

Kaji Eksperimental Sifat Mekanik Komposit Resin Epoxy Berpenguat Serat Alam

Muhammad Arsyad Suyuti*¹⁾, Rusdi Nur²⁾, Tri Wahyono Patandean³⁾, Achmad Maulana S. Usman⁴⁾

¹⁾²⁾³⁾⁴⁾Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

*E-mail korespondensi: muh.assuyuti@poliupg.ac.id

Abstract: Composites are materials consisting of two combinations of two different types of materials where each of these materials has different mechanical properties. The composites studied in this study were fiber composites using natural fibers as reinforcement and epoxy resin as a matrix. There are two types of natural fibers used, namely sisal fiber and palm fiber. The purpose of this study was to determine the mechanical properties of composites using sisal fiber and palm fiber as reinforcement. Prior to being made into test specimens, the sisal fibers were soaked in 5% NaOH for 4 hours and the palm fibers in 5% NaOH for 2 hours. The fiber in this composite is 15% of the mass of the matrix then the mass percentage between the sisal fiber and palm fiber fiber is divided into seven variations, namely S15I0, S12I3, S9I6, S7.5I7.5, S6I9, S3I12 and S0I15. The direction of fiber arrangement is straight continuous fiber and random fiber. Based on the results of this study, the highest tensile strength was found in a composite of 12% sisal fiber and 3% palm fiber (S12I3) variations with a continuous straight fiber direction which had an average tensile strength of 115.01 MPa. For the highest bending strength, the composite of 9% sisal fiber variations and 6% palm fiber (S9I6) with continuous straight fiber direction has an average bending strength of 123.83 MPa. Meanwhile, the highest impact strength was found in composites with 9% sisal and 6% palm fiber variations (S9I6) with continuous straight fiber directions which had an average impact energy of 20.71 kJ/mm². This study also shows that the combination of sisal fiber and palm fiber can improve the mechanical properties of the composite and continuous straight fibers have better mechanical properties than random fibers.

Keywords: Composite, sisal fiber, palm fiber, epoxy resin, mechanical properties

Abstrak: Komposit merupakan material yang terdiri dari dua kombinasi dua jenis bahan berbeda dimana tiap bahan tersebut memiliki sifat mekanik yang berbeda. Komposit yang diteliti dalam penelitian ini yaitu komposit serat yang menggunakan serat alam sebagai penguatnya dan resin epoxy sebagai matriks. Serat alam yang digunakan ada dua jenis yaitu serat sisal dan serat ijuk. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui sifat mekanik komposit yang menggunakan serat sisal dan serat ijuk sebagai penguat. Sebelum dibuat menjadi spesimen uji, serat sisal direndam dalam NaOH 5% selama 4 jam dan serat ijuk dalam NaOH 5% selama 2 jam. Serat dalam komposit ini sebanyak 15% dari massa matriks kemudian persentase massa antara serat sisal dan serat ijuk dibagi menjadi tujuh variasi yaitu S15I0, S12I3, S9I6, S7.5I7.5, S6I9, S3I12 dan S0I15. Arah susunan serat yaitu serat lurus kontinu dan serat acak. Berdasarkan hasil penelitian ini, kekuatan tarik terbesar terdapat pada komposit variasi serat sisal 12% dan serat ijuk 3% (S12I3) dengan arah serat lurus kontinu yang memiliki kekuatan tarik rata-rata 115,01 MPa. Untuk kekuatan bending terbesar pada komposit variasi serat sisal 9% dan serat ijuk 6% (S9I6) dengan arah serat lurus kontinu yang memiliki kekuatan bending rata-rata 123,83 MPa. Sedangkan kekuatan impak terbesar pada komposit variasi serat sisal 9% dan ijuk 6% (S9I6) dengan arah serat lurus kontinu yang memiliki energy impak rata-rata 20.71 kJ/mm². Penelitian ini juga menunjukkan bahwa dengan adanya kombinasi anatara serat sisal dan serat ijuk dapat meningkatkan sifat mekanik komposit dan serat lurus kontinu memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan serat acak.

Kata Kunci: Komposit, serat sisal, serat ijuk, resin epoxy, sifat mekanik

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang berada di daerah yang beriklim tropis sehingga Indonesia memiliki beragam jenis keanekaragaman hayati yang unik. Termasuk berbagai jenis keanekaragaman hayati yang memiliki serat. Serat alam ini memiliki berbagai fungsi seperti bahan untuk membuat kain, tali dan bahan tekstil lainnya. Namun seiring dengan berkembangnya Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, serat alam ternyata memiliki berbagai fungsi yang lebih. Contohnya sebagai bahan tambahan untuk membuat material komposit yang tergolong baru.

Dalam bidang material, banyak yang digunakan dan diteliti lebih lanjut untuk mendapatkan material yang tepat digunakan serta dapat menjadi bahan atau material terbarukan yang tentunya memiliki kekuatan yang tidak beda jauh dengan material logam. Hal ini ditandai dengan semakin banyaknya pemakaian material terbarukan seperti untuk material *body kit* kendaraan, sampai sektor industri skala besar.

Tuntutan material pada teknologi zaman sekarang ini adalah material yang ramah lingkungan, bisa didaur ulang dan dapat dihancurkan send. Perkembangan material komposit berpenguat serat alam kini mulai diperhitungkan. Hal ini dikarenakan komposit memiliki kelebihan dibanding material lainnya seperti bahan komposit lebih kuat, lebih tahan terhadap korosi, lebih ekonomis, dan sebagainya.

Komposit adalah material yang dibentuk oleh kombinasi dua atau lebih material melalui campuran yang tidak homogen, dimana masing-masing material pembentuknya memiliki sifat mekanik yang berbeda (Matthews & Rawlings 1994), atau dapat juga dikatakan bahwa komposit adalah material yang dibentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material melalui pencampuran yang tidak sama, dimana material pembentuknya memiliki sifat mekanik yang berbeda[1].

Pemakaian material komposit secara tepat dan efisien membutuhkan pengetahuan yang luas akan sifat mekaniknya. Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu serat yang berfungsi sebagai penguat dan matriks sebagai bahan pengikat serat. Dalam perkembangan serat yang digunakan tidak hanya serat sintesis tetapi juga serat alami. Komposit serat alam memiliki keunggulan lain bila dibandingkan dengan serat gelas, komposit serat alam sekarang banyak digunakan karena jumlahnya banyak, lebih ramah lingkungan karena mampu terdegradasi secara alami, dan harganya pun lebih murah dibandingkan serat gelas [2].

