

Karakteristik Fisis dan Mekanis Komposit *Hybrid* Serat Jerami Padi/Gelas dengan Matrik *Epoxy*

M Milawarni¹, Fahmi², T Zulfadli³, Raisah Hayati⁴, Anita Fauziah⁵

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹milawarni@pnl.ac.id

Abstrak— Telah dilakukan penelitian terhadap komposit *hybrid* yang memanfaatkan kombinasi serat gelas (SG), serat jerami padi (SJ) dan matrik atau resin Epoxy sebagai perpaduan serat alam dan serat sintetis. Kebutuhan akan bahan yang kuat, murah, mudah didapat dan ramah lingkungan menyebabkan berkembangnya penggunaan komposit *hybrid* berpenguat serat alam dan sintetis. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fisis dan mekanis dari komposit ini. Hasil pengujian dan perhitungan menunjukkan nilai sifat fisis diantaranya kerapatan dan kadar air berkisar antara 0,9 -1,08 gr/cm³ dan 0,2 - 4,2 %. Nilai kerapatan tertinggi 1,08 gr/cm³ dan kadar air terendah 0,2% berada pada sampel I dengan komposisi SG/SJ/PE 10/10/80%. Sementara untuk uji mekanis nilai MOR dan MOE berkisar 1125,73-1880,72 kgf/cm² dan 2500-5068 kgf/cm². Nilai MOR dan MOE tertinggi berada pada sampel I yaitu 1880,72 kgf/cm² dan 5068 kgf/cm².

Kata kunci— Serat gelas, serat jerami padi, epoxy, komposit, sifat fisis dan mekanis.

Abstract— Research has been carried out on hybrid composites which utilize a combination of glass fiber (SG), rice straw fiber (SJ) and epoxy matrix or resin as a combination of natural and synthetic fibers. The need for materials that are strong, cheap, easily available and environmentally friendly has led to the development of the use of hybrid composites reinforced with natural and synthetic fibers. The aim of this research is to determine the physical and mechanical characteristics of this composite. The test and calculation results show that the physical property values, including density and water content, range between 0.9 -1.08 gr/cm³ and 0.2 - 4.2%. The highest density value of 1.08 gr/cm³ and the lowest water content of 0.2% was in sample I with a composition of SG/SJ/PE 10/10/80%. Meanwhile, for mechanical tests, the MOR and MOE values range from 1125.73-1880.72 kgf/cm² and 2500-5068 kgf/cm². The highest MOR and MOE values were in sample I, namely 1880.72 kgf/cm² and 5068 kgf/cm².

Keywords— glass fiber, rice straw fiber, epoxy, composite, physical and mechanical properties

I. PENDAHULUAN

Pada saat sekarang ini bahan *biodegradable* telah banyak digunakan sebagai aplikasi komposit. Karena bahannya terbuat dari serat alam. Material Komposit telah banyak dikembangkan dalam berbagai bidang industri material.

Salah satu serat alam yang digunakan adalah jerami padi yang merupakan batang padi yang memiliki panjang 40-60 cm dan berupa ruas-ruas yang bagian dalamnya berongga sehingga berpotensi sebagai bahan pengisi serat sintetis. Jerami ini merupakan bahan limbah pertanian yang tersedia cukup banyak dibandingkan dengan limbah lainnya. Serat ini memiliki komposisi kimia selulosa 32,2%, hemi selulosa dan lignin masing-masing 23,4% [1][2][3].

Penambahan serat Jerami padi 3% sebagai penguat pada sebuah komposit dengan ukuran kecil mampu meningkatkan 40% kekuatan tariknya [4]. Penambahan larutan Attapulgit (ATP) pada serat jerami padi dapat meningkatkan kompatibilitas dan kekuatan tarik dan modulusnya dengan matrik PLA sebesar 18,6% [5].

Serat ini digunakan sebagai penguat dalam material komposit. Serat jerami padi ini juga mudah didapat dan banyak tersedia. Penambahan jerami padi dengan matrik polimer akan menghasilkan komposit alternatif yang lebih baik sifat fisis dan mekanisnya.

