Pengaruh Perlakuan Alkali dan Orientasi Serat Buah Patola Terhadap Sifat Impak Komposit Poliester

Kristomus Boimau[#], Rima Nindia Selan, Demas Abia Manimalay

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana Jln. Adisucipto-Penfui, Kupang, NTT, 85222, Indonesia *kristomus.boimau@staf.undana.ac.id

Abstrak

Komposit polimer berpenguat serat alam menjadi tren bagi peneliti dalam beberapa dekade terakhir karena memberikan banyak keuntungan dan sangat ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan alkali dan orientasi serat terhadap sifat impak komposite poliester berpenguat serat buah patola (*luffa cylindrical*). Bahan yang digunakan adalah serat buah patola dan matrik poliester. Sebelum serat digunakan sebagai penguat pada penelitian ini, terlebih dahulu serat diberi perlakuan alkali dengan cara direndam dalam larutan alkali dengan konsentrasi larutan sebesar 5%, 10%, dan 15% selama 1 jam. Orientasi serat yang digunakan adalah [0/45/0] dan [45/0/45]. Selanjutnya komposit dicetak dengan metode *hand ly up* diikuti penekanan selama 24 jam. Komposisi campuran serat dan matrik didasarkan pada aturan *Rule of Mixture* (RoM), dengan fraksi berat serat sebesar 16,8%. Spesimen uji dibuat sesuai standar ASTM D256 dan diuji dengan alat uji impak Charpy. Hasil pengujian impak menunjukkan bahwa kekuatan impak tertinggi diperoleh pada komposit yang diperkuat oleh serat dengan perlakuan NaOH 10% dan orientasi serat [0/45/0] yaitu 0,0068J/mm², sedangkam kekuatan impak terendah diperoleh pada spesimen dengan konsentrasi larutan 5% dan orietasi serat [45/0/45] yaitu 0,0037 J/mm².

Kata kunci: komposit, orientasi serat, alkali, kekuatan impak, patola

Abstract

Natural fiber-reinforced polymer composites have become a trend for researchers in recent decades because they provide many advantages and are very environmentally friendly. This study aims to determine the effect of alkaline treatment and fiber orientation on the impact properties of reinforced polyester composite patola (luffa cylindrical) fruit fibers. The materials used are patola fruit fibers and polyester matrices. Before the fiber was used as reinforcement in this study, the fiber was treated with alkalis by immersing it in an alkaline solution with a solution concentration of 5%, 10%, and 15% for 1 hour. The orientation of the fibers used were [0/45/0] and [45/0/45]. Furthermore, the composite was printed by hand-ly method followed by pressing for 24 hours. The composition of the fiber and matrix mixture is based on the Rule of Mixture (RoM), with a fiber weight fraction of 16.8%. The test specimens are made according to the ASTM D256 standard and tested with the Charpy impact test apparatus. The results of the impact test showed that the highest impact strength was obtained in composites reinforced by fiber with 10% NaOH treatment and fiber orientation [0/45/0], namely 0.0068 J / mm², while the lowest impact strength was obtained in specimens with a solution concentration of 5% and fiber orientation [45/0/45], namely 0.0037 J / mm².

Keywords: composite, fiber orientation, alkali, impact strength, patola

I. PENDAHULUAN

Tren perkembangan teknologi komposit polimer berpenguat serat alam dalam satu dasawarsa terakhir terus mengalami peningkatan yang signifikan dan mampu menggeser dominasi serat sintesis dalam beberapa aplikasi di bidang teknik. Peningkatan ini sebenarnya dipicu oleh efek buruk dari limbah serat sintesis yang sulit terurai secara alami dan mencemari lingkungan sehingga insan peneliti dan pelaku dunia industri mulai beralih ke serat alam yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, serat alam semakin diminati karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan serat sintesis, yaitu lebih ekonomis, dapat diperbaharui

(dibudidaya), ringan, tidak beracun dan mengurangi efek rumah kaca [1], [2].

