



TUGAS AKHIR – TM141585

**STUDI EKSPERIMENTAL KEKUATAN BENDING
MATERIAL GIGI TIRUAN DARI RESIN AKRILIK
BERPENGUAT *FIBER GLASS* DENGAN VARIASI
SUSUNAN SERAT PENGUAT**

**IKA WAHYU SURYANINGSIH
NRP. 2111 100 053**

**Dosen Pembimbing
Ir. Yusuf Kaelani, M.Sc. E.
NIP. 196511031996021001**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



UNDERGRADUATE THESES – TM141585

**EXPERIMENTAL STUDY OF BENDING STRENGTH
ARTIFICIAL TEETH FROM FIBERGLASS-BASE
ACRYLIC RESIN WITH REINFORCED FIBERS
PATTERN VARIETY**

**IKA WAHYU SURYANINGSIH
NRP. 2111 100 053**

**Academic Supervisor
Ir. Yusuf Kaelani, M.Sc. E.
NIP. 196511031996021001**

**MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016**

**STUDI EKSPERIMENTAL KEKUATAN BENDING
MATERIAL GIGI TIRUAN DARI RESIN AKRILIK
BERPENGUAT *FIBER GLASS* DENGAN VARIASI
SUSUNAN SERAT PENGUAT**

TUGAS AKHIR

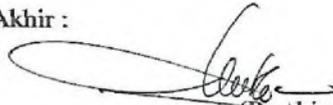
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Desain
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

IKA WAHYU SURYANINGSIH
NRP. 2111 100 053

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Yusuf Kaelani, MSc.E
(NIP. 196511031990021001)


.....(Pembimbing)

2. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, MSc.PhD
(NIP. 195106051978031002)


.....(Penguji I)

3. Alief Wikarta, ST, MSc.Eng, PhD.
(NIP.198202102006041002)


.....(Penguji II)

4. Dr. Wiwiek Hendrowati, ST, MT.
(NIP.197004121997032003)


.....(Penguji III)

SURABAYA
Juli, 2016



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

STUDI EKSPERIMENTAL KEKUATAN BENDING MATERIAL GIGI TIRUAN DARI RESIN AKRILIK BERPENGUAT *FIBER GLASS* DENGAN VARIASI SUSUNAN SERAT PENGUAT

Nama : Ika Wahyu S
NRP : 2111 100 053
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Yusuf Kaelani, M.Sc.E

ABSTRAK

Komposit adalah gabungan dari dua material penyusun yang menghasilkan material baru dengan karakteristik yang lebih baik dari material awalnya. Material komposit mulai banyak digunakan dan dikembangkan di berbagai bidang, baik itu untuk penelitian, industri dan otomotif, bahkan kedokteran. Dalam dunia kedokteran sendiri mulai banyak dilakukan penelitian-penelitian mengenai komposit, seperti pada sendi, tulang, dan gigi manusia. Misalnya saja penelitian mengenai material gigi pengganti pada manusia tujuannya untuk memperoleh material yang aman dan nyaman digunakan.

Pada penelitian ini dilakukan pada material gigi tiruan dari resin akrilik berpenguat serat *E-glass*. Dan akan divariasikan dari pola susunan serat penguat tersebut dari tanpa hadirnya serat penguat pada material, kemudian berpenguat serat dengan pola susunan teratur dan acak pada material gigi tiruan. Pada tahap pertama diawali dengan pembuatan material uji, untuk kemudian dilakukan pengujian bending sesuai standar pengujian ASTM D790, sehingga diketahui nilai tegangan bending dari material gigi tiruan tersebut. Setelah didapatkan nilai bending maksimal dari material gigi tiruan yang divariasikan pola susunan serat penguat dengan fraksi volume 7%. Maka akan dilakukan analisis mengenai pengaruh dari pola susunan serat yang acak dan teratur terhadap kekuatan bending dari material gigi tiruan.

Dari hasil penelitian didapatkan nilai tegangan bending maksimal yang diperoleh oleh material tanpa serat penguat sebesar 42,43 N/mm². Material dengan tambahan serat penguat berpola acak sebesar 51,53 N/mm². Material dengan tambahan serat penguat berpola teratur antara 47,08 N/mm² - 64,62 N/mm². Kekuatan bending komposit serat teratur memiliki variasi harga, karena karena struktur teratur lebih mudah mengalami delaminasi matrik serat.

Kata kunci : resin akrilik, serat penguat, pengujian bending, ASTM D790.

EXPERIMENTAL STUDY OF BENDING STRENGTH ARTIFICIAL TEETH FROM FIBERGLASS-BASE ACRYLIC RESIN WITH REINFORCED FIBERS PATTERN VARIETY

Name : Ika Wahyu S
NRP : 2111 100 053
Program Study : Mechanical Engineering FTI-ITS
Consultant : Ir. Yusuf Kaelani, M.Sc.E

ABSTRACT

Composite is the combination of two material that having better characteristic than its compotition material. Composit material has been used in many sector such as research, automotive industry, and medical. the use of composite in medical sector usually as synthetic bone especially artificial teeth. Synthetic teeth that made of composite material having good quality, safe, and comfortable.

This research is about artificial teeth material that made of acrylic resin with E-glass fiber. There are three variation of fiber reinforced pattern which is without fiber, straight fiber pattern, and random fiber pattern. The first process is create a specimen made of acrylic resin. Then the speciment will be testing using bending stress test acording to standart test of ASTM D790. After the maximum bending tension of artificial teeth with reinforced fibers pattern variety at 7% volume of fiberglass speciment known, the next step is analyze the effect of fiber reinforced pattern to bending tension of artificial teeth speciment.

The result of this research the maximum bending tension value obtained by materials without fiber at 42,43 N/mm². materials with additional random fiber pattern at 51.53 N/mm². Material with additional straight fiber pattern between 47,08 N/mm² to 64,62 N/mm². Bending strength composite with straight

fiber having variation value, because straight fiber pattern more prone to delamination of fiber matriks.

Keyword : acrylic resin, fiber reinforced, bending test, ASTM D790

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah Subhanallahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat-Nya serta memberikan tuntunan-Nya sehingga Tugas akhir yang berjudul Studi Eksperimental Kekuatan Bending Material Gigi Tiruan Dari Resin Akrilik Berpenguat *Fiber Glass* Dengan Variasi Susunan Serat Penguat dapat terselesaikan dengan baik. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan pendidikan Sarjana di Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS. Dalam menyusun hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini saya menyadari bahwa keberhasilan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang selalu menjadi orang tua terbaik dalam segala hal bagi penulis.
2. Ir. Yusuf Kaelani, MSc. E., selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan serta arahan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
3. Prof. Ir. I Nyoman Sutantira, MSc., PhD., Alief Wikarta, ST., MSc., Dr. Wiwiek Hendrowati, ST., MT., selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu untuk menguji dan memberikan arahan untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.
4. Prof. Ir. Prabowo M.Eng., selaku dosen wali yang telah memberikan arahan-arahannya selama penulis berkuliah di Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
5. Pak Siswanto sebagai koordinator Laboratrium Fisika Material UNAIR dan Pak Sugi dari Laboratorium Fakultas Kedokteran Gigi UNAIR, atas bantuannya baik dalam pengujian dan pembuatan material uji dalam Tugas Akhir ini.
6. Najaha Lintang Kamila, adik tercinta yang selalu menularkan semangatnya dan menjadi motivasi dalam hidup penulis.

7. Norma Oktafiatul Ardi, Setiawan Aditomo, Ricky Teguh, Pino Saktiantyo, Hamdania Kusuma Wardhani, Agung Cahyo, dan Syafrizal Mihano, sahabat sekaligus saudara yang menemani dan membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Prastika Kristasari, sahabat dan partner yang sama-sama berjuang untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
9. Keluarga besar dari penulis yang selalu mendukung mendoakan penulis.
10. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, atas ilmu serta pengajaran yang diberikan.
11. Seluruh rekan-rekan dari Laboratoium Desain (MBP, Vibrasi, Otomotif) yang telah membantu penyelesaian Tugas Akhir ini.
12. Teman-teman angkatan 2011 Teknik Mesin ITS (M54) atas kebersamaan dan kerjasamanya selama berkuliah di Teknik Mesin ITS.
13. Seluruh karyawan Jurusan Teknik Mesin ITS.
14. Seluruh civitas akademik Teknik Mesin FTI-ITS Surabaya.
15. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu atas terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini

Penulis menyadari laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu diharapkan kritik dan saran agar laporan ini dapat lebih baik. Dan semoga laporan Tugas Akhir yang penulis buat ini dapat memberikan manfaat

Surabaya, Juli 2016
Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Struktur Komposit	7
2.3 Unsur Pembentuk Material Uji	8
2.3.1 Resin Akrilik	8
2.3.2 Serat Penguat <i>E-glass</i>	10
2.4 Pengujian <i>Three Point Bending</i>	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Perumusan Masalah dan Dasar Teori	16
3.2 Penentuan Variabel Uji	16
3.3 Persiapan Material Uji	16
3.3.1 Alat dan Bahan	18
3.3.2 Pembuatan Cetakan	20
3.3.3 Pembuatan Material Uji	21
3.4 Persiapan Material Uji	23
3.5 Langkah Kerja Pengujian	24
3.6 Analisa Data	27
3.7 Kesimpulan dan Saran	27
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Material Hasil Pembuatan	29
4.2 Data Hasil Pengujian Bending	30