Serat alam dapat dipadukan dengan serat sintetis untuk mendapatkan nilai mekanik yang lebih tinggi dan massa yang lebih ringan. Salah satu serat yang sering digunakan adalah serat gelas. Penggunaan bahan serat gelas tipe E, CSM dan WR dihibridisasi dengan serat sabut kelapa dapat menghasilkan kekuatan tarik maksimum 309 Mpa dan Modulus elastisitas 5,42 Gpa. Penambahan serat alam telah dilakukan untuk pengisi bahan komposit, yang mampu meningkatkan nilai mekaniknya [6][7].

Serat gelas (FG) adalah suatu bahan yang mengkombinasikan keringanan bahan dengan kekuatan intrinsik untuk menyediakan suatu lapisan luar yang tahan segala cuaca, dengan berbagai variasi tekstur permukaan. Nilai kekuatan regangan E glass adalah 1,770 Mpa [8]. Serat gelas yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe acak atau *Chopped Strand Mat* (CSM)

Epoxy adalah salah satu jenis resin atau matrik termoset. Resin ini paling umum digunakan, karena tidak diawetkan dan pada suhu kamar. Resin dalam keadaan cair yang memungkinkan impregnasi serat penguat yang nyaman. Kelebihan resin ini dapat dibentuk dengan cepat dan digunakan sebagai pengikat berkinerja tinggi [2][9].

Penambahan matrik epoxy pada komposit berpenguat serat *Corypha Utan Lamarck* sebesar 30% mampu meningkatkan nilai MOR dan MOE sebesar 28,13 MPa dan 39,40MPa [10]. Komposit dengan penguat serat jerami yang disusun dua arah berlapis tiga dipadukan dengan matrik epoxy dapat meningkatkan kekuatan Tarik dan impak dengan fraksi volume 20% [11].

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan komposit *hybrid* dari paduan serat gelas, serat jerami padi dan matrik epoxy dengan variasi komposisi tertentu, dengan mendapatkan sifat fisis dan mekaniknya sebagai bahan pembuatan bahan komposit.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Pembentukan Komposit

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah *Epoxy resin vinyl ester* dan penguat dari serat jerami padi (SJ) dan serat gelas (SG) tipe acak, *chopped strand mat* (CSM). Serat jerami dibuat dalam ukuran 1 cm.

Perhitungan Komposisi persen berat masing-masing ditentukan berdasarkan perhitungan volume total cetakan. Komposisi persen berat masing-masing serat dan matrik dapat dilihat pada Tabel 1. Dari Tabel 1 terdapat 5 sampel komposisi. Diantaranya sampel I sampai V (SG,SJ,E) yaitu (10,10,80)%, (10,20,70)%,(10,30,60)%,(10,40,50)% dan (10,50,40)%.

Tabel 1 Komposisi persen berat serat dan matrik

No	SG	SJ	E
	(%)	(%)	(%)
I	10	10	80
II	10	20	70
III	10	30	60
IV	10	40	50
V	10	50	40

Metode pembuatan komposit ini dibentuk secara *hand lay-up*. Prosedur pembuatan sampel komposit meliputi 4 proses utama, yaitu persiapan, pencetakan dan pembentukan spesimen dan pengujian.

Persiapan Jerami

Jerami padi diambil dari sawah petani daerah Aceh Utara, bagian yang digunakan adalah batang jerami. Serat jerami dibersihkan dari kotoran yang menempel. Jerami dipotong secara acak kemudian direndam dalam larutan NaOH 5 % selama 1,5 jam, kemudian dicuci dalam air mengalir sampai bersih dan dikeringkan pada suhu 27°C hingga kadar air 12%. Kemudian jerami di blender dalam waktu 10 detik sehingga menjadi serbuk jerami.

Persiapan serat gelas

Serat gelas yang digunakan tipe acak atau *Chopped Strand Mat (CSM)* ditimbang sesuai fraksi volume.

