

Pengaruh Fraksi Massa Terhadap Kekuatan Bending Dan Daya Serap Air Komposit Partikel Kayu Bayur Dengan Matriks Epoxy

Averio Alvarez, C.I.P.K Kencanawati, D.N.K Putra Negara
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Salah satu upaya dalam mengefisienkan material komposit adalah dengan menemukan inovasi terbaru, lebih murah, lebih bermanfaat dan lebih sedikit menyebabkan polusi. Salah satu material alam yang dapat dijadikan material komposit adalah partikel kayu bayur dengan matriks resin epoxy. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh variasi fraksi massa partikel kayu bayur dan resin epoxy terhadap kekuatan bending dan kekuatan daya serap air. Pengujian yang dilakukan terhadap specimen adalah uji bending (ASTM D790-03 dan uji daya serap air (D570-98). Hasil pengujian bending menunjukkan tegangan bending tertinggi pada fraksi massa 5% : 95% dengan nilai rata-rata 133,47 MPa dan nilai tegangan bending terendah pada fraksi massa 15% : 85% dengan nilai rata-rata 83,94 MPa. Nilai regangan bending tertinggi pada fraksi massa 5% : 95% dengan nilai rata-rata 0,0185 mm dan nilai regangan bending terendah pada fraksi massa 15% : 85% dengan nilai rata-rata 0,0139 mm. Nilai modulus elastisitas bending tertinggi pada fraksi massa 5% : 95% dengan nilai rata-rata 7928,72 MPa dan nilai modulus elastisitas terendah pada fraksi massa 15% : 95% dengan nilai rata-rata 6817,99 MPa. Pada pengujian daya serap air mendapatkan nilai tertinggi 1,19% pada fraksi massa 15% : 85% dan nilai daya serap air terendah pada fraksi massa 5% : 95% dengan nilai rata-rata 0,65%.

Kata kunci: partikel kayu bayur, papan partikel, uji lentur, uji bending, uji serap air, epoxy

Abstract

One effort to make composite materials more efficient is to find the latest innovations, which are cheaper, more useful, and cause less pollution. One natural material that can be used as a composite material is bayur wood particles with an epoxy resin matrix. This research aims to determine the effect of variations in the mass fraction of bayur wood particles and epoxy resin on bending strength and water absorption strength. The tests carried out on the specimens were the bending test (ASTM D790-03 and the water absorption test (D570-98). The bending test results showed the highest bending stress at a mass fraction of 5%: 95% with an average value of 133.47 MPa and a stress value of the lowest bending was at a mass fraction of 15%: 85% with an average value of 83.94 MPa. The highest bending strain value was at a mass fraction of 5%: 95% with an average value of 0.0185 mm and the lowest bending strain value was at a mass fraction of 15%: 85% with an average value of 0.0139 mm. The highest bending elastic modulus value is at a mass fraction of 5%: 95% with an average value of 7928.72 MPa and the lowest elastic modulus value is at a mass fraction of 15%: 95% with an average value. -average 6817.99 MPa. In the water absorption test, the highest value was 1.19% at a mass fraction of 15%: 85% and the lowest water absorption value was at a mass fraction of 5%: 95% with an average value of 0.65%.

Keyword : bayur wood particles, particle board, bending test, bending test, water absorption test, epoxy

1. Pendahuluan

Material komposit mempunyai sifat-sifat yang khusus diantaranya adalah, kekuatan, kekakuan, ringan, tidak korosi dan usia fatik yang lebih baik dibandingkan dengan bahan konvensional lain. Seiring berkembangnya teknologi dan inovasi yang terus dilakukan dalam bidang material serat alam dijadikan sebagai bahan penguat komposit. Material komposit umumnya diperkuat menggunakan serat, dimana serat tersebut sangat mempengaruhi dan menentukan kekuatan dari komposit. Bahan serat tersebut dapat diperoleh dari bahan alam dan non alam (Manurung, dkk. 2020)

