Sifat Daya Serap Air dan Kekuatan Tarik Komposit Epoksi Berpenguat Serat Sabut Kelapa

Naik Rino Gunawan Pandiangan[1], Afira Ainur Rosidah[2], Suheni[3], dan Hery Irawan[4]
Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2,3,4]
e-mail: rino.gunawan12@gmail.com[1], afiraainur@gmail.com[2], suheni@itats.ac.id[3], hery@itats.ac.id[4]

ABSTRACT

The use of natural fibers containing cellulose can be an alternative as a composite reinforcing material. One of the natural fibers that is widely used is coconut fiber with a composition of 44% cellulose, 32.8% lignin and 56.3% halocellulose. Because it has a high lignin content compared to hemp and cotton fibers, coconut fiber has better strength and toughness than other natural fibers. The aim of this research is to determine the results of tensile strength and water absorption testing by varying the fiber fraction 20%, 30%, 40% and fiber treatment with no treatment, NaOH and KOH alkalization. The results showed the highest stress of 41.76 N/mm^2 occurred in the 40% fiber fraction with NaOH treatment, and the strain value was 3.06%. In addition, the highest elastic modulus value was in the 30% fiber fraction without treatment, namely 1710.75 N/mm^2. The results obtained indicate that the mechanical properties of coconut fiber reinforced composites can be improved by alkalization treatment. From the results of the water absorption test, it is known that the smallest value obtained was a fiber fraction of 20%, showing a small value of 14 grams. The more fiber fraction in the composite increases water absorption. This is because the bond between the matrix and the fiber creates a gap, resulting in the flow of water being able to enter by capillary action.

Keywords: *coconut fiber, epoxy, tensile strength, water absorption capacity*

ABSTRAK

Penggunaan serat alami yang mengadung selulosa dapat menjadi alternatif sebagai material penguat komposit. Salah satu serat alami yang banyak digunakan adalah sabut kelapa dengan komposisi kadar selulosa 44%, lignin 32,8%, serta halocellulose 56,3%. Dikarenakan mempunyai kadar lignin yang tinggi dibanding serabut rami dan kapas, serat sabut kelapa memilki kekuatan dan ketangguhan yang lebih baik dibanding serat alami lainnya. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui hasil kekuatan tarik dan pengujian daya serap air dengan memvariasikan fraksi serat 20%, 30%, 40% dan perlakuan serat dengan tanpa perlakuan, alkalisasi NaOH dan KOH. Hasil menunjukkan nilai tegangan tertinggi sebesar 41,76 N/mm^2 terjadi pada fraksi serat 40% dengan perlakuan NaOH, dan nilai regangan sebesar 3,06%, sementara nilai modulus elastisitas tertinggi pada fraksi serat 30% dengan tanpa perlakuan yaitu sebesar 1710,75 N/mm^2. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa sifat mekanik komposit berpenguat serat sabut kelapa dapat ditingkatkan dengan perlakuan alkalisasi. Dari hasil pengujian daya serap air diketahui nilai terkecil didapatkan fraksi serat 20% menunjukkan nilai yang kecil sebesar 14 gram. Semakin banyak fraksi serat pada komposit meningkatkan water absorption. Hal ini disebabkan karena ikatan matriks dengan serat membuat adanya celah sehingga mengakibatkan aliran air dapat masuk secara kapilarisasi.

Kata kunci: serat sabut kelapa, epoksi, kekuatan tarik, daya serap air

PENDAHULUAN

Banyak teknologi pada zaman ini memerlukan kombinasi hebat yang tidak bisa hanya didapatkan oleh satu material saja seperti logam besi, keramik, dan bahan polimer dimana tidak hanya mahal namun juga sulit didapat. Penggunaan serat alami yang mengandung selulosa dapat menjadi alternatif sebagai material penguat komposit, disebabkan selolosa berfungsi untuk meningkatkan kekuatan mekanik, termal dan stabilitas material secara signifikan [1]. Disamping kelebihan serat alam yaitu mudah didapat dan murah, tidak menutup kemungkinan juga memiliki kekurangan yaitu kualitas tidak seragam, penyerapan air tinggi, kekuatannya rendah, sulit berkaitan dengan matriks karena bersifat hydrophilic [2].

