

Pengaruh Variasi Fraksi Volume Biokomposit Batang Padi dan Resin Epoxy-Polyester Terhadap Kekuatan Bending dan Daya Serap Air

Abizar Ghifari, Cok Istri Putri Kusuma Kencanawati,
I Putu Lokantara dan I Kt Suarsana

Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Produksi batang padi di Indonesia setiap tahunnya cukup melimpah. Pada tahun 2021 produksi padi nasional mencapai 54,42 juta. Di Indonesia sendiri padi menghasilkan limbah yang cukup besar, sekitar 62% jerami dibakar dan sisanya dimanfaatkan untuk pakan ternak. Sehingga padi dipertimbangkan untuk digunakan pada penelitian ini. Penelitian ini juga menggunakan resin campuran epoxy-polyester dengan perbandingan 9:1 dan hardener 2:1 sebagai matriks. Komposisi serat dengan resin menggunakan fraksi volume 5% serat : 95% resin, 10% serat : 90% resin, dan 15% serat : 85% resin. Dicetak menggunakan cetakan akrilik dengan teknik hand lay-up. Dengan ukuran spesimen berdasarkan pada ASTM D790-03 untuk Uji Bending dan ASTM D570-98 untuk Uji Daya Serap Air. Serta Uji Foto Mikro untuk mendukung Uji lainnya. Data hasil pengujian bending memperlihatkan bahwasanya tegangan bending tertinggi terdapat pada fraksi 5% serat sebesar 47,352 MPa, sedangkan yang terendah pada fraksi 15% serat sebesar 21,463 MPa. Regangan tertinggi pada fraksi 15% serat sebesar 6,064, sedangkan regangan terendah terdapat pada fraksi 5% serat sebesar 4,320. Modulus Elastisitas tertinggi ada pada fraksi 5% serat sebesar 0,927 GPa dan terendah terdapat di fraksi 15% serat sebesar 0,611 GPa, dimana hal ini didukung oleh hasil foto mikro. Hasil pada foto mikro menunjukkan ikatan antara serat dengan matriks yang ada di dalam komposit. Pada pengujian daya serap air didapatkan hasil serapan tertinggi pada fraksi 15% serat sebesar 3,28% dan serapan terendah pada fraksi 5% serat sebesar 2,54%. Dengan hasil pengujian daya serap air diatas pada fraksi 15% serat menjadi nilai tertinggi resapan. Ini terjadi karena serat mempengaruhi kemampuan serap air spesimen.

Kata Kunci : Batang Padi, Resin Epoxy, Resin Polyester, Campuran Resin Epoxy-Polyester, Fraksi Volume, Uji Bending, Uji Daya Serap Air, Foto Mikro

Abstract

Each year, the production of rice straws in Indonesia increases, it is reported that the production reaches 54,42 in 2021. This results in massive waste products in approximately 62% straws were burned and the rest is utilized for livestock feeding. Hence, rice straws are put for consideration to be analyzed in this research. This paper uses the mix of epoxy-polyester resin with the ratio of 9:1, combined with hardener on 2:1 ratio as a matrix. The combination of rice straw fibers and resin in fraction of volume, consists of fibers 5% ; resin 95%, fibers 10% ; resin 90% resin and 15% fibers ; 85% resin. The specimens are moulded using acrylic mold with hand lay-up technique. The size of the specimens are decided upon the ASTM D790-03 for Bending Test and ASTM D570-98 for Water Absorption Test, and Photo Micro Test to support other related assessments. According to the results of this study, the highest bending stress was found in 5% fraction of fiber with 47,352 MPa. In contrast, the lowest stress was found in 15% fraction of fiber with 21,463 MPa. Meanwhile, the highest strain was found in 15% fraction of fiber with 6,064 and the lowest was in 5% fraction of fiber with 4,320. As for the elastic modulus, the highest result was in 5% fraction of fiber with 1,077 GPa and the lowest was in 15% fraction of fiber with 0,408 GPa. In which this result was supported by the photo micro result. The result shows a bond between fiber and matrix that is present in the composite. According to the water absorption test, the highest absorption ability was found in 15% fraction of fibers with the amount of 3,28% and the lowest was found in 5% fraction of fibers with the amount of 2,54%. All mentioned above concludes that the water absorption ability on 5% fraction of fibers was the highest. This may be due to the effect of fibers on water absorption ability of the specimens.

