

Analisis Pengaruh Sabut Kelapa Terhadap Kekuatan *Impact* Dan Kekerasan Material Komposit Bermatriks *Epoxy*

Ahmad Adi Baihaqi¹, Marhadi Budi Waluyo^{2*}, Deny Murdianto³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan

E-mail: ¹ahmadibyhaqi98@gmail.com, ²marhadibw@borneo.ac.id, ³denymurdianto@gmail.com
Corresponding author*

ABSTRACT

Coconut fiber is one of the versatile natural materials with various applications in various industries. Coconut fiber is used in the manufacture of ropes, fabrics, and other textile products. This fiber is often used in the production of sacks, mats, and wickerwork. Coconut fiber can be used as a mixture in the manufacture of concrete and other building materials. Coconut fiber can also be used as a composite material. Composites consist of two elements, namely matrix and filler. This study aims to determine the effect of coconut fiber variations on impact strength and hardness. The composition of the filler is around 10, 15, 20 (%) of coconut fiber with matrix resin. The addition of filler is accompanied by a reduction in the matrix used from 100% epoxy. Specimens with NaOH treatment were made with 9 specimens and without treatment were made as many as 3 specimens. Composites were made by hand lay-up process. The composites that have been made were then subjected to mechanical tests, namely hardness and impact. The highest hardness test data results with NaOH treatment at variation (15%/85%) were 75 shore D. The lowest hardness at variation (10%/90%) was 63 Shore D. While without treatment the research results showed the highest at variation (10%/90%) was 74 Shore D. And the lowest hardness at variation (20%/80%) was 63 Shore D. The highest impact strength of NaOH treatment was at variation 20% absorbed energy of 3.28 Joules and impact toughness of 0.020 J/mm². The highest untreated composite was at variation 20% absorbed energy of 3.39 Joules and impact toughness of 0.021 J/mm².

Keywords: coconut fiber, composite, hardness test, impact test

ABSTRAK

Serat kelapa adalah salah satu bahan alam yang serbaguna dengan berbagai aplikasi di berbagai industri. Serat kelapa digunakan dalam pembuatan tali, kain, dan produk tekstil lainnya. Serat ini sering digunakan dalam produksi karung, tikar, dan anyaman. Serat kelapa dapat digunakan sebagai campuran dalam pembuatan beton dan bahan bangunan lainnya. Sabut kelapa dapat juga dimanfaatkan menjadi bahan komposit. Komposit terdiri dari dua unsur yaitu matriks dan *filler*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi sabut kelapa terhadap kekuatan *impact* dan kekerasan. Komposisi *filler* yaitu sekitar 10, 15, 20 (%) serat dari sabut kelapa dengan bermatriks resin. Penambahan *filler* diiringi pengurangan matriks yang digunakan dari 100% *epoxy*. Spesimen dengan perlakuan NaOH dibuat dengan 9 spesimen dan tanpa perlakuan dibuat sebanyak 3 spesimen. Komposit dibuat dengan proses *hand lay-up*. Komposit yang telah dibuat kemudian dilakukan uji mekanik yaitu kekerasan dan *impact*. Hasil data tertinggi uji kekerasan dengan perlakuan NaOH pada variasi (15%/85%) sebesar 75 *Shore D*. Kekerasan terendah pada variasi (10%/90%) sebesar 63 *Shore D*. Sedangkan untuk material tanpa perlakuan hasil penelitian data tertinggi menunjukkan pada variasi (10%/90%) sebesar 74 *Shore D*. Dan kekerasan terendah pada variasi (20%/80%) sebesar 63 *Shore D*. Kekuatan _____

impak perlakuan NaOH tertinggi berada pada variasi 20% dengan energi serap sebesar 3.28 *Joule* dan ketangguhan impact sebesar 0.020 J/mm^2 . Komposit tanpa perlakuan tertinggi berada pada variasi 20% dengan energi serap sebesar 3.39 *Joule* dan ketangguhan impact sebesar 0.021 J/mm^2 .

