

**PEMANFAATAN SERAT BUAH PINANG SEBAGAI
PENGUAT SUSUNAN ACAK (*RANDOM*) DAN RESIN
POLIESTER SEBAGAI MATRIKS PADA MATERIAL
BIOKOMPOSIT**

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu Teknik
Pada Program Studi Fakultas Teknik Mesin
Universitas Islam Riau*



Disusun Oleh:

ABDUL MUHNI
14.331.0662

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2021

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum, Wr.Wb.

Allhamdulillah, Puji dan syukur kehadiran Allah S.W.T yang selalu melimpah kan rahmat dan hidayah-Nya sehingga kita masih diberi kesehatan, kesempatan dan nikmat iman dan islam, agar penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Sarjana ini sesuai dengan penulis harapkan. Tak lupa pula shalawat berangkai salam kita hadiahkan kepada Nabi Muhammad SAW, berkat perjuangannya kita dapat menikmati ilmu pengetahuan hingga saat ini.

Tugas Akhir Sarjana yang berjudul **“PEMANFAATAN SERAT BUAH PINANG SEBAGAI PENGUAT SUSUNAN ACAK (RANDOM) DAN RESIN POLIESTER SEBAGAI MATRIKS PADA MATERIAL BIOKOMPOSIT”**. Penulisan Tugas Akhir Sarjana ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan kurikulum akademis guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin Universitas Islam Riau. Selain itu penulisan Tugas Akhir Sarjana ini juga bertujuan agar mahasiswa bisa berfikir secara logis dan ilmiah serta bias menuangkan pemikirannya secara sistematis dan terstruktur.

Tugas Akhir Sarjana ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua Orang tua tercinta yakni Bapak Abdul Rahman Umar dan Ibu Suryani. Hidup terasa lebih mudah dan penuh kebahagiaan karena kalian berdua, Terimakasih karena selalu menjaga saya dalam doa-doa Bapak dan Ibu serta selalu membiarkan saya mengejar impian saya apa pun itu
2. Bapak Dr.Eng. Muslim, M.T Selaku Ketua Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
3. Bapak Ir. Syawaldi, M.Sc. Selaku Ketua Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dody Yulianto, S.T., M.T. Selaku pembimbing dan Dosen pengajar di Teknik Mesin , Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
5. Seluruh Dosen pengajar Prodi Teknik Mesin.
6. Rekan satu angkatan Teknik Mesin 2014, terkhusus kelas C Teknik Mesin 2014 yang tak bisa saya sebutkan satu persatu terimakasih persahabatan dari awal hingga akhir masa perkuliahan (Salam Solidarity Forever).
7. Shella Yuliana Zr, S.Kom yang selalu menemani, membantu dan memberi semangat setiap harinya dalam penyelesaian skripsi ini

Semoga apa yang diberikan mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT, Aamiin. Penulis berharap Tugas Akhir Sarjana ini dapat memberikan manfaat dan sumbangan pemikiran khususnya dibidang Teknik Mesin.

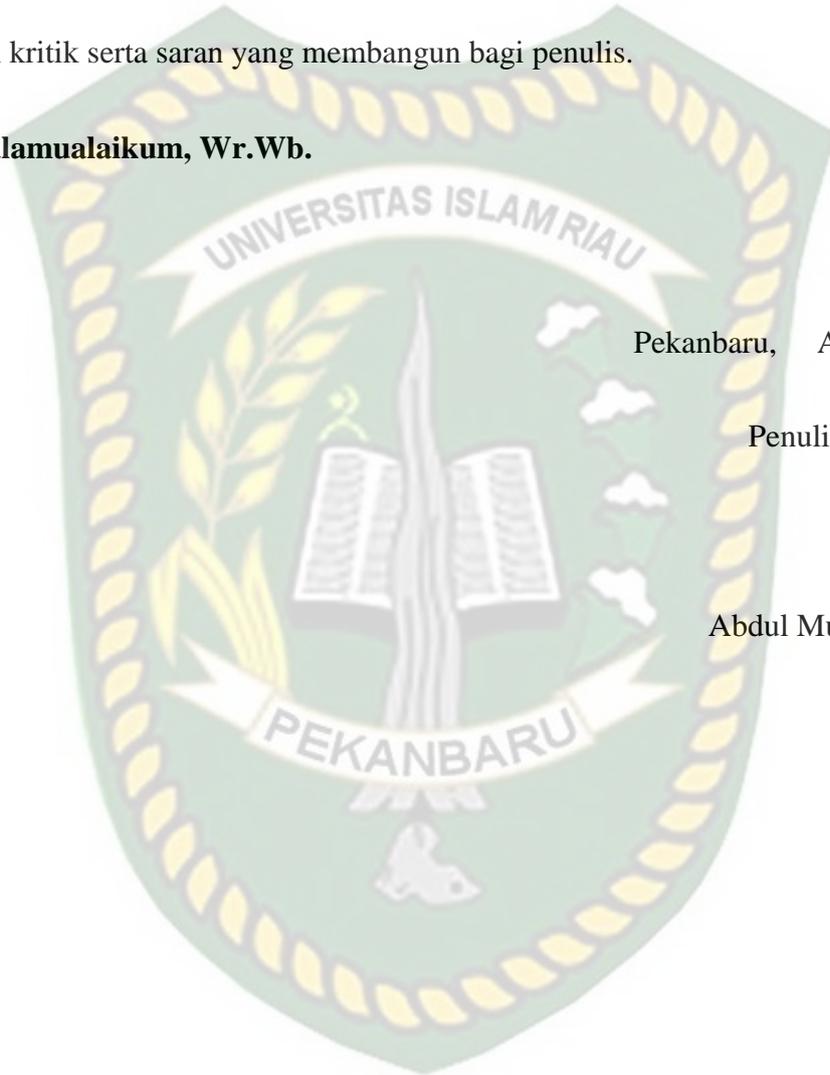
Tugas Akhir Sarjana ini belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, bila ada kekurangan di dalam Tugas Akhir Sarjana ini dapat menjadi pertimbangan bagi penulis-penulis lain agar menjadi sebuah karya tulis yang lebih baik dan mohon kritik serta saran yang membangun bagi penulis.

Wassalamualaikum, Wr.Wb.

Pekanbaru, April 2021

Penulis

Abdul Muhni



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
ABSTRAK	x
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II	7
KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Tumbuhan Buah Pinang	7
2.2 Komposit	9
2.2.1 Klasifikasi Komposit.....	10
2.3 Matriks.....	13
2.3.1 Resin Poliester.....	15
2.4 Bahan Tambahan Penyusun Komposit.....	17
2.4.1 Aditif	17
2.4.2 Katalis atau (<i>Hardener</i>).....	18

2.5	Serat.....	20
2.5.1	Serat Alam.....	21
2.5.1	Serat Sintetis	22
2.6	Sifat Fisis.....	22
2.7	Sifat Mekanis.....	23
2.8	Pengujian Tarik	24
2.8.1	Rumus-Rumus Yang Digunakan	26
2.9	Pengujian Bending	28
2.9.1	Rumus-Rumus Yang Digunakan	31
BAB III	34
METODOLOGI PENELITIAN	34
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	34
3.2	Waktu dan Tempat	35
3.3	Persiapan Penelitian	35
3.3.1	Alat.....	35
3.3.2	Bahan-bahan yang digunakan	42
3.4	Perhitungan Komposisi Komposit.....	44
3.5	Proses Pembuatan.....	49
3.6	Cara Penelitian	50
3.6.1	Uji Tarik.....	50
3.6.2	Uji Bending	52
BAB IV	54
DATA DAN PEMBAHASAN	54
4.1	Hasil Pengujian.....	54
4.1.1	Hasil Pengujian Uji Tarik.....	54

4.1.2	Hasil Pengujian Uji Bending.....	59
4.1.3	Pengujian Mikrostruktur	63
4.2	Pembahasan	65

BAB V	72
--------------------	----

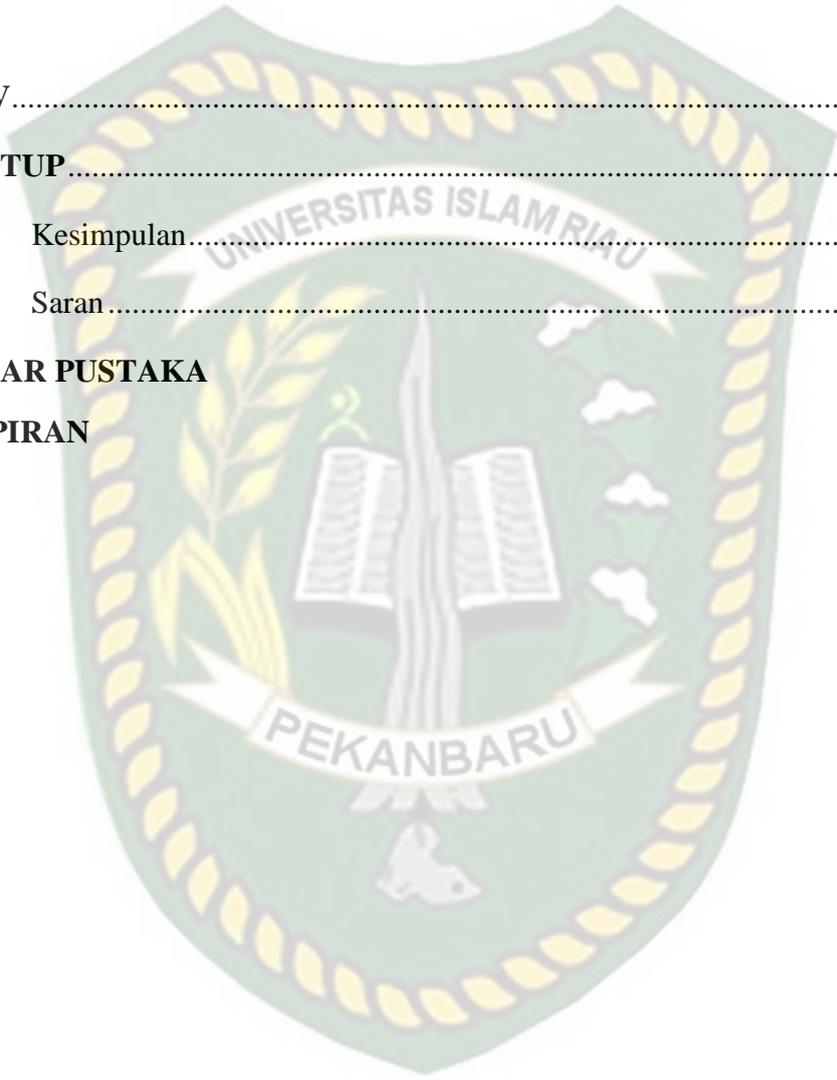
PENUTUP	72
----------------------	----

5.1	Kesimpulan.....	72
-----	-----------------	----

5.2	Saran.....	73
-----	------------	----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	(a). Buah Pinang dan (b). Serat Pinang	7
Gambar 2.2	<i>Continous fiber composite</i>	11
Gambar 2.3	<i>Woven fiber composite</i>	11
Gambar 2.4	<i>Chopped fiber composite</i>	12
Gambar 2.5	<i>Hybrid composite</i>	12
Gambar 2.6	Partikel (a), Fiber (b), dan Struktur(c).....	13
Gambar 2.7	Komposisi Kimia dari asam <i>polycarboxylic</i> Resin Poliester	16
Gambar 2.8	Struktur Kimia Katalis <i>Mepoxe</i>	19
Gambar 2.9	Kurva Uji Tarik	25
Gambar 2.10	<i>Three point bending</i>	31
Gambar 2.11	<i>Four point bending</i>	32
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	34
Gambar 3.2	Timbangan Digital.....	36
Gambar 3.3	Gelas ukur 1000cc	36
Gambar 3.4	Jangka Sorong	37
Gambar 3.5	Cetakan Kaca.....	37
Gambar 3.6	Sarung Tangan Lateks	38
Gambar 3.7	Penggaris	38
Gambar 3.8	Spatula	39
Gambar 3.9	Spuit.....	39
Gambar 3.10	Gerinda	40
Gambar 3.11	<i>Polishing and Grinding Future Tech Corp</i>	40

Gambar 3.12 Mikroskop <i>type</i> Olympus BX53M	41
Gambar 3.12 Uji Tarik dan Uji Bending	41
Gambar 3.14 Serat buah pinang	42
Gambar 3.15 Resin <i>polyester</i> 157 BQTN-EX	42
Gambar 3.16 <i>Release Agent</i>	43
Gambar 3.17 Butiran Alkali	43
Gambar 3.18 Katalis	44
Gambar 3.19 Uji Tarik	51
Gambar 3.20 Pengujian spesimen Uji Tarik (ASTM D638-02)	52
Gambar 3.21 Pengujian spesimen Uji Bending	53
Gambar 4.1 Grafik Tegangan Komposit Serat Buah Pinang	55
Gambar 4.2 Grafik Regangan Komposit Serat Buah Pinang	56
Gambar 4.3 Grafik Modulus Elastisitas Komposit Serat Buah Pinang	59
Gambar 4.4 Grafik Tegangan Komposit Serat Buah Pinang	60
Gambar 4.5 Grafik Defleksi Komposit Serat Pinang	61
Gambar 4.6 Grafik Modulus Elastisitas Komposit Serat Pinang	63
Gambar 4.7 Foto Mikro pada spesimen A perbandingan 30%: 70%	64
Gambar 4.8 Foto Mikro pada spesimen B perbandingan 40%: 60%	64
Gambar 4.9 Foto Mikro pada spesimen C perbandingan 50%: 50%	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Contoh Polimer Thermoplastik dan Thermosetting.....	14
Tabel 2.2 Spesifikasi Unsaturated Poliester Resin Yukalac 157	17
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Uji Tarik.....	55
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Uji Bending.....	60



PEMANFAATAN SERAT BUAH PINANG SEBAGAI PENGUAT SUSUNAN ACAK (*RANDOM*) DAN RESIN POLIESTER SEBAGAI MATRIKS PADA MATERIAL BOKOMPOSIT

Abdul Muhni, Dody Yulianto

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
Jl. Kaharuddin Nasution Km.11 No.113 Perhentian Marpoyan Pekanbaru
Telp.0761-674653 Fax. 0761-674834
Gmail : abdulmuhni1011@gmail.com

Abstrak

Perkembangan ilmu material khususnya dibidang komposit, terus mengalami peningkatan seiring meningkatnya kebutuhan material terhadap suatu produk, pemanfaatan serat pada material komposit diharapkan mampu menjadi alternatif sebagai pengganti material logam maupun non-logam. Salah satu pemanfaatan serat yang diambil adalah serat buah pinang, karena pinang hampir tersebar merata di seluruh Indonesia. Pinang merupakan suatu bahan yang menjanjikan karena tidak mahal, secara bebas tersedia, dan berpotensi sebagai tumbuhan yang menyelesaikan seluruh siklus hidupnya dalam rentang setahun. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat buah pinang terhadap sifat mekanik dan fisis pada bahan resin polyester serta mendapatkan komposit serat pinang dengan persentase serat. Dalam penelitian ini serat buah pinang dilakukan perlakuan perendaman alkali. Sedangkan resin yang digunakan adalah resin poliester ditambahkan dengan campuran katalis. Perbandingan konsentrasi serat dan resin secara acak (*random*) adalah 30% : 70% , 40% : 60% dan 50% : 50%. Tahapan penelitian ini menggunakan metode *hand lay-up*. Pengujian komposit ini, menggunakan pengujian tarik ASTM D-638 dan pengujian bending ASTM D-790. Dari hasil pengujian yang dilakukan, terdapat perbedaan sifat mekanik material komposit serat pinang pada uji tarik dan uji bending. Pada uji tarik, komposit serat pinang dengan perbandingan 50%:50% didapatkan sifat mekanik yang baik karena memiliki kuat tarik, beban maksimum dan modulus elastisitas paling tinggi, yaitu 8,031 MPa, 837,7 N dan 1.036,25 MPa. Sedangkan untuk uji bending, komposit serat pinang dengan perbandingan 50%:50% memiliki beban maksimum 100,03 N dengan defleksi 2,34 mm serta nilai modulus elastisitas sebesar 6.575,3 MPa.