Penelitian tentang komposit serat alam menggunakan serat serabut kelapa pernah dilakukan oleh Walte dkk (2018) yang menggunakan parameter penelitian tersebut yaitu ditinjau dari panjang serat dengan ketentuan fraksi volume serat 25% dan resin epoxy 75%. Hasil dari penelitian tersebut menyimpulkan bahwa dengan bertambahnya panjang serat, sifat mekanik komposit serat sabut meningkat. Komposit dengan serat sejajar 40 mm menunjukkan kekuatan tarik maksimum (35,24 MPa). Studi tersebut menunjukkan bahwa dengan perubahan orientasi serat dari acak ke sejajar, kekuatan lentur meningkat. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa dengan perubahan orientasi serat dari acak ke sejajar, kekuatan lentur meningkat. Ketahanan benturan juga meningkat dengan perubahan orientasi serat dari acak menjadi sejajar dan dengan bertambahnya panjang serat. Energi impak juga meningkat dengan bertambahnya panjang serat, dengan komposit serat 50 mm menunjukkan nilai maksimum 65,57 J/m. Nilai kekerasan komposit bertulang serat sabut menurun dengan perubahan orientasi serat dari acak menjadi sejajar dengan serat acak 50 mm menunjukkan maksimum 20,11 BHN. Hal ini dimungkinkan karena adanya rongga [3].

Komposit serat alam juga pernah diteliti oleh Zineb Samouth (2018) Penelitian tersebut menggunakan fraksi massa serat 5%, 10% dan 15%. Pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa komposit dengan fraksi massa serat 15% memiliki sifat mekanik yang lebih baik dengan kekuatan tarik sebesar 70,76 MPa, kekuatan lentur 135,1 MPa dan kekuatan impak 3,87 kJ/m² [4].

Selain kedua penelitian diatas, komposit serat alam menggunakan serat jute dan sisal juga pernah dilakukan oleh C. Sivakandhan dkk (2019). Parameter penelitian tersebut adalah persentase banyaknya serat jute dan sisal dalam komposit dengan resin epoxy sebesar 65%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel dengan serat jute sebesar 35 % memiliki kekuatan tarik koaksial dan kekuatan tarik terbesar berturut-turut yaitu 22,53 N/mm² dan 56 N/mm². Kekuatan impak terbesar ada pada sampel dengan serat sisal 35% [5].

Serat ijuk (*Arenga pinnata*) merupakan salah satu serat alam yang bisa diperoleh langsung dari batang pohon aren. Serat yang berwarna hitam ini memiliki kelebihan seperti elastis, tahan lama dan tahan dalam air yang asam. Penggunaan serat ijuk saat ini masih sederhana seperti bahan sapu ijuk dan tali ijuk. Tapi saat ini serat ijuk sudah jarang dimanfaatkan sebagai penguat komposit. Jika sudah tidak digunakan lagi, maka serat ijuk hanya akan terbuang dan menjadi bahan yang tidak memiliki manfaat. Oleh karena itu, penelitian ini akan menggunakan serat ijuk (*Arenga Pinnata*) sebagai bahan penguat

sedangkan matriknya menggunakan resin *epoxy*. Ijuk merupakan serat alam yang memiliki sifat yang elastis, keras, tahan air, dan sulit dicerna oleh organisme perusak [6]. Selain dari serat ijuk terdapat pula serat sisal, dimana sisal merupakan serat yang dapat diperoleh dari daun tumbuhan sisal. Serat sisal memiliki potensi yang sangat unggul karena karakteristiknya yang kuat, tahan terhadap kadar garam tinggi dan dapat diperbaharui. Serat sisal banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti tali temali dan industri tekstil.

Berdasarkan penjelasan di atas, penelitian akan menganalisa tentang pengaruh variasi fraksi volume serat dan resin dalam komposit terhadap sifat mekanik. Penelitian ini dilakukan pembuatan komposit berpenguat serat dengan memanfaatkan serat ijuk dan serat sisal sebagai *reinforcement* atau penguat (*filler*) untuk bahan komposit. Pada penelitian ini, terdapat dua jenis serat yang akan digunakan yaitu serat sisal dan serat ijuk. Serat sisal dapat diperoleh dari tumbuhan sisal (*Agave sisalana*) sedangkan serat ijuk dapat diperoleh langsung dari serat pohon aren (*Arrenga pinata*). Serat sisal memiliki kelebihan yaitu kuat dan mudah rapuh sedangkan serat ijuk memiliki kelebihan tahan terhadap asam dan tidak mudah rapuh [7].

Perbandingan massa antara matrix dan serat yaitu 85% matriks dan 15% serat. Hal ini berdasarkan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa persentase tersebut memiliki sifat mekanik yang lebih baik [4]. Perlakuan alkali pada serat sebelum dibuat menjadi komposit menjadi hal yang penting agar kekuatan serat bertambah dan keterikatan antara matriks dan serat lebih baik. *Wettability* serat sisal lebih baik dalam larutan 5% NaOH selama 4 jam [8]. Sedangkan untuk serat ijuk kekuatan tariknya lebih baik pada perendaman dalam NaOH 5% selama 4 jam [9].

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Pengujian material komposit dilakukan di Laboratorium Mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Tempat pengambilan serat sisal dan serat ijuk yaitu di kabupaten Tana Toraja, Sulawesi Selatan. Bahan matriks yang digunakan yaitu resin epoxy type Bispheol A-Epichlorohydrin sedangkan hardener menggunakan epoxy hardener EPH yang dipredoksi oleh PT. Justus Kimiaraya. Penelitian ini berlangsung dari bulan September-Desember 2022.