Serat sabut kelapa sendiri memiliki komposisi kadar selulosa 44%, lignin 32,8%, serta halocellulose 56,3%. Dikarenakan mempunyai kadar lignin yang tinggi dibanding serabut rami dan kapas, serat sabut kelapa memilki kekuatan dan ketangguhan yang lebih baik dibanding serat alami lainnya. Karakteristik serat sabut kelapa sendiri ini memiliki karakteristik tebal, kuat dan ketahanan abrasi yang tinggi. Permukaan serat sabut kelapa pada umumnya banyak mengandung kotoran yang berdampak pada proses ikatan pada matriks [2]. Banyak cara yang dapat dilakukan untuk menghilangkan kotoran pada permukaan serat salah satunya

adalah proses alkalisasi. Senyawa kimia yang banyak digunakan ialah natrium hidroksida (NaOH) dan kalium hidroksida (KOH), proses alkali bisanya dilakukan dalam variasi (a) lama perendaman, atau (b) persentasi konsentrasi alkali.

Alkalisasi adalah metode yang ekonomis untuk memisahkan komponen lignin dari selulosa pada serat, namun juga memiliki kekurangan yaitu dapat menyebabkan deteriosasi atau penurunan dari serat [3]. Selain itu, melalui proses alkalisasi diharapkan permukaan serat menjadi lebih baik agar kekuatan antarmuka (interface) antara serat dan matriks meningkat [4] juga dengan hilangnya permukaan lilin maka meningkatkan kekuatan tarik yang tinggi dan mereduksi sifat hidrofilik yang diharapkan mampu mengurangi sifat daya serap air [2], [5]. Berdasarkan uraian di atas maka timbulah ide bagi peneliti untuk menjadikan serat sabut kelapa atau biasa disebut coco fiber sebagai sumber uji penelitian untuk mengetahui jenis larutan alkalisasi dan fraksi volume yang paling cocok sebagai tes uji tarik dan daya serap air dengan variasi fraksi volume.

TINJAUAN PUSTAKA

Komposit

Komposit merupakan struktur material yang terdiri dari dua atau lebih kombinasi yang konstituen yang terkombinasi dalam level mikroskopik tapi juga tidak larut satu sama lain. Secara sederhana komposit dalam artian bahan komposit berarti susunan dari gabungan dua atau lebih bahan yang berbeda yang kemudian dicampur menjadi satu [6].

Material komposit dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis menurut struktur penyusun dan bentuknya, salah satunya komposit serat. Beberapa faktor dapat mempengaruhi sifat-sifat mekanik dari komposit serat seperti jumlah layer dan orientasi pada serat. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa banyaknya jumlah serat dan besar sudut orientasi menyebabkan nilai kekuatan tarik meningkat dikarenakan arah serat semakin mendekati arah pembebanan [7].

Matriks Epoksi

Pemilihan resin epoksi sebagai matriks didasarkan pada kekuatan dan kekakuan epoksi resin lebih besar dibandingkan dengan polimer jenis lainnya [8]. Kelebihan epoksi dibandingkan dengan resin lain yaitu sifat mekanik dan termal yang tinggi, sangat tahan terhadap air, penyusutan sangat rendah, usia pakai lama, tahan temperatur hingga 220^{o}C, daya tahan kimia dan stabilitas dimensi yang baik, sifat-sifat listrik yang baik, kuat dan daya lekat pada gelas dan logam yang baik [9]. Sifat-sifat matriks epoksi dapat dirangkum dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Spesifikasi matriks epoksi [10]

Sifat-sifat	Satuan	Nilai tipikal
Massa jenis	gram/cm^3	1,17
Penyerapan air (suhu ruang)	^{o}C	0,2
Kekuatan tarik	kgf/mm^2	5,95
Kekuatan tekan	kgf/mm^2	14
Kekuatan lentur	kgf/mm^2	12
Temperatur pencetakan	^{o}C	90

Serat Sabut Kelapa

Serabut kelapa dapat ditemukan diantara sekam dan kulit terluar buah kelapa. Sel serat individu mempunyai karakteristik sempit dan berlubang, dengan dinding – dinding tebal yang terbentuk dari selulosa. Komposisi kimia serat sabut kelapa terdiri atas selulosa, lignin, *pyroligneous acid*, gas, arang, ter, tannin, dan *potasium* [11]. Serat sabut kelapa memiliki sifat absorbansi yang tidak terlaku baik dan juga memiliki kadar selulosa yang tinggi [12]. Serabut kelapa merupakan serat *lignocellulosic* dengan komposisi yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin yang menutupi keduanya dalam satu kesatuan. Lignin yang terkandung sebanyak 38.2 % dan selulosa sebanyak 44.2% penyusun dari serabut kelapa secara keseluruhan dimana kekuatan serat *lignocellulosic* bergantung pada kandungan selulosa yang terkandung di dalam serat [13].