Walaupun serat alam memiliki sejumlah kelebihan sehingga semakin diminati sebagai material penguat komposit polimer, namun dalam aplikasinya masih saja terkendala dengan sifat serat alam yang mudah menyerap air (hydrophilic) sehingga sulit untuk menyatu dengan matriks polimer yang memiliki sifat tidak dapat menyerap air (hydrophobic). Kedua sifat yang saling bertolak belakang ini berdampak buruk terhadap daya ikat interfacial antara serat dan matrik sehingga akan memberikan pengaruh yang negatif terhadap sifat mekanik komposit polimer berpenguat serat alam. Oleh karena itu, diupayakan sedemikian rupa agar ikatan antara serat dan matrik menjadi kuat sehingga dapat menaikan kekuatan mekanik komposit [3]. Untuk meningkatkan kompatibilitas ikatan *permukaan antara* serat dengan matriks polimer, maka sifat hidrophilic serat alam mesti diminimalisir. Cara yang telah lazim dilakukan untuk mengurangi kandungan air pada serat alam adalah perlakuan kimiawi dengan menggunakan alkali (NaOH).

Banyak peneliti telah menggunakan bahan kimia NaOH sebagai media untuk membersihkan permukaan serat alam dari lignin dan kotoran yang menempel, mengurangi kandungan selulosa yang membaluti permukaan luar serat serta meningkatkan kekasaran permukaan[4]. Dampak perlakuan NaOH pada serat palm dengan konsentrasi larutan NaOH sebesar 2%, 5%, dan 10% selama 1 jam terhadap kekuatan tarik serat dan kekuatan ikat antar muka (interfacial bond strength). Hasil penelitian menunjukkan bahwa, perlakuan alkali 5% dapat meningkatkan kekuatan tarik optimum sebesar 76% dari serat tanpa perlakuan. Namun, pada perlakuan alkali 10%, permukaan serat menjadi rusak sehingga berdampak pada menurunnya kekuatan tarik serat [5]. Selain ikatan interfacial antara serat dan matrik, arah susunan serat pun ikut memberikan pengaruh terhadap kekuatan mekanik komposit. Beberapa kajian yang dilakukan untuk mengamati pengaruh orientasi serat menunjukan bahwa komposit yang diperkuat oleh serat dengan sudut 0⁰ memberikan penguatan yang lebih baik dibandingkan dengan sudut 30°, 45°, 60°, dan 90° [6]. Peneliti lainnya melakukan kajian pengaruh orientasi serat basalt terhadap sifat mekanik komposit epoxy. Orientasi serat yang digunakan adalah 45°, 60°, dan 90°. Hasilnya menunjukkan bahwa komposit dengan orientasi serat 90⁰ memilik kekuatan tarik, kekuatan impak dan kekuatan bending paling tinggi, sedangkan nilai terendah diperoleh pada komposit dengan arah orientasi serat 45⁰[7].

Kajian dampak arah orientasi serat bambu berbentuk lembaran/lamina $(0^{\circ}, 5^{\circ}, 10^{\circ}, 15^{\circ}, 30^{\circ},$ 45°, 60°, 75°, dan 90°) terhadap kekuatan tarik komposit juga pernah diteliti. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa, lembaran bambu yang diberikan pembebanan dengan sudut 0⁰ memiliki nilai tensilestress tertinggi sedangkan nilai terendah ada pada sudut 75° [8]. Penggunaan serat buah patola sebagai bahan peredam suara (acoustic) juga telah dikaji. Hasilnya menunjukkan bahwa serat patola tanpa matriks memiliki nilai koefisien penverapan suara yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit epoxy berpenguat serat buah patola [9]. Kajian pengaruh perlakuan kimia pada serat buah patola terhadap moisture absorption dan sifat mekanik juga telah dilakukan oleh peneliti lainnya. Hasilnya menunjukkan bahwa serat buah patola yang diberi perlakuan 10% NaOH selama 30 menit kemudian dilanjutkan lagi dengan perlakuan 20% CH₃COOH selama 30 menit memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dengan serat tanpa perlakuan dibandingkan (untreated) [10].

Dari literatur yang telah dirujuk, terlihat bahwa konsentrasi larutan NaOH yang digunakan untuk perlakuan serat alam berkisar antara 2%-20% dengan variasi waktu yang berbeda pula sedangkan untuk orientasi serat buah patola belum dikaji. Pada penelitian ini akan dilakukan kajian sifat impak komposit serat buah patola yang diberi perlakuan alkali selama 1 jam dengan variasi konsentrasi larutan NaOH sebesar 5%, 10%, dan 15%, sedangkan variasi orientasi serat sebesar 0° dan 45°. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi tentang pengaruh konsentrasi NaOH dan orientasi serat terhadap sifat impak komposit poliester.