Gambar 1. Proses pengambilan serat sisal dan serat ijuk

B. Pembuatan Panel Komposit

Sebelum dibuat menjadi komposit, serat sisal terlebih dahulu direndam dalam NaOH 5% selama 4 jam dan serat ijuk dalam NaOH 5% selama 2 jam. Metode pembuatan komposit pada penelitian ini dilakukan melalui tahapan perlakuan serat (alkali treatment), persiapan komposisi resin-serat dengan variasi perbandingan massa, pengaturan orientasi serat (lurus kontinu dan acak), pencampuran resin-hardener, pencetakan panel komposit, serta pemotongan spesimen uji sesuai standar ASTM untuk uji tarik, bending, dan impak. Kemudian persentase massa antara serat sisal dan serat ijuk dibagi menjadi tujuh variasi yaitu S15I0, S12I3, S9I6, S7.5I7.5, S6I9, S3I12 dan S0I15. Arah susunan serat dalam penelitian ini ada dua yaitu serat acak dan serat lurus kontinu. Jumlah komposisi serat dan matriks dalam komposit menjadi perhatian khusus pada komposit berpenguat serat. Jumlah serat dan karakteristik serat adalah elemen kunci pada analisis komposit. Untuk itu diperlukan persamaan fraksi serat. Untuk menentukan seberapa besar volume pada komposit maka dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$V_c = P.l.t$$

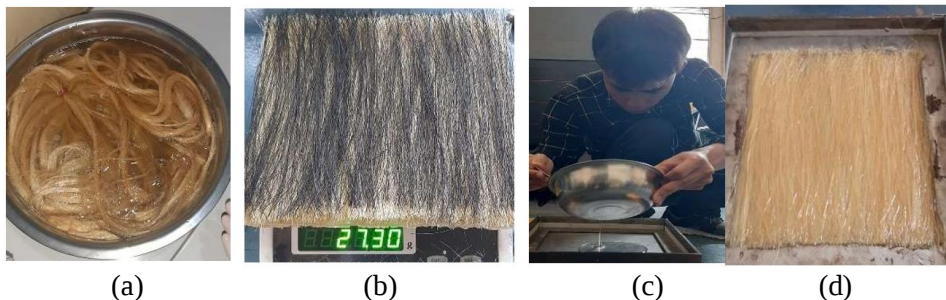
Dimana: V_c = Volume cetakan (cm^3), P = Panjang Komposit (cm), l = lebar komposit (cm), dan t = tebal komposit (cm)

Untuk menghitung komposisi serat, massa matriks dikalikan dengan persentase massa serat:

$$\text{Massa serat} = \% \text{ serat} \times \text{massa matriks.}$$

Tabel 1. Komposisi Komposit

No.	Matriks 85% (Total 154,7 gram)		Persentase serat		Fraksi massa serat 15 % (Total 27,3 gram)		Kode Sampel
	Resin (Gram)	Hardener (Gram)	Sisal (%)	Ijuk (%)	Sisal (Gram)	Ijuk (Gram)	
1.	92,8	61,8	15%	0%	27,3	0	S15I0
2.	92,8	61,8	12%	3%	21,84	5,46	S12I3
3.	92,8	61,8	9%	6%	16,38	10,92	S9I6
4.	92,8	61,8	7,5%	7,5%	13,65	13,65	S7.5I7.5
5.	92,8	61,8	6%	9%	10,92	16,38	S6I9
6.	92,8	61,8	3%	12%	5,46	21,84	S3I12
7.	92,8	61,8	0%	15%	0	27,3	S0I15



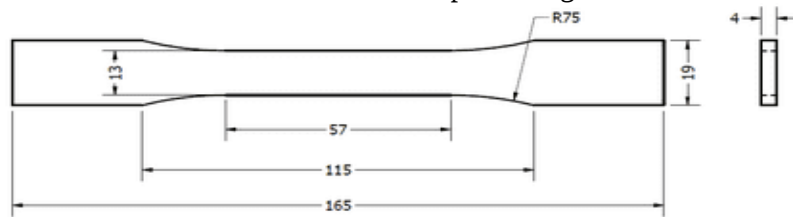
Gambar 2. (a) Perlakuan alkali serat (b) penimbangan serat (c) penuangan matriks kedalam cetakan (d) penuangan serat kedalam cetakan

C. Pembuatan Sampel Pengujian

Setelah panel komposit dibuat, panel tersebut selanjutnya dibentuk menjadi sampel uji menggunakan mesin *Scroll Saw*. Pembuatan sampel uji tarik berdasarkan ASTM D 638-02 tipe 1, standar untuk uji bending ASTM D 790-02 dan untuk uji impak ASTM D 5942. Pengujian mekanik dilakukan menggunakan Universal Testing Machine (UTM) untuk uji tarik (ASTM D 638-02) dan uji bending (ASTM D 790-02), serta mesin uji impak tipe Charpy untuk pengujian impak (ASTM D 5942). Sementara itu, pengamatan morfologi makro komposit dilakukan dengan mikroskop optik untuk melihat distribusi dan orientasi serat.

1. Sampel Uji Tarik

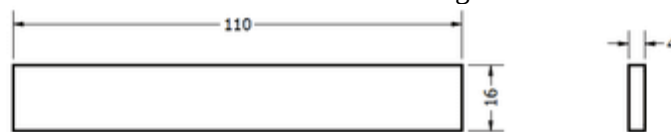
Sampel uji tarik berdasarkan standar ASTM D 638-02 tipe 1 sebagai berikut



Gambar 3 Sampel Uji Tarik

2. Sampel Uji Bending

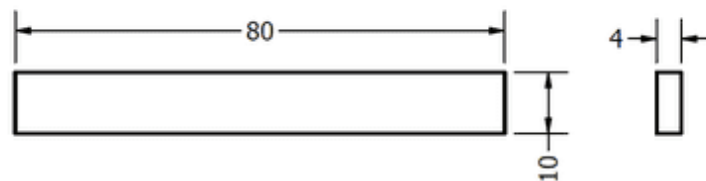
Sampel uji tarik berdasarkan standar ASTM D D 790-02 sebagai berikut