Salah satu upaya dalam mengefisienkan material komposit adalah dengan menemukan inovasi terbaru, lebih murah, lebih bermanfaat dan lebih sedikit menyebabkan polusi. Salah satu material alam yang dapat dijadikan material komposit adalah partikel kayu. Masih banyak masyarakat yang belum mengetahui bahwa serbuk dari kayu limbah dari pemotongan bisa dijadikan material yang memiliki nilai ekonomis lebih sebagai material yang baik untuk dijadikan bahan dasar dalam kebutuhan rumah

tangga. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan komposit dengan menggunakan serbuk kayu bayur dengan matriks resin epoxy sebagai perekat. Nantinya komposit dari perpaduan serbuk kayu bayur dan resin epoxy diharapkan mampu menjadikan material limbah yang memiliki nilai ekonomis lebih sebagai bahan pengganti untuk pembuatan furniture.

2. Landasan Teori

2.1 Komposit

Secara harfiah, makna dasar dari komposit adalah menggabungkan dan menyusun, atau dapat disimpulkan bahwa komposit adalah suatu bahan material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih bahan penyusun dengan cara pencampuran yang heterogen (terdiri atas berbagai unsur yang berbeda sifat atau berlainan jenis). Campuran ini akan menghasilkan material komposit yang memiliki karakteristik dan sifat mekanik yang berbeda dari material penyusunnya.

2.2 Partikel Kayu Bayur

Kayu bayur atau dalam bahasa latin *pterosperrum javanicum* dikenal memiliki nilai ekonomis yang tinggi karena biasanya digunakan untuk pembuatan kayu lapis, *furniture*, perkapalan, kertas, dan jembatan. Pohon bayur juga dapat digunakan sebagai tanaman revegetasi karena merupakan jenis tanaman yang tumbuh dengan cepat dan memerlukan sedikit cahaya matahari untuk pertumbuhannya. Menurut (Wulandari dan Latifah, 2021) kayu bayur termasuk dalam kelas kuat III dengan massa jenis rata-rata $0,53 \text{ g/cm}^3$ dan memiliki tekstur yang agak kasar tetapi memiliki permukaan yang licin dan mengkilap.

2.3 Resin Epoxy

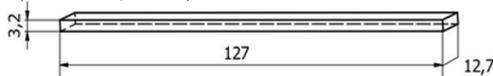
Resin *epoxy* relatif lebih mahal dibandingkan dengan resin *polyester*, harga resin ini sekitar empat kali lebih mahal daripada resin *polyester*. Sehingga bukan pilihan yang baik secara ekonomis, tetapi sangat mudah dalam hal penggunaan dan juga memiliki kualitas kekuatan yang jauh lebih tahan lama dibanding barang yang berbahan resin *polyester*. Resin *epoxy* sebagian besar berwarna kuning pucat dan melekat kuat pada permukaan kayu, dan tidak seperti resin *polyester*, resin ini tidak memerlukan lapisan akhir (*finishing*). Resin epoxy memiliki massa jenis $1,13 \text{ g/m}^3$ nilai modulus elastisitas $2,25 \text{ GPa}$ dan kekuatan tarik 70 MPa (Smith, 2006)

2.4 Papan Partikel (Particle Board)

Papan partikel (*particle board*) adalah papan tiruan yang dapat dibuat dari limbah industri kayu yang direkat menggunakan matriks melalui beberapa proses. Jika kadar air cukup tinggi akan susah untuk melakukan proses pembuatan komposit karena akan membutuhkan perekat yang lebih besar, sebaliknya jika kadar air terlalu rendah akan menghasilkan papan partikel yang cenderung rapuh dan mudah patah serta retak (Iskandar, 2009).

2.5 Uji Bending

Pengujian bending dilakukan dengan metode *three point bending* yang mengacu pada ASTM D790-03. Dari bending test akan dihasilkan distribusi linear tegangan langsung yang bervariasi terhadap ketebalan dan regangan pada permukaan lain. (Matthew, 1994).