Keywords: Rice Straw, Epoxy Resins, Polyester Resins, Mix of Epoxy-Polyester Resins, Volume Fraction, Bending Test, Water Absorption Test, Photo Micro

1. Pendahuluan

Dalam perkembangan teknologi industri manufaktur, komposit dengan penguat serat alam giat ditelusuri kualitas serta kegunaannya. Komposit dapat dijadikan alternatif material pengganti logam sehubungan dengan beberapa keunggulannya yaitu tahan korosi, ringan dan memiliki sifat mekanik yang kuat. Komposit umumnya terdiri atas resin yang

berfungsi sebagai pengikat serat dan juga serat sebagai bahan. Resin polimer yang umum digunakan dalam pembuatan komposit ialah epoxy dan polyester. Sebuah studi menunjukkan bahwa kombinasi dari dua polimer menunjukkan sifat yang lebih unggul dibandingkan dengan komponen tunggal. Prasanna dan Subbaiah, 2013 meneliti campuran matriks antara epoxy dan polyester digabungkan bersamaan dengan katalis masing-masing dan didapatkan nilai kekuatan

tekan dan ketahanan kimianya paling maksimum di 90% epoxy dan 10% polyester. Sementara itu, serat merupakan komponen utama yang menentukan sifat fisik pada suatu material, termasuk komposit. Serat alam mempunyai banyak keunggulan jika dibanding dengan serat sintesis, keunggulan tersebut diantaranya yaitu ramah lingkungan, kekakuan serta kekuatan yang relatif tinggi, dapat diolah secara alami, serta tersedia secara luas seperti serat nanas, jerami, ijuk, sabut kelapa, goni dan lain sebagainya. Fraksi volume diduga berpengaruh terhadap sifat mekanis dan fisik serat pembentuk material yang mana dapat berguna untuk pengembangan penggunaan komposit yang dapat dijadikan sebagai bahan alternatif logam. Penelitian ini bertujuan guna melihat seberapa pengaruh fraksi variasi fraksi volume komposit batang padi dan resin epoxy-polyester terhadap kekuatan bending, mengetahui pengaruh variasi fraksi volume komposit batang padi dan resin epoxy-polyester terhadap uji daya serap air dan mengetahui morfologi komposit batang padi dan resin epoxy-polyester.

Dalam penelitian ini terdapat beberapa masalah yang akan diteliti, yakni seperti dibawah ini :

1. Bagaimana pengaruh variasi fraksi volume komposit batang padi dan resin *epoxy-polyester* terhadap kekuatan bending?
2. Bagaimana pengaruh variasi fraksi volume komposit batang padi dan resin *epoxy-polyester* terhadap uji daya serap air?
3. Bagaimana morfologi dari komposit batang padi dan resin *epoxy - polyester*?

Untuk memperoleh hasil yang diharapkan dari luasnya lingkup permasalahan yang dibahas, maka agar penelitian dapat terarah sesuai tujuan diatas, ditetapkan beberapa pembatasan kajian seperti :

1. Bahan spesimen terbuat dari material
 - Resin *Epoxy* jenis *Sikadur 52-id* dicampur dengan resin *Polyester Yukalac 157 BQTN*.
 - Penguat komposit limbah jerami (*Oryza sativa*) yang diambil dari Desa Sanding, Kecamatan Tampak Siring, Kabupaten Gianyar.
 - Padi yang dipakai adalah padi yang diambil saat panen.
 - Bagian yang digunakan yaitu batang utama buku kedua dari atas.
2. Variasi fraksi volume batang padi (5%, 10%, 15%)
3. Metode yang dipakai didalam pembuatan spesimen uji komposit ialah metode *hand lay-up*.
4. Susunan batang padi dengan ukuran 3cm pada pembuatan komposit adalah susunan secara acak.