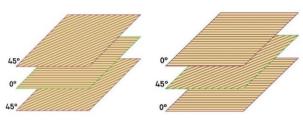
II. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat patola dan resin polyester. Serat patola diperoleh dari buah patola yang telah tua dan kering serta wujudnya berupa lembaran yang teranyam secara alami seperti tampak pada gambar 1 di bawah ini.



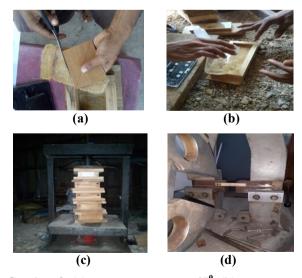
Gambar 1. (a) buah patola, (b) serat buah patola

Sebelum digunakan sebagai penguat komposit poliester, serat patola diberikan perlakuan alkali (NaOH) selama 1 jam dengan variasi konsentrasi larutan sebesar 5%, 10%, dan 15%. Setelah perlakuan alkali, serat dicuci dengan air bersih kemudian dikeringkan. Selanjutnya serat dipotong dengan orientasi 0° dan 45°, kemudian komposit dibuat dengan susunan 3 (tiga) lapis serat dengan orientasi serat [0/45/0] dan [45/0/45]. Susunan serat [0/45/0] menunjukkan bahwa lapisan kesatu berorientasi 0°, lapisan ke kedua 45° dan lapisan ketiga 0°, seperti tampak pada Gambar 2 di bawah ini. Proses pencetakan komposit menggunakan metode *hand ly up* dan dilanjutkan dengan penekanan (*press*) selama 12 jam.





Gambar 2. Susunan sudut orientasi serat (atas), serat buah patola yang telah disusun dengan orientasi [0/45/0] dan siap dicetak (bawah)



Gambar 3. (a) pemotongan serat 45°, (b) penuangan resin ke cetakan, (c) penekanan, (d) alat uji impak

Komposit hasil cetakan dibentuk menjadi spesimen uji impak sesuai standar ASTM 256 seperti Gambar 3 dan diuji dengan alat uji impak Charpy di Lab. Bahan Teknik UGM. Adapun standard ASTM 256 ditampilkan pada Gambar 4.

Nilai kekuatan impak dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$K_{impak} = \frac{E_{serap}}{A_0} \tag{1}$$

dimana

$$E_{seran} = W x R x (\cos \beta - \cos \alpha)$$
 (2)

dengan:

 $K_{impak} = Kekuatan impak (J/mm²)$

 E_{serap} = Energi serap (Joule)

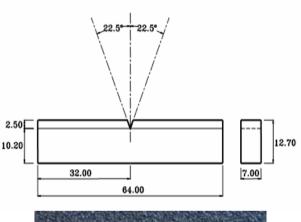
 A_0 = Luas penampang (mm²)

W = Berat pendulum (N)

R = Panjang lengan pendulum (mm)

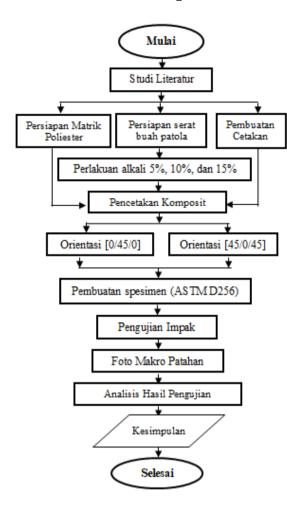
 $\cos \alpha$ = Sudut awal pendulum (0) $\cos \beta$ = Sudut akhir pendulum (0)

Secara garis besar, alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.





Gambar 4. Standar ASTM 256



Gambar 5. Diagram alir penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Pengujian Impak

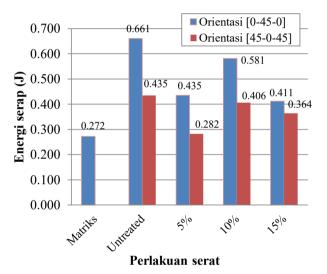
Pengujian *impak* yang dilakukan terhadap spesimen uji diperoleh data-data untuk setiap jenis komposit dengan variasi konsentrasi larutan NaOH (5%, 10%, dan 15%). Data uji yang diperoleh saat pengujian impak adalah nilai α^0 dan β^0 . Data hasil uji impak tersebut kemudian digunakan untuk menghitung energi serap (E_{serap}) dan kekuatan impak (K_{impak}) dengan menggunakan persamaan 1. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 1.

