1)
- Freilich, M.A., Meiers, J.C., Duncan, J.P., Eckrote, K.A., Goldberg, J. 2002. Clinical Evaluation of Fiber-reinforced Fixed Bridges. *J Am Dent Assoc*. 133: 1524-34
- Ganesh, M & Tandon, S. 2006. Versality of Ribbond in contemporary dental practice. *Trends Biometer Journal*. 20(1): 53-58
- Garoushi, S & Vallitu, P. 2006. Fiber reinforced composite in fixed partial denture. *Libyan J Med*. 1: 73-82
- Hatrack C.D., Eakle, W.S, Bird, W.F. 2011. *Dental Materials Clinical Applications for Dental Hygienists*. 2nd Ed. San Fransisco: Elsevier Inc
- International Organization for Standardization: ISO 4049. 2000. Dentistry- Polymer-based filling, restorative and luting materials 3rd Edition.

- Kilfoil, Bary M., Hesby, Richard A., Pelleu Jr, George B. 1983. The tensile strength of a composite resin reinforced with carbon fiber. *J prosthes Dent.* 50(1): 40-43
- Lee, Stuart M. 1993. *Handbook of Composite Reinforcement.* California: Wiley-VCH
- LeSage, B.P. 2007. Aesthetic Anterior Composite Restorations: A Guide to Direct Placement. *Dent Clin N Am.* 51: 359-378
- Le Bell Ronnlof, Anna-Maria. 2007. *Fiber Reinforced Composites as Root Canal Posts.* Turku: Medica Odontologica
- Loncar, A., Vojvodiae, D., Jerolimov, V., Komar D., Abaroviae, D. 2008. *Fiber Reinforced Polymers Part II: Effect on Mechanical Properties.* *Acta Stomatol Croat.* 42(1):49-63
- McCabe, John F & Walls, Angus W.G. 2008. *Applied Dental Materials.* 9th Edition. Hong Kong: Blackwell Publishing Ltd
- Mosharraf, R & Givechian, P. 2012. Effect of Fiber Position and Orientation on Flexural Strength of Fiber Reinforced Composite. *Journal of Islamic Dental Association of IRAN.* 24(1): 21-27
- Mozartha, M., Herda, E., Soufyan, A. 2010. Pemilihan Resin Komposit dan *Fiber* untuk Meningkatkan Kekuatan Fleksural *Fiber Reinforced Composite.* *Jurnal PDGI.* 59 (1): 29-34
- Olivi, Giovanni & Olivi, Matteo. 2015. *Lasers in Restorative Dentistry, A Practical Guide.* London: Springer
- O'Masta, Mark R. Mei 2014. *Mechanism of Dynamic Deformation and Failure in Ultra High Molecular Weight Polyethylene Fiber-Polymer Matrix Composites.* Virginia: Material Science and Engineering University of Virginia
- Pontes., Alves., Ballester., Dias., Silva. 2013. Mechanical Properties of Nanofilled and Microhybrid Composites Cured by Different Light Polymerization Modes. *Dental Materials*
- Powers, J.M & Sakaguchi, R.L. 2009. *Craig's: Restorative Dental Material.* 12th Ed., St Louis: Elsevier
- Rappeli, G & Goccia, E. 2005. Fiber-reinforced Composite Fixed Partial Denture to Restore Missing Posterior Teeth. *J Contempt Dent Pract.* 4(6): 168-177