2. Dasar Teori

2.1 Komposit

Komposit ialah sebuah material/bahan yang terdiri dari campuran dua material atau lebih yang mana penyusunannya yaitu bahan pengikat dan bahan penguat. Secara umum matriks dibuat dari bahan

resin. Resin tersebut akan mengikat material fiber, dengan begitu beban yang ada pada komposit nantinya akan terbagi dengan sama rata. Fiber yang telah digabung dengan resin akan mampu menghasilkan sebuah material komposit yang memiliki karakteristik maupun sifat mekanis yang berbeda dengan material pembentuknya, dengan begitu akan lebih mudah difungsikan menjadi berbagai hal [6]. Berdasarkan penguatnya, komposit dapat diklasifikasikan menjadi *particulate composite* atau komposit partikel, *laminated composite* atau komposit lapis, *flake composite* atau komposit serpih dan *fiber composite* atau komposit serat. Lalu berdasarkan matriksnya komposit dapat dibagi menjadi komposit matriks logam (*metal matrix composite*), komposit matriks keramik (*ceramic matrix composite*) serta komposit matriks polimer (*polymer matrix composite*). Jenis matriks yang dipakai untuk penelitian ini termasuk dalam klasifikasi komposit serat dan komposit matriks polimer, di mana komposit serat mudah dibentuk menjadi berbagai bentuk dan juga mudah disusun acak dan sejajar [6]. Sedangkan komposit matriks polimer merupakan jenis komposit dengan serat sebagai matriksnya dan memakai polimer yang memiliki bahan resin, yang mana seperti diketahui resin berfungsi sebagai pengikat berbagai serat seperti kaca, aramid, carbon, dll. Jenis bahan ini umum dipakai di dunia Industri yang memanfaatkan komposit dalam jumlah yang besar [2].

2.2 Matriks

Matriks ialah bahan penyusun komposit yang berfungsi sebagai pengikat pada suatu material. Berdasarkan bahan pembuat komposit, matriks (resin) dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yakni alami (bioresin) dan sintesis. Resin sintesis biasanya berbahan polimer dan dibagi menjadi resin termoset dan termoplastik [3]. Adapun resin yang dipakai didalam penelitian ini ialah resin epoxy dan polyester yang termasuk dalam resin termoset.

Resin *epoxy* merupakan salah satu yang memiliki daya rekat serta kekuatan yang tinggi. Epoxy juga memiliki ketahanan yang baik terhadap sifat dielektrik dan isolasi, penyusutan yang rendah serta bahan kimia. Ras ini banyak digunakan dalam dunia industri karena sangat baik secara mekanis dan memiliki sifat ketahanan terhadap bahan kimia [8].



Gambar 1 Resin Epoxy Sikadur 52-id

Sementara itu, resin *polyester* adalah resin termoset cair dengan viskositas rendah dan cukup banyak digunakan dalam banyak bidang. Pada umumnya resin *polyester* bersifat kuat, keras dan tahan terhadap asam, basa, serta panas. *Polyester* juga

tergolong memiliki harga yang murah dibanding resin lainnya [1].



Gambar 2 Resin Polyester Yukalac 157 BQTN

2.3 Serat Batang Padi

Serat memiliki peran sebagai penguat utama dalam menyusun material komposit, sehingga kekuatan yang ada pada material komposit tergantung dari serat pembentuk material komposit tersebut. Ketika bahan (diameter serat) semakin kecil maka bahan tersebut akan semakin kuat dikarenakan minimnya kecacatan [7]. Serat diklasifikasikan menjadi serat sintetis dan serat alami. Pada penelitian ini digunakan serat alami, mempertimbangkan sifatnya yang relatif murah dan ringan, serat alami dinilai lebih ramah lingkungan dibanding dengan serat sintetis. Selain itu densitas yang rendah serta dapat diuraikan secara biologi juga termasuk keunggulan dari serat alam ini [5].