Penelitian mengenai komposit yang menggunakan serat kelapa serupa dilakukan dengan menganalisis sifat mekanisnya terhadap berbagai pengaruh seperti alkalisasi dan panjang serat [4], [14].

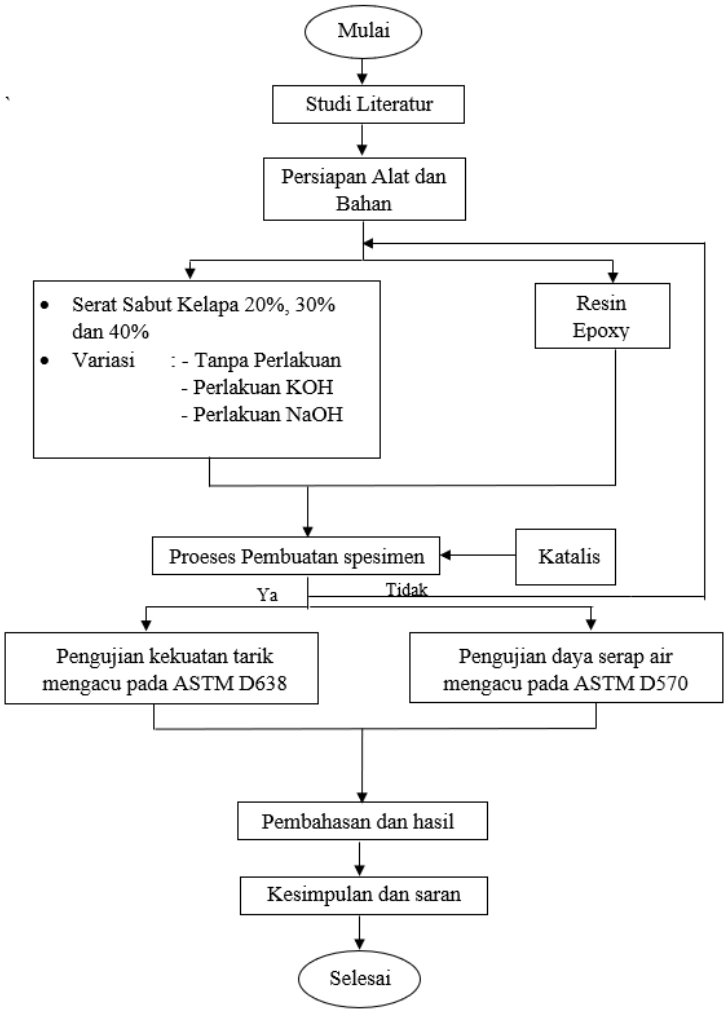
Alkalisasi

Alkalisasi pada serat merupakan metode perendaman serat ke dalam basa alkali sebagai salah satu metode modifikasi permukaan serat yang dilakukan untuk memperoleh ikatan yang baik antara permukaan matriks dan serat. Perlakuan alkalisasi pada serat alam digunakan untuk menghasilkan serat berkualitas tinggi [1]. Proses alkalisasi menghilangkan komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antarmuka yaitu hemiselulosa, lignin atau pektin. Dengan berkurangnya hemiselulosa, lignin atau pektin, kekerasan serat oleh matriks akan semakin baik, sehingga kekuatan antarmuka pun akan meningkat. Selain itu, pengurangan hemiselulosa, lignin atau pektin, akan meningkatkan kekasaran permukaan yang menghasilkan ikatan mekanik yang lebih baik.

METODE

Bahan yang digunakan resin epoksi dan katalis 1%, *aquades* untuk pengenceran dan membersihkan serat, sabut kelapa, larutan NaOH 5% dan KOH 5% untuk proses alkalisasi. Variasi serat yang digunakan adalah 20, 30, dan 40% fraksi volume. Secara keseluruhan, penelitian ini dilakukan sesuai dengan diagram alir pada Gambar 1.