Gambar 1. Dimensi spesimen uji bending
(Sumber: Kariana, 2021)

Keterangan Spesimen:

Panjang = 127 mm Tebal = 3,2 mm
Lebar = 12,7 mm

Tegangan bending adalah hasil bagi antara gaya yang dialami spesimen dengan luas penampang, atau dapat dfinisikan secara singkat sebagai gaya persatuan luas.

$$\sigma_L = \frac{3P.L}{2b.d^2} \quad (1)$$

Keterangan :

σ_L = Tegangan bending L = Panjang span
P = Beban b = Lebar spesimen
d = Tebal spesimen

Regangan bending merupakan perbandingan antara penambahan panjang spesimen dibagi dengan panjang span.

$$\varepsilon_L = \frac{6\delta . d}{L^2} \quad (2)$$

Keterangan :

ε_L = Regangan bending L = Panjang span
 δ = Defleksi spesimen d = Tebal spesimen

Modulus elastisitas yaitu perbandingan tegangan dan regangan aksial pada deformasi elastis

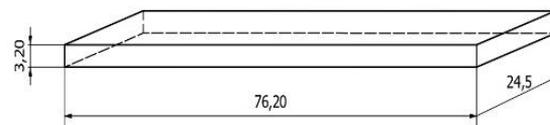
$$E_L = \frac{L^3 . m}{4b . d^3} \quad (3)$$

Keterangan :

E_L = Modulus elastisitas b = Lebar specimen
L = Panjang span d = Tebal spesimen
m = Tangen garis lurus

2.6 Uji Daya Serap Air

Pengujian daya serap air pada penelitian menggunakan metode perendaman 24 jam yang merupakan salah satu dari tujuh pengujian daya serap air yang terdapat di ASTM D570-98.



Gambar 2. Ukuran spesimen uji *water absorption*
(Sumber: Kariana, 2021)

$$W_{abs} (\%) = \frac{W_a - W_o}{W_o} \times 100 \quad (8)$$

Keterangan Rumus:

Wabs = Daya serap air
Wa = Massa basah spesimen
Wo = massa kering spesimen

3. Metode Penelitian

Metode bisa diartikan sebagai cara atau teknik yang digunakan dalam proses penelitian, sedangkan penelitian memiliki arti upaya dalam ilmu pengetahuan yang dilakukan guna memperoleh fakta dan prinsip-prinsip untuk mewujudkan kebenaran.

3.1 Alat Penelitian

Ada beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

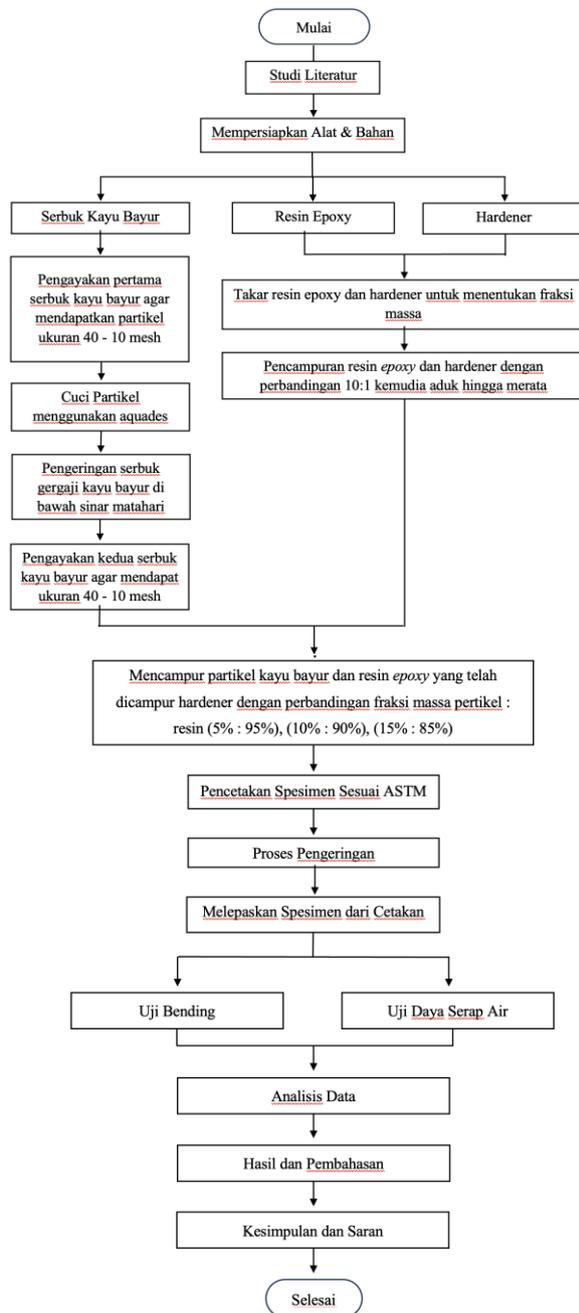
1. Timbangan digital
2. Gelas ukur
3. Jangka sorong
4. Cetakan spesimen
5. Alat tambahan