Persiapan Matrik Epoxy

Resin dan katalis dituang kedalam gelas ukur sesuai dengan perhitungan komposisi. Setelah itu campuran resin dan katalis ini diaduk hingga merata, selama 2-3 menit.

Pencetakan Spesimen dan pembentukan

Jerami dicampur dengan matrik epoxy sesuai dengan komposisi masing-masing. Kemudian dimasukkan ke cetakan dan dimasukkan dan ditekan dengan kekuatan 24 kg/cm² dan suhu 180°C selama 3 menit.

Setelah itu sampel dikondisikan selama 7 hari pada suhu kamar, kemudian dibentuk untuk pengujian fisis yaitu kerapatan, kadar air serta uji mekanis yaitu uji bending atau dikenal dengan *Modulus of Rupture (MOR)* dan *Modulus*

Elasticity (MOE) dan sesuai ASTM D 790 menggunakan alat *universal machine*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah semua spesimen dibuat maka dilakukan pengujian dan dilakukan perhitungan. Perlakuan ini dilakukan untuk mendapatkan sejumlah parameter hasil pengujian diantaranya, kerapatan, kadar air, Modulus of Rupture (MOR) dan Modulus of Elasticity (MOE). Untuk hasil gambar sampel komposit I sampai V dapat dilihat pada gambar 1 sampai 5.

Setiap gambar sampel menunjukkan nilai komposisi masing-masingnya, komposisi masing-masing sampel terlihat pada Tabel I. Pada sampel I, komposisi SG/SJ/E adalah 10/10/80, Pada sampel II komposisi SG/SJ/E adalah 10/20/70, komposisi pada sampel III SG/SJ/E adalah 10/30/60, pada sampel IV SG/SJ/E adalah 10,40,50 dan sampel V SG/SJ/E adalah 10/50/40.



Gambar 1. Sampel I dengan komposisi SG/SJ/E (10,10,80)%



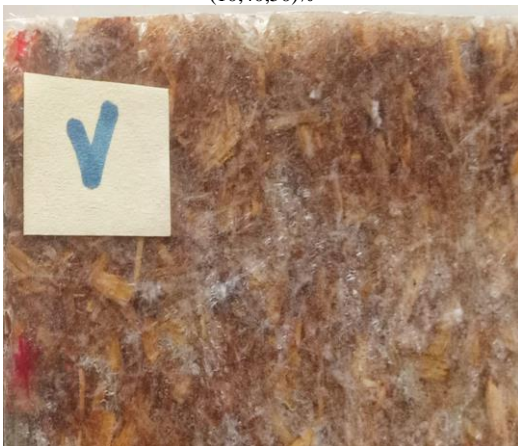
Gambar 2. Sampel II dengan komposisi SG/SJ/E (10,20,70)%



Gambar 3. Sampel III dengan komposisi SG/SJ/E (10,30,60)%



Gambar 4. Sampel IV dengan komposisi SG/SJ/E (10,40,50)%

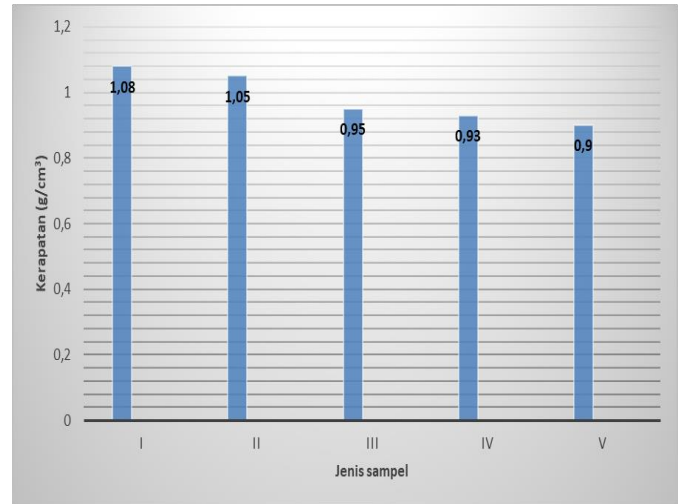


Gambar 5. Sampel V dengan komposisi SG/SJ/E (10,50,40)%

Karakteristik fisis, yaitu kerapatan sampel dapat dilihat pada Gambar 6. Kerapatan merupakan karakteristik dasar sebuah material yang menunjukkan ukuran seberapa banyak suatu densitas berada dalam suatu jumlah yang tetap dalam suatu ruang. Dalam hal lain kerapatan atau massa jenis bahkan dikenal dengan densitas adalah pengukuran massa setiap

satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya.