Sebelum serat sabut kelapa digunakan, serat perlu dirapikan lalu dicuci dengan aquades kemudian dikeringkan. Selesai dikeringkan, dilakukan proses alkalisasi masing-masing dengan menggunakan NaOH 5% dan KOH 5% selama 2 jam pada temperatur ruangan.



Gambar 1. Diagram alir penelitian pembuatan komposit

ISSN 2775-5630

Setelah alkalisasi dicuci lagi menggunakan aquades. Setelah serat selesai disiapkan, serat dengan variasi fraksi yang telah ditentukan dicampurkan dengan resin dan katalis 1% menggunakan proses *hand layup*. Komposit yang dibuat sesuai dengan dimensi spesimen uji tarik. Komposit yang dihasilkan dirapikan kemudian diuji tarik dengan standar ASTM D638 menggunakan *Universal Tensile Testing Machine* dengan model mesin *Tarno Test Grocki* UPH 100 kN. Kemudian dilakukan juga uji daya serap air dengan standar ASTM D570 selama 168 jam (7 hari) lalu menghitung persentase daya serap air (*wet method*) pada komposit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Tarik

Setelah pengujian tarik dilakukan, dapat dihitung nilai kekuatan maksimum, regangan, dan modulus elastisitas komposit yang telah dibuat kemudian disajikan pada Tabel 2. Gambar 2 menunjukkan bahwa perlakuan NaOH mempunyai kekuatan maksimum yang lebih baik sebesar 41,76 N/mm^2 dibandingkan dengan tanpa perlakuan dan perlakuan KOH pada fraksi yang sama yaitu 40%. Hal ini menunjukkan bahwa sifat mekanik komposit berpenguat serat sabut kelapa dapat ditingkatkan dengan perlakuan alkalisasi menggunakan larutan NaOH 5% selama 2 jam. Hal ini disebabkan KOH lebih elektronegatif dibandingkan NaOH, dimana sifat elektronegatif adalah kemampuan yang lebih besar untuk menarik elektron, sehingga akan lebih reaktif dengan air. Sifat reaktif ini mengakibatkan kemampuan KOH dalam mengikat lignin lebih lemah karena cenderung lebih mudah larut dalam air. Akibatnya, lebih banyak lignin yang masih tersisa di serat sabut kelapa ketika dialkalisasi dengan larutan KOH [15]. Sedangkan tanpa perlakuan alkali selalu menunjukkan nilai kekuatan maksimum yang cenderung lebih rendah, hal serupa juga dilaporkan dalam penelitian Suhada dkk yang membandingkan kekuatan tarik dari komposit serat alam dengan tanpa perlakuan dan alkalisasi [16]. Penyebabnya adalah ikatan antar serat dan resin menjadi tidak sempurna karena terhalang lapisan yang menyerupai lilin di permukaan serat [5], sehingga menyebabkan kekuatan antarmuka serat dengan matriks menurun.

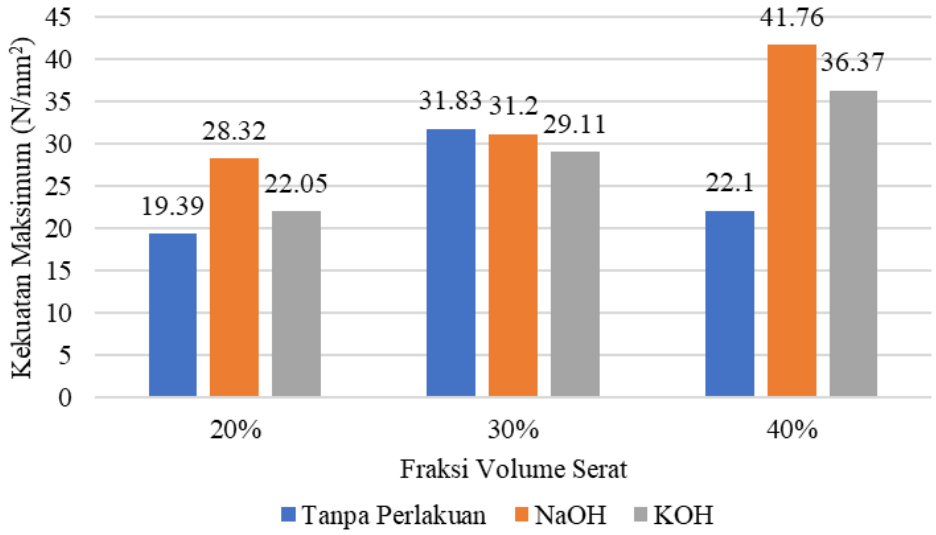
Pada hasil penelitian ini juga menunjukkan semakin berat serat sabut kelapa yang ditambahkan sebagai *filler*, maka nilai kekuatan tarik semakin meningkat. Hal ini sejalan dengan penelitian Nisa dkk yang menunjukkan semakin tinggi fraksi serat sabut kelapa, maka kekuatan tarik komposit semakin meningkat [1].