4.3 Perhitungan Uji Bending	31
4.4 Analisa Hasil Pengujian Bending	31
4.5 Pembahasan	34
4.5.1 Material Tanpa Tambahan Serat Penguat	35
4.5.2 Material Dengan Tambahan Serat Berpola Acak	37
4.5.3 Material Dengan Tambahan Serat Berpola Teratur	39
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	45
BIODATA PENULIS	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik hubungan kekuatan tekan terhadap panjang serat kaca dengan resin akrilik polimerasi panas	5
Gambar 2.2	Grafik spesifik wear rate pada load 2 kg dan kecepatan 0,07%	6
Gambar 2.3	Grafik volume aus pada uji keausan resin akrilik berpenguat serat	6
Gambar 2.4	Komposisi dari komposit	8
Gambar 2.5	Pengujian bending metode <i>three point bending</i>	11
Gambar 2.6	Tegangan karena tekanan yang diberikan pada tiga baris gigi	12
Gambar 2.7	Mekanisme tegangan bending pada material gigi tiruan	12
Gambar 3.1	Diagram alir pada penelitian	15
Gambar 3.2	Material uji bending	17
Gambar 3.3	Serat Penguat Sebesar 1,62 gram.....	17
Gambar 3.4	Resin akrilik tipe self cured	19
Gambar 3.5	Cetakan material dari gibs	21
Gambar 3.6	Material uji tanpa adanya tambahan serat dan dengan tambahan serat berpola acak dan teratur	21
Gambar 3.7	Mesin Uji Bending Autograph	23
Gambar 3.8	Diagram alir dari pengujian Bending	24
Gambar 3.9	Proses Pengujian Bending Pada Material Gigi Tiruan	26
Gambar 3.10	Skema Pengujian Bending	26
Gambar 4.1	Material Uji Hasil Proses Pembuatan	29

Gambar 4.2	Grafik tegangan bending maksimal pada material uji	33
Gambar 4.3	a.) Foto material tanpa adanya penambahan serat penguat pertama b.) Foto material tanpa adanya penambahan serat penguat kedua c.) Foto material tanpa adanya penambahan serat penguat ketiga	35
Gambar 4.4	a.) Foto material dengan tambahan serat berpola acak pertama b.) Foto material dengan tambahan serat berpola acak kedua c.) Foto material dengan tambahan serat berpola acak ketiga....	37
Gambar 4.5	a.) Foto material dengan tambahan serat berpola teratur pertama b.) Foto material dengan tambahan serat berpola teratur kedua. c.) Foto material dengan tambahan serat berpola teratur ketiga...	39
Gambar 4.6	Mekanisme patahan pada material dengan tambahan serat berpola teratur	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel komposisi dari resin akrilik <i>self cured</i> ..	9
Tabel 3.1 Tabel data hasil pengujian bending	27
Tabel 4.1 Tabel Ukuran Material	30
Tabel 4.2 Tabel data hasil pengujian bending	31
Tabel 4.3 Tabel data hasil pengujian bending	32

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada saat ini material komposit mulai banyak digunakan dan dikembangkan di berbagai bidang, baik itu untuk penelitian, industri dan otomotif, bahkan kedokteran. Hal ini karena material komposit dianggap ramah lingkungan dan dapat di daur ulang. Komposit adalah gabungan dari dua material penyusun yang menghasilkan material baru dengan karakteristik yang lebih baik dari material awalnya.

Dalam dunia kedokteran sendiri mulai banyak dilakukan penelitian-penelitian mengenai komposit seperti pada sendi, tulang, dan gigi manusia. Misalnya saja penelitian mengenai material gigi pengganti pada manusia tujuannya untuk memperoleh material yang aman dan nyaman digunakan. Penelitian-penelitian itu mulai dari bahan apa yang digunakan sebagai material gigi tiruan, komposisi komposit dari gigi tiruan, hingga jenis-jenis serat yang dapat dipakai sebagai penguat dalam material gigi tiruan. Penelitian-penelitian tersebut untuk mengetahui komposisi yang sesuai untuk material gigi tiruan, namun penelitian mengenai kekuatan mekanik dari material gigi tiruan juga menarik untuk dilakukan. Karena selain komposisi yang tepat dan jenis-jenis serat, maka akan lebih baik jika diketahui pula nilai kekuatan mekanik dari gigi tiruan tersebut. Misalnya kekuatan bending, kekuatan tarik, dan kekerasan dari material gigi tiruan tersebut. Pengujian bending adalah pengujian yang dilakukan untuk mengukur kekuatan material karena pembebanan yang diberikan, sehingga dapat diketahui kekuatan dari material gigi tiruan apabila nantinya digunakan untuk mengunyah makanan.

Pada penelitian-penelitian terdahulu diketahui belum dilakukan beberapa metode pengujian yang dapat digunakan untuk memperkuat penelitian yang dihasilkan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Dwi Tarina W, yaitu mengenai laju keausan

(*spesifik wear rate*) resin akrilik dengan penambahan serat penguat pada dental akrilik hanya mengkaji mengenai keausannya. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan pengujian bending untuk material gigi tiruan dengan variasi serat teratur, acak, dan tanpa tambahan serat. Untuk melengkapi penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dimana penelitian dilakukan hanya untuk mengetahui nilai keausannya dengan fraksi volume serat yang ditambahkan sebesar 7% adalah yang memiliki nilai keausan paling kecil. Selain itu juga dalam penelitian ini divariasikan dari pola susunan serat, apabila pada penelitian sebelumnya memiliki pola susunan serat acak. Maka dalam penelitian ini tidak hanya pola susunan serat secara acak saja, tetapi pola susunan serat secara teratur juga akan menjadi variabel dalam penelitian.

Penelitian ini dilakukan untuk memberikan informasi yang lengkap dan mampu memberikan manfaat bagi semua kalangan mengenai *dental prosthesis* atau gigi buatan. Karena hasil yang akan di dapatkan dari penelitian ini adalah nilai bending maksimal dari material gigi tiruan yang diberi serat penguat yang memiliki pola susunan tertentu. Jadi diharapkan nantinya selain diketahui bagaimana ketahanannya terhadap keausan juga diketahui pula kekuatan dari gigi tiruan tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

Dari penjelasan diatas timbul pertanyaan bahwa dengan materi serat penguat yang ditambahkan dengan pola acak dan teratur pada material gigi tiruan, berapakah perubahan kekuatan bending dengan variasi pola serat tersebut.

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

Mendapatkan nilai bending maksimal yang dapat diterima oleh material gigi tiruan dengan standar pengujian ASTM

D790 dengan variasi pola serat penguat yang acak dan teratur dengan fraksi volume 7%.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan adalah:

1. Material uji yang dihasilkan dari proses pembentukan dianggap baik.
2. Suhu ruangan saat proses pembuatan dan pengujian dianggap konstan.
3. Pola susunan serat acak dan teratur pada material uji dianggap sudah benar sesuai.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

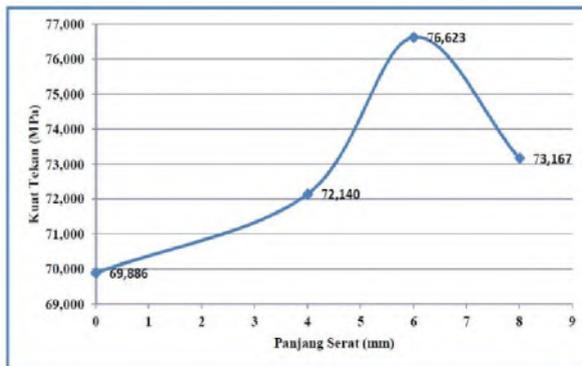
1. Sebagai rujukan untuk penelitian lebih lanjut.
2. Dapat dipertimbangkan dengan variasi material dan serat penguat yang digunakan.
3. Sebagai pembanding apabila nanti akan dilakukan simulasi dengan perangkat lunak.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

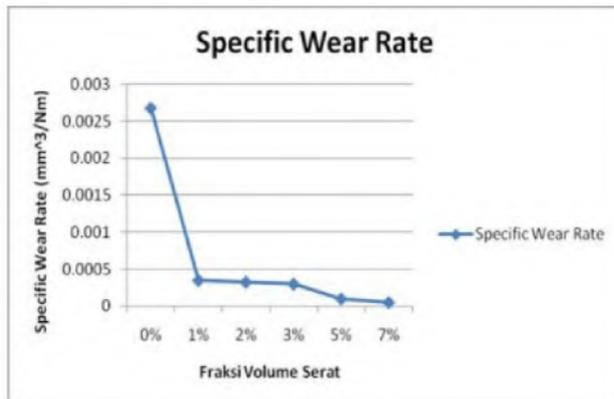
Zuriah Sitorus, Awan Maghfiroh, Yosephin Romania, Syahrul Humaidi pada tahun 2014 melakukan penelitian yang bertujuan untuk melihat potensi serat gelas sabagai penguat akrilik pada gigi tiruan manusia. Pada penelitian ini digunakan serat gelas pendek yang divariasikan panjangnya untuk pengujian sebesar 4 mm, 6 mm, dan 8 mm dengan pola susunan serat acak. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa serat gelas dapat memperbaiki sifat mekanik resin akrilik pada komposisi optimum untuk panjang serat 6 mm dengan nilai kekuatan tekan sebesar 76,623 MPa yang ditunjukkan oleh gambar 2.1 [1].



