

# Analisis Kekuatan *Bending* Komposit Berbahan Limbah Serat Kelapa Muda dengan Perbandingan Komposisi Resin Epoxy dan Serat 50 Persen

Badaruddin Anwar<sup>(1)</sup>, Djuanda<sup>(2)</sup> dan E. Safitri<sup>(3)</sup>

<sup>(1)(2)(3)</sup> Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar

e-mail : badaruddin.anwar@unm.ac.id

## Abstrak

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi serat pada komposit berbahan dasar serat kelapa muda kering terhadap kekuatan bending. Spesimen dibentuk sesuai standar uji bending ASTM D790 kemudian diuji bending menggunakan mesin uji bending merek Autograph Shimadzu dengan tipe Universal Testing Machine. Dengan fraksi volume yang digunakan dalam penelitian ini yaitu fraksi volume 50% serat : 50% resin. Hasil penelitian kekuatan bending pada material komposit berbahan dasar serat kelapa muda kering Kekuatan bending pada fraksi volume 50% serat : 50% resin yaitu sebesar 27,579146 N/mm<sup>2</sup>.

**Kata Kunci :** Uji Bending, Komposit, Fraksi Volume, Serat Kelapa Muda

## A. PENDAHULUAN

Penggunaan komposit berpenguat serat sintetis telah umum digunakan diberbagai aspek kehidupan, baik itu untuk kebutuhan rumah tangga, industri, maupun kesehatan. Namun serat sintetis yang digunakan limbahnya tidak dapat terurai secara alami sehingga dapat membahayakan bagi lingkungan. Serat alami dapat menjadi salah satu solusi alternatif dalam pembuatan komposit. Serat alami lebih ramah lingkungan mudah terurai secara alami tanpa membahayakan lingkungan sekitar dan dapat diperbaharui. Pengembangan serat alami sabut kelapa muda dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan komposit. Indonesia sebagai negara kepulauan dan berada di daerah tropis memiliki luas kebun kelapa mencapai 3.417.951 ha. Produktivitas perkebunan kelapa mencapai 1.114 kg/ha (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2014-2018). Dari angka produktivitas tersebut, dapat dikalkulasi sabut kelapa yang dihasilkan bisa mencapai angka 1 juta ton per tahun.

Pemanfaatan sabut kelapa lebih sering dibuat kerajinan dan alat-alat kebutuhan rumah tangga, sebagian besar justru terbuang dan menjadi limbah. Pemanfaatan limbah sabut kelapa masih belum dilakukan dengan maksimal terutama dalam aspek industri material khususnya pembuatan komposit. Serat sabut kelapa sebagai elemen penguat sangat menentukan sifat mekanik dari komposit karena meneruskan beban yang didistribusikan oleh matriks. Serat sabut kelapa yang dikombinasikan dengan poliester sebagai matriks, akan menghasilkan komposit alternatif yang bermanfaat untuk dunia industri. Dengan komposisi sabut kelapa dalam pembuatan komposit diharapkan dapat menghasilkan sifat mekanis komposit yang maksimal untuk mendukung pemanfaatan komposit alternatif dimasa yang akan datang.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kekuatan bending komposit berbahan limbah serat kelapa muda dengan perbandingan komposisi resin dan serat 50 persen, serat kelapa yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah serat kelapa

muda yang telah dikeringkan, untuk pengembangan material serat.

