

ANALISA PENGARUH UKURAN DIAMETER SERAT TANGKAI SAGU TERHADAP SIFAT MEKANIK PADA MATERIAL KOMPOSIT

Yuspian Gunawan¹, Prinob Aksar¹, La Ode Irfan²

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HALU OLEO KENDARI

Email : la_odeirfan92@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran diameter serat tangkai/pelepah daun sagu terhadap sifat mekanik (kekuatan tarik dan bending) pada material komposit. Dalam penelitian ini pembuatan komposit menggunakan metode *hand lay up*, Pembuatan spesimen sesuai standar ASTM D 638 – 01 untuk uji tarik dan ASTM D 790-02 untuk uji bending dengan jumlah 5 spesimen setiap perlakuan. Metode yang digunakan dalam analisa data yaitu Analisis data secara grafikal untuk melihat hubungan antara parameter-parameter yang saling berkaitan dan ketergantungan yaitu variasi ukuran diameter serat (0,05 – 0,25 mm, 0,30 – 0,50 mm, dan 0,60 – 1,05 mm) terhadap sifat mekanis (uji tarik dan bending).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada perlakuan uji tarik yang memiliki kekuatan maksimum terdapat pada ukuran diameter serat 0,05 mm sampai 0,25 mm dengan nilai kekuatan tarik sebesar 48,000 N/mm², sedangkan untuk perlakuan uji bending yang memiliki kekuatan maksimum terdapat pula pada ukuran diameter serat 0,05 mm sampai 0,25 mm dengan nilai kekuatan bending sebesar 90,234 N/mm².

Kata kunci : Komposit, Tangkai Sagu, Ukuran Diameter, Kekuatan tarik, kekuatan bending.

¹ Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo , Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu Kendari 93232

² Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo , Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu Kendari 93232

1. Pendahuluan

Material komposit adalah material multi fasa yang diperoleh melalui kombinasi dari dua material atau lebih yang memiliki karakteristik sifat yang berbeda, digabungkan untuk mencapai sifat karakteristik yang lebih baik yang tidak dimiliki material penyusunnya Deborah D. L. Chung (2010). Material komposit tersusun atas dua unsur utama yaitu *matriks* (bahan pengisi) dan *filler* (bahan pengisi). Bahan pengisi dapat berbentuk serat, partikel, serbuk, dan lain-lain.

Berkembangnya penggunaan material komposit berpenguat serat alam tersebut dikarenakan sifat yang dimilikinya, dimana serat ini mempunyai nilai perpaduan dua sifat dasar kuat dan ringan. Disamping itu serat alam juga lebih gampang diperoleh, karena berasal dari mahluk hidup seperti hewan dan tumbuhan, yang bersifat dapat terbaruhkan, dapat diolah secara alami, ramah terhadap lingkungan, serta mempunyai kekakuan yang lebih tinggi dan tidak menyebabkan iritasi pada kulit. Serat alam yang sering digunakan dan memiliki selulosa antara lain serat kelapa, serat kenaf, serat

empulur sagu, serat tebu, serat rami, serat nenas, dan lain- lain (Putu Lokantara, 2009).

Tanaman sagu (*metroxylon sp*) merupakan salah satu jenis tanaman pangan yang tumbuh tersebar diseluruh wilayah Indonesia. Potensi sagu di Indonesia dari sisi luasnya sangat besar. Sekitar 60% areal sagu dunia ada di Indonesia. Tanaman sagu di Indonesia banyak terdapat di daerah Papua, Papua Barat, Maluku Utara, Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Selatan, Kalimantan Selatan, Kalimantan Barat, Jambi, Sumatera Barat (Mentawai), dan Riau.