Kata Kunci: komposit, serat kelapa, uji impact, uji kekerasan

I. PENDAHULUAN

Tanaman kelapa merupakan tanaman yang ada hampir di seluruh penjuru nusantara, terutama di daerah pesisir pantai. Salah satu bagian yang sering dimanfaatkan dari kelapa adalah serat kelapa. Serat kelapa merupakan salah satu bahan alam yang serbaguna dengan berbagai aplikasi baik skala rumah tangga maupun industri. Serat kelapa banyak digunakan dalam pembuatan tali, kain, dan produk tekstil lainnya. Serat ini sering digunakan dalam produksi karung, tikar, dan anyaman. Menurut Asep dkk., serat buah kelapa dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi pada komposit. Ide tersebut muncul karena limbah buah kelapa sangat banyak dan pengolahannya masih minim. Dalam penelitiannya serat kelapa diubah menjadi bentuk partikel atau serbuk. Serbuk kelapa kemudian dijadikan komposit dengan matriks resin polyester dengan ukuran serbuk sabut kelapa 20, 40, 60 mesh fraksi volume 30% dan mengikuti standar material komposit ASTM D 790-03. Hasil uji bending menunjukkan nilai kekuatan bending rata-rata yaitu pada spesimen resin tanpa serbuk 86,81 MPa. Spesimen ukuran 20 mesh 49,06 MPa, spesimen ukuran 40 mesh 48,42 Mpa, spesimen ukuran 60 mesh 45,44 Mpa. Hasil foto SEM Menunjukkan bahwa serbuk belum terikat sempurna, sehingga masih terdapat void dan retakan di daerah matriks yang kosong hal ini bisa disebabkan oleh terperangkapnya udara dalam komposit pada saat pencetakan [1].

Taufan dkk. telah melakukan penelitian pada serat kelapa. Serat kelapa diubah menjadi komposit dengan resin *yukala 157 BQTN*. Menggunakan variasi fraksi volume 5%, 10% dan 15% kemudian serat diberi perlakuan alkalisasi menggunakan etanol 20% dengan waktu perendaman 3 jam. Hasil pada pengujian tarik menunjukkan beban maksimum yang diperoleh 32,844 kgf, 106,44 kgf dan 105,59 kgf. Tegangan maksimum 6,0510 N/mm^2 , 16,893 N/mm^2 dan 17,249 N/mm^2 . Regangan putus pemanjangan 0,8150, 0,3275 dan 0,2617. Regangan putus 1,4818 %, 0,5955 % dan 0,4758 %. Hasil pengujian impact didapatkan nilai energi impact 1,6 kgf, 2,3 kgf dan 3,3 kgf dan harga impact 1,84 kJ/m^2 , 2,45 kJ/m^2 dan 3,45 kJ/m^2 . Hasil pengujian tarik dan impact yang tinggi diakibatkan karena pencampuran serat sabut kelapa yang telah melalui perlakuan alkalisasi etanol dengan serbuk arang kelapa sehingga mendapatkan nilai impact dan tarik yang tinggi [2].