Kata kunci : komposit, serat pinang, resin *polyester*, uji tarik, uji bending

PEMANFAATAN SERAT BUAH PINANG SEBAGAI PENGUAT SUSUNAN ACAK (*RANDOM*) DAN RESIN POLIESTER SEBAGAI MATRIKS PADA MATERIAL BOKOMPOSIT

Abdul Muhni, Dody Yulianto

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
Jl. Kaharuddin Nasution Km.11 No.113 Perhentian Marpoyan Pekanbaru
Telp.0761-674653 Fax. 0761-674834
Gmail : abdulmuhni1011@gmail.com

Abstract

The development of materials science, especially in the field of composites, continues to increase along with the increasing need for material for a product, the use of fiber in composite materials is expected to be an alternative as a substitute for metal and non-metal materials. One of the uses of fiber taken is betel nut fiber, because areca nut is almost evenly distributed throughout Indonesia. Areca nut is a promising material because it is inexpensive, freely available, and has the potential to be a plant that completes its entire life cycle within a year. This study aims to determine the effect of adding betel nut fibers to the mechanical and physical properties of polyester resin and to obtain areca fiber composites with fiber percentages. In this research, betel nut fiber was treated with alkaline immersion. While the resin used is a polyester resin added with a catalyst mixture. The ratio of fiber and resin concentrations randomly (random) is 30%: 70%, 40%: 60% and 50%: 50%. The stages of this research used the hand lay-up method. This composite test uses ASTM D-638 tensile test and ASTM D-790 bending test. From the results of the tests carried out, there are differences in the mechanical properties of the areca fiber composite material on the tensile test and the bending test. In the tensile test, areca fiber composites with a ratio of 50%: 50% obtained good mechanical properties because they have tensile strength, maximum load and the highest modulus of elasticity, namely 8,031 MPa, 837,7 N and 1,036,25 MPa. As for the bending test, the areca fiber composite with a ratio of 50%: 50% has a maximum load of 100.03 N with a deflection of 2.34 mm and a modulus of elasticity of 6,575.3 MPa.

Keywords: composite, areca fiber, polyester resin, tensile test, bending test

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki luas sekitar 9 juta km², dan terletak diapit oleh dua samudera dan dua benua. Indonesia memiliki sekitar 17.500 buah pulau yang terbentang sepanjang 95.181 km garis pantai, oleh karena itu Indonesia menjadi Negara *megabiodiversitas* walaupun hanya memiliki luas 1,3% dari luas bumi (Cecep Kusmana, 2015).

Daratan Indonesia yang sangat luas menjadi tempat yang baik untuk bertumbuhnya flora yang beraneka ragam. Salah satu yang masuk pada daftar keanekaragaman flora Indonesia yaitu *arecaceae* atau yang bisa dikenal dengan pohon palem. *Arecaceae* memiliki beragam jenis, salah satunya adalah *areca cathecu L* atau *areca nut* dan sering disebut pinang di Indonesia. Pohon pinang sering digunakan sebagai ornamen pada perkarangan rumah sedangkan biji dari buah pinang dapat menjadi obat yang berkhasiat mengurangi anemia, fits, lepra, serta cacangan (Orwa *et al*, 2009 : 3).

Selain dapat diolah menjadi bahan obat-obatan, bagian lain dari buah pinang yaitu serabut, mengandung beragam jenis senyawa kimia, diantaranya *cellulose*, *hemi-cellulose*, *lignin*, *pectin*, dan *protopectin*. Sebagian senyawa tersebut merupakan bahan bentuk serat yang baik memiliki peluang untuk di gunakan sebagai bahan penyusun material komposit (Orwa *et al*, 2009 : 3).

Perkembangan ilmu material khususnya dibidang komposit, terus mengalami peningkatan seiring meningkatnya kebutuhan material terhadap suatu produk, pemanfaatan material komposit diharapkan mampu menjadi alternatif sebagai pengganti material logam maupun non-logam, penambahan serat alam terhadap pada komposit bertujuan dapat meningkatkan sifat-sifat mekanik dari komposit yang ramah lingkungan. Serat telah banyak digunakan dalam sektor industri seperti tekstil, *furniture*, produk kertas dan *automotif*.

Maka penelitian ini dilakukn untuk memanfaatkan limbah serat khususnya serat buah pinang yang kurang di maksimalkan pemanfaatannya menjadi bahan penguat komposit (*reinforcement*) dan dibuat komposit dengan pengikat (*matrik*) agar serat buah pinang yang tidak terpakai dapat bermanfaat atas bernilai tambah untuk kehidupan manusia. Demikian dengan serat buah pinang akan bernilai jual dan dapat membantu perekonomian petani pinang tentunya.

Penelitian serat buah pinang sebelumnya pernah dilakukan oleh (Siagian, 2017), yang mempelajari pengaruh penambahan serat buah pinang terhadap sifat mekanis dan sifat fisis bahan campuran Resin epoksi. Penelelitian tersebut menggunakan serat buah pinang dengan variasi yang berbeda yaitu 2%, 4%, 6%, dan 8% berat serat, dimana berat total matriks dikurangkan dengan berat variasi serat.

Dari penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik terbaik dan regangan terbaik pada komposit serat buah pinang dengan berat 2%, yaitu sebesar 3,619 MPa dan regangan 1,814% dengan harga modulus elastisitas

sebesar 18,058 MPa. Pada perbandingan dengan matrks komposit serat buah pinang mengalami penurunan kekuatan tarik dan regangan seiring bertambah banyaknya serat. Namun di sisi lain serat dapat meminimalisir penggunaan resin yang memiliki harga mahal pada resin epoksi. Adapun hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa serat buah pinang memiliki potensi untuk dikembangkan, dan dapat dimanfaatkan bahan dari komoditas komersial lainnya.

Dengan mengacu pada penelitian diatas sebelumnya, maka akan dilanjutkan penelitian dengan menggunakan perbedaan yaitu, penelitian sebelumnya adalah resin *epoxy* digantikan dengan menggunakan resin *polyester*. Resin *polyester* merupakan resin yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi yang menggunakan resin *thermoset*, baik itu secara terpisah maupun dalam bentuk material komposit.

Pada penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan apakah serat pinang dapat dimanfaatkan bahan dalam pembuatan material komposit pada lemari *locker*. Penelitian ini akan dilakukan dengan membuat komposit dengan berbagai campuran berupa perbedaan persentase serat dengan resin *polyester* yang akan digunakan, untuk mendapatkan komposit serat buah pinang dengan persentase dan serat yang memiliki sifat fisis dan mekanis. Adapun besaran yang diukur yaitu uji kekuatan tarik dan uji kekuatan bending.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan diteliti dalam penulisan ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan serat buah pinang terhadap sifat mekanik pada bahan komposit ?
2. Bagaimana cara mendapatkan komposit serat pinang dengan persentase serat dan resin *polyester* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mendapatkan pengaruh penambahan serat pinang terhadap sifat mekanik pada bahan resin *polyester*.
2. Untuk mendapatkan komposit serat pinang dengan persentase serat dan resin *polyester*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah :

1. Pengujian yang dilakukan pada komposit adalah uji tarik dan uji bending.
2. Matriks yang digunakan adalah resin *polyester*.
3. Menggunakan campuran tambahan yaitu Katalis sebagai Hardner .
4. Komposit berpenguat serat dibuat dengan perbandingan konsentrasi serat dan resin poliester, dengan perbandingan 30% : 70% , 40% : 60% , 50% : 50% .
5. Serat buah pinang menggunakan panjang 4 cm dengan susunan acak (random).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah :

1. Sebagai dasar atau acuan dalam pemanfaatan serat buah pinang sebagai pengisi dalam produk komposit.
2. Sebagai bahan perbandingan sifat komposit *polyester* berpengisi serat buah pinang dengan *epoxy* berpengisi serat lain yang telah diteliti sebelumnya.
3. Peningkatan nilai ekonomis serat buah pinang sebagai bahan baru yang berkualitas tinggi.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang di gunakan oleh penulis dalam penyusunan Tugas akhir ini adalah :

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bagian bab ini membahas tentang latar belakang , tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Berisikan landasan teori dari beberapa literature yang mendukung pembahasan tentang studi kasus yang diambil.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memberikan informasi metode yang digunakan penulis dalam pelaksanaan penelitian yaitu tentang diagram alur penelitian,

penyiapan spesimen uji, pembuatan spesimen uji, serta pengujian mekanis serat.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memberikan informasi data-data yang diperlukan dan pembahasan tentang studi kasus yang diteliti oleh penulis.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari data yang sudah diperoleh dan pembahasan dari penulis tentang studi kasus yang diambil.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan literatur - literatur atau referensi - referensi yang diperoleh penulis untuk menunjang penyusunan penelitian.

LAMPIRAN

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tumbuhan Buah Pinang

Tumbuhan Pinang (*Areca catechu L*) merupakan salah satu dari jenis tumbuhan yang memiliki banyak kegunaan antara lain untuk dikonsumsi, bahan industri kosmetika, kesehatan, dan bahan pewarnaan pada industri tekstil (Ihsanurrozi, 2014). Kandungan kimia dari pinang telah diketahui sejak abad ke 18. Dari sekian banyak komponen utama dari biji pinang adalah karbohidrat, lemak, serat, *polyphenol* termasuk *flavonoid* dan *tanin*, *alkaloid* dan mineral (Wael *et al*, 2015).



Gambar 2.1 : (a). Buah Pinang dan (b). Serat buah Pinang

Pinang (*Areca catechu*) adalah tanaman yang sekeluarga dengan kelapa. Salah satu jenis tumbuhan monokotil ini tergolong palem-paleman. Secara rinci, sistematika pinang diuraikan seperti, divisi (*Plantae*), Kelas (*Monokotil*), ordo (*Arecales*), famili (*Areceaceae* atau *Palmae*), Genus (*Areca*), Spesies (*Areca catechu*).

Serat dari buah pinang banyak mengandung bagian berserat keras yang menutupi bagian endosperma yang komposisinya 30-45% dari total volume buah. Serat kulit pinang sebagian besar terdiri dari *hemiselulosa* dan bahan bukan *selulosa*. Serat buah pinang mengandung 13% sampai 24,6% senyawa *lignin*, 35% sampai 64,8% *hemiselulosa*, kandungan abu sebanyak 4,4%, dan sisanya sebanyak 8% sampai 25% kandungan air. Serat berdampingan dengan lapisan dalam yang merupakan kelompok sel yang mengalami lignifikasi secara tidak teratur yang disebut serat keras dan lapisan-lapisan tengah yang mengandung serat lembut.

Serat merupakan bahan utama dalam pembuatan komposit serat. Serat yang digunakan dapat berupa serat alam dan serat buatan (sintetis). Serat alam lebih menguntungkan untuk dikembangkan bila dibandingkan dengan serat sintetis, karena serat alam mudah ditemukan, mempunyai nilai ekonomis dan bersifat biodegradable. Dalam pembuatan komposit, Serat alam tidak hanya berfungsi untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan saja tetapi juga dapat mengurangi berat material komposit yang dihasilkan. Sifat fisik yang dimiliki tergantung pada sumber serat yang digunakan. Dalam rangka meningkatkan kekuatan komposit, perlu dilakukan modifikasi pada matrik satau penguatnya (Hapiz *et al*, 2018).

2.2 Komposit

Menurut (Kaw, 1997) Komposit berasal dari kata kerja “ *to compose* ” yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana komposit merupakan penggabungan dari dua atau lebih bahan atau material yang dikombinasikan menjadi satu, dalam skala makroskopis, sehingga menjadi satu kesatuan (Surya & Suhendar, 2016).

Komponen pertama disebut matrik, yang berfungsi sebagai pengikat. Matriks dalam suatu komposit berperan untuk mempertahankan posisi dan orientasi serat serta melindunginya dari pengaruh lingkungan. Sedangkan komponen yang kedua disebut dengan *reinforcement* yang memiliki fungsi untuk memperkuat bahan komposit secara keseluruhan. *Reinforcement* atau penguat harus memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi dari pada komponen matriksnya. Sehingga melalui pencampuran kedua material yang berbeda tersebut maka akan membentuk material baru yaitu komposit yang mempunyai sifat mekanik dan sifat yang diinginkan dari material pembentuknya.

Dalam perkembangannya, serat yang digunakan tidak hanya serat sintetis (*fiber glass*) tetapi juga serat alami (*natural fiber*). Menurut (Munandar, 2013:52) komposit serat alam memiliki keunggulan lain bila dibandingkan dengan serat gelas, komposit serat alam sekarang banyak digunakan karena jumlahnya banyak, lebih ramah lingkungan karena mampu terdegradasi secara alami, harganya pun lebih murah dibandingkan serat gelas (Muhajir *et al*, 2016)

Unsur utama penyusun komposit adalah serat, serat merupakan penentu sifat komposit seperti kelakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanis yang lain.

2.2.1 Klasifikasi Komposit

Jenis – jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakan, yaitu :

2.2.1.1 Komposit Serat (*Fibrous Composite*)

Komposit serat (*fibrous Composite*) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau *fiber*. *Fiber* yang digunakan bias berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, aramid (*poly aramide*), dan sebagainya. Komposit dibentuk dari dua jenis material berbeda, yaitu:

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

Serat atau *fiber* ini biasa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bias juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.

Komposit berpenguat serat dibedakan menjadi beberapa bagian antara lain :

1. *Continuous fiber composit*

Menurut (Gibson R. F, 1994) Kekuatan komposit serat alam dapat ditingkatkan dengan dua cara yaitu dengan memberikan perlakuan kimia serat atau dengan penambahan *coupling agent* (Wardani, 2015) .

Komposit yang diperkuat dengan serat secara berurutan (*continuous*) memiliki susunan serat panjang dan lurus membentuk lamina diantara matriksnya (Dantes *et al*, 2018).

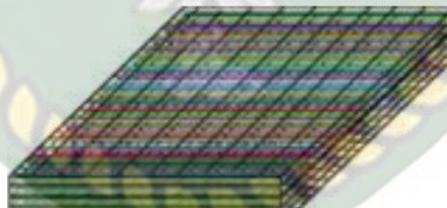


Gambar 2.2 : *Continous fiber composite*

Sumber : Gibson, 1994

2. *Woven fiber composite*

Komposit yang diperkuat dengan serat anyaman dan komposit ini tidak terpengaruh pemisahan antar lapisan, akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan serta kekauannya tidak sebaik tipe *continuous fiber* (Dantes *et al*, 2018).

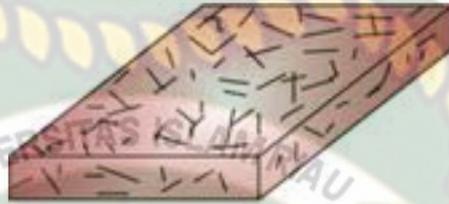


Gambar 2.3 : *Woven fiber composite*

Sumber : Gibson, 1994

3. *Chopped fiber Composite*

Komposit yang diperkuat dengan serat yang dipotong pendek atau disusun secara acak (Dantes *et al*, 2018).

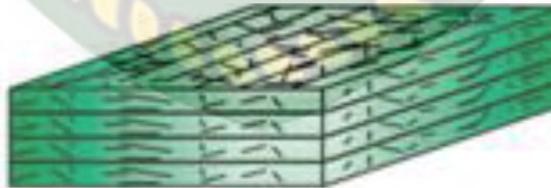


Gambar 2.4 :*Chopped fiber composite*

Sumber : Gibson, 1994

4. *Hybrid composite*

Komposit yang diperkuat dengan beberapa gabungan serat yaitu serat secara continuous dengan serat secara acak. Pertimbangannya agar dapat meminimalisir kekurangan sifat dan kedua tipe dan menggabungkannya menjadi satu (Dantes *et al*, 2018).



Gambar 2.5 :*Hybrid composite*

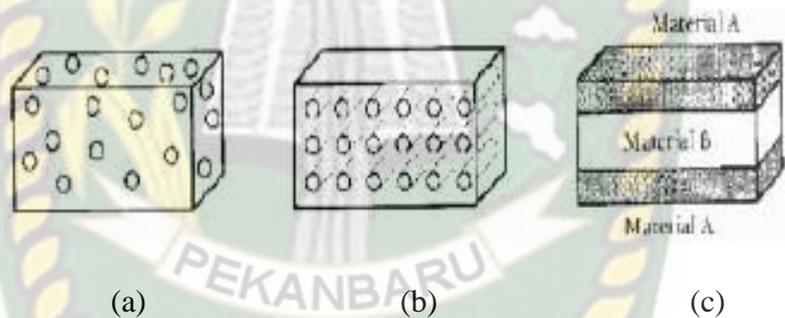
Sumber : Gibson, 1994

2.2.1.2 Komposit Lapis (*Laminates Composite*)

Laminated composite, yaitu komposit yang berlapis-lapis, paling sedikit terdiri dari dua lapis yang digabung menjadi satu, dimana setiap lapisan pembentuk memiliki karakteristik sifat tersendiri. Terdiri dari berbagai arah serat. *Polywood*, yang terdiri dari layer alternatif berupa kayu mengandung lem dengan layer serat kayu yang tegak lurus layer terdekat.