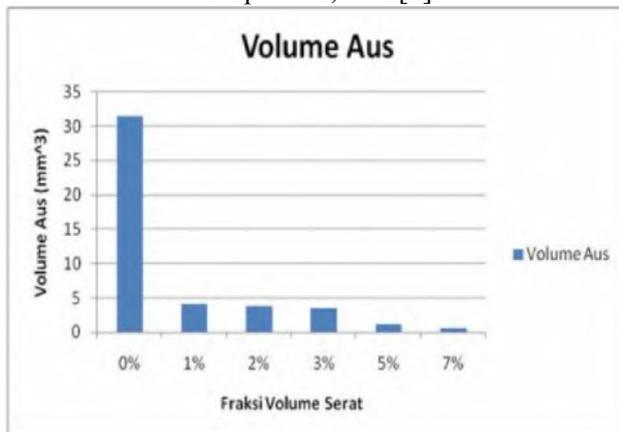
Gambar 2.1 Grafik hubungan kekuatan tekan terhadap panjang serat kaca dengan resin akrilik polimerasi panas [1].

Dwi Tarina W, pada tahun 2012 melakukan penelitian mengenai laju keausan (*spesifik wear rate*) resin akrilik dengan penambahan serat penguat pada dental akrilik dengan fraksi volume serat 1%, 2%, 3%, 5%, dan 7% serta tanpa penguat serat. Dari hasil penelitian diketahui bahwa nilai *spesifik wear rate* menunjukkan trend yang cenderung menurun dengan semakin bertambahnya fraksi volume fiber pada resin akrilik. Pada

spesimen dengan fraksi volume 7% memiliki nilai *spesifik wear rate* dan volume aus terkecil sebesar 0,54%. Dalam penelitian ini pola susunan seratnya acak [2].



Gambar 2.2 Grafik spesifik wear rate pada *load* 2 kg dan kecepatan 0,07% [2].



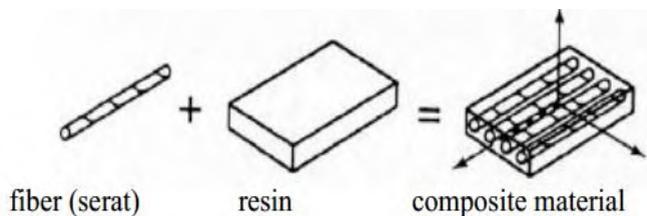
Gambar 2.3 Grafik volume aus pada uji keausan resin akrilik berpenguat serat [2].

Pada penelitian-penelitian terdahulu diketahui belum dilakukan beberapa metode pengujian yang dapat digunakan

untuk memperkuat penelitian yang dihasilkan. Karena dalam penelitian yang telah dilakukan oleh Zuriah Sitorus, Awan Maghfiroh, Yosephin Romania, Syahrul Humaidi yang melakukan pengujian bending bertujuan untuk melihat potensi serat gelas sebagai penguat akrilik pada gigi tiruan manusia hanya memvariasikan panjang serat gelas yang ditambahkan pada resin akrilik dengan pola acak. Dan pada penelitian yang dilakukan oleh Dwi Tarina W, yaitu mengenai laju keausan (*spesifik wear rate*) resin akrilik dengan penambahan serat penguat pada dental akrilik hanya mengkaji mengenai keausannya. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan pengujian bending untuk material gigi tiruan dengan variasi serat teratur, acak, dan tanpa tambahan serat. Tujuannya adalah untuk melengkapi penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dimana komposisi serat yang tepat ditambahkan pada resin akrilik untuk material gigi tiruan sebesar 6 mm dan fraksi volume serat yang ditambahkan sebesar 7%. Selain itu juga dalam penelitian ini juga divariasikan dari pola susunan material, dimana pada penelitian-penelitian sebelumnya memiliki pola susunan serat acak. Maka dalam penelitian ini tidak hanya pola susunan serat secara acak saja, tetapi pola susunan serat secara teratur juga akan menjadi variabel dalam penelitian.

2.2 Struktur Komposit

Komposit adalah material yang dibentuk dari kombinasi atau campuran material untuk mendapatkan material yang memiliki sifat dan karakteristik yang baru dari material pembentuknya. Bahan-bahan komposit juga memiliki kegunaan dalam berbagai bidang karena material ini dianggap mampu menggantikan material konvensional yang sering digunakan sebelumnya, misalnya digunakan pada industri pertahanan, otomotif, dan kesehatan.



Gambar 2.4 Komposisi dari komposit [3].

Struktur komposit tersusun atas dua jenis unsur penyusunnya yaitu matriks dan penguat (*reinforce*). Matriks merupakan unsur yang bertugas untuk mengikat dan melindungi penguat. Perbedaan yang mencolok dengan paduan adalah komposit masih terlihat secara makroskopis unsur-unsur penyusunnya. Unsur ini juga menahan dan meneruskan sebagian tegangan yang diterima struktur komposit tersebut. Penguat merupakan unsur utama dalam struktur komposit karena penguat memiliki sifat lebih kuat dan merupakan suatu konstruksi/rangka tempat melekatnya matriks [4]. Dalam penelitian ini digunakan komposit berpenguat serat seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.4.

2.3 Unsur Pembentuk Material Uji

2.3.1 Resin Akrilik

Menurut American Dental Association (ADA), resin akrilik dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Resin Akrilik Polimerisasi Panas (*Heat-Cured Polymerization*).

Merupakan resin akrilik yang polimerisasinya dengan bantuan pemanasan. Energi termal yang diperlukan dalam polimerisasi dapat diperoleh dengan menggunakan perendaman air panas atau *microwave*. Penggunaan *energy termal* menyebabkan dekomposisi peroksida dan terbentuknya radikal bebas. Radikal bebas yang terbentuk akan mengawali proses polimerisasi.

2. Resin Akrilik Swapolimerisasi (*Self-Cured Autopolymerizing/Resin Cold Curing*).

Merupakan resin akrilik yang teraktivasi secara kimia. Resin yang teraktivasi secara kimia tidak memerlukan penggunaan *energy termal* dan dapat dilakukan pada suhu kamar. Aktivasi kimia dapat dicapai melalui penembahan amintersier terhadap monomer. Bila komponen *powder* dan *liquid* diaduk, amintersier akan menyebabkan terpisahnya benzoil peroksida sehingga dihasilkan radikal bebas dan polimerisasi dimulai [5]

Tabel 2.1 Tabel komposisi dari resin akrilik *self cured* [5].

POWDER	Polymer	Butir polimetakrilat
	Initiator	Peroxide seperti benzoil peroxide
	Pigmen	Salt dari cadmium of Iron atau organic dyes
LIQUID	Monomer	Methylmetacrylat
	Cross-Linking	Ethylenglycoldimethacrylate
	Agent	Kira-kira 10%
	Inhibitor	Hydroquinone
	Activator	N-dimethyl-P-toluidinol

Dalam penelitian ini digunakan resin akrilik dengan jenis *self cured* sehingga dalam pembentukan material uji tidak perlu direndam air panas. Sedangkan pada tipe *heat cured* perlu dilakukan perendaman dengan air panas dalam pembentukannya. Resin akrilik termasuk material yang biokompatibel dan aman apabila digunakan pada material gigi tiruan. Karena tidak mengandung toksik dan tidak berpotensi menimbulkan iritasi dalam penggunaannya.

2.3.2 Serat Penguat *E-glas*.

Serat atau *fiber* adalah unsur yang penting dalam komposit, berfungsi untuk memperkuat komposit sehingga sifat mekaniknya lebih kaku dan tangguh. Banyak penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh serat dari jenisnya, fraksi volume, susunan dan lain-lain. Susunan serat pada komposit dapat dicincang, ditenun atau diletakkan sejajar.

Glass fiber dibagi menjadi tiga kelas, yaitu :

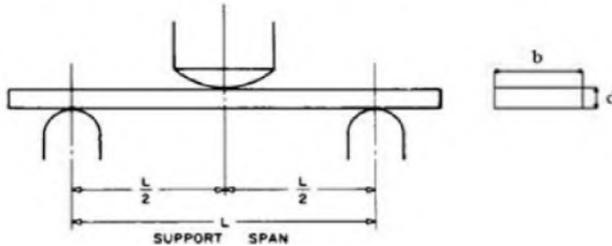
1. *E-glass* : kaku, kuat, harganya relatif lebih murah.
2. *S-glass* : harga lebih mahal, tahan pada temperatur tinggi.
3. *C-glass* : harganya paling mahal, kekuatan lebih redah dari *E-glass*

Dalam penelitian ini digunakan *glass fiber* dengan jenis *e-glass* karena sering digunakan sebagai penguat pada komposit, tahan pada temperatur yang tinggi, dan harganya relatif murah. Selain itu *fiber glass* juga aman dan biokompatibel ketika ditambahkan sebagai penguat pada material gigi tiruan. *Fiber glass* memiliki sifat estetik yang baik, mudah ketika dibentuk.