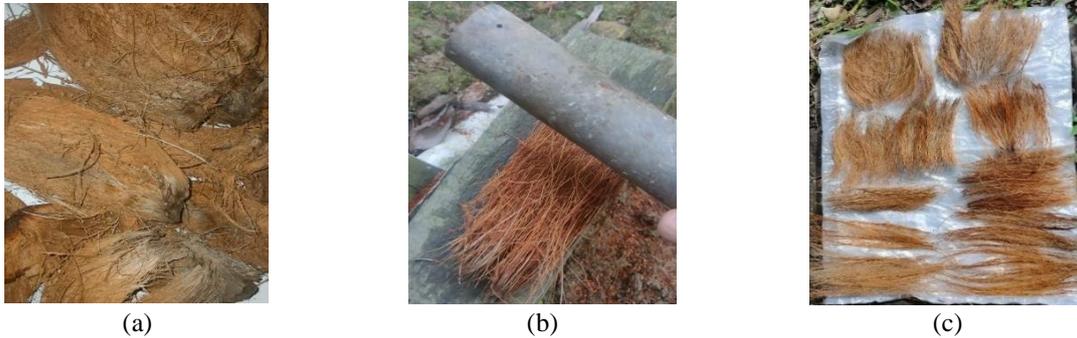
Badaruddin Anwar telah melakukan penelitian pada serat alam khususnya serat tandan kosong kelapa sawit. Dalam penelitiannya menggunakan metode eksperimen dengan melakukan variasi fraksi serat pada komposit terhadap kekuatan impact. fraksi volume yang digunakan dalam penelitian ini yaitu fraksi volume 25% serat : 75% resin, dengan harga impact nilai rata-rata sebesar 106,24 J/mm^2 . Hal ini menunjukkan serat alam dapat dimanfaatkan sebagai bahan penguat pada material komposit [3].

Romels dkk berhasil memanfaatkan serbuk gergaji batang pohon kelapa dan serat sabut kelapa. Kedua material tersebut merupakan limbah dari pengolahan kelapa dan limbah penggergajian kayu. Batang pohon kelapa merupakan bahan yang melimpah dan dapat dimanfaatkan untuk pembuatan komposit dengan menggunakan resin polyester. Komposit dibuat dengan matriks polyester. Penelitian dilakukan dengan memvariasi fraksi volume antara serbuk gergaji batang pohon kelapa dan serat sabut kelapa dalam resin polyester. Hasil optimal pada pengujian tarik dan impact dalam persentase optimum 30:10%, kuat tarik rata-rata 95,953 N/mm^2 , elastisitas rata-rata 0,125 %, modulus elastisitas rata-rata 768,702 N/mm^2 , energi serap rata-rata 2,679 J dan nilai impact rata-rata 0,068 J/mm^2 [4].

Penelitian yang memanfaatkan limbah sabut kelapa juga berhasil dilakukan. Limbah sabut kelapa diubah menjadi komposit dimanfaatkan sebagai peredam suara dengan metode tabung impedansi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sabut kelapa dapat meredam kebisingan dan berfungsi sebagai peredam bunyi yang efektif [5]. Pada penelitian ini dibuat komposit dari sabut kelapa yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi sabut kelapa terhadap kekuatan *impact* dan kekerasan.

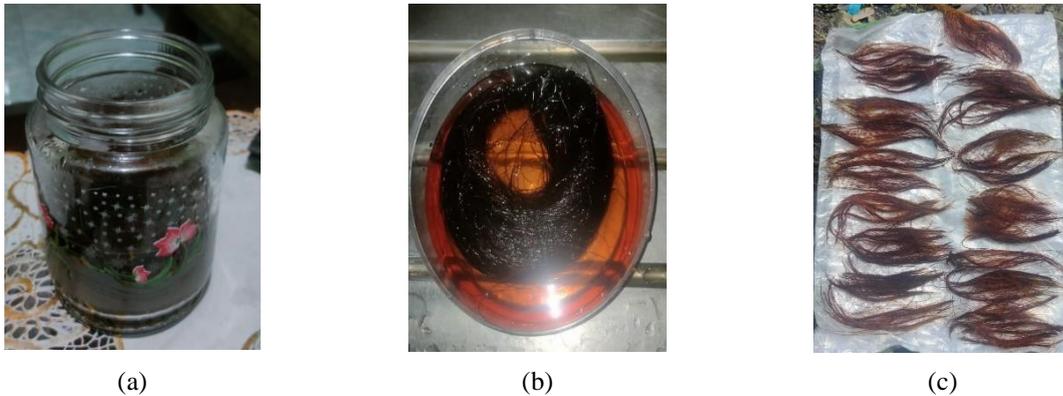
II. METODE PENELITIAN

Sebelum melakukan pencetakan spesimen lebih dahulu serat sabut kelapa dipisahkan dari batok kelapa. Untuk mempermudah pemisahan, sabut kelapa direndam dalam air. Saat perendaman dilakukan sabut kelapa dipukul secara perlahan untuk mempercepat mendapatkan serat. Saat sabut kelapa sudah diperoleh, sabut kelapa dijemur di bawah sinar matahari hingga benar-benar kering.



