



Analisa pengaruh perlakuan kimia pada serat terhadap kekuatan impak *charpy* komposit serat sabut kelapa bermatriks *epoxy*

Zulkifli*, Ida Bagus Dharmawan, Wahyu Anhar
Teknik Mesin, Politeknik Negeri Balikpapan,
Kota Balikpapan, Kalimantan Timur, 76129, Indonesia.
Email: zulkifli.as@poltekba.ac.id

Manuscript Received: December 11, 2019; Accepted: January 10, 2020

Abstrak

Penggunaan serat sabut kelapa pada material komposit akan menaikkan nilai komersial dari perkebunan kelapa. Kekuatan komposit berpenguat serat alam dipengaruhi oleh penyebaran serat, interaksi antara serat dengan matriks, bagaimana serat itu diperoleh, ukuran serat, dan bentuk serat. Untuk memperoleh ikatan yang baik antara matriks dan serat dilakukan modifikasi permukaan serat. Alkalisasi pada serat alam adalah metode yang telah digunakan untuk menghasilkan serat berkualitas tinggi. Penelitian ini menganalisis dan mengetahui pengaruh perlakuan kimia pada serat terhadap kekuatan impak material komposit diperkuat serat sabut kelapa bermatriks *epoxy*. Adapun tahapan pada penelitian ini yaitu dilakukan perendaman serat sabut kelapa pada larutan NaOH dengan konsentrasi 10%, 15%, dan 20%, selama 2 jam, lalu serat dicuci dengan menggunakan larutan H₂O₂ dengan konsentrasi 3% selama 1 jam. Adapun hasil dari penelitian ini yaitu perlakuan alkalisasi terhadap komposit serat sabut kelapa mempengaruhi sifat kekuatan impak dari material komposit dengan kekuatan impak dan energi serap material komposit memiliki hubungan terbalik terhadap jumlah konsentrasi larutan alkalininya. Makin tinggi konsentrasi larutan alkalininya yang diberi pada serat akan menyebabkan makin kecilnya energi serap dan kekuatan impak dari material komposit berpenguat serat sabut kelapa.

Kata kunci : komposit, serat sabut kelapa, NaOH, H₂O₂, kekuatan impak

Effect of chemical treatment of composite coir fiber with epoxy matrix on the Charpy impact strength

Abstract

The use of coconut fiber in composite materials will increase the commercial value of coconut plantations. The strength of a natural fiber-reinforced composite is influenced by the spread of the fiber, the interaction between the fiber and the matrix, how the fiber is obtained, the size of the fiber, and the shape of the fiber. To obtain a good bond between the matrix and the fiber surface fibers are modified. Alkalization of natural fibers is a method that has been used to produce high-quality fiber. This study analyzes and examines the effect of chemical treatment on fiber on the impact strength of composite materials reinforced with epoxy coconut fiber coir fiber. The stages in this study were first carried out soaking coconut coir fiber in NaOH solution with a concentration of 10%, 15%, and 20%, for 2 hours, then the fiber was washed using H₂O₂ solution with a concentration of 3% for 1 hour. The results of this study are the alkalization treatment of coconut coir fiber composites affecting the impact strength properties of composite materials where the impact strength and absorption energy of composite materials have an inverse relationship to the amount of alkaline solution concentration. Where the higher the concentration of the alkaline solution given to the fiber will cause the smaller the absorbing energy and the impact strength of the composite fiber-reinforced coconut fiber.

Keywords: composite, coconut fiber, NaOH, H₂O₂, impact strength.

1. Pendahuluan

Beberapa tahun ini industri bahan teknik terutama material komposit sudah mulai dilirik dan dikembangkan penggunaannya untuk alat transportasi baik darat, laut, maupun udara. Salah satu perkembangan material komposit yang pesat yaitu pada bidang otomotif. Sifat mekanik dan tahan korosi merupakan salah satu keunggulan material komposit yang dapat menyaingi

material logam. Pada bahan komposit, serat sangat berperan dalam menahan beban sehingga besar kecilnya kekuatan material komposit sangat tergantung pada kekuatan serat penyusunnya. Penelitian pada serat alam belakangan ini berkembang pesat hal ini dikarenakan serat alam memiliki beberapa kelebihan di antaranya adalah kaku, murah, ringan, tidak beracun, tersedia dalam jumlah yang banyak, dan ramah lingkungan[1].