Didalam kulit tangkai/pelepah daun sagu terdapat serat yang kuat menyerupai bulu rambut. Hal ini bisa dimanfaatkan sebagai bahan penguat pada material komposit serat alami. Sementara itu berdasarkan potensi pengembangan sagu di Indonesia Khususnya di Sulawesi Tenggara memungkinkan berlimpahnya bahan baku serat tangkai sagu yang sampai saat ini pemanfaatannya masih sebatas kerajinan Rumah rumah tangga. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh ukuran besar diameter tangkai/pelepah daun sagu terhadap sifat mekanik (kekuatan tarik dan

bending) pada material komposit yang diperkuat serat tangkai/pelepeh daun sagu.

2. Landasan Teori

Arif humeiri (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh konsentrasi alkali dan diameter serat terhadap kuat geser rekatan pada antar muka serat ijuk aren (*arenga pinnata*)/ poliester. Didalam penelitiannya melakukan perendaman serat didalam NaOH (0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%) selama 2 jam, sementara ukuran diameter serat yang dipakai yaitu 0,96mm, 0,43mm, dan 0,17mm. Dari hasil pengujian sampel menunjukkan bahwa semakin tinggi kosentrasi NaOH 2,5% sampai 5% maka kekuatan gesernya akan semakin meningkat.

Hendriwan Fahmi, Dan Harry Hermansyah (2011), melakukan penelitian tentang pengaruh orientasi serat pada komposit resin polyester serat daun nenas terhadap kekuatan tarik. Dalam penelitiannya menggunakan tiga orientasi arah serat yaitu 0° , 45° , 90° . Dari hasil pengujian sampel, menunjukkan bahwa kekuatan tarik berturut-turut sebesar 43,88 N/m², 54,26 N/m², 46,85 N/m². Kekuatan tarik maksimum terdapat pada komposit yang memiliki orientasi serat 45° .

Imam Munandar, dkk (2013), melakukan penelitian tentang kekuatan tarik serat ijuk dengan diameter 0,25-0,35 (mm), 0,35-0,45 (mm), 0,46-0,55) direndam dalam larutan NaOH selama 2 jam dan dioven dengan suhu 80^oC selama 15 menit. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran diameter serat kekuatan tariknya semakin tinggi yaitu secara berturut sebesar 208,22 Mpa. Hal ini disebabkan oleh rongga dan ikatan antar molekul pada serat berdiameter kecil banyak. Dan lebih besar dibandingkan dengan serat berdiameter besar.

La Ode Ramalan (2015) dalam penelitiannya menganalisa kekuatan tarik dan bending komposit serat ijuk dengan orientasi serat lurus (continuo) dan fraksi volume serat dan resin (epoksi) yaitu 40%:60%, 50%:50%, dan 60%:40%. Kekuatan tarik tertinggi terdapat pada fraksi volume 50% serat : 50% resin yaitu sebesar 34,371267 N/mm². Sedangkan kekuatan bending tertinggi terdapat pada Fraksi 60% serat : 40% resin, yaitu 55,153183 N/mm².

Komposit

Menurut Deborah D. L. Chung (2010) dalam bukunya (*Composite materials science and applications*), material komposit adalah material multi fasa yang diperoleh melalui kombinasi dari dua material atau lebih yang memiliki karakteristik sifat yang berbeda, digabungkan untuk mencapai sifat karakteristik yang lebih baik yang tidak dimiliki material penyusunnya. Sedangkan menurut Bondan T. Sofian (2011) dalam bukunya (Pengantar Material Teknik), material komposit didefinisikan sebagai sebuah material yang terdiri atas beberapa material,

dimana sifat yang dimilikinya merupakan gabungan sinergis dari sifat material penyusunnya. Berdasarkan morfologi material penguatnya, komposit dibagi dalam tiga kelompok, yaitu Komposit partikulat, Kompist serat; dan Komposit laminat.