Serat alam yang dipilih untuk penglihatan ini ialah serat jerami yang berasal dari pohon batang padi yang telah dikeringkan. Serat batang padi mudah didapat mengingat mayoritas mata pencaharian penduduk Indonesia yaitu sebagai petani, selain itu provinsi di Indonesia dikenal dengan sentra pertanian padi yang baik dan telah memasok padi di wilayahnya maupun di wilayah sekitarnya. Serat jerami yang digunakan dalam penelitian ini yaitu batang utama jerami padi. Kemudian batang padi akan dipotong menjadi 3 cm supaya bisa dicetak menjadi komposit sesuai dengan fraksi volume yang sudah ditetapkan.



Gambar 3 Batang Padi

Adapun komposisi dari batang padi berupa biomassa berselulosa yang terbentuk atas tiga komponen utama yakni, hemiselulosa, lignin serta selulosa. Selulosa ialah suatu komponen yang ada pada dinding sel tumbuhan dengan presentasi sebanyak 50% dari berat kering tumbuhan. Jerami padi mempunyai kandungan selulosa yang cukup tinggi yaitu sekitar 27,5% hemiselulosa, 12,5% lignin dan 39,1% berat kering (Kartini dalam Rinaddin, 2018).

Jerami adalah serat alam yang baik dalam penguatan polimer dikarenakan mempunyai kekuatan yang tinggi terhadap densitas yang rendah [9]. Serat

jerami padi memiliki nilai Modulus elastisitas sebesar 3.7 Gpa dan kekuatan tarik sebesar 25.431 Mpa. Sehingga bisa dikatakan serat jerami cukup baik untuk menguatkan polimer [10]

2.5 Fraksi Volume

Perbandingan serat dan matrik menjadi salah satu faktor yang cukup penting. Perbandingan ini seringkali diperlihatkan didalam bentuk fraksi berat serat atau fraksi volume serat. Akan tetapi fraksi volume serat lebih sering digunakan karena tingkat keakuratannya yang lebih tinggi dan lebih mudah menentukan nilai perbandingan antara serat dan matriks.

2.6 Uji Bending

Uji bending merupakan uji yang memiliki tujuan guna melihat seberapa besar kekuatan terhadap pembengkokan atau bending. Pengujian dari bending ini berlandaskan pada "Standard Methods of Tension Testing of Metalite Materials" dari ASTM D790-03. Pada uji ini digunakan *three point bending* yang memakai jenis tumpuan bebas. Spesimen akan mengalami tegangan tekan di bagian atas serta di bagian bawahnya akan mengalami tegangan tarik yang kemudian menghasilkan beban oleh benda uji sebelum terjadinya patahan.



Gambar 4 Proses Uji Bending

Rumus untuk menemukan nilai kekuatan, regangan dan modulus elastisitas bending sebagai berikut :

Tegangan Bending

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (1)$$

Regangan Bending

$$\epsilon = \frac{6\delta \cdot d}{L^2} \quad (2)$$

Modulus Elastisitas

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

Keterangan :

σ = Tegangan Bending (Mpa)

P = Beban (N)

L = Panjang Span (mm)

b = Lebar Benda Uji (mm)

d = Tebal Benda Uji (mm)

ϵ = Regangan (mm)

m = Tangen Garis Lurus Pada Load-Deflection Curve

δ = Defleksi (mm)
 E = Modulus Elastisitas (Gpa)