Komposit polimer dengan serat alam sangat ramah lingkungan karena mampu terdegradasi secara alami juga karena harga serat alam pun lebih murah dibandingkan bahan serat sintesis. Indonesia memiliki kekayaan hayati yang sangat beragam jenisnya sehingga memiliki potensi yang sangat besar untuk mengembangkan material komposit berpenguat serat komposi. Salah satu serat alam yang sangat potensial dan sangat mudah dijumpai adalah serat sabut kelapa. Serat sabut kelapa atau biasa disebut *coco-fibre*, *Coir fibre*, *coir yarn*, *coir mats*, dan *rug*. Serat sabut kelapa ini merupakan salah satu serat alam yang memenuhi syarat untuk digunakan sebagai penguat pada matriks *polyester*. Ada dua jenis serat sabut kelapa, yaitu serat sabut kelapa yang berwarna coklat. Sabut ini berasal dari hasil ekstraksi dari buah kelapa tua dan serat sabut kelapa yang berwarna putih yang berasal dari hasil ekstraksi dari buah kelapa muda. Serat sabut kelapa yang berwarna coklat memiliki bentuk serat yang tebal, kuat dan memiliki ketahanan terhadap abrasi yang tinggi, sedangkan serat kelapa yang berwarna putih memiliki bentuk yang lebih halus dan lembut, tetapi kekuatannya yang lemah[2].

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia pada tahun 2018, Indonesia memiliki luas tanaman perkebunan kelapa seluas 3.475.500 hektar dengan total hasil produksi tanaman mencapai 2.899.700 ton, untuk Kalimantan Timur khususnya memiliki luas perkebunan kelapa seluas 22.300 hektar dengan hasil produksi mencapai 11.800 ton. Selama ini serat sabut kelapa hanya dijadikan bahan komoditi pembuatan sikat, keset, kasur, dan aksesoris rumah. Penggunaan serat sabut kelapa pada material komposit akan menaikkan nilai komersial dari perkebunan kelapa tersebut. Serat alam membutuhkan perlakuan awal sebelum digunakan sebagai media penguatan pada komposit polimer. Hal ini disebabkan serat alam memiliki kandungan lignin yang dapat mengganggu ikatan *interface* antara serat dan matriks. Lignin juga tidak terhidrolisis oleh asam, hanya dapat larut di dalam alkali panas, dapat teroksidasi, dan dengan mudah terkondensasi dengan fenol[3].

Sekarang ini telah banyak peneliti yang mengeksplor sifat mekanik dari material komposit yang diperkuat serat sabut kelapa di antaranya Zulkifli et al [4] melaporkan pengaruh perlakuan NaOH dengan konsentrasi larutan 15% pada serat sabut kelapa menunjukkan nilai tegangan tarik yang paling optimal. Arsyad et al [5] menyatakan bahwa lama perendaman serat sabut kelapa akan mempengaruhi diameter serat, semakin lama serat sabut kelapa direndam pada larutan alkali dan hydrogen peroksida, maka diameter sabut kelapa akan semakin kecil juga. Lumintang et al [6] juga melaporkan variasi fraksi volume serbuk gergaji batang kelapa dan serat sabut kelapa berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan tarik dan ketangguhan komposit hibrid *polyester* serbuk gergaji batang kelapa dan serat sabut kelapa dengan

nilai maksimum pada fraksi volum (30:10). Selain itu, Tran et al [7] juga menyatakan ikatan interface antara serat sabut kelapa dengan matriks lemah dimana menunjukkan sifat hidrofobik sedangkan serat sabut kelapa yang mendapatkan perlakuan 5% menunjukkan ikatan yang meningkat.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, penulis melakukan penelitian terhadap perlakuan kimia pada serat sabut kelapa terhadap kekuatan impak komposit serat sabut kelapa. Adapun tujuan dari penelitian ini menganalisis dan mengetahui pengaruh perlakuan kimia pada serat terhadap kekuatan mekanik material komposit diperkuat serat sabut kelapa bermatriks *epoxy*.