B. Energi Serap

Dari Tabel 1, terlihat bahwa energi serap untuk komposit dengan arah penguatan serat [0/45/0] memiliki energi serap lebih yang besar dibandingkan dengan arah penguatan [45/0/45] untuk semua jenis perlakuan serat. Data di atas juga menunjukkan bahwa energi serap pada untuk matrik kosong tanpa serat memiliki kekuatan impak yang paling rendah. Hal ini disebabkan karena tidak adanya penguatan sehingga saat dikenai beban maka beban tersebut tidak

Tabel 1. Energi serap dan kekuatan impak

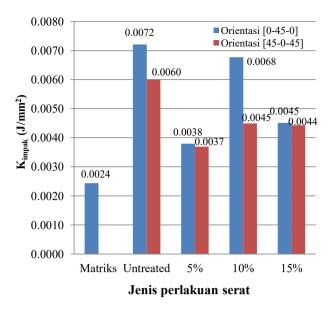
Konsentrasi larutan NaOH	Arah orientasi serat	E serap rata- rata (J)	K impak rata-rata (J/mm²)
5 %	[0/45/0]	0,435	0,00371
	[45/0/45]	0,282	0,00379
10 %	[0/45/0]	0,58	0,00677
	[45/0/45]	0,41	0,00449
15 %	[0/45/0]	0,4115	0,00451
	[45/0/45]	0,3636	0,00443
Tanpa perlakuan NaOH	[0/45/0]	0,9037	0,00978
	[45/0/45]	0,43483	0,006
MATRIKS KOSONG		0,268	0,00241



Gambar 6. Energi serap komposit

terdistribui secara merata ke seluruh bagian spesimen uji.

Pada Gambar 6 terlihat bahwa pada perlakuan NaOH 5%, komposit dengan arah orientasi [0/45/0] memiliki kemampuan menyerap energi lebih tinggi dibanding dengan komposit yang diperkuat oleh serat dengan arah orientasi [45/0/45]. Kemampuan menyerap energi yang sama juga diperoleh pada komposit dengan perlakuan NaOH 10% dan 15%, dimana arah orientasi [0/45/0] lebih tinggi dalam menyerap energi impak. Dari Gambar 3 juga tampak bahwa komposit dengan perlakuan serat 10% memiliki kemampuan menyerap energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan NaOH 5% dan NaOH 15%. Hal ini disebabkan karena kotoran dan lignin yang menempel pada permukaan serat telah terlepas dengan baik serta struktur serat tidak rusak sehingga terjadi ikatan interfacial antara serat dan matrik yang baik.

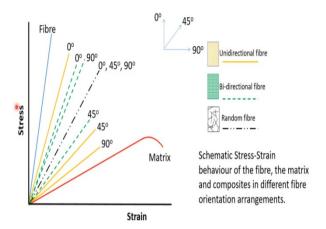


Gambar 7. Kekuatan impak komposit

Di sisi lain pada perlakuan NaOH 15%, struktur serat mulai rusak akibat konsentrasi NaOH yang tinggi sehingga kekuatan mekanik serat ikut menurun. Sedangkan pada perlakuan NaOH 5%, serat belum bersih secara total dari kotoran dan lignin. Pada gambar terlihat juga bahwa komposit dengan penguatan serat untreated memiliki energi serap yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat yang diberi perlakuan alkali. Hal ini disebabkan karena ketidakseragaman penggunaan serat, dimana ada serat yang memiliki struktur padat dan tebal, sedangkan ada serat yang berstruktur tipis dan berjarak (celah) yang lebar. Serat yang digunakan pada pembuatan komposit untreated adalah serat vang berstruktur padat dan tebal sehingga memberikan kontribusi yang signifikan terhadap meningkatnya penyerapan energi impak. Dari gambar juga terlihat bahwa energi serap yang lebih perlakuan untuk jenis tinggi semua adalahkompositdengan orientasi serat [0/45/0].

C. Kekuatan Impak

Hasil perhitungan kekuatan impak komposit pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kekuatan impak matriks kosong tanpa serat memiliki nilai kekuatan impak yang paling rendah dibandingkan dengan komposit seperti tampak pada Gambar 7. Pada gambar tersebut juga terlihat bahwa komposit dengan arah orientasi [0/45/0] memiliki kekuatan impak lebih tinggi dibandingkan dengan orientasi serat [45/0/45] untuk semua jenis komposit. Secara teoritis, referensi [11] memberikan gambaran hubungan antara orientasi serat dan kekuatannya seperti terlihat pada Gambar 8.