Nilai modulus elastisitas tertinggi pada fraksi serat 30% dengan tanpa perlakuan yaitu sebesar 1710,75 N/mm^2, dan yang terendah pada fraksi serat 20% dengan perlakuan alkalisasi NaOH yaitu sebesar 1183,34 N/mm^2. Nilai modulus elastisitas (E) ini menunjukkan nilai kekakuan dari material komposit yang dihasilkan, dengan semakin besarnya nilai modulus elastisitas (E) yang diperoleh maka semakin besar pula nilai kekakuan komposit. Hal ini disebabkan dari hubungan perbandingan antara tegangan terhadap regangan yang mana nilai modulus elastisitas berbanding lurus terhadap nilai tegangan dan berbanding terbalik terhadap regangan [17].

Tabel 2. Hasil pengujian tarik komposit berpenguat serat sabut kelapa

Fraksi Volume Serat	Variasi Perlakuan Serat	Kekuatan Maks. (N/mm^2)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (N/mm^2)
20 %	Tanpa Perlakuan	19,39	1,6	1211,93
	NaOH	28,32	2,3	1183,34
	KOH	22,05	1,46	1503,85
30 %	Tanpa Perlakuan	31,83	1,86	1710,75
	NaOH	31,2	1,86	1677,04
	KOH	29,11	2,26	1287,81
40 %	Tanpa Perlakuan	22,1	1,6	1381,8
	NaOH	41,76	3,06	1364,47
	KOH	36,37	2,52	1439,4

ISSN 2775-5630



Gambar 2. Hasil kekuatan maksimum komposit berpenguat serat sabut kelapa

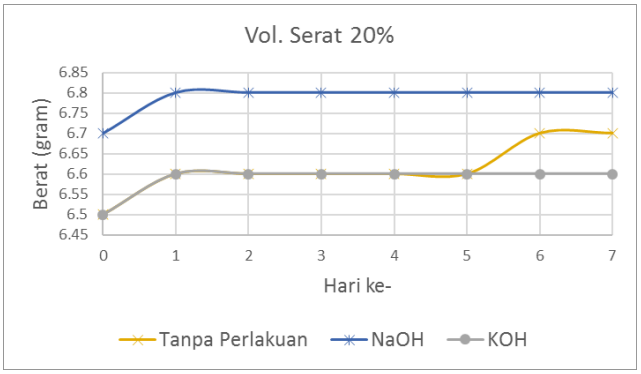
Daya Serap Air

Pada pengujian daya serap air yang telah dilakukan, Tabel 3 menunjukkan persentase daya serap air komposit. Sedangkan Gambar 3(a) – (c) menunjukkan perubahan berat tiap harinya selama perendaman 7 hari untuk menguji daya serap komposit. Daya serap air komposit dengan fraksi serat 20% menunjukkan nilai yang relatif kecil dibandingkan dengan fraksi serat yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena salah salah satu karakteristik serat alam itu sendiri memiliki kemampuan untuk menyerap air lebih baik dibandingkan dengan epoksi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Lokantara dkk bahwa adanya serat alam dengan jumlah yang tinggi mengakibatkan komposit berpenguat serat alami dapat menyerap air lebih besar. Semakin banyak fraksi serat pada komposit meningkatkan penyerapan air yang diakbiatkan oleh ikatan matriks dengan serat membuat adanya celah membuat aliran air dapat masuk secara kapilarisasi [18].