Matriks

Menurut Gibson (1994), bahwa matrik dalam struktur komposit dapat berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Syarat pokok matrik yang digunakan dalam komposit adalah matrik harus bisa meneruskan beban, sehingga serat harus bisa melekat pada matrik dan kompatibel antara serat dan matrik. Pada bahan komposit matrik berfungsi sebagai mengikat serat, mengisolasi serat, memberikan suatu permukaan yang baik pada kualitas akhir komposit, memberikan perlindungan untuk memperkuat serat terhadap serangan kimia dan kerusakan mekanik karena pemakaian.

Resin

Resin merupakan bahan pembuat fiberglass yang berwujud cairan kental seperti lem. Berfungsi untuk mengeringkan semua bahan yang akan dicampur menjadi larutan fiberglass. Resin memiliki berbagai macam jenis type, dari yang keruh, berwarna, hingga yang bening dengan berbagai kelebihan seperti kekerasan, lentur, kakuatan dan lain-lain.

Katalis

Katalis merupakan suatu zat atau substansi yang dapat mempercepat reaksi (dan mengarahkan atau mengendalikan), tanpa terkonsumsi oleh reaksi, namun bukannya tanpa bereaksi. Katalis sebagai suatu substansi yang mengubah laju suatu reaksi kimia tanpa mengalami perubahan secara kimiawi pada akhir reaksi. Bahan katalis dalam pembuatan fiberglass merupakan bahan pembuat fiberglass yang berwarna bening dan fungsi sebagai pengecer.

Mirror

Mirror merupakan salah satu bahan yang digunakan dalam pembuatan komposit. Bahan ini dibutuhkan untuk melicinkan cairan resin yang mengeras dengan cetakannya. Agar cairan resin yang mengeras dapat dilepaskan dari cetakannya dengan mudah. Mirror berwujud seperti pasta dan mempunyai warna yang bermacam-macam.

Serat (Fiber)

Serat atau *fiber* dalam bahan komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan serat pembentuknya. Semakin kecil bahan (diameter serat mendekati ukuran kristal) maka semakin kuat bahan tersebut, karena minimnya cacat pada material (Triyono,& Diharjo k, 2000). Selain itu serat (*fiber*) juga merupakan unsur yang terpenting, karena seratlah

yang menentukan sifat mekanik komposit tersebut seperti kekerasan, keuletan, kekuatan dan sebagainya.

Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu serat sintetis dan serat alam. Serat sintetis adalah serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu. Serat alam adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari alam. Biasanya berupa serat yang dapat langsung diperoleh dari tumbuh-tumbuhan dan binatang (Schwartz, 1984).

Perlakuan NaOH (Natrium Hidroksida)

NaOH atau sering disebut alkali digunakan untuk menghilangkan kotoran atau lignin pada serat dengan Sifat alami serat adalah *Hyrophilic*, yaitu suka terhadap air. berbeda dengan polimer yang *hidrophilic*. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam selulosa telah diteliti dimana kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *hyrophilic* serat dapat memberikan ikatan *interfacial* dengan matrik secara optimal (Bismarck dkk 2002).

Tanaman Sagu

Tanaman sagu dengan bahasa latin (*Metroxylon* sp) berarti tanaman yang menyimpan pati pada batangnya. Pohon sagu memiliki batang silindris mirip pohon kelapa, tetapi ukuran diameter batangnya cukup besar sehingga apabila telah dewasa batangnya tidak terpeluk oleh manusia. Secara keseluruhan, pohon sagu lebih terlihat sebagai palem yang gemuk dengan (Atjung, 1990).