- Rosenstiel, S. F., Land, M. F., Fujimoto, J. 2001. *Contemporary Fixed Prosthodontics*. 3rd Edition. USA: Mosby Inc
- Rosenstiel, S. F., Land, M. F., Fujimoto, J. 2006. *Contemporary Fixed Prosthodontics*. 4th Edition. USA: Mosby Inc
- Sakaguchi, Ronald L & Powers, John M. 2012. *Craig's Restorative Dental Materials*. 13 Ed. United States: Elsevier
- Schneider, L. F. J., Cavalcante, L. M., and Silikas. 2010. Shrinkage Stresses Generated during Resin-Composite Applications: A Review. *J Dent Biomech*. 131630: 1-15
- Septommy, Catur., Widjijono., Dharmastiti, Rini. 2014. Pengaruh Posisi dan Fraksi Volumetrik *Fiber* Polyethylene terhadap Kekuatan Fleksural *Fiber* Reinforced Composite. *Dental Journal*. 47(1): 52-56
- Sharafeddin, F., Alavi, A.A., Talei, Z. 2013. Flexural Strength of Glass and Polyethylene Fiber Combined with Three Different Composites. *J Dent*. 14(1):13-19
- Spyrides, Silvana M.M., Prado, Maira do., Simao, Renata Antoun., Bastian, Fernando Luis. 2015. Effect of Plasma and *Fiber* Position on Flexural Properties of a Polyethylene *Fiber*-Reinforced Composite. *Brazilian Dental Journal*. 26(5): 490-496
- Spyrides, Silvana M.M., Prado, Maira do., Simao, Renata Antoun., Araujo, Joyce Rodrigues de., Bastian, Fernando Luis. 2015. Effects of plasma on polyethylene fiber surface for prosthodontic application. *J Appl Oral Sci*. 23(6): 614-622
- Tay, F.R & Wei, S.H. 2001. Indirect Posterior Restorations Using A Chairside Microhybrid Resin Composite System. *J Adhes Dent*. 3(1): 89-99
- Tayab, Tabassum., Shetty, Akshay., and Kayalvizhi. 2015. The Clinical Applications of *Fiber* Reinforced Composites in all Specialties of Dentistry an Overview. *International Journal of Composite Materials*. 5(1): 18-24
- Wahab, Magd Abdel. 2015. *Joining Composites with Adhesives: Theory and Applications*. USA: DEStech Publications Inc

Lampiran A

Hasil Pengujian Kekuatan Fleksural



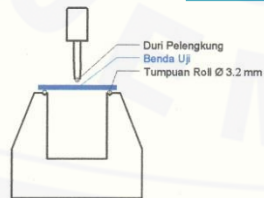
LABORATORIUM BETON DAN BAHAN BANGUNAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 KAMPUS ITS KEPUTIH SUKOLILO SURABAYA 60111
 TELP. 5931223, 5994251-55 PES. 1147, 5947284
 FAX. (031) 5927650

HASIL TEST LENTUR PELAT COMPOSIT

Dikirim oleh : Mahasiswa Fakultas Kedokteran Gigi - Universitas Jember
 Nama : Varina Zata N.
 NIM : 121610101089
 Tanggal : 06 Januari 2016
 Untuk Pekerjaan : Penelitian
 Judul Penelitian : Pengaruh Penambahan Lapisan Glass Fiber Terhadap Kekuatan Fleksural
 Fiber Reinforced Microhybrid Composit
 Sample berupa : Pelat Composit (2 mm x 2 mm x 25 mm)

No.	Panjang (L) (mm)	Lebar (b) (mm)	Tebal (t) (mm)	Gaya Maksimum (P) (N)	Momen Perlawanan Penampang (W) (mm ²)	Jarak Perletakan (Lo) (mm)	Momen Lentur Maksimum (M) (Nmm)	Tegangan Lentur (σ _{lt}) (N/mm ²)	Ket.
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	25.00	2.00	2.00	22.66	1.33	20.00	113.277	84.957	control_1
2	25.00	2.00	2.00	16.56	1.33	20.00	82.791	62.093	control_2
3	25.00	2.00	2.00	27.48	1.33	20.00	137.393	103.044	control_3
4	25.00	2.00	2.00	23.95	1.33	20.00	119.730	89.798	control_4
5	25.00	2.00	2.00	20.92	1.33	20.00	104.579	78.434	control_5
6	25.00	2.00	2.00	20.41	1.33	20.00	102.059	76.544	control_6
7	25.00	2.00	2.00	21.88	1.33	20.00	109.422	82.067	control_7
8	25.00	2.00	2.00	23.14	1.33	20.00	115.681	86.760	control_8



Gambar permodelan uji lentur

Catatan :

$$W = 1/6 \cdot b \cdot t^3$$

$$M = 1/4 \cdot P \cdot L_o$$

$$\sigma_{lt} = M / W$$

Keterangan :

Alat yang dipakai :

Shimadzu AG-X 5kN, no Seri : I33004500027





LABORATORIUM BETON DAN BAHAN BANGUNAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 KAMPUS ITS KEPUTIH SUKOLOLO SURABAYA 60111
 TELP. 5931223, 5994251-55 PES. 1147, 5947284
 FAX. (031) 5927650