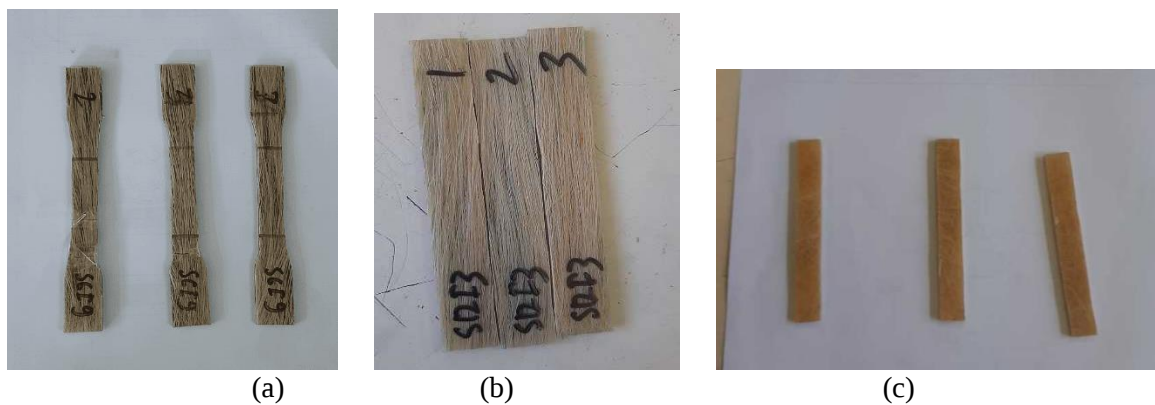
Gambar 4 Sampel Uji Bending

3. Sampel Uji Impak

Sampel uji tarik berdasarkan standar ASTM D 5942



Gambar 5 Sampel Uji Impak

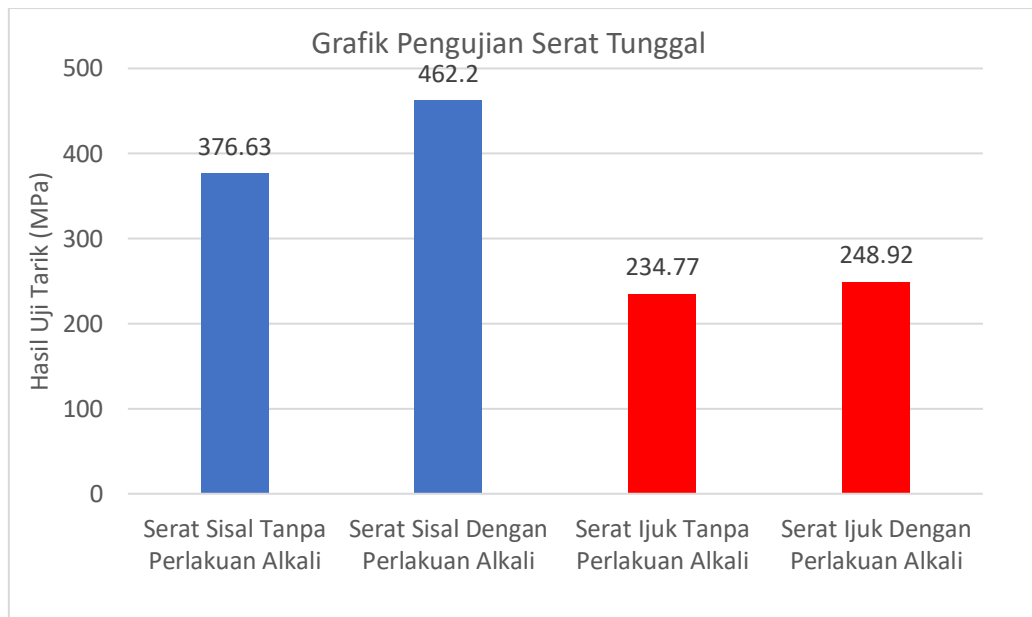


Gambar 6. Sampel komposit (a) sampel uji tarik (b) sampel uji bending (c) sampel uji impak

III. HASIL

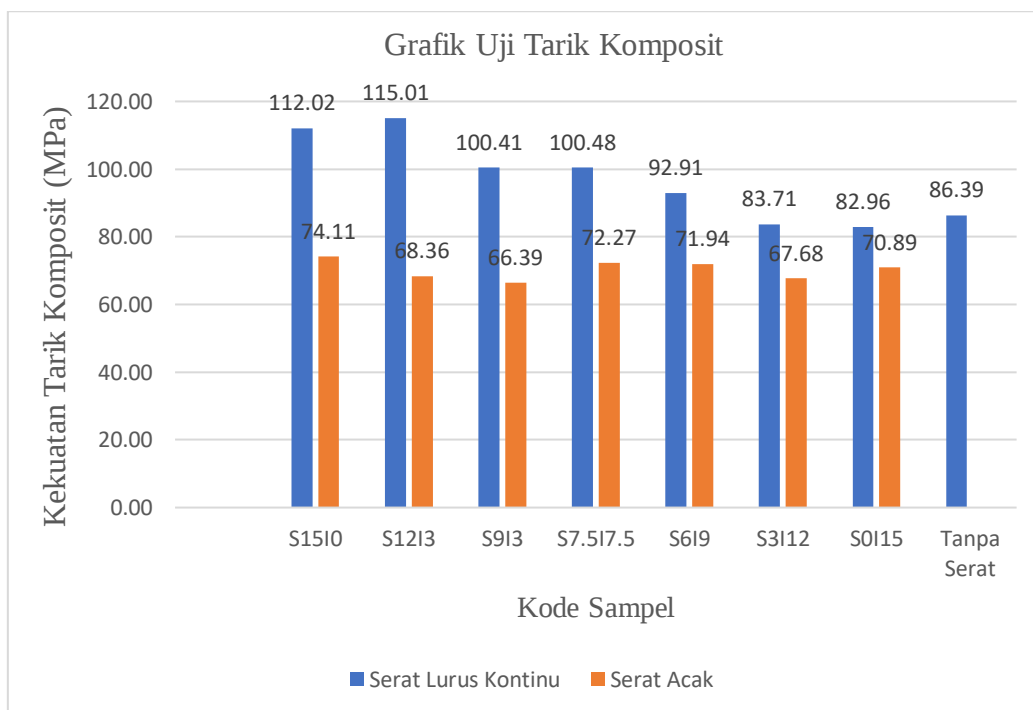
A. Uji Tarik Serat Tunggal

Uji tarik serat tunggal bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan tarik rata-rata serat sebelum dibuat menjadi komposit.