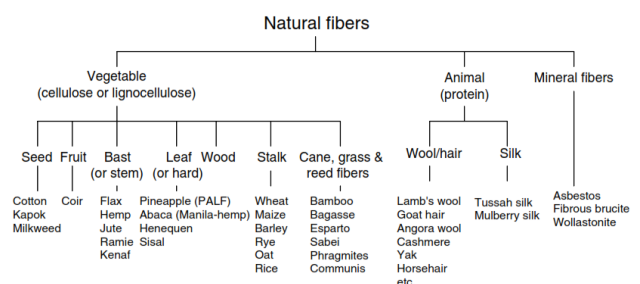
1.1. Matriks

Syarat pokok matrik yang digunakan dalam komposit adalah matrik harus bisa meneruskan beban, sehingga serat harus bisa melekat pada matrik dan kompatibel antara serat dan matrik [8].

Matriks dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu termoplastik dan termoset. Beberapa jenis matrik polimer termoset yang sering digunakan ialah *polyester*, *epoxy*, *phenolics*, dan *polyamids*, sedangkan yang termasuk jenis matrik polimer termoplastik adalah *polyethylene*, *polypropylene*, *nilon*, *polycarbonate*, dan *polyether-ether keton*[1]. Dalam penelitian ini matriks yang digunakan adalah resin *epoxy*.

1.2. Serat Alam

Menurut Bismarck [3] serat alam dibedakan berdasarkan asal-usul dari serat tersebut apakah berasal dari tumbuhan, hewan atau mineral, seperti yang ditunjukkan oleh gambar di bawah ini.



Gambar 1. Klasifikasi serat alam

Serat-serat alam yang berasal dari tanaman sebagian besar terdiri dari selulosa, hemiselulosa, lignin, lilin, dan beberapa senyawa yang larut dalam air. Sifat mekanik serat tumbuhan banyak dipengaruhi oleh kandungan selulosa dan lignin. Pada tabel 1 di bawah ini menunjukkan komposisi kimia dari beberapa serat.

Tabel 1. Komposisi kimia dari beberapa serat tumbuhan [3].

Fiber	Cellulose (wt%)	Hemicelluloses (wt%)	Lignin (wt%)	Pectin (wt%)	Moisture Content (wt%)	Waxes (wt%)
Flax	71	18.6-20.6	2.2	2.3	8-12	1.7
Hemp	70-74	17.9-22.4	3.7-5.7	0.9	6.2-12	0.8
Jute	61-71.5	13.6-20.4	12-13	0.2	12.5-13.7	0.5
Kenaf	45-57	21.5	8-13	3-5		
Ramie	68.6-76.2	13.1-16.7	0.6-0.7	1.9	7.5-17	0.3
Cotton	85-90	5.7		0-1	7.85-8.5	0.6
Coir	32-43	0.15-0.25	40-45	3-4	8	
Cereal straw	38-45	15-31	12-20	8		

Kekuatan komposit berpegang pada serat alam dipengaruhi oleh penyebaran serat, interaksi antara serat dan matriks, bagaimana serat itu diperoleh, ukuran serat, dan bentuk serat. Umumnya, kandungan lignin yang tinggi terdapat pada serat sabut kelapa. Hal ini membuat serat lebih keras dan kaku dibandingkan dengan serat lainnya serta Lignin ini bersifat *hydrophobic* [9].