2.7 Uji Daya Serap Air

Uji daya serap air dalam komposit ialah kemampuan yang dimiliki oleh komposit saat menyerap air didalam kurun waktu tertentu. Daya serap air (*water absorption*) pada biokomposit batang padi merupakan uji fisik untuk mengetahui kemampuan biokomposit batang padi menyerap air. Pengujian disini dilakukan dengan cara mengukur selisih berat sebelum dan sesudah perendaman di dalam air selama 2 minggu dan ditimbang per 24 jam. Ukuran spesimen yang digunakan dalam pengujian ini sesuai dengan ASTM D570-98 dengan panjang 76,2 mm, lebar 24,5 mm, dan tebal 3,2 mm.



Gambar 5 Proses Uji Daya Serap Air

Daya serap air (*water absorption*) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$W_{abs} = \frac{W_a - W_o}{W_o} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan :

W_{abs} = Daya serap air (%)
 W_a = Massa basah spesimen (gr)
 W_o = Massa kering spesimen (gr)

2.8 Uji Foto Mikro

Pengujian Foto Mikro dilaksanakan guna melihat unsur kandungan yang ada didalam spesimen yang akan diuji. Uji ini dapat menampilkan gambar permukaan komposit pada pembesaran yang diinginkan. Uji Foto Mikro juga dapat melihat bentuk permukaan spesimen, porositas, kepadatan serta void. Uji Foto Mikro dilaksanakan di laboratorium Metalurgi Teknik Mesin Universitas Udayana.

3. Metode Penelitian

Penelitian serta pengujian pada penelitian ini menggunakan alat dan bahan seperti dibawah ini:

3.1 Alat

Berikut ini ialah berbagai alat yang dipakai didalam penelitian ini :

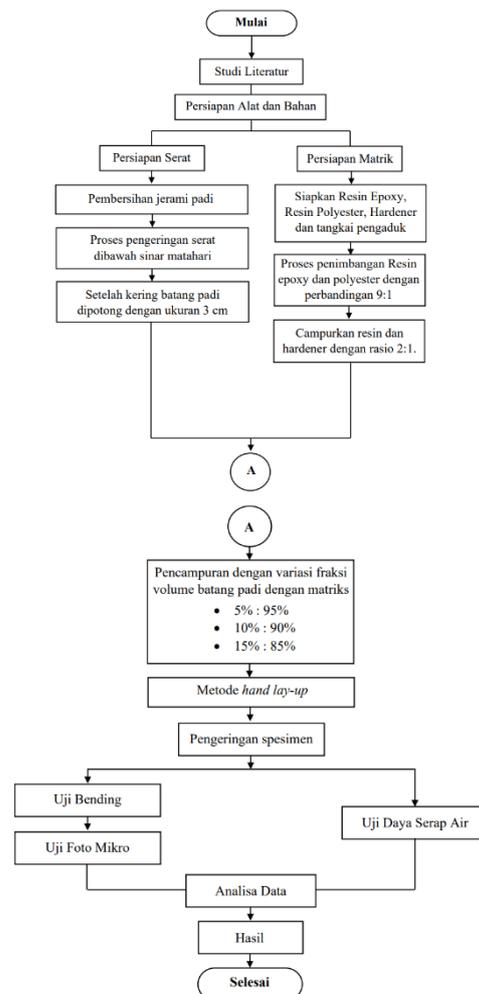
1. Alat Uji Bending Tensilon RTG-1250 dengan ASTM D790-03
2. Uji Daya Serap Air dengan ASTM D570-98
3. Mikroskop Nikon Eclipse LV150.
4. Cetakan terbuat dari bahan akrilik dengan bentuk persegi

5. Jangka sorong
6. Penggaris
7. Gelas ukur
8. Timbangan *digital*.
9. Gunting
10. Cutter
11. Kuas
12. Pengaduk elektronik
13. Lap
14. *Tissue*

3.2 Bahan

Bahan yang dipakai diantaranya yaitu ; matriks berupa *Epoxy sikadur 52-id* dan *Polyester yukalac 157 BQTN*, batang jerami padi (*Oryza sativa*) varietas IR64, *Aquadec*, *Aceton* sebagai pembersih cetakan, lilin (malam) sebagai penutup celah cetakan agar tidak ada kebocoran (keluar dari cetakan) yang menyebabkan terjadinya *void* pada seluruh sisi cetakan.