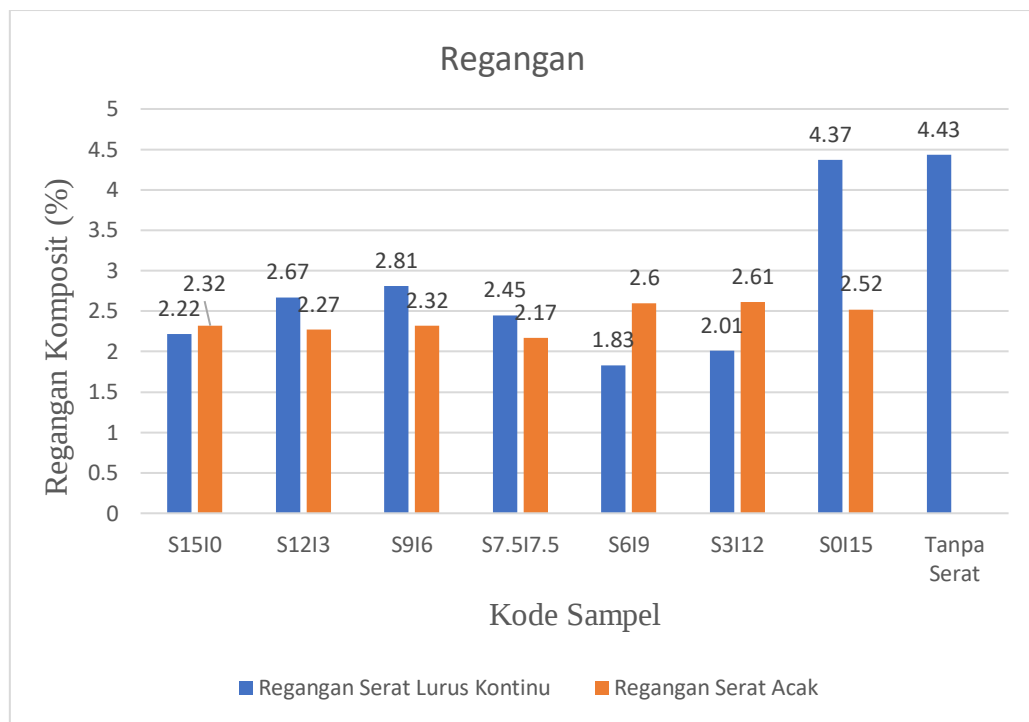
Gambar 7. Grafik Uji Tarik Serat Tunggal

B. Uji Tarik Komposit



Gambar 8. Grafik Kekuatan Tarik Komposit Serat Lurus Kontinu

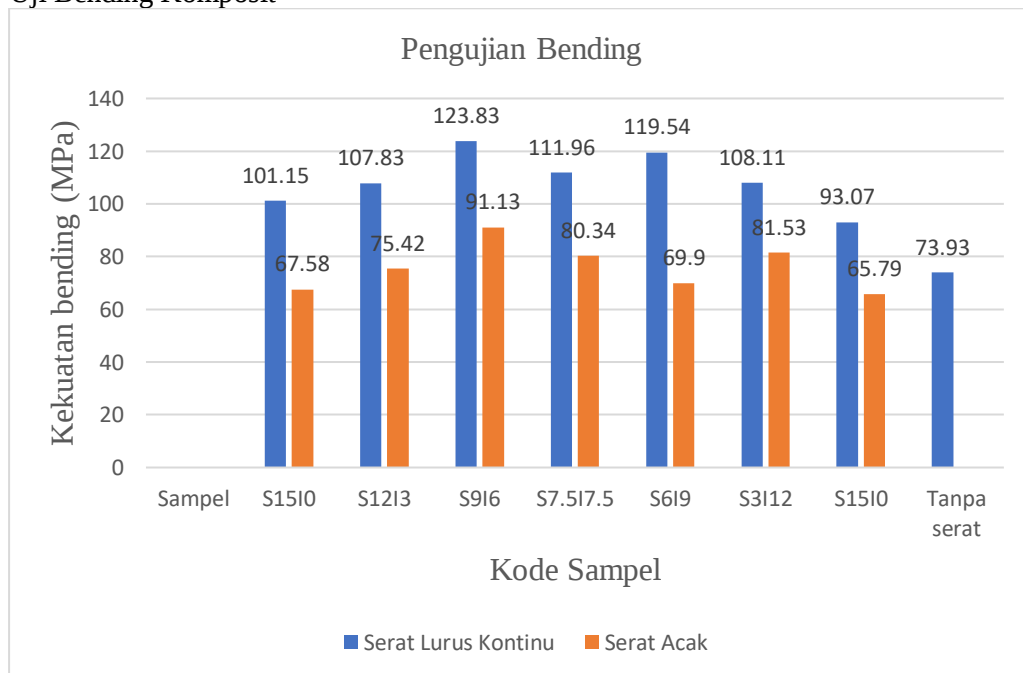
Komposit untuk sampel pengujian tarik yang telah dibuat berdasarkan standar ASTM 638-02 tipe 1 selanjutnya diuji tarik untuk mengetahui kekuatan tarik komposit. Pada grafik diatas menunjukkan kekuatan tarik rata-rata komposit.



Gambar 9. Regangan Komposit

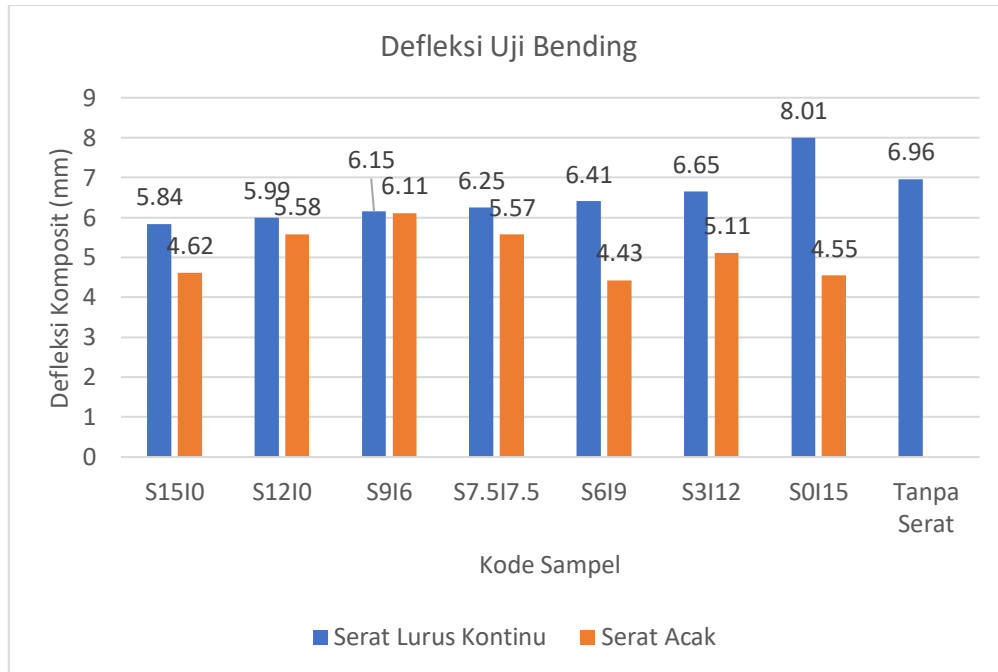
Grafik diatas menunjukkan regangan atau pertambahan panjang komposit saat diuji tarik.