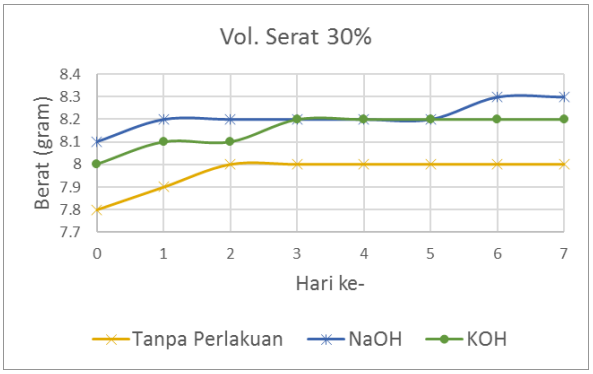
Pada tabel terlihat bahwa komposit dengan serat yang tidak diberi perlakuan alkalisasi cenderung memiliki daya serap air yang lebih tinggi daripada yang diberi perlakuan, nilai tertingginya adalah 3,6% pada fraksi volume serat 40%. Hal ini ditimbulkan karena serat yang tidak diberi perlakuan alkalisasi masih mengandung kadar selulosa yang tinggi dimana serat selulosa sendiri memiliki sifat umum yang mudah menyerap air (higroskopis) [19].

Tabel 3. Daya serap air (%) komposit serat sabut kelapa

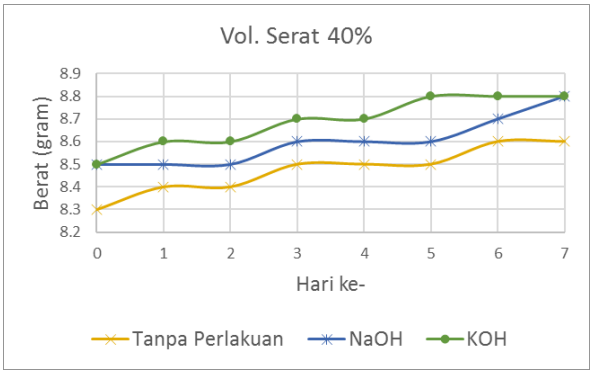
Fraksi Volume Serat	**Variasi Perlakuan Serat**	**Berat (gram)**		**Daya Serap Air (%)**
		Sebelum Diuji	**Setelah Diuji**	
20 %	Tanpa Perlakuan	6,5	6,7	3,07
	NaOH	6,7	6,8	1,4
	KOH	6,5	6,6	1,5
30 %	Tanpa Perlakuan	7,8	8	2,5
	NaOH	8,1	8,3	2,4
	KOH	8	8,2	2,5
40 %	Tanpa Perlakuan	8,3	8,6	3,6
	NaOH	8,5	8,8	3,5
	KOH	8,5	8,8	3,5



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. Perubahan berat per hari untuk pengujian daya serap air pada komposit fraksi volume (a) 20%; (b) 30%; dan (c) 40%.

KESIMPULAN

Variasi fraksi volume serat dan alkalisasi pada serat berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan daya serap air komposit serat sabut kelapa. Berdasarkan hasil pengujian uji tarik, didapatkan nilai tegangan maksimum dan regangan maksimum terjadi pada fraksi serat 40% dengan perlakuan NaOH yaitu sebesar 41,76 N/mm^2 dan nilai regangan sebesar 3,06%, sementara nilai modulus elastisitas tertinggi didapatkan pada fraksi serat 30% dengan tanpa perlakuan yaitu sebesar 1710,75 N/mm^2. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa sifat mekanik komposit berpenguat serat sabut kelapa dapat ditingkatkan dengan perlakuan alkalisasi. Kemudian dari hasil pengujian daya serap air diperoleh nilai tertinggi 3,6% pada komposit serat sabut kelapa tanpa perlakuan alkali dengan fraksi serat 40%. Hal ini disebabkan oleh serat alam murni memiliki kemampuan untuk menyerap air sangat baik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] K. S. Nisa, E. Melyna, and M. R. M. Samida, "Sintesis Biokomposit Serat Sabut Kelapa dan Resin Poliester dengan Alkalisasi KOH," *2022*, 2022, doi: https://doi.org/10.21107/rekayasa.v15i3.16713.

[2] Y. Kondo and M. Arsyad, "Analisis Kandungan Lignin, Sellulosa, dan Hemisellulosa Serat Sabut Kelapa Akibat Perlakuan Alkali," 2018.