Gambar 1. (a) Sabut Kelapa; (b) Ditumbuk; (c) Dijemur

Gambar 1 menunjukkan proses ekstrak serat kelapa. Setelah kering dilanjutkan perendaman dengan perlakuan larutan NaOH 5% dengan aquades selama 2 jam. Setelah proses perendaman serat sabut kelapa kemudian dibilas untuk menghilangkan pengotor kemudian dijemur.



Gambar 2. (a) Perlakuan NaOH; (b) Pembilasan; (c) Penjemuran

Proses alkali ditunjukkan pada Gambar 2. Proses alkali bertujuan untuk mengurangi kandungan lignin pada serat kelapa. Pemotongan serat kelapa dilakukan sebelum pencampuran komposit. Ukuran saat pemotongan serat kelapa menggunakan ukuran 5.5 cm. Hal ini dilakukan untuk merubah ukuran serat menjadi kecil agar mempermudah pencetakan komposit.

Setelah melakukan pemotongan sabut kelapa (Gambar 3), kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital dengan berat yang telah ditentukan. Pada penelitian ini menggunakan 3 variasi berat yaitu 1.9237 gram, 2.8875 gram, dan 3.8552 gram. Gambar 3 menunjukkan proses pemotongan dan penimbangan serat kelapa. Setelah serat kelapa ditimbang kemudian dilanjutkan dengan menimbang resin *epoxy*. Perbandingan resin dan pengeras adalah 2 : 1. Berat yang digunakan adalah berat gabungan Resin *epoxy* dan pengeras. Setelah proses penimbangan selesai resin diaduk menggunakan spatula. Gambar 4 menunjukkan capuran resin pada timbangan. Proses pembuatan komposit pada penelitian ini menggunakan metode *hand layup*. Untuk menentukan nilai berat epoxy dan serat kelapa dilakukan perhitungan dengan persamaan berikut. Perlu diketahui terlebih dahulu masa jenis epoxy dan PET. V_c adalah volume komposit, V_m volume matriks dan V_f adalah volume serat.

$$V_f = \frac{V_f}{V_c}$$

$$W_f = \frac{W_f}{W_c}$$

$$V_m = \frac{V_m}{V_c}$$

$$W_m = \frac{W_m}{W_c}$$

Konversi dapat diperoleh dengan mengetahui massa jenis komposit ρ_c , massa jenis epoxy ρ_m , massa jenis serat ρ_f . Konversi dari fraksi volume ke fraksi berat. Dengan persamaan sebagai berikut, densitas komposit dapat ditentukan dengan persamaan berikut [6].

$$W_f = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot V_f$$

$$W_m = \frac{\rho_m}{\rho_c} \cdot V_m$$

$$\rho_c = \frac{1}{(W_f/\rho_f) + (W_m/\rho_m)}$$



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Pemotongan Serat Kelapa; (b) Penimbangan Serat Kelapa



(a)



(b)

Gambar 4. (a) Resin Epoxy; (b) Penimbangan Resin Epoxy

Setelah proses penimbangan selesai, dilakukan pencetakan. Dimensi cetakan mengikuti standar ASTM D 256 untuk uji impak ditunjukkan pada Gambar 5. Perbandingan komposisi pada material komposit ditunjukkan pada Tabel 1. Sebelum melakukan pencetakan spesimen, cetakan harus dioleskan dengan WAX bertujuan agar spesimen mudah terlepas dari cetakan. Kemudian di bagian bawah cetakan diberi alas aluminium foil dengan perekat lem castol agar tidak ada celah yang terbuka.