Nilai kerapatan atau massa jenis benda sangat dipengaruhi oleh massa dan volume benda tersebut. Semakin besar massa benda maka kerapatannya akan semakin besar pula. Jika volume benda semakin besar maka kerapatannya akan semakin kecil. Karena volume benda berbanding terbalik terhadap massa benda.



Gambar 6. Nilai kerapatan terhadap jenis sampel

Gambar 6 menunjukkan nilai kerapatan sampel berkisar 0,9-1,08 gr/cm³. Kerapatan terendah ada pada sampel V komposisi SG:SJ:E 10:50:40 (%). Sementara kerapatan tertinggi ada pada sampel I dengan komposisi SG:SJ:E 10:10:80 (%).

Kerapatan menunjukkan besarnya massa benda yang menempati volume [12]. Pada sampel I komposit didominasi oleh matrik epoxy (E) sebesar 80% dengan nilai kerapatan 1,08 g/cm³. Matrik atau resin epoxy ini mampu membasahi SG dan SJ secara merata sehingga serat dapat terikat oleh matrik dengan baik dan serat mampu memberikan sisa ruang yang cukup sehingga matrik dapat mengikat ke seluruh bagian serat. Begitu juga dengan hasil penelitian sifat kerapatan pada komposit berbasis sekam padi dapat meningkat dengan bertambahnya komposisi resin epoxy [13].

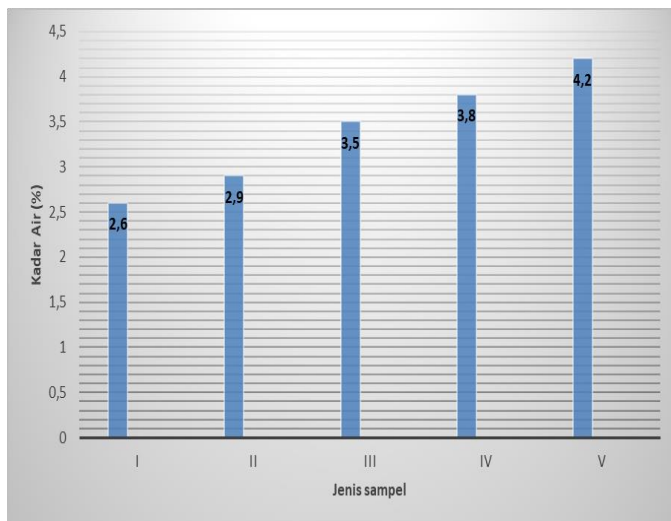
Hal ini juga terlihat dari gambar 1, dimana komposit didominasi oleh matrik epoxy dengan komposisi serat Jerami (SJ) 10% dan epoxy 80%. Permukaan sampel komposit juga terlihat rata. Tampak permukaan berwarna cenderung putih menunjukkan terdapatnya serat gelas (SG) yang menutupi serat Jerami.

Nilai kerapatan cenderung menurun seiring dengan berkurangnya matrik atau Resin epoxy dan bertambahnya persentase serat jerami padi. Hal ini terlihat juga dari gambar 5, dimana komposisi Jerami bertambah 50% sementara komposisi epoxy menurun hingga 40%. Permukaan komposit terlihat coklat dan kurang halus karena didominasi oleh komposisi serat Jerami (SG). Tetapi pada komposisi ini sampel komposit masih memenuhi batas standar papan partikel.