2.4 Pengujian *Three Point Bending*

Pengujian bending adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik mekanik dan mutu dari suatu material. Pengujian *three point bending* ini merupakan salah satu metode pengujian pada pengujian bending untuk mengetahui kekuatan lentur dari komposit. Pengujian ini dilakukan dengan cara spesimen uji ditumpu pada kedua ujungnya dan diberikan beban diantara kedua penumpu tersebut hingga spesimen uji tersebut rusak atau patah. Berdasarkan standar ASTM D790 dengan panjang dari *support span* adalah minimal 16 kali kedalaman spesimen, lebar dari spesimen tidak boleh lebih dari $\frac{1}{4}$ panjang *support span* dan spesimen harus cukup panjang agar spesimen tidak keluar dari *support span* ketika beban diturunkan,

minimal 10% lebih panjang dari letak *support span* pada masing-masing ujung [6].



Gambar 2.5 Pengujian bending metode *three point bending* [7]

Persamaan pada pengujian bending dengan metode *three point bending* yang sesuai dengan ASTM D790, yaitu :

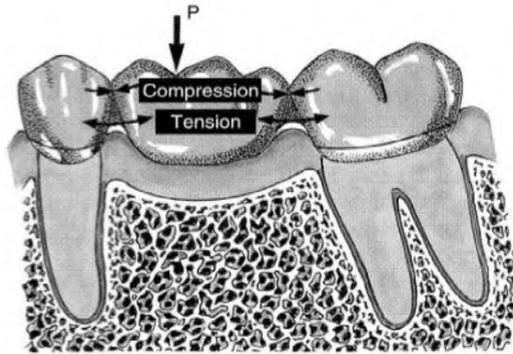
$$\sigma = \frac{3 P \times L}{2 b \times d^2}$$

Rumus tegangan bending tersebut di dapatkan dari :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M \times C}{I} \\ \sigma &= \frac{\left(\frac{PL}{4}\right) \times \left(\frac{h}{2}\right)}{\left(\frac{bh^3}{12}\right)} \\ \sigma &= \frac{12}{8} \times \frac{PL h}{bh^3} \\ \sigma &= \frac{3}{2} \times \frac{PL}{bh^3} \end{aligned}$$

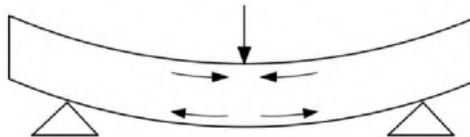
Dimana :

- σ : tegangan bending (MPa)
- P : beban (N)
- L : panjang *support span* (mm)
- b : lebar spesimen uji (mm) atau h
- d : tebal spesimen uji (mm)
- M : momen lentur penampang
- C : jarak dari sumbu netral ke elemen yang ditinjau
- I : momen inersia penampang



Gambar 2.6 Tegangan karena tekanan yang diberikan pada tiga baris gigi[8].

Dalam pengujian bending, kerusakan biasanya terjadi karena adanya gaya tekan dan tarik yang dialami oleh spesimen uji. Pada bagian atas spesimen mengalami gaya tekan yang diberikan oleh alat uji dan pada bagian bawah spesimen uji mengalami gaya tarik akibat defleksi yang terjadi setelah spesimen diberi beban. Gaya tekan yang diterima oleh spesimen mengakibatkan bagian bawah spesimen mengalami *debonding*. *Debonding* adalah terlepasnya ikatan matriks dan penguat, seiring dengan lamanya pembebanan yang diberikan maka kerusakan berlanjut dengan terjadinya keretakan matriks atau *delaminasi*. Yaitu terlepasnya ikatan antara lamina khusus pada komposit dengan penguat lapisan sehingga berakibat kegagalan pada spesimen uji [6]. Berikut ini adalah gambar mekanisme tegangan bending pada material gigi tiruan.



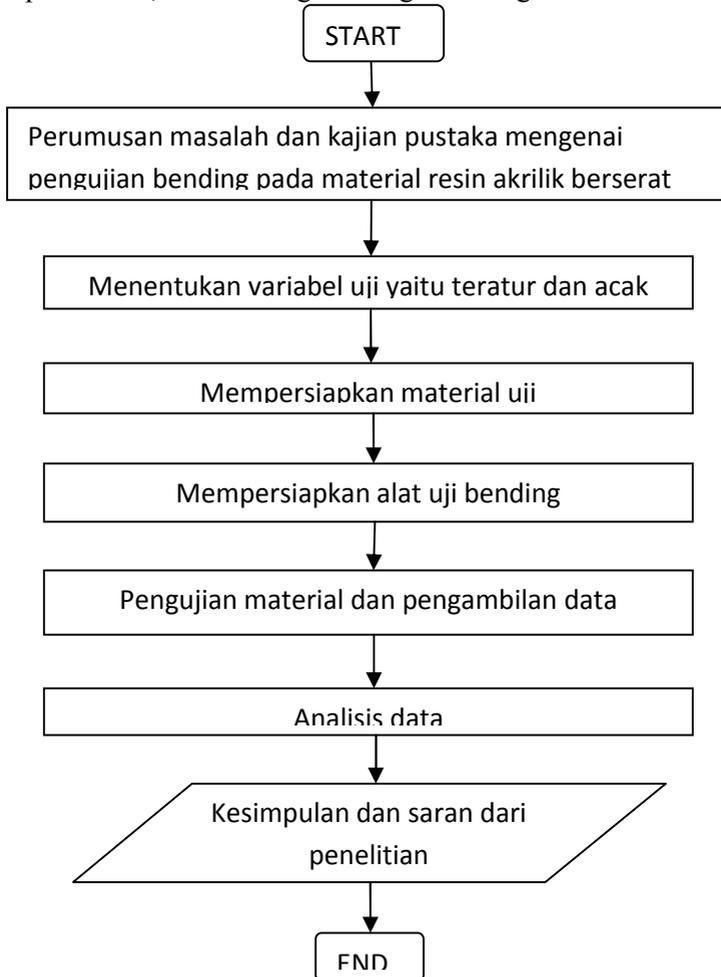
Gambar 2.7 Mekanisme tegangan bending pada material gigi tiruan.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian pada material gigi tiruan untuk mengetahui karakteristik mekanik dengan pengujian bending. Karena mekanisme pada saat manusia mengunyah atau menggigit makanan dapat diumpamakan seperti dikenai beban pada gigi tersebut sehingga menimbulkan bending. Makanan yang digigit atau dikunyah akan memberikan tekanan pada gigi, dan biasanya hal itu sering terjadi pada gigi bagian belakang. Kekuatan gigi manusia saat mengunyah adalah kurang lebih 70 N.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian untuk ini dilakukan secara eksperimental, melalui langkah-langkah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram alir pada penelitian.

3.1 Perumusan Masalah dan Dasar Teori

Pada penelitian ini diawali dengan merumuskan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini, serta menentukan tujuan dari penelitian ini. Dan selanjutnya mencari teori-teori yang terkait dengan penelitian yang dilakukan. Kemudian dilanjutkan dengan mencari solusi atas permasalahan-permasalahan yang ada.

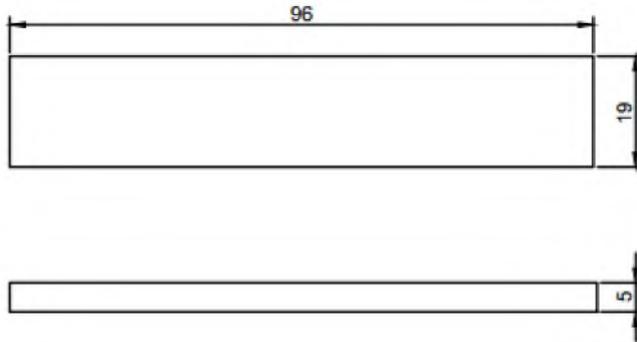
3.2 Penentuan Variabel Uji

Dalam penelitian ini digunakan material uji menggunakan serat penguat yang divariasikan letaknya pada material uji, yaitu :

1. Pola susunan serat penguat teratur dan memiliki ukuran panjang 6 mm.
2. Pola susunan serat penguat acak dan memiliki ukuran panjang 6 mm.
3. Tidak ada serat penguat pada material.

3.3 Persiapan Material Uji

Pada penelitian ini menggunakan material uji yang dibuat dari resin akrilik self cured dengan penambahan serat penguat *E-glass* sebesar 7% dengan panjang 6 mm yang disusun secara acak dan teratur. Dan dalam pembuatan material uji pada penelitian ini berdasarkan standar dari “*Standard Test Method for Unreinforced and Reinforced Plastic and Electrical Insulating Material*” D790 yang dikeluarkan oleh ASTM dengan metode pengujian *three point bending*. Jarak antar penumpu pada pengujian ini sebesar 80 mm. Material uji yang digunakan memiliki ukuran panjang sebesar 96 mm, lebar sebesar 19 mm, dengan ketebalan sebesar 5 mm.