Gambar 5. (a) Pencetakan Serat Kelapa; (b) Cetakan Spesimen

Tabel 1. Perbandingan Variasi Serat Kelapa dan Epoxy

% Serat kelapa	% Resin Epoxy
0.1	0.9
0.15	0.85
0.2	0.8

Setelah dicetak, spesimen dibiarkan mengeras selama 10 jam sampai spesimen komposit benar-benar kering atau mengeras. Setelah mengeras lepaskan spesimen dari cetakan, kemudian dilakukan penghalusan permukaan komposit. Komposit yang telah selesai dicetak ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Spesimen dengan 3 Variasi yang Berbeda

Pencetakan spesimen komposit dilakukan sebanyak 3 variasi dengan komposisi yang berbeda, dan setiap variasi diberikan perlakuan NaOH 5% terhadap serat kelapa, dan juga tanpa perlakuan serat sabut kelapa masing-masing diberikan 1 spesimen tanpa perlakuan. Setiap komposisi memiliki serat sabut kelapa 10%, 15%, dan 20% dengan paduan matriks 90%, 85%, dan 80%. Spesimen akan diberikan tanda X, Y, dan Z yang menandakan setiap spesimen mempunyai komposisi yang berbeda. Pada penelitian ini yang diberikan tanda X memiliki serat sabut kelapa 10% dengan perpaduan matriks sebesar 90%. Spesimen komposit yang diberikan tanda Y memiliki serat sabut kelapa 15% dengan perpaduan matriks sebesar 85%. Spesimen komposit yang diberikan tanda Z memiliki serat kelapa 20% dengan perpaduan matriks sebesar 80%.

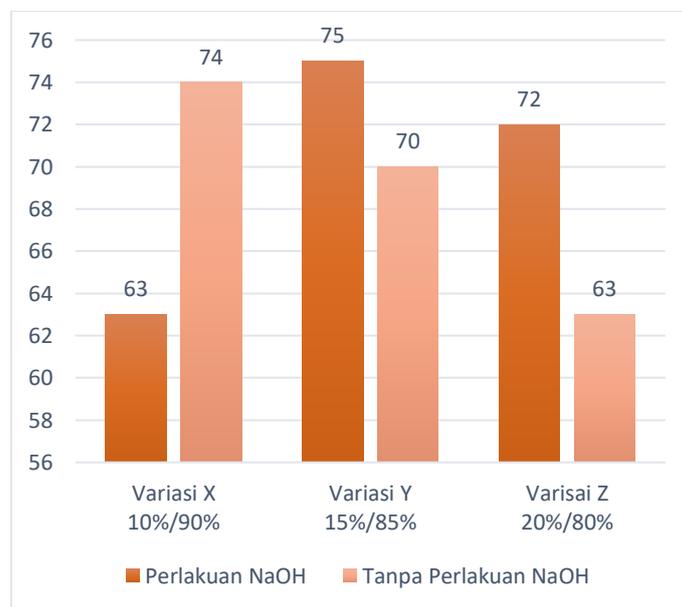
Kode X4, Y4, dan Z4 yang menandakan setiap spesimen mempunyai komposisi yang berbeda. Pada penelitian ini yang diberikan tanda X4 memiliki serat sabut kelapa tanpa perlakuan 10% dengan perpaduan matriks sebesar 90%. Spesimen komposit yang diberikan tanda Y4 memiliki serat sabut kelapa tanpa perlakuan 15% dengan perpaduan matriks sebesar 85%. Spesimen komposit yang diberikan tanda Z4 memiliki serat sabut kelapa tanpa perlakuan 20% dengan perpaduan matriks sebesar 80%.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dibahas hasil uji kekerasan dan uji dampak pada material komposit yang dibuat. Pada pembahasannya dibandingkan hasil uji antara material yang diberikan perlakuan dengan NaOH dan tanpa perlakuan NaOH.