HASIL TEST LENTUR PELAT COMPOSIT

Dikirim oleh : Mahasiswa Fakultas Kedokteran Gigi - Universitas Jember
 Nama : Varina Zata N.
 NIM : 121610101089
 Tanggal : 06 Januari 2016
 Untuk Pekerjaan : Penelitian
 Judul Penelitian : Pengaruh Penambahan Lapisan Glass Fiber Terhadap Kekuatan Fleksural
 Fiber Reinforced Microhybrid Composit
 Sample berupa : Pelat Composit (2 mm x 2 mm x 25 mm)

No.	Panjang (L) (mm)	Lebar (b) (mm)	Tebal (t) (mm)	Gaya Maksimum (P) (N)	Momen Perlawanan Penampang (W) (mm ²)	Jarak Perletakan (Lo) (mm)	Momen Lentur Maksimum (M) (Nmm)	Tegangan Lentur (σ _l) (N/mm ²)	Ket.
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	25.00	2.00	2.00	19.07	1.33	20.00	95.348	71.511	1_1
2	25.00	2.00	2.00	20.98	1.33	20.00	104.904	78.678	1_2
3	25.00	2.00	2.00	21.34	1.33	20.00	106.685	80.013	1_3
4	25.00	2.00	2.00	12.35	1.33	20.00	61.775	46.331	1_4
5	25.00	2.00	2.00	17.39	1.33	20.00	86.932	65.199	1_5
6	25.00	2.00	2.00	17.75	1.33	20.00	88.771	66.578	1_6
7	25.00	2.00	2.00	27.83	1.33	20.00	139.165	104.374	1_7
8	25.00	2.00	2.00	11.52	1.33	20.00	57.598	43.199	1_8

Duri Pelengkung
Benda Uji
Tumpuan Roll Ø 3.2 mm

Gambar permodelan uji lentur

Catatan :

$$W = 1/6 \cdot b \cdot t^3$$

$$M = 1/4 P \cdot L_0$$

$$\sigma_l = M / W$$

Keterangan :

Alat yang dipakai :
 Shimadzu AG-X 5kN, no Seri : I33004500027

Surabaya, 06 Januari 2016
 Penguji,

 Basar Ismail



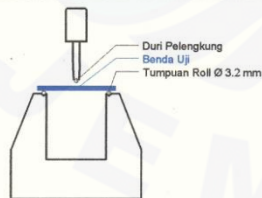
LABORATORIUM BETON DAN BAHAN BANGUNAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 KAMPUS ITS KEPUTIH SUKOLILO SURABAYA 60111
 Telp. 5931223, 5994251-55 PES. 1147, 5947284
 FAX. (031) 5927650

HASIL TEST LENTUR PELAT COMPOSIT

Dikirim oleh : Mahasiswa Fakultas Kedokteran Gigi - Universitas Jember
 Nama : Varina Zata N.
 NIM : 121610101089
 Tanggal : 06 Januari 2016
 Untuk Pekerjaan : Penelitian
 Judul Penelitian : Pengaruh Penambahan Lapisan Glass Fiber Terhadap Kekuatan Fleksural
 Fiber Reinforced Microhybrid Composit
 Sample berupa : Pelat Composit (2 mm x 2 mm x 25 mm)

No.	Panjang (L) (mm)	Lebar (b) (mm)	Tebal (t) (mm)	Gaya Maksimum (P) (N)	Momen Perlawanan Penampang (W) (mm ²)	Jarak Perletakan (Lo) (mm)	Momen Lentur Maksimum (M) (Nmm)	Tegangan Lentur (σ _{ti}) (N/mm ²)	Ket.
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	25.00	2.00	2.00	27.00	1.33	20.00	134.977	101.232	2_1
2	25.00	2.00	2.00	13.70	1.33	20.00	68.518	51.388	2_2
3	25.00	2.00	2.00	32.80	1.33	20.00	163.989	122.991	2_3
4	25.00	2.00	2.00	25.94	1.33	20.00	129.700	97.275	2_4
5	25.00	2.00	2.00	22.99	1.33	20.00	114.926	86.194	2_5
6	25.00	2.00	2.00	18.01	1.33	20.00	90.027	67.520	2_6
7	25.00	2.00	2.00	21.94	1.33	20.00	109.709	82.281	2_7
8	25.00	2.00	2.00	31.77	1.33	20.00	158.839	119.129	2_8