Gambar 3.2 Material uji bending (satuan dalam mm)

Perhitungan prosentase serat penguat pada material uji, adalah sebagai berikut :

- Volume material uji = panjang x lebar x tinggi
 $= 9,6 \text{ cm} \times 1,9 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm}$
 $= 9,12 \text{ cm}^3$
- Massa serat penguat sebesar 7% yang ditambahkan pada material uji :
 Massa serat = 7% x volume material x $\rho_{\text{serat penguat}}$
 $= 0,07 \times 9,12 \text{ cm}^3 \times 2,54 \text{ gr/cm}^3$
 $= 1,62 \text{ gr}$



Gambar 3.3 Serat penguat sebesar 1,62 gram.

- Massa resin akrilik pada material :
 Massa resin = 93% x volume material x ρ_{resin}
 = $0,93 \times 9,12 \text{ cm}^3 \times 1,19 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$
 = 10,09 gr

Dari perhitungan tersebut diketahui bahwa berat tiap material uji adalah sebesar 11,71 gram dengan penambahan serat penguat sebesar 7%. Penambahan serat penguat sebesar 7% dianggap sudah maksimal pada material gigi tiruan. Berdasarkan penelitian terdahulu bahwa semakin besar volume fraksi serat penguat yang diberikan pada resin menyebabkan laju keausan yang cenderung menurun. Namun, apabila volume serat yang ditambahkan pada material gigi tiruan lebih dari 7% dapat menimbulkan keausan fatigue. Hal ini terbukti pada fraksi serat 7% yang menunjukkan bekas pengelupasan akibat keausan fatigue[9].

3.3.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan material uji adalah :

- 1) Penggaris
- 2) Gelas ukur
- 3) Gelas plastik
- 4) Pengaduk
- 5) Kuvet
- 6) Cutter
- 7) Kuas
- 8) Spidol

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan material uji adalah :

- 1) Plastisin/ malam
- 2) Gibs
- 3) Vaseline
- 4) Air panas

5) Resin akrilik tipe *self cured*

Resin akrilik yang digunakan tipe *self cured* dengan merek Hillon warna merah muda.

Technical Specification :

Dough time : 1-2 minutes

Working time : 5 minutes

Curing time : 10 minutes at 55°C
and 2.5 bar

Mixing ratio by volume / parts by weight : 1 ml / 0.95 g liquid
(monomer) 1.7g
powder (polymer)

Impact-resistance : 8.2 kJ/m²

Flexural strength : 68 MPa

Flexural modulus : 2028 MPa

Water sorption : 20.3 µg/mm³

Solubility : 1.8 µg/mm³



Gambar 3.4 Resin akrilik tipe *self cured*.

6) Serat *E-glass*

7) CMS (*Could Mould Seal*)

3.3.2 Pembuatan Cetakan

Untuk membuat material dalam pengujian ini diperlukan adanya cetakan, agar material yang dihasilkan memiliki bentuk yang sesuai. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk membuat cetakan :

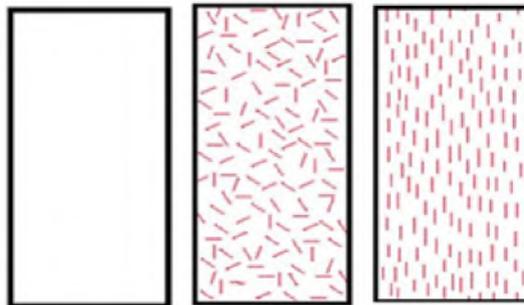
- 1) Plastisin dipotong sesuai ukuran material yang akan dibuat (96mm x 19mm x 5mm).
- 2) Gips diaduk hingga merata.
- 3) Gips yang telah diaduk dimasukkan ke dalam kuvet
- 4) Ditunggu sebentar, kemudian plastisin yang sudah dipotong sesuai dengan ukuran diletakkan diatas gips yang sudah dituangkan.
- 5) Ditunggu hingga *setting* hingga 10 sampai 15 menit.
- 6) Permukaan gips dilapisi dengan vaselin, kecuali permukaan plastisin.
- 7) Dituangkan kembali adonan gips ke dalam kuvet sehingga menutup bagian atas gips yang sudah dituangkan sebelumnya.
- 8) Kuvet ditekan dan ditunggu sampai waktu *setting* sekitar 10 sampai 15 menit.
- 9) Setelah itu kuvet dibuka.
- 10) Plastisin diambil dari cetakan gips dengan cara disiram dengan air panas.
- 11) Cetakan yang sudah diambil plastisinya kemudian dikeringkan.
- 12) Setelah itu dilapisi dengan CMS (*Could Mould Seal*), dan dikeringkan.



Gambar 3.5 Cetakan material dari gips.

3.3.3 Pembuatan Material Uji

Material uji yang akan dibuat untuk penelitian ini terbagi dalam 3 variasi, yang pertama adalah material yang tidak ditambahkan serat. Yang kedua adalah yang ditambahkan serat berpola acak dan yang ketiga adalah yang ditambah serat dengan pola teratur.



Gambar 3.6 Material uji tanpa tambahan serat dan dengan tambahan serat berpola acak dan teratur.

Berikut ini adalah cara pembuatannya :

- A. Pembuatan material tanpa serat.
 - 1) Monomer dan liquid ditakar sesuai dengan prosentase yang sudah ditentukan.

- 2) Mencampurkan monomer dan liquid ke dalam gelas plastik dan diaduk hingga rata.
- 3) Ditunggu sekitar 1 sampai 2 menit hingga posisi *dough stage*, yaitu posisi dimana campuran tersebut sudah tidak lengket ketika dipengang dengan tangan.
- 4) Campuran resin akrilik tersebut dituangkan ke dalam cetakan yang telah dibuat sebelumnya.
- 5) Ditunggu hingga kering sekitar 30 menit.
- 6) Setelah kering, material dapat diambil dari cetakan.
- 7) Material dibersihkan dan dirapikan permukaannya.

B. Pembuatan material dengan serat penguat berpola acak.

- 1) Monomer, liquid, dan serat penguat *e-glass* ditakar sesuai dengan prosentase yang sudah ditentukan.
- 2) Monomer, liquid, dan serat penguat *e-glass* dicampurkan ke dalam gelas plastik dan diaduk hingga rata.
- 3) Ditunggu sekitar 1 sampai 2 menit hingga posisi *dough stage*, yaitu posisi dimana campuran tersebut sudah tidak lengket ketika dipengang dengan tangan.
- 4) Campuran resin akrilik tersebut dituangkan ke dalam cetakan yang telah dibuat sebelumnya.
- 5) Ditunggu hingga kering sekitar 30 menit.
- 6) Setelah kering, material dapat diambil dari cetakan.
- 7) Material dibersihkan dan dirapikan permukaannya.

C. Pembuatan material dengan serat penguat berpola teratur.

- 1) Monomer, liquid, dan serat penguat *e-glass* ditakar sesuai dengan prosentase yang sudah ditentukan.

- 2) Monomer dan liquid dicampurkan ke dalam gelas plastik dan diaduk hingga rata.
- 3) Ditunggu sekitar 1 sampai 2 menit hingga posisi *dough stage*, yaitu posisi dimana campuran tersebut sudah tidak lengket ketika dipengang dengan tangan.
- 4) Campuran resin akrilik tersebut dituangkan ke dalam cetakan yang telah dibuat sebelumnya.
- 5) Serat penguat *e-glass* yang sudah disiapkan sebelumnya diletakkan pada permukaan resin akrilik yang sudah dituang tersebut secara teratur.
- 6) Ditunggu hingga kering sekitar 30 menit.
- 7) Setelah kering, material dapat diambil dari cetakan.
- 8) Material dibersihkan dan dirapikan permukaannya.