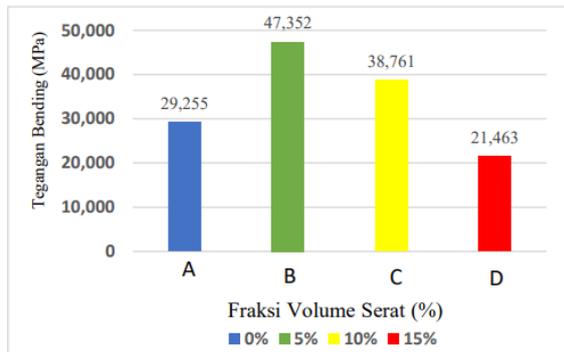
3.3 Diagram Alir Penelitian



4. Hasil dan Pembahasan

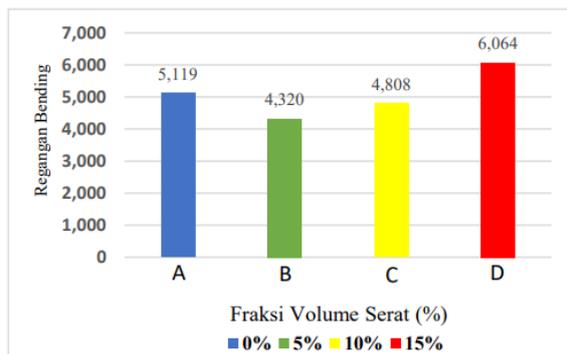
4.1 Hasil Uji Bending

Berikut nilai rata-rata uji bending spesimen komposit batang padi dalam bentuk diagram bisa diketahui melalui gambar 7, 8, dan 9 :



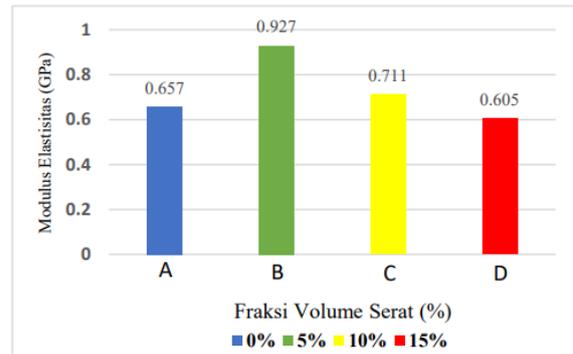
Gambar 7 Grafik Tegangan Bending

Berdasar pada hasil uji yang sudah dilaksanakan didapatkan data yang menunjukkan tingginya nilai tegangan bending dikarenakan oleh sedikitnya serat yang digunakan. Diagram pada gambar 7 menjelaskan bahwasanya semakin banyak serat yang digunakan maka tegangannya pun akan semakin menurun. Pada fraksi volume serat 5% besaran rata rata tegangannya sebesar 47,352 MPa, lebih besar dibanding fraksi 10% dan 15% yang nilainya 38,761 dan 21,463 MPa.



Gambar 8 Grafik Regangan Bending

Berdasarkan diagram pada gambar 8 komposit batang padi dengan variasi 15% serat memiliki nilai rata-rata regangan bending tertinggi sebesar 6,064. Lalu yang terendah di variasi 5% dengan nilai 4,320. Secara garis besar regangan bending pada tiap fraksi volume meningkat, tetapi pada fraksi 5%, dan 10% masih dibawah regangan masih dibawah 0% (resin epoxy-polyester).