Pada sampel I sampai IV sampel menunjukkan komposit berkerapatan tinggi karena nilai yang dihasilkannya $\geq 0,9 \text{ gr/cm}^3$. Hal ini terjadi karena resin epoxy membasahi dan mengikat dengan baik terhadap serat jerami padi dan gelas. Hasil dari pengujian kerapatan komposit ini telah memenuhi SNI 03-2015-2006 yaitu berkisar $0,4-0,9 \text{ gr/cm}^3$.

Kadar air menunjukkan air yang terkandung dalam suatu benda. Gambar 7 menunjukkan nilai kadar air pada masing-masing sampel. Kadar air menunjukkan kandungan air yang terdapat pada benda dalam keadaan kesetimbangan dengan lingkungan. Pengujian kadar air dilakukan dengan alat *moisture meter*, alat ukur ini merupakan alat uji digital yang berfungsi untuk mengukur kandungan kadar air atau Tingkat kekeringan suatu bahan atau benda. Alat ini juga sering disebut tester kadar air [14].

Nilai kadar air sampel berkisar antara 2,6- 4,2 %. Pada sampel I dengan susunan SG/SJ/E dan komposisi 10/10/80, nilai kadar air sebesar 2,6%. Pada sampel ini nilai kadar air memiliki nilai paling kecil. Kadar air dapat meningkat jika tidak seimbang komposisi serat dan matrik, seperti hasil penelitian yang dilaporkan pada komposit serat gelas, Jerami dan matrik polyester, terjadi peningkatan kadar air pada penambahan komposisi serat Jerami sebesar 4,65% [15].



Gambar 7. Nilai Kadar air terhadap jenis sampel

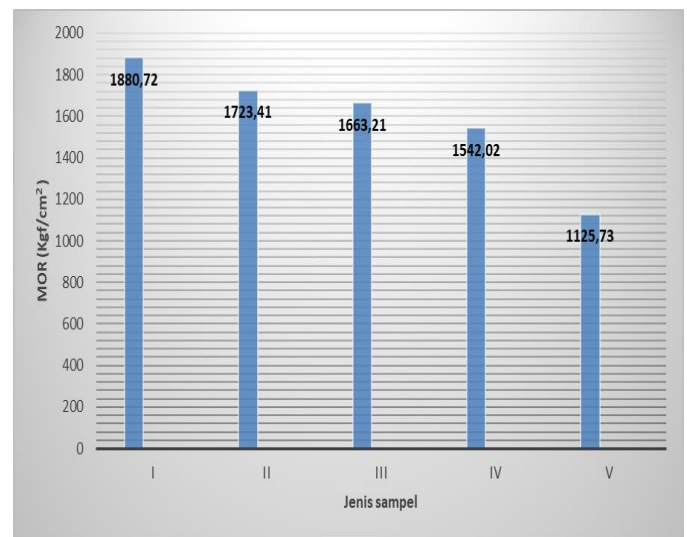
Nilai kadar air terbesar bernilai 4,2% berada pada sampel V dengan komposisi SG/SJ/PE 10/50/40%. Dimana sampel didominasi oleh serat Jerami 50%, yang bersifat *higroskopik* atau mudah menyerap air, sementara Resin Epoxy bersifat *hidroskopis* atau susah menyerap air [16]. Karena sampel didominasi SJ sehingga Resin Epoxy tidak mampu membasahi SJ dan SG secara sempurna. Terlihat pada gambar 5 sampel komposit didominasi komposisi serat jerami (SJ) 50%. Tampak permukaan gambar kurang merata dan berwarna kecoklatan yang menunjukkan komposisi SJ mendominasi komposit.

Pada sampel I, nilai kadar air terendah. Sampel ini ada pada komposisi SG/SJ/PE 10/20/80%, yang didominasi oleh Resin Epoxy. Pada komposisi ini resin mampu membasahi SG dan SJ secara baik, sehingga sedikit celah yang terbentuk.

Terlihat pada gambar 1, komposit masih didominasi matrik epoxy. Permukaan sampel komposit tampak rata dan putih menunjukkan terdapatnya serat gelas yang menutupi sampel.