3.4 Persiapan Alat Uji

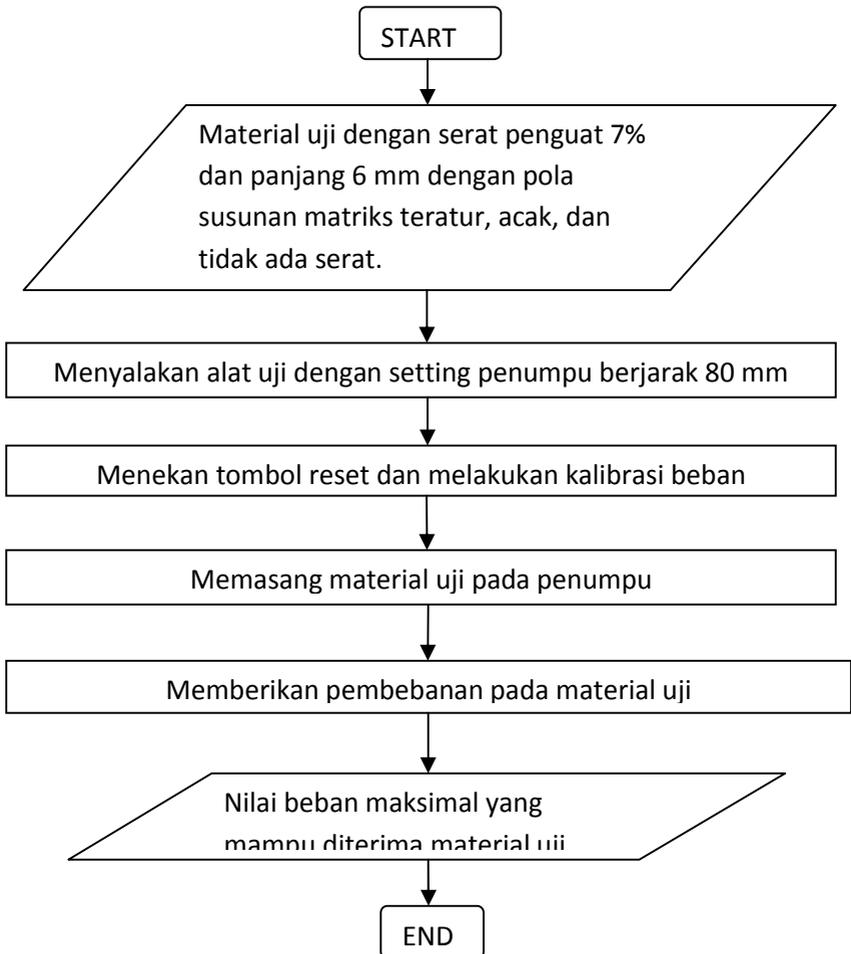
Adapun alat yang digunakan untuk melakukan pengujian pada material uji gigi tiruan dengan variasi susunan serat penguat yaitu : Mesin Uji Bending Autograph tipe AG 10 TE Shimadzu.



Gambar 3.7 Mesin uji bending autograph.

3.5 Langkah Kerja Pengujian

Berikut ini adalah diagram alir dari langkah-langkah pengujian bending yang dilakukan dalam penelitian ini :



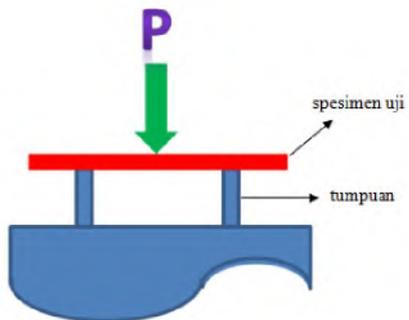
Gambar 3.8 Diagram alir dari pengujian bending.

Langkah kerja pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

1. Disiapkan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini.
2. Diberi nama atau keterangan pada masing-masing material uji sesuai dengan variabel yang digunakan.
3. Dimensi setiap material uji diukur mulai dari panjang, lebar, dan ketebalannya (semua dalam mm).
4. Mesin uji bending dinyalakan.
5. Diatur jarak antar penumpu sebesar 80 mm, sesuai dengan standar yang digunakan.
6. Tombol reset ditekan agar alat uji kembali ke keadaan normal.
7. Dilakukan kalibrasi beban, dengan tidak ada beban yang bekerja dan menunjukkan nilai 0 pada mesin. Tujuannya adalah untuk memperoleh data yang tepat pada penelitian yang dilakukan.
8. Material uji diletakkan pada penumpu.
9. Diberikan pembebanan pada material hingga material uji mengalami patah.
10. Data dicatat yang berupa beban (*load*) maksimal yang mampu diterima oleh material uji.
11. Langkah 6 hingga 10 dilakukan pada semua material uji, sehingga di dapatkan data beban (*load*) pada semua material uji.



Gambar 3.9 Proses pengujian bending pada material gigi tiruan.



Gambar 3.10 skema pengujian bending.

3.6 Analisis Data

Pada analisis data akan dibahas mengenai hasil yang didapatkan dari pengujian. Yang akan ditabelkan seperti pada tabel 3.1. Data yang diperoleh dari pengujian akan diolah dengan rumus perhitungan tegangan bending maksimum, sehingga didapatkan nilai tertentu. Dan kemudian akan dibuat grafik untuk masing-masing variabel uji. Dari grafik tersebut akan memudahkan analisis mengenai pengaruh dari pola susunan serat yang acak dan teratur terhadap kekuatan bending dari material gigi tiruan. Membandingkan nilai tegangan bending dari ketiga variabel uji yakni material dengan pola susunan serat teratur, pola susunan serat acak, dan material yang tanpa ditambahkan serat. Setelah itu dapat diketahui kekuatan material gigi tiruan melalui pengujian bending.

Tabel 3.1 Tabel data hasil pengujian bending

No	Material Uji		Beban (kgf)
1	Tidak ada serat penguat	I	
2		II	
3		III	
4	Pola susunan serat ukuran 6 mm acak	I	
5		II	
6		III	
7	Pola susunan serat penguat ukuran 6 mm teratur	I	
8		II	
9		III	

3.7 Kesimpulan dan Saran

Setelah melakukan analisis terhadap data hasil percobaan, maka akan diperoleh kesimpulan dari penelitian ini. Kemudian akan diberikan saran pula untuk pengembangan penelitian yang serupa.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan analisis terhadap data yang sudah didapatkan dari pengujian bending. Dalam pembahasan akan dilakukan analisis dan pembahasan tentang data yang didapatkan dari pengujian yang diawali dengan melakukan perhitungan untuk tegangan bending. Setelah itu data dituangkan ke dalam grafik.

4.1 Material Uji Hasil Pembuatan

Berikut ini adalah material yang didapatkan dari pembuatan, yang kemudian dilakukan pengukuran dengan menggunakan jangka sorong tujuannya adalah untuk memperoleh ukuran panjang, lebar, dan ketebalan yang sesuai dengan material.



Gambar 4.1 Material uji hasil proses pembuatan.

Tabel 4.1 Tabel ukuran material

No	Material Uji		Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
1	Pola susunan serat penguat ukuran 6 mm teratur	I	96,5	19,84	5,15
2		II	96,7	20,55	5,15
3		III	97,3	19,36	5,15
4	Pola susunan serat ukuran 6 mm acak.	I	97,7	19,9	5,06
5		II	97,3	19,73	5,06
6		III	97,4	19,94	5,06
7	Tidak ada serat penguat	I	97,6	19,2	5,35
8		II	96,75	19,2	5,35
9		III	96,5	19,2	5,35

4.2 Data Hasil Pengujian Bending

Dalam tabel terdapat data yang didapat dari pengujian yaitu beban material yang mampu diterima oleh material.

Tabel 4.2 Tabel data hasil pengujian bending

No	Material Uji		Beban (kgf)	Beban (N)
1	Tidak ada serat penguat	I	18,99	186,2
2		II	19,99	196
3		III	18,19	178,36
4	Pola susunan serat ukuran 6 mm acak	I	21,68	212,66
5		II	21,68	212,66
6		III	23,18	227,36
7	Pola susunan serat ukuran 6 mm teratur	I	30,18	295,96
8		II	21,98	215,6
9		III	25,98	254,8

4.3 Perhitungan Uji Bending

Dalam penelitian ini akan dicari nilai tegangan bending pada masing-masing spesimen uji. Dan berikut ini adalah contoh perhitungan untuk mencari nilai tegangan bending pada material gigi tiruan :

Misalnya pada material uji yang pertama untuk material tanpa adanya tambahan serat penguat, nilai tegangan bending sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{3 P \times L}{2 b \times d^2} \\ \sigma &= \frac{3 (186,2 \text{ N}) \times 80 \text{ mm}}{2 (19,84) \times 5,15^2} \\ \sigma &= \frac{44688 \text{ Nmm}}{1052,41 \text{ mm}^2} \\ \sigma &= 42,46 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan bahwa nilai tegangan bending pada material tanpa adanya serat penguat tersebut memiliki nilai tegangan bending sebesar 42,46 N/mm². Dan dilakukan pula perhitungan tegangan bending pada masing- masing material uji yang kemudian dituangkan dalam tabel 4.2.

4.4 Analisis Hasil Pengujian Bending

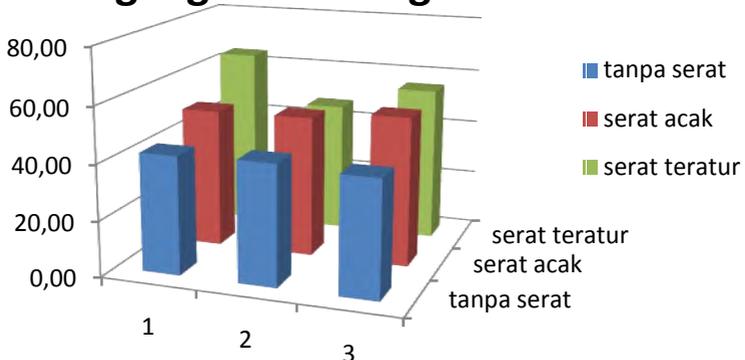
Pada tabel 4.2 dapat diketahui bahwa nilai tegangan bending maksimal yang mampu diterima oleh masing-masing material uji. Dan didapatkan pula nilai rata-rata pada tiap variasi pola susunan serat penguat.