3.2 Bahan

1. Partikel kayu bayur yang digunakan sebagai penguat.
2. Resin *epoxy* digunakan sebagai matriks atau pengikat dari partikel kayu bayur.
3. Hardener digunakan sebagai campuran pada resin epoxy agar campuran antara partikel kayu bayur dengan resin epoxy.
4. Aquades digunakan untuk mencuci partikel kayu bayur sebelum dikeringkan dan juga digunakan pada pengujian daya serap air.

3.3 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir ini berisi mengenai tahapan penelitian dari awal hingga akhir penelitian.



Gambar 3. Diagram Alir

3.4 Proses Pembuatan Spesimen Uji

1. Ayak serbuk kayu bayur dengan ayakan 10 mesh sehingga ukuran partikel yang lebih besar dari 10 mesh tidak terpakai.
2. Ayak kembali menggunakan ayakan berukuran 40 mesh untuk mengeliminasi partikel yang lebih kecil dari 40 mesh sehingga mendapatkan partikel dengan rentang ukuran 40 mesh - 10 mesh.
3. Cuci partikel serbuk kayu bayur yang telah diayak menggunakan aquades.
4. Keringkan serbuk kayu bayur dibawah terik matahari hingga partikel serbuk kayu kering secara merata.
5. Selanjutnya diayak kembali menggunakan ayakan 40 mesh dan 10 mesh agar mendapatkan partikel dengan rentang ukuran yang spesifik.
6. Menyiapkan cetakan terbuat dari kayu yang telah dilapisi dengan aluminum foil sesuai dengan ukuran yang ditentukan ASTM di setiap jenis pengujian.
7. Melakukan penakaran serbuk kayu bayur dengan resin epoxy sesuai dengan perbandingan fraksi massa.
8. Selanjutnya campur serbuk kayu bayur dan resin epoxy yang telah tercampur dengan hardene.
9. Aduk campuran partikel dan resin hingga merata lalu tuangkan kedalam cetakan sesuai kebutuhan dan pastikan campuran telah mengisi dengan penuh di cetakan sehingga tidak ada ruang kosong yang tersisa.
10. Tunggu spesimen hingga kering lalu keluarkan spesimen dari cetakan dan lakukan pengukuran dan menimbang spesimen untuk memastikan spesimen sudah sesuai ukuran.
11. Lakukan pengulangan pada perbandingan fraksi yang lain dan spesimen yang lain dengan proses yang sama.

4. Hasil dan Pembahasan

Data hasil uji bending merupakan hasil pengujian specimen yang dilakukan di Lab. Metalurgi Teknik Mesin Universitas Udayana. Setiap fraksi massa menggunakan 3 spesimen. Berikut merupakan perhitungan tegangan bending, regangan bending, dan modulus elastisitas dari fraksi massa 10%:90% spesimen B2:

a. Tegangan Bending

Diketahui:

$$P = 215,84 \text{ N}$$

$$L = 16 \times 3,2 = 51,2 \text{ mm}$$

$$d = 3,2 \text{ mm}$$

Ditanya:

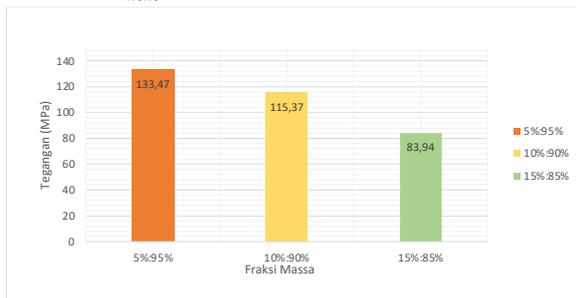
$$\sigma L = \text{Tegangan bending (MPa) ?}$$