Kelapa merupakan tanaman perkebunan yang pohonnya berupa batang lurus dari famili *Palmae* dan juga merupakan salah satu tanaman serbaguna mempunyai nilai ekonomi tinggi. Hampir seluruh bagian pohon kelapa dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia sehingga pohon ini sering disebut pohon kehidupan (*tree of life*) karena hampir seluruh bagian dari pohon, akar, batang, daun, dan buahnya dapat dipergunakan untuk kebutuhan kehidupan manusia sehari-hari. Serabut kelapa berada di antara tempurung kelapa dan kulit kelapa. Setiap sel serat berbentuk panjang dan berongga dengan dinding tipis yang terbuat dari selulosa. Dinding ini lemah saat masih muda, tetapi semakin lama semakin mengeras dan menguning sehingga terbentuk lapisan lignin pada dindingnya.

1.3. Fiber Chemical Treatment

Untuk memperoleh ikatan yang baik antara matriks dan serat dilakukan modifikasi permukaan serat. Modifikasi permukaan dilakukan untuk meningkatkan kompatibilitas antara serat alam dan matriks. Alkalisasi pada serat alam adalah metode yang telah digunakan untuk menghasilkan serat berkualitas tinggi. Alkalisasi pada serat merupakan metode perendaman serat ke dalam basa alkali. [10].

Perlakuan awal dengan bahan kimia yang sering digunakan adalah NaOH. Perlakuan ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan pectin, lignin, dan hemiselulosa yang menutupi serat sehingga dapat digunakan untuk proses selanjutnya. Media pembersih sodium hidroksida (H_2O_2) dan xylene digunakan untuk membersihkan sisa perlakuan NaOH pada serat [11].

Proses alkalisasi menghilangkan komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antar muka yaitu hemiselulosa, lignin, atau pektin. Dengan berkurangnya hemiselulosa, lignin atau pektin, *wetability* 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 *mechanical interlocking* yang lebih baik [10].

1.4. Kekuatan Impak

Uji impact adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). Pengujian impact merupakan pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejutan. Inilah yang membedakan pengujian impact dengan pengujian tarik dan kekerasan dengan cara pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan. Pengujian impact juga merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam peralatan transportasi atau konstruksi dengan beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan, melainkan datang secara tiba-tiba.

Ketangguhan komposit dapat diketahui dengan menggunakan uji impact. Uji ini bertujuan untuk mengukur ketangguhan atau kemampuan suatu bahan dalam menyerap energi sebelum patah (*toughness*). Uji impact mengikuti standar ASTM D 5942- 96.

Energi patah benda uji dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan:

$$W = G \times R(\cos \beta - \cos \alpha) \dots\dots\dots[1]$$

Kekuatan impact benda uji dihitung dengan menggunakan Persamaan:

$$a_{cu} = \frac{W}{h \times b} \dots\dots\dots[2]$$

Di mana:

- W = Energi patah/serap (J)
- G = Berat pendulum (N)
- R = Jarak pendulum ke pusat rotasi (mm)
- $\cos \alpha$ = Sudut pendulum tanpa benda uji (°)
- $\cos \beta$ = Sudut pendulum setelah menabrak benda uji (°)
- a_{cu} = Kekuatan impact (J/mm^2)
- h_i = Tebal spesimen (mm)
- b_i = Lebar spesimen (mm)

2. Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah seperangkat alat perendaman, gelas ukur 1000 ml, timbangan digital, alat *press molding*, sedangkan bahan yang digunakan yaitu serat sabut kelapa, resin, hardener, NaOH, H_2O_2 , dan aquadest.

Serat sabut kelapa yang digunakan berasal dari sabut kelapa kering yang berwarna coklat tua. Karena strukturnya yang melengkung, sangat sulit untuk mengarahkan serat ke arah yang diinginkan selama pembuatan komposit sehingga tipe susunan serat yang digunakan adalah tipe serat acak.

Perendaman serat sabut kelapa dilakukan dengan menyiapkan larutan NaOH dengan

konsentrasi 10%, 15%, dan 20%, selama 2 jam. Setelah itu mencuci serat sabut kelapa yang telah direndam dengan menggunakan larutan H₂O₂ dengan konsentrasi 3% selama 1 jam, untuk menghilangkan sisa larutan alkali. Tahapan terakhir serat sabut kelapa dikeringkan di dalam kamar pada temperature kamar sekitar 30°C selama 7 hari. Spesimen uji tarik dibuat dari pelat komposit hasil cetakan, yang dipotong dengan menggunakan *band saw*. Efek pemotongan dieliminasi dengan dihaluskan menggunakan kertas ampas. Spesimen tersebut dibuat sesuai dengan standar ASTM D5942-96 dengan model *flatwise* impak.