Gambar 1. Pohon Tanaman Sagu

Kekuatan Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas bahan dengan cara menarik spesimen sampai putus/patah. Untuk menghitung nilai tegangan, regangan, dan modulus elastisitas dapat menggunakan persamaan berikut :

Tegangan;

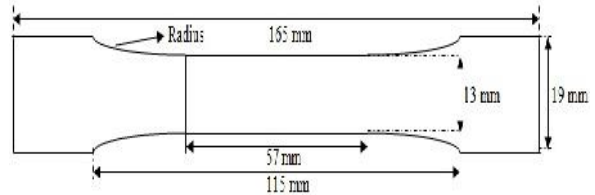
$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots 1.1$$

Regangan;

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \approx \frac{L_1 - L_0}{L_0} \dots\dots\dots 1.2$$

Modulus Elastisitas;

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta L}{L_0}} \approx \frac{\frac{m \cdot g}{Ld}}{\frac{L_1 - L_0}{L_0}} \dots\dots\dots 1.3$$

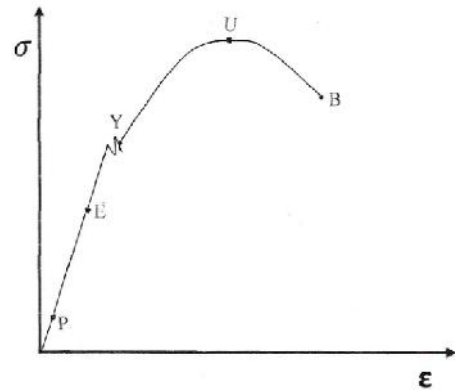


Gambar 2. Spesimen Uji Tarik ASTM D 638-01

Keterangan :

- Radius = 76 mm
- Ketebalan = 4 -7 mm

Dalam pengujian tarik, terdapat grafik hubungan antara Tegangan dan Regangan yang dapat memberikan gambaran dari sifat material. Grafik hubungan Tegangan dan Regangan ditampilkan seperti gambar berikut :



Gambar 3. Kurva Tegangan-Regangan

Untuk menghitung nilai kekuatan tarik, dapat menggunakan persamaan berikut (Bondan T. Sofian, 2010).

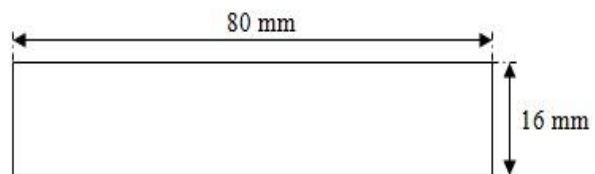
$$F = \sigma \cdot A \text{ atau } \sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots 1.4$$

Dimana :

- F = beban (N).
- A = luas penampang (mm²).

Kekuatan Bending

Kekuatan *bending* atau kekuatan lengkung adalah tegangan *bending* terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan.

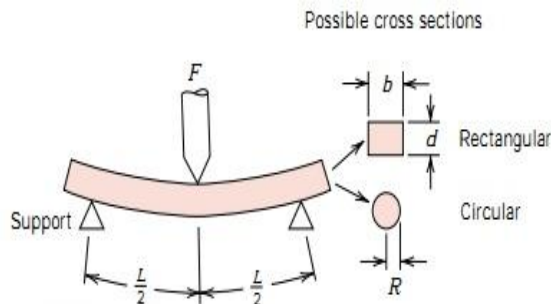


Gambar 4. Spesimen Uji Bending ASTM D709-02

Keterangan:

Tebal spesimen = 4 - 7 mm

Persamaan yang digunakan untuk menghitung kekuatan bending menurut William D. Callister Jr, 2000 :



Gambar 5. Skema Pengujian Bending

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \dots\dots\dots 1.5$$

	$\frac{M}{I}$	$\frac{c}{I}$	$\frac{I}{I}$	$\frac{\sigma}{I}$
Rectangular	$\frac{FL}{4}$	$\frac{d}{2}$	$\frac{bd^3}{12}$	$\frac{3FL}{2bd^2}$
Circular	$\frac{FL}{4}$	R	$\frac{\pi R^4}{4}$	$\frac{FL}{\pi R^3}$

Dimana:

- b = Kekuatan tarik (MPa)
- M = Momen lentur (N.mm)
- c = Jarak sumbu netral (mm)
- I = Momen inersia (mm⁴)
- F = Gaya tarik (N)
- L = Panjang spesimen (mm)
- b = Lebar (mm)
- d = Tebal (mm)

