

**ANALISA KEKUATAN TARIK DAN *BENDING* KOMPOSIT  
RESIN *POLYESTER* YANG DIPERKUAT SERAT RAMI  
TENUN DENGAN ORIENTASI ARAH SUDUT 0° DAN 45°  
SEBAGAI ALTERNATIF BUMPER MOBIL**

**Skripsi**

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat sarjana S1 pada Jurusan  
Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



Disusun oleh:

**ADITYA ALROSYID**

**3331170069**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON – BANTEN**

**2023**

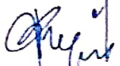
## TUGAS AKHIR

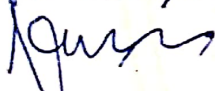
### ANALISA KEKUATAN TARIK DAN *BENDING* KOMPOSIT RESIN *POLYESTER* YANG DIPERKUAT SERAT RAMI TENUN DENGAN ORIENTASI ARAH SUDUT 0° DAN 45° SEBAGAI ALTERNATIF BUMPER MOBIL

Dipersiapkan dan disusun oleh:  
ADITYA ALROSYID  
3331170069

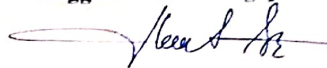
telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal, 20 Maret 2023

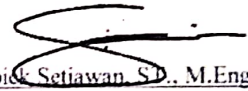
#### Pembimbing Utama

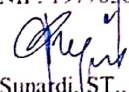
  
Sunardi, ST., M.Eng.  
NIP. 197312052006041002

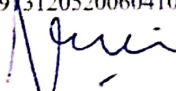
  
Miftahul Jannah, S.T., M.T.  
NIP. 199103052020122017

#### Anggota Dewan Penguji

  
Iman Saefulloh, ST., M.Eng.  
NIP. 197212072005011001

  
Ipiok Setiawan, S.T., M.Eng.  
NIP. 197705012003121001

  
Sunardi, ST., M.Eng.  
NIP. 197312052006041002

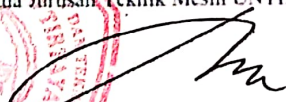
  
Miftahul Jannah, S.T., M.T.  
NIP. 199103052020122017

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal, 06 Juni 2023

Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA



  
Dimas Satria, S.T., M.Eng.  
NIP. 198305102012121006

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Aditya Al Rosyid

NPM : 3331170069

Judul : ANALISA KEKUATAN TARIK DAN *BENDING* KOMPOSIT RESIN  
*POLYESTER* YANG DIPERKUAT SERAT RAMI TENUN DENGAN  
ORIENTASI ARAH SUDUT 0° DAN 45° SEBAGAI ALTERNATIF BUMPER  
MOBIL

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

### MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya saya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya.

Cilegon, Juni 2023



**ADITYA AL ROSYID**  
**NPM.3331170069**

## **ABSTRACT**

*The development of the current era is increasing rapidly and technology and human creativity are increasing, one of which is natural fiber composite materials. Natural fiber composites are widely used because they are lightweight, strong, corrosion-resistant, efficient, and have many advantages. This study aims to determine the effect of fiber orientation in ramie woven composites reinforced with polyester resin on tensile strength and bending for car bumpers. The fiber used in this study was hemp fiber and the matrix used was Yukalac 157 BQTN-EX polyester resin. The variation in this study is the orientation of the fiber direction  $0^\circ$  and  $45^\circ$ . Composite is made using the hand lay-up technique. 2 tests will be carried out, namely the Tensile test using the ASTM D 638 standard and the Bending test using the ASTM D 790 testing standard. From the data that has been obtained and analyzed through research, it can be concluded that the highest tensile strength was obtained by the hemp is woven reinforced polyester resin composite whose fibers were in the direction of  $0^\circ$  with a value of  $54.3 \text{ N/mm}^2$  while the lowest tensile strength was obtained by the composite with a direction of  $45^\circ$ . with a value of  $9.23 \text{ N/mm}^2$ . In addition, the highest bending strength value was obtained in the  $0^\circ$  fiber direction, which was  $55.06 \text{ Mpa}$ , while the lowest bending strength was obtained for the composite with  $45^\circ$  fiber direction, which was  $24.42 \text{ Mpa}$ . From the results of the tensile and bending strength values, it can be seen that giving a difference in the fiber direction, namely the angles of  $0^\circ$  and  $45^\circ$  on the composite is very influential, and it is proven that the  $0^\circ$  direction has a superior mechanical strength value compared to the  $45^\circ$  direction.*

**Keywords:** *Composites, Tensile Testing, Bending Testing, Polyester, Ramie Fibers*

## ABSTRAK

Perkembangan zaman saat ini semakin pesat dimana teknologi dan kreatifitas manusia semakin meningkat, salah satunya material komposit serat alam. Komposit serat alam banyak digunakan karena salah satu material yang ringan, kuat, tahan korosi, efisien, dan masih banyak keunggulan yang dimiliki komposit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh orientasi serat pada komposit tenun rami yang diperkuat resin poliester terhadap kekuatan tarik dan *Bending* untuk bumper mobil. Serat yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat rami dan matrik yang digunakan yaitu resin poliester Yukalac 157 BQTN-EX. Variasi dalam penelitian ini adalah orientasi arah serat  $0^\circ$  dan  $45^\circ$ . Komposit dibuat menggunakan teknik *hand lay up*. Pengujian yang akan dilakukan ada 2 yaitu uji Tarik menggunakan standar ASTM D 638 dan uji *Bending* menggunakan standar pengujian ASTM D 790. Dari data yang sudah didapatkan dan di analisa melalui penelitian maka dapat disimpulkan bahwa, kekuatan tarik tertinggi diperoleh komposit resin poliester diperkuat tenun rami yang seratnya searah  $0^\circ$  dengan nilai sebesar  $54,3 \text{ N/mm}^2$  sedangkan kekuatan tarik terendah diperoleh komposit dengan arah  $45^\circ$ , dengan nilai sebesar  $9,23 \text{ N/mm}^2$ . Selain itu, untuk nilai kekuatan *bending* tertinggi diperoleh pada arah serat  $0^\circ$  yaitu sebesar  $55,06 \text{ Mpa}$ , sedangkan kekuatan *bending* terendah diperoleh komposit dengan arah serat  $45^\circ$  yaitu sebesar  $24,42 \text{ Mpa}$ . Dari hasil nilai kekuatan tarik dan *bending* dapat diketahui, bahwa memberi perbedaan arah serat yaitu sudut  $0^\circ$  dan  $45^\circ$  pada komposit begitu berpengaruh, dan terbukti untuk arah  $0^\circ$  memiliki nilai kekuatan mekanis yang lebih unggul dibanding arah  $45^\circ$ .

**Kata Kunci:** Komposit, Pengujian Tarik, Pengujian Bending, Poliester, Serat Rami

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. yang telah memberi dan melimpahkan rahmat serta karunianya sehingga penulis dapat menyusun laporan skripsi atau tugas akhir yang isinya adalah penelitian tentang “ANALISA KEKUATAN TARIK DAN *BENDING* KOMPOSIT RESIN *POLYESTER* YANG DIPERKUAT SERAT RAMI TENUN”. Penulisan laporan skripsi ini dilakukan dalam rangka menyelesaikan pendidikan sarjana S1 di jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan skripsi ini jauh dari kata sempurna, tanpa adanya dukungan dan bimbingan dari banyak pihak, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan laporan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan banyak-banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Dhimas Satria, ST., M.Eng. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Ibu Miftahul Jannah, S.T., M.T. Sebagai Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa sekaligus sebagai dosen pembimbing 2 Tugas Akhir penulis.
3. Bapak Sunardi, S.T., M.Eng. yang sudah bersedia menjadi Dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir penulis.
4. Bapak Iman Saefuloh, S.T., M.Eng. Sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang selama ini sudah membimbing penulis selama kuliah.
5. Untuk seluruh bapak dan ibu dosen Jurusan Teknik Mesin yang sudah memberikan ilmu yang banyak untuk mahasiswa khususnya untuk penulis.
6. Seluruh teman-teman Teknik Mesin 2017 yang selalu memberi semangat dan dukungan.

Cilegon, Februari 2023

Penulis

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 <i>State of Art</i> .....	5
2.2 Komposit .....	6
2.3 Serat ( <i>fiber</i> ).....	8
2.4 Matrik .....	11
2.5 Serat Rami .....	12
2.6 Pengujian Tarik .....	13
2.7 Pengujian Lentur ( <i>Bending</i> ).....	14
2.8 Bumper Mobil .....	15
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	16
3.2 Metode Penelitian .....	17
3.3 Alat dan Bahan .....	17
3.4 Prosedur Pengujian .....	22
3.5 <i>Time Schedule</i> .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	



4.1 Pengujian Tarik .....	30
4.1.1 Data Pengujian Tarik .....	31
4.2 Pengujian Bending.....	34
4.2.1 Data Pengujian Bending .....	35
4.3 Pembahasan .....	39
4.3.1 Uji Tarik.....	39
4.3.2 Uji Bending.....	46
4.4 Hasil Pengujian Sifat Fisis.....	47
4.4.1 Hasil Pengujian Densitas .....	47
4.4.2 Hasil Pengujian Penyerapan Air ( <i>Water Absorption</i> ).....	49
4.4.3 Hasil Pengujian Porositas .....	51
4.5 Analisa Foto Makro Patahan .....	53
4.5.1 Analisa Foto Makro Patahan Uji Tarik .....	53
4.5.2 Analisa Foto Makro Patahan Uji <i>Bending</i> .....	55

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran .....	59

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 2.1</b> Komposit .....	7
<b>Gambar 2.2</b> Serat Tumbuhan.....	8
<b>Gambar 2.3</b> Serat Hewan.....	9
<b>Gambar 2.4</b> Serat Bahan Tambang.....	9
<b>Gambar 2.5</b> Serat Sintetis .....	10
<b>Gambar 2.6</b> Tanaman Rami.....	13
<b>Gambar 2.7</b> Serat Rami .....	13
<b>Gambar 2.8</b> <i>Specimen</i> uji Tarik ASTM D638 tipe 1 .....	14
<b>Gambar 2.9</b> <i>Specimen</i> uji <i>Bending</i> ASTM D790 <i>Three Point Bending</i> .....	15
<b>Gambar 2.10</b> Bumper Mobil.....	15
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian .....	16
<b>Gambar 3.2</b> Timbangan Digital .....	18
<b>Gambar 3.3</b> Gelas Ukur .....	18
<b>Gambar 3.4</b> Jangka Sorong.....	18
<b>Gambar 3.5</b> Penggaris .....	18
<b>Gambar 3.6</b> Kuas .....	19
<b>Gambar 3.7</b> Penjepit Kayu.....	19
<b>Gambar 3.8</b> <i>Microwave</i> .....	19
<b>Gambar 3.9</b> Sarung Tangan .....	19
<b>Gambar 3.10</b> Gerinda .....	20
<b>Gambar 3.11</b> Alat Uji Tarik.....	20

<b>Gambar 3.12</b> Alat Uji <i>Bending</i> .....	20
<b>Gambar 3.13</b> Lembaran Kaca .....	21
<b>Gambar 3.14</b> Serat Rami .....	21
<b>Gambar 3.15</b> <i>Wax</i> .....	21
<b>Gambar 3.16</b> Resin Poliester .....	22
<b>Gambar 3.17</b> Katalis .....	22
<b>Gambar 3.18</b> Proses Tenun Serat Rami.....	24
<b>Gambar 3.19</b> Cetakan Kaca Komposit Uji Tarik .....	25
<b>Gambar 3.20</b> Cetakan Kaca Komposit Uji <i>Bending</i> .....	26
<b>Gambar 3.21</b> Sudut Pemotongan Spesimen .....	28
<b>Gambar 3.22</b> Proses Pemotongan Spesimen .....	29
<b>Gambar 4.1</b> Foto Makro Spesimen Uji Tarik yang Sudah Dipotong Sesuai dengan Standar.....	31
<b>Gambar 4.2</b> Grafik Data Nilai Kekuatan Tarik Arah Serat 0° .....	33
<b>Gambar 4.3</b> Grafik Data Nilai Kekuatan Tarik Arah Serat 45° .....	34
<b>Gambar 4.4</b> Foto Makro Spesimen Uji <i>Bending</i> yang Sudah Dipotong Sesuai dengan Standar.....	35
<b>Gambar 4.5</b> Grafik Data Nilai Kekuatan <i>Bending</i> Arah Serat 0° .....	37
<b>Gambar 4.6</b> Grafik Data Nilai Kekuatan <i>Bending</i> Arah Serat 45° .....	39
<b>Gambar 4.7</b> Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik Sudut 0° dan 45°.....	40
<b>Gambar 4.8</b> Grafik Perbandingan Modulus Elastisitas Sudut 0° dan 45° .....	42
<b>Gambar 4.9</b> Grafik Perbandingan Elongation Sudut 0° dan 45° .....	43
<b>Gambar 4.10</b> Grafik Perbandingan Kekuatan <i>Bending</i> Sudut 0° dan 45° .....	47
<b>Gambar 4.11</b> Graffik Nilai Densitas Pengujian Tarik Komposit Rami-Poliester	48

<b>Gambar 4.12</b> Grafik Nilai Densitas Pengujian <i>Bending</i> Komposit Rami-Poliester	49
<b>Gambar 4.13</b> Grafik Nilai Penyerapan Air Pengujian Tarik Komposit Rami-Poliester.....	50
<b>Gambar 4.14</b> Grafik Nilai Penyerapan Air Pengujian <i>Bending</i> Komposit Rami-Poliester.....	51
<b>Gambar 4.15</b> Grafik Nilai Porositas Pengujian Tarik Komposit Rami-Poliester	52
<b>Gambar 4.16</b> Grafik Nilai Porositas Pengujian <i>Bending</i> Komposit Rami-Poliester	53
<b>Gambar 4.17</b> Foto Makro Penampang Patahan Uji Tarik Arah Serat 0° dan 45°	54
<b>Gambar 4.18</b> Foto Makro Penampang Patahan Uji <i>Bending</i> Arah Serat 0° dan 45° .....	55
<b>Gambar 4.19</b> Foto Spesimen Posisi Hasil Patahan Uji <i>Bending</i> .....	56

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Tabel Sifat Mekanis Serat Alam .....	10
<b>Tabel 2.2</b> Perbandingan Nilai Sifat Mekanis Resin.....	12
<b>Tabel 3.1</b> <i>Time Schedule</i> .....	29
<b>Tabel 4.1</b> Data Dimensi Spesimen untuk Pengujian Tarik Komposit.....	32
<b>Tabel 4.2</b> Data Uji Tarik Komposit Variasi Sudut 0° .....	32
<b>Tabel 4.3</b> Data Uji Tarik Komposit Variasi Sudut 45° .....	33
<b>Tabel 4.4</b> Data Dimensi Spesimen untuk Pengujian <i>Bending</i> Komposit .....	36
<b>Tabel 4.5</b> Data Uji <i>Bending</i> Komposit Variasi Sudut 0° .....	37
<b>Tabel 4.6</b> Data Uji <i>Bending</i> Komposit Variasi Sudut 45° .....	38
<b>Tabel 4.7</b> Tabel Perbandingan Data Kekuatan Tarik Komposit.....	40
<b>Tabel 4.8</b> Tabel Perbandingan Data Modulus Elastisitas Komposit .....	41
<b>Tabel 4.9</b> Tabel Perbandingan Data <i>Elongation</i> Komposit.....	43
<b>Tabel 4.10</b> Tabel Perbandingan Data Kekuatan <i>Bending</i> Komposit.....	46
<b>Tabel 4.11</b> Hasil Uji Densitas Komposit Serat Rami-Poliester.....	48
<b>Tabel 4.12</b> Hasil Uji Penyerapan Air Komposit Serat Rami-Poliester .....	50
<b>Tabel 4.13</b> Hasil Uji Porositas Komposit Serat Rami-Poliester.....	52

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman saat ini semakin pesat dimana teknologi dan kreatifitas manusia semakin meningkat, terutama dalam menciptakan sesuatu yang lebih berinovasi lagi dalam hal apapun. Salah satunya material komposit serat alam, dimana sudah banyak dan semakin berkembang penggunaan komposit sebagai material atau bahan pendukung. Komposit serat alam banyak digunakan karena salah satu material yang ringan, kuat, tahan korosi, efisien, dan masih banyak keunggulan yang dimiliki komposit.

Tanaman serat sudah banyak ditemui, rami atau dalam bahasa latin *Boehmeria Nivea* adalah salah satu tanaman yang memiliki kandungan serat yang tinggi dan memiliki karakteristik mirip kapas (Maiti, 1997). Bahkan, rami ternyata terbukti lebih mudah dibudidayakan dibandingkan tanaman kapas. Namun saat ini pemanfaatan serat rami di Indonesia sebatas bahan dasar pembuatan kain dan kertas. Kondisi ini sangat menguntungkan jika serat tersebut digunakan untuk menggantikan serat non alam (*fiber glass*) yang selama ini masih di impor sebagai penguat material komposit. Ratim S., et al (2012) menyatakan kekuatan tarik tertinggi dicapai oleh struktur tenun sedangkan nilai yang lebih rendah diperoleh pada komposit struktur mat/acak. Modulus elastisitas komposit tenun juga menunjukkan nilai signifikansi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel mat/acak. Pada ilmu komposit ini terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan komposit salah satunya ialah orientasi arah serat, Orientasi serat sangat berpengaruh dalam menentukan kekuatan suatu bahan komposit (Schwartz, M., 1984).

*Polymer matrix composite* (PMC) merupakan komposit yang bahan matriksnya berjenis polimer resin. PMC merupakan material komposit yang mudah dalam pembuatannya karena tidak menggunakan temperatur tinggi dan tekanan tinggi saat pencetakan (Lamalo, 2017). *Polyester* merupakan pilihan yang banyak digunakan dalam komposit modern. Bahan ini memiliki ketahanan kimia yang baik, kestabilan bentuk, harga yang relatif murah.

Beberapa kelebihan resin polister ialah memiliki daya tahan terhadap air dan cuaca yang baik, tahan terhadap bahan kimia dan sedikit pengkerutan pada saat *curing* (Parbaraya, 2015). Namun, sifat mekanik yang dimiliki oleh *polyester* tidaklah terlalu baik (Winarno, 2015). Oleh sebab itu perlu ditambahkan penguat berupa serat (*fiber*) untuk memperbaiki sifat mekanik tersebut. Pengaplikasian komposit tidak hanya ada dalam dunia industri saja contohnya beberapa penggunaan komposit pada rumah tangga, yaitu permukaan lemari, daun meja, selain itu terdapat pada kendaraan seperti motor dan mobil. Di negara kita yaitu Indonesia komposit mulai dikembangkan menjadi bahan yang terbuat dari bahan alami, salah satunya serat rami yang merupakan bahan alami pembuatan komposit. Serat rami yang menjadi bahan dalam komposit ini dikembangkan karena bahan yang mudah didapat, bersahabat dengan lingkungan atau mengurangi permasalahan lingkungan seperti limbah, serta tidak membahayakan untuk Kesehatan pada manusia. (Marsyahyo, 2005).

Dalam penelitian ini bahan utama yang akan menjadi material yang akan di analisis adalah komposit serat rami tenun yang berpenguat resin *polyester* sebagai matrik. Resin poliester digunakan sebagai cairan pelapis untuk komposit yang akan menjadi bahan pendukung sekaligus pengikat dari material serat rami. Resin *polyester* sendiri pada umumnya merupakan cairan yang bersifat bening yang biasanya digunakan untuk pelapisan seperti lantai, *casting*, serta cairan pelapis material lainnya. Resin poliester akan menjadi pelapis yang baik jika material diproses *finishing* dengan baik. Penggunaan komposit polimer dalam produksi komponen-komponen mobil telah terbukti mampu menyeimbangkan fungsi mobil seperti mengurangi berat dan menjaga keselamatan penumpang (Ezekweb. 2016).

Selain itu dalam penelitian ini material serat rami yang dilapisi resin poliester sebagai matriknya akan dilakukan beberapa pengujian untuk dianalisa kekuatan dari material komposit tersebut. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji tarik untuk mengetahui kekuatan tarik dari material tersebut dan pengujian lentur (*bending*) untuk bisa di analisa kelenturan dari material komposit tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian kali ini, rumusan masalah yang akan menjadi acuan adalah sebagai berikut.

1. Berapakah nilai kekuatan material komposit yang diperkuat dengan material serat rami menggunakan resin *polyester* yang pengujiannya menggunakan 2 pengujian, yaitu uji tarik dan uji *bending*?
2. Apakah dengan variasi sudut pemotongan akan berpengaruh terhadap kekuatan dari komposit resin *polyester* yang diperkuat dengan serat rami?
3. Apakah komposit serat rami tenun layak menjadi alternatif dari bahan bumper mobil jika ditinjau dari kekuatan tarik dan *bending*?

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, Batasan masalah yang akan menjadi acuan adalah sebagai berikut.

1. Pengujian yang akan dilakukan dalam menganalisa ada 2 yaitu uji Tarik menggunakan standar *ASTM D 638* dan uji *bending* menggunakan standar pengujian *ASTM D 790*.
2. Spesimen komposit yang dibuat dan yang akan di uji adalah jenis komposit serat (*fibrous composite*).
3. Komposit dibuat menggunakan teknik *hand lay up* atau olesan dan media kaca sebagai material cetakan pembuatan komposit.
4. Melakukan *post curing* pada komposit yang sudah mengeras dengan menggunakan *microwave* dan *men-setting* suhunya 80°C selama 2 jam.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut.

1. Ketahui daya dukung bahan komposit serat rami yang diperkuat poliester saat mengalami tegangan tarik dan lentur.
2. Menentukan efek orientasi serat pada kekuatan tarik dan kekuatan lentur komposit resin poliester anyaman rami yang ditujukan untuk bumper otomotif.



## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun berikut merupakan beberapa manfaat yang bisa didapatkan dalam penelitian ini, adalah:

1. Bagi peneliti, mendapatkan banyak pengetahuan dan pengalaman lebih tentang komposit dari penelitian yang dilakukan.
2. Bagi akademik, penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi pada penelitian-penelitian berikutnya tentang komposit serat.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan dalam penelitian ini akan diuraikan dalam beberapa bab yang berisi sub-sub bab agar tersusun secara sistematis, dimana sistematika penulisannya adalah:

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Pada bab 1 tentang pendahuluan terdapat beberapa bab antara lain latar belakang, rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

### **BAB 2 LANDASAN TEORI**

Pada bab 2 tentang landasan teori berisi tentang teori-teori yang akan menjadi data pendukung dengan informasi yang menunjang dari referensii dalam penelitian ini.

### **BAB 3 METODE PENELITIAN**

Pada bab 3 tentang metode penelitian berisi tentang langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam penelitian dari proses persiapan sampai data yang dihasilkan.

### **BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

Pada bab 4 tentang Analisa data dan pembahasan berisi tentang hasil pengujian yang didapat serta analisa dari data-data yang didapat dari pengujian.

### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab 5 tentang kesimpulan dan saran berisi tentang kesimpulan pada penelitian dan saran untuk penelitian.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 State of Art

Perkembangan material, dalam material komposit polimer, terus berkembang di banyak aplikasi seperti di otomotif, struktur, dan dirgantara. Awalnya, bahan komposit dikembangkan di industri kedirgantaraan, tetapi, seiring waktu, komposit serat alami juga dapat ditemukan dalam aplikasi otomotif dengan kinerja dan daya tahan tinggi. Komposit serat alam juga dapat diaplikasikan pada bahan bangunan, lambung kapal, dan produk militer dengan kriteria tertentu (Lee, 1993).

Material komposit umumnya dipahami sebagai sebuah material gabungan antara sebuah matrik dan satu atau beberapa penguat (*reinforced*), dengan sifat berbeda satu dengan yang lain. Yang akan menghasilkan material baru dengan sifat yang berbeda dari material awal. Sejauh ini pengembangan material komposit sudah mendapatkan berbagai jenis komposit dengan beberapa pengelompokan sesuai klasifikasi komposit. Salah satu jenis komposit yang diketahui adalah komposit dengan penguat berbahan serat (*fibre reinforced composites*). Pengembangan beberapa jenis bahan polimer untuk resin komposit juga mengakibatkan penelitian tentang komposit semakin bervariasi sebagai bahan matrik komposit. Selain fungsi utama dari resin sebagai pengikat persyaratan lain seperti mampu cetak, tahan terhadap air dan zat kimia, kuat dan ringan, serta murah. (Imra, 2009; Jacob, 1994).

Serat alam dapat menjadi *filler* dalam komposit karena kandungan selulosa beberapa serat alam yang memiliki selulosa antara lain kenaf, cantalu, tebu, jagung, abaca, padi, rami dan lain-lain. Tanaman rami (*Boehmeria Nivea*) adalah sumber bahan baku serat tekstil alam tumbuh-tumbuhan, sebagaimana halnya dengan serat kapas, linen (*flax*) dan sejenisnya. Sejak jaman dahulu rami digunakan untuk bahan pembuat pakaian dan juga sebagai baju perang karena keuletan rami mampu menahan sabetan

pedang, bahkan sekarang serat rami diteliti oleh pihak militer untuk bahan pembuatan baju anti peluru (Jamasri, 2008).