Gambar 2 terlihat komposit serat gelas mulai berkurang, karena karena terjadinya pertambahan komposisi serat jerami sebesar 20%. Sehingga nilai kadar air naik menjadi 2,9%. Semua sampel memenuhi SNI 03-2015-2006 yaitu nilai kadar air maksimum sebesar 14%.

Nilai MOR (*Modulus of Rupture*) menunjukkan keteguhan patah suatu benda yang dapat dihitung dengan menggunakan besarnya tegangan pada permukaan bagian atas dan bagian bawah pada sampel di beban maksimum. Hasil pengujian dan perhitungan mekanis yaitu MOR dan MOE, dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Nilai MOR terhadap jenis sampel

Gambar 8 menunjukkan nilai MOR berkisar 1125,73 – 1880,72 kgf/cm². Dimana nilai MOR terendah terdapat pada sampel V sebesar 1125,73 kgf/cm² dengan komposisi SG/SJ/PE 10/50/40, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada sampel I yaitu 1880,72 kgf/cm² dengan komposisi SG/SJ/PE 10/10/80.

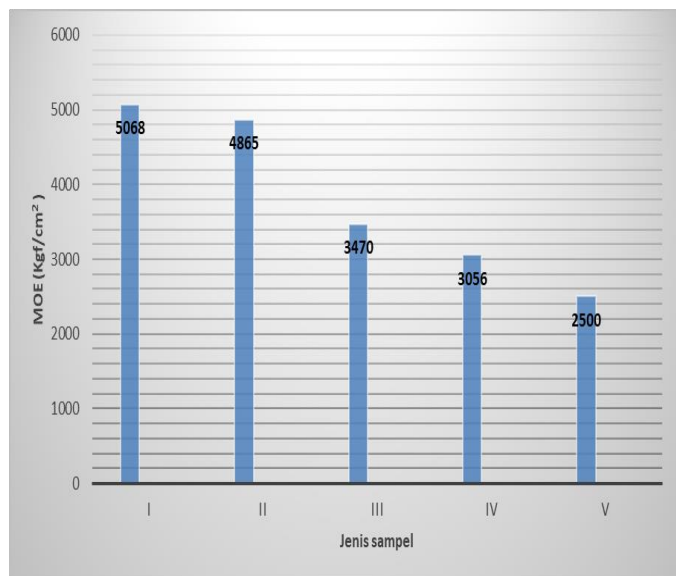
Pada sampel V didominasi oleh SJ dimana nilai kerapatan rendah dan kadar air yang tinggi. Sifat ini sangat berpengaruh terhadap kemampuan MOR. Pada sampel I didominasi oleh matrik Epoxy. Pada komposisi ini diduga terjadi homogenitas sifat fisis dan mekanik dan memiliki nilai MOR yang paling besar yaitu 1880,72 kgf/cm². Hal ini juga terlihat pada gambar 1, permukaan gambar yang rata dan berwarna putih yang menunjukkan terdapat komposisi serta gelas.

Hasil penelitian komposit Jerami padi yang diperlakukan sebelumnya dengan proses alkalisasi dapat meningkatkan nilai MOR nya, sebesar 82.23 MPa[17]. Sidah melaporkan hasil penelitian Jerami padi dengan matrik epoxy mampu meningkatkan kekuatan tariknya sampai 8,89GPa[18].

Resin Epoxy mampu mengikat dan membasahi SG dan SJ secara optimal. Penambahan SJ dalam komposit SG dan Resin Epoxy mampu meningkatkan nilai MOR. Penambahan fraksi

volume SJ dan penurunan nilai Resin Epoxy menyebabkan matrik kurang terdistribusi secara merata sehingga serat yang berada ditengah menjadi tidak terlapsi matrik dengan baik dan ikatannya menjadi lemah. Pada penelitian ini semua sampel memenuhi SNI 03-2015-2006 yaitu minimal 82 kgf/cm².