Penyelesaian:

$$R = \frac{3P \cdot L}{2b \cdot d^2} = \frac{(3) \times (215,84 \text{ N}) \times (51,2 \text{ mm})}{(2) \times (12,7 \text{ mm}) \times (3,2 \text{ mm})^2}$$

$$= \frac{33153,024 \text{ N}}{260,096 \text{ mm}^2}$$

$$= 127,46 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \approx 127,46 \text{ Mpa}$$



Gambar 5 Grafik Tegangan Bending

Grafik tegangan bending pada gambar 5 menunjukkan bahwa penambahan partikel kayu bayur dan mengurangi jumlah resin berpengaruh terhadap kekuatan bending. Dimana hasil kekuatan pada fraksi massa 5% : 95% memiliki nilai rata-rata kekuatan bending sebesar 133,47 MPa. Pada fraksi massa 10% : 90% didapatkan nilai rata-rata kekuatan bending sebesar 115,37 MPa sedangkan pada fraksi massa 15% : 85% memiliki nilai rata-rata kekuatan bending sebesar 83,94 MPa. Semakin banyak partikel yang digunakan maka tegangan bending semakin menurun, ini dikarenakan pendistribusian beban pada spesimen tidak merata.

b. Regangan Bending

Diketahui:

$$L = 51,2 \text{ mm}$$

$$d = 3,2 \text{ mm}$$

$$\delta = 2,693 \text{ mm}$$

Ditanya:

$$\varepsilon_L = \frac{6\delta \cdot d}{L^2}$$

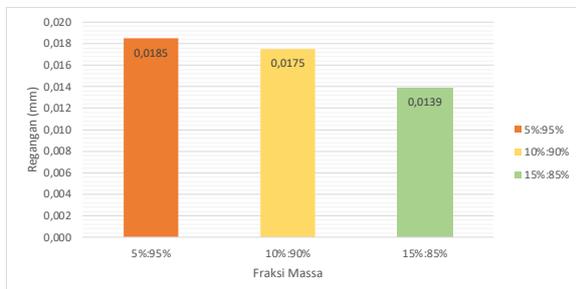
Penyelesaian:

$$\varepsilon_L = \frac{6\delta \cdot d}{L^2}$$

$$= \frac{(6) \times (2,693 \text{ mm}) \times (3,2 \text{ mm})}{(51,2^2 \text{ mm})}$$

$$= \frac{51,706 \text{ mm}}{2621,44 \text{ mm}}$$

$$= 0,197$$



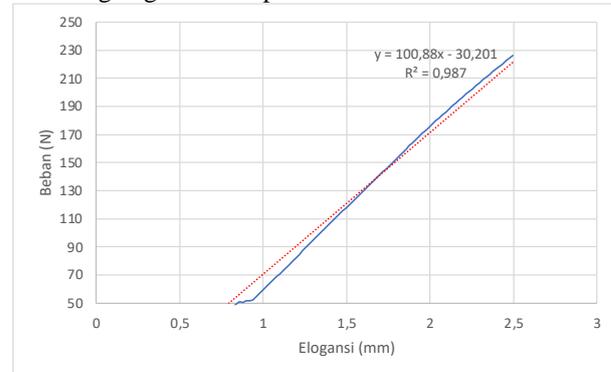
Gambar 6 Grafik Regangan Bending

Nilai rata-rata regangan bending pada komposit fraksi masa 5% : 95% sebesar 0,0185 mm, komposit dengan fraksi massa 10% : 90% memiliki nilai rata-rata kekuatan bending sebesar 0,0175 mm mengalami penurunan dari fraksi massa 5% : 95% namun tidak terlalu signifikan, sedangkan pada

komposit dengan fraksi massa 15% : 85% memiliki nilai regangan bending relative kecil dibandingkan fraksi massa 5% : 95% dan 10% : 90% dengan nilai sebenar 0,0139 mm

c. Modulus Elastisitas

Sebelum menghitung nilai modulus elastisitas bending, terlebih dahulu perlu mencari nilai tangen garis lurus pada daerah elastis.