Serat mempunyai sifat sebagai isolator yang baik, memiliki kekuatan, suhu tinggi dan memiliki regangan yang rendah. Geopolimer merupakan salah satu material yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah. Geopolimer merupakan polimer anorganik yang memiliki kekuatan mekanik yang lebih baik, tahan terhadap suhu tinggi dan zat asam (Abdel-Ghani et al, 2016; Schmücker and MacKenzie, 2005). Geopolimer berperilaku seperti keramik yang keras tetapi dengan kuat lentur dan kuat tarik yang rendah. Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan menambahkan material sisipan yang dapat berfungsi sebagai penguat (*agregat*) (Rustan dkk., 2015). Salah satu bahan sisipan yang dapat ditambahkan pada pasta Geopolimer adalah serat karbon.

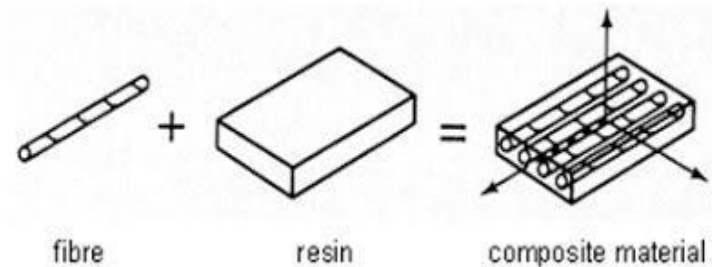
## 2.2 Komposit

Komposit merupakan perpaduan atau campuran antara kombinasi dua material atau lebih yang mempunyai sifat mekanis yang kuat dibandingkan dengan material pembentuknya. Komposit terdiri dari dua bagian antara lain matrik sebagai pengikat komposit, lalu *filler* sebagai pengisi komposit. Menurut Gibson tahun (1994) komposit adalah perpaduan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang unik dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun. Komposit adalah salah satu bahan yang merupakan gabungan atau campuran dari dua material atau lebih dari skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat (Surdia dan Saito, 1999).

Komposit dan alloy memiliki perbedaan dari cara penggabungannya yaitu apabila komposit digabung secara makroskopis sehingga masih kelihatan serat maupun matriknya (komposit serat) sedangkan pada *alloy* paduan digabung secara mikroskopis sehingga tidak lagi kelihatan unsur-unsur pendukungnya (Jones, 1975).

Komposit dibentuk terdiri dari dua jenis bagian material yang berbeda antara lain:

1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih rigid serta lebih kuat.
2. Matrik, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah.



**Gambar 2.1** Material Pembentuk Komposit

Selain itu, material komposit dapat dibedakan menjadi 2 klasifikasi. Antara lain:

- a. Klasifikasi berdasarkan matrik
  1. MMC : *Metal Matriks Composite* (menggunakan matriks logam).
  2. CMC : *Ceramic Matriks Composite* (menggunakan matriks keramik).
  3. PMC : *Polymer Matriks Composites* (menggunakan matriks *polymer*).
- b. Klasifikasi berdasarkan struktur
  1. *Particulate Composite Materials* (komposit partikel) merupakan jenis komposit yang menggunakan partikel/butiran sebagai *filler*.
  2. *Fibrous Composites Material* (komposit serat) terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matriks dan serat.
  3. *Structural Composites Materials* (komposit berlapis) terdiri dari sekurang-kurangnya dua material berbeda yang direkatkan bersama-sama. Proses pelapisan dilakukan

dengan mengkombinasikan aspek terbaik dari masing-masing lapisan untuk memperoleh bahan yang berguna.

### **2.2.1 Faktor yang mempengaruhi kekuatan komposit serat**

Komposit Serat merupakan komposit yang diperkuat serat dimana bahan yang berbentuk serat diikat dalam bahan lain yang disebut matrik. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi sifat bahan komposit yang diperkuat dengan serat adalah orientasi, panjang, bentuk, komposisi serat, dan sifat mekanik dari matriks, serta ikatan dalam campuran antara serat dan matriks (*interface* atau *bounding*) (Schwartz, M., 1984).

#### **1. Jenis Serat**

Dilihat susunannya, serat dibedakan menjadi dua jenis yaitu serat panjang (*continue*) dan serat pendek (*discontinue*). Secara teori serat panjang lebih efektif dalam transfer beban dibanding serat pendek. Hal itu sulit untuk diwujudkan prakteknya, akibat faktor manufaktur yang tidak mungkin menghasilkan kekuatan optimum sepanjang fiber, karena pemakaian serat panjang akan terjadi ketimpangan dalam penerimaan beban antara serat, sebagian serat mengalami tegangan sedangkan yang lain dalam posisi bebas dari tegangan. Sehingga jika komposit dibebani sampai mendekati kekuatan patahnya, sebagian serat akan patah mendahului serat lainnya.

#### **2. Orientasi Serat**

Orientasi serat sangat berpengaruh dalam menentukan kekuatan suatu bahan komposit, secara umum penyusunan serat pada komposit dapat dibedakan sebagai berikut.

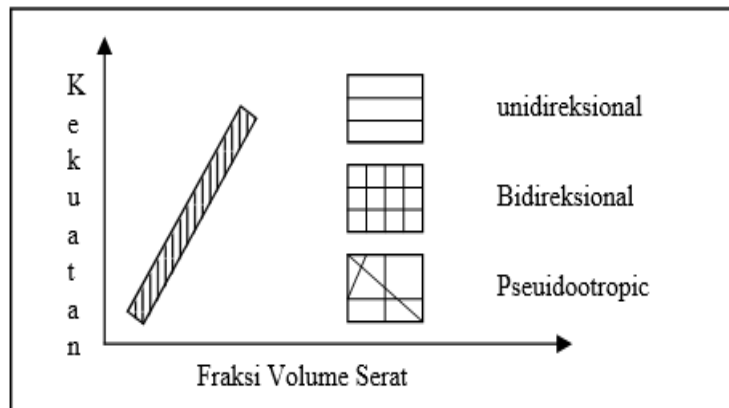
- a. *Unidirectional*: serat disusun secara searah paralel satu sama lain, sehingga didapat kekakuan dan kekuatan optimal pada arah serat, sedangkan kekuatan paling kecil terjadi pada arah tegak lurus serat.
- b. *Bidirectional*: serat disusun secara tegak lurus satu sama lain (*ortogonal*). Pada susunan ini kekuatan tertinggi terdapat pada

arah pemasangan serat.

c. *Pseudoisotropic*: penyusunan serat dilakukan secara acak, sifat dari susunan ini adalah isotropik yaitu kekuatan pada satu titik pengujian mempunyai kekuatan yang sama.

### 3. Komposisi dan Bentuk Serat

Kemampuan mekanik dari pemasangan serat dua arah ini adalah jenis yang paling proposional, karena pada pemasangan dua arah serat ini dapat memberikan kontribusi pemakaian serat paling banyak. Hal tersebut disebabkan karena pemasangan serat yang semakin acak, kontribusi serat yang dipasang akan semakin sedikit (fraksi volume kecil) mengakibatkan kekuatan komposit semakin menurun, seperti dapat dilihat pada gambar 2.2



**Gambar 2.2** Hubungan antara Kekuatan, Fraksi volume dan Susunan serat.

(Sumber: Adji Widjayarto, 2007)

Jumlah serat bahan komposit serat sering dinyatakan dalam bentuk fraksi volume serat ( $f$ ) yaitu perbandingan volume serat ( $V_f$ ) terhadap volume bahan komposit ( $V_c$ ). Semakin besar kandungan volume serat dalam komposit maka akan meningkatkan kekuatan dari komposit tersebut.

Jika dilihat dari bentuk, serat penguat mempunyai penampang lingkaran dan bentuk lain misalnya bujur sangkar. Kekuatan serat dapat juga dilihat dari diameter serat, perbandingan antara panjang dan diameter serat harus cukup besar. Hal ini dianjurkan agar tegangan geser yang terjadi pada

permukaan antar serat dan matriks kecil. Semakin kecil bahan (diameter serat mendekati ukuran Kristal) maka semakin kuat bahan tersebut, karena minimnya cacat pada material (Surdia, 1999). Berdasarkan komposisinya serat yang digunakan sebagai bahan penguat komposit dibedakan atas:

- a. Serat organik: yaitu serat yang berasal dari bahan alam, misalnya wol, sutera, kapas dan rami.
- b. Serat anorganik: yaitu serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik, misalnya gelas dan serat karbon. Adapun serat yang mempunyai kekuatan tinggi dan tahan panas (*hybrid fibre*).

#### 4. Faktor Matriks

Dalam pembuatan bahan komposit, fungsi dari matriks adalah:

- a. Sebagai transfer dari beban, yaitu mendistribusikan beban ke serat sebagai bahan yang mempunyai modulus kekuatan tinggi.
- b. Sebagai pengikat fase serat di posisinya, proses pembuatan bahan komposit diperkuat serat dan diikat matriks harus mempunyai sifat adhesi yang baik terhadap serat untuk menghasilkan struktur komposit yang sempurna karena hal ini berhubungan erat dengan transfer beban. Jika matriks mempunyai sifat adhesi yang kurang baik maka transfer beban tidak sempurna dan menyebabkan kegagalan berupa lepasnya ikatan antara matriks dengan serat (*debonding failur*). Secara garis besar kualitas matriks ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah kemampuan membasahi serat, banyaknya rongga (*void*) saat dituang, temperatur atau tekanan curing dan viskositas
- c. Melindungi permukaan serat dari abrasi yang diakibatkan oleh perlakuan secara mekanik misalnya gesekan antar serat.

## 5. Fase Ikatan

Kemampuan ikatan antara fiber dan matriks dapat ditingkatkan dengan memberikan aplikasi perlakuan permukaan yang disebut dengan *coupling agent*, yang meningkatkan sifat adhesi antara matriks dan fiber. *Coupling agent* diterapkan pada serat sebagai perlakuan secara kimiawi dalam bentuk *sizing* (perlakuan permukaan ketika serat sedang dibentuk) dan *finishing* (perlakuan yang diterapkan setelah serat diproduksi dalam bentuk benang atau *woven fabric*). Proses *finishing* juga dapat melindungi dan mencegah kerusakan akibat gesekan antar serat sebelum dibuat menjadi struktur komposit.

### 2.3 Serat (*Fiber*)

Serat adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Salah satu unsur penyusun bahan komposit adalah serat. Serat inilah yang terutama menentukan karakteristik bahan komposit, seperti kekakuan, serta sifat-sifat mekanik lainnya. Serat inilah yang menahan sebagian besar gaya-gaya yang bekerja pada bahan komposit.

Serat (*Fiber*) dapat dibedakan menjadi 2 yaitu serat alami dan serat sintetis (serat buatan), yaitu:

1. Serat alami adalah serat yang langsung diperoleh dari alam. Selain itu, dilihat dari namanya serat alami dibedakan lagi menjadi beberapa klasifikasi serat yang berasal dari alam, yaitu:
  - a. Serat dari tumbuhan: serat yang mengandung unsur berupa selulosa. Bagian tumbuhan yang dapat dijadikan serat adalah biji yang biasanya dibuat menjadi kapas dan kapuk, bagian batang yang biasanya dijadikan sebagai jute dan rami, bagian daun yang dijadikan serat seperti tumbuhan abaca, sisal, dan daun nanas.





**Gambar 2.2** Serat Tumbuhan

- b. Serat dari hewan: serat yang mengandung unsur berupa protein. Bagian hewan yang dapat dijadikan menjadi serat adalah rambut domba yang biasanya dibuat menjadi serat wol, selain itu ulat sutra saat menjadi kepompong akan menghasilkan serat sutra, selain itu laba-laba juga dapat menghasilkan serat yang dihasilkan dari jaring yang dibentuk.



**Gambar 2.3** Serat Hewan

- c. Serat dari bahan tambang: bahan tambang yang menghasilkan serat merupakan mineral. Salah satu hasil serat yang dihasilkan dari bahan tambang adalah asbes yang bahan galiannya berupa mineral jenis aktinolit dan krisatil yang menghasilkan serabut.



**Gambar 2.4** Serat Bahan Tambang

**Tabel 2.1** Tabel Sifat Mekanis Serat Alam (Muller dan Krobjilowski, 2003)

<i>fiber</i>	properti					
	Kekuatan Tarik (Mpa)	Modulus Young (Gpa)	Pemanjangan (%)	Densitas ( $gr/cm^3$ )	Diameter ( $\mu m$ )	Panjang (mm)
<i>Ramie bast</i>	1050	61,5	3,6-3,8	1,5-1,6	40-80	60-26
<i>Kenaf Bast</i>	930	53	1,6	1,4	200	2-6
<i>Coco Shell</i>	175	4-6	25	1,2	100-400	-
<i>Sisal Leaf</i>	835	9,4-2,2	2-4	1,16-1,5	50-200	1-5
<i>Banana Bast</i>	540	-	3	1,3	50-250	-
<i>Pineapple Bast</i>	740	-	2,4	-	-	-
<i>E-Glass</i>	1800	69-73	2-3	2,5	5-25	-

2. Serat sintetis (serat buatan) adalah serat yang bagian-bagiannya dibentuk secara sengaja oleh manusia. Contoh hasil serat sintetis adalah rayon, *polyester*, dakron, dan nilon. Ciri-ciri serat sintetis atau serat buatan ini dapat dilihat menggunakan metode pembakaran seperti serat nilon yang mudah meleleh serta meninggalkan bentuk pinggiran yang keras serta berwarna coklat. Begitupula dengan serat *polyester* ciri-cirinya sama dengan serat nilon tetapi serat *polyester* saat terbakar apinya akan lebih cepat padam.



**Gambar 2.5** Serat Sintetis (serat buatan)

## 2.4 Matrik

Matrik dalam komposit berfungsi sebagai bahan mengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari perusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik, sehingga matrik dan serat saling berhubungan. Matriks adalah fasa dalam material komposit, yang memiliki bagian dominan utama atau fraksi volume. Matriks cenderung memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih kecil, tetapi lebih ulet. Matrik harus dapat mentransfer beban ke serat agar serat menempel pada matriks, serat dan matriks juga harus kompatibel tanpa mengganggu reaksi, ini adalah persyaratan dasar untuk menggunakan matriks pada komposit. Umumnya matrik yang dipilih adalah matrik yang memiliki ketahanan panas yang tinggi (Diharjo & Triyono, 2000).

Jenis polimer merupakan matriks yang banyak digunakan dalam bidang industri, dan jenis polimer yang tersedia adalah sebagai berikut.

1. Resin *Polyester*, merupakan resin yang sering digunakan dalam proses *manufacturing*, dan katalis digunakan dalam pelapisan untuk mempercepat pengerasan resin.
2. Resin *Epoxy*, merupakan pengkondisian antar epokloridrin dengan senyawa polihidroksi.
3. Resin *Silicon*, merupakan senyawa organik yang merupakan ikatan antar silikon dengan atom oksigen.
4. Resin *Furin*, merupakan resin yang diperoleh dengan proses kondensasi *filfuril alcohol* dengan *fulfural*.
5. Resin *Felonix*, merupakan resin yang diperoleh dengan proses kondensasi *fhenolphenol* dengan *aldehid*.

Berikut merupakan sifat mekanis dari beberapa jenis resin.

**Tabel 2.2** Perbandingan Nilai Sifat Mekanis Resin

Jenis Resin	Massa Jenis ( $\text{gr/cm}^3$ )	Modulus Young (Gpa)	Angka Possion	Kekuatan Tarik (Mpa)
<i>Polyester</i>	1,2	3,2	0,33	65
<i>Epoxy</i>	1,19	3,65	0,35	76
<i>Silicon</i>	1,2	3,2	0,37	85
<i>Furin</i>	1,12	3,4	-	85
<i>Felonix</i>	1,15	3,0	-	50

Matrik atau pengikat yang digunakan pada penelitian kali ini adalah jenis resin *polyester* karena proses dalam pembentukan komposit sangat cepat dan sederhana dengan harga yang murah jika dibandingkan dengan matrik anorganik seperti matrik logam dan matrik keramik.

## 2.5 Serat Rami

Serat rami merupakan serat yang berasal dari alam yaitu serat yang dihasilkan dari batang pohon *Boehmeria Nivea* atau disebut tumbuhan rami. Tumbuhan Rami (*Boehmeria nivea*) adalah tanaman tahunan yang berbentuk rumput mudah tumbuh dan dikembangkan di daerah tropis, tahan terhadap penyakit dan hama, serta dapat mendukung pelestarian alam dan lingkungan. Serat rami (*Boehmeria nivea*) yang sumber tersedianya tidak terbatas dan diyakini merupakan serat alam berbasis selulosa paling kuat dari merupakan alternatif untuk menghasilkan panel komposit tahan peluru (Marsyahyo dkk, 2005). Rami memiliki kompatibilitas yang baik dengan seluruh jenis serat baik serat alam maupun sintesis sehingga mudah untuk dicampur dengan jenis serat apapun.

Jika dibandingkan dengan kapas, *flax* dan *hemp*, maka rami memiliki kekuatan yang paling tinggi. Marsyahyo, dkk memanfaatkan keunggulan kekuatan serat rami untuk membuat panel tahan peluru dari komposit serat rami. Dimensi serat rami tidak berubah pada kenaikan kelembaban hingga 25%. Daya serap terhadap airnya (*moisture regain*) terbilang tinggi yaitu 12%

sedangkan daya serap kapas hanya 8%. Daya serap yang lebih tinggi ini menjadikan rami lebih mampu menyerap cairan tubuh seperti keringat.



**Gambar 2.6** Tanaman Rami

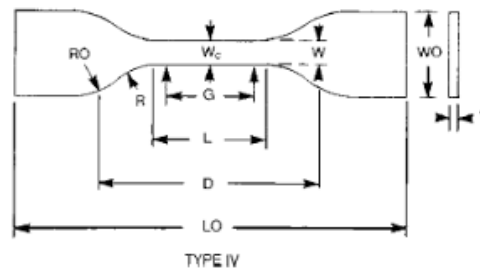


**Gambar 2.7** Serat Rami

## **2.6 Pengujian Tarik**

Pengujian tarik adalah suatu pengukuran terhadap bahan untuk mengetahui keuletan dan ketangguhan suatu bahan terhadap tegangan tertentu serta pertambahan panjang yang dialami oleh bahan tersebut. Pengujian tarik adalah metode paling dasar untuk menguji bahan. Tes ini sangat sederhana, murah, dan telah distandarisasi di seluruh dunia. Misalnya, ASTM E8 digunakan di Amerika Serikat dan JIS 2241 digunakan di Jepang. Dengan menarik material, maka akan cepat memahami respon material terhadap tegangan dan memahami kekuatan tarik material. Panjang bahan bertambah. Peralatan percobaan untuk uji tarik ini harus memiliki daya cengkram yang kuat dan kekakuan yang tinggi (Pujiati, 2017).

Pada uji tarik (*Tensile Test*) kedua ujung benda uji dijepit, salah satu ujung dihubungkan dengan perangkat penegang. Regangan diterapkan melalui kepala silang yang digerakkan motor dan alongasi benda uji, dengan pergerakan relatif dari benda uji. Biasanya yang menjadi fokus perhatian adalah kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban. Kemampuan ini umumnya disebut “*Ultimate Tensile Strength*” disingkat dengan UTS, dalam bahasa Indonesia disebut tegangan tarik maksimum. Dalam pelaksanaan uji Tarik, *specimen* uji Tarik harus memiliki standar spesifikasi khusus. Pada penelitian kali ini, peneliti menggunakan standar ASTM D638 tipe 1 yang dapat dilihat pada **Gambar 2.8**.



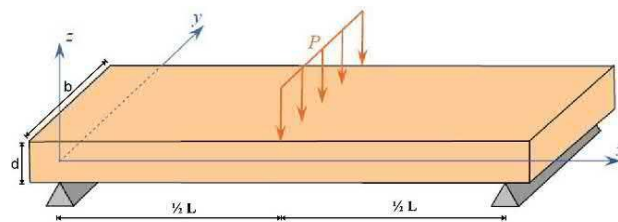
**Gambar 2.8** *Specimen* uji Tarik ASTM D638 tipe 1

## 2.7 Pengujian *Bending*

Uji lentur (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan dari spesimen. Salah satu pengujian sifat mekanik bahan yang diletakkan terhadap spesimen dan bahan, baik bahan yang akan digunakan pada konstruksi atau komponen yang akan menerima pembebanan terhadap suatu bahan pada satu titik tengah dari bahan yang ditahan diatas dua tumpuan adalah pengujian *bending*. Pada perlakuan uji *bending* spesimen, bagian atas spesimen terjadi proses tekan dan bagian bawah terjadi proses tarik sehingga kegagalan yang terjadi akibat uji *bending* yaitu mengalami patah bagian bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik.

Pengujian *bending* memiliki 2 macam pengujian, yaitu *three point bending* dan *four point bending* (Berthelot, 1999). Perbedaan dari kedua pengujian yaitu terletak pada bentuk dan jumlah *point* yang digunakan. *Three*

*point bending* menggunakan dua *point* pada bagian bawah sebagai tumpuan dan satu *point* pada bagian atas sebagai penekan. *Four point bending* menggunakan dua *point* sebagai tumpuan dan dua *point* sebagai penekan. Dalam pelaksanaan uji *bending*, *specimen uji bending* harus memiliki standar spesifikasi khusus. Pada penelitian kali ini, peneliti menggunakan standar ASTM D790 tipe *three point bending*. Metode ini digunakan karena permukaan dari spesimen yang terbentuk tidak rata. Jika menggunakan metode *four point bending* pada saat diberikan tekanan pada kedua titik akan terjadi perbedaan waktu (Khamid, 2011).



**Gambar 2.9** *Specimen uji Bending ASTM D790 Three Point Bending* (Berthelot, 1999)

## 2.8 Bumper Mobil

Bumper mobil adalah salah satu material *part* mobil yang berfungsi sebagai pengaman jika terjadi benturan. Dilihat dari fungsinya bumper mobil dibedakan menjadi 2 jenisnya yaitu bumper depan dan bumper belakang. Material part bumper depan dan belakang terdiri dari bumper sub, bumper arm, bumper side, dan bumper side extension. Dalam memilih sistem bumper ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan yakni kemampuan sistem bumper untuk menyerap energi yang cukup untuk memenuhi *original equipment manufactures* (OEMs) internal sebagai bumper mobil.



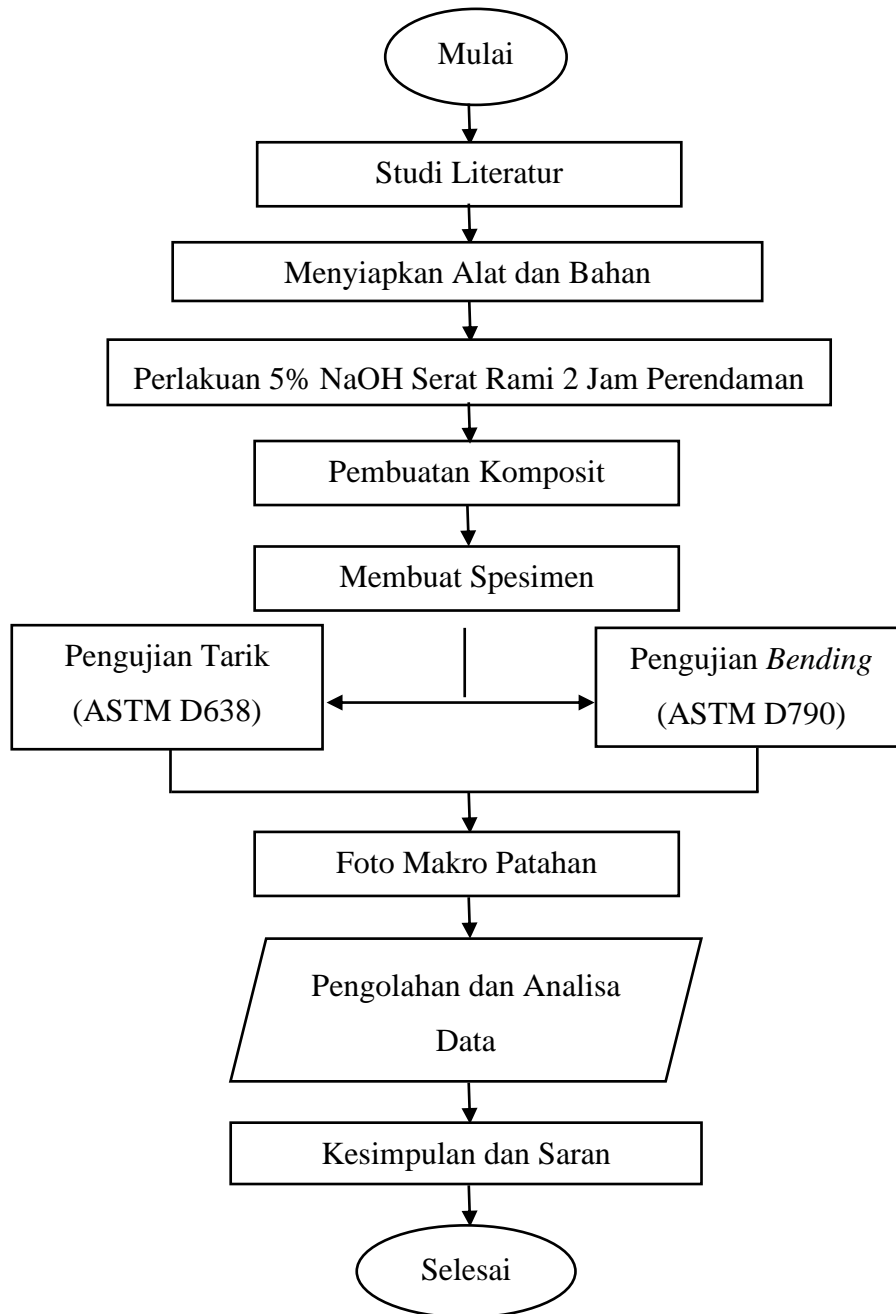
**Gambar 2.10** Bumper Mobil

# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir

Adapun berikut merupakan diagram alir pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian



### **3.2 Metode Penelitian**

Pada penelitian kali ini menggunakan metode yang bersifat eksperimental (percobaan), yaitu dengan membuat spesimen komposit dari serat rami yang ditenun (*woven roving*) sebagai penguat yang dicampur dengan resin poliester yang berperan sebagai matrik atau pengikat. Dimana yang pembuatannya adalah serat rami ditenun (*woven roving*) dahulu, lalu dimasukkan ke dalam cetakan lalu lakukan penuangan resin kedalam cetakan. Setelah itu melakukan *post curing* setelah komposit di angkat dari cetakan jika sudah dirasa bahwa komposit sudah kering dan mengeras. Setelah itu mulai melakukan pengukuran pada komposit untuk variasi pemotongan yang sudah ditentukan untuk di lakukan uji Tarik dan uji *bending* sesuai dengan standar, ukuran, dan bentuk dari masing-masing pengujian. Yang kemudian setelah di uji dan didapatkan data nilai dari masing-masing pengujian, lalu menganalisa serta membandingkan spesimen mana yang terbaik.