Modulus of Elasticity (MOE) menunjukkan ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika gaya diterapkan pada beban itu [19]. Gambar 9 menunjukkan nilai MOE dari sampel uji. Nilai MOE ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Nilai MOE terhadap jenis sampel

Nilai MOE berkisar antara 2500-5068 kgf/cm². Nilai terbesar berada pada sampel I yaitu komposisi SG/SJ/E 10/10/80. Sampel ini didominasi oleh Resin Epoxy. Resin ini mampu membasahi SG dan SJ secara baik sehingga tidak terdapat void yang besar pada permukaan sampel. Hasil penelitian. Terlihat bahwa penambahan SJ dapat menurunkan nilai MOE pada komposisi tertentu. Pada gambar 1 terlihat sampel dengan komposisi SG/SJ/E dengan persen berat (10,10,80)%. Permukaan sampel rata dan tampak putih, karena terdapat 10% serat gelas(SG) dan 10% serat jerami (SJ). Sampel ini didominasi matrik epoxy sehingga permukaan sampel terlihat tidak ada void atau celah. Matrik epoxy mampu membasahi serat dengan baik sehingga nilai MOE maksimum sebesar 5068 kgf/cm².

Pada Gambar 2 terlihat sampel berwarna dominan putih bercampur sedikit kecoklatan menunjukkan terdapatnya penambahan serat jerami. Seperti paada Tabel 1 komposisi Jerami bertambah menjadi 20%, sementara komposisi matrik epoxy menurun menjadi 70%. Hal ini menunjukkan terjadinya penurunan nilai MOE sebesar 4865 kgf/cm². Pada sampel III warna kecoklatan mulai tampak jelas, seperti pada Gambar 3. Serat Jerami sebesar 40% dibanding serat gelas 10% dan dibasahi matrik epoxy sebesar 50%, seperti pada Tabel 1 dan dari hasil pengujian juga menunjukkan terjadinya penurunan nilai MOE sebesar 3470 kgf/cm². Pada sampel IV didominasi

oleh serat Jerami sebesar 50% serat gelas 10% dan matrik epoxy 40%. Hal ini menyebabkan kemampuan matrik epoxy membasahi serat berkurang sehingga nilai MOE menurun sebesar 3056 kgf/cm².

Pada sampel V komposisi serat Jerami 60%, serat gelas 10% dan matrik epoxy 30%, terlihat serat jerami mendominasi sampel sehingga seperti Gambar 5 menunjukkan warna sampel coklat yang menunjukkan banyaknya komposisi serat jerami. Nilai MOE menurun hingga 2500 kgf/cm².

Pada penelitian ini peningkatan nilainya terjadi pada sampel I, tetapi pada sampel II sampai V penambahan SJ pada komposit SG dan Resin Epoxy dapat menurunkan nilai MOE. Pada penelitian ini belum ada sampel memenuhi SNI 03-2015-2006 yaitu ≥ 20.400 kgf/cm².

III. KESIMPULAN

Sifat fisis dan mekanis komposit *hybrid* serat gelas (SG), serat jerami padi (SJ) dan matrik/resin epoxy (E) dipengaruhi oleh komposisi masing-masing komposit. Nilai kerapatan tertinggi, kadar air terendah, MOR dan MOE tertinggi terdapat pada sampel I, SG/SJ/E (10,10,80)%. Masing-masing bernilai 1,08 gr/cm³, 2,6%, 1880,72 kgf/cm² dan 5068 kgf/cm².