Fraksi Volume Serat

Untuk menghitung fraksi volume, parameter yang harus diketahui adalah berat jenis resin, berat jenis serat, berat komposit dan berat serat. Adapun persamaan yang digunakan untuk mencari fraksi volume adalah (Shackelford, 1992).

$$vf = \frac{\frac{m_f}{\rho_f}}{\frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m}} \times 100\% \dots\dots\dots 1.6$$

Atau,

$$vf = \frac{m_f}{V_c \cdot \rho_f} \dots\dots\dots 1.7$$

Dimana :

- vf = Fraksi volume serat (%)
- m_f = Massa serat (gr)
- ρ_f = Densitas serat (gr/cm³)
- m_m = Massa matriks (gr)
- ρ_m = Densitas matriks (gr/cm³)
- V_c = Volume cetakan (cm³)

3. Metode Penelitian

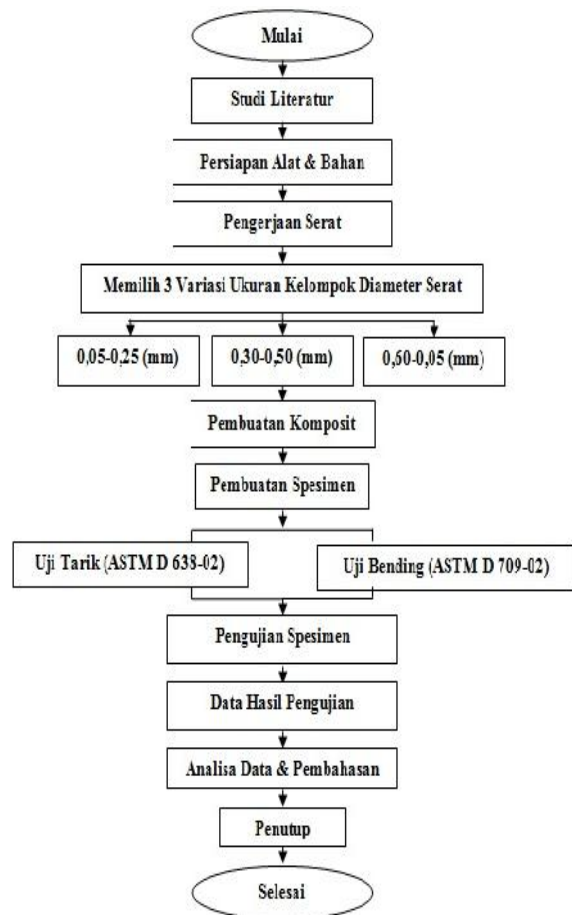
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Material Dan Teknologi Mekanik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo dan Laboratorium Metalurgi Fisik Universitas Hasanuddin.

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain timbangan digital, cetakan komposit, jangka sorong, gergaji tangan, parang, dan alat bantu lain yang digunakan, meliputi: Sendok, cutter, gunting, kuas, pisau, spidol, penggaris, dan malem.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat tangkai sagu dengan 3 variasi ukuran diameter. Serat tangkai diperoleh dari proses pengerjaan secara manual, dan dilanjutkan dengan proses ekstraksi larutan alkali *Natrium Hidroksida* (NaOH). Bahan matriks yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin Polyester dan hardener Mekpo. Pembuatan komposit dilakukan dengan metode *hand lay up*.

Pengujian komposit menggunakan mesin *Universal Testing* merek *Simadzu*. Pada pengujian komposit tersebut disesuaikan dengan ukuran standar ASTM D 638 – 01 (Uji Tarik) dan ASTM D 790 – 02 (Uji Bending).

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

4. Pembahasan

Untuk mengetahui hubungan ukuran serat terhadap kekuatan tarik, maka dalam penelitian ini akan diintegrasikan secara grafikal untuk melihat kecenderungan atau keterkaitan antara variabel.