Tabel 4.3 Tabel data hasil pengujian bending

No	Material Uji		Load (N)	Tegangan bending maksimal (N/mm ²)	Rata-rata tegangan bending (N/mm ²)
1	Tidak ada serat penguat	I	186,2	42,46	42,43
2		II	196	43,15	
3		III	178,36	41,68	
4	Pola susunan serat ukuran 6 mm acak	I	212,66	50,09	51,35
5		II	212,66	50,52	
6		III	227,36	53,44	
7	Pola susunan serat ukuran 6 mm teratur	I	295,96	64,63	55,78
8		II	215,6	47,08	
9		III	254,8	55,64	

Dari data yang sudah didapatkan dan dengan memasukkan nilai tegangan bending yang dapat diterima oleh material uji, kemudian dituangkan ke dalam grafik. Grafik yang dibuat untuk mengetahui perbedaan nilai tegangan bending maksimal terhadap variasi pola susunan serat penguat. Sehingga hasil dari pengujian bending yang sudah dilakukan dapat diamati dengan jelas.

tegangan bending vs variasi serat



Gambar 4.2 Grafik tegangan bending maksimal pada material uji.

Pada gambar 4.2 menunjukkan tegangan bending maksimal yang mampu diterima pada material uji gigi tiruan tanpa adanya tambahan serat penguat. Pada material uji yang pertama memiliki tegangan bending sebesar 42,46 N/mm². Dan material uji yang kedua memiliki tegangan bending sebesar 43,15 N/mm². Kemudian material uji yang ketiga sebesar 41,68 N/mm².

Pada grafik tersebut juga menunjukkan tegangan bending maksimal yang mampu diterima pada material uji gigi tiruan dengan adanya tambahan serat penguat 7% berpola acak. Pada material uji yang pertama memiliki tegangan bending sebesar 50,09 N/mm². Dan material uji yang kedua memiliki tegangan bending sebesar 50,52 N/mm². Material uji yang ketiga sebesar 53,44 N/mm².

Selain itu grafik 4.1 menunjukkan pula tegangan bending maksimal yang mampu diterima material uji gigi tiruan dengan adanya tambahan serat penguat 7% yang berpola teratur. Pada material uji yang pertama memiliki tegangan bending sebesar 64,63 N/mm². Material uji yang kedua sebesar 47,08 N/mm². Dan untu material uji yang ketiga sebesar 55,64 N/mm².

Adanya perbedaan nilai pada masing-masing material uji karena peletakan material uji pada penumpu yang melenceng dari titik yang seharusnya menerima beban bending. Karena alat uji yang digunakan tidak menggunakan penjepit, fungsi dari penjepit tersebut adalah agar material uji tidak bergeser atau bergerak dari posisi yang sudah ditentukan. Apabila tidak ada penjepit material adalah ketika material uji diletakkan pada penumpu dan mulai menerima beban, material uji mengalami pergeseran posisi atau bergerak dan menerima beban tidak pada titik yang diinginkan dan bergeser dari posisi seharusnya. Dan nilai beban maksimal

yang didapatkan menghasilkan nilai yang berbeda antara material uji satu dengan yang lainnya.

Perbedaan nilai yang dimiliki oleh material dengan tambahan serat berpola acak dan material dengan tambahan serat berpola teratur adalah jumlah serat pada penampang yang patah untuk material dengan tambahan serat berpola teratur lebih banyak. Pada material dengan tambahan serat berpola acak, posisi seratnya yang tumpang tindih tidak beraturan menyebabkan jumlah serat yang mampu menyerap beban tidak banyak. Dan pada material dengan tambahan serat berpola teratur, jumlah seratnya cukup untuk menerima beban yang besar karena posisinya yang teratur sehingga serat yang terdistribusi ke seluruh material mampu menerima beban secara maksimal. Namun nilai yang diperoleh kurang seragam jika dibandingkan dengan material dengan tambahan serat berpola acak.

4.5 Pembahasan

Untuk melengkapi analisis dan pembahasan pada material gigi tiruan, maka dilakukan pengambilan data berupa gambar atau foto dari material uji yang sudah diuji bending. Dengan mengambil sampel dari masing-masing variasi pola susunan serat penguat pada material uji. Analisis yang dilakukan dengan menggunakan foto material uji ini adalah untuk mengetahui pola patahan yang terjadi pada material uji pada masing-masing variasi pola susunan serat penguat.

4.5.1 Material Tanpa Tambahan Serat Penguat



a



b



c

Gambar 4.3 a.) Foto material tanpa adanya penambahan serat penguat pertama **b.)** Foto material tanpa adanya penambahan serat penguat kedua **c.)** Foto material tanpa adanya penambahan serat penguat ketiga.

Pada gambar 4.3 menunjukkan gambar material uji tanpa adanya tambahan serat penguat. Seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa material gigi tiruan terbuat dari resin akrilik. Dimana resin memiliki sifat yang getas. Sehingga sifat material uji tanpa adanya tambahan serat penguat memiliki sifat yaitu getas. Melalui pola patahan yang terlihat juga dapat diketahui bahwa bagian permukaan yang patah tidak memiliki serabut dan cenderung halus. Hal tersebut menunjukkan bahwa material tersebut adalah getas. Mekanisme patah yang terjadi pada material ada dua, yaitu material yang langsung mengalami patah ketika diberi beban dan material yang patah dengan diawali adanya delaminasi atau regangan terlebih dahulu. Untuk material tanpa adanya tambahan serat langsung mengalami patah ketika diberi beban. Ketika material tersebut menerima beban dan sudah mencapai beban maksimal yang mampu diterima oleh material gigi tiruan, maka material tersebut langsung patah tanpa mengalami proses penyerapan beban oleh serat karena tidak ada hadirnya serat penguat pada material tersebut. Dan tegangan bending yang mampu diterima oleh material uji yang tidak ditambahkan serat adalah yang paling kecil.

4.5.2 Material Dengan Tambahkan Serat Berpola Acak



a



b



c

Gambar 4.4 a.) Foto material dengan tambahan serat berpola acak pertama b.) Foto material dengan tambahan serat berpola acak kedua c.) Foto material dengan tambahan serat berpola acak ketiga.

Pada gambar 4.4 tersebut menunjukkan gambar material uji dengan adanya tambahan serat berpola acak. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa material gigi tiruan terbuat dari resin akrilik. Dimana resin tersebut memiliki sifat yang getas. Namun dengan hadirnya serat penguat pada material gigi tiruan mampu meningkatkan kekuatan dari material gigi tiruan. Melalui pola patahan pada material juga dapat diketahui bahwa pada bagian permukaan material yang patah tersebut permukaannya kasar. Dan itu menunjukkan bahwa material gigi tiruan dengan hadirnya serat penguat memiliki sifat yang ulet.

Mekanisme patah yang terjadi pada material ada dua, yaitu material yang langsung mengalami patah ketika diberi beban dan material yang patah dengan diawali adanya delaminasi atau regangan terlebih dahulu. Kemudian dilakukan analisis pada semua material uji dimana serat patah bersamaan dengan patahnya material. Hal ini dapat terjadi karena serat dengan resin yang terdapat pada material tersebut dapat menyatu dengan baik. Sehingga material tidak mengalami delaminasi terlebih dahulu. Namun, karena posisi serat yang acak atau saling tumpang tindih menyebabkan serat rawan patah yang mengakibatkan beban yang diserap juga kurang maksimal. Dan porositas yang dimiliki oleh material yang memang susah untuk dikendalikan pada resin dengan tambahan serat. Porositas adalah adanya gelembung udara pada permukaan dan dibawah permukaan yang terjadi akibat dari penguapan monomer yang tidak bereaksi. Tetapi nilai tegangan bending yang mampu diterima oleh material gigi tiruan dengan tambahan serat penguat tersebut lebih baik daripada tanpa adanya serat penguat.

4.5.3 Material Dengan Tambah Serat Berpola Teratur



a



b



c

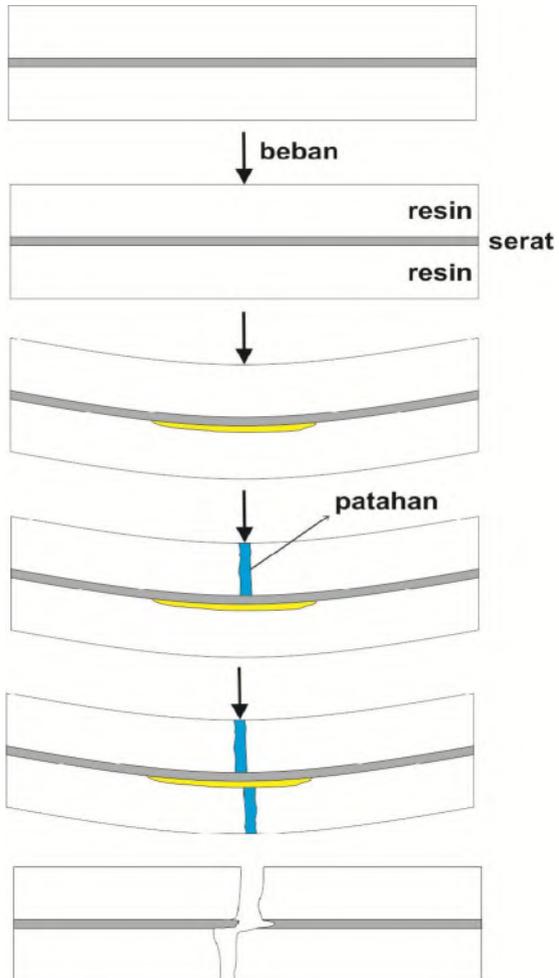
Gambar 4.5 a.) Foto material dengan tambahan serat berpola teratur pertama. **b.)** Foto material dengan tambahan serat berpola teratur kedua. **c.)** Foto material dengan tambahan serat berpola teratur ketiga.