Gambar 4. Nilai m Modulus Elastisitas Bending

Diketahui :

$$L = 51,2 \text{ mm (Panjang span)}$$

$$b = 12,7 \text{ mm (Lebar)}$$

$$d = 3,2 \text{ mm}$$

$$m = 84,284 \text{ N/mm}$$

Ditanya :

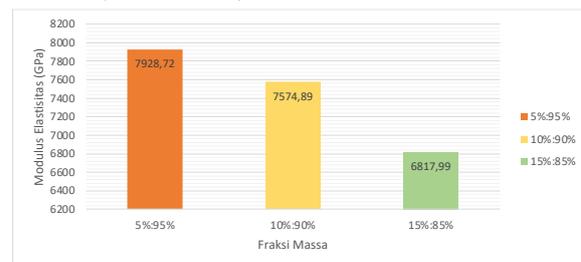
E_L = Modulus elastisitas bending (MPa) ?

$$E_L = \frac{L^3 \cdot m}{4b \cdot d^3}$$

$$= \frac{(51,2 \text{ mm})^3 \times (84,284 \text{ N/mm})}{(4) \times (12,7 \text{ mm}) \times (3,2 \text{ mm})^3}$$

$$= \frac{11312406,99 \text{ N/mm}}{1664,6144 \text{ mm}}$$

$$= 6795,81 \text{ MPa} \sim 6,79 \text{ GPa}$$



Gambar 7 Grafik Modulus Elastisitas Bending

Pada gambar 4.4 grafik modulus elastisitas dapat dilihat bahwa nilai elastisitas tertinggi terdapat pada fraksi massa 5% : 95% dengan nilai rata-rata sebesar 7928,72 MPa. Nilai rata-rata modulus elastisitas pada fraksi massa 10% : 90% sebesar 7574,89 MPa dan modulus elastisitas terendah terdapat pada fraksi massa 15% : 85% dengan nilai rata-rata sebesar 6817,99 MPa. Penurunan nilai modulus elastisitas bending dipengaruhi oleh distribusi partikel yang kurang merata, ketika partikel dicampurkan dengan resin dan ada partikel yang mengumpul di area tertentu dapat menyebabkan nilai modulus elastisitas menurun. Selain itu void juga memiliki pengaruh terhadap kekuatan bending mulai

dari tegangan, regangan dan modulus elastisitas. *Void* menghambat menyebarkan beban antara partikel dan matriks sehingga membuat nilai modulus elastisitas menurun.

4.1 Hasil Uji Day Serap Air

Pengujian daya serap air menggunakan standar ASTM D570-98 dengan perendaman spesimen 24 jam menggunakan larutan aquades dengan menggunakan 3 spesimen setiap fraksi massa. Pada perhitungan dibawah menggunakan spesimen W2 fraksi massa 5% : 95% sebagai berikut :

Diketahui:

$W_a = 7,22$ gram

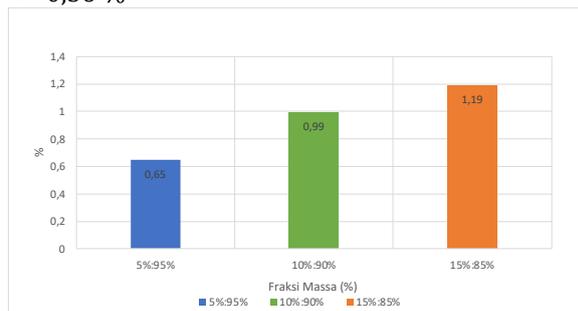
$W_o = 7,18$ gram

Ditanya:

$W_{abs} = ?$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} W_{abs} (\%) &= \frac{W_a - W_o}{W_o} \times 100 \\ &= \frac{7,22 \text{ gram} - 7,18 \text{ gram}}{7,18 \text{ gram}} \times 100 \\ &= \frac{0,040 \text{ gram}}{7,18 \text{ gram}} \times 100 \\ &= 0,56 \% \end{aligned}$$