[3] H. Gu, "Tensile behaviours of the coir fibre and related composites after NaOH treatment. Materials and Design," 2009, doi: https://doi.org/10.1016/j.matdes.2009.01.035.

[4] B. Maryanti, A. A. Sonief, and S. Wahyudi, "Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 2, no. 2, Art. no. 2, 2011, doi: 10.21776/jrm.v2i2.129.

[5] A. Kusmiran, N. Suwandi, and R. Desiasni, "Analisis Pengaruh Konsentrasi Natrium Hidroksida terhadap Sifat Mekanik Biokomposit Berpenguat Serat Sisal," 2020.

[6] A. K. Kaw, *Mechanics of Composite Materials*, 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2005. doi: 10.1201/9781420058291.

[7] R. A. Supriyadi, V. A. Setyowati, and A. A. Rosidah, "Pengaruh Jumlah Layer Dan Orientasi Sudut Filler Karbon Pada Polymer Matrix Composite Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impact," in *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*, 2021, pp. 264–271.

[8] A. I. Tauvana, M. I. Subekti, and Syafrizal, "Pengaruh matrik resin-epoxy terhadap kekuatan impak dan sifat fisis komposit serat nanas," 2020.
[9] H. Fahmi and H. Hermansyah, "PENGARUH ORIENTASI SERAT PADA KOMPOSIT RESIN POLYESTER/ SERAT DAUN NENAS TERHADAP KEKUATAN TARIK," *J. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, Oct. 2011, doi: 10.21063/jtm.2011.v1.i1.46-52.
[10] T. Surdia, "Pengetahuan bahan teknik / Oleh Tata Surdia ; Shinroku Saito," Universitas Indonesia Library.
[11] T. Indahyani, "PEMANFAATAN LIMBAH SABUT KELAPA PADA PERENCANAAN INTERIOR DAN FURNITURE YANG BERDAMPAK PADA PEMBERDAYAAN MASYARAKAT MISKIN," 2011.
[12] B. Y. Gustinenda, "SINTESIS SUPERABSORBEN AEROGEL SELULOSA BERBASIS SABUT KELAPA." 2017.
[13] J. Oroh, F. P. Sappu, and R. C. Lumintang, "ANALISIS SIFAT MEKANIK MATERIAL KOMPOSIT DARI SERAT SABUT KELAPA," *J. POROS Tek. MESIN UNSRAT*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, 2012, Accessed: Feb. 16, 2023. [Online]. Available: https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/poros/article/view/823
[14] B. Maryanti, K. Arifin, and A. N. P. Saputro, "Karakteristik Kekuatan Impak Komposit Serabut Kelapa Dengan Variasi Panjang Serat," *Pros. SENIATI*, vol. 5, no. 4, Art. no. 4, Feb. 2019, doi: 10.36040/seniati.v5i4.1204.
[15] E. Melyna and A. P. Afridana, "The Effect of Coffee Husk Waste Addition with Alkalisation Treatment on the Mechanical Properties of Polypropylene Composites," *Equilib. J. Chem. Eng.*, vol. 7, no. 1, Art. no. 1, Mar. 2023, doi: 10.20961/equilibrium.v7i1.68556.
[16] F. P. Suhada, A. A. Rosidah, V. A. Setyowati, and S. Suheni, "The Influence of Fiber Orientation and Treatment Variation of Natural Fiber Reinforced Composites on Tensile Strength and Toughness," *J. Appl. Sci. Manag. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 1, Art. no. 1, May 2023, doi: 10.31284/j.jasmet.2023.v4i1.4461.
[17] S. D. P. Dynanty and A. Mahyudin, "Pengaruh Panjang Serat Pinang Terhadap Sifat Mekanik dan Uji Biodegradasi Material Komposit Matriks Epoksi dengan Penambahan Pati Talas," *J. Fis. Unand*, vol. 7, no. 3, Art. no. 3, Jul. 2018, doi: 10.25077/jfu.7.3.233-239.2018.
[18] P. Lokantara and N. Suardana, "Studi Perlakuan Serat Serta Penyerapan Air Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Tapis Kelapa/Polyester," 2009.
[19] H. Wardhana and N. Haryanti, *SERAT ALAM: POTENSI & PEMANFAATAN NYA*. 2016.