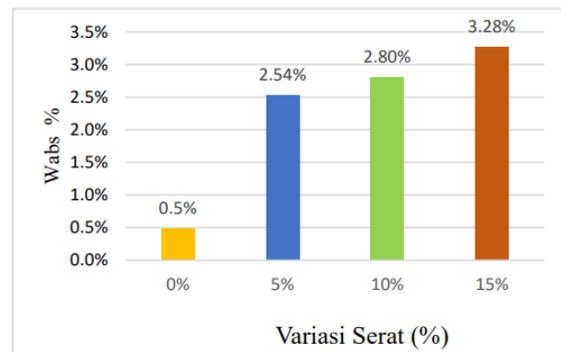


Gambar 9 Grafik Modulus Elastisitas

Grafik modulus elastisitas yang ditunjukkan pada gambar 9 pada komposit fraksi 5% serat memiliki nilai tertinggi sebesar 0,927 Gpa. Sedangkan nilai terkecil di fraksi 15% serat dengan nilai 0,605 GPa. Berdasarkan uraian diagram diatas pada komposit batang padi dan resin campuran epoxy-polyester dengan variasi fraksi volume 5%, 10% dan 15% mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan nilai tegangan dan regangan bending pada tiap fraksi volume. Dimana semakin besar modulus elastisitas kekuatan bahan akan semakin besar dan kemampuan regangannya akan menurun.

4.2 Hasil Uji Daya Serap Air

Berikut nilai rerata uji daya serap air spesimen komposit batang padi dalam bentuk diagram bisa diketahui melalui gambar 10 :



Gambar 10 Grafik Daya Serap Air

Berdasarkan data diatas, komposit batang padi dengan fraksi volume 5% : 95% memiliki rata rata serap air 2,54%. Sedangkan untuk fraksi volume 10% : 90% memiliki rata rata serap air 2,8%. Dan fraksi volume 15% : 85% memiliki rata rata 3,28% Dilihat dari hasil diatas memperlihatkan bahwasanya pada komposit dengan fraksi volume 15% : 85% mempunyai nilai rata-rata tertinggi. Nilai daya serap air dipengaruhi oleh banyaknya serat dan matriks, semakin banyak serat semakin banyak air yang dapat terserap oleh spesimen. Sedangkan matriks mengisi rongga yang mengakibatkan tingkat kerapatannya semakin tinggi, semakin tinggi kerapatannya semakin sulit air bisa teresap ke dalam spesimen.

4.3 Hasil Uji Foto Mikro



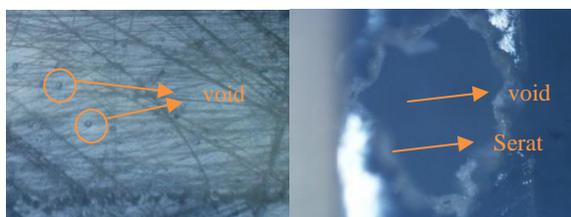
Gambar 11 Foto Mikro Fraksi 5%

Pada variasi fraksi 5% serat terlihat pada gambar 11, terlihat matriks mengisi batang padi yang membuat ikatan diantara serat dengan matriks menjadi sangat baik. Serat juga terlapsi dengan baik oleh matriks sehingga bisa membuat nilai kekuatan bending pada fraksi ini diatas fraksi 10% dan 15%.



Gambar 12 Foto Mikro Fraksi 10%

Sedangkan pada variasi fraksi 10% serat terlihat pada gambar 4.12 c, batang padi tidak terisi oleh matriks yang menyebabkan tidak meratanya kekuatan spesimen mendistribusikan beban. Terlihat juga matriks tidak bisa melindungi serat dengan baik sehingga terjadinya *crack* (Gambar 12) yang menyebabkan kekuatannya menurun.



Gambar 13 Foto Mikro Fraksi 15%

Pada variasi fraksi 15% serat juga terlihat void yang muncul, void disini terjadi karena tidak adanya ikatan yang baik antara serat dengan matriks.