Gambar 8 Grafik Daya Serap Air

Dari grafik pengujian daya serap air pada gambar 4.5 menunjukkan fraksi massa 5% : 95% memiliki nilai daya serap air rata-rata sebesar 0,65%, pada fraksi massa 10% : 90% memiliki nilai rata-rata daya serap air sebesar 0,99% dan pada fraksi massa 15% : 85% memiliki nilai rata-rata daya serap air paling tinggi sebesar 1,19%. Daya serap air pada penelitian ini dipengaruhi oleh banyaknya partikel kayu bayur yang digunakan pada setiap spesimen, semakin banyak partikel yang digunakan semakin tinggi daya serap airnya. Hal tersebut dikarenakan kayu bayur tergolong jenis kayu *hydrophilic* yang dimana partikelnya memang mudah menyerap air. Selain itu faktor banyaknya rongga-rongga yang ditimbulkan akibat tidak meratanya penebaran resin atau matriks. Dapat dilihat pada spesimen 5% : 95% dimana resin dengan perbandingan jauh lebih banyak dari partikel memiliki daya serap air yang rendah dikarenakan matriks dapat terdistribusi secara merata sehingga sedikit rongga yang dapat diisi oleh air. Selain itu juga rendah nya daya serap air pada fraksi massa 5% : 95% dikarenakan karakteristik dari resin epoxy tersebut rendah terhadap penyerapan air.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh fraksi massa terhadap kekuatan bending dan daya serap air komposit partikel kayu bayur dengan matriks epoxy dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kekuatan bending sangat dipengaruhi oleh fraksi massa yang dibuktikan dari data diatas yang menunjukkan semakin banyak partikel yang digunakan semakin menurun kekuatan tegangan bending, regangan bending dan modulus elastisitas bending. Hasil pengujian bending menunjukkan nilai tertinggi tegangan bending terdapat pada fraksi massa 5% : 95% dengan rata-rata nilai 133,47 MPa. Regangan bending 0,0185 mm dan modulus elastisitas 7928,72 MPa.
2. Perbandingan fraksi massa sangat mempengaruhi daya serap air pada setiap specimen dimana semakin banyak partikel yang ditambahkan semakin tinggi daya serap airnya. Hasil Uji Daya serap air menunjukkan nilai daya serap air pada spesimen 5% : 95% memiliki nilai daya serap air paling rendah dengan nilai rata-rata sebesar 0,65%. Pada fraksi massa 10% : 90% memiliki nilai rata-rata daya serap air sebesar 0,99% dan pada fraksi massa 15% : 85% memiliki nilai daya serap air paling tinggi dengan nilai rata-rata sebesar 1,19%.

Daftar Pustaka

- [1] *Annual Book of Standards, ASTM D 570 - 98, Standard Test Method for Water Absorption of Plastics*
- [2] *Annual Book of Standards, ASTM D 790 - 03, Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*
- [3] Iskandar, M. I. dan Supriadi, Achmad (2013), *Pengaruh Kadar Perikat Terhadap Sifat Papan Partikel Ampas Tebu, Jurnal Penelitian Hasil Hutan, Vol, 31, No. 1*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengelolaan Hasil Hutan.
- [4]
- [5] Kariana, “*Karakteristik Mekanik Papan Partikel Komposit Serbuk Kayu Jati Matriks Resin Polyester dengan Variasi Fraksi Massa*” Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana
- [6] Manurung, dkk “*Analisa Kekuatan Bahan Komposit Yang Diperkuat Serat Bambu Menggunakan Resin Polyester Dengan Memvariasikan Susunan Serat Secara Acak Dan Lurus Memanjang*” Universitas HKBP Nommensen

- [7] Matthew, F.L., *Composite Materials: Engineering and Science*, Chapman and Hall, UK, 1994
- [8] Smith., W. F. Hashemi, J. (2006). **Foundations Of Material Science and Engineering** (4th ed) me Graw Hill.
- [9] Wulandari, FT., Latifah, S. (2021), "*Laminated board Limbah Potongan Kayu Sebagai Bahan Substitusi Kayu Solid*" Laporan Penelitian PNB. Universitas Mataram



Averio Alvarez, pengusaha muda sekaligus seorang produser musik menyelesaikan program sarjana di jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2024.

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan komposit dan material baru