## B. KAJIAN PUSTAKA

### B.1. Komposit

Material komposit merupakan material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya, melalui pencampuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing – masing material pembentuknya berbeda. Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus daripada logam, kekuatan lelah (fatigue) yang baik, kekuatan jenis (strength/weight) dan kekakuan jenis (modulus young/density) yang lebih tinggi daripada logam, tahan korosi, memiliki sifat isolator panas dan suara, sebagai penghambat listrik yang baik, dan dapat juga digunakan untuk menambal kerusakan akibat pembebanan dan korosi (Sirait, 2010). Diperkuat dengan pernyataan Maryanti (2011) yang menyatakan bahwa komposit didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan tidak saling melarutkan antara materialnya dimana material yang satu berfungsi sebagai penguat dan material yang lainnya berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga kesatuan unsur - unsurnya. Secara umum terdapat dua kategori material penyusun komposit yaitu matriks dan reinforcement. K. Van Rijswijk et.al dalam bukunya *Natural Fibre Composites* (2001) menjelaskan komposit adalah bahan hibrida yang terbuat dari resin polimer diperkuat dengan serat, menggabungkan sifat - sifat mekanik dan fisik. Dari definisi yang dikemukakan beberapa ahli tersebut, dapat disimpulkan bahwa komposit merupakan suatu material yang tersusun dari dua atau lebih bahan dengan sifat yang berbeda kemudian membentuk suatu material baru dengan sifat - sifat lebih baik dari sifat - sifat material penyusunnya. Penggabungan pada material komposit ini terjadi dalam skala makro, dimana material tersebut tidak saling melarutkan satu sama lain.

### B.2. Material Penyusun Komposit

Komposit, seperti telah dijelaskan dalam pengertiannya, merupakan gabungan dari dua atau lebih material. Material penyusun itu sendiri terbagi menjadi dua macam, yaitu penguat (filler) dan matriks. Gabungan kedua bahan inilah yang kemudian disebut komposit. Baik matriks maupun penguat memiliki sifat fisik dan sifat mekanik sendiri - sendiri. Untuk mendapatkan sifat - sifat tertentu pada komposit, pabrikan harus menggabungkan matriks dan penguat dengan mempertimbangkan sifat - sifat fisik dan mekanikal dari bahan matriks dan penguat. Perbedaan campuran matriks dan penguat memberi sifat yang berbeda - beda pada komposit. Dalam penelitian ini digunakan beberapa variasi komposisi dari penguat dan matriks untuk mengetahui sifat – sifat fisik dan mekanik yang dihasilkan dari pengujian bending.

#### *Penguat (reinforcement)*

Salah satu bagian utama dari komposit adalah reinforcement (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit seperti contoh serat. Serat (fibre) adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh.

#### *Matriks*

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matriks mempunyai fungsi untuk mentransfer tegangan ke serat secara merata, melindungi serat dari gesekan mekanik, memegang dan mempertahankan serat pada posisinya, melindungi dari lingkungan yang merugikan, tetap stabil setelah proses manufaktur. Matriks yang paling umum dipakai adalah logam, keramik dan polimer, baik polimer termoset, maupun polimer termoplastik. Sifat-sifat matriks (Ellyawan, 2008) :

- a. Sifat mekanis yang baik.
- b. Kekuatan ikatan yang baik.
- c. Ketangguhan yang baik.
- d. Tahan terhadap temperatur.

**B.3. Resin Epoxy Sebagai Matriks**

Papan komposit serat ini dibuat dengan menggunakan bahan matriks yang akan membantu terbentuknya ikatan antar serat yang lebih kuat sehingga dihasilkan sifat papan komposit serat yang baik. Dalam penelitian ini dipilih resin epoxy sebagai bahan matriks dan material lainnya disusun secara acak sehingga terbentuk material komposit. Epoxy adalah suatu co-polimer, terbentuk dari dua bahan kimia yang berbeda. Ini disebut sebagai "resin" dan "pengeras". Resin ini terdiri dari monomer atau polimer rantai pendek dengan kelompok epoksida di kedua ujung. Epoxy memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dari pada polyester pada keadaan basah, namun tidak tahan terhadap asam. Epoxy mempunyai tiga sifat yang utama yaitu:

**B.4. Karakteristik Material Komposit**

Salah satu faktor yang sangat penting dalam menentukan karakteristik material komposit adalah perbandingan antara matriks dengan serat. Sebelum melakukan proses pencetakan komposit, terlebih dahulu dilakukan perhitungan perbandingan keduanya. Perbandingan yang berbeda antara matriks dan serat akan menghasilkan komposit dengan sifat yang berbeda. Dalam menentukan perbandingan antara komponen matriks dengan serat (pengisi) material komposit ini secara umum dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu :

*a. Metode Fraksi Massa*

Metode ini digunakan jika massa komponen matriks dan pengisi material komposit tidak jauh berbeda atau serat yang dipakai cukup berat. Untuk menghitung perbandingan massa digunakan persamaan sebagai berikut:

1. Massa komposit

$$M_c = m_f + m_m \dots\dots\dots (2.1)$$

2. Massa Serat Komposit

$$M_{fc} = \frac{m_f \cdot f_m}{100\%} \dots\dots\dots (2.2)$$

3. Massa Matriks Komposit

$$M_{mc} = \frac{m_m(100\% \times f_m)}{100\%} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana

- $M_c$  = massa komposit (gr),
- $M_{fc}$  = massa serat komposit (gr),
- $M_{mc}$  = massa matriks komposit (gr),
- $m_f$  = massa serat (gr),
- $f_m$  = fraksi massa (%),
- $m_m$  = massa matriks (gr).

*b. Metode Fraksi Volume*

Metode ini digunakan apabila berat antara komponen matriks dan penguat (serat) material komposit jauh berbeda. Fraksi volume dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

1. Massa komposit

$$M_c = m_f + m_m \dots\dots\dots (2.4)$$

2. Massa jenis komposit

$$\rho_c = \frac{M_c}{V_c} \dots\dots\dots (2.5)$$

3. Massa serat

$$W_f = \frac{m_f}{M_c} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

$$V_f = \frac{\frac{m_f}{\rho_f}}{\frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m}} \times 100\% \dots\dots (2.7)$$

Dimana

- $M_c$  = massa komposit (gr)
- $m_f$  = massa serat (gr)
- $m_m$  = massa matriks (gr)
- $\rho_c$  = massa jenis komposit (gr/cm<sup>3</sup>)
- $V_c$  = volume komposit (cm<sup>3</sup>)
- $W_f$  = fraksi massa serat (%)
- $V_f$  = fraksi volume serat (%)
- $\rho_m$  = massa jenis matriks (gr/cm<sup>3</sup>).

**B.5. Kelapa**

Tanaman kelapa (*Cocos nucifera* L) merupakan tanaman asli daerah tropis dan dapat ditemukan di seluruh wilayah Indonesia mulai dari daerah pesisir pantai

hingga daerah pegunungan yang agak tinggi. Kelapa adalah satu jenis tumbuhan dari suku aren-arenan atau Arecaceae. Potensi produksi sabut kelapa yang sedemikian besar belum dimanfaatkan sepenuhnya untuk kegiatan produktif yang dapat meningkatkan nilai tambahnya. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk mendayagunakan limbah sabut kelapa yaitu sebagai alternatif dalam pembuatan papan partikel. Sabut kelapa terdiri dari dua bagian yaitu sel-sel serat dan serbuk sabut kelapa. Serat sabut kelapa ini mengandung komposisi kimia yaitu serat selulosa. Berdasarkan sifat kimianya serat sabut kelapa dapat digunakan sebagai bahan baku dalam membuat papan partikel karena dalam serat sabut kelapa terkandung lignoselulosa (Pallungkun, 1992).

### B.6. Uji Bending

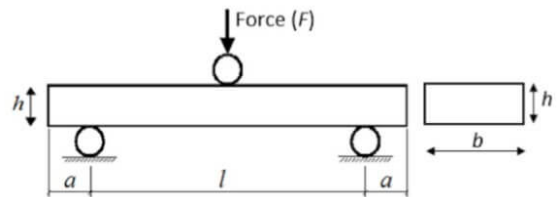
Alat uji bending adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengujian kekuatan bending pada suatu bahan atau material. Pada umumnya alat uji bending memiliki beberapa bagian utama, seperti: rangka, alat tekan, point bending dan alat ukur. Rangka berfungsi sebagai penahan gaya balik yang terjadi pada 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 diuji (dibending). 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. 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.