Grafik dibawah ini adalah grafik hubungan antara variasi ukuran serat terhadap kekuatan tarik.



Gambar 7. Grafik Uji Tarik

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara variasi ukuran diameter serat terhadap kekuatan tarik. Dari grafik tersebut menggambarkan bahwa kekuatan tarik yang terdapat pada setiap spesimen cenderung menurun terhadap variasi ukuran besar diameter serat atau berbanding terbalik. Bahwa semakin besar ukuran serat yang diberikan maka semakin kecil kekuatan tarik yang didapatkan. Hal ini dapat dilihat pada ukuran serat dengan diameter 0.05 mm sampai 0.25 mm memiliki kekuatan tarik sebesar 48 N/mm², ukuran serat dengan diameter 0.30 mm sampai 0.50 mm memiliki kekuatan tarik sebesar 47.321 N/mm², dan untuk ukuran serat dengan diameter 0.60 mm sampai 1.05 mm memiliki kekuatan tarik sebesar 45.692 N/mm².

Dari hasil uraian diatas diperoleh nilai kekuatan tarik terbesar terdapat pada spesimen dengan ukuran diameter serat 0,05 mm sampai 0,25 mm, yang merupakan ukuran diameter paling kecil. Hal ini disebabkan tingkat kerapatan susunan antar serat pada ukuran diameter kecil lebih tinggi dibandingkan dengan ukuran diameter yang besar, sehingga rongga antar serat yang terjadi pada susunan diameter kecil lebih rendah dibandingkan dengan diameter besar. Hal ini akan mengurangi kemampuan material komposit dalam menerima beban, sebab ikatan antar unsur penyusun komposit melemah.

Kekuatan tarik komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kekuatan ikatan antar muka (*inter face*), fraksi volume serat dan matriks, orientasi serat, panjang serat, karakteristik serat penyusunnya. Didalam serat sago, terdapat unsur kayu dan unsur pati (zat tepung). Unsur pati tersebut memiliki sifat yang lunak, dan rapuh. Diameter yang besar memiliki zat pati yang tinggi, dibandingkan dengan serat berdiameter kecil.

Munandar, dkk (2013) melakukan penelitian tentang kekuatan tarik serat ijuk (*arenga pinnata merr*) menyatakan bahwa semakin kecil diameter serat maka kekuatan tariknya besar, karena rongga pada serat kecil dan ikatan antar molekulnya banyak sehingga kekuatannya kuat, begitupun sebaliknya.

Untuk mengetahui hubungan antara variasi ukuran diameter serat terhadap kekuatan bending, maka dalam penelitian ini akan diintegrasikan

secara grafikal guna untuk memperoleh suatu gambaran dari hasil penelitian. Grafik dibawah ini adalah hubungan antara variasi ukuran diameter serat terhadap kekuatan bending.



Gambar 7. Grafik Uji Bending

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara ukuran diameter serat terhadap kekuatan bending. Dari grafik tersebut menggambarkan bahwa variasi ukuran diameter serat berbanding terbalik dengan kekuatan bending. Semakin besar diameter serat yang diberikan maka semakin kecil kekuatan bending yang didapatkan. Hal ini dapat dilihat pada ukuran serat dengan diameter 0,05 mm sampai 0,25 mm memiliki kekuatan bending sebesar 90,234 N/mm² (tinggi), ukuran serat dengan diameter 0,30 mm sampai 0,50 mm memiliki kekuatan bending sebesar 86,133 N/mm² (sedang), dan untuk ukuran serat 0,60 mm sampai 1,05 mm memiliki kekuatan bending sebesar 85,107 N/mm².