Pada percobaan ini pembuatan material komposit menggunakan bahan yang umum ditemukan di pasaran dan sering dipakai dalam proses produksi. Sedangkan untuk proses pengerjaan dari spesimen uji dikerjakan dengan metode olesan atau sering disebut dengan *hand lay up*, sehingga kualitas komposit sangat tergantung dari kemampuan dan keterampilan pekerja. Komponen material dasar ini terutama terdiri dari serat penguat (serat rami), resin (*polyester*) sebagai pengikat.

### **3.3 Alat dan Bahan**

Berikut merupakan beberapa macam alat dan bahan yang digunakan untuk membuat komposit serta spesimen untuk dilakukan beberapa pengujian dalam penelitian ini.

1. Alat

- a. Timbangan digital



**Gambar 3.2** Timbangan Digital

- b. Gelas ukur



**Gambar 3.3** Gelas Ukur

- c. Jangka sorong



**Gambar 3.4** Jangka Sorong

- d. Penggaris



**Gambar 3.5** Penggaris

e. Kuas



**Gambar 3.6** Kuas

f. Penjepit kayu



**Gambar 3.7** Penjepit Kayu

g. *Microwave*



**Gambar 3.8** *Microwave*

h. Sarung tangan



**Gambar 3.9** Sarung Tangan

i. Gerinda



**Gambar 3.10** Gerinda

j. Alat uji Tarik



**Gambar 3. 11** Alat Uji Tarik

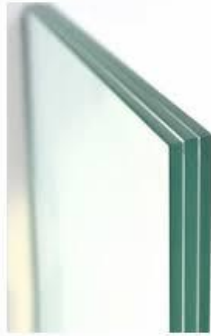
k. Alat uji *bending*



**Gambar 3.12** Alat Uji *Bending*

2. Bahan

a. Lembaran kaca



**Gambar 3.13** Lembaran Kaca

b. Serat rami



**Gambar 3.14** Serat Rami

c. Wax



**Gambar 3.15** Wax

d. Resin poliester



**Gambar 3.16** Resin Poliester

e. Katalis



**Gambar 3.17** Katalis

### **3.4** Prosedur Penelitian

Pada perancangan percobaan ini penulis membagi atau mengelompokkan pekerjaan menjadi beberapa tahapan seperti yang ditunjukkan pada gambar diagram alir metodologi penelitian berikut:

1. Proses Pembuatan Serat Rami
  - a. Rami dipanen pada umur sekitar 6 bulan sejak tanam, yang dipanen adalah batangnya, dengan cara dipangkas di bagian pangkal. Dengan budidaya yang baik, tinggi batang rami bisa mencapai 2 m, dengan diameter batang sekitar jari orang dewasa. Karena tanaman ini berizoma (menumbuhkan anakan), maka rumpun rami bisa dipanen terus-menerus antara 5 sampai dengan 6 tahun.
  - b. Batang rami yang dipanen, segera dibersihkan dari daun dan pucuknya dibuang. Setelah dibersihkan daunnya, batang rami dikupas kulitnya. Caranya, batang rami digaris memanjang

- menggunakan ujung pisau, lalu kulit dibuka dan ditarik. Proses ini disebut dekortikasi, dan bisa dilakukan secara manual, maupun masinal (dengan mesin).
- c. Kayu rami kemudian dijemur sebagai kayu bakar, untuk *pulp* (bubur kertas), bahkan bisa diolah menjadi nitro selulosa, sebagai bahan amunisi (mesiu). Kulit rami hasil dekortikasi, harus segera diolah lebih lanjut, dijemur, atau diberi *treatment*, agar tidak tercemar bakteri atau kapang. Sebab kulit rami sangat peka busuk, yang berakibat rusaknya serat. Serat rami mentah hasil dekortikasi ini disebut China Grass.
  - d. Proses degumming pada serat rami kasar untuk menghilangkan sebanyak mungkin senyawa gum yang masih ada di antara helaian serat rami. Pada serat rami kasar kandungan gum nya berkisar proses degumming biasanya dilakukan dengan cara memasak antara 25-30% china grass dengan larutan alkali selama beberapa jam. Cara degumming ada beberapa macam, antara lain menggunakan NaOH 0,5%, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na-tripolifosfat 3% serta bahan pembasah (teepol) sebanyak 3%
  - e. Proses ini ditujukan untuk pemutihan pada serat hasil proses degumming membuat serat setelah proses degumming masih berwarna kekuning-kuningan sampai saat ini, proses pemutihan menjadi putih seperti kapas. Dilaksanakan dengan merendam serat setelah proses *degumming* dengan senyawa klorin (Ca-hipoklorit atau Na-hipoklorit) atau hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Perendaman ini diikuti dengan pemanasan pada suhu 50°C selama 1 jam kemudian baru dicuci dan dikeringkan.
  - f. Serat rami hasil *degumming* ini, masih harus diproses *Softening* yakni proses pelepasan dan penghalusan. Proses ini bisa dilakukan secara kimia maupun mekanis. Proses softening diperlukan agar serat rami bisa dipintal dan ditenun. Proses terakhir adalah *cutting* dan *opening*, untuk memisah serat rami menjadi dua macam. Serat panjangnya disebut rami top, dan serat pendeknya *staple fibre*.

Dengan dihasilkannya dua produk ini, berakhirilah proses pengolahan kulit batang rami, hingga menjadi serat yang siap pintal dan tenun.

- g. Namun serat yang dihasilkan berwarna putih seperti kapas dan mengkilat. Perlakuan pemutihan serat ini dapat berpengaruh pada kekuatan serat. Penggunaan bahan pemutih terlalu banyak dapat menurunkan kekuatan serat.
- h. Proses selanjutnya melakukan tenunan serat secara manual dengan menggunakan tangan untuk memperoleh serat rami dalam bentuk lembaran-lembaran. Metode bentuk susunan serat yang digunakan yaitu; *woven roving* dengan susunan tenunan tipe 1-1. Jumlahnya sesuai dengan kebutuhan penelitian.



**Gambar 3.18** Proses Tenun Serat Rami

## 2. Pembuatan Komposit Berpenguat Serat Rami

Proses pembuatan komposit dilakukan sebagai berikut :

- a. Menyiapkan bahan-bahan yang akan diperlukan dalam pengerjaan pembuatan material komposit. Bahan-bahan yang dibutuhkan, antara lain;

- lembaran-lembaran serat rami hasil penganyaman.
- Matrik

Dalam penelitian ini jenis material *polymer* yang dipilih sebagai bahan matriks adalah jenis *Unsaturated Polyester Resin* dengan



merk dagang YUKALAC 157 BQTN-EX dengan data teknis sebagai berikut;

- Massa Jenis : 1,19 gr/cm<sup>3</sup>
- Modulus Young : 1,18.103 N/mm<sup>2</sup>
- Angka Poison : 0,33
- Kekuatan Tarik : 12,07 N/mm<sup>2</sup>

Dalam resin ini, mengandung komposisi campuran resin polyester tak jenuh murni dan bahan pelarut sterin dengan perbandingan 1:3. Selain itu di tambah katalis berupa MEKPO (Metil Etil Keton Peroksida) sebagai zat curing, mempersingkat waktu curing.

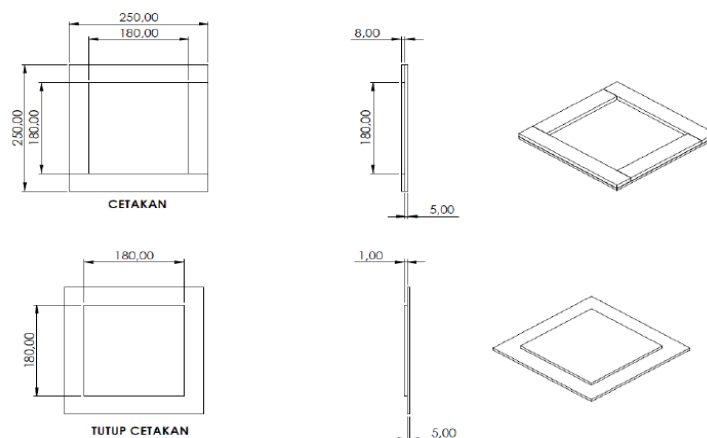
- Wax

Wax berfungsi memudahkan melepas komposit dari cetakan.

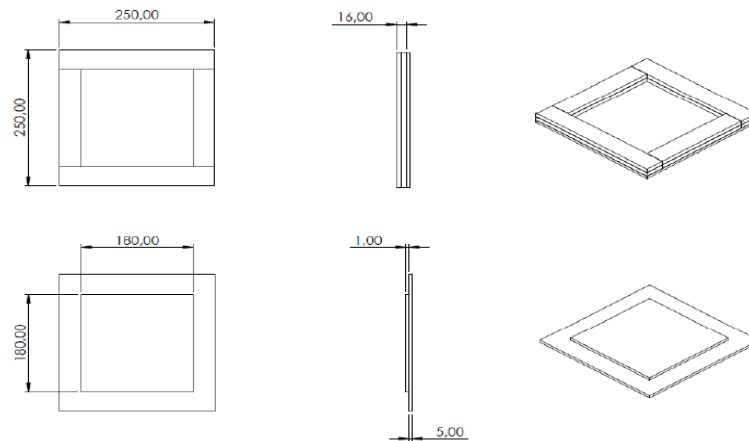
- b. Peralatan yang digunakan untuk menunjang dalam pengerjaan pembuatan material komposit, antara lain;

- Alat Cetakan

Direncanakan berbahan kaca dengan ketebalan 5 mm untuk spesimen uji Tarik dan 15 mm untuk spesimen uji lentur, berdimensi 180 x 180 x 5 mm untuk cetakan spesimen tarik dan dimensi 180 x 180 x 15 mm untuk cetakan spesimen *bending*, terdiri atas tiga bagian yaitu; bagian tepi, bagian alas dan bagian tutup cetakan.



**Gambar 3.19** Cetakan Kaca Komposit Uji Tarik



**Gambar 3.20** Cetakan Kaca Komposit Uji *Bending*

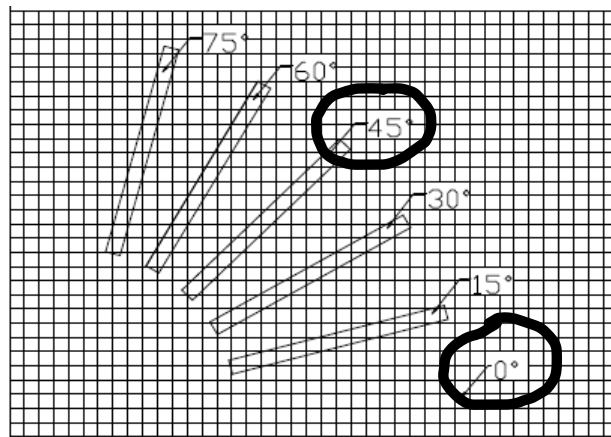
- **Timbangan**  
Untuk mengukur berat serat dan matriks, timbangan yang digunakan adalah timbangan digital agar tingkat ketelitian ukuran lebih baik.
  - **Gelas Ukur**  
Untuk mengukur volume resin yang akan dituang di cetakan. ketebalan lamina yang diinginkan.
  - **Kuas (1”).**  
Untuk meratakan resin yang dituang ke dalam cetakan di atas serat.
  - **Penjepit kayu**  
Untuk menjepit tutup cetakan supaya permukaan rata dan mengatur ketebalan lamina yang diinginkan.
  - **Sarung Tangan**  
Untuk melindungi tangan agar tidak bersentuhan langsung dengan campuran resin.
  - **Gergaji**  
Digunakan untuk memotong spesimen sesuai bentuk standar ASTM.
  - **Gerinda**  
Untuk memotong dan menghaluskan spesimen sesuai standar ASTM
- c. Menghitung fraksi berat dan volume bahan. Setelah diketahui fraksi berat dan volume untuk serat satu cetakan (180 x 180 x 5 mm dan

- 180 x 180 x 15 mm). Maka lembaran-lembaran serat dapat dibagi sesuai dengan dimensi panjang dan lebar cetakan.
- d. Cetakan kaca dilapisi dengan *wax* secara merata agar campuran komposit mudah dilepas dari cetakan.
  - e. Kemudian resin dicampur dengan katalis dengan perbandingan 1 lt resin : 10 ml katalis, hal ini dilakukan supaya proses polimerisasi tidak terlalu cepat sehingga gelembung yang muncul dan terperangkap dalam matriks bisa dikeluarkan dengan cara ditekan-tekan dalam waktu yang cukup lama.
  - f. Resin yang telah diberi katalis diaduk dengan menggunakan alat pengaduk yang mudah ditemukan dan dengan tangan secara perlahan disekitar selama 1 menit, tujuannya supaya proses pencampuran resin dan katalis merata dengan putaran adukan yang konstan. Kemudian diamkan selama 4 menit agar gelembung udara dapat terlepas keluar.
  - g. Metode pembuatan material komposit menggunakan metode *woven roving*, yaitu serat rami yang ditenun saling tegak lurus membentuk seperti tikar. Pada proses lapisan atau lamina, perbandingan volume antara serat *woven roving* dengan resin yang digunakan adalah sekitar 30 % serat *woven roving* dan 70% resin *polyester*.
  - h. Menuangkan campuran resin dan katalis ke dalam cetakan sebanyak 1/2 dari total campuran komposit, lalu diratakan dengan kuas.
  - i. Kemudian lembaran tenunan serat rami diletakkan di atas cairan resin dalam cetakan. Untuk menghilangkan gelembung udara yang terperangkap maka lembaran serat harus ditekan-tekan sehingga gelembung udara bisa keluar.
  - j. Menuangkan sisa campuran resin dan katalis ke dalam cetakan sebanyak 1/2 dari total campuran komposit, lalu diratakan dengan kuas.
  - k. Selanjutnya tutup cetakan diletakkan diatas lamina untuk meratakan permukaan lamina.

- l. Kemudian lakukan proses pengepresan menggunakan alat *compression moulding* dengan tekanan 100psi atau sesuai kebutuhan.
  - m. Setelah itu menunggu 6-9 jam atau sesuai kebutuhan yang terpenting material komposit benar-benar kering, material boleh dikeluarkan dari cetakan.
  - n. Kemudian dilakukan *post curing* pada komposit dengan memasukkannya ke dalam *microwave*, *setting* suhu 80°C selama 2 jam.
  - o. langkah yang sama juga dilakukan untuk pembuatan spesimen kuat *bending*
3. Proses Pembuatan Spesimen Uji

Proses pembuatan material spesimen uji komposit berpenguat serat rami sebagai berikut:

- a. Material komposit berpenguat serat rami yang telah dikeluarkan dari cetakan kemudian diterapkan variasi berupa pemotongan serat dengan sudut yang berbeda-beda yaitu 0° dan 45° pada spesimen dengan dimensi dan geometri menyerupai standar uji tarik dan uji *bending*



**Gambar 3.21** Sudut Pemotongan Spesimen

- b. Kemudian digambar/ditandai sesuai bentuk standar benda uji ASTM yang digunakan, menggunakan gerinda untuk menghaluskan spesimen sampai sesuai dimensi standar.

- c. Setelah spesimen yang masih dengan geometri dan dimensi kasar/mentah dipotong-potong menggunakan gergaji sesuai dengan jumlah spesimen yang diperlukan untuk tiap-tiap arah sudut (1 arah sudut berjumlah 3 sampel).



**Gambar 3.22** Proses Pemotongan Spesimen

### 3.5 *Time Schedule*

Berikut merupakan *time schedule* yang berfungsi untuk menunjukkan atau menjadwalkan alur penulis melakukan penelitian ini agar lebih terorganisir. Dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

**Tabel 3.1** *Time Schedule*

No	Nama Kegiatan	Waktu Pelaksanaan Penelitian (bulan)					
		II	III	IV	V	VI	VII
1	Bimbingan Proposal						
2	Seminar Proposal						
2	Persiapan Spesimen						
3	Pengujian Spesimen						
4	Analisa Data						
5	Pengolahan Data dan Laporan						
6	Seminar Hasil						

## BAB IV

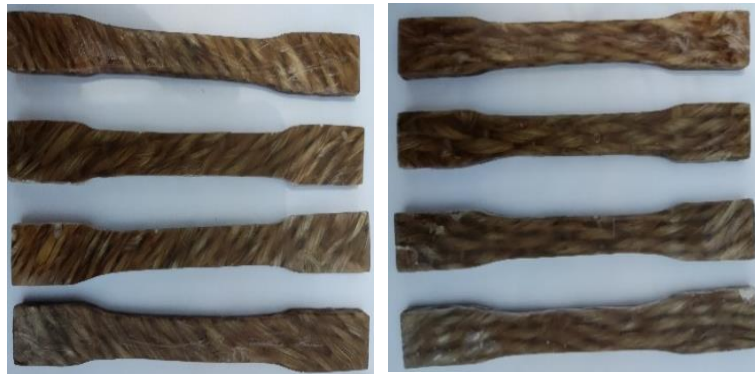
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian yang berjudul “Analisa Kekuatan Tarik dan Bending Komposit Resin *Polyester* yang Diperkuat Serat Rami Tenun” ini akan dilakukan pengujian mekanik berupa uji Tarik untuk mengetahui kekuatan dan karakteristik suatu material dan uji *Bending* untuk mengetahui mutu suatu material akibat diberi pembebanan dan kekenyalan dari spesimen. Pengujian dilaksanakan di PT. Krakatau Posco, Kota Cilegon untuk pengujian Tarik dengan standar ASTM D638-01 dan Lembaga inspeksi HI-TECH, Kota Tangerang Selatan untuk pengujian *Bending* dengan standar D790 tipe *Three Point Bending*. Setelah di dapat hasil data pengujian Tarik dan *Bending*, akan dilakukan foto makro patahan hasil dari pengujian, untuk mengetahui bentuk dan tipe patahan dari spesimen.

#### 4.1 Pengujian Tarik

Pada penelitian kali ini variabel bebas yang digunakan pada pengujian Tarik yaitu variasi orientasi arah pemotongan sudut yang terdiri dari pemotongan sudut  $0^\circ$  dan pemotongan sudut  $45^\circ$  menggunakan standar ASTM D638-01. Pengujian Tarik ini dilakukan dengan 4 sampel untuk masing-masing variasi sehingga total untuk uji Tarik adalah 8 spesimen. Pada pengujian Tarik ini terdapat kendala pada alat karena pada dasarnya alat Tarik ini digunakan untuk menguji logam, sehingga diperlukan penyesuaian tekanan pada pencekaman dari kondisi awal sebesar 50 bar menjadi 20 bar.

Sebelum menjadi bentuk standar spesimen uji Tarik, bentuk semulanya mengikuti bentuk cetakan dengan dimensi cetakan 180 x 180 mm dengan ketebalan 10 mm. Sedangkan untuk dimensi pengujian Tarik sendiri adalah Panjang 165 mm, lebar kepala 19,5 mm, lebar leher 13 mm, tebal 7 mm. Pada **Gambar 4.1** dibawah menunjukkan foto makro spesimen komposit yang sudah dipotong sesuai standar pengujian Tarik.



a. Arah sudut  $45^\circ$

b. Arah sudut  $0^\circ$

**Gambar 4.1** Foto Makro Spesimen Uji Tarik yang Sudah Dipotong Sesuai dengan Standar

Dapat dilihat secara fisik arah serat pada penampang foto makro bentuk spesimen tarik diatas terlihat struktur seratnya sangat rapat sehingga spesimen mempunyai distribusi beban yang efektif. Arah serat dapat terlihat karena dimensi ketebalan mendekati dari spesimen tarik yang sesuai dengan standar sehingga spesimen hanya dilakukan pengampelasan pada permukaan spesimen. Selain itu hal ini disebabkan oleh teknik tenun serat *plain* yang memiliki kerutan besar dan resin yang digunakan yaitu resin polyester yang juga mempunyai sifat kerutan yang tinggi karena diberi tekanan terus menerus, sehingga sifat dari teknik tenun dan resin yang digunakan yang sama sama mempunyai kerutan yang besar akan membentuk menjadi satu sifat yang membuat komposit mempunyai konsentrasi yang tinggi atau tingkat kerapatan yang tinggi.

#### 4.1.1 Data Pengujian Tarik

Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah orientasi sudut arah pemotogan serat  $0^\circ$  dan  $45^\circ$  dengan sampel uji 4 buah spesimen per variasi yang akan dilakukan pengujian mekanik berupa uji tarik untuk mengetahui kekuatan dan karakteristik suatu material. Pengujian tarik dilaksanakan di PT. Krakatau Posco, Kota Cilegon dengan standar ASTM D638-01. Mesin yang digunakan pada pengujian tarik ini adalah *Zwickroell Universal Testing Machine* dengan kapasitas 600KN.

Berikut merupakan tabel data dimensi untuk spesimen pengujian

tarik yang mengacu pada standar D638-01 dengan variasi orientasi arah serat  $0^\circ$  dan  $45^\circ$ .

**Tabel 4.1** Data dimensi spesimen untuk pengujian tarik komposit

Variasi Sudut	Spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang Awal (mm)	Luas ( $mm^2$ )
$0^\circ$	A	12,76	6,77	58,16	86,39
	B	13,24	6,93	57,79	91,75
	C	12,68	6,81	57,41	86,35
	D	12,87	6,85	57,92	88,16
$45^\circ$	A	13,17	6,72	57,84	88,50
	B	12,92	6,8	58,21	87,86
	C	12,81	6,94	58,13	88,90
	D	12,77	6,79	57,57	86,71

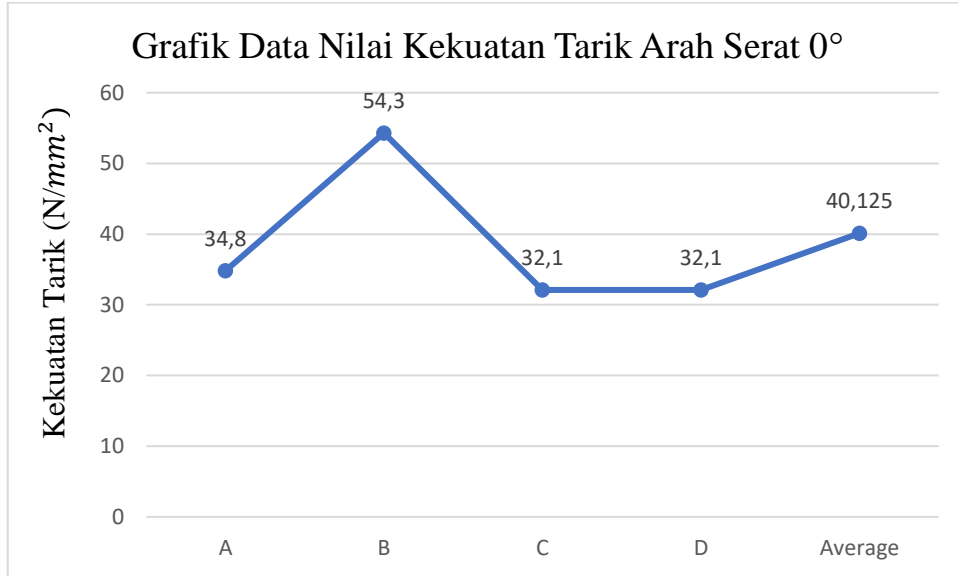
Setelah data dimensi spesimen diukur dan didapat kemudian dilakukan pengujian tarik pada 4 spesimen dari masing-masing variasi orientasi arah serat pada sudut  $0^\circ$  dan  $45^\circ$  lalu mengolah data hasil dari pengujian tarik tersebut. Berikut adalah data hasil dari pengujian tarik komposit resin poliester berpenguat tenun rami untuk variasi sudut  $0^\circ$  dan  $45^\circ$ .