2.2.1.3 Komposit partikel (*Particulate Composite*)

Particulate composite, yaitu komposit dengan penguat berupa partikel atau serbuk yang tersebar pada semua luasan dan segala arah dari komposit.



Gambar 2.6 : Partikel (a), Fiber (b), dan Struktur(c)

Sumber : Fajri *et al*, 2013

2.3 Matriks

Menurut (Sabuin *et al*, 2015:70) Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Dalam komposit terdapat dua atau lebih fase yang dipisahkan oleh lapisan pembatas, lapisan ini penting untuk membedakan material penyusunnya. Fungsi matriks adalah untuk mendukung dan mengikat reinforcement, meneruskan beban antar *reinforcement*, dan melindungi *reinforcement* dari perubahan eksternal. Umumnya matriks yang

dipilih adalah matriks yang memiliki ketahanan panas yang tinggi. Sebagai bahan penyusun utama dari komposit, matriks harus mengikat serat secara optimal agar beban yang diterima dapat diteruskan oleh serat secara maksimal sehingga diperoleh kekuatan yang tinggi (Ramadhani, 2015).

Menurut (Callister, 2010) adapun berdasarkan sifat termal polimer dibagi menjadi dua, *thermoplastic* (termoplastik) dan *thermosetting*. *Thermoplastic* memiliki sifat yang melunak ketika dipanaskan dan mengeras ketika didinginkan, sebuah proses yang *reversible* dan dapat berulang. Berbeda dengan polimer *thermoset* yang menjadi keras secara permanen ketika pembentukannya, dan tidak melunak pada pemanasan (Syafii *et al*, 2016).

Berikut ini adalah tabel 2.1 contoh polimer *thermoplastic* dan *thermosetting* sebagai berikut:

Tabel 2.1 Contoh Polimer Thermoplastik dan Thermosetting

Type and Polymer	Symbol	Crystallinity	Glass transition temp, T_g , °C	Max use temp, °C
<i>Thermosets:</i>				
Polyester	PE	no	80 -100	50
Epoxy	Ep	no	120-180	150
Phenolic	Ph	no	130-180	200
Bismaleimide	BMI	no	180-200	220
Polyimide	PI	no	300-330	280
<i>Thermoplasts:</i>				
Polyamide (Nylon)	PA	yes	80	125
Poly(phenylene sulphide)	PPS	yes	100	260
Poly(ether ether ketone)	PEEK	yes	143	250
Polycarbonate	PC	no	145	125
Polysulphone	PS	no	190	150
Poly(ether imide)	PEI	no	210	170
Poly(ether sulphone)	PES	no	230	180
Thermoplastic polyimide	TPI	no	270	240

Sumber : Kamagi, 2017

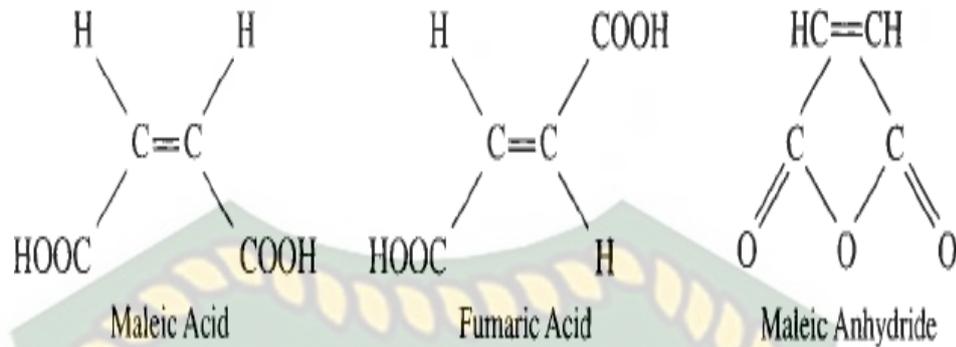
Menurut (Harris, 1999) Beberapa polimer stabil secara termal jika dibandingkan dengan logam atau keramik bahkan menjadi yang paling stabil, contohnya seperti *polyimides*, atau *poly-ether-ether-ketone* (dikenal sebagai

PEEK) terdegradasi oleh temperature diatas 300°C , seperti yang diilustrasikan pada Tabel 2.1. tidak ada satupun bahan penguat yang dapat melawan degradasi secara kimia, tetapi penghubungan jatuh pada kekuatan dan bertambahnya deformasi ketergantungan waktu (mulur atau laju elastis), fitur yang biasanya terdapat pada semua polimer, resin dengan sistem rangkaian silang lebih rendah dari *termoplastic* yang dapat di kurangi dengan bahan penguat serat. Masalah yang lebih serius dari polimer adalah kekuatan dan kekakuan mekanis yang sangat rendah dalam bentuk pejal dan seperti logam kelemahan plastik yaitu keuletan tetapi kelebihan terdapat pada kegetasan (Kamagi, 2017).

2.3.1 Resin *Polyester*

Unsaturated Polyester (UP) merupakan jenis resin *thermoset*. Resin UP memilikisifat encer dan fluiditasnya baik sehingga dapat diaplikasikan mulai dari proses *hand lay up* yang sederhana sampai dengan proses yang kompleks. Resin *polyester* merupakan resin termoset (*thermosetting*) yang paling sering digunakan dalam pembuatan komposit. Banyaknya penggunaan resin ini didasarkan pada pertimbangan harga relatif murah, *curing* cepat, warna jernih, dan mudah penanganannya.

Untuk resin (matriks) yang akan saya gunakan yaitu resin poliester karena mempunyai ketahanan kimia yang baik, pada umumnya kuat terhadap asam dan tahan terhadap panas yang cukup baik. Resin ini berupa cairan dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengeseran seperti banyak resin *thermoset* lainnya.



Gambar 2.7 : Komposisi Kimia dari asam *polycarboxylic* Resin Poliester

Sumber : Bramantyo Amar, 2008

Maleic anhydride diperoleh dengan cara melakukan pencampuran uap benzene dengan udara menggunakan katalis (*e.g. vanadium*) pada temperatur tinggi (450 °C). Sedangkan *fumaric*, yang merupakan *trans - isomer* dari *maleic*, dapat diperoleh dengan memberikan perlakuan panas terhadap asam maleic, dengan atau tanpa katalis. Asam *fumaric* terkadang lebih dipilih sebagai material pembentuk *unsaturated polyester* karena penggunaannya menyebabkan resin menjadi lebih tahan korosi, lebih terang dan ketahanan panas meningkat cukup signifikan.

Sifat-sifat dari resin *polyester* adalah memiliki permukaan yang halus mengkilat, titik leleh yang relatif tinggi, maka bahan ini unggul dalam kestabilan dimensi karena serapan airnya dan koefisien ekspansi termalnya rendah. Keunggulan resin *polyester* antara lain yaitu harganya yang relatif murah, dan mudah diproses.

Spesifikasi dari resin *polyester* yang digunakan pada pembuatan papan komposit ini dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.2 Spesifikasi Unsaturated Poliester Resin Yukalac 157 BQTN-EX

Item	Satuan	Nilai Tipikal	Catatan
Berat jenis	-	1,215	25 °C
Kekerasan	-	40	
Suhu distorsi panas	°C	70	
Penyerapan air	%	0,188	24 Jam
Suhu ruang	%	0,466	7 hari
Kekuatan Fleksural	Kg/mm ²	9,4	
Modulus Fleksural	Kg/mm ²	300	
Daya rentang	Kg/mm ²	5,5	
Modulus rentang	Kg/mm ²	300	
Elongasi	%	2,1	

Sumber : Roziqin et al, 2017

2.4 Bahan Tambahan Penyusun Komposit

Selain bahan pengikat dan bahan penguat, material komposit juga tersusun dari beberapa bahan tambahan lainnya. Bahan tambahan tersebut memiliki berbagai fungsi sesuai dengan jenisnya yaitu:

2.4.1 Aditif

Berupa bahan tambahan yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan proses atau untuk mengubah kualitas dan sifat produk dengan menambahkan

bahan tersebut pada bahan pokok yaitu *polyester* (resin). Bahan aditif yang biasa dipakai adalah :

a. Pewarna atau *Pigmen*

Disamping untuk memberikan nilai estetis yang tinggi dengan mewarnai hasil produk yang berfungsi untuk melindungi dari pengaruh sinar karena mampu menyerap dan memantulkan jenis sinar tertentu.

b. Pengisi atau *filler*

Filler merupakan material dapat yang ditambahkan pada polymer dan biasanya dalam bentuk partikel atau serat untuk mengubah sifat-sifat mekaniknya atau untuk mengurangi harga material. Alasan yang lain dalam penggunaan *filler* adalah untuk memperbaiki stabilitas bentuk dan panas. Contoh pengisi yang digunakan dalam polymer yaitu, serat selulosik dan bedak (*powder*), bedak silica dan kalsium karbonat.

2.4.2 Katalis atau (*Hardener*)

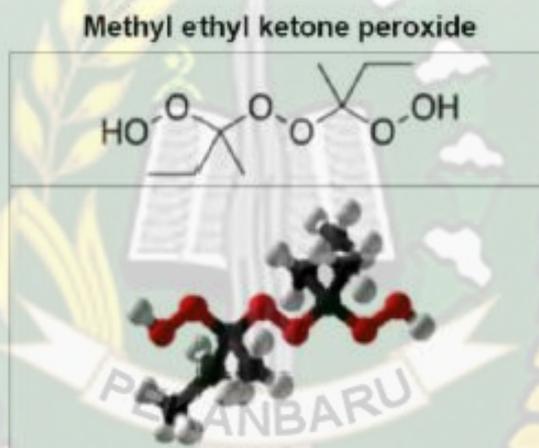
Katalis Adalah bahan yang memungkinkan terjadinya proses *curing*, yaitu proses pengerasan terhadap resin. *Hardener* ini terdiri dari dua bahan yaitu katalisator dan *accelerator*. *Katalisator* dan *accelerator* akan menimbulkan panas, pengaruh panas ini diperlukan untuk mempercepat proses pengeringan sehingga bahan menjadi kuat. Namun apabila panasnya terlalu tinggi maka akan merusak ikatan antar molekul dan juga akan merusak seratnya.

a. *Katalisator*

Katalisator adalah bahan yang mempercepat terbukanya ikatan rangkap molekul polimer kemudian akan terjadi pengikatan antar molekul -molekulnya.

b. *Accelerator*

Accelerator adalah bahan yang mempercepat terjadinya ikatan-ikatan yang diantara molekul yang sudah mempunyai ikatan tunggal dan untuk mempercepat proses pengerasan.



Gambar 2.8 : Struktur Kimia Katalis *Mepoxe*

Sumber : Syafii *et al*, 2016

Bahan tambahan utama adalah katalis (*hardener*).Katalis merupakan zat *curing* (mengeraskan cairan resin) bagi sistem perekat. Pengeras bergabung secara kimia dengan bahan rekatannya. Pengeras berupa *monomer*, *polimer* atau senyawa campuran.Katalis juga dipergunakan sebagai zat curing bagi resin thermoset, mempersingkat waktu curing dan meningkatkan waktu silang polimernya. Semakin banyak katalis, reaksi curing akan semakin cepat. Tetapi kelemahan katalis akan menimbulkan panas yang tinggi pada saat curing sehingga

akan merusak produk yang dibuat. Katalis yang digunakan dalam penelitian ini memiliki senyawa *MEKPO* yaitu senyawa *Metyl Etyl Keton Peroksida* yang berfungsi untuk memudahkan saat pelepasan komposit dari cetakan.

2.5 Serat

Menurut (Sabuin *et al*, 2015:70) Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit, sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matriks akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum (Sebagai *et al.*, 2015).

Serat merupakan bahan yang kuat, kaku, dan getas. Karena serat yang terutama menahan gaya luar, ada dua hal yang membuat serat menahan gaya yaitu:

1. Perekatan (*bonding*) antara serat dan matriks (*intervarsial bonding*) sangat baik dan kuat sehingga tidak mudah lepas dari matriks (*debonding*).
2. Kelangsingan (*aspec ratio*) yaitu perbandingan antara panjang serat dengan diameter serat cukup besar.

Serat ditandai oleh modulus dan kekuatannya yang sangat tinggi, elongasi (daya rentang yang baik), stabilitas panas yang baik, kemampuan untuk diubah menjadi filamen–filamen dan sejumlah sifat–sifat lain yang bergantung pada penggunaan.

Sifat mekanik komposit sangat dipengaruhi oleh orientasi seratnya, komposit bisa bersifat *quasi-isotropic* ketika digunakan serat pendek yang diorientasikan secara acak, *anisotropic* ketika digunakan serat panjang yang diorientasikan pada beberapa arah, atau *orthotropic* ketika digunakan serat panjang yang diorientasikan terutama pada arah yang saling tegak lurus.

Serat secara umum terdiri dari dua jenis serat, yaitu serat alami dan serat sintetis :

2.5.1 Serat Alam

Serat alam adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari alam. Biasanya berupa serat yang dapat langsung diperoleh dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Serat yang banyak digunakan oleh manusia diantaranya adalah kapas, wol, sutera, pelepah pisang, sabut kelapa, ijuk, bambu, nanas dan kenaf atau goni. Salah satu serat yang terbaru adalah serat buah pinang.

Menurut (Chandrabakty, 2011) terdapat beberapa alasan menggunakan serat alam sebagai penguat komposit sebagai berikut :

- a. Lebih ramah lingkungan dan *biodegradable* dibandingkan dengan serat sintetis.
- b. Berat jenis serat alam lebih kecil.
- c. Memiliki rasio berat-modulus lebih baik dari serat *E-glass*.
- d. Komposit serat alam memiliki daya redam akustik yang lebih tinggi dibandingkan komposit serat *E-glass* dan serat karbon.
- e. Serat alam lebih ekonomis dari serat *glass* dan serat karbon. (Manurung *et al*, 2003).

2.5.2 Serat Sintetis

Serat sintetis adalah serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu. Serat sintetis mempunyai beberapa kelebihan yaitu sifat dan ukurannya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama sepanjang serat. Serat sintetis atau serat yang dibuat oleh manusia umumnya dibuat menggunakan bahan petrokimia, yaitu bahan kimia apapun yang diperoleh dari bahan bakar fosil. Ini termasuk bahan bakar fosil yang telah dipurifikasi seperti metana, propana, butana, bensin, minyak tanah, bahan bakar disel, bahan bakar pesawat, dan juga termasuk berbagai bahan kimia untuk pertanian seperti pestisida, herbisida, pupuk, dan bahan-bahan seperti plastik, aspal, dan bahan serat buatan lainnya. Tetapi ada juga serat sintetis yang dibuat dari *selulosa* alami seperti rayon. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain serat gelas, serat karbon, kevlar, nilon, dan lain-lain.

2.6 Sifat Fisis

Sifat fisis adalah sifat yang berhubungan dengan perubahan fisis zat itu. Sifat fisis dapat digunakan untuk menerangkan penampilan sebuah benda. Sifat – sifat yang tergolong sifat fisis adalah :

- a. Warna, berhubungan dengan panjang gelombang yang dipantulkan oleh permukaan zat.
- b. Bau, berhubungan dengan gas atau uap yang dikeluarkan oleh zat.
- c. Kerapatan, banyaknya masa per satuan volume, dinyatakan dalam g/ml. Harga kerapatan identik dengan harga masa jenis.

- d. Titik didih, suhu terendah suatu zat cair ketika mulai mendidih.
- e. Titik lebur, suhu terendah suatu zat padat ketika mulai melebur.
- f. Titik beku, suhu terendah suatu zat padat ketika mulai membeku.
- g. Daya hantar, berhubungan dengan kemampuan suatu zat untuk menghantarkan panas atau arus listrik.
- h. Kelarutan berhubungan dengan kemampuan suatu zat untuk melarut dalam suatu pelarut.
- i. Kekerasan berhubungan dengan keras lunaknya suatu zat.