1. Uji Kekerasan

Hasil uji kekerasan pada komposit menunjukkan kondisi yang berbeda antara serat yang diberi perlakuan NaOH dan tidak. Serat yang diberi perlakuan memiliki nilai kekerasan yang baik, hal ini ditunjukkan dari hasil uji kekerasan dimana semakin bertambah serat kekerasan permukaan cenderung meningkat. Berbeda dengan serat yang tanpa perlakuan NaOH. Hasil uji kekerasan pada spesimen tanpa Perlakuna menunjukkan penurunan kekerasan seiring bertambahnya fraksi serat pada komposit. Hasil pengujian kekerasan pada spesimen yang diberi perlakuan ditunjukkan pada gambar 7. Terlihat pada grafik variasi 15% / 85% dengan kode Y menghasilkan nilai kekerasan paling optimal sebesar 75 Shore D.



Gambar 7. Hasil Uji Kekerasan

Pada spesimen tanpa perlakuan menunjukkan hasil yang berbeda. Dimana variasi X memperoleh nilai yang optimal. Nilai kekerasan pada spesimen variasi X sebesar 74 Shore D. Gambar 8 menunjukkan grafik hasil pengujian kekerasan pada spesimen tanpa perlakuan. Material komposit dengan komposisi 20% serat sabut kelapa dengan paduan matriks 80% mengalami penurunan dengan nilai kekerasan 63. Penurunan nilai kekerasan pada variasi Z ini disebabkan paduan serat kelapa sedikit lebih banyak.

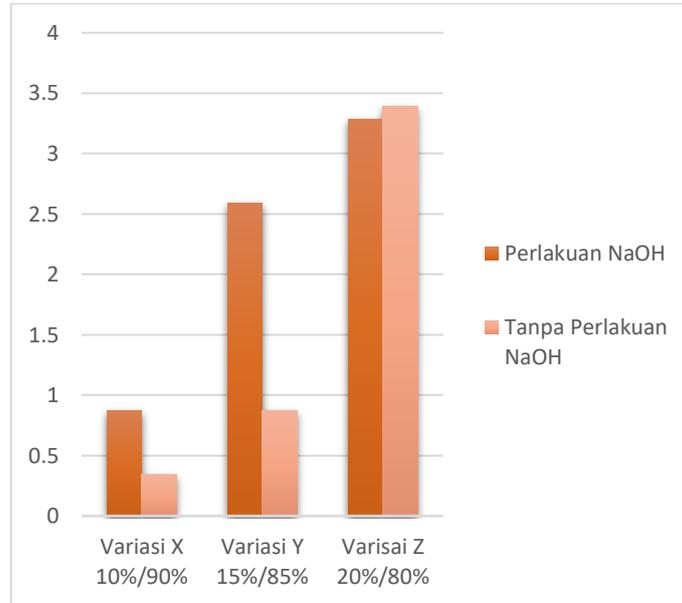
2. Uji Impak

Berdasarkan hasil pengujian *impact* yang telah didapatkan dari specimen uji untuk material komposit dengan komposisi serat sebesar 10%/90%, 15%/85%, dan 20%/80% menggunakan matriks resin *epoxy*. Pengujian impact yang menunjukkan besarnya energi untuk mematahkan material. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian impact komposit serat kelapa.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Impact*