**Tabel 4.2** Data uji tarik komposit variasi sudut  $0^\circ$

Test Code	Kekuatan Tarik ( $N/mm^2$ )	Modulus Elastisitas (Mpa)	Elongation (%)
A	34,8	3550,821	0,98
B	54,3	4683,578	1,16
C	32,1	3412,706	0,94
D	32,1	2995,074	1,31
Min	32,1	2995,074	0,98
Max	54,3	4683,578	1,31
Average	40,125	3660,54	1,10



Setelah didapatkan data berupa nilai kekuatan tarik pada arah serat  $0^\circ$  seperti pada **Tabel 4.2** diatas maka dapat dibuat grafik seperti dibawah ini.



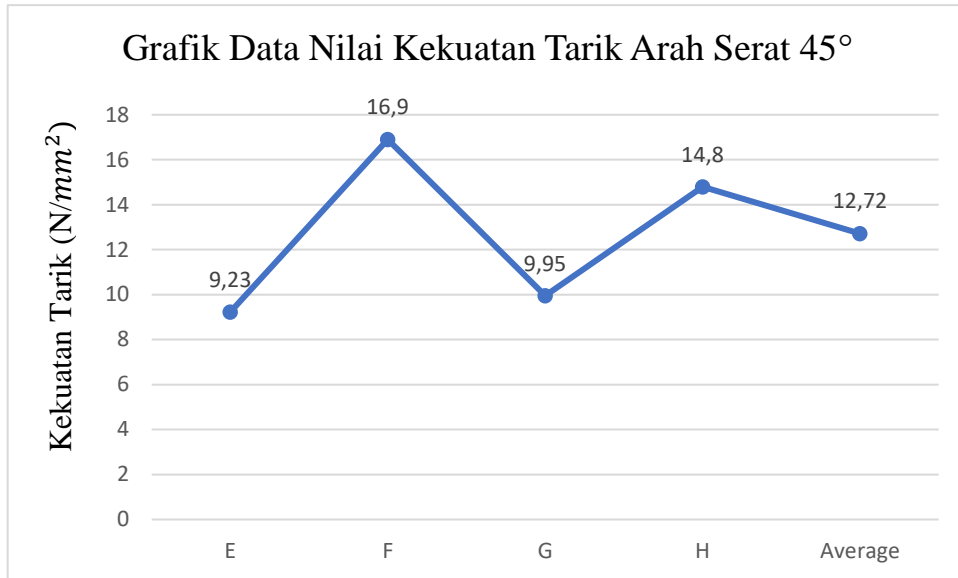
**Gambar 4.2** Grafik Data Nilai Kekuatan Tarik Arah Serat  $0^\circ$

Selain itu, dibawah ini merupakan tabel data nilai kekuatan tarik pada komposit dengan arah serat  $45^\circ$ .

**Tabel 4.3** Data uji tarik komposit variasi sudut  $45^\circ$

<i>Test Code</i>	Kekuatan Tarik (N/mm <sup>2</sup> )	Modulus Elastisitas (Mpa)	Elongation (%)
E	9,23	1017,430	0,9072
F	16,9	2715,736	0,6223
G	9,95	1797,530	0,5535
H	14,8	2825,320	0,5238
Min	9,23	1017,43	0,5238
Max	16,9	2825,320	0,9072
Average	12,72	2089,00	0,65

Setelah didapatkan data berupa nilai kekuatan tarik pada arah serat 45° seperti pada **Tabel 4.3** diatas maka dapat dibuat grafik seperti dibawah ini.



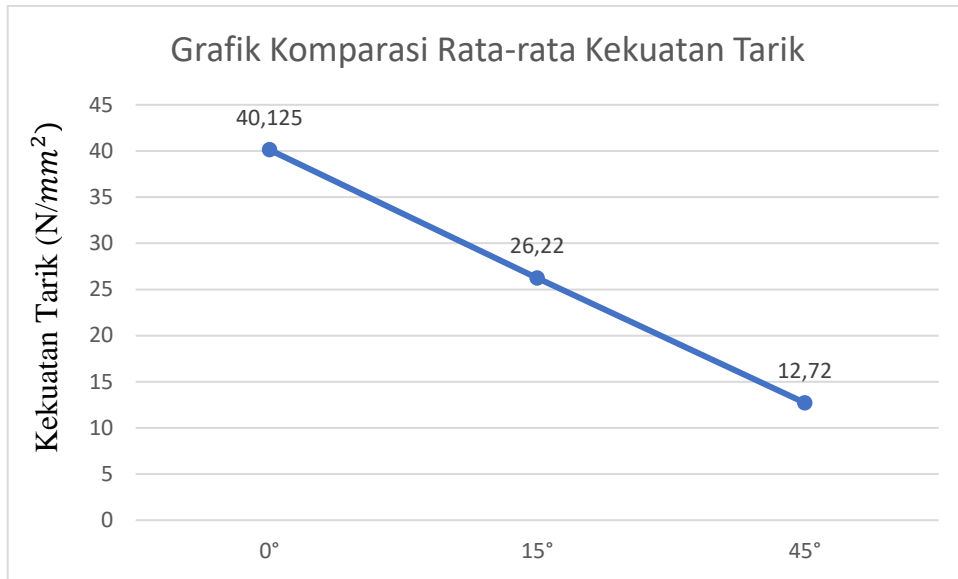
**Gambar 4.3** Grafik Data Nilai Kekuatan Tarik Arah Serat 45°

Selain itu, dibawah ini merupakan tabel data nilai kekuatan tarik pada komposit dengan arah serat 15°.

**Tabel 4.4** Data uji tarik komposit variasi sudut 15°

<i>Test Code</i>	Kekuatan Tarik (N/mm <sup>2</sup> )	Modulus Elastisitas (Mpa)	Elongation (%)
I	26,4	1205,63	0,9839
J	25,9	2076,16	0,9271
K	26,2	1792,75	1,13
L	26,4	1257,23	0,9752
Min	25,9	1205,63	0,9271
Max	26,4	2076,16	1,13
Average	26,22	1582,94	1,004

Setelah didapatkan beberapa data berupa nilai kekuatan tarik pada arah serat 0°, 15°, dan 45° seperti pada **Tabel 4.2, 4.3, dan 4.4** diatas maka dapat dibuat grafik komparasi seperti dibawah ini.



**Gambar 4.4** Grafik Komparasi Rata-rata Kekuatan Tarik Antara 0°, 15°, dan 45°

#### 4.2 Pengujian *Bending*

Pada penelitian kali ini variabel yang digunakan untuk pengujian *bending* adalah orientasi arah pemotongan sudut pada komposit, yang terdiri dari sudut pemotongan 0° dan 45°. Pada pengujian *bending* ini terdapat 3 sampel per variasi, pengujian *bending* dilakukan di Lembaga Inspeksi HI-TECH, Kota Tangerang Selatan untuk pengujian *Bending* yang bertujuan untuk mengetahui mutu suatu material akibat diberi pembebanan dan kekenyalan dari spesimen dengan standar D790 tipe *Three Point Bending*.

Sebelum dibentuk menjadi spesimen *bending* komposit awalnya berbentuk sesuai dengan cetakan yang dimensinya adalah 180 x 180 mm dengan ketebalan 10 mm. Sedangkan untuk dimensi uji *bending* sendiri adalah Panjang 100 mm, lebar 10 mm, dan ketebalan 5 mm. Dapat dilihat pada **Gambar 4.2** dibawah ini menunjukkan foto makro spesimen uji *bending* yang sudah dibentuk sesuai dengan standar ASTM D790.



a. Arah sudut  $0^\circ$

b. Arah sudut  $45^\circ$

**Gambar 4.5** Foto Makro Spesimen Uji *Bending* yang Sudah Dipotong Sesuai dengan Standar

Dapat dilihat secara fisik pada penampang foto makro spesimen uji *bending* diatas arah serat pada spesimen terlihat lebih jelas dibandingkan dengan spesimen tarik. Hal tersebut di karenakan dimensi ketebalan dari spesimen uji *bending* sendiri lebih kecil dibandingkan dengan spesimen uji tarik yaitu sebesar 5 mm sesuai dengan standar ASTM yang digunakan. Selain itu, hal tersebut juga di karenakan faktor dari teknik tenunan yang digunakan yaitu teknik *plain* dan resin yang digunakan yang mempunyai tingkat kerapatan dan kerapihan yang tinggi. Sehingga dapat terlihat bahwa distribusi beban yang diterima akan lebih optimal karena tingkat kerapatan yang tinggi antara serat dan resin.

#### 4.2.1 Data Pengujian *Bending*

Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah orientasi sudut arah pemotogan serat  $0^\circ$  dan  $45^\circ$  dengan sampel uji 4 buah spesimen per variasi yang akan dilakukan pengujian mekanik berupa uji *bending* untuk mengetahui mutu suatu material akibat diberi pembebanan dan kekenyalan dari spesimen. Pengujian *bending* dilaksanakan di Lembaga inspeksi HI-TECH, Kota Tangerang Selatan dengan standar ASTM D790 tipe *three point bending*. Mesin yang digunakan pada pengujian *bending* ini adalah *Gotech Computerised Universal Testing Machine* dengan kapasitas 500KN.

Berikut merupakan tabel data dimensi untuk spesimen pengujian *bending* yang mengacu pada standar D790 dengan variasi orientasi arah serat  $0^\circ$  dan  $45^\circ$ .

**Tabel 4.5** Data dimensi spesimen untuk pengujian *bending* komposit

Variasi Sudut	No Spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)
0°	1	10	5	100
	2	10	5	100
	3	10	5	100
45°	1	10,5	5,5	100
	2	9,5	6	99
	3	10,5	6	99

Setelah data dimensi spesimen diukur dan didapat, kemudian dilakukan pengujian *bending* pada 3 spesimen dari masing-masing variasi orientasi arah serat pada sudut 0° dan 45° lalu mengolah data hasil dari pengujian *bending* tersebut. Berikut adalah data hasil dari pengujian *bending* komposit resin poliester berpenguat tenun rami untuk variasi sudut 0° dan 45°.

1. Perhitungan kekuatan *bending* sudut 0°

a. Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma_u &= \frac{3PL}{2Bd^2} \\ &= \frac{3 \times 95,3 \times 100}{2 \times 10 \times 5^2} \\ &= 57,18 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

b. Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma_u &= \frac{3PL}{2Bd^2} \\ &= \frac{3 \times 92,7 \times 100}{2 \times 10 \times 5^2} \\ &= 55,06 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

c. Spesimen 3

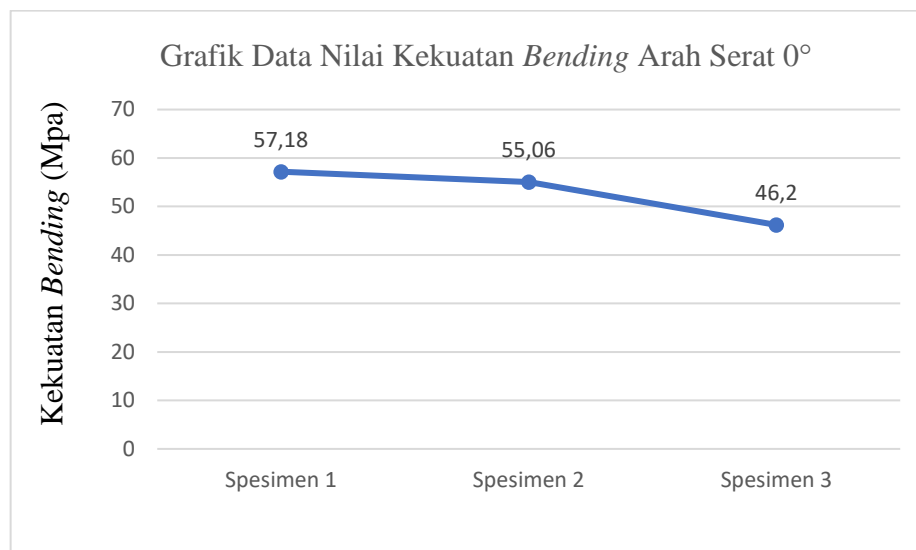
$$\begin{aligned}\sigma_u &= \frac{3PL}{2Bd^2} \\ &= \frac{3 \times 77,0 \times 100}{2 \times 10 \times 5^2} \\ &= 46,2 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan seperti diatas, didapatkan nilai kekuatan *bending* spesimen sudut 0° dari masing-masing spesimen yang diukur dari besar *max load* dan dimensi yang berbeda dari tiap spesimen. Berikut merupakan tabel yang berisi data hasil kekuatan *bending* untuk sudut 0° yang sudah dihitung.

**Tabel 4.6** Data uji *bending* komposit variasi sudut 0°

No Spesimen	Kekuatan <i>Bending</i> (Mpa)	<i>Max Load</i> (N)
1	57,18	95,3
2	55,06	92,7
3	46,2	77,0
Min	46,2	77,0
Max	57,18	95,3
Average	52,81	88,33

Setelah melakukan perhitungan untuk mencari nilai kekuatan *bending* untuk komposit serat tenun rami berpenguat resin polyester dengan arah serat 0°, dibawah ini merupakan grafik dari data nilai kekuatan *bending* arah serat 0°.



**Gambar 4.6** Grafik Data Nilai Kekuatan *Bending* Arah Serat 0°

2. Perhitungan kekuatan *bending* sudut 45° 635,25

a. Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma_u &= \frac{3PL}{2Bd^2} \\ &= \frac{3 \times 73,8 \times 100}{2 \times 10,5 \times 5,5^2} \\ &= 34,85 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

b. Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma_u &= \frac{3PL}{2Bd^2} \\ &= \frac{3 \times 64,6 \times 99}{2 \times 9,5 \times 6^2} \\ &= 28,04 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

c. Spesimen 3

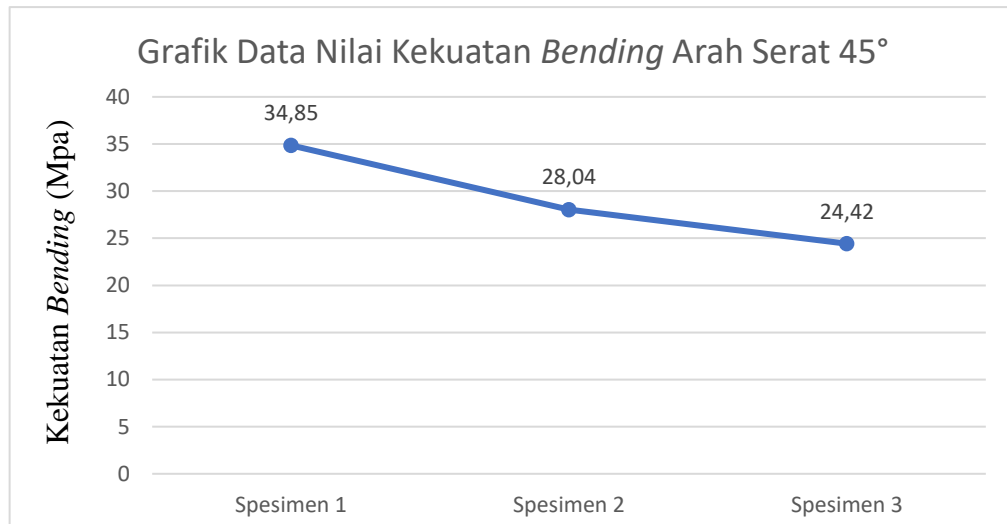
$$\begin{aligned}\sigma_u &= \frac{3PL}{2Bd^2} \\ &= \frac{3 \times 62,3 \times 99}{2 \times 10,5 \times 6^2} \\ &= 24,42 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan seperti diatas, didapatkan nilai kekuatan *bending* spesimen sudut 45° dari masing-masing spesimen yang diukur dari besar *max load* dan dimensi yang berbeda dari tiap spesimen. Berikut merupakan tabel yang berisi data hasil kekuatan *bending* untuk sudut 45° yang sudah dihitung.

**Tabel 4.7** Data uji *bending* komposit variasi sudut 45°

No Spesimen	Kekuatan <i>Bending</i> (Mpa)	<i>Max Load</i> (N)
1	34,85	73,8
2	28,04	64,6
3	24,42	62,3
Min	24,42	62,3
Max	34,85	73,8
Average	29,10	66,90

Setelah melakukan perhitungan untuk mencari nilai kekuatan *bending* untuk komposit serat tenun rami berpenguat resin polyester dengan arah serat 45°, dibawah ini merupakan grafik dari data nilai kekuatan *bending* arah serat 45°.



**Gambar 4.7** Grafik Data Nilai Kekuatan *Bending* Arah Serat 45°

Setelah melakukan perhitungan, didapatkan nilai kekuatan *bending* spesimen sudut 15° dari masing-masing spesimen yang diukur dari besar *max load* dan dimensi yang berbeda dari tiap spesimen. Berikut merupakan tabel yang berisi data hasil kekuatan *bending* untuk sudut 15° yang sudah dihitung.

**Tabel 4.8** Data uji *bending* komposit variasi sudut 15°

No Spesimen	Kekuatan <i>Bending</i> (Mpa)	<i>Max Load</i> (N)
1	39,29	83,2
2	39	82,6
3	37,82	80,1
Min	37,82	80,1
Max	39,29	83,2
Average	38,70	81,96



### 4.3 Pembahasan

Setelah dilakukan dan didapatkan data hasil pengujian tarik dan *bending* selanjutnya melakukan analisa serta pembahasan dari hasil data yang didapat sebagai berikut.

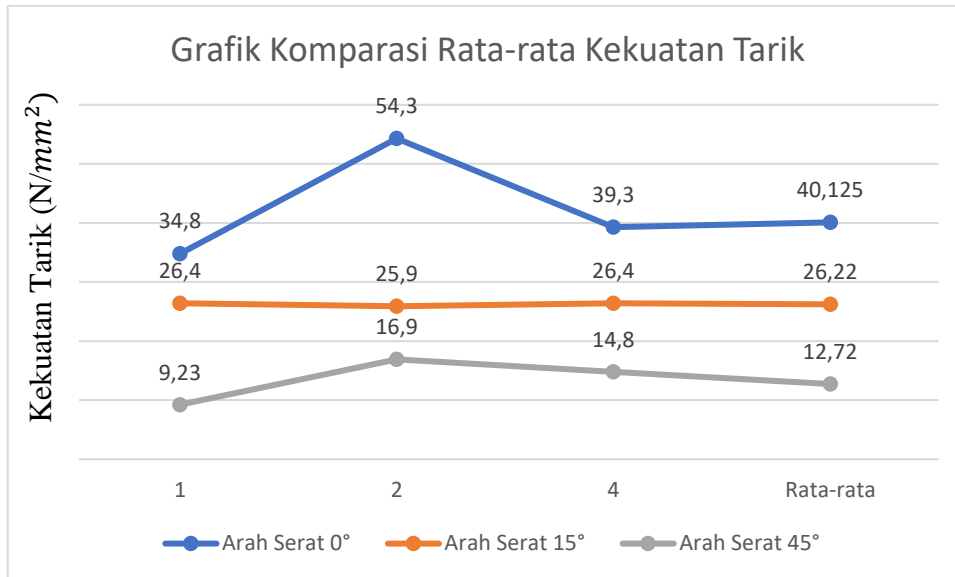
#### 4.3.1 Uji Tarik

Setelah melakukan pengujian tarik terhadap spesimen material komposit resin polyester berpenguat tenun rami dengan variasi pemotongan sudut  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ , dan  $45^\circ$ , maka didapatkan hasil berupa data nilai kekuatan tarik, modulus elastisitas, dan elongasi.

**Tabel 4.9** Tabel Perbandingan Data Kekuatan Tarik Komposit ( $N/mm^2$ )

Kekuatan Tarik ( $N/mm^2$ )			
No Spesimen	Arah Serat		
	$0^\circ$	$15^\circ$	$45^\circ$
1	34,8	26,4	9,23
2	54,3	25,9	16,9
3	32,1	26,2	9,95
4	39,3	26,4	14,8
Rata-rata	40,125	26,22	12,72

Dari data nilai kekuatan tarik pada **Tabel 4.9** diatas maka dapat dibuat grafik seperti.



**Gambar 4.8** Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik Sudut 0°, 15° dan 45°

Dari data **Tabel 4.9** dan **Gambar 4.8** hasil pengujian kekuatan tarik dari spesimen material komposit resin polyester berpenguat tenun rami dengan variasi sudut pemotongan 0°, 15° dan 45° diatas didapatkan nilai kekuatan tarik rata-rata 40,125 N/mm<sup>2</sup> untuk sudut 0°, 26,22 N/mm<sup>2</sup> untuk sudut 15° dan 12,72 N/mm<sup>2</sup> untuk sudut 45°. Sedangkan jika dibandingkan untuk nilai kekuatan tarik terbesar diperoleh komposit sudut 0° sebesar 54,3 N/mm<sup>2</sup> pada spesimen 2, dan untuk nilai kekuatan tarik terendah diperoleh komposit sudut 45° sebesar 9,23 N/mm<sup>2</sup> pada spesimen 1. Dapat dilihat dari data perbandingan nilai kekuatan tarik diatas bahwa arah serat membuat perbedaan dari nilai kekuatan tarik antara sudut 0°, 15° dan 45°, dan terbukti bahwa arah serat 0° lebih unggul atau lebih kuat dibandingkan dengan arah serat 15° dan 45°. Hal tersebut disebabkan karena komposit dengan arah serat sudut 0° memiliki arah serat yang searah atau sejajar dengan gaya tarik saat pengujian, sehingga serat akan memiliki kemampuan yang lebih besar dan lebih efektif untuk menahan gaya tarik yang didistribusikan oleh matrik. Sedangkan untuk komposit dengan arah serat 15° dan 45° memiliki nilai kekuatan tarik lebih kecil disebabkan karena arah serat tidak sejajar atau menyilang dari arah gaya

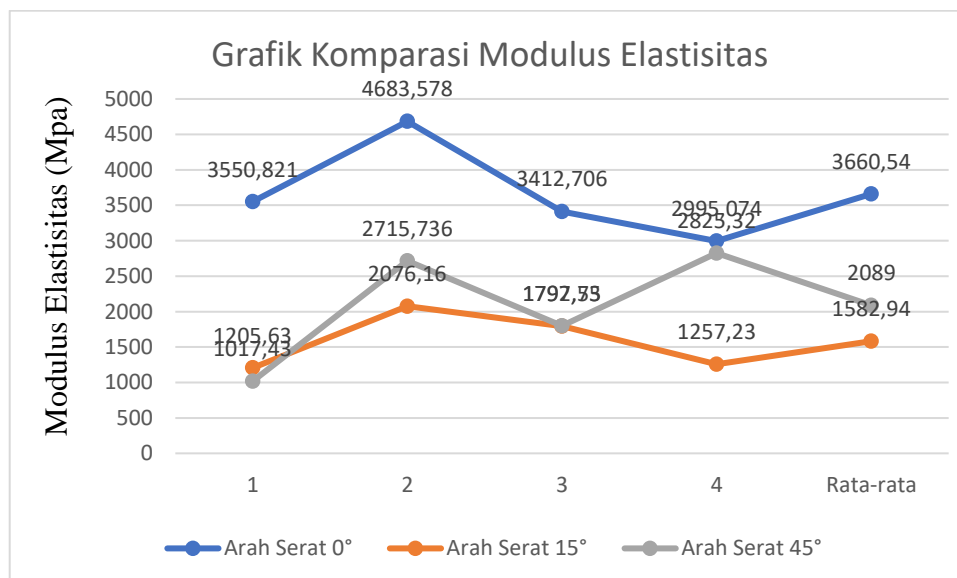
tarik saat pengujian, sehingga serat tidak terlalu bekerja efektif saat menahan gaya tarik yang didistribusikan oleh matrik.

Selain perbandingan nilai kekuatan tarik antara sudut 0°, 15° dan 45°, dapat diperoleh perbandingan nilai modulus elastisitas antara spesimen komposit sudut 0°, 15° dan 45° sebagai berikut.

**Tabel 4.10** Tabel Perbandingan Data Modulus Elastisitas Komposit (Mpa)

Modulus Elastisitas (Mpa)			
No Spesimen	Arah Serat		
	0°	15°	45°
1	3550,821	1205,63	1017,430
2	4683,578	2076,16	2715,736
3	3412,706	1792,75	1797,530
4	2995,074	1257,23	2825,320
Rata-rata	3660,54	1582,94	2089

Setelah didapatkan data pada **Tabel 4.10** tentang data modulus elastisitas diatas, dapat dibuat grafik menjadi.