Gambar permodelan uji lentur

Catatan :

$$W = 1/6 * b * t^2$$

$$M = 1/4P * L_0$$

$$\sigma_{ti} = M / W$$

Keterangan :

Alat yang dipakai :
 Shimadzu AG-X 5kN, no Seri : I33004500027





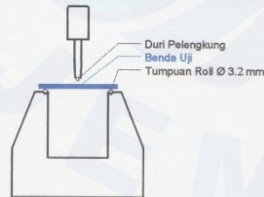
LABORATORIUM BETON DAN BAHAN BANGUNAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 KAMPUS ITS KEPUTIH SUKOLOLO SURABAYA 60111
 TELP. 5931223, 5994251-55 PES. 1147, 5947284
 FAX. (031) 5927650

HASIL TEST LENTUR PELAT COMPOSIT

Dikirim oleh : Mahasiswa Fakultas Kedokteran Gigi - Universitas Jember
 Nama : Varina Zata N.
 NIM : 121610101089
 Tanggal : 06 Januari 2016
 Untuk Pekerjaan : Penelitian
 Judul Penelitian : Pengaruh Penambahan Lapisan Glass Fiber Terhadap Kekuatan Fleksural
 Fiber Reinforced Microhybrid Composit
 Sample berupa : Pelat Composit (2 mm x 2 mm x 25 mm)

No.	Panjang (L) (mm)	Lebar (b) (mm)	Tebal (t) (mm)	Gaya Maksimum (P) (N)	Momen Perlawanan Penampang (W) (mm ²)	Jarak Perletakan (Lo) (mm)	Momen Lentur Maksimum (M) (Nmm)	Tegangan Lentur (σ _{lt}) (N/mm ²)	Ket.
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	25.00	2.00	2.00	16.48	1.33	20.00	82.390	61.792	3_1
2	25.00	2.00	2.00	18.70	1.33	20.00	93.508	70.131	3_2
3	25.00	2.00	2.00	19.49	1.33	20.00	97.426	73.070	3_3
4	25.00	2.00	2.00	39.48	1.33	20.00	197.415	148.061	3_4
5	25.00	2.00	2.00	46.30	1.33	20.00	231.497	173.622	3_5
6	25.00	2.00	2.00	32.98	1.33	20.00	164.891	123.668	3_6
7	25.00	2.00	2.00	51.69	1.33	20.00	258.462	193.846	3_7
8	25.00	2.00	2.00	27.07	1.33	20.00	135.343	101.507	3_8



Gambar permodelan uji lentur

Catatan :

$$W = 1/6 * b * t^3$$

$$M = 1/4 * P * L_0$$

$$\sigma_{lt} = M / W$$

Keterangan :

Alat yang dipakai :

Shimadzu AG-X 5kN, no Seri : I33004500027



Lampiran B

Analisa Data

B.1 Hasil Uji Normalitas dan Homogenitas Data

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		kontrol	perlakuan 1	perlakuan 2	perlakuan 3
N		6	6	6	6
Normal Parameters ^a	Mean	83.0983	77.7217	101.5233	135.6300
	Std. Deviation	5.05467	14.39091	16.70299	45.17603
Most Extreme Differences	Absolute	.154	.270	.188	.133
	Positive	.154	.270	.173	.108
	Negative	-.144	-.192	-.188	-.133
Kolmogorov-Smirnov Z		.378	.661	.459	.326
Asymp. Sig. (2-tailed)		.999	.775	.984	1.000
a. Test distribution is Normal.					