2.7 Sifat Mekanis

Sifat mekanis adalah sifat yang menyatakan kemampuan suatu bahan atau komponen untuk menerima beban atau gaya tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan komponen tersebut. Sifat – sifat yang tergolong sifat mekanis adalah :

a. Kegetasan

Sifat ini menunjukkan tidak ada deformasi plastis sebelum bahan memperburuk.

b. Ketangguhan

Sifat ini memiliki keistimewaan yaitu mampu menahan beban terdampak tinggi atau beban kejut. Pengukuran ketangguhan ditentukan berdasarkan luasan dibawah kurva tegangan regangan dari titik asal hingga titik patah.

c. Kekuatan

Sifat material ini ditentukan berdasarkan tegangan terbesar saat material mampu renggang sebelum akhirnya rusak.

d. Keuletan

Sifat keuletan ini memiliki kemampuan deformasi terhadap beban tarik sebelum akhirnya patah.

e. Kekakuan

Sifat ini memiliki kemampuan renggang pada tegangan tinggi dengan tidak diikuti regangan yang besar.

f. Elastisitas

Sifat ini adalah sifat yang dimana bahan dapat kembali ke dimensi awal yang dilepas atau dihilangkan.

g. Kelenturan

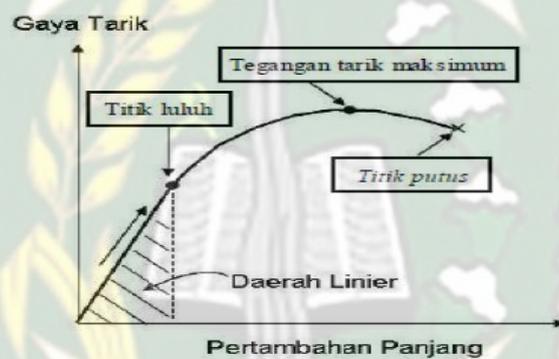
Sifat ini ditandai dengan kemampuan material dalam menerima beban benturan yang tinggi tanpa di lebih-lebihkan pada batas elastis.

2.8 Pengujian Tarik

Menurut (Askeland, 1985) Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan atau material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu (Wardani, 2015).

Untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan, tentu kita harus mengadakan pengujian terhadap bahan tersebut. Ada empat jenis uji coba yang biasa dilakukan, yaitu uji tarik (*tensile test*), uji tekan (*compression test*), uji torsi (*torsion test*), dan

uji geser (*shear test*). Dari beberapa pengujian diatas uji tarik mungkin adalah carapengujian bahan yang paling mendasar. Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia, misalnya di Amerika dengan ASTM D638-02. Bila kita terus menarik suatu bahan sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap yang berupa kurva seperti digambarkan pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 : Kurva Uji Tarik

Sumber : Siregar *et al*, 2017

Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Profil ini sangat diperlukan dalam desain yang memakai bahan tersebut.

Pada uji tarik biasanya yang menjadi fokus perhatian adalah data kemampuan maksimum bahan yang diuji dalam menahan beban. Kemampuan ini “*Ultimate Tensile Strength*” disingkat dengan UTS, dalam bahasa Indonesia disebut tegangan tarik maksimum. Dari sinilah kita bisa memperoleh informasi mengenai *tensile strength*, regangan, dan modulus elastisitas. Selain itu, kita bias mendapatkan data berupa grafik tegangan-regangan. Data-data inilah yang kemudian menjadi acuan penentuan besaran kekuatan material komposit.

Jenis alat uji Tarik seperti memiliki banyak ragam bentuk dan ukuran, namun pada umumnya jenis yang digunakan adalah alat uji Tarik satu arah (*uniaxial*). Secara umum, bagian-bagian utama alat uji Tarik terbagi sesuai dengan fungsinya yaitu rangka, mekanisme pencengkaman specimen, system penarik dan system pengukur. Prosedur pengujian Tarik pun secara umum sama, hanya saja pada acara pengoperasian alat uji Tarik yang mungkin sedikit berbeda.

2.8.1 Rumus-Rumus Yang Digunakan

Dalam proses awal pembuatan komposit hingga pengujian Tarik terdapat rumus kajian tematik yang digunakan. Rumus atau persamaan-persamaan tersebut akan dijabarkan dibawah ini :

1. Perhitungan Densitas Serat (ρ)

Perhitungan densitas merujuk pada persamaan. Persamaan tersebut menunjukkan pembagian massa terhadap volume. Volume serat didapat dengan mengisi serat kedalam wadah, lalu serat beserta wadah ditimbang menggunakan timbangan analitik.

Rumus yang digunakan adalah :

$$\rho \left(\frac{g}{cm^3} \right) = \frac{M_1 M_2}{V} \quad (2.1)$$

Atau, jika tidak menggunakan wadah, persamaan dapat disederhanakan menjadi seperti :

$$\rho \left(\frac{g}{cm^3} \right) = \frac{M}{V} \quad (2.2)$$

Keterangan :

- M_o = Berat Wadah
- M_1 = Berat serat beserta wadah
- V = Volume isi wadah
- M = Masa Benda

2. Perhitungan Tegangan

Tegangan merupakan nilai rata-rata tegangan yang diberikan pada benda uji selama proses pengujian Tarik berlangsung. Tegangan teknis diperoleh dengan membagi beban maksimum dengan luas penampang awal spesimen uji.

Rumus yang digunakan adalah :

$$\sigma \left(\frac{N}{mm^2} \right) = \frac{F}{A_0} \quad (2.3)$$

Keterangan :

- F = Gaya
- A_0 = Luas Penampang Awal

3. Perhitungan Regangan

Regangan merupakan nilai regangan linear rata-rata yang diterima oleh benda uji. Nilai tersebut diperoleh dari hasil pembagian antara perpanjangan benda uji dengan panjang awal dan sering dinyatakan dengan nilai persen. Perpanjangan benda uji didapat dari pengurangan panjang akhir setelah putus dengan panjang awal sebelum dilakukan pengujian.

Rumus yang digunakan adalah :

$$\varepsilon (mm) = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L_1 - L_0}{L_0} (100\%) \quad (2.4)$$

Keterangan :

ΔL = Perpanjangan benda uji

L_0 = Panjang awal

L = Panjang akhir

4. Perhitungan modulus elastisitas

Modulus elastisitas secara ekperimental dapat dihitung dengan membagi nilai tegangan dengan regangan.

Rumus yang digunakan adalah :

$$\text{modulus elastisitas} = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.5)$$

Keterangan :

σ = Tegangan Tarik

ε = Regangan Tarik

2.9 Pengujian Bending

Uji *bending* adalah suatu proses pengujian material dengan cara di tekan, untuk mendapatkan hasil berupa data tentang kekuatan lengkung (*bending*) suatu material yang di uji. Proses pengujian *bending* memiliki 2 macam pengujian, yaitu *3 point bending* dan *4 point bending*.

Alat uji *bending* adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengujian kekuatan lengkung (*bending*) pada suatu bahan atau material. Pada umumnya alat

uji *bending* memiliki beberapa bagian utama, seperti: rangka, alat tekan, *point bending* dan alat ukur. Rangka berfungsi sebagai penahan gaya balik yang terjadi pada saat melakukan uji *bending*. Rangka harus memiliki kekuatan lebih besar dari kekuatan alat tekan, agar tidak terjadi kerusakan pada rangka pada saat melakukan pengujian. Alat tekan berfungsi sebagai alat yang memberikan gaya tekan pada benda uji pada saat melakukan pengujian. Alat penekan harus memiliki kekuatan lebih besar dari benda yang di uji (ditekan). *Point bending* berfungsi sebagai tumpuan benda uji dan juga sebagai penerus gaya tekan yang dikeluarkan oleh alat tekan. Panjang pendek tumpuan *point bending* berpengaruh terhadap hasil pengujian. Alat ukur adalah suatu alat yang menunjukkan besarnya kekuatan tekan yang terjadi pada benda uji.

Untuk melakukan uji *bending* ada factor dan aspek yang harus dipertimbangkan dan dimengerti yaitu :

1. Tekanan (*p*)

Tekanan adalah perbandingan antara gaya yang terjadi dengan luasan benda yang dikenai gaya. Besarnya tekanan yang terjadi dipengaruhi oleh dimensi benda yang di uji. Dimensi mempengaruhi tekanan yang terjadi karena semakin besar dimensi benda uji yang digunakan maka semakin besar pula gaya yang terjadi. Selain itu alat penekan juga mempengaruhi besarnya tekanan yang terjadi. Alat penekan yang digunakan menggunakan system hidrolik.

Rumus yang digunakan adalah :

$$p = \frac{F}{A} \tag{2.6}$$

Keterangan :

p = Tekanan (Kg/cm^2)

F = Gaya (Kg)

A = Luas penampang (m^2)

$$P = \frac{p \times Q}{600} \quad (2.7)$$

Ketereangan :

P = Daya

p = Tekanan

Q = Laju aliran

2. Benda uji

Benda uji adalah suatu benda yang di uji kekuatan lengkungnya dengan menggunakan alat uji *bending*. Jenis material benda uji yang digunakan sebagai benda uji sangatlah berpengaruh dalam pengujian *bending*. Karena tiap jenis material memiliki kekuatan lengkung yang berbeda-beda, yang nantinya berpengaruh terhadap hasil uji *bending* itu sendiri.

3. *PointBending*

Point bending adalah suatu sistem atau cara dalam melakukan pengujian lengkung (*bending*). *Point bending* ini memiliki 2 tipe, yaitu: *three point bending* dan *four point bending*.

Perbedaan dari kedua cara pengujian ini hanya terletak dari bentuk dan jumlah *point* yang digunakan, *three point bending* menggunakan 2 *point* pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan 1 *point* pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan sedangkan *four point bending* menggunakan 2 *point*

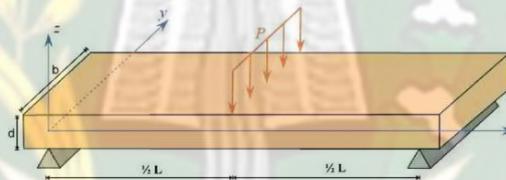
pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan 2 *point* (penekan) pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan.

2.9.1 Rumus – rumus yang digunakan

Dalam proses awal pembuatan komposit hingga pengujian bending terdapat rumus kajian tematik yang digunakan. Rumus atau persamaan-persamaan tersebut akan dijabarkan dibawah ini :

a. *Three Point Bending*

Three point bending adalah cara pengujian yang menggunakan 2 tumpuan dan 1 penekan.



Gambar 2.10 : *Three point bending*

Sumber : Yusuf, 2019

Rumus yang digunakan :

$$\sigma_f = \frac{3 PL}{2 b d^2} \quad (2.8)$$

Keterangan :

σ_f = Tegangan Lengkung (kg/mm^2)

P = Beban ata gaya yang terjadi (kg)

L = Jarak *point* (mm)

b = Lebar benda uji (mm)

d = Ketebalan benda uji (mm)

Modulus Elistisitas, rumus yang digunakan :

$$E_b = \frac{1}{4} \times \frac{L^3}{bd^3} \times \frac{P}{\delta} \quad (2.9)$$

Keterangan :

E_b = Modulus Elastisitas bending (kg/mm)

L = Panjang specimen (mm)

b = Lebar specimen (mm)

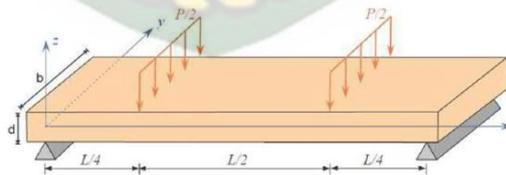
d = Tebal specimen (mm)

P = Gaya yang diterima benda (kg)

δ = Defleksi setelah dikenai gaya (mm)

b. *Four Point Bending*

Four point bending adalah cara pengujian yang menggunakan 2 tumpuan dan 2 penekan.



Gambar 2.11: *Four point bending*

Sumber : Yusuf, 2019

Rumus yang digunakan :

$$\sigma_f = \frac{3 PL}{2 b d^2} \quad (2.10)$$

Keterangan :

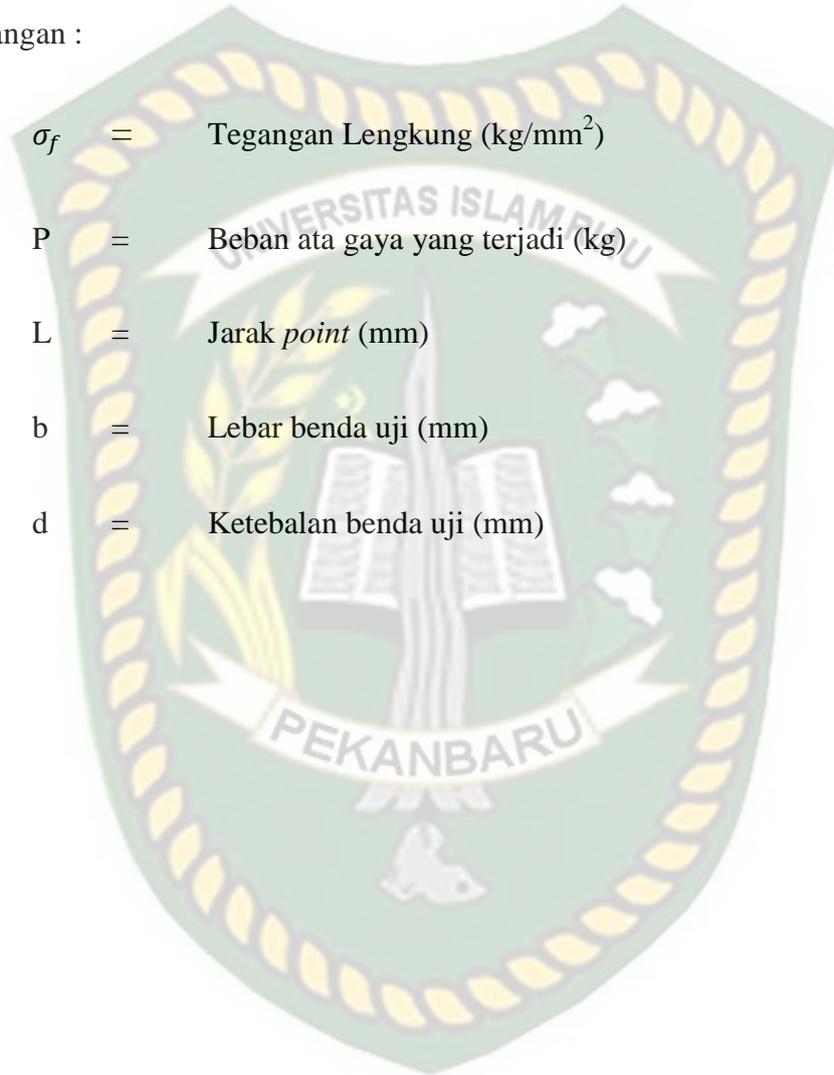
σ_f = Tegangan Lengkung (kg/mm^2)

P = Beban atau gaya yang terjadi (kg)

L = Jarak *point* (mm)

b = Lebar benda uji (mm)

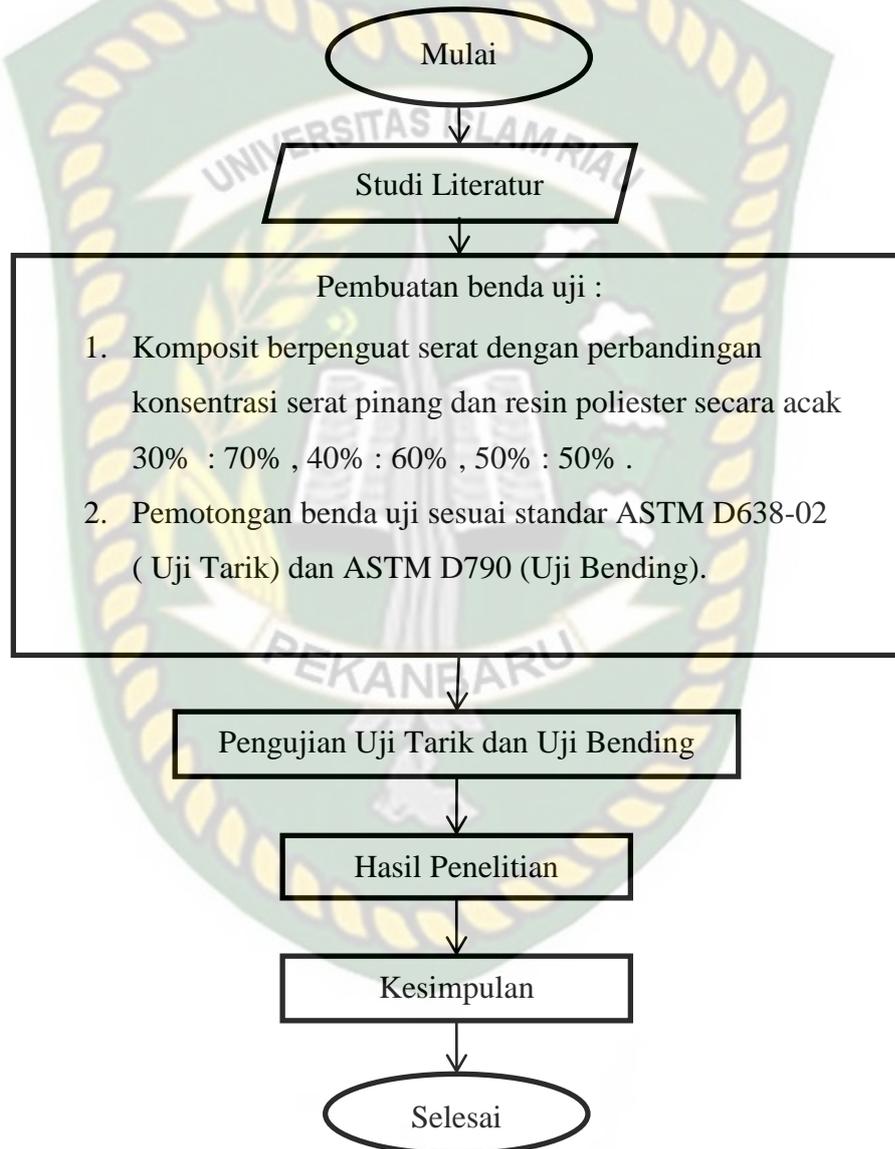
d = Ketebalan benda uji (mm)



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 : Diagram Alir Penelitian

3.2 Waktu dan Tempat

1. Waktu penelitian akan dilakukan dan direncanakan maksimal 2 bulan, terhitung dari bulan Oktober sampai November 2020.
2. Proses pembuatan spesimen dilakukan di Perumahan Madya, Jalan Kaharudin Nasution, Gg. Madya.
3. Proses pengujian spesimen dilakukan di Politeknik Kampar .