**Gambar 4.9** Grafik Perbandingan Modulus Elastisitas Sudut 0°, 15° dan 45°

Dapat dilihat pada **Tabel 4.10** tentang data modulus elastisitas dan **Gambar 4.9** tentang grafik perbandingan modulus elastisitas antara spesimen komposit sudut  $0^\circ$ ,  $15^\circ$  dan  $45^\circ$  terdapat perbandingan nilai modulus elastisitasnya. Didapatkan nilai rata-rata modulus elastisitas antara sudut  $0^\circ$ ,  $15^\circ$  dan  $45^\circ$  yaitu 3660,54 Mpa untuk rata-rata modulus elastisitas sudut  $0^\circ$ , 1582,94 Mpa untuk rata-rata modulus elastisitas  $15^\circ$  dan 2089 Mpa untuk rata-rata modulus elastisitas sudut  $45^\circ$ . Nilai modulus elastisitas dari data diatas dari komposit dapat menunjukkan perubahan bentuk dari spesimen saat diberi gaya. Selain itu, semakin besar nilai modulus elastisitas pada komposit maka akan semakin sedikit perubahan bentuk atau deformasi pada komposit saat diberi gaya. Dapat dilihat dari data diatas nilai modulus elastisitas terbesar untuk arah serat  $0^\circ$  adalah sebesar 4683,578 Mpa dan nilai terkecil untuk arah serat  $0^\circ$  adalah sebesar 2995,074 Mpa. Sedangkan untuk nilai modulus elastisitas terbesar pada komposit arah serat  $45^\circ$  adalah sebesar 2825,320 Mpa dan nilai terkecil untuk arah serat  $45^\circ$  adalah sebesar 1017,430 Mpa. Dari nilai modulus elastisitas diatas dan dari pengertian tentang modulus elastisitas dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai modulus elastisitas terbesar yang diperoleh antara masing-masing arah serat akan menghasilkan sedikit perubahan bentuk saat diberikan gaya.

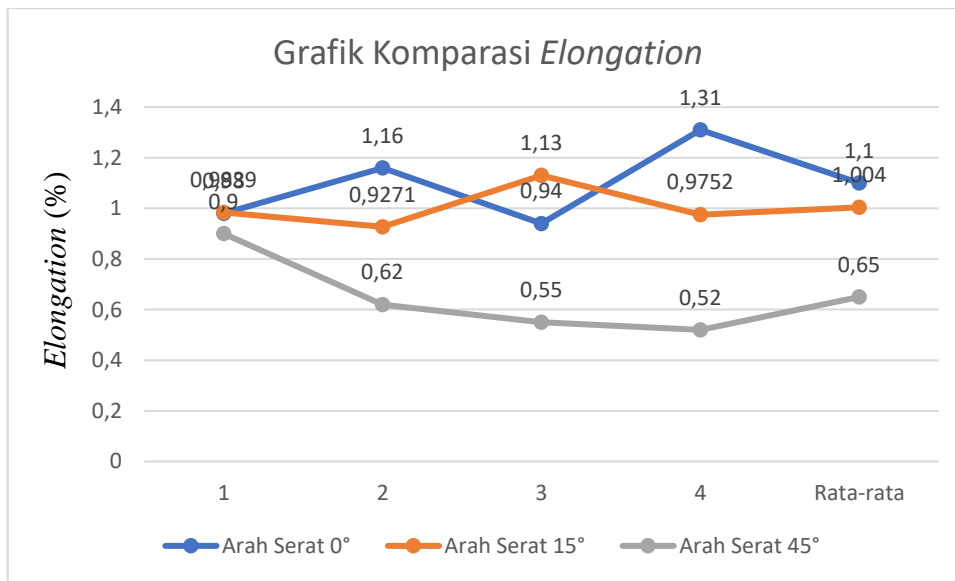
Untuk itu dalam kasus ini perubahan bentuk yang dimaksudkan adalah penambahan panjang (*elongation* %) pada tiap spesimen yang ditunjukkan pada tabel data dibawah ini.

**Tabel 4.11** Tabel Perbandingan Data *Elongation* Komposit (%)

<i>Elongation</i> (%)			
No Spesimen	Arah Serat		
	$0^\circ$	$15^\circ$	$45^\circ$
1	0,98	0,9839	0,9
2	1,16	0,9271	0,62

3	0,94	1,13	0,55
4	1,31	0,9752	0,52
Rata-rata	1,10	1,004	0,65

Setelah didapatkan data pada **Tabel 4.11** tentang data pertambahan Panjang atau *elongation* komposit diatas, dapat dibuat grafik seperti dibawah ini.



**Gambar 4.10** Grafik Perbandingan *Elongation* Sudut 0°, 15° dan 45°

Dapat dilihat dari **Tabel 4.11** dan **Gambar 4.10** diatas merupakan nilai pertambahan Panjang atau *elongation* dari spesimen komposit antara arah serat 0°, 15° dan 45° terdapat perbedaan. Jika dibandingkan dengan nilai modulus elastisitas yang sudah ditulis sebelumnya, terbukti bahwa nilai *elongation* spesimen komposit antara arah serat 0°, 15° dan 45° memiliki nilai tertinggi masing-masing yaitu 1,31 % pada spesimen 4 untuk arah serat 0°, 1,13% pada spesimen 3 untuk arah serat 15° dan 0,9 % pada spesimen 1 untuk arah serat 45°.

Selain itu, dapat dibandingkan pada arah serat 0° nilai terbesar *elongation* dilihat dari data diatas memiliki nilai modulus elastisitas sebesar 4683,578 Mpa pada spesimen 4 dan nilai terkecil sebesar 2995,074 Mpa pada spesimen 2 menunjukkan hasil *elongation* yang

berbeda yaitu 1,31 % untuk spesimen 4 dan 1,16 % untuk spesimen 2. Dimana dari grafik *elongation* tersebut perubahan bentuk spesimen 4 lebih sedikit dibandingkan spesimen 2. Hal serupa juga terjadi pada komposit arah serat 45°. Nilai modulus elastisitas tertinggi sebesar 2.825 Mpa pada spesimen 4 menjadi nilai terkecil pada grafik *elongation* yaitu sebesar 0,52% begitupun sebaliknya nilai modulus elastisitas terkecil sebesar 1.017 Mpa pada spesimen 1 menjadi nilai terbesar pada grafik *elongation* yaitu sebesar 0,9%.

Dari hasil pengujian tarik tersebut terdapat perubahan nilai kekuatan tarik, *elongation* (%) dan modulus elastisitas pada tiap arah sudut, nilai tersebut di ambil dari rata-rata tiap data.

1. Berikut merupakan perhitungan peningkatan kekuatan tarik dari sudut 45° ke 0°

$$\begin{aligned} & \frac{\text{Kekuatan Tarik } 0^\circ (\sigma_\mu) - \text{Kekuatan Tarik } 45^\circ (\sigma_\mu)}{\text{Kekuatan Tarik } 45^\circ (\sigma_\mu)} \times 100\% \\ &= \frac{40,125 \text{ N/mm}^2 - 12,72 \text{ N/mm}^2}{12,72 \text{ N/mm}^2} \times 100\% \\ &= 215,45 \% \end{aligned}$$

2. Berikut merupakan perhitungan peningkatan nilai modulus elastisitas dari sudut 45° ke 0°

$$\begin{aligned} & \frac{\text{Modulus Elastisitas } 0^\circ (\sigma_\mu) - \text{Modulus Elastisitas } 45^\circ (\sigma_\mu)}{\text{Modulus Elastisitas } 45^\circ (\sigma_\mu)} \times 100\% \\ &= \frac{3660,54 \text{ Mpa} - 2089 \text{ Mpa}}{2089 \text{ Mpa}} \times 100\% \\ &= 75,23 \% \end{aligned}$$

3. Berikut merupakan perhitungan peningkatan nilai *elongation* dari sudut 45° ke 0°

$$\begin{aligned} & \frac{\text{Elongation } 0^\circ (\sigma_\mu) - \text{Elongation } 45^\circ (\sigma_\mu)}{\text{Elongation } 45^\circ (\sigma_\mu)} \times 100\% \\ &= \frac{1,10 \% - 0,65 \%}{0,65 \%} \times 100\% \\ &= 69,23\% \end{aligned}$$

Berdasarkan pada data hasil pengujian tersebut, maka dapat diketahui hal-hal sebagai berikut.

1. Kekuatan tarik tertinggi dicapai oleh komposit resin poliester berpenguat tenun rami yang arah seratnya dibuat searah sudut 0°

dengan nilai tertingginya sebesar 54,3 N/mm<sup>2</sup> sedangkan komposit dengan arah serat 45° nilai tertingginya sebesar 16,9 N/mm<sup>2</sup> dan untuk nilai modulus elastisnya yang terbesar dicapai oleh komposit yang arah seratnya dibuat searah sudut 0° yaitu sebesar 4683,578 Mpa berbeda dengan modulus elastis terbesar yang dicapai oleh komposit dengan arah serat 45° sebesar 2825,320 Mpa.

2. Dari 4 sampel uji dari setiap variasi arah serat komposit menunjukkan hasil yang berbeda hal itu disebabkan pengujian tarik komposit tidak selalu menghasilkan data yang sesuai dengan keinginan. Maka perlu diketahui penyebab dari penurunan kekuatan tarik pada saat pengujian. Adapun penyebabnya adalah sebagai berikut.
  - a. Terdapat *void* (udara yang terperangkap) dalam komposit, hal ini dikarenakan semakin besar fraksi volume serat penguat material komposit maka semakin banyak pula rongga yang terdapat pada material komposit tersebut.
  - b. Orientasi arah serat, dalam hal ini apakah arah serat yang dibuat pada komposit akan searah dengan gaya yang diberikan oleh mesin uji tarik, jika arah serat komposit searah dengan gaya tarik yang diterima maka hasil kekuatan tarik akan lebih optimal atau unggul dibandingkan dengan yang tidak searah.
  - c. Distribusi serat yang tidak merata, Akibatnya, beban yang diserap oleh matrik tidak dapat didistribusikan secara merata ke seluruh serat, sehingga hanya sebagian serat yang menanggung beban bersama dengan matriks ikatan.
  - d. Pembuatan spesimen uji yang dilakukan secara manual menggunakan metode hand lay-up dan kompaksi sederhana sehingga pembentukan komposit kurang sempurna.
  - e. Pembentukan spesimen uji tarik dilakukan secara manual menggunakan gerinda tangan, sehingga terdapat dimensi yang kurang sesuai dari yang seharusnya.

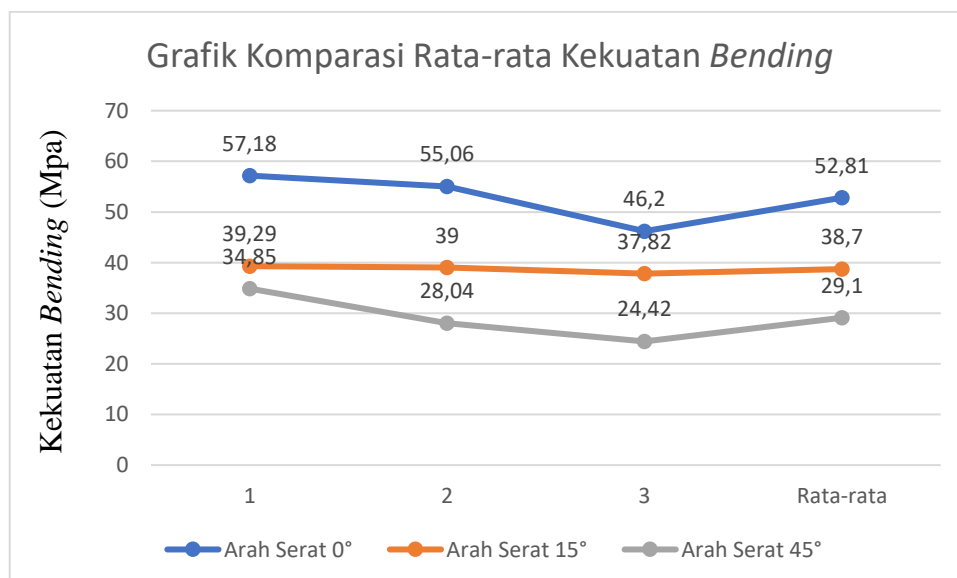
### 4.3.2 Uji *Bending*

Setelah melakukan pengujian *bending* terhadap spesimen material komposit resin polyester berpenguat tenun rami dengan variasi pemotongan sudut 0°, 15°, dan 45°, maka didapatkan hasil berupa perbandingan data nilai kekuatan *bending*.

**Tabel 4.12** Tabel Perbandingan Data Kekuatan *Bending* komposit (Mpa)

Kekuatan <i>Bending</i> (Mpa)			
No Spesimen	Arah Serat		
	0°	15°	45°
1	57,18	39,29	34,85
2	55,06	39	28,04
3	46,2	37,82	24,42
Rata-rata	52,81	38,70	29,10

Setelah didapatkan data pada **Tabel 4.12** tentang perbandingan data kekuatan *bending* komposit diatas, dapat dibuat grafik seperti dibawah ini.



**Gambar 4.11** Grafik Perbandingan Kekuatan *Bending* Sudut 0°, 15° dan 45°



Dapat dilihat pada **Tabel 4.12** dan **Gambar 4.11** tentang data serta grafik perbandingan nilai kekuatan *bending* untuk arah serat 0° memiliki nilai rata-rata kekuatan *bending* sebesar 52,81 Mpa, untuk arah serat 15° memiliki nilai rata-rata kekuatan *bending* sebesar 38,70 Mpa dan untuk arah serat 45° memiliki nilai rata-rata kekuatan *bending* sebesar 29,10 Mpa. Dapat dilihat juga nilai kekuatan *bending* antara arah serat 0°, 15° dan 45° memiliki perbedaan, nilai kekuatan *bending* terbesar komposit arah serat 0° sebesar 57,18 Mpa dan nilai terkecil sebesar 46,2 Mpa. Untuk nilai kekuatan *bending* terbesar komposit arah serat 15° sebesar 39,29 Mpa dan nilai terkecil sebesar 37,82 Mpa. Sedangkan untuk nilai kekuatan *bending* terbesar komposit arah serat 45° sebesar 34,85 Mpa dan nilai terkecil sebesar 24,42 Mpa.

#### 4.4 Hasil Pengujian Sifat Fisis

##### 4.4.1 Hasil Pengujian Densitas

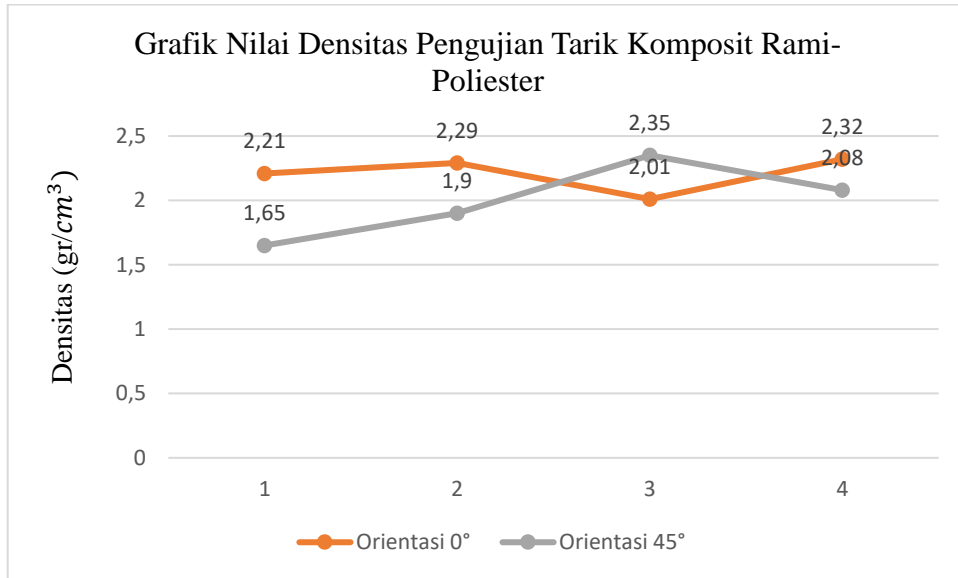
Densitas merupakan salah satu sifat fisis yang menunjukkan perbandingan antara massa benda terhadap volumenya atau banyaknya massa zat per satuan volume. Data yang diperoleh dari hasil pengujian densitas pada spesimen komposit resin poliester diperkuat tenun rami dengan variasi sampel orientasi arah serat 0° dan 45° ditampilkan pada sebagai berikut.

**Tabel 4.13** Hasil Uji Densitas Komposit Serat Rami-Poliester ( $gr/cm^3$ )

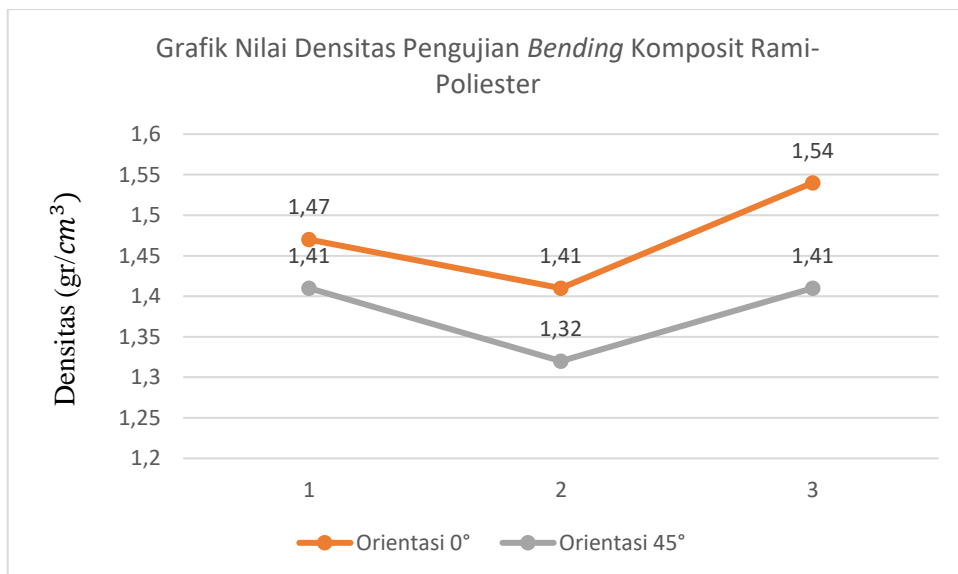
Spesimen	Orientasi 0°	Orientasi 45°
<b>Pengujian Tarik</b>	2,21	1,65
	2,29	1,90
	2,01	2,35
	2,32	2,08
<b>Pengujian <i>Bending</i></b>	1,47	1,41
	1,41	1,32
	1,54	1,41

Dari **Tabel 4.11** diatas, dapat ditampilkan data nilai antara densitas

komposit serat rami-resin poliester dengan variasi orientasi arah serat  $0^\circ$  dan  $45^\circ$  yang ditampilkan seperti pada grafik berikut ini.



**Gambar 4.12** Grafik Nilai Densitas Pengujian Tarik Komposit Rami-Poliester



**Gambar 4.13** Grafik Nilai Densitas Pengujian *Bending* Komposit Rami-Poliester

Pada **Gambar 4.12** dan **Gambar 4.13** diatas terlihat bahwa nilai densitas komposit serat rami-resin poliester dengan variasi orientasi arah serat  $0^\circ$  dan  $45^\circ$  tiap sampel uji tarik dan uji *bending* menunjukkan perubahan nilai yang seragam. Nilai densitas tertinggi pada sampel uji

tarik diperoleh pada spesimen 4 orientasi  $0^{\circ}$  sebesar  $2,32 \text{ gr/cm}^3$  dan untuk nilai densitas tertinggi pada spesimen 3 orientasi  $45^{\circ}$  diperoleh sebesar  $2,35 \text{ gr/cm}^3$ . Sedangkan nilai densitas tertinggi pada sampel uji *bending* diperoleh pada spesimen 3 orientasi  $0^{\circ}$  sebesar  $1,54 \text{ gr/cm}^3$  dan untuk nilai densitas tertinggi pada spesimen 1 dan 3 orientasi  $45^{\circ}$  pada uji *bending* diperoleh sebesar  $1,41 \text{ gr/cm}^3$ .

#### 4.4.2 Hasil Pengujian Penyerapan Air (*Water Absorption*)

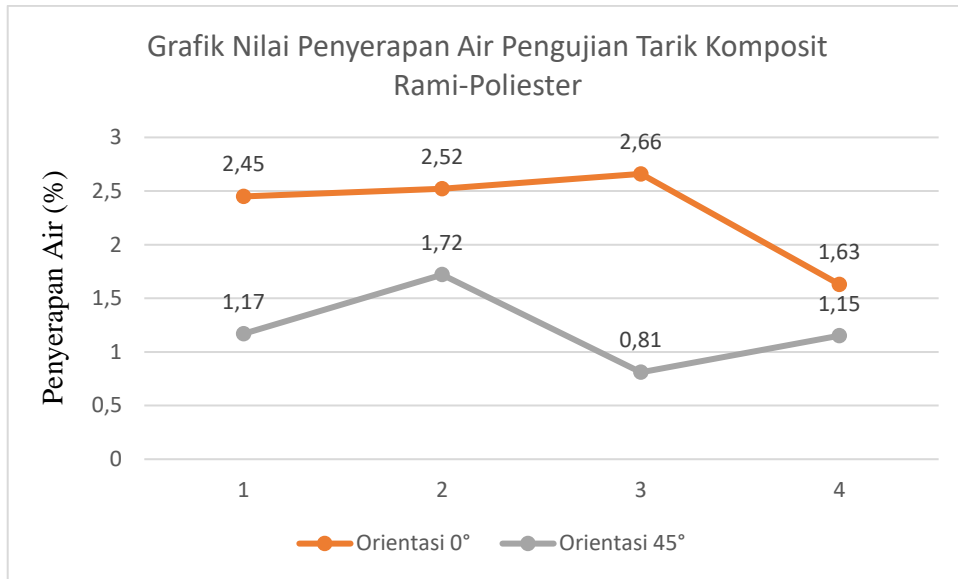
Pengujian penyerapan air dilakukan untuk menentukan besarnya persentase air yang terserap oleh sampel yang direndam dengan perendaman selama 24 jam pada suhu kamar.

Data dari hasil pengukuran terhadap massa sampel kering dan massa sampel basah dapat diketahui hasil penyerapan air maka diperoleh hasil pengukuran penyerapan air seperti pada **Tabel 4.12** sebagai berikut.

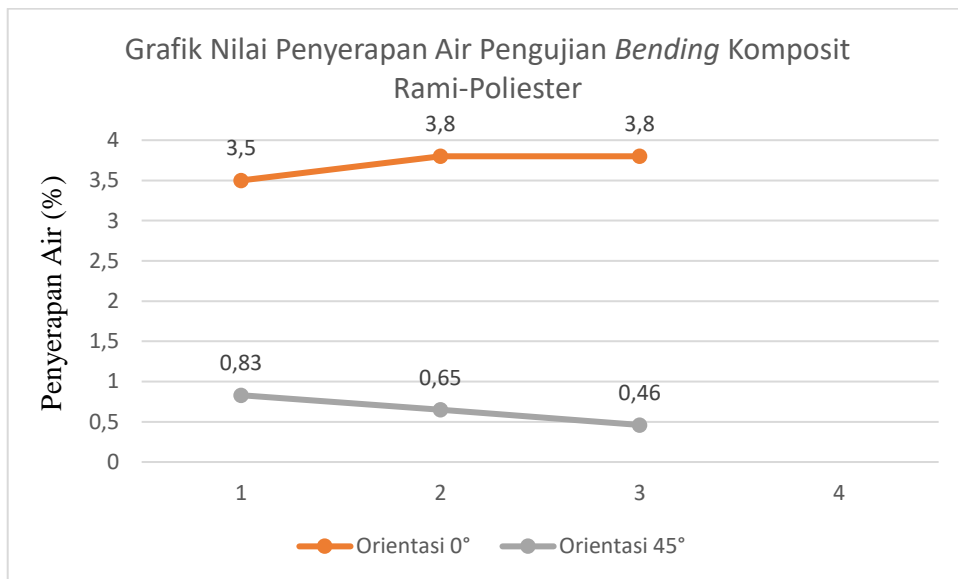
**Tabel 4.14** Hasil Uji Penyerapan Air Komposit Serat Rami-Poliester (%)

Spesimen	Orientasi $0^{\circ}$	Orientasi $45^{\circ}$
<b>Pengujian Tarik</b>	2,45	1,17
	2,52	1,72
	2,66	0,81
	1,63	1,15
<b>Pengujian <i>Bending</i></b>	3,5	0,83
	3,8	0,65
	3,8	0,46

Dari **Tabel 4.12** diatas, dapat ditampilkan antara penyerapan air komposit serat rami-resin poliester dengan variasi orientasi arah serat  $0^{\circ}$  dan  $45^{\circ}$  yang ditampilkan seperti pada grafik berikut ini.