Test of Homogeneity of Variances

kekuatan fleksural

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
7.483	3	20	.002

B.2 Hasil *Kruskal Wallis Test* dan *Mann Whitney U Test***Kruskal-Wallis Test**

Ranks

kelompok		N	Mean Rank
kekuatan fleksural	kontrol	6	9.67
	perlakuan 1	6	6.50
	perlakuan 2	6	15.33
	perlakuan 3	6	18.50
	Total	24	

Test Statistics^{a,b}

	kekuatan fleksural
Chi-Square	10.567
df	3
Asymp. Sig.	.014

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: kelompok

Mann-Whitney Test

Ranks

kelompok		N	Mean Rank	Sum of Ranks
kekuatan fleksural	kontrol	6	7.83	47.00
	perlakuan 1	6	5.17	31.00
	Total	12		

Test Statistics^b

	kekuatan fleksural
Mann-Whitney U	10.000
Wilcoxon W	31.000
Z	-1.281
Asymp. Sig. (2-tailed)	.200
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.240 ^a

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: kelompok

Mann-Whitney Test

Ranks

kelompok	N	Mean Rank	Sum of Ranks
kekuatan fleksural kontrol	6	4.33	26.00
perlakuan 2	6	8.67	52.00
Total	12		

Test Statistics^b

	kekuatan fleksural
Mann-Whitney U	5.000
Wilcoxon W	26.000
Z	-2.082
Asymp. Sig. (2-tailed)	.037
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.041 ^a

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: kelompok

Mann-Whitney Test

Ranks

kelompok	N	Mean Rank	Sum of Ranks
kekuatan fleksural kontrol	6	3.50	21.00
perlakuan 3	6	9.50	57.00
Total	12		

Test Statistics^b

	kekuatan fleksural
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.887
Asymp. Sig. (2-tailed)	.004
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^a

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: kelompok

Mann-Whitney Test

Ranks

kelompok	N	Mean Rank	Sum of Ranks
kekuatan fleksural perlakuan 1	6	4.17	25.00
perlakuan 2	6	8.83	53.00
Total	12		

Test Statistics^b

	kekuatan fleksural
Mann-Whitney U	4.000
Wilcoxon W	25.000
Z	-2.242
Asymp. Sig. (2-tailed)	.025
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.026 ^a

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: kelompok

Mann-Whitney Test**Ranks**

kelompok	N	Mean Rank	Sum of Ranks
kekuatan fleksural perlakuan 1	6	4.17	25.00
perlakuan 3	6	8.83	53.00
Total	12		

Test Statistics^b

	kekuatan fleksural
Mann-Whitney U	4.000
Wilcoxon W	25.000
Z	-2.242
Asymp. Sig. (2-tailed)	.025
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.026 ^a

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: kelompok

Mann-Whitney Test

kelompok	N	Mean Rank	Sum of Ranks
kekuatan fleksural perlakuan 2	6	3.83	23.00
perlakuan 3	6	9.17	55.00
Total	12		

	kekuatan fleksural
Mann-Whitney U	2.000
Wilcoxon W	23.000
Z	-2.562
Asymp. Sig. (2-tailed)	.010
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.009 ^a

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: kelompok

Lampiran C

Foto Alat Penelitian



gunting pemotong *fiber*



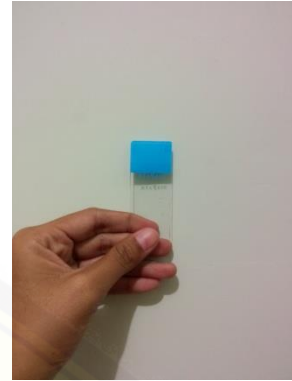
Penggaris



Pinset
Kedokteran Gigi



Plastis
filling instrument



Glass slide



Split stainless steel mold



Glass plate



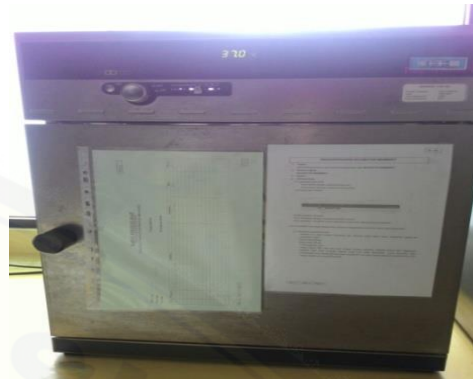
Light-emiting diode (LED) curing unit



Neraca analitik digital



Petridish



Inkubator



Universal Testing Machine

Lampiran D

Foto Bahan Penelitian



Komposit Microhybrid



Celluloid strip



Polyethylene fiber



Bahan bonding



Sarung tangan



Aquades steril