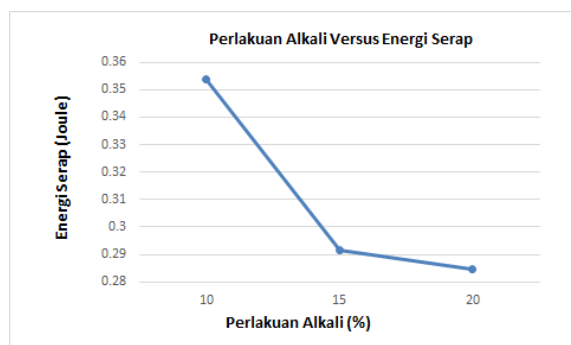
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Uji Impak

Penelitian ini menghasilkan data – data yang berupa angka dalam tabel, gambar grafik dan struktur mikro dari spesimen penelitian perlakuan alkali 10%, 15%, dan 20%. Adapun hasil dari pengujian impak dengan menggunakan metode *charpy* dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Hasil energi serap dan kekuatan impak dengan masing-masing spesimen untuk semua perlakuan alkali

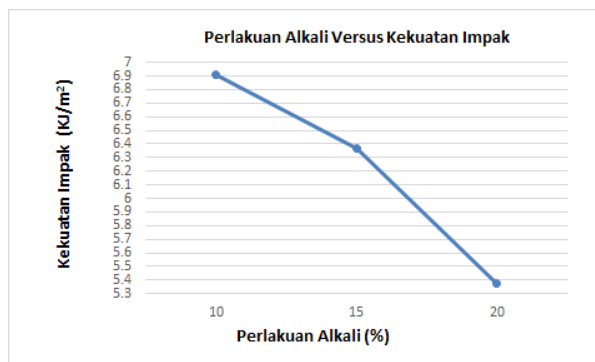
Perlakuan Alkali (%)	Energi Serap (Joule)	Kekuatan Impak (kJ/m ²)
10%	0.32280271	6.912
15%	0.29158058	6.363
20%	0.28454441	5.372



Gambar 2. Grafik hubungan antara perlakuan alkali serat dengan energy serap

Berdasarkan Gambar 2, hubungan antara energi serap dengan perlakuan alkali menunjukkan bahwa energi serap berbanding terbalik dengan konsentrasi larutan alkali pada serat. Semakin tinggi kandungan alkali yang diberikan pada serat maka energi yang diserap oleh material komposit menjadi semakin kecil. Hal ini terlihat pada gambar 2, dimana perlakuan alkali 10% memiliki energi serap yang tinggi sebesar 0.32280271 joule lalu akan makin menurun seiring makin besarnya kandungan alkali yang diberikan perlakuan pada serat sabut kelapa, dimana pada perlakuan alkali sebesar 15% energy serap

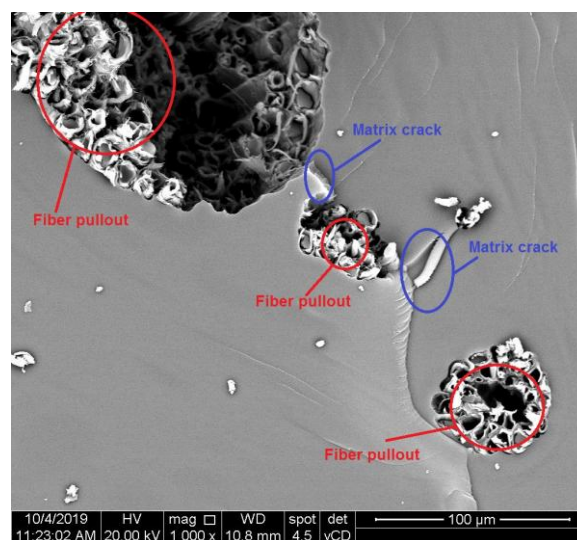
sebesar 0.29158058 joule, dan perlakuan alkali 20% dengan energi serap yang paling kecil yaitu sebesar 0.28454441 joule.