**Gambar 4.14** Grafik Nilai Penyerapan Air Pengujian Tarik Komposit Rami-Poliester



**Gambar 4.15** Grafik Nilai Penyerapan Air Pengujian *Bending* Komposit Rami-Poliester

Pada **Gambar 4.14** dan **Gambar 4.15** diatas terlihat bahwa nilai antara penyerapan air komposit serat rami-resin poliester dengan variasi orientasi arah serat 0° dan 45° tiap sampel uji tarik dan uji *bending* menunjukkan perubahan nilai. Nilai penyerapan air tertinggi pada sampel uji tarik pada spesimen 3 orientasi 0° diperoleh sebesar 2,66 %

dan nilai penyerapan air tertinggi pada spesimen 2 orientasi 45° diperoleh sebesar 1,72 %. Sedangkan nilai penyerapan air tertinggi pada sampel uji *bending* pada spesimen 2 dan 3 orientasi 0° diperoleh sebesar 3,8 % dan nilai penyerapan air tertinggi spesimen 1 orientasi 45° diperoleh sebesar 0,83%.

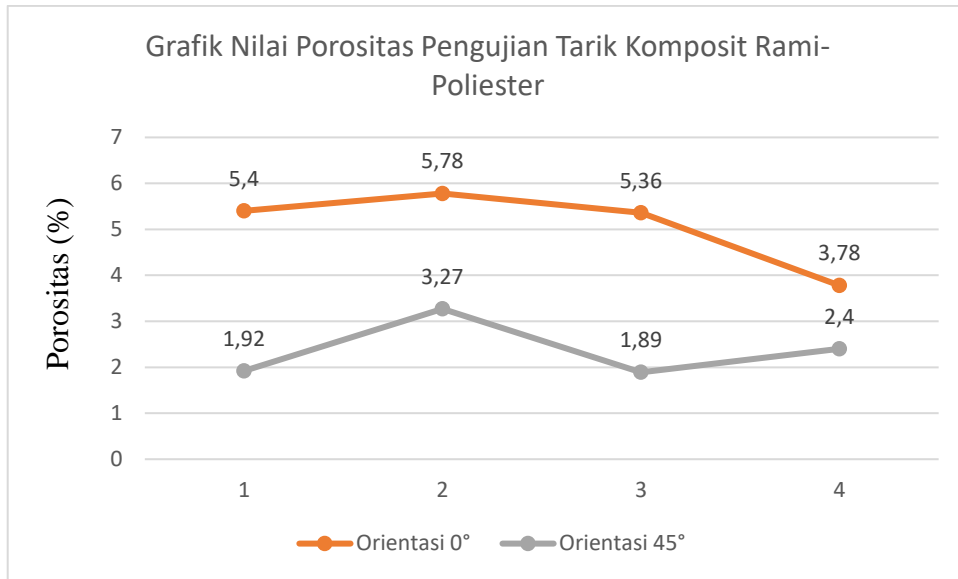
#### 4.4.3 Hasil Pengujian Porositas

Porositas dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori-pori terhadap volume total komposit. Porositas suatu bahan pada umumnya dinyatakan sebagai porositas terbuka maka diperoleh hasil pengukuran porositas seperti pada **Tabel 4.13** sebagai berikut.

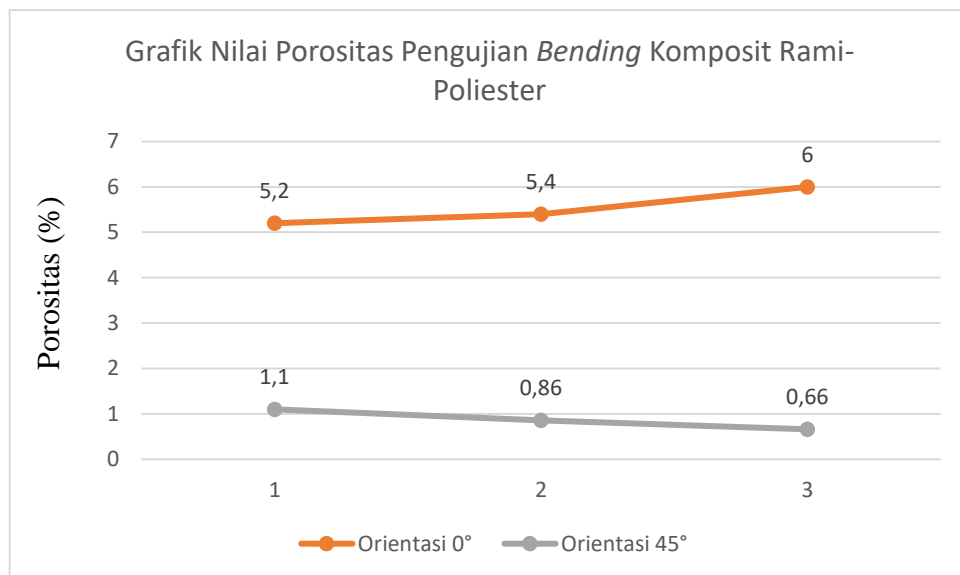
**Tabel 4.15** Hasil Uji Porositas Komposit Serat Rami-Poliester (%)

Spesimen	Orientasi 0°	Orientasi 45°
<b>Pengujian Tarik</b>	5,40	1,92
	5,78	3,27
	5,36	1,89
	3,78	2,40
<b>Pengujian <i>Bending</i></b>	5,2	1,1
	5,4	0,86
	6	0,66

Dari **Tabel 4.13** diatas, dapat ditampilkan grafik hubungan antara porositas komposit serat rami-resin poliester dengan variasi orientasi arah serat 0° dan 45° yang ditampilkan seperti pada grafik berikut ini.



**Gambar 4.16** Grafik Nilai Porositas Pengujian Tarik Komposit Rami-Poliester



**Gambar 4.17** Grafik Nilai Porositas Pengujian *Bending* Komposit Rami-Poliester

Pada **Gambar 4.16** dan **Gambar 4.17** diatas terlihat bahwa nilai antara porositas komposit serat rami-resin poliester dengan variasi orientasi arah serat 0° dan 45° tiap sampel uji tarik dan uji *bending* menunjukkan perubahan nilai. Nilai porositas pada sampel uji tarik tertinggi pada spesimen 2 orientasi 0° diperoleh sebesar 5,78% dan nilai tertinggi porositas pada spesimen 2 orientasi 45° diperoleh sebesar 3,27%. Sedangkan nilai porositas pada sampel uji *bending* tertinggi

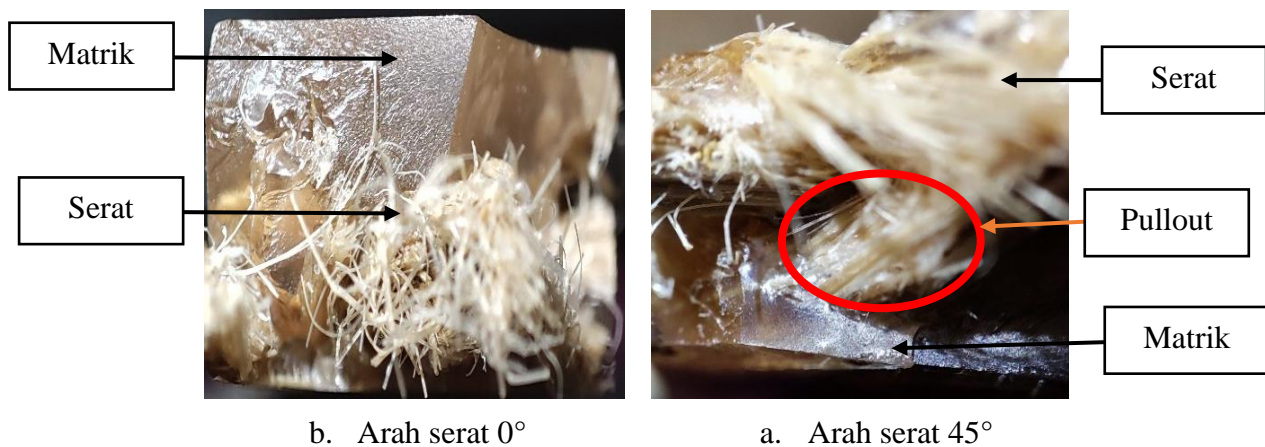
pada spesimen 3 orientasi  $0^{\circ}$  sebesar 6 % dan nilai tertinggi pada spesimen 1 orientasi  $45^{\circ}$  diperoleh sebesar 1,1 %.

#### 4.5 Analisa Foto Makro Patahan

Setelah dilakukan melalui beberapa pengujian yaitu uji tarik dan uji *bending* untuk mengetahui sifat mekanis material komposit serat rami berpenguat resin polyester, selanjutnya melakukan foto makro pada patahan spesimen setelah pengujian untuk di analisa. Pengamatan visual dilakukan dengan menggunakan lensa foto makro melalui kamera ponsel IPHONE X.

##### 4.4.1 Analisa Foto Makro Patahan Uji Tarik

Dari hasil uji tarik pada komposit serat rami berpenguat resin polyester dapat dilihat dari hasil foto makro patahan-patahan uji tarik dengan orientasi arah serat  $0^{\circ}$  dan  $45^{\circ}$ .



**Gambar 4.18** Foto Makro Penampang Patahan Uji Tarik Arah Serat  $0^{\circ}$  dan  $45^{\circ}$

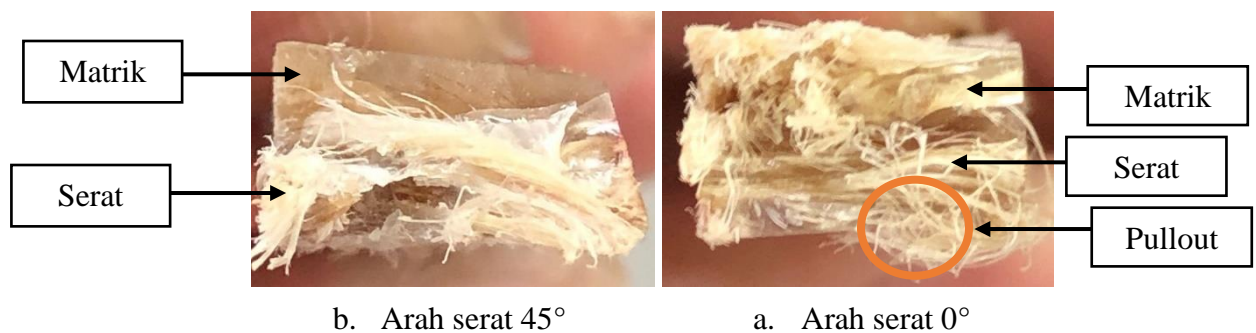
Pada **Gambar 4.18** diatas menunjukkan foto makro penampang patahan spesimen uji tarik arah sudut  $0^{\circ}$  dan  $45^{\circ}$ . Foto tersebut menunjukkan ikatan serat tenun rami dengan matriks resin polyester tidak cukup baik, dapat terlihat dari banyaknya serat yang tertarik keluar dan tidak putus. Jika patah pada permukaan itu rata dan rapih itu dikarenakan ikatan serat dan matrik yang baik sehingga matrik yang memiliki fungsi mentransfer tegangan akan optimal. Hal ini disebabkan Sifat adhesif yang dimiliki oleh resin poliester yang tidak bagus, tidak

seperti resin epoksi yang memiliki sifat adhesif yang lebih baik (Pulungan, MA. 2017). Terlihat pula pada bagian permukaan penampang patahan spesimen, warna cenderung buram tidak mengkilap, patahannya berserat terdapat guratan-guratan kecil dan juga terdapat cone pada sisi patahan.

Dari karakteristik patahan tersebut mengindikasikan bahwa jenis patahannya adalah patah ulet (*ductile*). (Matthews dkk, 1994) yang menyatakan bahwa komposit merupakan suatu material yang terbentuk dari dua kombinasi atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing pembentuknya berbeda. Dalam hal ini kombinasi antara resin poliester sebagai matrik dan serat rami sebagai penguat bukan kombinasi yang tepat, akan lebih tepat jika resin epoksi yang dikombinasikan dengan serat rami ataupun serat lainnya. Kemudian untuk spesimen yang patahnya tidak di tengah atau *section area* ini disebabkan oleh tidak kuatnya dan tidak stabilnya struktur material saat Pre-grip pada mesin uji tarik yaitu saat proses pengecaman spesimen sebelum spesimen tersebut di tarik, karena tekanan yang diberikan pada spesimen saat dicekam sebesar 50 bar.

#### 4.4.2 Analisa Foto Makro Patahan Uji *Bending*

Dari hasil uji *bending* pada komposit serat rami berpenguat resin polyester dapat dilihat dari hasil foto makro patahan-patahan uji *bending* dengan orientasi arah serat  $0^\circ$  dan  $45^\circ$ .



**Gambar 4.19** Foto Makro Penampang Patahan Uji *bending* Arah Serat  $0^\circ$  dan  $45^\circ$



Dari **Gambar 4.19** diatas menunjukkan foto hasil patahan spesimen uji *bending* arah serat  $0^\circ$  dan  $45^\circ$ . Dapat dilihat pada permukaan hasil patahan spesimen komposit serat rami berpenguat resin polyester yang telah dilakukan proses uji *bending* menunjukkan fenomena *fiber pull out* atau biasa disebut serat tertarik keluar, hal ini mengindikasikan adanya gaya yang tidak merata dan terpusat pada spesimen yang telah di uji. Visualisasi kedua spesimen uji *bending* antara arah serat  $0^\circ$  dan  $45^\circ$  tersebut menunjukkan adanya ikatan antar muka (*interface*) yang tidak baik pada spesimen komposit serat rami berpenguat resin polyester. Kesempurnaan ikatan antar muka resin dan matriks akan berdampak pada meningkatnya kekuatan mekanis sebuah komposit (Prihajatno, dkk, 2018: 25).



**Gambar 4.20** Foto Spesimen Posisi Hasil Patahan Uji *Bending*

Dapat dilihat dari **Gambar 4.20** diatas tentang foto spesimen posisi hasil patahan uji *bending* menunjukkan posisi patahan yang tidak ditengah pada spesimen 1 arah serat  $0^\circ$ . Pada foto hasil patahan diatas terjadi kegagalan yang diawali dengan retaknya matrik/matrik crack. Terlihat dari banyaknya retakan matriks pada bagian yang terkena beban tekan, dan matriks tidak mampu untuk menerima beban. Berdasarkan pada visualisasi **Gambar 4.20** diketahui varian komposit sudut serat rami berpenguat resin polyester arah serat  $0^\circ$  dan  $45^\circ$ ,

memiliki tingkat kelenturan dan ketangguhan (*stiffnes*) yang rendah. Sehingga menghasilkan material komposit yang tergolong memiliki sifat getas. Terbukti dari penampang hasil pengujian bending varian tersebut yang terjadi patah atau *fracture* dikarenakan tidak mampu menahan beban yang diberikan. Dari kedua visualisasi penampang patah tersebut diasumsikan bahwa, varian serat rami berpenguat resin polyester dengan arah serat  $0^\circ$  dan  $45^\circ$  memiliki ikatan antar muka yang lemah. Dalam komposit, beban yang bekerja pada matriks dipindahkan serta didistribusikan ke penguat melalui bidang antar muka (*interface*). Bidang antar muka yang lemah akan menghasilkan ketangguhan dan kekuatan yang rendah.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah selesai melakukan pengujian serta menganalisa hasil penelitian, berikut merupakan beberapa kesimpulan yang didapatkan.

1. Setelah melakukan pengujian berupa uji tarik dan uji *bending*, didapatkan hasil pengujian mekanik pada komposit resin poliester diperkuat tenun rami dengan orientasi arah serat  $0^\circ$  dan  $45^\circ$ , didapatkan data pengujian tarik berupa nilai *tensile strength* pada semua specimen  $0^\circ$  sebesar  $34,8 \text{ N/mm}^2$ ,  $54,3 \text{ N/mm}^2$ ,  $32,1 \text{ N/mm}^2$ , dan  $39,3 \text{ N/mm}^2$ , kemudian didapatkan pula pada semua specimen  $45^\circ$  sebesar  $9,23 \text{ N/mm}^2$ ,  $16,9 \text{ N/mm}^2$ ,  $9,95 \text{ N/mm}^2$ , dan  $14,8 \text{ N/mm}^2$ . Selain itu, didapatkan data berupa nilai kekuatan *bending* pada semua spesimen  $0^\circ$  sebesar  $57,18 \text{ Mpa}$ ,  $55,06 \text{ Mpa}$ , dan  $46,2 \text{ Mpa}$ . Kemudian didapatkan data nilai pengujian *bending* pada spesimen  $45^\circ$  sebesar  $34,85 \text{ Mpa}$ ,  $28,04 \text{ Mpa}$ , dan  $24,42 \text{ Mpa}$ . Dari data nilai pengujian tarik dan pengujian *bending* dapat disimpulkan bahwa untuk semua spesimen di setiap orientasi dan setiap pengujian menunjukkan nilai kekuatan yang diharapkan, sehingga material komposit resin poliester berpenguat tenun rami memiliki sifat mekanis yang baik berupa kuat tarik dan kekuatan *bending*. Selain itu, dari nilai kekuatan tarik dan *bending* yang sudah diketahui dapat disimpulkan bahwa komposit serat rami tenun-resin polyester dengan orientasi arah serat  $0^\circ$  yang lebih unggul kekuatan tarik dan *bending* dibandingkan dengan orientasi arah serat  $45^\circ$ .
2. Dari data yang sudah didapatkan dan di analisa melalui penelitian maka dapat disimpulkan bahwa, kekuatan tarik tertinggi diperoleh komposit resin poliester diperkuat tenun rami yang seratnya searah  $0^\circ$  dengan nilai sebesar  $54,3 \text{ N/mm}^2$  sedangkan kekuatan tarik terendah diperoleh komposit dengan arah  $45^\circ$ , dengan nilai sebesar  $9,23 \text{ N/mm}^2$ . Selain itu, untuk nilai kekuatan *bending* tertinggi diperoleh pada arah serat  $0^\circ$  yaitu

sebesar 55,06 Mpa, sedangkan kekuatan *bending* terendah diperoleh komposit dengan arah serat 45° yaitu sebesar 24,42 Mpa. Dari hasil nilai kekuatan tarik dan *bending* dapat diketahui, bahwa memberi perbedaan arah serat yaitu sudut 0° dan 45° pada komposit begitu berpengaruh, dan terbukti untuk arah 0° memiliki nilai kekuatan mekanis yang lebih unggul dibanding arah 45°. Selain itu, dari nilai kekuatan tarik dan *bending* yang sudah didapatkan dapat di analisa kelayakan komposit terhadap bumper mobil. Untuk nilai maksimum kekuatan tarik komposit serat tenun rami berpenguat resin polyester diperoleh sebesar 54,3 N/mm<sup>2</sup> dimana nilai kekuatan tarik tersebut melebihi standar nilai kekuatan tarik bumper mobil, jika ditinjau dari segi kekuatan tarik maka serat rami masih layak dikembangkan sebagai alternatif bumper mobil dikarenakan nilai kekuatan tarik melebihi 8,09 MPa Saidah et al (2018). Sedangkan untuk nilai maksimum kekuatan *bending* komposit serat tenun rami berpenguat resin polyester diperoleh sebesar 57,18 Mpa dimana nilai kekuatan *bending* tersebut melebihi standar nilai kekuatan *bending* bumper mobil. Berdasarkan JIS A 5905 : 2003, komposit serat tenun rami berpenguat resin poliester dengan nilai kekuatan bending maksimum telah memenuhi syarat papan serat dengan kuat lentur lebih besar dari 35 MPa. Kekuatan bending komposit serat tenun rami berpenguat resin poliester ini juga memenuhi standar bumper mobil dengan standar kuat lentur bumper mobil sebesar ± 32 MPa. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian Christian (2010) kekuatan material bumper mobil bumper mobil Honda Accord Prestige berbahan ABS (*Acrylonitrile butadiene styrene*), bahwa pengujian material bumper mobil menunjukkan kekuatan bending sebesar ± 30,45 MPa. Hal tersebut dapat dibuktikan bahwa komposit serat tenun rami berpenguat resin poliester layak untuk dijadikan material pembuatan bumper mobil.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian terhadap komposit serat rami tenun berpenguat resin polyester yang sudah dilakukan, berikut merupakan beberapa saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya.

1. Saat melakukan pembuatan komposit, sebaiknya pada tahapan penyusunan serat, penuangan resin kedalam cetakan dilakukan secara merata agar nantinya saat komposit sudah jadi mengurangi dampak terjadinya void pada spesimen.
2. Pembuatan spesimen uji dilakukan menggunakan vakum agar void yang ada pada spesimen uji dapat banyak berkurang.
3. Sebaiknya dalam melakukan pengujian tarik ataupun *bending*, menggunakan alat pengujian tarik dan *bending* yang khusus untuk menguji material komposit polimer agar dapat data yang lebih baik dan akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Djafar, Z., Renreng, I., & Jannah, M. (2021). Tensile and bending strength analysis of ramie fiber and woven ramie reinforced epoxy composite. *Journal of Natural Fibers*, 18(12), 2315-2326.
- FAJARUDIN, Hamam; WIDODO, Rahmat Doni. Kekuatan Tarik Material Fiber Carbon Dan Fiber Glass Berdasarkan Orientasi Serat Berbasis Matriks Epoxy. *Jurnal Inovasi Mesin*, 2021, 3.1: 19-24.
- Margono, B., Haikal, H., & Widodo, L. (2020). Analisis Sifat Mekanik Material Komposit Plastik Hdpe Berpenguat Serat Ampas Tebu Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Dan Bending. *AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 6(2), 55-61.
- Novarini, E., & Sukardan, M. D. (2015). Potensi serat rami (*Boehmeria nivea* S. Gaud) sebagai bahan baku industri tekstil dan produk tekstil dan tekstil teknik. *Arena Tekstil*, 30(2).
- Oroh, J., Sappu, F. P., & Lumintang, R. C. (2012). Analisis sifat mekanik material komposit dari serat sabut kelapa. *Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat*, 1(1).
- Riyanto, A., & IRFAI, M. A. (2018). PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT KOMPOSIT HYBRID BERPENGUAT SERAT BAMBURACAK DAN E-GLASS ANYAM DENGAN RESIN POLYESTER TERHADAP KEKUATAN BENDING. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2).
- Sari, E. D. R., Respati, S. B., & Nugroho, A. (2020). ANALISIS KEKUATAN TARIK DAN BENDING KOMPOSIT SERAT KARBON-RESIN DENGAN VARIASI WAKTU CURING DAN SUHU PENAHANAN 80°C. *Majalah Ilmiah MOMENTUM*, 16(2).
- Saferi, Rozi., Dahlan, Hendery. and Bur, Mulyadi.(2015)."PENGARUH THERMAL SHOCK TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN BENDING KOMPOSIT RESIN BERPENGUAT SERAT RAMI". *Jurnal Energi dan Manufaktur*. Volume 8 No 2. Hal (111-230). Universitas Andalas.
- SULAIMAN, Mochamad; RAHMAT, Muhammad Hudan. Kajian potensi pengembangan material komposit polimer dengan serat alam untuk produk otomotif. In: *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin*. 2018.

- Suryawan, I. G. P. A., Suardana, N. P. G., Suarsana, I. K., Lokantara, I. P., & Lagawa, I. K. J. (2019). Kekuatan tarik dan lentur pada material komposit berpenguat serat jelatang. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 12(1), 7-12.
- Syarief, A. (2011). Uji Lentur Komposit Polyester-Serat Purun Tikus (*Eleocharis Dulcis*). *INFO-TEKNIK*, 12(2), 10-18.
- Zainuri, A., Sinarep, S., Purwoko, A., & Nurkaliwantoro, N. (2019). PENGARUH JENIS ANYAMAN DAN FRAKSI VOLUME SERAT TERHADAP KEKUATAN BENDING DAN IMPACT KOMPOSIT SERAT RAMI DENGAN Matrik Resin Polyester. *Majalah Ilmiah MOMENTUM*, 15(2).