3.3 Persiapan Penelitian

Sebelum memulai pengujian, mempersiapkan semua yang dibutuhkan dalam pembuatan benda uji adalah hal yang pokok. Pertama-tama adalah menentukan tempat pembuatan benda uji, kemudian membeli alat dan bahan yang dibutuhkan selama proses pembuatan sampai *finishing*. Setelah itu dilakukan pengukuran untuk mengetahui seberapa banyak bahan yang dipakai untuk membuat benda uji.

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi cetakan yang terbuat dari kaca untuk membuat komposit berpenguat serat buah pinang, alat yang diperlukan adalah sebagai berikut :

1. Timbangan Digital Laboratorium

Pada penelitian ini timbangan yang digunakan adalah Timbangan laboratorium, digunakan untuk menimbang jumlah yang sangat kecil dan akurat dianding menggunakan timbangan analog.



Gambar 3.2 : Timbangan Digital

2. Gelas ukur 1000cc

Gelas ukur adalah peralatan laboratorium umum yang digunakan untuk mengukur volume cairan. Alat ini memiliki garis penanda pada gelas ukur mewakili jumlah cairan yang telah terukur.



Gambar 3.3 : Gelas ukur 1000cc

3. Jangka Sorong

Alat ukur yang ketelitiannya dapat mencapai seperseratus milimeter. Terdiri dari dua bagian, bagian diam dan bagian bergerak. Pembacaan hasil pengukuran sangat bergantung pada keahlian dan ketelitian pengguna maupun alat.



Gambar 3.4 : Jangka Sorong

4. Cetakan Kaca

Pada penelitian ini sebagai wadah pencetakan komposit dengan ukuran yang sudah ditentukan.



Gambar 3.5 : Cetakan Kaca

5. Sarung tangan *lateks*

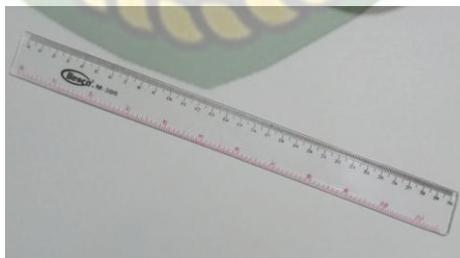
Sarung tangan yang terbuat dari material lateks atau karet memang ditujukan untuk keamanan dari pekerjaan yang dilakukan Melindungi tangan dari kotoran dan bahan kimia.



Gambar 3.6 : Sarung Tangan *Lateks*

6. Penggaris

Penggaris atau mistar adalah sebuah alat pengukur dan alat bantu gambar untuk menggambar garis lurus. Terdapat berbagai macam penggaris, dari mulai yang lurus sampai yang berbentuk segitiga Penggaris dapat terbuat dari plastik, logam, berbentuk pita dan sebagainya. Juga terdapat penggaris yang dapat dilipat.



Gambar 3.7 : Penggaris

7. Spatula

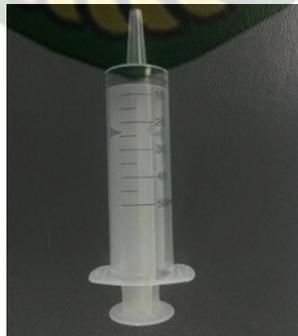
Spatula berfungsi untuk mengambil dan membuang objek. Dan digunakan sebagai penekanan serat buah pinang terhadap resin poliester ketika di campurkan kedalam cetakan kaca. Alat ini berupa lempengan berbentuk oval dengan pegangan berupa garan pada bagian bawahnya.



Gambar 3.8 : Spatula

8. Sduit

Pompa piston sederhana untuk menyuntik untuk menghisap bahan yang berupa cairan. Digunakan pada Katalis untuk menarik perbandingan terhadap resin *polyester*.



Gambar 3.9 : Sduit

9. Gerinda

Mesin perkakas yang digunakan untuk mengasah/memotong ataupun menggerus spesimen komposit dengan tujuan atau kebutuhan tertentu.



Gambar 3.10 : Gerinda

10. *Polishing and Grinding*

Polishing adalah proses untuk mendapatkan permukaan benda kerja yang halus. Dalam metalografi dan metalurgi, *polishing* digunakan untuk membuat plat rata, sehingga memudahkan dalam pemeriksaan mikrostruktur komposit dengan mikroskop. Sedangkan pada *grinding* merupakan salah satu tahap preparasi spesimen dimana dalam proses ini dilakukan pengampelasan. Alat *Polishing and Grinding* ini menggunakan alat dengan *type* RTR 2M.



Gambar 3.11 : *Polishing and Grinding Future Tech Corp*

11. Mikroskop

Alat yang digunakan *type* Olympus BX53M, untuk menghasilkan bayangan benda dengan kelipatan ukuran yang sangat besar.



Gambar 3.12 : Mikroskop *type* Olympus BX53M

12. Uji Tarik dan Uji Bending

Alat yang digunakan menggunakan *type* mesin HUNG TA HT-8503 untuk menguji kekuatan suatu bahan atau material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu.



(a)



(b)

Gambar 3.13 : (a) Uji Tarik dan (b) Uji Bending

3.3.2 Bahan-bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembuatan benda uji komposit berpenguat serat adalah:

a. Serat buah pinang

Serat sebagai penguat yang dipakai dalam pembuatan benda uji komposit adalah serat buah pinang.



Gambar 3.14 : Serat buah pinang

b. Resin *polyester* bening

Jenis resin yang akan dilakukan dalam pembuatan benda uji adalah resin *polyester* yang akan dicampurkan dengan pengeras *hardener*.



Gambar 3.15 : Resin *polyester* 157 BQTN-EX

c. *Release Agent*

Release Agent digunakan untuk mempermudah melepas komposit yang dibuat dengan cetakan yang terbuat dari kaca. *Mirror Glaze* adalah jenis bahan *release agent*.



Gambar 3.16 : *Release Agent*

d. Alkali

Alkali (NaOH) yang berupa butiran Kristal digunakan sebanyak 5% konsentrasi yang akan dilarutkan dengan air untuk perendaman serat buah pinang.



Gambar 3.17 : Butiran Alkali

e. Katalis (*Hardener*)

Katalis (*Hardener*) adalah bahan tambahan untuk mengerasakan cairan resin *poliyester* sebanyak 0,5 ml pada pembuatan benda uji komposit.



Gambar 3.18 : Katalis

3.4 Perhitungan Komposisi Komposit

Perhitungan komposisi komposit serat buah pinang secara acak dan resin poliester yang bervariasi ini berdasarkan perhitungan volume total cetakan.

Ukuran cetakan yang digunakan adalah 20 cm x 10 cm x 0,8 cm. dengan perbandingan serat dan Resin sebagai berikut :

1. 30% Serat, dan 70% Resin.
2. 40% Serat, dan 60% Resin.
3. 50% Serat, dan 50% Resin.

Untuk mengetahui masa jenis serat buah pinang dilakukan penelitian yaitu diambil serat pinang. Setelah itu serat buah pinang dipotong dengan ukuran yang sudah ditentukan dengan panjang 4 cm. Serat buah pinang ditimbang dengan timbangan digital, diperoleh Berat Serat pinang 0,21 gram. Selanjutnya serat buah

pinang dimasukkan kedalam gelas ukur 15 ml, didapat Volume Serat buah pinang 1 ml. Sehingga masa jenis serat buah pinang seagai berikut:

$$\text{Masa Serat (m)} = 0,21 \text{ gram}$$

$$\text{Volume Serat (v)} = 11 \text{ ml} - 10 \text{ ml} = 1 \text{ ml}$$

$$\text{Masa Jenis Serat} = \frac{m}{v} = \frac{0,21 \text{ gram}}{1 \text{ ml}} = 0,21 \text{ gr/cm}^3$$

Sedangkan masa jenis resin polyester BQTN 157-EX adalah $1,215 \text{ gr/cm}^3$.

Berikut ini adalah perhitungan yang dilakukan untuk menghitung Volume Cetakan dengan Asumsi yang dipakai Volume Cetakan = Volume Komposit, sehingga perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\text{Volume Cetakan (V}_{cet}) = \text{Volume Komposit (V}_{komp})$$

$$V_{komp} = 20 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm}$$

$$= 160 \text{ cm}^3$$

Untuk perhitungan Freksi Volume Komposit sebagai berikut :

1. 30% Serat Buah Pinang, dan 70% Resin Poliester

a. Menghitung Volume Serat

$$\begin{aligned}V_s &= 30\% \times V_{komp} \\&= \frac{30}{100} \times 160 \text{ cm}^3 \\&= 48 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

b. Masa Serat dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan Volume Serat

$$\rho = \frac{m}{v}, \text{ dengan masa jenis serat } 0,21 \text{ gram/cm}^3$$

Sehingga masa serat (m_s) :

$$\begin{aligned}m_s &= \rho \times V_s \\&= 0,21 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 48 \text{ cm}^3 = 10,08 \text{ gram}\end{aligned}$$

c. Menghitung Volume Resin

$$\begin{aligned}V_m &= 70\% \times V_{komp} \\&= \frac{70}{100} \times 160 \text{ cm}^3 \\&= 112 \text{ ml} = 112 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

d. Menghitung masa Resin

Masa jenis resin yang di dapatkan adalah $1,215 \text{ gr/cm}^3$

$$\begin{aligned}m_m &= \rho \times V_m \\&= 1,215 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 112 \text{ cm}^3 = 136,08 \text{ gram}\end{aligned}$$

2. 40% Serat Buah Pinang, dan 60% Resin Poliester.

a. Menghitung Volume Serat

$$\begin{aligned}V_s &= 40\% \times V_{komp} \\&= \frac{40}{100} \times 160 \text{ cm}^3 \\&= 64 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

b. Menghitung Masa Serat

$$\begin{aligned}m_s &= \rho \times V_s \\&= 0,21 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 64 \text{ cm}^3 \\&= 13,44 \text{ gram}\end{aligned}$$

c. Menghitung Volume Resin

$$\begin{aligned}V_m &= 60\% \times V_{komp} \\&= \frac{60}{100} \times 160 \text{ cm}^3 \\&= 96 \text{ ml}\end{aligned}$$

d. Menghitung masa Resin

Masa jenis resin yang di dapatkan adalah $1,215 \text{ gr/cm}^3$

$$\begin{aligned}m_m &= \rho \times V_m \\&= 1,215 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 96 \text{ cm}^3 = 116,64 \text{ gram}\end{aligned}$$

3. 50% Serat Buah Pinang, dan 50% Resin Poliester

a. Menghitung Volume Serat

$$\begin{aligned}V_s &= 50\% \times V_{komp} \\&= \frac{50}{100} \times 160 \text{ cm}^3 \\&= 80 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

b. Menghitung Masa Serat

$$\begin{aligned}m_s &= \rho \times V_s \\&= 0,21 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 80 \text{ cm}^3 \\&= 16,8 \text{ gram}\end{aligned}$$

c. Menghitung Volume Resin.

$$\begin{aligned}V_m &= 50\% \times V_{komp} \\&= \frac{50}{100} \times 160 \text{ cm}^3 \\&= 80 \text{ ml}\end{aligned}$$

d. Menghitung masa Resin

Masa jenis resin yang di dapatkan adalah $1,215 \text{ gr/cm}^3$

$$\begin{aligned}m_m &= \rho \times V_m \\&= 1,215 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 80 \text{ cm}^3 = 97,2 \text{ gram}\end{aligned}$$

3.5 Proses Pembuatan

Proses dari pembuatan komposit terlebih dahulu mempersiapkan cetakan kaca dan juga mempersiapkan serat buah pinang yang telah dikenakan perlakuan NaOH. Setelah persiapan awal tersebut dilakukan maka proses selanjutnya adalah proses pencetakan komposit. Pencetakan komposit dilakukan dengan menggunakan metode *hand laminating* (*hand lay up*). Standar ukur yang digunakan dalam penelitian adalah ASTM D638-02 untuk pengujian uji Tarik, dan ASTM D-790 untuk pengujian bending.

Berikut adalah langkah-langkah pembuatan benda uji komposit :

- a. Alat dan bahan dipersiapkan dahulu.
- b. Serat dipotong terlebih dahulu dengan ukuran 4 cm.
- c. Serat yang telah dipotong diberikan perlakuan NaOH sebanyak 5% tersebut disiapkan sesuai dengan jumlah perhitungan fraksi volume serat terhadap volume total komposit.
- d. Cetakan dibersihkan, lalu diberikan mirror glaze agar hasil benda uji tidak merekat pada cetakan dan mudah untuk dilepaskan.
- e. Resin *polyester* dan hardener sebanyak 0,5 ml disiapkan dengan perbandingan campuran resin berdasarkan perhitungan jumlah volume matriks komposit lalu dituangkan dan dicampurkan kedalam gelas ukur kemudian diaduk sampai rata.
- f. Setengah dari campuran resin dituang kedalam cetakan sebagai lapisan resin dasar.
- g. Kemudian serat yang telah disiapkan diletakkan diatas resin dasar pada cetakan dengan merata kesegala tempat.

- h. Serat lalu ditekan menggunakan spatula agar campuran resin dan serat menyatu.
- i. Kemudian resin yang masih tersisa dituangkan kembali secara merata untuk memenuhi volume cetakan .
- j. Setelah memastikan jumlah void dapat dikurangi dengan semaksimal mungkin kemudian dilakukan penutupan dengan kaca, supaya memperoleh hasil permukaan komposit yang rata.
- k. Komposit ditunggu sampai benar-benar kering.
- l. Setelah komposit kering kemudian komposit dilepaskan dari cetakan secara perlahan.
- m. Komposit diukur, dipotong, dan dibentuk sesuai standar yang sudah ditentukan
- n. Komposit disiapkan untuk dilakukan pengujian kekuatan Tarik dan bending.

3.6 Cara Penelitian

Komposit yang diuji menggunakan metode pengujian Tarik dan pengujian bending, bertujuan untuk mengetahui sifat dari bahan resin dan komposit berpenguat serat buah pinang dengan variasi fraksi volume.