a. Uji Bending Komposit



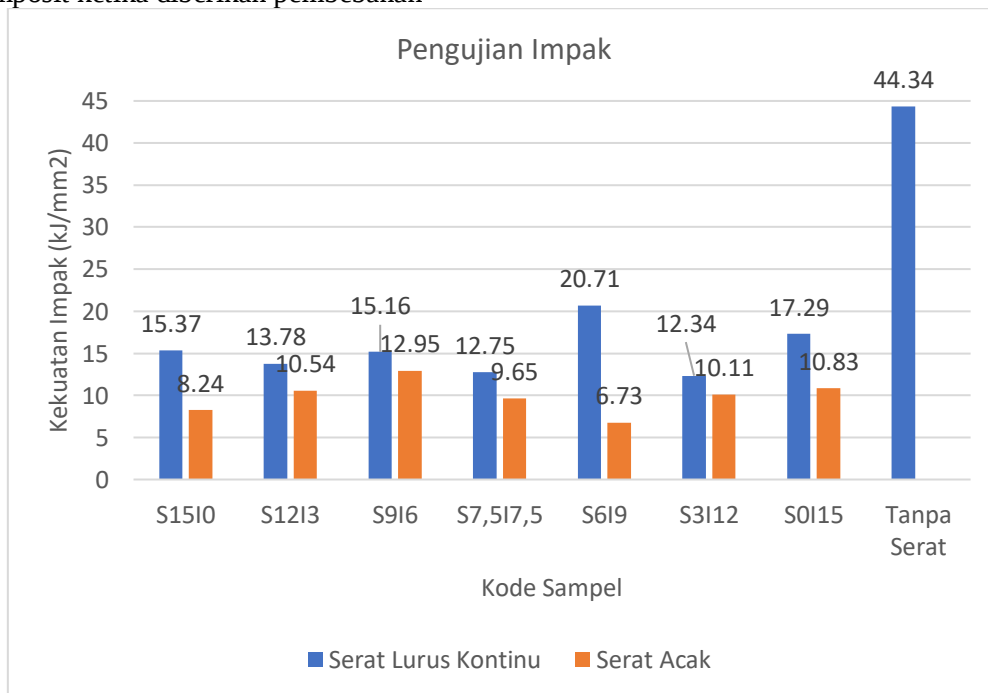
Gambar 10. Grafik Hasil Pengujian Bending

Sampel selanjutnya diuji bending berdasarkan ASTM D D 790-02 untuk mengetahui kekuatan bending komposit. Pada grafik diatas menunjukkan kekuatan bending rata-rata antara komposit serat lurus kontinu dan serat acak.



Gambar 11. Grafik Defleksi

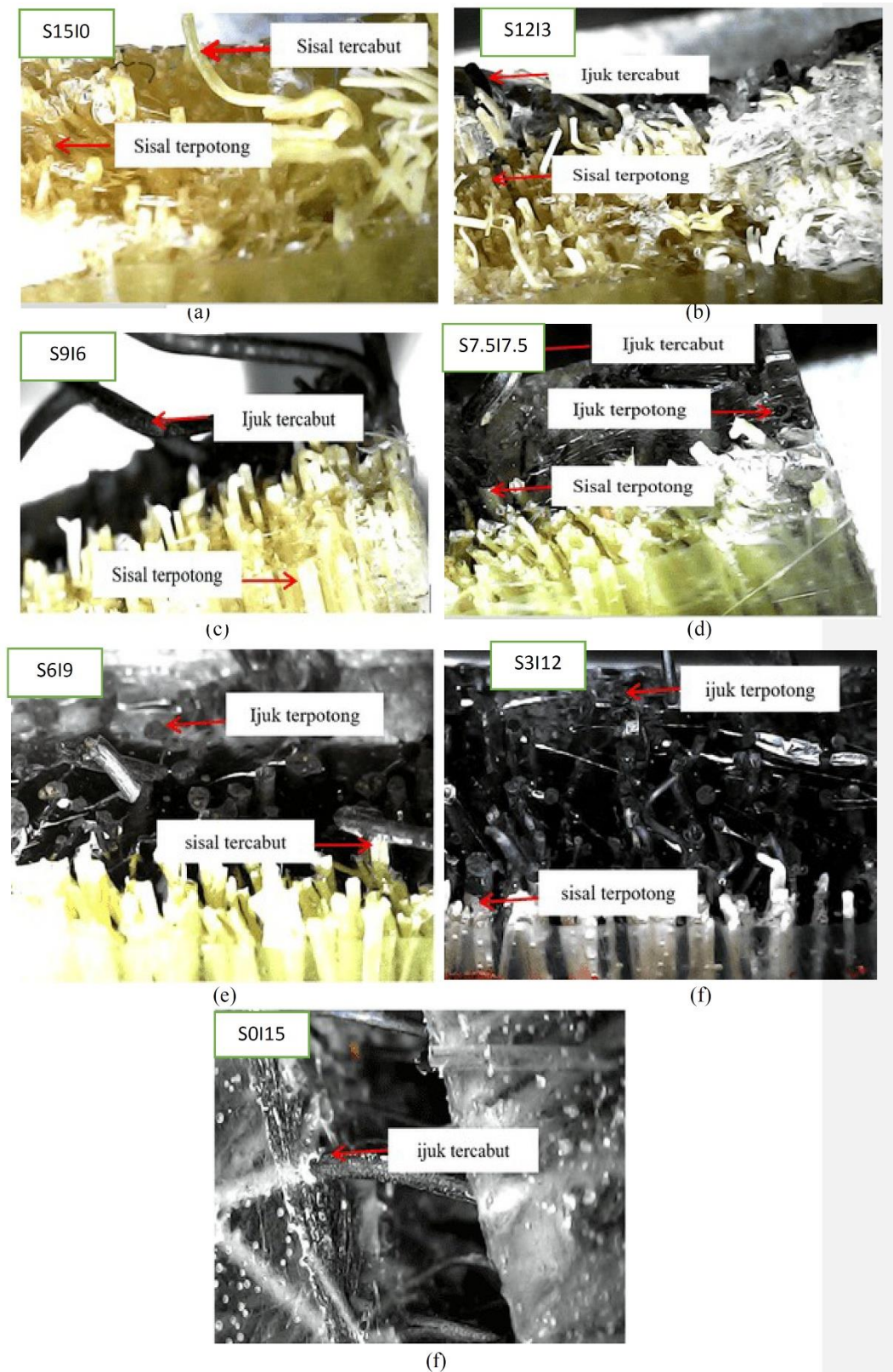
Grafik diatas menunjukkan defleksi rata-rata pada komposit. Defleksi merupakan perubahan bentuk pada komposit ketika diberikan pembebanan