**LAMPIRAN**



## Hasil Pengujian Tarik

Data uji tarik komposit resin poliester berpenguat anyaman rami orientasi arah serat 0° dan 45°

Zwick / Roell		15.01.22							
<b>Test report</b>									
Customer	: PT. Krakatau Posco	Specimen type	: Flat						
Test standard	: ASTM D 638	Tester	: AGUS WAHYUDIN						
Material	: JS-SM6=570	Machine data	: Tensile 600 kN						
Pre-load	: 2	MPa	Speed in the yield range	: 0.00025	1/s				
Speed, E-Modulus	: 20	MPa/s	Test speed	: 0.007	1/s				
Speed, yield point	: 11.5	MPa/s							
<b>Test results:</b>									
No.	Material Number	Test Code	Specimen Code	Thickness mm	Width mm	Young Modulus N/mm <sup>2</sup>	Upper Yield N/mm <sup>2</sup>	Lower Yield N/mm <sup>2</sup>	Yield 0.2% N/mm <sup>2</sup>
11	SAMPLE E			6.7200	13.170	1017.430	9.23	-	-
12	SAMPLE F			6.8000	12.920	2715.736	16.9	-	-
13	SAMPLE G			6.9400	12.810	1797.530	8.6	-	-
14	SAMPLE H			6.7900	12.770	2825.320	14.8	-	-
15	SAMPLE A			6.7700	12.760	3550.821	33.2	-	-
16	SAMPLE B			6.9300	13.240	4683.578	37.5	36.3	-
17	SAMPLE C			6.8100	12.680	3412.706	32.1	-	-
18	SAMPLE D			6.8500	12.870	2995.074	27.1	21.6	-
19	SAMPLE 1			6.8700	12.950	1533.221	40.8	-	-
20	SAMPLE 2			6.9800	13.140	1976.504	65.7	-	-
21	SAMPLE 3			6.7500	12.700	1667.561	42.9	-	-
22	SAMPLE 4			6.8600	12.820	1882.408	55.3	54.7	-
No.	Yield 0.5% N/mm <sup>2</sup>	Yield 1% N/mm <sup>2</sup>	Yield Ratio %	TS N/mm <sup>2</sup>	Elongation %				
11	5.58	3.70	100.00	9.23	0.9072				
12	10.3	-	100.00	16.9	0.6223				
13	-	-	86.43	9.95	0.5535				
14	7.22	3.82	100.00	14.8	0.5238				
15	32.1	-	95.40	34.8	0.9801				
16	30.6	45.5	69.02	54.3	1.1594				
17	28.7	-	100.00	32.1	0.9406				
18	22.7	21.7	68.95	39.3	1.3122				
19	21.3	37.3	100.00	40.8	2.6611				
20	27.0	46.5	100.00	65.7	3.3241				
21	24.0	39.4	94.18	45.5	2.7285				
22	23.5	39.4	95.62	57.9	3.0758				

## Hasil Pengujian Tarik

Data uji tarik spesimen material resin poliester dan komposit resin poliester berpenguat serat rami susunan lurus kontinyu.



PELANGGAN / Customer :  
SPESIFIKASI SPESIMEN / Specimen Spec :  
MESIN UJI / Testing Machine :  
METODE PENGUJIAN / Testing Method :  
SUHU & KELEMBABAN / Temp. & Humidity :

HALAMAN / Page :  
GROUP / Shift :  
TANGGAL DITERIMA / Received Date :  
TANGGAL SELESAI PENGUJIAN / Finish Date :  
DIVERIFIKASI OLEH / Verified By :

PARAF / Sign :

No.	Material No.	Position	Dir.	Thickness (mm)	Width (mm)	Length (mm)	Parallel length (mm)	Gage Length (mm)	Radius (mm)	L <sub>1</sub> (mm)	L <sub>2</sub> (mm)	Y <sub>P</sub> Code	T <sub>S</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Y <sub>P</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Y <sub>R</sub> (%)	El. Manual (%)	El. Auto (%)	Tester	Remarks	
1	Spesimen 1	-	-	6,28	13,51	165,3	168,53	60	-	60,0	60,75		23,9							
2	Spesimen 2	-	-	6,33	13,92	164,2	168,38	60	-	60,0	60,88		25,6							
3	Spesimen 3	-	-	6,55	13,9	164,8	168,88	60	-	60,0	60,83		23,3							
4	Spesimen 4	-	-	6,25	13,06	165,15	168,33	60	-	60,0	60,91		14,96							
5	(No 1-4, Polyester)																			
6	Spesimen 5	-	-	6,54	13,9	165,3	166,9	60	-	60,0	60,23		31,7							
7	Spesimen 6	-	-	6,73	13,36	164,4	166,4	60	-	60,0	60,36		34,9							
8	Spesimen 7	-	-	6,24	13,28	164,9	166,6	60	-	60,0	60,21		35,4							
9	Spesimen 8	-	-	6,63	13,52	165,9	164,9	60	-	60,0	60,44		33,2							
10	(No 5-9, Serat)																			

Note :

Data dimensi spesimen untuk pengujian tarik material resin poliester

Variasi Sampel	No spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang awal (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )
Poliester	1	13,51	6,28	165,3	84,84
	2	13,12	6,33	164,2	83,05
	3	13,4	6,55	164,8	87,77
	4	13,06	6,25	165,13	81,63

Data uji tarik spesimen material resin poliester

Test code	Kekuatan Tarik (N/mm <sup>2</sup> )	Modulus Elastisitas (Mpa)	Elongation (%)
1	23,4	1161,567	2,01
2	25,6	1005,627	2,55
3	23,3	941,137	2,48
4	19,96	1029,99	1,94
Min	19,96	941,137	1,94
Max	25,6	1161,567	2,55
Average	23,06	1034,582	2,24

Data dimensi spesimen untuk pengujian tarik komposit serat rami

Variasi Sampel	No spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang awal (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )
Serat Lurus	5	13,4	6,54	165,3	87,65
	6	13,36	6,75	164,7	90,18
	7	13,28	6,24	164,4	82,87
	8	13,52	6,63	165,9	89,64

Data dimensi spesimen untuk pengujian tarik komposit Arah Serat 0°

Variasi Sudut	No spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang awal Gage (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )
0°	A	12,76	6,77	58,16	86,39
	B	13,24	6,93	57,79	91,75
	C	12,68	6,81	57,41	86,35
	D	12,87	6,85	57,92	88,16

Data uji tarik orientasi 0<sup>0</sup> komposit resin poliester berpenguat tenun rami

Test code	Kekuatan Tarik (N/mm <sup>2</sup> )	Modulus Elastisitas (Mpa)	Elongation (%)
A	34,8	3550,821	0,98
B	54,3	4683,578	1,16
C	32,1	3412,706	0,94
D	39,3	2995,074	1,31
Min	32,1	2995,074	0,98
Max	54,3	4683,578	1,31
Average	40,125	3660,54	1,10

Data dimensi spesimen untuk pengujian tarik komposit Arah Serat 45<sup>0</sup>

Variasi Sudut	No spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang awal (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )
45 <sup>0</sup>	E	13,17	6,72	57,84	88,50
	F	12,92	6,8	58,21	87,86
	G	12,81	6,94	58,13	88,90
	H	12,77	6,79	57,57	86,71

Uji Tarik Orientasi 45<sup>0</sup> Komposit Resin Poliester Berpenguat Tenun Rami

Test code	Kekuatan Tarik (N/mm <sup>2</sup> )	Modulus Elastisitas (Mpa)	Elongation (%)
E	9,23	1017,430	0,9072
F	16,9	2715,736	0,6223
G	9,95	1797,530	0,5535
H	14,8	2825,320	0,5238
Min	9,23	1017,43	0,5238
Max	16,9	2825,320	0,9072
Average	12,72	2089,00	0,65

Data dimensi spesimen untuk pengujian tarik komposit Arah Serat 0<sup>0</sup>

Variasi Sudut	No spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang awal Gage (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )
0 <sup>0</sup>	A	12,76	6,77	58,16	86,39
	B	13,24	6,93	57,79	91,75
	C	12,68	6,81	57,41	86,35
	D	12,87	6,85	57,92	88,16

Data uji tarik orientasi 0<sup>0</sup> komposit resin poliester berpenguat tenun rami

Test code	Kekuatan Tarik (N/mm <sup>2</sup> )	Modulus Elastisitas (Mpa)	Elongation (%)
A	34,8	3550,821	0,98
B	54,3	4683,578	1,16
C	32,1	3412,706	0,94
D	39,3	2995,074	1,31
Min	32,1	2995,074	0,98
Max	54,3	4683,578	1,31
Average	40,125	3660,54	1,10

Data dimensi spesimen untuk pengujian tarik komposit Arah Serat 45<sup>0</sup>

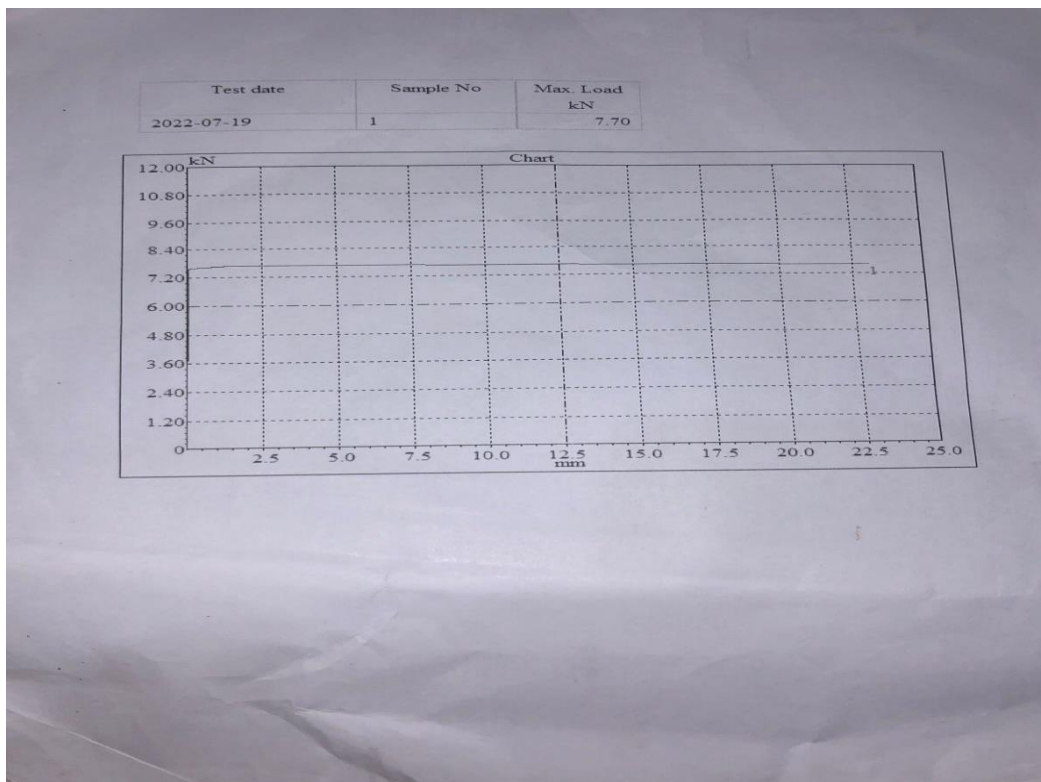
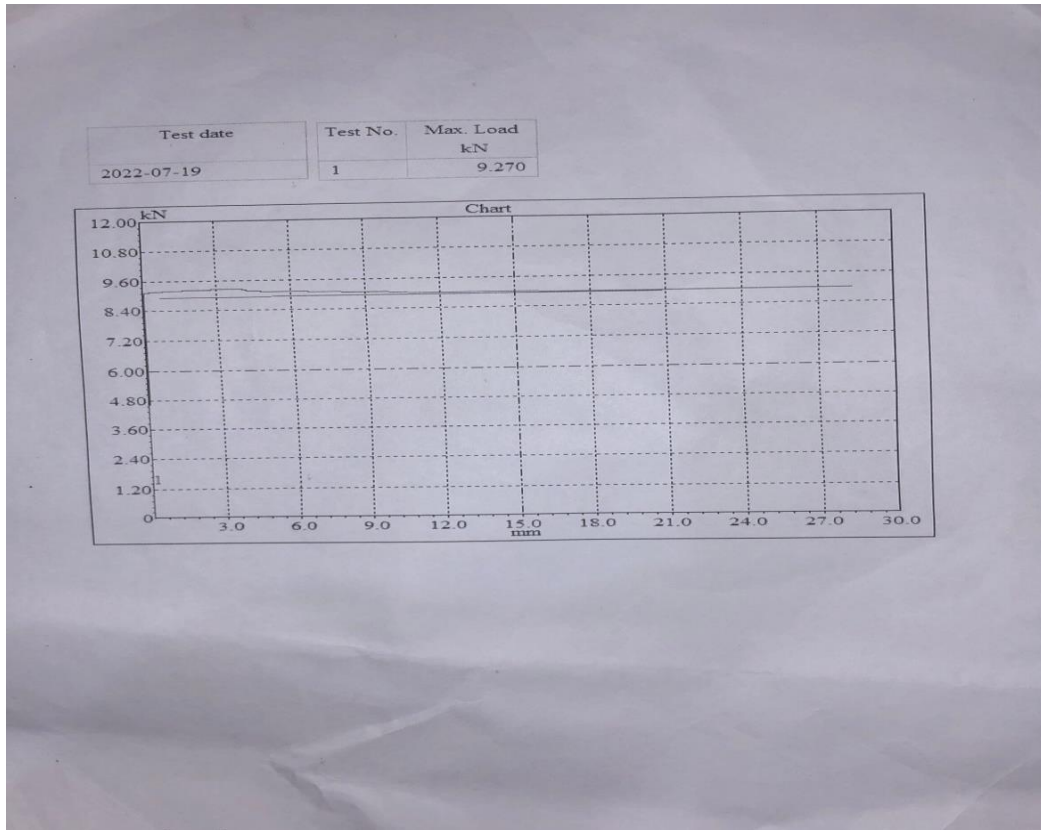
Variasi Sudut	No spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang awal (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )
45 <sup>0</sup>	E	13,17	6,72	57,84	88,50
	F	12,92	6,8	58,21	87,86
	G	12,81	6,94	58,13	88,90
	H	12,77	6,79	57,57	86,71

Uji Tarik Orientasi 45<sup>0</sup> Komposit Resin Poliester Berpenguat Tenun Rami

Test code	Kekuatan Tarik (N/mm <sup>2</sup> )	Modulus Elastisitas (Mpa)	Elongation (%)
E	9,23	1017,430	0,9072
F	16,9	2715,736	0,6223
G	9,95	1797,530	0,5535
H	14,8	2825,320	0,5238
Min	9,23	1017,43	0,5238
Max	16,9	2825,320	0,9072
Average	12,72	2089,00	0,65

## Hasil Pengujian *Bending*

Data uji *Bending* komposit resin poliester berpenguat tenun rami orientasi arah serat  $0^0$  dan  $45^0$



## Perhitungan

### 1. Perhitungan fraksi volume specimen uji tarik

#### 1.1 Menghitung volume cetakan

Diketahui :  
Panjang = 180 mm  
Lebar = 180 mm  
Tebal = 7 mm  
 $V_{\text{cetakan}} = p \times l \times t$   
 $= 180 \times 180 \times 7$   
 $= 226800 \text{ mm}^3$   
 $= 226,8 \text{ cm}^3$

#### 1.2 Menghitung fraksi volume serat

Diketahui :  
 $V_{\text{fraksi serat}} = 30\%$   
 $V_{\text{cetakan}} = 226,8 \text{ cm}^3$   
 $V_{\text{Serat}} = V_{\text{fraksi}} \times V_{\text{cetakan}}$   
 $= 30\% \times 226,8 \text{ cm}^3$   
 $= 68,04 \text{ cm}^3$   
 $\text{Massa serat} = V_{\text{serat}} \times \rho_{\text{serat}}$   
 $= 68,04 \text{ cm}^3 \times 1,5 \text{ gr/cm}^3$   
 $= 102,06 \text{ gr}$

#### 1.3 Menghitung massa matrik

Diketahui :  
 $V_{\text{fraksi matrik}} = 70\%$   
 $V_{\text{cetakan}} = 226,8 \text{ cm}^3$   
 $V_{\text{Matrik}} = V_{\text{fraksi}} \times V_{\text{cetakan}}$   
 $= 70\% \times 226,8 \text{ cm}^3$   
 $= 158,76 \text{ cm}^3$   
 $\text{Massa Matrik} = V_{\text{matrik}} \times \rho_{\text{matrik}}$   
 $\text{Poliester} = 158,76 \text{ cm}^3 \times 1,3 \text{ gr/cm}^3$   
 $= 206,388 \text{ gr}$

#### 1.4 Menghitung berat penyusun komposit polyester

Diketahui :  
 $\text{Massa serat} = 102,06 \text{ gr}$   
 $\text{Massa matrik} = \underline{206,388 \text{ gr}} +$   
 $= 308,448 \text{ gr}$

#### 1.5 Menghitung massa matrix specimen poliester

$V_{\text{cetakan}} = V_{\text{matrix}} = p \times l \times t$   
 $= 180 \times 180 \times 7$   
 $= 226800 \text{ mm}^3$   
 $= 226,8 \text{ cm}^3$   
 $\text{Massa Matrik} = V_{\text{matrik}} \times \rho_{\text{matrik}}$   
 $\text{Poliester} = 226,8 \text{ cm}^3 \times 1,3 \text{ gr/cm}^3$   
 $= 294,84 \text{ gr}$

### a. Perhitungan fraksi volume specimen uji bending

#### 1.1 Menghitung volume cetakan

Diketahui :  
Panjang = 180 mm  
Lebar = 180 mm  
Tebal = 10 mm  
 $V_{\text{cetakan}} = p \times l \times t$   
 $= 180 \times 180 \times 10$   
 $= 324000 \text{ mm}^3$   
 $= 324 \text{ cm}^3$

#### 1.2 Menghitung fraksi volume serat

Diketahui :  
 $V_{\text{fraksi serat}} = 30\%$   
 $V_{\text{cetakan}} = 324 \text{ cm}^3$   
 $V_{\text{Serat}} = V_{\text{fraksi}} \times V_{\text{cetakan}}$   
 $= 30\% \times 324 \text{ cm}^3$   
 $= 97,2 \text{ cm}^3$   
 $\text{Massa serat} = V_{\text{serat}} \times \rho_{\text{serat}}$   
 $= 97,2 \text{ cm}^3 \times 1,5 \text{ gr/cm}^3$   
 $= 139,05 \text{ gr}$

#### 1.3 Menghitung massa matrik

Diketahui :  
 $V_{\text{fraksi matrik}} = 70\%$   
 $V_{\text{cetakan}} = 324 \text{ cm}^3$   
 $V_{\text{Matrik}} = V_{\text{fraksi}} \times V_{\text{cetakan}}$   
 $= 70\% \times 324 \text{ cm}^3$   
 $= 226,8 \text{ cm}^3$   
 $\text{Massa Matrik} = V_{\text{matrik}} \times \rho_{\text{matrik}}$   
 $\text{Poliester} = 226,8 \text{ cm}^3 \times 1,3$   
 $\text{gr/cm}^3$   
 $= 294,84 \text{ gr}$

#### 1.4 Menghitung berat penyusun komposit polyester

Diketahui :  
 $\text{Massa serat} = 139,05 \text{ gr}$   
 $\text{Massa matrik} = \underline{294,84 \text{ gr}} +$   
 $= 433,89 \text{ gr}$

#### 1.5 Menghitung massa matrix specimen poliester

$V_{\text{cetakan}} = V_{\text{matrix}} = p \times l \times t$   
 $= 180 \times 180 \times 10$   
 $= 324000 \text{ mm}^3$   
 $= 324 \text{ cm}^3$

$$\begin{aligned} \text{Massa Matrik} &= V_{\text{matrik}} \times \rho_{\text{matrik}} \\ \text{Poliest} &= 226,8 \text{ cm}^3 \times 1,3 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 294,84 \text{ gr} \end{aligned}$$

## Perhitungan Data

### 1. Perhitungan pengujian tarik

#### 1.1 Orientasi Arah Serat 0° (Spesimen A)

Diketahui :

$$\begin{aligned} T &= 6,77 \text{ mm} \quad (\text{ketebalan}) \\ L_0 &= 58,16 \text{ mm} \quad (\text{panjang awal}) \\ W &= 12,76 \text{ mm} \quad (\text{lebar}) \\ F &= 3176 \text{ N} \quad (\text{Load maks}) \\ E &= 3550,821 \text{ Mpa} \quad (\text{Modulus Young}) \\ TS_{\text{aktual}} &= 34,8 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Tensile Strength}) \end{aligned}$$

##### a. Mencari luas penampang (A<sub>0</sub>)

$$\begin{aligned} A_0 &= W \times T \\ &= 12,76 \times 6,77 \\ &= 86,39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

##### b. Perhitungan tensile strength teoritis (TS<sub>teoritis</sub>)

$$\begin{aligned} TS &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{3176}{86,39} \\ &= 36,76 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

##### c. Mencari regangan / strain (ε)

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{TS_{\text{aktual}}}{E} \\ &= \frac{34,8 \text{ N/mm}^2}{3550,821 \text{ Mpa}} \\ &= 0,0098 \end{aligned}$$

##### d. Mencari panjang akhir (L<sub>1</sub>)

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{(L_1 - L_0)}{L_0} \\ (\varepsilon \times L_0) + L_0 &= L_1 \\ (0,0098 \times 58,16) + 58,16 &= L_1 \\ 0,5699 + 58,16 &= L_1 \\ L_1 &= 58,73 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 1.2 Orientasi Arah Serat 0° (Spesimen B)

Diketahui :

$$\begin{aligned} T &= 6,93 \text{ mm} \quad (\text{ketebalan}) \\ L_0 &= 57,79 \text{ mm} \quad (\text{panjang awal}) \\ W &= 13,24 \text{ mm} \quad (\text{lebar}) \\ F &= 4835 \text{ N} \quad (\text{Load maks}) \\ E &= 4683,578 \text{ Mpa} \quad (\text{Modulus Young}) \\ TS_{\text{aktual}} &= 54,3 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Tensile Strength}) \end{aligned}$$

##### a. Mencari luas penampang (A<sub>0</sub>)

$$\begin{aligned} A_0 &= W \times T \\ &= 13,24 \times 6,93 \\ &= 91,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

##### b. Mencari tensile strength teoritis (TS<sub>teoritis</sub>)

$$\begin{aligned} TS &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{4835}{91,75} \\ &= 52,7 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

##### c. Mencari regangan / strain (ε)

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{TS_{\text{aktual}}}{E} \\ &= \frac{54,3 \text{ N/mm}^2}{4683,578 \text{ Mpa}} \\ &= 0,0116 \end{aligned}$$

##### d. Mencari panjang akhir (L<sub>1</sub>)

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{(L_1 - L_0)}{L_0} \\ (\varepsilon \times L_0) + L_0 &= L_1 \\ (0,0116 \times 57,79) + 57,79 &= L_1 \\ 0,6704 + 57,79 &= L_1 \\ L_1 &= 58,46 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 1.3 Orientasi Arah Serat 0° (Spesimen C)

Diketahui :

$$\begin{aligned} T &= 6,81 \text{ mm} \quad (\text{ketebalan}) \\ L_0 &= 57,41 \text{ mm} \quad (\text{panjang awal}) \\ W &= 12,68 \text{ mm} \quad (\text{lebar}) \\ F &= 2976 \text{ N} \quad (\text{Load maks}) \\ E &= 3412,76 \text{ Mpa} \quad (\text{Modulus Young}) \\ TS_{\text{aktual}} &= 32,1 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Tensile Strength}) \end{aligned}$$

##### a. Mencari luas penampang (A<sub>0</sub>)

$$\begin{aligned} A_0 &= W \times T \\ &= 12,68 \times 6,81 \\ &= 86,35 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

##### b. Mencari tensile strength teoritis (TS<sub>teoritis</sub>)

$$\begin{aligned} TS &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{2976}{86,35} \\ &= 34,46 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

##### c. Mencari regangan / strain (ε)

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{TS_{\text{aktual}}}{E} \\ &= \frac{32,1 \text{ N/mm}^2}{3412,76 \text{ Mpa}} \\ &= 0,0094 \end{aligned}$$

##### d. Mencari panjang akhir (L<sub>1</sub>)

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{(L_1 - L_0)}{L_0} \\ (\varepsilon \times L_0) + L_0 &= L_1 \\ (0,0094 \times 57,41) + 57,41 &= L_1 \\ 0,5396 + 57,41 &= L_1 \\ L_1 &= 57,95 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 1.4 Orientasi Arah Serat 0° (Spesimen D)

Diketahui :

$$\begin{aligned} T &= 6,85 \text{ mm} \quad (\text{ketebalan}) \\ L_0 &= 57,92 \text{ mm} \quad (\text{panjang awal}) \\ W &= 12,87 \text{ mm} \quad (\text{lebar}) \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 F &= 3322 \text{ N} && (\text{Load maks}) \\
 E &= 2995,074 \text{ Mpa} && (\text{Modulus Young}) \\
 TS_{\text{aktual}} &= 39,3 \text{ N/mm}^2 && (\text{Tensile Strength})
 \end{aligned}$$

**a. Mencari luas penampang ( $A_0$ )**

$$\begin{aligned}
 A_0 &= W \times T \\
 &= 12,87 \times 6,85 \\
 &= 88,16 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**b. Mencari tensile strength teoritis**

( $TS_{\text{teoritis}}$ )

$$\begin{aligned}
 TS &= \frac{F}{A} \\
 &= \frac{3322}{88,16} \\
 &= 37,68 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

**c. Mencari regangan / strain ( $\epsilon$ )**

$$\begin{aligned}
 \epsilon &= \frac{TS_{\text{aktual}}}{E} \\
 &= \frac{39,3 \text{ N/mm}^2}{2995,074 \text{ Mpa}} \\
 &= 0,0131
 \end{aligned}$$

**d. Mencari panjang akhir ( $L_1$ )**

$$\begin{aligned}
 \epsilon &= \frac{(L_1 - L_0)}{L_0} \\
 (\epsilon \times L_0) + L_0 &= L_1 \\
 (0,0131 \times 57,92) + 57,92 &= L_1 \\
 0,757 + 57,92 &= L_1 \\
 L_1 &= 58,68 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**1.5 Orientasi Arah Serat 45° (Spesimen E)**