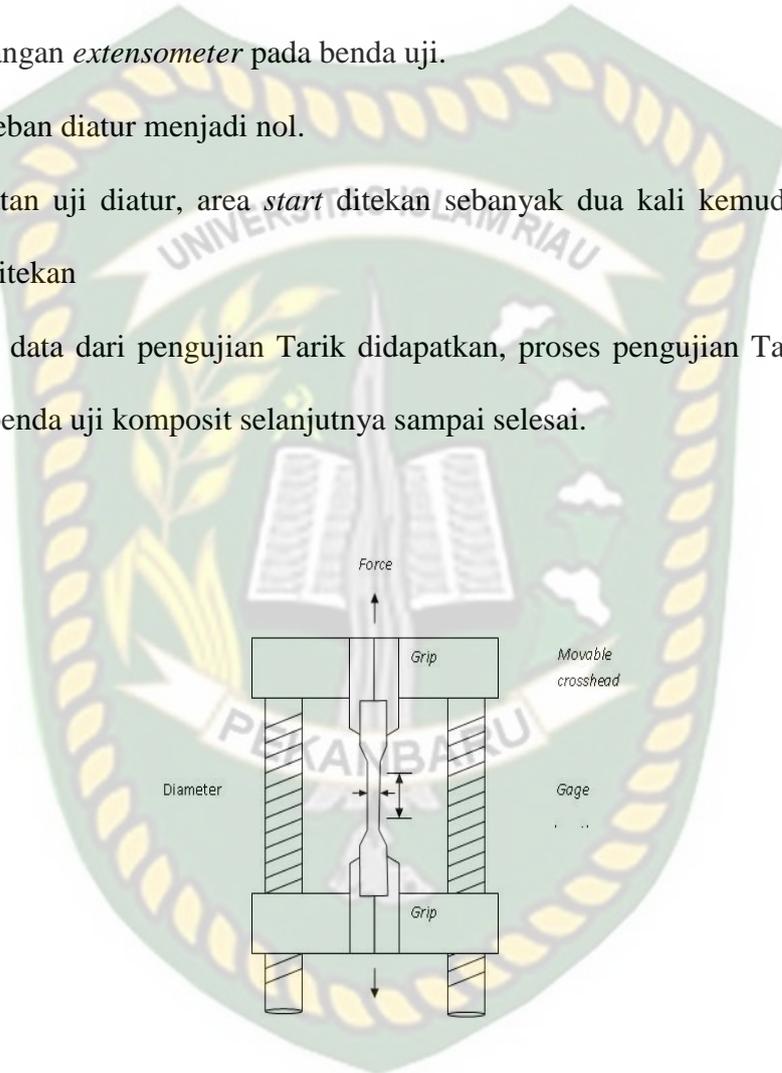
3.6.1 Uji Tarik

Komposit yang sudah dibentuk diuji menggunakan metode pengujian Tarik.

Langkah - langkah untuk pengujian Tarik dari specimen uji komposit adalah :

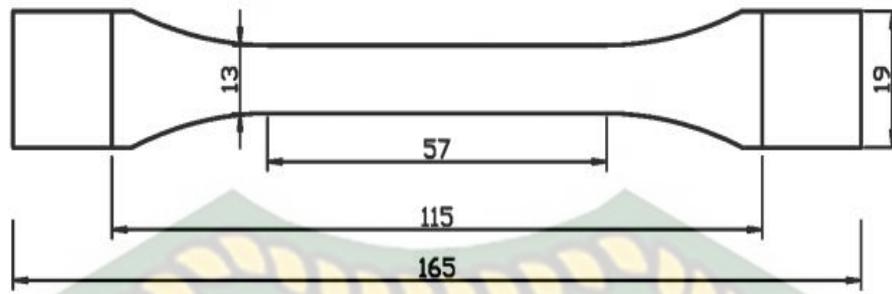
- a. Spesimen uji yang sudah dibentuk disiapkan dengan memberi tanda parameter pada daerah perhitungan.
- b. Kertas millimeter blok diletakkan pada printer mesin uji Tarik.

- c. Mesin kemudian dinyalakan, lalu benda uji dipasang pada grip.
- d. Grip dikencangkan dan diatur dengan kekuatan secukupnya agar tidak merusak benda uji.
- e. Pemasangan *extensometer* pada benda uji.
- f. Nilai beban diatur menjadi nol.
- g. Kecepatan uji diatur, area *start* ditekan sebanyak dua kali kemudian tombol *down* ditekan
- h. Setelah data dari pengujian Tarik didapatkan, proses pengujian Tarik diulang untuk benda uji komposit selanjutnya sampai selesai.



Gambar 3.19 : Uji Tarik

Sumber : teraspete.blogspot.com



Gambar 3.20 : Pengujian spesimen Uji Tarik (ASTM D638-02)

Sumber : <https://www.google.com/ASTM D638-02>

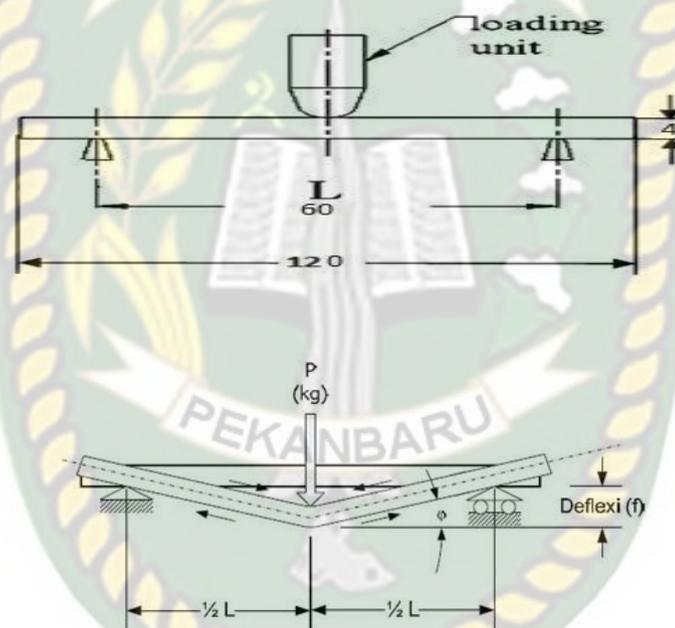
Dari hasil pengujian tarik spesimen komposit, dilakukan pengolahan data disertai perhitungan. Hasil dan perhitungan yang diperoleh selanjutnya akan ditampilkan berupa tabel dan grafik.

3.6.2 Uji Bending

Komposit yang sudah dibentuk, diuji menggunakan metode pengujian bending. Langkah-langkah untuk pengujian Bending dari specimen uji komposit adalah :

- Menyiapkan spesimen yang sudah dibentuk
- Nyalakan mesin bending, pastikan keamanan mesin terjamin.
- Turunkan pencekam mesin bending agar material dapat masuk kedalam pencekam mesin *bending*.
- Masukkan material pada pencekam mesin bending, ukur sisi kanan dan kiri pencekam sesuai yang telah ditentukan.
- Lalu turunkan kembali pencekam perlahan sampai ujung pencekam menyentuh material, agar material tidak lepas saat proses pembendingan.

- f. Pemasangan *dial indicator*, dan *setting* jarum pada garis nol.
- g. Gunakan spesifikasi beban yang telah ditentukan.
- h. Mulai memutar *handle* pada mesin hingga jarum pada mesin bergerak, dan dial pun bergerak, catat hasil uji bending tersebut.
- i. Setelah data dari pengujian bending didapatkan, proses pengujian *bending* diulang untuk benda uji komposit selanjutnya sampai selesai.



Gambar 3.21 : Pengujian spesimen Uji Bending

Sumber : Laksono *et al*, 2019

Dari hasil pengujian uji bending sepesimen komposit, dilakukan pengolahan data disertai perhitungan. Hasil dan perhitungan yang diperoleh selanjutnya akan ditampilkan berupa tabel dan grafik.

BAB IV

DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

Dari hasil uji tarik dan uji bending yang telah dilakukan terhadap spesimen benda uji komposit serat pinang dan resin poliester yang bervariasi didapatkan data berupa tegangan tarik, beban maksimum, regangan, pertambahan panjang, luas area spesimen dan modulus elastisitas. Dari data tersebut dapat diolah dan dibuat grafik sesuai data yang didapat.

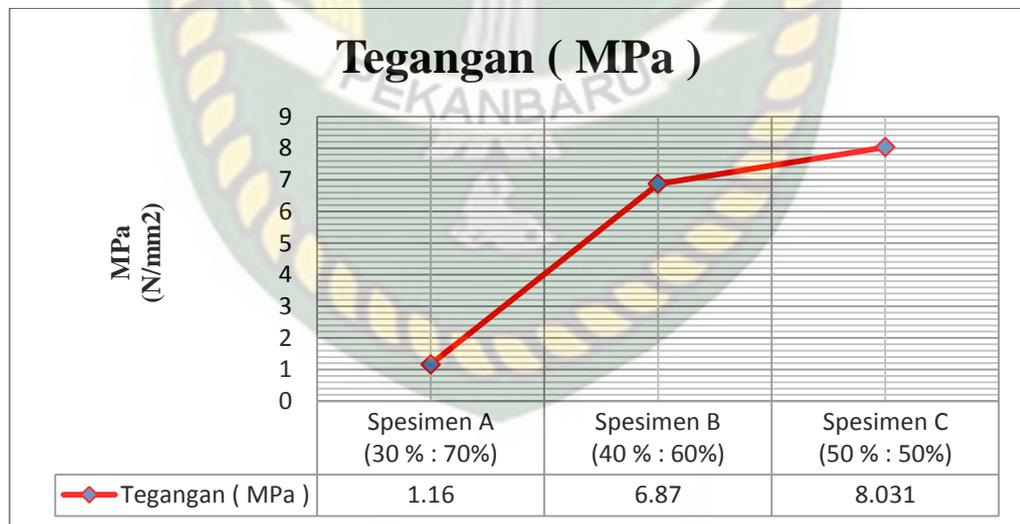
4.1.1 Hasil Pengujian Uji Tarik

Setelah dilakukan uji tarik menggunakan alat uji HUNG TA HT-8503 dengan standar ASTM D-638-02 di Laboratorium Quality Control, Politeknik Kampar. Pada beberapa spesimen komposit dengan nilai perbandingan serat buah pinang dan resin poliester yang bervariasi, dan didapatkan nilai tegangan maksimum sesuai beban maksimum yang dibagi dengan luas area pada spesimen serta diperoleh juga nilai regangan. Adapun dari hasil data yang diperoleh akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik dibawah ini.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Uji Tarik

Spesimen	Perbandingn Serat Pinang dan Resin Poliester	Area (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Tegangan Maksimum (N/mm ²)	Elongasi (mm)
A	30% : 70%	102,340	118,8	1,16	0,84
B	40% : 60%	100,035	687,5	6,87	2,59
C	50% : 50%	104,297	837,7	8,031	1,28

Dari tabel 4.1 dapat ditampilkan grafik tegangan komposit serat buah pinang dan resin poliester sesuai dengan data pegujian yang diperoleh sebagai berikut :

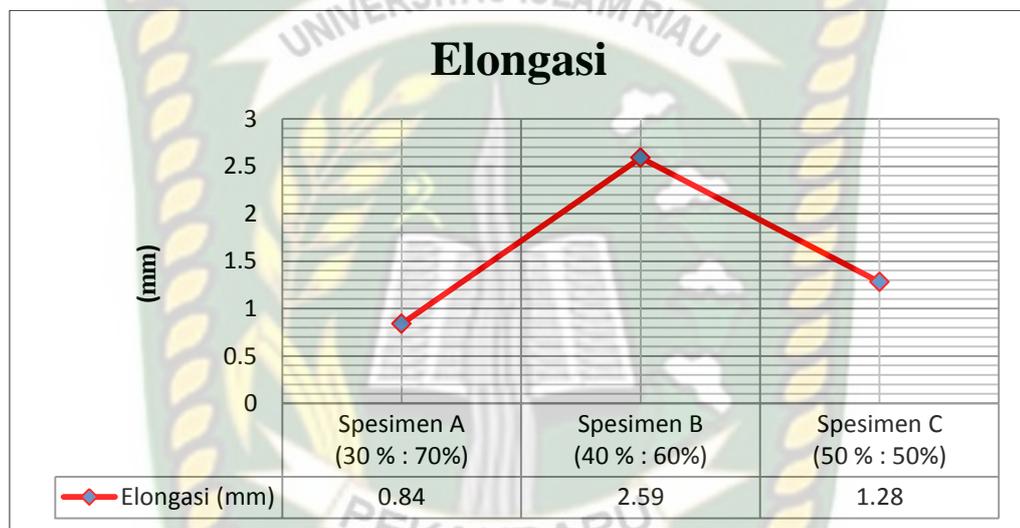


Gambar 4.1 Grafik Tegangan Komposit Serat Buah Pinang

Dari grafik gambar 4.1 memperlihatkan grafik tegangan pada uji tarik maksimum didapatkan dari sampel spesimen yang diberi gaya tarik menarik secara bersamaan pada satu arah sampai sampel spesimen putus. Pada

perbandingan komposisi serat buah pinang dengan resin poliester 30% : 70% didapat tegangan tarik sebesar 1,16 MPa, 40% : 60% sebesar 6,87 MPa, dan 50% : 50% sebesar 8,031 MPa.

Dalam uji tarik didapatkan juga nilai data pertambahan panjang atau elongasi dari spesimen yang ditampilkan pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.2 Grafik Regangan Komposit Serat Buah Pinang

Dari data hasil pengujian, didapatkan nilai pertambahan panjang spesimen. Adapun data tersebut digunakan untuk mencari regangan dari spesimen uji, dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L_A}{l_0} \times 100\%$$

$$1. \varepsilon_A = \frac{\Delta L_A}{l_0} \times 100\%$$

$$= \frac{0,84 \text{ mm}}{165 \text{ mm}} \times 100\%$$

$$= 0,00509 \times 100\% = 0,509 \%$$

$$2. \varepsilon_A = \frac{\Delta L_B}{l_0} \times 100\%$$

$$= \frac{2,59 \text{ mm}}{165 \text{ mm}} \times 100\%$$

$$= 0,0156 \times 100\% = 1,56 \%$$

$$3. \varepsilon_A = \frac{\Delta L_C}{l_0} \times 100\%$$

$$= \frac{1,28 \text{ mm}}{165 \text{ mm}} \times 100\%$$

$$= 0,00775 \times 100\% = 0,775 \%$$

Keterangan :

ΔL = Perpanjangan benda uji

L_0 = Panjang awal

L = Panjang akhir

Dari hasil perhitungan tegangan dan regangan, dapat dicari nilai modulus elastisitas dari setiap variasi komposit dengan menggunakan rumus beserta grafik dibawah ini :

$$\text{MOE} = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}} \quad (\text{MPa})$$

$$\begin{aligned} 1. \text{ MOE}_A &= \frac{\sigma}{\varepsilon} \\ &= \frac{1,16 \text{ MPa}}{0,509 \%} = 227,89 \text{ MPa} \end{aligned}$$

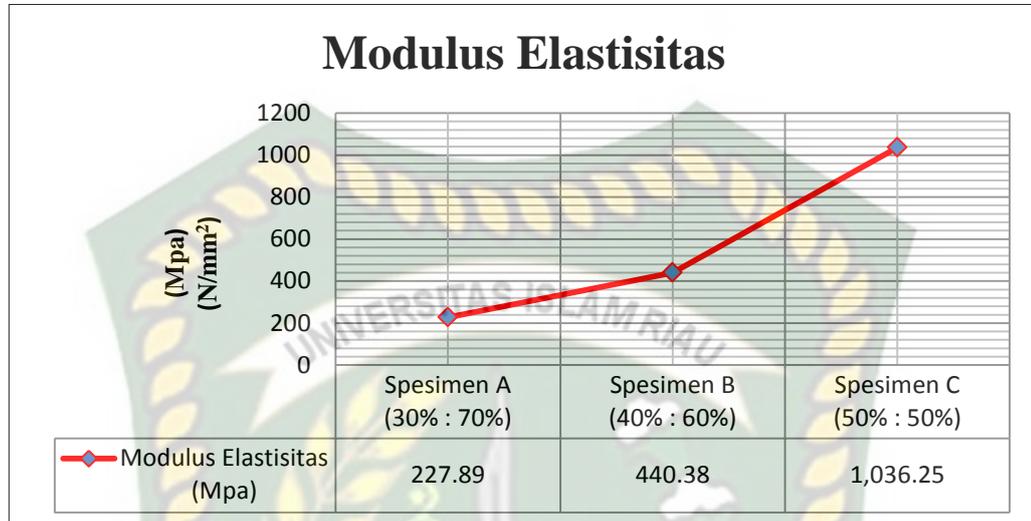
$$\begin{aligned} 2. \text{ MOE}_B &= \frac{\sigma}{\varepsilon} \\ &= \frac{6,87 \text{ MPa}}{1,56 \%} = 440,38 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ MOE}_C &= \frac{\sigma}{\varepsilon} \\ &= \frac{8,031 \text{ MPa}}{0,775 \%} = 1.036,25 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Keterangan :

σ = Tegangan Tarik

ε = Regangan Tarik



Gambar 4.3 Grafik Modulus Elastisitas Komposit Serat Buah Pinang

Dari grafik gambar 4.3 diatas menampilkan nilai modulus elastisitas pada komposit serat buah pinang berbanding resin poliester dengan komposisi 30% : 70% sebesar 227,89 MPa, 40% : 60% sebesar 440,38 MPa dan 50% : 50% sebesar 1.036,25 MPa.