Gambar 12. Grafik Pengujian Impak

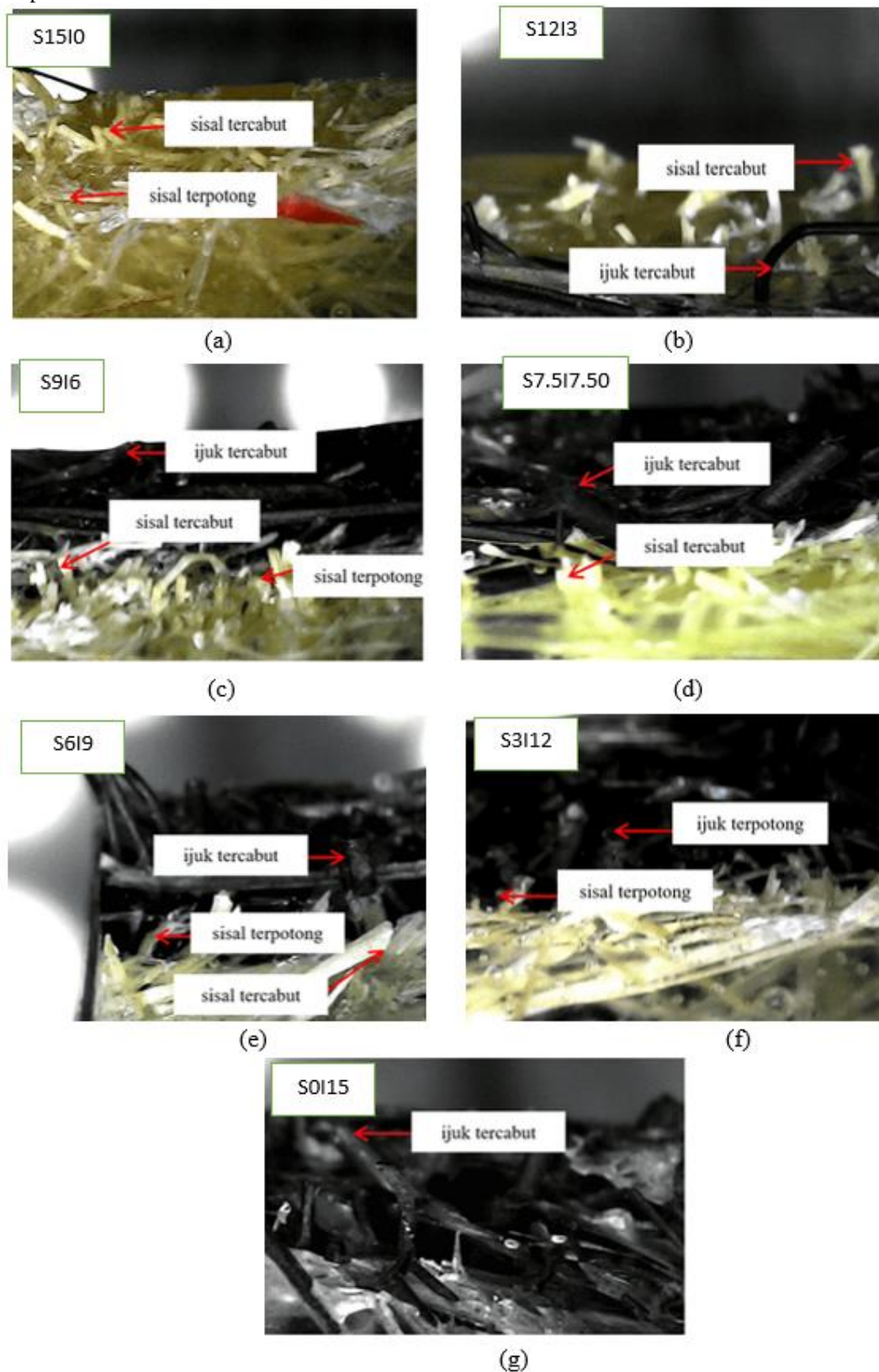
b. Pengamatan Struktur Makro Komposit

1. Serat Lurus Kontinu



Gambar 13. Struktur Makro Komposit Serat Lurus Kontinu

2. Komposit Serat Acak



Gambar 14. Struktur Makro Komposit Serat Acak

C. Pembahasan

Dari penelitian yang dilakukan pada serat tunggal, terdapat peningkatan kekuatan tarik serat sisal dan ijuk jika dilakukan perlakuan alkali pada serat dibanding serat yang tanpa perlakuan alkali.

Pada pengujian tarik komposit dengan arah serat lurus kontinu, kekuatan tarik rata-rata tertinggi pada komposit hibrid variasi persentase serat sisal 12% dan serat ijuk 3% (S12I3) dengan nilai 115.01 MPa. Sedangkan kekuatan tarik terendah pada komposit hibrid variasi persentase serat sisal 0% dan serat ijuk 15% (S0I15) dengan nilai 82.96 MPa. Regangan tertinggi terdapat pada komposit serat sisal 0% dan serat ijuk 15% (S0I15) sebesar 4.55% dan regangan terendah pada komposit variasi serat sisal 6% dan serat ijuk 9% (S6I9) sebesar 1.96%. Pada pengujian tarik komposit serat acak dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik terbesar pada komposit hibrid dengan variasi serat sisal 7.5% dan serat ijuk 7.5% (S7.5I7.5) sebesar 72.27 MPa dan kekuatan tarik terendah pada komposit hibrid variasi serat sisal 6% dan ijuk 9% (S6I9) dengan kekuatan rata-rata 66.39 MPa. Regangan tertinggi pada komposit hibrid variasi serat sisal 3% dan serat ijuk 12% (S3I12) sebesar 2.61% dan regangan terendah pada komposit hibrid variasi serat sisal 7.5% dan serat ijuk 7.5% (S7.5I7.5) sebesar 2.17%.