Berdasarkan hasil uraian diatas diperoleh untuk kekuatan bending tertinggi terdapat pada ukuran serat dengan diameter 0,05 mm sampai 0,25 mm. Meningkatnya kekuatan bending tersebut disebabkan karena serat penyusun komposit tersebut menggunakan serat dengan ukuran diameter kecil dengan orientasi serat yang searah (kontinyu). Dimana ukuran serat tersebut meningkatkan kerapatan massa komposit sehingga kecil kemungkinan terdapat rongga-rongga atau ruang kosong yang terkandung didalamnya. Oleh karena itu, jika komposit menerima beban maksimum secara horizontal (tekanan) maka komposit mengalami reaksi perlawanan terhadap beban yang diberikan sampai titik batas kemampuannya (kelelahan). Dimana dari perlawanan tersebut terjadi reaksi beban tarik pada bagian bawah komposit yang pada akhirnya akan patah. Dalam fraksi volume serat yang sama antara serat dengan ukuran diameter yang kecil dan ukuran diameter besar, pada ukuran diameter serat kecil memiliki susunan serat lebih banyak dibandingkan dengan diameter besar.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ukuran diameter serat tangkai sago berpengaruh terhadap sifat mekanik (kekuatan tarik dan kekuatan bending) pada material komposit. Diameter 0,05 – 0,25 mm memiliki kekuatan tarik

tertinggi yaitu 48,000 N/mm² dan kekuatan bending tertinggi yaitu 90,234 N/mm². Diameter 0,60 -1,05 mm memiliki kekuatan tarik terkecil 45,692 N/mm² dan nilai kekuatan bending terendah yaitu 85,107 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Atjung. 1990. *Tanaman Yang Menghasilkan Minyak Tepung Dan Gula*. CV Yasaguna. Jakarta
- Bismarck, A, dkk. 2002, *Surface Characterization of Flax, Hemp and Cellulose Fibres: Surface Properties and the Water Uptake Behavior*, *Polymer Composite* Vol 23, no. 5.
- Callister Jr. William. D. 2000. *Fundamentals Of Materials Science And Engineering/ An Interactive*. John Willey & Sons. Inc.
- Chung Deborah D. L. 2010. *Composite Materials Science And Applications*. Second Edition. Springer-Verlag : London
- Diharjo Kuncoro. 2006. *Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester*. Vol. 8, No. 1. Jurusan Teknik Mesin
- Fahmi, Hendriwan dan Hermansyah, Harry. 2011. *Pengaruh Orientasi Serat Pada Komposit Resin Polyester/Serat Daun Nenas Terhadap Kekuatan Tarik*. *Jurnal Teknik Mesin* Vol.1. Padang
- Gibson, 1994. *Principle Of Composite Material Mechanics*. New York : Mc Graw Hill, Inc.
- Humeiri, Arif. 2013. *pengaruh konsentrasi alkali dan diameter serat terhadap kuat geser rekatan pada antar muka serat ijuk aren (arenga pinnata)/ poliester*. Yogyakarta.
- Munandar, dkk. 2013. *Kekuatan Tarik serat Ijuk*. *Jurnal Ilmiah Universitas Lampung* : Bandar Lampung
- Putu Lokantaro dan Ngakan Putu Gede Suardana., 2007, Analisis arah dan perlakuan serat tapis kelapa serta rasio *epoxy hardener* terhadap sifat fisis dan mekanik komposit tapis kelapa, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM.*, Vol. 1, No. 1, 15 – 21.
- Ramalan. Laode, 2015. *Analisis Kekuatan Tarik Dan Bending Komposit Diperkuat Serat Ijuk*. Skripsi. Universitas Halu Oleo : Kendari
- Schwartz. 1984. *Composite Materials Handbook*. MC Grow-Hill. New York
- Shackelford, 1992, *Introduction to Materials Science for Engineer*, Third Edition, macMillan Publishing Company, New York, USA
- Sofian Bondan. T. 2010. *Pengantar material teknik*. Salemba Teknika. Jakarta