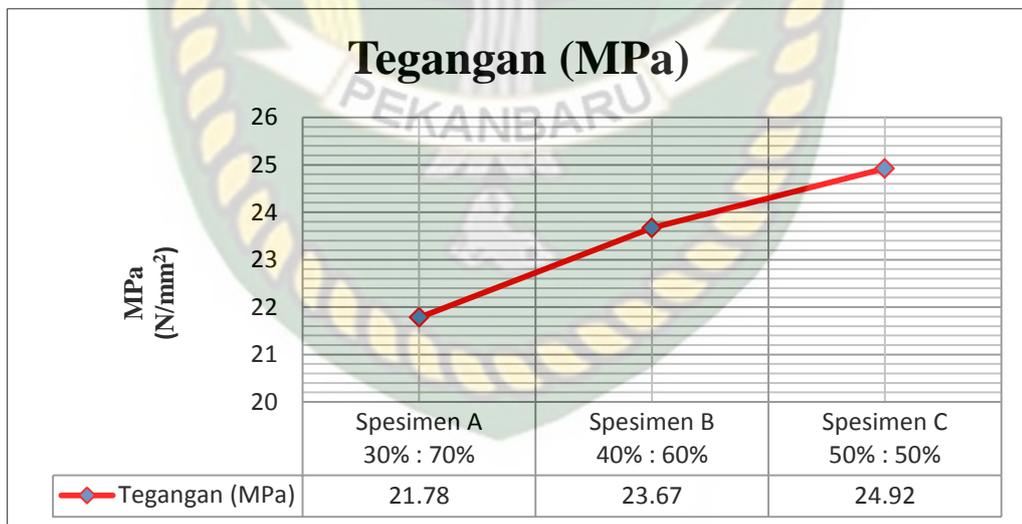
4.1.2 Hasil Pegujian Uji Bending

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Quality Control, Politeknik Kampar. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan besarnya momen atau gaya yang di peroleh, berdasarkan pada pengujian *three point bending* digunakan rumus $\frac{1}{2} P$. Dari hasil pengujian bending dengan alat uji HUNG TA HT-8503 menggunakan standar ASTM D-790 terhadap spesimen komposit serat pinang dan resin poliester dengan perbandingan komposisi yang bervariasi, dan didapatkan hasil data pengujian uji bending berupa tabel dan grafik sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Uji Bending

Spesimen	Perbandingan serat pinang dan resin poliester	Area (mm ²)	Beban maksimum (N)	Tegangan maksimum (N/mm ²)	Defleksi (mm)
A	30% : 70%	97,966	84,96	21,78	2,58
B	40% : 60%	97,548	95,01	23,67	3,55
C	50% : 50%	97,994	100,03	24,92	2,34

Dari tabel 4.2 dapat ditampilkan grafik tegangan spesimen komposit serat pinang dan resin poliester yang bervariasi sesuai dengan data pengujian yang diperoleh sebagai berikut :

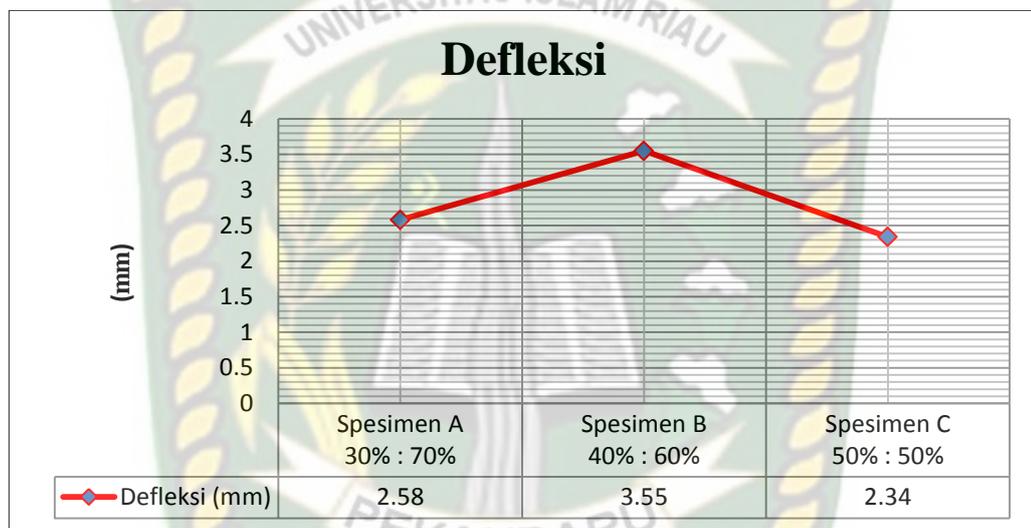


Gambar 4.4 Grafik Tegangan Komposit Serat Buah Pinang

Dari grafik gambar 4.4 memperlihatkan grafik tegangan pada uji bending maksimum didapatkan dari proses pengujian sampel spesimen dengan cara ditekan dan diberi dengan beban maksimum yang menyentuh permukaan pada

sampel spesimen yang diuji. Pada perbandingan komposisi serat buah pinang dengan resin poliester 30% : 70% didapat tegangan bending sebesar 21,78 MPa, 40% : 60% sebesar 23,67 MPa, dan 50% : 50% sebesar 24,92 MPa.

Dalam pengujian uji bending didapatkan juga nilai data defleksi dari spesimen yang telah di uji, dapat ditampilkan pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.5 Grafik Defleksi Komposit Serat Pinang

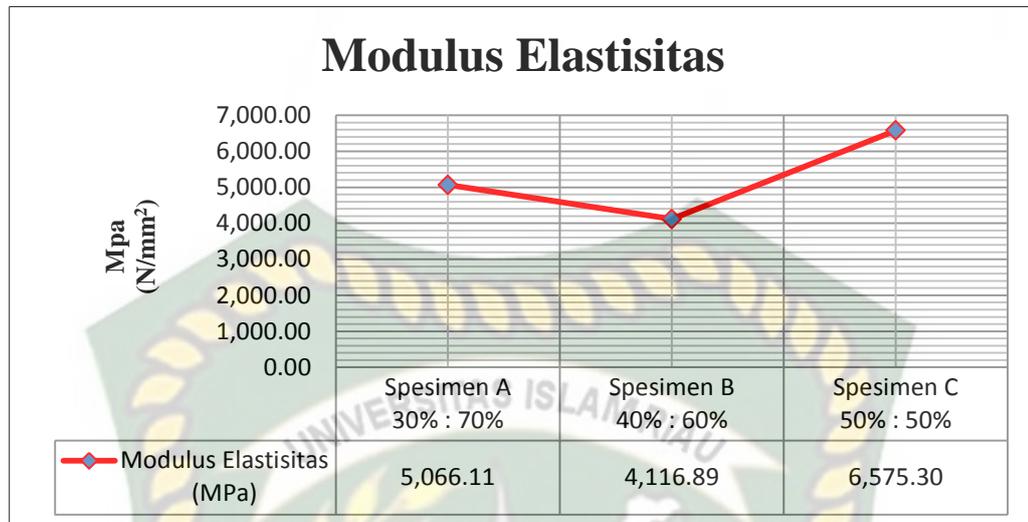
Dari hasil perhitungan tegangan dan defleksi, dicari nilai modulus elastisitas dari setiap variasi komposit dengan menggunakan rumus beserta grafik sebagai berikut :

$$E_b = \frac{1}{4} \times \frac{l^3}{b \cdot h^3} \times \frac{P_A}{\delta_A}$$

$$\begin{aligned} 1. \quad E_{bA} &= \frac{1}{4} \times \frac{l^3}{b \cdot h^3} \times \frac{P_A}{\delta_A} \\ &= \frac{1}{4} \times \frac{(120 \text{ mm})^3}{13 \text{ mm} \times (6 \text{ mm})^3} \times \frac{89,96 \text{ N}}{2,58 \text{ mm}} \\ &= \frac{1}{4} \times \frac{615,38}{\text{mm}} \times \frac{32,93 \text{ N}}{\text{mm}} \\ &= 5.066 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \quad E_{bB} &= \frac{1}{4} \times \frac{l^3}{b \cdot h^3} \times \frac{P_A}{\delta_A} \\ &= \frac{1}{4} \times \frac{(120 \text{ mm})^3}{13 \text{ mm} \times (6 \text{ mm})^3} \times \frac{95,01 \text{ N}}{3,55 \text{ mm}} \\ &= \frac{1}{4} \times \frac{615,38}{\text{mm}} \times \frac{26,76 \text{ N}}{\text{mm}} \\ &= 4.116,89 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \quad E_{bC} &= \frac{1}{4} \times \frac{l^3}{b \cdot h^3} \times \frac{P_A}{\delta_A} \\ &= \frac{1}{4} \times \frac{(120 \text{ mm})^3}{13 \text{ mm} \times (6 \text{ mm})^3} \times \frac{100,03 \text{ N}}{2,34 \text{ mm}} \\ &= \frac{1}{4} \times \frac{615,38}{\text{mm}} \times \frac{42,74 \text{ N}}{\text{mm}} \\ &= 6.575,3 \text{ MPa} \end{aligned}$$

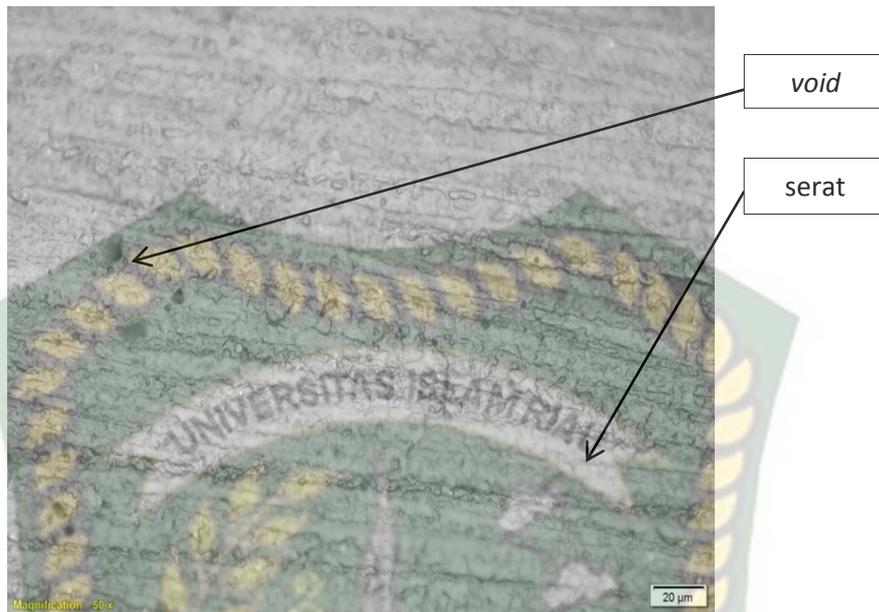


Gambar 4.6 Grafik Modulus Elastisitas Komposit Serat Pinang

Dari grafik gambar 4.6 diatas menampilkan nilai modulus elastisitas pada komposit serat buah pinang berbanding resin poliester dengan komposisi 30% : 70% sebesar 5.066,11 MPa, 40% : 60% sebesar 4.116,89 MPa dan 50% : 50% sebesar 6.575,30 MPa.

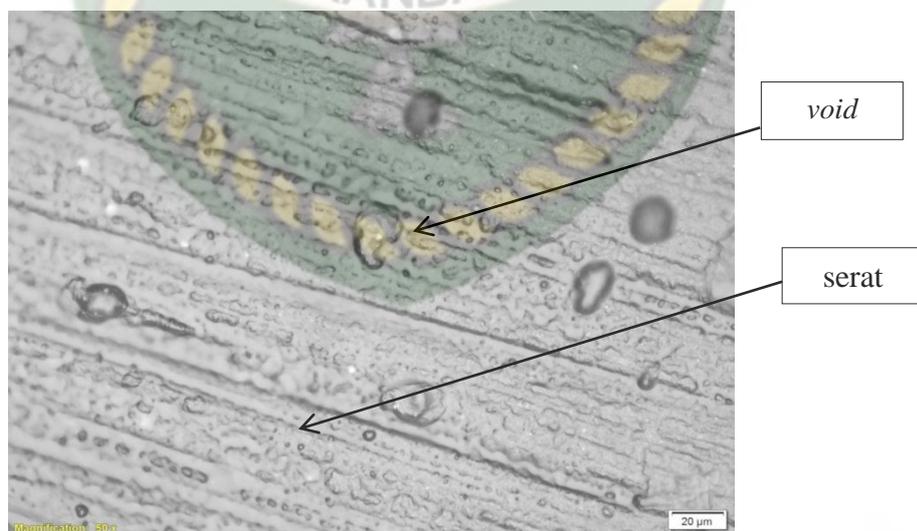
4.1.3 Pengujian Mikrostruktur

Pengujian ini dilakukan untuk mengamati struktur ikatan serat buah pinang dan resin poliester yang bervariasi sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan komposit. Pengujian ini menggunakan alat Olympus BX53M Metalurgical Microscope di Workshop Universitas Islam Riau. Pada pegujian ini dilakukan pengamatan pada 3 titik di setiap spesimennya. Hasil pengujian ini dapat ditampilkan pada gambar dibawah ini, sesuai dengan perbandingan komposisi serat pinang dan resin poliester.



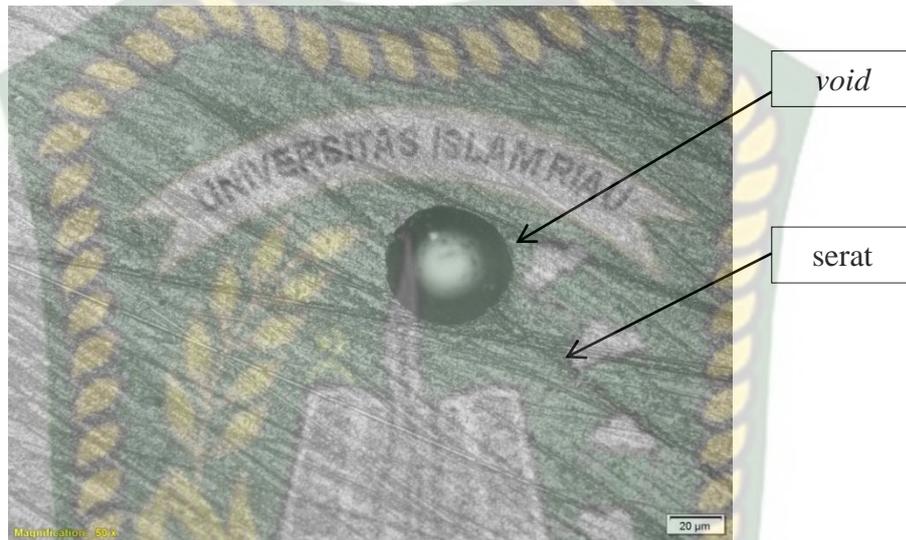
Gambar 4.7 Foto Mikro pada spesimen A perbandingan 30% : 70%

Pada gambar 4.7 dapat diamati bahwa spesimen A perbandingan serat pinang dengan resin poliester 30% : 70%, terdapat *void* yang berada pada komposit. Void adalah gelembung udara yang terperangkap pada matrik.



Gambar 4.8 Foto Mikro pada spesimen B perbandingan 40% : 60%

Pada gambar 4.8 dapat diamati bahwa spesimen B perbandingan serat pinang dengan resin poliester 40% : 60% ditemukan beberapa kerapatan void yang tersebar menyeluruh pada komposit serat buah pinang.



Gambar 4.9 Foto Mikro pada spesimen C perbandingan 50%: 50%

Pada gambar 4.9 dapat diamati bahwa spesimen C perbandingan serat pinang dengan resin poliester 50% : 50% ditemukan void dengan ukuran yang cukup besar.

4.2 Pembahasan

Dari hasil tabel 4.1 pada hasil pengujian uji tarik komposit serat pinang dapat dilihat hasil nilai yang berbeda dikarenakan komposisi serat pinang dan resin poliester yang bervariasi, yang menyebabkan spesimen dapat menerima beban maksimum yang mampu diterima pada luas penampang serat yang berbeda pula.