Pengujian bending merupakan salah satu pengujian sifat mekanik bahan, baik yang akan digunakan sebagai konstruksi atau komponen yang akan menerima pembebanan bending maupun proses pelengkungan dalam pembentukan. Pengujian bending bertujuan untuk mengetahui aspek aspek kemampuan bahan uji dalam menerima pembebanan lengkung, yakni:

1. Kekuatan atau tegangan bending ( $\sigma$ )
2. Lentur atau defleksi ( $\delta$ ) sudut yang terbentuk oleh lenturan atau sudut defleksi
3. Elastisitas (E)

Dalam penelitian ini tipe point bending yang digunakan adalah three point bending dengan dua tumpuan mengalasi spesimen uji dan satu penekan untuk mendorong spesimen uji ke bawah.



**Gambar 1.** Penampang *Three Point Bending* pada Pengujian *Bending*

Sebagaimana perilaku bahan terhadap pembebanan, semua bahan akan mengalami perubahan bentuk (deformasi) secara bertahap dari elastis menjadi plastis hingga akhirnya mengalami kerusakan (patah). Dalam proses pembebanan lengkung dimana dua gaya bekerja dengan jarak tertentu ( $L/2$ ) serta arah yang berlawanan bekerja secara bersamaan. Pengujian bending mengacu pada standar ASTM D790 dengan kondisi pengujian statis.

Setelah pengujian bending dilakukan, gunakan persamaan untuk mendapatkan angka dari kekuatan bending termasuk tegangan bending, regangan bending, dan modulus elastisitas bending. Persamaan yang dapat digunakan sebagai berikut :

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\sigma_b = \left(\frac{3PL}{2bd^2}\right) \left[1 + 6\left(\frac{D}{L}\right)^2 - 4\left(\frac{d}{L}\right)\left(\frac{D}{L}\right)\right] \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

- $\sigma_b$  = tegangan *bending* (N/mm<sup>2</sup>)
- P = gaya pembebanan (N)
- L = jarak antar tumpuan (mm)
- b = lebar spesimen (mm)
- d = tebal spesimen (mm)
- D = defleksi maksimum (mm)

Keterangan :

Pada persamaan 2.8 digunakan jika perbandingan  $L/d \leq 16$ , dimana L adalah support span dan d adalah tebal spesimen. Pada persamaan 2.9 digunakan jika nilai perbandingan  $L/d > 16$ .

Untuk mendapatkan nilai regangan *bending* digunakan persamaan berikut:

$$\epsilon_b = \frac{6Dd}{L^2} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

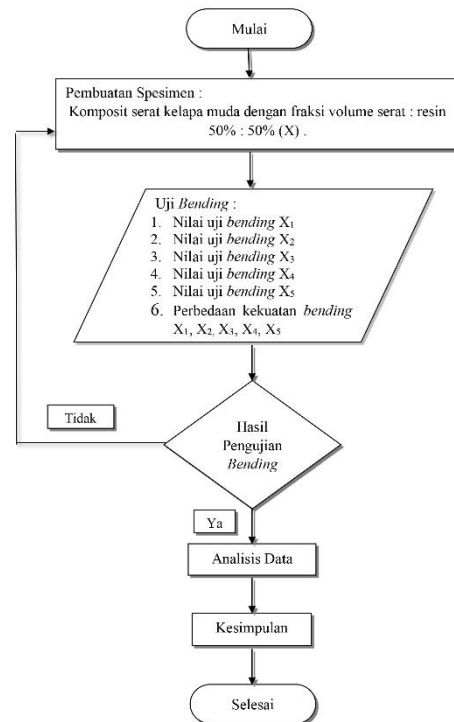
- $\epsilon_b$  = regangan (mm/mm)
- D = defleksi maksimum (mm)
- L = panjang span (mm)
- d = tebal (mm)

Sedangkan untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas *bending* digunakan persamaan berikut:

$$Eb = \frac{1}{4} \times \frac{L^3}{bd^3} \times \frac{P}{D} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

- $Eb$  = modulus elastisitas *bending* (MPa)
- L = panjang span (mm)
- b = lebar spesimen (mm)
- d = tebal spesimen (mm)
- P = gaya pembebanan (N)
- D = defleksi (mm).