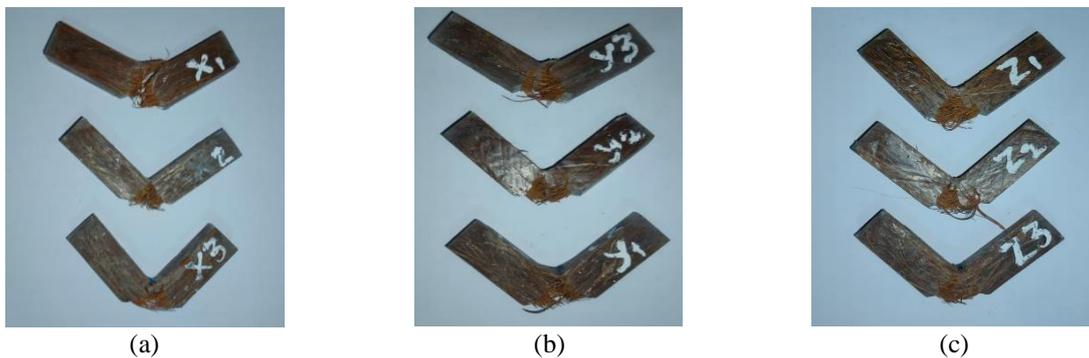
Vf	Tebal, T (mm)	Lebar, L (mm)	Luas, A (mm ²)	Perlakuan NaOH		Tanpa Perlakuan	
				Energi Impact, Esrp (J)	Ketangguhan Impact, Is (J/mm ²)	Energi Impact, Esrp (J)	Ketangguhan Impact, Is (J/mm ²)
10%	12.7	12.7	161.29	0.87	0.005	0.34	0.002
15%	12.7	12.7	161.29	2.59	0.016	0.87	0.005
20%	12.7	12.7	161.29	3.28	0.020	3.39	0.021

Dari data yang diperoleh hasil pengujian impak diketahui energi serap impak dan besar ketangguhan impak pada setiap variasi spesimen uji. Kenaikan terjadi seiring penggunaan komposisi penambahan serat sabut kelapa hal ini dikarenakan semakin tinggi fraksi volume yang digunakan maka semakin banyak seratnya.



Gambar 8. Hasil Uji Impak

Beban kejut yang diterima oleh komposit serat sabut kelapa terhadap fraksi volume serat menunjukkan hasil terendah fraksi 10% sebesar 0.87 Joule dan nilai terbesar dengan fraksi 20% sebesar 3.28 Joule. Dilihat pada Gambar 9. dari bentuk patahan serat mampu menahan material komposit, baik itu variasi terendah maupun tertinggi.



Gambar 9. Bentuk Patahan Spesimen dengan Perlakuan NaOH (a) 10%/90%; (b)15%/85%; (c) 20%/80%

Nilai energi serap dihasilkan dari beban kejut yang diterima oleh komposit serat sabut kelapa terhadap fraksi volume serat menunjukkan hasil terendah fraksi 10% sebesar 0.34 Joule dan nilai terbesar dengan fraksi 20% sebesar 3.39 Joule.

Kekuatan yang diperlukan untuk mematahkan spesiemen uji dengan komposisi 10%/90% memiliki energi serap dan ketangguhannya menurun, Spesimen uji dengan komposisi 15%/85% memiliki energi serap dan ketangguhannya tidak jauh berbeda mengalami peningkatan dari sebelumnya. Spesimen komposit dengan komposisi 20%/80% memiliki energi serap impak dan ketangguhan impak lebih jauh lebih signifikan meningkat dari sebelumnya, sehingga dapat disebut spesiemen komposit dengan komposisi 20%/80% lebih kuat, energi serap impak dan ketangguhan impak lebih jauh lebih baik. Gambar 10 menunjukkan bentuk patahan spesiemen setelah dilakukan uji impak. Perlakuan NaOH 5%

selama 2 jam berpengaruh meningkatkan sifat mekanik. Perendaman NaOH mengakibatkan berkurangnya lignin atau gabus, serat terhadap matriks baik yang meningkatkan kekuatan antar muka serta meningkatkan daya rekat antara penguat serat dengan matriks.