5. Kesimpulan

Berdasar pada hasil penelitian mengenai pengaruh variasi fraksi volume biokomposit batang padi dan epoxy-polyester, maka bisa diambil kesimpulan seperti dibawah ini:

1. Pada uji bending diperoleh nilai tegangan, regangan, dan modulus elastisitas bending. Nilai tegangan bending mengalami penurunan pada nilai rerata paling tinggi fraksi volume 5% yaitu sebesar 47,352 MPa, dan nilai rerata terendah pada fraksi volume 15% sebesar 21,463MPa. Regangan bending untuk nilai rerata tertingginya pada fraksi volume 15% serat dengan nilai 6,064, dan

rerata nilai terendah pada fraksi volume 5% serat dengan nilai 4,320. Nilai modulus elastisitas dengan rerata tertinggi ada pada fraksi volume 5% serat dengan nilai 0,927 GPa, dan nilai rerata terendah pada 15% dengan nilai 0,605 GPa.

2. Pengujian daya serap air menunjukkan pada fraksi volume 15% serat memiliki rata-rata nilai serapan tertinggi sebesar 3,28%, dan pada fraksi volume 5% memiliki nilai rerata terendah yakni 2,54%.
3. Terlihat pada foto mikro fraksi volume 5% serat menampilkan bahwa matriks melindungi serat dengan baik dan mampu untuk mengisi volume secara merata. Untuk fraksi volume 10% dan 15% terlihat bahwa matriks tidak mampu mengisi volume yang mengakibatkan banyaknya void, serta tidak melindungi serat dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] Bramantyo, 2008, *Pengaruh Konsentrasi Serat Rami Terhadap Sifat Mekanik Material Komposit Poliester – Serat Alam*.
- [2] Callister, W. D., & Rethwisch, D. G., 2014, *Materials Science and Engineering An Introduction*. United States of America: Wiley & Sons, Inc.
- [3] Deka Betan, A., As, A. and Sonief, 2014, *Pengaruh Persentase Alkali pada Serat Pangkal Pelepah Daun Pinang (Areca Catechu) terhadap Sifat Mekanik Komposit Polimer*, Jurnal Rekayasa Mesin.
- [4] Rinaddin (2018) *Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Mekanik Material Komposit Berpenguat Jerami Padi Ditinjau Dari Kekuatan Impak*.
- [5] Kusumastuti, A., Jasa, J.T. and Produksi, D., 2009, *Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer*, Jurnal Kompetensi Teknik.
- [6] Muhajir, M., Alfian Mizar, M. and Agus Sudjimat, D., 2016, *Analisis Kekuatan Tarik Bahan Komposit Matriks Resin Berpenguat Serat Alam Dengan Berbagai Varian Tata letak*.
- [7] Oroh, J., 2013, *Analisis Sifat Mekanik Material Komposit dari Serat Sabut Kelapa*.
- [8] Siregar, I., Yudo, H. and Kiryanto, 2017, *Analisa Kekuatan Tarik dan Tekuk Pada Sambungan Pipa Baja dengan Menggunakan Kanpe Clear NF Sebagai Pengganti Las*, Jurnal Teknik Perkapalan,5(4), p. 716.

- [9] Suryanto, H., Solichin, S. and Yanuhar, U., 2016, *Natural Cellulose Fiber from Mendong Grass (Fimbristylis globulosa)*, pp. 35–52.
- [10] Wibowo, M., Kencanawati, C. and Lokantara, 2022, *The Effect of Volume Fraction Variations Epoxy-Rice Straw Composite Fibers with NaOH Treatment on Tensile and Bending Strength*, Natural Sciences Engineering and Technology Journal, 3(2), pp. 186–194.

	<p>Abizar Ghifari menyelesaikan studi program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana</p>
<p>Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan Rekayasa Manufaktur.</p>	