Pada spesimen A dengan perbandingan komposisi 30% : 70% memiliki luas penampang $102,340 \text{ mm}^2$ yang mampu menahan beban maksimum $118,8 \text{ N}$, pada spesimen B dengan perbandingan komposisi 40% : 60% memiliki luas penampang $100,035 \text{ mm}^2$ yang mampu menahan beban maksimum $687,5 \text{ N}$, dan pada spesimen C dengan perbandingan komposisi 50% : 50% memiliki luas penampang $104,297 \text{ mm}^2$ yang mampu menahan beban maksimum paling tinggi dengan nilai sebesar $837,7 \text{ N}$.

Pada gambar 4.1 dapat dilihat dari grafik yang menunjukkan bahwa nilai tegangan kuat tarik pada spesimen meningkat sesuai dengan meningkatnya komposisi serat buah pinang. Pada spesimen A dengan perbandingan komposisi 30% : 70% memiliki nilai tegangan tarik sebesar $1,16 \text{ N/mm}^2$, pada spesimen B dengan perbandingan komposisi 40% : 60% memiliki nilai tegangan tarik sebesar $6,87 \text{ N/mm}^2$, sedangkan pada spesimen C dengan perbandingan komposisi 50% : 50% memiliki nilai tegangan tarik sebesar $8,031 \text{ N/mm}^2$. Besarnya nilai tegangan maksimum dipengaruhi oleh beban maksimum dan luas penampang spesimen, semakin besar beban yang diterima dan semakin kecil luas penampang spesimen maka akan didapatkan tegangan maksimum yang besar pula.

Maka dari data grafik 4.1 yang memiliki tegangan maksimum pada spesimen C dengan perbandingan komposisi serat pinang dan resin poliester 50% : 50% yaitu $8,031 \text{ N/mm}^2$. Dan nilai tegangan tarik terendah pada komposisi 30% : 70% yaitu $1,16 \text{ N/mm}^2$.

Pada gambar 4.2 dapat dilihat grafik menunjukkan nilai pertambahan panjang atau elongasi pada setiap spesimen dengan nilai berbeda. Pada spesimen A dengan perbandingan komposisi 30% : 70% memiliki nilai elongasi 0,84 mm, spesimen B dengan perbandingan komposisi 40% : 60% memiliki nilai elongasi 2,59 mm, dan spesimen C dengan perbandingan komposisi 50% : 50% memiliki nilai elongasi 1,28 mm.

Pada gambar 4.3 menunjukkan grafik modulus elastisitas yang didapatkan dari perhitungan tegangan dibagi dengan regangan. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas meningkat sesuai dengan bertambahnya komposisi serat buah pinang. Pada spesimen A dengan perbandingan komposisi 30% : 70% memiliki modulus elastisitas senilai 227,89 MPa, spesimen B dengan perbandingan komposisi 40% : 60% memiliki modulus elastisitas senilai 440,38 MPa, dan spesimen C dengan perbandingan komposisi 50% : 50% memiliki modulus elastisitas senilai 1.036,25 MPa. Dari gambar grafik 4.3 modulus elastis mengalami peningkatan, semakin besar modulus elastisitas maka spesimen bersifat kaku. Oleh sebab itu pada komposisi serat dan resin poliester 50% : 50% merupakan spesimen yang paling kaku karena memiliki nilai modulus elastisitas sebesar 1.036,21 MPa.

Setelah dilakukan pengujian uji tarik, selanjutnya dilakukan pengujian uji bending pada spesimen untuk mengetahui nilai kuat bending komposit. Pada tabel 4.2 didapat data dari hasil pengujian uji bending pada spesimen dengan komposisi serat buah pinang dan resin poliester yang bervariasi, didapatkan spesimen A dengan perbandingan 30% : 70% mampu menerima beban maksimum sebesar

84,96 N dengan luas penampang 97,966 mm². Pada spesimen B perbandingan 40% : 60% mampu menerima beban maksimum 95,01 N dengan luas penampang 97,548 mm². Dan spesimen C dengan perbandingan 50% : 50% mampu menerima beban maksimum 100,03 N dengan luas penampang 97,994 mm².

Dari gambar 4.4 menunjukkan grafik tegangan lengkung pada komposit serat pinang dan resin poliester dengan komposisi yang bervariasi. Pada spesimen A dengan perbandingan 30% : 70% nilai tegangan lengkung sebesar 21,78 MPa. Spesimen B dengan perbandingan 40% : 60% nilai tegangan lengkung sebesar 23,67 MPa. Dan spesimen C dengan perbandingan 50% : 50% nilai tegangan lengkung sebesar 24,92 MPa. Dari hasil data tersebut didapatkan nilai tegangan lengkung terbesar pada spesimen C dengan perbandingan 50% : 50% dengan nilai 24,92 MPa.

Dari tabel 4.2 didapatkan juga nilai defleksi yang ditampilkan dalam grafik pada gambar 4.5. Pada spesimen A dengan komposisi serat pinang dan resin poliester perbandingan 30% : 70% memiliki nilai defleksi sepanjang 2,58 mm. Spesimen B dengan perbandingan 40% : 60% memiliki nilai defleksi sepanjang 3,55 mm. Dan spesimen C dengan perbandingan 50% : 50% memiliki nilai sepanjang 2,34 mm.

Pada gambar 4.6 menunjukkan grafik modulus elastisitas dengan komposisi perbandingan serat pinang dan resin poliester yang bervariasi. Dari spesimen A perbandingan 30% : 70% ke spesimen B perbandingan 40% : 60% mengalami penurunan nilai modulus elastisitas. Kemudian dari spesimen B perbandingan 40%

: 60% ke spesimen C perbandingan 50% : 50% mengalami peningkatan dengan nilai yang tinggi sebesar 6.575,30 MPa.

Dari hasil data pengujian uji tarik, semakin minimalnya perbandingan komposisi serat buah pinang dan resin poliester maka semakin tinggi komposit dapat menahan beban maksimum, sehingga kemampuan mekanis komposit semakin kuat. Dari pengujian uji tarik ini juga didapatkan data hasil modulus elastisitas. Dimana semakin tinggi nilai modulus elastisitas maka semakin kaku komposit yang didapatkan, dan sebaliknya semakin kecil nilai modulus elastisitasnya maka semakin elastis komposit yang didapatkan. Dengan perbandingan komposisi serat buah pinang dan resin poliester pada spesimen C 50%:50% yang seimbang dihasilkan modulus elastisitas yang tinggi. Sedangkan perbandingan komposisi pada spesimen A 30%:70% menghasilkan modulus elastisitas yang rendah. Dari hasil pengamatan tersebut, semakin kecil perbandingan serat buah pinang dan resin poliester maka semakin kuat tarik pada komposit yang didapat, akan tetapi menghasilkan komposit yang kaku.

Dari hasil data pengujian uji bending, didapatkan kekuatan bending yang tinggi pada spesimen C dengan komposisi serat pinang dan resin poliester 50% : 50%, dan yang terendah pada spesimen A dengan komposisi 30% : 70%. Semakin kecil perbandingan komposisi serat pinang terhadap resin poliester, maka semakin rendah kekuatan bending yang mampu diterima. Dan sebaliknya semakin sebanding persentase komposisi serat buah pinang dengan resin poliester, maka semakin tinggi kekuatan bending yang mampu diterima komposit. Setelah dilakukan perhitungan dalam mencari nilai modulus elastisitas, diperoleh bahwa

nilai modulus elastisitas pada komposit serat buah pinang dan resin poliester yang bervariasi. Pada spesimen B dengan komposisi 40% : 60% mengalami penurunan nilai modulus elastisitas dari spesimen A dengan komposisi 30% : 70%, sedangkan pada spesimen C dengan komposisi 50% : 50% mengalami peningkatan secara signifikan. Besarnya nilai modulus elastisitas tidak sebanding lurus dengan meningkatnya nilai bending dari komposit tersebut, karena dipengaruhi oleh besarnya nilai defleksi pada saat pengujian uji bending.

Secara keseluruhan nilai kekuatan tarik dan nilai kekuatan bending pada perbandingan komposisi serat buah pinang dan resin poliester adalah 50% : 50% yang mengalami peningkatan atau lebih baik, hal ini disebabkan karena semakin besar persentase serat yang digunakan maka nilai kekuatan komposit yang dihasilkan juga semakin besar, karena persentase serat yang digunakan sangat mempengaruhi kekuatan dari komposit tersebut, jika dibandingkan dengan komposisi serat buah pinang yang mengalami penurunan nilai kekuatan pada komposisi 30% : 70% dan 40% : 60%.

Adapun penyebab penurunan nilai kekuatan komposit tersebut dikarenakan penyebaran serat buah pinang yang tidak merata, lamanya pengadukan pada matrik dapat mempengaruhi matrik dan serat tidak dapat merekat secara maksimal, dan terdapat *void* pada komposit.

Void adalah gelembung udara yang terperangkap pada matrik, hal ini terjadi pada saat pembuatan komposit. *Void* atau gelembung udara merupakan akibat yang tidak bisa dihindari pada saat proses pembuatan. Untuk itu sebisa mungkin untuk meminimalkan *void* yang dihasilkan pada bahan komposit. *Void* yang

terjadi pada matrik sangatlah berbahaya, karena pada bagian tersebut penguat tidak didukung oleh matriks, sedangkan penguat selalu akan mentransfer tegangan ke matrik. Hal ini menjadi penyebabnya turunnya nilai kekuatan dan munculnya *crack* lebih awal. Kekuatan komposit terkait dengan adanya *void* yang berbanding terbalik yaitu semakin banyak *void* maka komposit semakin rapuh dan apabila sedikit *void* maka komposit akan semakin kuat. *Void* juga dapat mempengaruhi ikatan antara serat dan matrik, yaitu adanya celah pada serat atau bentuk serat yang kurang sempurna yang dapat menyebabkan matrik tidak akan mampu mengisi ruang kosong pada cetakan. Bila komposit tersebut menerima beban, maka daerah tegangan akan berpindah ke daerah *void* sehingga mengurangi kekuatan komposit tersebut.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Kekuatan tarik terbesar terjadi pada komposit serat buah pinang terdapat pada komposit dengan variasi 50%, yaitu sebesar 8,031 Mpa.
2. Untuk modulus elastisitas komposit serat buah pinang dan resin poliester dengan perbandingan 50%:50% terbesar pada uji tarik adalah 1.036,25 MPa. Modulus elastisitas terkecil terdapat pada komposit 30%:70% sebesar 227,89 MPa.
3. Nilai kuat bending maksimum pada pengujian uji bending dengan perbandingan serat buah pinang dan resin poliester 50%:50% sebesar 24,92 MPa.
4. Modulus elastisitas terbesar pada uji bending dengan perbandingan komposit serat buah pinang dan resin poliester 50%:50% sebesar 6.575,30 MPa. Dan untuk nilai modulus elastisitas terkecil pada perbandingan 40%:60% sebesar 4.116,89 MPa.
5. Pada Komposit spesimen A perbandingan 30%:70% terdapat banyak void yang berada diantara ikatan serat dan resin. Spesimen B perbandingan 40%:60% sudah ditemukan porositas namun tidak banyak void. Dan pada spesimen C perbandingan 50%:50% hanya ditemukan void cukup besar dengan tidak adanya kerapatan void.
6. Meningkatnya nilai kekuatan tarik dan nilai kekuatan bending pada komposit dikarenakan meningkatnya persentase serat terhadap resin. Semakin meningkat

persentase serat atau sebanding terhadap resin, maka semakin tinggi nilai kekuatan yang mampu diterima komposit.

7. Banyaknya void yang ditemukan pada komposit mengakibatkan menurunnya kekuatan komposit. Semakin meningkatnya persentase serat terhadap resin, maka berkurang void yang ditemukan pada komposit. Dan sebaliknya, semakin menurun persentase serat terhadap resin maka semakin banyak ditemukan void pada komposit yang mengakibatkan komposit menjadi rapuh.

5.2 Saran

1. Untuk memperoleh hasil penelitian yang lebih baik pada komposit berpenguat serat khususnya serat buah pinang , perlu dilakukan penelitian selanjutnya seperti uji kekerasan untuk mencari nilai ketahanan sesuai dengan kebutuhan pengaplikasiannya.
2. Pada saat pembuatan komposit dengan metode hand lay-up pada proses pencampuran antara serat dan matrik harus benar-benar merata dan dilakukan penutupan pada cetakan dan memberikan penekanan agar dapat mengurangi rongga udara (void).
3. Untuk penelitian lebih lanjut pada penggunaan serat buah pinang dapat dilakukan dengan variasi perlakuan persentase alkali terhadap serat.
4. Sebaiknya dalam pengambilan data foto pada spesimen komposit menggunakan Alat Uji SEM untuk mendapatkan unsur-unsur yang terkandung pada komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- bramantyo Amar. (2008). Bab Ii Tinjauan Pustaka Aplikasi. *Pengaruh Konsentrasi Serat, 1(-)*.
- Cecep Kusmana, A. H. (2015). *Keanekaragaman Hayati Flora Di Indonesia The Biodiversity Of Flora In Indonesia*. 5(Desember), 187–198.
<https://doi.org/10.19081/jpsl.5.2.187>
- Dantes, K. R., Mesin, P. T., & Ganesha, U. P. (2018). *Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serat Alam Batang Kulit Waru (Hibiscus Tiliaceust) Dengan Matrik Polyester*. 6(1), 41–57.
- Fajri, R., Tarkono, T., & Sugiyanto, S. (2013). Studi Sifat Mekanik Komposit Serat Sansevieria Cylindrica Dengan Variasi Fraksi Volume Bermatrik Polyester. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Fema*, 1(2), 97963.
- Hapiz, P., Doyan, A., & Sedijani, P. (2018). Jurnal Penelitian Pendidikan Ipa (Jppipa) Uji Mekanik Material Komposit Serat Pinang. *Jppipa*, 4(2).
- Kamagi, J. R. F. D. (2017). *Sifat Komposit Berpenguat Serat Buah Pinang Dengan Variasi Fraksi Volume 3%, 5%, 7%, Dan 9%*. 3.
- Laksono, A. D., Ernawati, L., & Maryanti, D. (2019). *Pengaruh Serat Alam Dari Limbah Kayu Bangkirai Terhadap Modulus Elastisitas Material Komposit*.

- Manurung, S. X., Sinuhaji, P., & Syukur, M. (2003). *Pembuatan Dan Karakterisasi Komposit Serat Palem Saray Dengan Matriks Poliester. 1.*
- Muhajir, M., Mizar, M. A., & Sudjimat, D. A. (2016). Analisis Kekuatan Tarik Bahan Komposit Matriks Resin Berpenguat Serat Alam Dengan Berbagai Varian Tata Letak. *Jurnal Teknik Mesin*, 24(2), 1–8.
- Ramadhani, I. A. (2015). *Serabut Kelapa Dan Bermatrik Polyesters Semester, Akhir.* 1–20.
- Siregar Ilham Shaerul Rizqi, Y. H. K. (2017). Jurnal Teknik Perkapalan. *Teknik Perkapalan*, 5(2), 421–430.
- Roziqin Khaeru, Hartono Udo, A. B. S. (2017). Analisa Teknis Kekuatan Mekaanis Material Komposit Berpenguat Serat Asiwung Raja (Typha Angustipholia) Sebagai Alternatif Bahan Komposit Untuk Komponen Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tekuk Dan Impak. *Teknik Perkapalan*, 5(2).
- Siregar Ilham Shaerul Rizqi, Y. H. K. (2017). Jurnal Teknik Perkapalan. *Teknik Perkapalan*, 5(2), 421–430.
- Siagian, E. M. (2017). *Sifat Komposit Berpenguat Serat Pinang Dengan Fraksi Berat 2%, 4%, 6% Dan 8%. 3.*
- Surya, I., & Suhendar. (2016). *Sifat Mekanis Komposit Serat Acak Limbah Sabut Kelapa Bermatriks Polyester Resin. 2.*

Syafii, I., Darma, Angga Kurniawan, Rahman, M Ikhwan, Habib, A., Abdullah, S., & Nurhadi, A. (2016). *Proses Manufaktur Material Polimer Termosetting*. 1–4.

Wael, M. U., Sinto, S., Endang, D., & Wahyuni, T. (2015). *Daya Hambat Infusa Biji Pinang (Areca Catechu L .) Terhadap Bakteri Staphylococcus Aureus*. 347–350.

Wardani, D. K. (2015). *Pengaruh Rasio Resin Dan Hardener The Effect Of Resin And Hardener Ratio On The Mechanical Properties Of Composite Matrix Reinforced*.

Yusuf, F. (2019). *Pengaruh orientasi serat pada komposit serat goni- epoxy terhadap kekuatan bending dan impact*.