REFERENSI

- [1] I. Ismail, Q. Aini, Zulfalina, Z. Jalil, and S. H. S. Md Fadzullah, "Mechanical and physical properties of the rice straw particleboard with various compositions of the epoxy resin matrix," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1120, no. 1, pp. 0–6, 2018, doi: 10.1088/1742-6596/1120/1/012014.
- [2] S. Parbin, "ScienceDirect ScienceDirect Mechanical properties of natural fiber reinforced epoxy composites: Mechanical properties of natural fiber reinforced epoxy composites: A review A review," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 152, pp. 375–379, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.05.003.
- [3] H. Jubaidin, R; Sapuan, SM; Ismail, *Biofiller-Reinforced Biodegradable Polymer Composites*, 1st ed. Malaysia: Taylor & Francis, 2021.
- [4] H. A. Salem, "THE IMPACT OF RICE STRAW MICRO FIBRES REINFORCED EPOXY COMPOSITE ON TENSILE STRENGTH AND BREAK STRAIN," vol. 5, no. 10, pp. 58–62, 2014.
- [5] L. Zhu, J. Qiu, W. Liu, and E. Sakai, "Mechanical and thermal properties of rice Straw / PLA modified by nano Attapulgit / PLA interfacial layer," *Compos. Commun.*, vol. 13, no. July 2018, pp. 18–21, 2019, doi: 10.1016/j.coco.2019.02.001.
- [6] R. V. Patel and A. Yadav, "applied sciences Physical, Mechanical, and Thermal Properties of Natural Fiber-Reinforced Epoxy Composites for Construction and Automotive Applications," 2023.
- [7] S. Fiber, "Improving Mechanical Properties of Rice Husk and Straw Fiber," vol. 15, no. 5, pp. 411–417, 2021.
- [8] A. Ari Subagya, I.D.G;Nugroho, *Hibrid Komposit Laminasi Serat dan Cacat Pengeboran*. Surabaya: Scofindo Media Pustaka, 2022.
- [9] X. Liu *et al.*, "Study on Epoxy Resin Composite Reinforced with Rice Straw," 2023.
- [10] K. Tarik, N. H. Sari, A. D. Catur, and A. Safii, "Komposit Epoksi Diperkuat Serat Corypha Utan: Karakterisasi Morfologi, Komposit Epoksi Diperkuat Serat Corypha Utan: Karakterisasi Morfologi, Kekuatan Tarik Dan kekuatan Lentur," no. January, 2020, doi: 10.24843/JEM.2019.v12.i01.p05.
- [11] C. Ranjan, Z. Ahmed, S. Raj, A. Kumar, A. Kumar, and K. Kumar, "Materials Today: Proceedings Experimental investigation and comparative analysis of mechanical properties of cross layer rice straw fibers filled reinforced epoxy biodegradable composite,"

- Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.08.342.
- [12] I. Mawardi, *Proses Manufaktur Plastik dan Komposit: Edisi Revisi*. Lhokseumawe, Aceh, Indonesia: ANDI, 2019.
- [13] M. Milawarni *et al.*, "Analysis of Physical and Mechanical Properties of Rice Husk-based Particle Board," vol. 3, no. 3, pp. 40–46, 2023.
- [14] M. Meter, "No Title," *Tester*, 2019. <https://tester.co.id/product-category/moisture-meter/#:~:text=Moisture meter adalah sebuah alat,disebut dengan tester kadar air>.
- [15] M. Milawarni, T. Zulfadli, C. Yusnar, and D. Iqbal, "Pengaruh Penambahan Serat Jerami Padi Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Pada komposit Hybrid Serat Gelas / Poliester Sebagai Aplikasi Bilah Kincir Angin," vol. 6, no. 1, pp. 196–199, 2022.
- [16] H. S. S. I. Ismail, *Mineral- Filled Polymer composites*, 2nd ed. Malaysia: Taylor & Francis, 2020.
- [17] M. Milawarni, S. Aprilia, and N. Idris, "Analysis of the effect of concentration of sodium hydroxide (NaOH) on alkalization process as composite reinforcement on tensile strength of single fiber rice straw Analysis of the Effect of Concentration of Sodium Hydroxide (NaOH) on Alkalization Process as Composite Reinforcement on Tensile Strength of Single Fiber Rice Straw," vol. 040006, no. January, 2023.
- [18] A. Saidah and S. E. Susilowati, "Design of Composite Material of Rice Straw Fiber Reinforced Epoxy for Automotive Bumper," pp. 3–6, 2014.
- [19] Nasmi Herlina Sari, *Material Teknik*, 1st ed. Yogyakarta: Deep Publisher, 2018.