Pada gambar 4.5 menunjukkan gambar material uji dengan adanya tambahan serat berpola teratur. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa material gigi tiruan terbuat dari resin akrilik. Dimana resin tersebut memiliki sifat yang getas. Namun dengan hadirnya serat penguat pada material gigi tiruan mampu meningkatkan kekuatan dari material gigi tiruan. Melalui pola patahan pada material juga dapat diketahui bahwa pada bagian permukaan material yang patah tersebut permukaannya kasar. Dan itu menunjukkan bahwa material gigi tiruan dengan hadirnya serat penguat memiliki sifat yang ulet. Selain itu, material komposit gigi tiruan ini memiliki porositas yang memang susah untuk dikendalikan pada resin dengan tambahan serat. Porositas adalah adanya gelembung udara pada permukaan dan dibawah permukaan yang terjadi akibat dari penguapan monomer yang tidak bereaksi.

Analisis yang pertama dilakukan pada material yang kedua karena material tersebut memiliki nilai yang paling kecil. Pada bagian permukaan patahnya terlihat bahwa serat yang ada tidak turut patah bersamaan dengan patahnya material. Hal ini dapat terjadi karena antara serat dengan resin kurang dapat menyatu dengan baik, sehingga serat mengalami delaminasi. Dan nilai tegangan bending yang mampu diterima oleh material kedua tersebut adalah yang paling rendah. Sebaliknya, pada material yang pertama memiliki nilai tegangan bending yang paling tinggi karena dalam proses pembuatannya antara resin akrilik dengan serat penguatnya dapat menyatu dengan baik. Hal ini dapat diketahui dari permukaan patahnya bahwa serat pada material pertama turut patah bersama dengan resin tanpa meninggalkan lubang pada sisi material yang lainnya. Jadi ketika diberi beban material tersebut mampu menyerap beban secara maksimal dan memiliki nilai tegangan bending yang paling tinggi. Untuk material yang ketiga memiliki nilai tegangan bending yang berada diantara keduanya, hal ini dapat terjadi karena dalam

proses pembuatannya memiliki masalah seperti halnya material kedua yaitu antara serat dan resin yang kurang menyatu. Namun masih antara serat dan resin menyatu lebih baik daripada material kedua, sehingga kekuatan bendungnya masih lebih baik dari material yang kedua.

Material dengan tambahan serat berpola teratur memiliki nilai yang bervariasi. Sehingga tidak dapat disimpulkan berapakah nilai rata-rata tegangan bending yang dimiliki material gigi tiruan dengan tambahan serat berpola teratur. Berdasarkan analisis yang dilakukan terhadap patahan material kedua diketahui adanya lubang bekas menempelnya serat pada material. Mekanisme patah yang terjadi pada material ada dua, yaitu material yang langsung mengalami patah ketika diberi beban dan material yang patah dengan diawali adanya delaminasi atau regangan terlebih dahulu. Untuk material kedua ini mengalami patah yang diawali dengan adanya delaminasi dimana serat dan resin yang tidak menyatu ketika diberi beban. Delaminasi adalah terlepasnya ikatan antar lamina khusus pada komposit dengan penguat. Karena adanya delaminasi pada material kedua tersebut serat yang semakin lama diberi beban akan membuat serat tersebut terlepas dengan resinnya. Sehingga menimbulkan adanya lubang atau rongga bekas dari melekatnya serat. Dan beban yang mampu diterima oleh material kedua tidak dapat maksimal seperti halnya material yang pertama. Hal ini juga dapat terjadi karena delaminasi juga mungkin saja terjadi karena proses pembuatan material. Berikut ini adalah mekanisme patahan yang terjadi pada material gigi tiruan dengan tambahan serat berpola teratur yang kedua dimana memiliki nilai kekuatan bending yang paling rendah. Pada gambar berikut ini adanya lubang tersebut ditunjukkan oleh bagian yang berwarna kuning. Dan untuk patahan yang terjadi adalah yang berwarna biru.



Gambar 4.6 Mekanisme patahan pada material dengan tambahan serat berpola teratur.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pengujian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Tegangan bending maksimal yang mampu diterima material gigi tiruan adalah :
 - Material tanpa tambahan serat penguat sebesar 42,43 N/mm²
 - Material dengan tambahan serat penguat berpola acak sebesar 51,35 N/mm².
 - Material dengan tambahan serat penguat berpola teratur antara 47,08 N/mm² sampai 64,62 N/mm².
2. Komposit material gigi tiruan dengan susunan serat penguat berpola teratur lebih mudah mengalami delaminasi. Oleh sebab itu, kekuatan bending material komposit dengan tambahan serat teratur memiliki harga yang bervariasi.

5.2 Saran

Dari pengujian yang telah dilakukan, tentu akan ada kekurangan. Dan diharapkan kekurangan yang ada dalam penelitian ini dapat disempurnakan pada penelitian selanjutnya. Adapun saran yang diberikan adalah sebagai berikut :

1. Dalam proses pembuatan material dengan tambahan serat berpola teratur diharapkan lebih diperhatikan agar serat penguat dan resin menyatu dengan baik.
2. Penelitian dapat dilakukan untuk jenis serat yang lain, yang biokompatibel terhadap tubuh manusia.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zuriah Sitorus, Awan Maghfirah, Yosephin Romania, Syahrul Humaidi. 2014. *Sifat Mekanik Gigi Tiruan Akrilik dengan Penguat Serat Gelas*. Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [2] Dwi Tarina, Widianingrum., 2012. *Studi Eksperimental Laju Keausan (Specific Wear Rate) Resin Akrilik dengan Penambahan Serat Penguat pada Dental Prosthesis*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [3] K. Van Rijswijk, M.Sc, et.al. 2010. *Natural Fiber Composite Structures and Materials*. Laboratory Faculty of Aerospace Engineering Delft University of Technology.
- [4] I Made Astika, 2009. *Karakteristik Lelah Chopped Strand Mat/Polyester Composite*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana.
- [5] Zakirah, Cut Putri. *Resin Akrilik*. 6 April 2016. <http://ilmucutpz.blogspot.co.id/2012/06/resin-akrilik.html>
- [6] Hikmah Annur, 2015. *Pengujian Bending Biomaterial Hidroksiapatit Dari Tulang Sapi sebagai Prosthesis Sendi Rahang(TMJ) pada manusia*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- [7] Annual Book of ASTM Standards, D790. *Standard Test Method for Flexural and Reinforced Plastics AND Electrical Insulating Material (Metric)*. American Society for Testing and Material (1984).
- [8] Annusavis KJ. 2003. *Philip's Science of Dental Material*. Eleven Edition. Saunders Elsevier. Missouri (2003).
- [9] Yusuf Kaelani, Dwi Tarina Widianingrum. 2012. *Laju Keausan (Spesific Wear Rate) Material Resin Akrilik Dengan Penambahan Serat Penguat Pada Dental Prosthesis*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

BIODATA PENULIS



Ika Wahyu Suryaningsih lahir di Jombang, 16 Oktober 1992. Anak pertama dari dua bersaudara dari orang tua terbaik yaitu Sumari dan Khoiriyah. Memiliki adik bernama Najaha Lintang Kamila. Memulai pendidikan usia dini di TK An-Noer Diwek Jombang (1997-1999), melanjutkan ke SDN Pandanwangi 2 Diwek Jombang (1999-2005), selanjutnya masuk di SMP Negeri 2 Jombang (2005-2008), kemudian bersekolah di SMA Negeri 2 Jombang (2008-2011). Pada tahun 2011 penulis diterima di Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan NRP 2111100053. Selama berkuliah di Teknik Mesin FTI-ITS, penulis memilih bidang studi Desain dan aktif di Laboratorium Mekanika Benda Padat yang merupakan salah satu laboratotrium yang dimiliki oleh Teknik Mesin ITS. Selain berkuliah, penulis juga mengikuti berbagai kegiatan untuk meningkatkan *softskill*, mulai dari organisasi mahasiswa, seminar, dan pelatihan. Apabila ada informasi, pertanyaan, ataupun saran yang ingin disampaikan kepada panulis dapat melalui email ikalintang16@gmail.com.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)