Gambar 3. Grafik hubungan antara perlakuan alkali serat dengan kekuatan impak

Hubungan antara kekuatan impak dengan perlakuan alkali pada serat, ditunjukkan pada gambar 3. Didapati adanya hubungan yang berbanding terbalik antara kekuatan impak dan jumlah kandungan alkali pada perlakuan serat. Perlakuan alkali dengan kandngan 10% mempunyai kekuatan impak yang paling besar yaitu sebesar 6.912 kJ/m², diikuti perlakuan serat dengan kandungan alkali sebesar 15% memiliki kekuatan impak sebesar 6.363 kJ/m² dan perlakuan serat dengan kandungan larutan alkali 20% memiliki kekuatan impak sebesar 5.372 kJ/m².

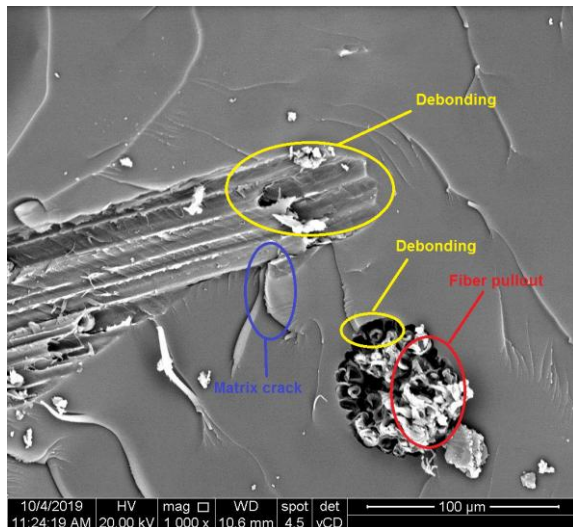
4.2. Hasil Foto Scanning Electron Microscope (SEM)



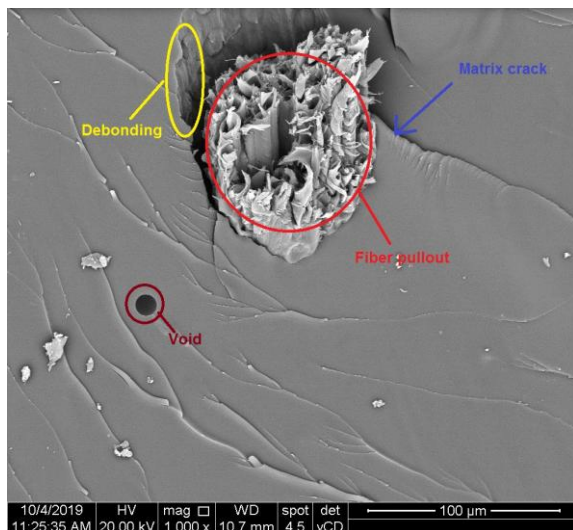
Gambar 4. Patahan foto SEM pada pengujian impak untuk perlakuan alkali 10%

Pada gambar 4 menunjukkan banyaknya lokasi *fiber pullout* yang terjadi pada material komposit yang diberi perlakuan alkali 10% dibandingkan dengan perlakuan alkali 15% dan 20%. *Fiber pullout* yaitu tercabutnya serat dari matrik yang disebabkan ketika matriks retak akibat beban tarik, kemampuan untuk menahan beban akan segera berkurang namun komposit masih mampu menahan beban yang kecil masih mampu

ditahan daripada beban maksimum. Saat matrik retak, beban akan ditransfer dari matrik ke serat di tempat persinggungan retak. Seiring dengan bertambahnya deformasi, serat akan tercabut dari matrik akibat *debonding* dan patahnya serat[12]. Pada umumnya komposit yang memiliki patahan jenis *fiber pullout* memiliki kekuatan impak paling tinggi.