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 T &= 6,72 \text{ mm} && (\text{ketebalan}) \\
 L_0 &= 57,84 \text{ mm} && (\text{panjang awal}) \\
 W &= 13,17 \text{ mm} && (\text{lebar}) \\
 F &= 839 \text{ N} && (\text{Load maks}) \\
 E &= 1017,430 \text{ Mpa} && (\text{Modulus Young}) \\
 TS_{\text{aktual}} &= 9,23 \text{ N/mm}^2 && (\text{Tensile Strength})
 \end{aligned}$$

**a. Mencari luas penampang ( $A_0$ )**

$$\begin{aligned}
 A_0 &= W \times T \\
 &= 13,17 \times 6,72 \\
 &= 88,50 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**b. Mencari tensile strength teoritis**

( $TS_{\text{teoritis}}$ )

$$\begin{aligned}
 TS &= \frac{F}{A} \\
 &= \frac{839}{88,50} \\
 &= 9,48 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

**c. Mencari regangan / strain ( $\epsilon$ )**

$$\begin{aligned}
 \epsilon &= \frac{TS_{\text{aktual}}}{E} \\
 &= \frac{9,23 \text{ N/mm}^2}{1017,430 \text{ Mpa}} \\
 &= 0,0091
 \end{aligned}$$

**d. Mencari panjang akhir ( $L_1$ )**

$$\begin{aligned}
 \epsilon &= \frac{(L_1 - L_0)}{L_0} \\
 (\epsilon \times L_0) + L_0 &= L_1 \\
 (0,0091 \times 57,84) + 57,84 &= L_1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &0,5263 + 57,84 && = L_1 \\
 L_1 &= 58,36 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**1.6 Orientasi Arah Serat 45° (Spesimen F)**

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 T &= 6,8 \text{ mm} && (\text{ketebalan}) \\
 L_0 &= 58,21 \text{ mm} && (\text{panjang awal}) \\
 W &= 12,92 \text{ mm} && (\text{lebar}) \\
 F &= 1496 \text{ N} && (\text{Load maks}) \\
 E &= 2715,736 \text{ Mpa} && (\text{Modulus Young}) \\
 TS_{\text{aktual}} &= 16,9 \text{ N/mm}^2 && (\text{Tensile Strength})
 \end{aligned}$$

**a. Mencari luas penampang ( $A_0$ )**

$$\begin{aligned}
 A_0 &= W \times T \\
 &= 12,92 \times 6,8 \\
 &= 87,86 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**b. Mencari tensile strength teoritis**

( $TS_{\text{teoritis}}$ )

$$\begin{aligned}
 TS &= \frac{F}{A} \\
 &= \frac{1496}{87,86} \\
 &= 17,03 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

**c. Mencari regangan / strain ( $\epsilon$ )**

$$\begin{aligned}
 \epsilon &= \frac{TS_{\text{aktual}}}{E} \\
 &= \frac{16,9 \text{ N/mm}^2}{2715,736 \text{ Mpa}} \\
 &= 0,0062
 \end{aligned}$$

**d. Mencari panjang akhir ( $L_1$ )**

$$\begin{aligned}
 \epsilon &= \frac{(L_1 - L_0)}{L_0} \\
 (\epsilon \times L_0) + L_0 &= L_1 \\
 (0,0062 \times 58,21) + 58,21 &= L_1 \\
 0,3609 + 58,21 &= L_1 \\
 L_1 &= 58,57 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**1.7 Orientasi Arah Serat 45° (Spesimen G)**

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 T &= 6,94 \text{ mm} && (\text{ketebalan}) \\
 L_0 &= 58,13 \text{ mm} && (\text{panjang awal}) \\
 W &= 12,81 \text{ mm} && (\text{lebar}) \\
 F &= 891 \text{ N} && (\text{Load maks}) \\
 E &= 1797,530 \text{ Mpa} && (\text{Modulus Young}) \\
 TS_{\text{aktual}} &= 9,95 \text{ N/mm}^2 && (\text{Tensile Strength})
 \end{aligned}$$

**a. Mencari luas penampang ( $A_0$ )**

$$\begin{aligned}
 A_0 &= W \times T \\
 &= 12,81 \times 6,94 \\
 &= 88,9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**b. Mencari tensile strength teoritis**

( $TS_{\text{teoritis}}$ )

$$\begin{aligned}
 TS &= \frac{F}{A} \\
 &= \frac{891}{88,9} \\
 &= 10,02 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

**c. Mencari regangan / strain ( $\epsilon$ )**

$$\begin{aligned}
 \epsilon &= \frac{TS_{\text{aktual}}}{E} \\
 &= \frac{9,95 \text{ N/mm}^2}{1797,530 \text{ Mpa}}
 \end{aligned}$$

$$= 0,0055$$

**d. Mencari panjang akhir ( $L_1$ )**

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{(L_1 - L_0)}{L_0} \\ (\varepsilon \times L_0) + L_0 &= L_1 \\ (0,0055 \times 58,13) + 58,13 &= L_1 \\ 0,3197 + 58,13 &= L_1 \\ L_1 &= 58,45 \text{ mm}\end{aligned}$$

**1.8 Orientasi Arah Serat 45° (Spesimen H)**

Diketahui :

$$\begin{aligned}T &= 6,79 \text{ mm} && (\text{ketebalan}) \\ L_0 &= 57,57 \text{ mm} && (\text{panjang awal}) \\ W &= 12,77 \text{ mm} && (\text{lebar}) \\ F &= 1262 \text{ N} && (\text{Load maks}) \\ E &= 2825,320 \text{ Mpa} && (\text{Modulus Young}) \\ TS_{\text{aktual}} &= 14,8 \text{ N/mm}^2 && (\text{Tensile Strength})\end{aligned}$$

**a. Mencari luas penampang ( $A_0$ )**

$$\begin{aligned}A_0 &= W \times T \\ &= 12,77 \times 6,79 \\ &= 86,71 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

**b. Mencari tensile strength teoritis**

$$\begin{aligned}(TS_{\text{teoritis}}) \\ TS &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{1262}{86,71} \\ &= 14,55 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

**c. Mencari regangan / strain ( $\varepsilon$ )**

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{TS_{\text{aktual}}}{E} \\ &= \frac{14,8 \text{ N/mm}^2}{2825,530 \text{ Mpa}} \\ &= 0,0052\end{aligned}$$

**d. Mencari panjang akhir ( $L_1$ )**

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{(L_1 - L_0)}{L_0} \\ (\varepsilon \times L_0) + L_0 &= L_1 \\ (0,0052 \times 57,57) + 57,57 &= L_1 \\ 0,3005 + 57,57 &= L_1 \\ L_1 &= 57,87 \text{ mm}\end{aligned}$$

**2. Perhitungan Pengujian Bending**

**2.1 perhitungan orientasi 0°**

a. Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma_u &= \frac{3PL}{2Bd^2} \\ &= \frac{3 \times 95,3 \times 100}{2 \times 10 \times 5^2} \\ &= 57,18 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

b. Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma_u &= \frac{3PL}{2Bd^2} \\ &= \frac{3 \times 92,7 \times 100}{2 \times 10 \times 5^2}\end{aligned}$$

$$= 55,06 \text{ Mpa}$$

c. Spesimen 3

$$\begin{aligned}\sigma_u &= \frac{3PL}{2Bd^2} \\ &= \frac{3 \times 77,0 \times 100}{2 \times 10 \times 5^2} \\ &= 46,2 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

**2.2 perhitungan orientasi 45°**

d. Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma_u &= \frac{3PL}{2Bd^2} \\ &= \frac{3 \times 73,8 \times 100}{2 \times 10,5 \times 5,5^2} \\ &= 34,85 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

e. Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma_u &= \frac{3PL}{2Bd^2} \\ &= \frac{3 \times 64,6 \times 99}{2 \times 9,5 \times 6^2} \\ &= 28,04 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

f. Spesimen 3

$$\begin{aligned}\sigma_u &= \frac{3PL}{2Bd^2} \\ &= \frac{3 \times 62,3 \times 99}{2 \times 10,5 \times 6^2} \\ &= 24,42 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

**3. Perhitungan Pengujian Fisis**

**3.1 Sampel uji tarik orientasi 0° (A)**

Diketahui :

$$\begin{aligned}M &= M_k = 22,06 \text{ gr} && (\text{Massa Kering}) \\ V &= V_T = 10 \text{ cm}^3 && (\text{Volume Kenaikan}) \\ M_b &= 22,6 \text{ gr} && (\text{Massa Basah}) \\ \rho_{\text{air}} &= 1 \text{ gr/cm}^3 && (\text{Massa Jenis Air})\end{aligned}$$

**a. Densitas ( $\text{gr/cm}^3$ )**

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{V} \\ \rho &= \frac{22,06 \text{ gr}}{10 \text{ cm}^3} \\ \rho &= 2,21 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

**b. Penyerapan Air (%)**

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$= \frac{22,6 \text{ gr} - 22,06 \text{ gr}}{22,06 \text{ gr}} \times 100\%$$

Penyerapan Air = 2,45 %

**c. Porositas (%)**

$$\text{Porositas} = \frac{M_b - M_k}{\rho_{\text{air}} \times V_T} \times 100\%$$

$$= \frac{22,6 \text{ gr} - 20,06 \text{ gr}}{1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 10 \text{ cm}^3} \times 100\%$$

Porositas = 5,40 %

**3.2 Sampel uji tarik orientasi 0° (B)**

Diketahui :

M = M<sub>k</sub> = 20,63 gr (Massa Kering)

V = V<sub>T</sub> = 9 cm<sup>3</sup> (Volume Kenaikan)

M<sub>b</sub> = 21,15 gr (Massa Basah)

ρ<sub>air</sub> = 1 gr/cm<sup>3</sup> (Massa Jenis Air)

**a. Densitas (gr/cm<sup>3</sup>)**

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{20,63 \text{ gr}}{9 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 2,29 \text{ gr/cm}^3$$

**b. Penyerapan Air (%)**

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$= \frac{21,15 \text{ gr} - 20,63 \text{ gr}}{20,63 \text{ gr}} \times 100\%$$

Penyerapan Air = 2,52 %

**c. Porositas (%)**

$$\text{Porositas} = \frac{M_b - M_k}{\rho_{\text{air}} \times V_T} \times 100\%$$

$$= \frac{21,15 \text{ gr} - 20,63 \text{ gr}}{1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 9 \text{ cm}^3} \times 100\%$$

= 5,78 %

**3.3 Sampel uji tarik orientasi 0° (C)**

Diketahui :

M = M<sub>k</sub> = 22,14 gr (Massa Kering)

V = V<sub>T</sub> = 11 cm<sup>3</sup> (Volume Kenaikan)

M<sub>b</sub> = 22,73 gr (Massa Basah)

ρ<sub>air</sub> = 1 gr/cm<sup>3</sup> (Massa Jenis Air)

**a. Densitas (gr/cm<sup>3</sup>)**

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{22,14 \text{ gr}}{11 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 2,01 \text{ gr/cm}^3$$

**b. Penyerapan Air (%)**

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$= \frac{22,73 \text{ gr} - 22,14 \text{ gr}}{22,14 \text{ gr}} \times 100\%$$

Penyerapan Air = 2,66 %

**c. Porositas (%)**

$$\text{Porositas} = \frac{M_b - M_k}{\rho_{\text{air}} \times V_T} \times 100\%$$

$$= \frac{22,73 \text{ gr} - 22,14 \text{ gr}}{1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 11 \text{ cm}^3} \times 100\%$$

= 5,36 %

**3.4 Sampel uji tarik orientasi 0° (D)**

Diketahui :

M = M<sub>k</sub> = 20,89 gr (Massa Kering)

V = V<sub>T</sub> = 9 cm<sup>3</sup> (Volume Kenaikan)

M<sub>b</sub> = 21,02 gr (Massa Basah)

ρ<sub>air</sub> = 1 gr/cm<sup>3</sup> (Massa Jenis Air)

**a. Densitas (gr/cm<sup>3</sup>)**

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{20,89 \text{ gr}}{9 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 2,32 \text{ gr/cm}^3$$

**b. Penyerapan Air (%)**

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$= \frac{21,02 \text{ gr} - 20,89 \text{ gr}}{20,89 \text{ gr}} \times 100\%$$

Penyerapan Air = 1,63 %

**c. Porositas (%)**

$$\text{Porositas} = \frac{M_b - M_k}{\rho_{\text{air}} \times V_T} \times 100\%$$

$$= \frac{21,02 \text{ gr} - 20,89 \text{ gr}}{1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 9 \text{ cm}^3} \times 100\%$$

= 3,78 %

**3.5 Sampel uji tarik orientasi 45° (E)**

Diketahui :

M = M<sub>k</sub> = 21,41 gr (Massa Kering)

V = V<sub>T</sub> = 13 cm<sup>3</sup> (Volume Kenaikan)

M<sub>b</sub> = 21,66 gr (Massa Basah)

ρ<sub>air</sub> = 1 gr/cm<sup>3</sup> (Massa Jenis Air)

**a. Densitas (gr/cm<sup>3</sup>)**

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{21,41 \text{ gr}}{13 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 1,65 \text{ gr/cm}^3$$

**b. Penyerapan Air (%)**

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$= \frac{21,66 \text{ gr} - 21,41 \text{ gr}}{21,41 \text{ gr}} \times 100\%$$

Penyerapan Air = 1,17 %

**c. Porositas (%)**

$$\text{Porositas} = \frac{M_b - M_k}{\rho_{\text{air}} \times V_T} \times 100\%$$

$$= \frac{21,66 \text{ gr} - 21,41 \text{ gr}}{1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 13 \text{ cm}^3} \times 100\%$$

= 1,92 %

### 3.6 Sampel uji tarik orientasi 45° (F)

Diketahui :

$$\begin{aligned}M &= M_k = 20,88 \text{ gr} && (\text{Massa Kering}) \\V &= V_T = 11 \text{ cm}^3 && (\text{Volume Kenaikan}) \\M_b &= 21,24 \text{ gr} && (\text{Massa Basah}) \\ \rho_{\text{air}} &= 1 \text{ gr/cm}^3 && (\text{Massa Jenis Air})\end{aligned}$$

#### a. Densitas (gr/cm<sup>3</sup>)

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{V} \\ \rho &= \frac{20,88 \text{ gr}}{11 \text{ cm}^3} \\ \rho &= 1,90 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

#### b. Penyerapan Air (%)

$$\begin{aligned}\text{Penyerapan Air} &= \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\% \\ &= \frac{21,24 \text{ gr} - 20,88 \text{ gr}}{20,88 \text{ gr}} \times 100\% \\ \text{Penyerapan Air} &= 1,72 \%\end{aligned}$$

#### c. Porositas (%)

$$\begin{aligned}\text{Porositas} &= \frac{M_b - M_k}{\rho_{\text{air}} \times V_T} \times 100\% \\ &= \frac{21,24 \text{ gr} - 20,88 \text{ gr}}{1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 11 \text{ cm}^3} \times 100\% \\ &= 3,27 \%\end{aligned}$$

### 3.7 Sampel uji tarik orientasi 45° (G)

Diketahui :

$$\begin{aligned}M &= M_k = 21,11 \text{ gr} && (\text{Massa Kering}) \\V &= V_T = 9 \text{ cm}^3 && (\text{Volume Kenaikan}) \\M_b &= 21,28 \text{ gr} && (\text{Massa Basah}) \\ \rho_{\text{air}} &= 1 \text{ gr/cm}^3 && (\text{Massa Jenis Air})\end{aligned}$$

#### a. Densitas (gr/cm<sup>3</sup>)

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{V} \\ \rho &= \frac{21,11 \text{ gr}}{9 \text{ cm}^3} \\ \rho &= 2,35 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

#### b. Penyerapan Air (%)

$$\begin{aligned}\text{Penyerapan Air} &= \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\% \\ &= \frac{21,28 \text{ gr} - 21,11 \text{ gr}}{21,11 \text{ gr}} \times 100\% \\ \text{Penyerapan Air} &= 0,81 \%\end{aligned}$$

#### c. Porositas (%)

$$\begin{aligned}\text{Porositas} &= \frac{M_b - M_k}{\rho_{\text{air}} \times V_T} \times 100\% \\ &= \frac{21,28 \text{ gr} - 21,11 \text{ gr}}{1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 9 \text{ cm}^3} \times 100\% \\ &= 1,89 \%\end{aligned}$$

### 3.8 Sampel uji tarik orientasi 45° (H)

Diketahui :

$$\begin{aligned}M &= M_k = 20,78 \text{ gr} && (\text{Massa Kering}) \\V &= V_T = 10 \text{ cm}^3 && (\text{Volume Kenaikan}) \\M_b &= 21,02 \text{ gr} && (\text{Massa Basah})\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1 \text{ gr/cm}^3 \quad (\text{Massa Jenis Air})$$

#### a. Densitas (gr/cm<sup>3</sup>)

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{V} \\ \rho &= \frac{20,78 \text{ gr}}{10 \text{ cm}^3} \\ \rho &= 2,08 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

#### b. Penyerapan Air (%)

$$\begin{aligned}\text{Penyerapan Air} &= \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\% \\ &= \frac{21,02 \text{ gr} - 20,78 \text{ gr}}{20,78 \text{ gr}} \times 100\% \\ \text{Penyerapan Air} &= 1,15 \%\end{aligned}$$

#### c. Porositas (%)

$$\begin{aligned}\text{Porositas} &= \frac{M_b - M_k}{\rho_{\text{air}} \times V_T} \times 100\% \\ &= \frac{21,02 \text{ gr} - 20,78 \text{ gr}}{1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 10 \text{ cm}^3} \times 100\% \\ &= 2,40 \%\end{aligned}$$

### 3.9 Sampel uji bending orientasi 0° (1)

Diketahui :

$$\begin{aligned}M &= M_k = 7,36 \text{ gr} && (\text{Massa Kering}) \\V &= V_T = 5 \text{ cm}^3 && (\text{Volume Kenaikan}) \\M_b &= 7,62 \text{ gr} && (\text{Massa Basah}) \\ \rho_{\text{air}} &= 1 \text{ gr/cm}^3 && (\text{Massa Jenis Air})\end{aligned}$$

#### a. Densitas (gr/cm<sup>3</sup>)

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{V} \\ \rho &= \frac{7,36 \text{ gr}}{5 \text{ cm}^3} \\ \rho &= 1,47 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

#### b. Penyerapan Air (%)

$$\begin{aligned}\text{Penyerapan Air} &= \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\% \\ &= \frac{7,62 \text{ gr} - 7,36 \text{ gr}}{7,36 \text{ gr}} \times 100\% \\ \text{Penyerapan Air} &= 3,5 \%\end{aligned}$$

#### c. Porositas (%)

$$\begin{aligned}\text{Porositas} &= \frac{M_b - M_k}{\rho_{\text{air}} \times V_T} \times 100\% \\ &= \frac{7,62 \text{ gr} - 7,36 \text{ gr}}{1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 5 \text{ cm}^3} \times 100\% \\ &= 5,2 \%\end{aligned}$$

### 3.10 Sampel uji bending orientasi 0° (2)

Diketahui :

$$\begin{aligned}M &= M_k = 7,06 \text{ gr} && (\text{Massa Kering}) \\V &= V_T = 5 \text{ cm}^3 && (\text{Volume Kenaikan}) \\M_b &= 7,33 \text{ gr} && (\text{Massa Basah}) \\ \rho_{\text{air}} &= 1 \text{ gr/cm}^3 && (\text{Massa Jenis Air})\end{aligned}$$

#### a. Densitas (gr/cm<sup>3</sup>)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{7,06 \text{ gr}}{5 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 1,41 \text{ gr/cm}^3$$

**b. Penyerapan Air (%)**

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$= \frac{7,33 \text{ gr} - 7,06 \text{ gr}}{7,06 \text{ gr}} \times 100\%$$

$$\text{Penyerapan Air} = 3,8 \%$$

**c. Porositas (%)**

$$\text{Porositas} = \frac{M_b - M_k}{\rho_{\text{air}} \times V_T} \times 100\%$$

$$= \frac{7,33 \text{ gr} - 7,06 \text{ gr}}{1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 5 \text{ cm}^3} \times 100\%$$

$$= 5,4 \%$$

**3.11 Sampel uji bending orientasi 0° (3)**

Diketahui :

$$M = M_k = 7,72 \text{ gr} \quad (\text{Massa Kering})$$

$$V = V_T = 5 \text{ cm}^3 \quad (\text{Volume Kenaikan})$$

$$M_b = 7,75 \text{ gr} \quad (\text{Massa Basah})$$

$$\rho_{\text{air}} = 1 \text{ gr/cm}^3 \quad (\text{Massa Jenis Air})$$

**a. Densitas (gr/cm<sup>3</sup>)**

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{7,72 \text{ gr}}{5 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 1,54 \text{ gr/cm}^3$$

**b. Penyerapan Air (%)**

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$= \frac{7,75 \text{ gr} - 7,72 \text{ gr}}{7,72 \text{ gr}} \times 100\%$$

$$\text{Penyerapan Air} = 3,8 \%$$

**c. Porositas (%)**

$$\text{Porositas} = \frac{M_b - M_k}{\rho_{\text{air}} \times V_T} \times 100\%$$

$$= \frac{7,75 \text{ gr} - 7,72 \text{ gr}}{1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 5 \text{ cm}^3} \times 100\%$$

$$= 6 \%$$

**3.12 Sampel uji bending orientasi 45° (1)**

Diketahui :

$$M = M_k = 7,09 \text{ gr} \quad (\text{Massa Kering})$$

$$V = V_T = 5 \text{ cm}^3 \quad (\text{Volume Kenaikan})$$

$$M_b = 7,68 \text{ gr} \quad (\text{Massa Basah})$$

$$\rho_{\text{air}} = 1 \text{ gr/cm}^3 \quad (\text{Massa Jenis Air})$$

**a. Densitas (gr/cm<sup>3</sup>)**

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{7,09 \text{ gr}}{5 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 1,41 \text{ gr/cm}^3$$

**b. Penyerapan Air (%)**

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$= \frac{7,68 \text{ gr} - 7,09 \text{ gr}}{7,09 \text{ gr}} \times 100\%$$

$$\text{Penyerapan Air} = 0,83 \%$$

**c. Porositas (%)**

$$\text{Porositas} = \frac{M_b - M_k}{\rho_{\text{air}} \times V_T} \times 100\%$$

$$= \frac{7,68 \text{ gr} - 7,09 \text{ gr}}{1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 5 \text{ cm}^3} \times 100\%$$

$$= 1,1 \%$$

**3.13 Sampel uji bending orientasi 45° (2)**

Diketahui :

$$M = M_k = 6,60 \text{ gr} \quad (\text{Massa Kering})$$

$$V = V_T = 5 \text{ cm}^3 \quad (\text{Volume Kenaikan})$$

$$M_b = 7,03 \text{ gr} \quad (\text{Massa Basah})$$

$$\rho_{\text{air}} = 1 \text{ gr/cm}^3 \quad (\text{Massa Jenis Air})$$

**d. Densitas (gr/cm<sup>3</sup>)**

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{6,60 \text{ gr}}{5 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 1,32 \text{ gr/cm}^3$$

**e. Penyerapan Air (%)**

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$= \frac{7,03 \text{ gr} - 6,60 \text{ gr}}{6,60 \text{ gr}} \times 100\%$$

$$\text{Penyerapan Air} = 0,65 \%$$

**f. Porositas (%)**

$$\text{Porositas} = \frac{M_b - M_k}{\rho_{\text{air}} \times V_T} \times 100\%$$

$$= \frac{7,03 \text{ gr} - 6,60 \text{ gr}}{1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 5 \text{ cm}^3} \times 100\%$$

$$= 0,86 \%$$

**3.14 Sampel uji bending orientasi 45° (3)**

Diketahui :

$$M = M_k = 7,07 \text{ gr} \quad (\text{Massa Kering})$$

$$V = V_T = 5 \text{ cm}^3 \quad (\text{Volume Kenaikan})$$

$$M_b = 7,40 \text{ gr} \quad (\text{Massa Basah})$$

$$\rho_{\text{air}} = 1 \text{ gr/cm}^3 \quad (\text{Massa Jenis Air})$$

**g. Densitas (gr/cm<sup>3</sup>)**

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{7,07 \text{ gr}}{5 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 1,41 \text{ gr/cm}^3$$

**h. Penyerapan Air (%)**

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

$$= \frac{7,40 \text{ gr} - 7,07 \text{ gr}}{7,07 \text{ gr}} \times 100\%$$

$$\text{Penyerapan Air} = 0,46 \%$$

**i. Porositas (%)**

$$\begin{aligned}\text{Porositas} &= \frac{M_b - M_k}{\rho_{air} \times V_T} \times 100\% \\ &= \frac{7,40 \text{ gr} - 7,07 \text{ gr}}{1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 5 \text{ cm}^3} \times 100\% \\ &= 0,66 \%\end{aligned}$$

## Dokumentasi Penelitian