Gambar 10. Bentuk Patahan Spesimen Tanpa Perlakuan Berkomposisi X4 (10%/90%); Y4 (15%/85%); dan Z4 (20%/80%)

Mengacu pada hasil yang diperoleh dari pengujian, dilakukan analisa berdasarkan hasil pengujian untuk mengetahui seberapa besar nilai peningkatan atau penurunan kekuatan yang dihasilkan dari material komposit berpenguat serat sabut kelapa. penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil dari 2 pengujian yaitu uji kekerasan dan uji impact, di dapatkan nilai uji *impact* dengan tanpa perlakuan NaOH sebesar 3.39 *Joule* energi terserap dan ketangguhan impact sebesar 0.021 J/mm^2 . Disebabkan karena semakin besar fraksi volume kadar serat sabut kelapa maka akan semakin sedikit matriks dalam komposit, sehingga ikatan antar matriks dan dengan filler serat sabut kelapa semakin lemah Selain itu juga dapat disebabkan adanya keberadaan gelembung yang mempengaruhi penurunan kekuatan mekanik komposit.

IV. KESIMPULAN

Peningkatan presentase serat sabut kelapa berbanding lurus dengan peningkatan nilai ketangguhan impact. Ketangguhan impact terkecil dihasilkan padaspesimen komposit dengan variasi volume fraksi serat 10 % dan meningkat pada variasi volume fraksi serat 15%, sedangkan ketangguhan impact terbesar pada volume fraksi serat 20%. Peningkatan volume fraksi serat sabut kelapa yang berbanding lurus dengan nilai kekuatan impact disebabkan semakin banyaknya kontribusi serat untuk menahan beban kejut. Kondisi ini terjadi pada kedua spesimen yang diberi perlakuan NaOH maupun yang tidak diberi perlakuan. Sedangkan pada pengujian kekerasan menurunnya nilai kekuatan kekerasan disebabkan akibat kurang meratanya camputan serat kelapa pada komposit, sehingga ikatan antar muka matriks dan serat kelapa kurang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asep Romi Ramadhan, Gugun Gundara, and Acep Wagiman, "Pengaruh Ukuran Serbuk Sabut Kelapa Bermatrix Polyester Terhadap Uji Bending dan Uji Scanning Electron Microscopy (SEM)," *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, vol. 8, no. 1, pp. 21–28, Jun. 2023.
- [2] T. P. W. Hidayat, R. D. Anjani, and D. T. Santoso, "Analisis Sifat Mekanik Komposit Serat Sabut Kelapa dengan Perlakuan Alkalisasi Etanol dan Filler Arang Tempurung Kelapa," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 7880–7889, 2024.
- [3] Badaruddin Anwar, "Studi Kasus Pengaruh Fraksi Serat Terhadap Kekuatan Impact Komposit Berbahan Dasar Serat Kelapa Sawit dengan Resin Polyester ," Makassar: LP2M Universitas Negeri Makassar, 2023, pp. 1500–1505.
- [4] R. C. A. Lumintang, R. Soenoko, and S. Wahyudi, "Komposit hibrid polyester berpenguat serbuk batang dan serat sabut kelapa," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 145–153, 2011.

- [5] I. Nurjannah, E. S. Rahmawati, H. Habibah, A. Nuryadin, L. Subagiyo, and Z. Haryanto, "Analysis of the Effectiveness Value of the Coconut Fiber (*Cocos nucifera* L) Absorption Coefficient as a Sound Dampener," *Journal BEARINGS: Borneo Mechanical Engineering and Science*, vol. 3, no. 1, pp. 9–16, 2024.
- [6] A. H. Laksana and M. B. Waluyo, "Pengaruh Komposisi Serat Kenaf dan Serbuk CaCO₃ Terhadap Kekuatan Tekuk dan Water Absorption Komposit Hybrid-Poliester," *Injection: Indonesian Journal of Vocational Mechanical Engineering*, vol. 1, no. 2, pp. 58–64, 2021.