Gambar 5. Patahan foto SEM pada pengujian impak untuk perlakuan alkali 15%



Gambar 6. Patahan foto SEM pada pengujian impak untuk perlakuan alkali 20%

Pada gambar 5 dan gambar 6 memperlihatkan fenomena yang sama dengan peristiwa *fiber pullout* terjadi setelah terjadinya *debonding*. *Debonding* merupakan mekanisme lepasnya ikatan *interface* antar material penyusun komposit saat terjadi pembebanan sehingga menyebabkan terkelupasnya serat (*fiber pullout*) dari matriks[12]. Lalu tercabutnya serat dari matrik sebelum matrik pecah/putus akibat adanya beban tiba-tiba. Hal ini disebabkan karena tegangan pada serat jauh lebih besar daripada tegangan matrik. Patahan pada ujungnya masih ada ikatan matrik yang merekat dan

patahan pada ujung serat pendek-pendek hal ini merupakan fenomena dari *matrix crack*.

4. Kesimpulan

Perlakuan alkali terhadap komposit serat sabut kelapa mempengaruhi sifat mekanik sifat kekuatan impak dari material komposit dengan kekuatan impak dan energi serap material komposit memiliki hubungan terbalik terhadap jumlah konsentrasi larutan alkalinya. Makin tinggi konsentrasi larutan alkalinya akan menyebabkan makin kecilnya energi serap dan kekuatan impak dari material komposit berpenguat serat sabut kelapa.

Referensi

- [1] K. Diharjo, "Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester," *JURNAL TEKNIK MESIN* vol. 8, pp. 8-13, 2006.
- [2] G. L. E. Prasad, B. S. K. Gowda, and R. Velmurugan, "A Study on Impact Strength Characteristics of Coir Polyester Composites," *Procedia Engineering*, vol. 173, pp. 771-777, 2017/01/01/ 2017.
- [3] A. Bismarck, S. Mishra, and T. Lampke, "Plant fibers as reinforcement for green composites," *Natural fibers, biopolymers and biocomposites*, vol. 2, 2005.
- [4] Z. Zulkifli and I. B. Dharmawan, "Analisa Pengaruh Perlakuan Alkalisasi Dan Hydrogen Peroksida Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Serat Sabut Kelapa Bermatriks Epoxy," *Journal of POLIMESIN*, vol. 17, pp. 41-46, 2019.
- [5] M. Arsyad and R. Soenoko, "Pengaruh Lama Perendaman Alkali Dan Hidrogen Peroksida Terhadap Perubahan Diameter Serat Sabut Kelapa Sebagai Material Komposit Ramah Lingkungan," in *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)*, Karebosi Condotel, Makassar, 2018, pp. 45-48.
- [6] R. C. Lumintang, R. Soenoko, and S. Wahyudi, "Komposit Hibrid Polyester Berpenguat Serbuk Batang dan Serat Sabut Kelapa," *Rekayasa Mesin*, vol. 2, pp. 145-153, 2011.
- [7] L. Tran, C. Fuentes, C. Dupont-Gillain, A. W. Van Vuure, and I. Verpoest, "Investigating the interfacial compatibility and adhesion of coir fibre composites," in *18th International Conference on Composite Materials*, 2011, pp. 1-5.
- [8] K. Diharjo, *Material Teknik*, 2000.
- [9] H. S. A. Khalil, M. S. Alwani, and A. K. M. Omar, "Chemical composition, anatomy, lignin distribution, and cell wall structure of

- Malaysian plant waste fibers," *BioResources*, vol. 1, pp. 220-232, 2007.
- [10] B. Maryanti, A. As'ad Sonief, and S. Wahyudi, "Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 2, pp. 123-129, 2011.
- [11] I. N. P. Nugraha, "Pengaruh Perlakuan Kimia Serat Alam Ramie Terhadap Kekuatan Tarik Serat Tunggal," *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, vol. 8, 2011.
- [12] M. M. Schwartz, "Composite materials handbook," ed. New York: McGraw-Hill, 1984.