Gambar 2. Bagan Alur Penelitian

### C. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan *bending* pada komposit serat kelapa muda dengan fraksi volume serat : resin 50% : 50%.

### D. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah komposit berbahan dasar resin *epoxy* dan serat kelapa muda kering. Sebelum pengujian *bending* dilakukan, spesimen uji dibentuk sesuai dengan standar yang telah ditentukan untuk uji *bending* yaitu standar ASTM D790 dengan fraksi volume 50% serat : 50% resin epoxy. penelitian dilakukan pengujian *bending* dengan menggunakan mesin uji *Autograph Shimadzu* (Japan) tipe *Universal Testing Machine*.

Sampel	Waktu (s)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Jarak Point (mm)	Beban Maksimum (N)	Defleksi (mm)
A	373.06	27	5.6	34	497.1655	12.4354
B	376.66	27	6	34	415.4492	12.5554
C	396.66	27	5.2	34	622.2034	13.2216
D	365.62	30	5.7	34	285.3521	12.1868
E	362.02	28	5.4	34	444.3741	12.0669
Rata-Rata	374.804	27.8	5.58	34	452.90886	12.49322

Sumber : Data Primer Terolah 2022

**Tabel 1.** Data Hasil Pengujian *Bending* Komposit Fraksi Volume 50% Serat: 50% Resin *Epoxy*

Dari Tabel data hasil pengujian *bending* komposit fraksi volume 50% serat: 50% resin *epoxy* tersebut, dapat diketahui sampel C mengalami beban maksimum tertinggi yaitu sebesar 622.2034 N dengan defleksi 13.2216 mm pada detik ke 396,66. Dan beban maksimum terendah dimiliki pada sampel D yaitu sebesar 285.3521 N dengan defleksi 12.1868 mm pada detik ke 365.62.

Dari data yang dihasilkan dapat dihitung besar kekuatan *bending* menggunakan persamaan berikut :

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Keterangan rumus :

- $\sigma_f$  = Kekuatan *Bending* (N/mm<sup>2</sup>)
- P = Beban atau Gaya yang terjadi (N)
- L = Jarak *point* (mm)
- b = Lebar benda uji (mm)
- d = Ketebalan benda uji (mm)

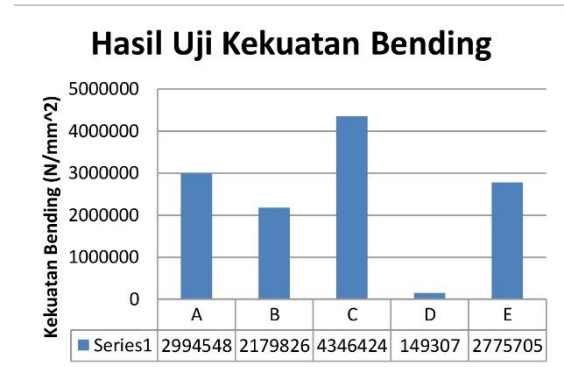
Fraksi Volume	Sampel	Kekuatan <i>Bending</i> (N/mm <sup>2</sup> )	TOTAL	Rata-Rata ( $\bar{x}$ )
50% Serat : 50% Resin	A	2.994.548	13.789.573	27.579.146
	B	2.179.826		
	C	4.346.424		
	D	149.307		
	E	2.775.705		

Sumber : Data Primer Terolah 2022

**Tabel 2.** Hasil Perhitungan Kekuatan *Bending* Komposit 3 Fraksi Volume

Untuk mencari nilai rata-rata kekuatan *bending* komposit dengan fraksi volume 50% Serat : 50% Resin menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n xi \\ &= \frac{1}{5} (29.94548 + 21.79826 + 43.46424 + 14.9307 + 27.75705) \\ &= \frac{1}{5} (137.89573) = 27.579146 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$



Sumber : Data Primer Terolah 2022

**Gambar 3.** Diagram Batang Kekuatan *Bending*

Dari grafik batang didapat nilai tegangan *bending* pada tiap spesimen komposit dengan serta nilai rata-rata tegangan *bending* untuk spesimen dengan fraksi volume 50% serat : 50% resin yaitu sebesar 27,579146 N/mm<sup>2</sup>.

Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan mesin uji *bending Autograph Shimadzu* dengan tipe *Universal Testing Machine* diperoleh nilai beban maksimum yang dapat ditahan oleh komposit dengan fraksi volume 50% serat : 50% resin beban maksimum yang dapat ditahan adalah sebesar 497.16 N, 415.45 N, 622.2 N, 285.35 N, 444.37 N. Dari data hasil pengujian tersebut kemudian diperoleh hasil perhitungan kekuatan *bending* Untuk komposit dengan fraksi volume 50% serat : 50% resin dan masing-masing sampel berjumlah 5 memiliki nilai kekuatan *bending* 29.94548 N/mm<sup>2</sup>, 21.79826 N/mm<sup>2</sup>, 43.46424 N/mm<sup>2</sup>, 14.9307 N/mm<sup>2</sup>, 27.75705 N/mm<sup>2</sup>.

Berdasarkan hasil perhitungan kekuatan *bending* tersebut, dapat dihasilkan rata-rata kekuatan *bending* terhadap komposit dengan fraksi volume 50% serat : 50% resin rata-rata kekuatan *bending* yang dihasilkan yaitu 27.579146 N/mm<sup>2</sup>.

## E. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Besar kekuatan *bending* yang dihasilkan terhadap komposit dengan fraksi volume 50% serat : 50% resin, adalah sebesar **27.579146 N/mm<sup>2</sup>**.
2. Besar kekuatan *bending* untuk komposit dengan fraksi volume 50% serat : 50% resin dan masing-masing sampel berjumlah 5 memiliki nilai kekuatan *bending* 29.94548 N/mm<sup>2</sup>, 21.79826 N/mm<sup>2</sup>, 43.46424 N/mm<sup>2</sup>, 14.9307 N/mm<sup>2</sup>, 27.75705 N/mm<sup>2</sup>.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriani, Enda. 2017. Jurnal Analisa Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Limbah Dari Serat Kelapa Muda, Batang Pisang Dan Kertas Bekas Terhadap Kekuatan *Bending* Sebagai Papan Komposit. Yogyakarta: Universitas Proklamasi 45.
- Arikunto, S. 2010. Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik. Jakarta: Rineka Cipta.
- Beliu, Harun N dkk. 2016. Analisa Kekuatan Tarik dan *Bending* pada Komposit Widuri – *Polyester*. Kupang: Universitas Nusa Cendana.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2015. Statistik Perkebunan Indonesia. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan. <https://www.pertanian.go.id/>. Diakses pada 01 Maret 2021
- Ellyawan. 2008. Panduan Untuk Komposit dari <http://www.ellyawan.dosen.akprind.ac.id>. Diakses pada 01 Maret 2021
- Firmansyah. 2020. Artikel *Bending* Test. <https://www.detech.co.id/bending-test/>. Diakses pada 01 Maret 2021
- Gibson, F.R., 1994, "Principles of Composite Material Handbook", Mc Graw-Hill, Singapura. [http://www.iaukhoy.ac.ir/download/Principles%20of%20composite%20materials.\(GIBSON\).pdf](http://www.iaukhoy.ac.ir/download/Principles%20of%20composite%20materials.(GIBSON).pdf). Diakses pada 01 Maret 2021
- Insani, Melati Nurul. 2019. Jurnal Analisis Struktur Micro Material Baja Karbon Rendah (St 37) Sni Akibat Proses *Bending*. Makassar: Universitas Negeri Makassar. <http://eprints.unm.ac.id/15089/>. Diakses pada 01 Maret 2021
- Jafar, S. 2010. Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan *Bending* Pada Material Komposit Serat Serabut Kelapa Unidireksional/Epoksi, Tugas Akhir S1 Teknik Mesin. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Mangare, Agus Kurniawan. 2015. Skripsi Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Undireksional Berpenguat Serat Ijuk Dengan Matriks *Epoxy*. Lampung: Universitas Lampung.