Untuk pengujian bending, kekuatan bending tertinggi pada komposit hibrid variasi persentase serat sisal 9% dan serat ijuk 6% (S6I9) dengan nilai 123.83 MPa. Sedangkan kekuatan bending terendah pada komposit serat sisal 0% dan serat ijuk 15% (S0I15) dengan nilai 93.07 MPa tetapi memiliki defleksi tertinggi yaitu 8.01 mm dan defleksi terendah pada komposit hibrid variasi serat sisal 15% dan serat ijuk 0% (S15I0) yaitu 5.84 mm. Pada komposit serat acak, kekuatan bending terbesar pada komposit dengan variasi serat sisal 9% dan serat ijuk 6% sebesar 91,13 MPa dan kekuatan bending terendah pada variasi serat sisal 0% dan serat ijuk 15%. Defleksi terpanjang juga terdapat pada variasi serat sisal 9% dan serat ijuk 6% sepanjang 6,11 mm.

Sedangkan pada pengujian impact serat lurus kontinu dapat disimpulkan bahwa kekuatan impact rata-rata terbesar pada komposit hibrid dengan variasi persentase serat sisal 6% dan serat ijuk 9% (S6I9) dengan energi impact sebesar 20,71 kJ/m² dan energi terendah pada komposit hibrid variasi persentase serat sisal 3% dan serat ijuk 12% (S3I12) dengan energi impact sebesar 12,34 kJ/m². Pada komposit serat acak, komposit hibrid variasi serat sisal 6% dan serat ijuk 9% (S6I9) memiliki energy impact terbesar yaitu 20.71 kJ/mm² dan terendah pada komposit hibrid variasi serat sisal 3% dan serat ijuk 12% (S3I12) yaitu sebesar 12.34 kJ/mm².

Komposit serat lurus kontinu, komposit sisal/ijuk (hibrid) memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan komposit yang hanya menggunakan satu jenis serat. Komposit hibrid sisal/ijuk juga memiliki kekuatan tarik dan kekuatan bending yang lebih besar jika dibandingkan material matriks meskipun material matriks memiliki energi impact yang lebih besar. Komposit serat acak, kekuatan tarik komposit serat sisal memiliki kekuatan tarik yang lebih besar dibandingkan komposit serat ijuk dan serat hibrid sisal/ijuk. Tetapi pada kekuatan bending dan impact, komposit hibrid ijuk/sisal memiliki kekuatan yang lebih besar dibandingkan kekuatan tarik pada komposit yang menggunakan satu jenis serat.

Hasil penelitian ini memiliki sifat mekanik yang lebih baik jika dibandingkan dengan dua penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [5] yang memiliki kekuatan tarik tertinggi 22.53 MPa, kekuatan bending 40.95 MPa dan kekuatan impact 0.85 kJ/mm². Adapun penelitian oleh [4] yang memiliki kekuatan tarik tertinggi 0.76 MPa dan kekuatan impact 3.87 kJ/mm².

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian “Kaji Eksperimental Sifat Mekanik Komposit Resin *Epoxy* Berpenguat Serat Alam” yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada pengujian tarik komposit dengan tujuh variasi persentase serat dan 2 variasi arah susunan serat, kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada komposit variasi serat sisal 12% dan serat ijuk 3% (S12I3) dengan arah susunan serat lurus kontinu sebesar 115.01 MPa. Sedangkan pada serat acak kekuatan tarik terbesar pada variasi serat sisal 7.5% dan serat ijuk 7.5% (S7.5I7.5) sebesar 72.27 MPa. Untuk pengujian bending pada serat lurus kontinu, variasi serat sisal 9% dan serat ijuk 6% (S9I6) memiliki kekuatan bending terbesar yaitu 123.83 MPa. Pada serat acak, kekuatan bending terbesar juga pada

variasi serat sisal 9% dan ijuk 6% (S9I6) yaitu 91,13 MPa. Dan untuk pengujian impak pada serat lurus kontinu terbesar pada variasi serat sisal 6% dan ijuk 9% sebesar 20.71 kJ/mm² sedangkan pada serat acak, variasi serat sisal 9% dan ijuk 6% memiliki energy impak terbesar yaitu 12.95 kJ/mm².

2. Arah susunan serat lurus kontinu memiliki sifat mekanik (kekuatan tarik, kekuatan bending, kekuatan impak) yang lebih baik dibanding dengan arah serat acak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sriwita, Astuti. (2014). Pembuatan dan Karakterisasi Sifat Mekanik Bahan Komposit Serat Daun Nenas-Polyester Ditinjau dari Fraksi Massa dan Orientasi Serat. *Jurnal Fisika Unand*, 3(1), 30–36.
- [2] I. Munandar and S. Savetlana, “KEKUATAN TARIK SERAT IJUK (ARENGA PINNATA MERR),” 2013.
- [3] A. B. Walte, K. Bhole, and J. Gholave, “ScienceDirect Mechanical Characterization Of Coir Fiber Reinforced Composite,” 2018. [Online]. Available: www.sciencedirect.com
- [4] Z. Samouh, K. Molnar, F. Boussu, O. Cherkaoui, and R. El Moznine, “Mechanical and thermal characterization of sisal fiber reinforced polylactic acid composites,” *Polym Adv Technol*, vol. 30, no. 3, pp. 529–537, Mar. 2019, doi: 10.1002/pat.4488.
- [5] C. Sivakandhan, G. Murali, N. Tamiloli, and L. Ravikumar, “Studies on mechanical properties of sisal and jute fiber hybrid sandwich composite,” in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, 2020, pp. 404–407. doi: 10.1016/j.matpr.2019.06.374.
- [6] Samlawi, A.K., Y. F. Arifin., dan P. D. Permana. 2017. Pembuatan dan Karakterisasi Material Komposit Serat Ijuk (Arenga Pinnata) sebagai Bahan Baku Cover Body Sepeda Motor. <http://ppjp.unlam.ac.id/> dan kusairisam@unlam.ac.id.
- [7] A. Eko Purkuncoro, “PENGARUH PERLAKUAN ALKALI (NaOH) SERAT IJUK (ARENGA PINATA) TERHADAP KEKUATAN TARIK,” 2017.
- [8] P. Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik dan Wettability Serat Alam Agave Sisalana Perrine Ferriawan Yudhanto and A. Wisnujati, “Prosiding Seminar Nasional XI "Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi,” 2016.
- [9] A. Eko Purkuncoro, “PENGARUH PERLAKUAN ALKALI (NaOH) SERAT IJUK (ARENGA PINATA) TERHADAP KEKUATAN TARIK,” 2017.