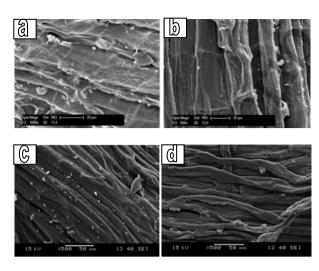


Gambar 8. Diagram tegagan regangan serat, matriks dan komposit dengan orientasi serat yang berbeda [11]

Diagram hubungan *stress-strain* pada Gambar 8 di atas menggambarkan bahwa tipe serat *unidirectional* memiliki tegangan tarik yang paling tinggi pada orientasi 0⁰ dibandingkan dengan tipe serat *bi-directional* maupun *random fiber* (serat acak). Namun pada serat *unidirectional* juga memiliki kekuatan tarik yang paling rendah pada orientasi serat 90⁰. Kondisi tersebut berbeda dengan tipe serat *bi-directional* yang sama-sama memiliki kekuatan maksimum pada orientasi 0⁰ dan 90⁰, sedangkan kekuatan minimumnya ada pada arah 45⁰.

Serat patola yang digunakan pada penelitian ini merupakan tipe serat *bi-directional* sehingga pada arah orientasi [45/0/45], terdapat 2 lembar serat (lamina) dengan arah orientasi 45° sehingga kekuatan serat tidak sekuat pada arah orientasi [0/45/0] yang memiliki dua lembar serat (*lamina*) dengan arah orientasi 0°. Hal inilah yang menyebabkan komposit yang diperkuat oleh serat dengan arah orientasi [0/45/0] memiliki kekuatan lebih tinggi dibandingkan dengan komposit yang diperkuat oleh serat dengan orientasi [45/0/45].

Selain arah serat (orientasi), perlakuan NaOH pun memberikan dampak terhadap kekuatan impak komposit. Serat yang diberi perlakuan alkali 10% memiliki kekuatanimpak paling tinggi yakni sebesar 0,0068 J/mm², sedangkan dengan serat yang diberi perlakuan alkali 5% sebesar 0,0038 J/mm² dan 0,0045 J/mm² untuk serat yang diberi perlakuan alkali 15%. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi NaOH yang tepat untuk perlakuan serat buah patola adalah 10%. Hal ini kemungkinan disebabkan karena pada perlakuan NaOH 10% mampu membersihkan serat dari kotoran dan lignin secara optimal dan struktur serat tidak mengalami degradasi, sedangkan pada konsentrasi 15%, struktur serat mulai mengalami degradasi sehingga kekuatan mekanik serat juga ikut berkurang. Sebaliknya pada perlakuan NaOH dengan



Gambar 9. Hasil foto SEM serat patola, a dan c untreated NaOH, b dan d treatment NaOH [12], [13]

konsentrasi 5%, kotoran dan lignin pada serat belum seutuhnya terlepas sehingga ikatan *interfacial* antara matrik dan serat kurang optimal. Analisa ini diperkuat oleh gambar hasil foto *Scanning Electron Microscope* (SEM) serat patola yang diberi perlakuan (*treatment*) Alkali (NaOH)dan tanpa perlakuan (*untreated*) alkaliyang telah dilakukan peneliti terdahulu [12], [13].

Pada Gambar 9, tampak bahwa serat patola yang tidak diberi perlakuan alkali memiliki permukaan yang kotor (a dan c), sedangkan serat yang diberi perlakuan alkali (b dan d) memiliki permukaan yang lebih bersih karena kotoran dan lignin yang menempel pada permukaan serat telah terlepas. Nilai kekuatan impak terendah diperoleh pada spesimen matrik kosong. Hal ini disebabkan karena tidak ada serat yang berfungsi sebagai penguat sehingga kemampuan matriks kosong untuk menahan beban lebih rendah.

D. Foto Makro Patahan

Patahan spesimen hasil uji impak menunjukan bahwa permukaan patahan komposit yang diperkuat oleh serat tanpa perlakuan alkali didominasi serat yang tercabut dari matrik (*pull out*). Serat yang tercabut pada Gambar 10 menunjukkan lemahnya ikatan *interfacial* antara serat dan matrik sehingga serat tercabut dari matrik. Sedangkan patahan pada spesimen uji komposit dengan penguatan serat yang diberi perlakuan alkali tidak terdapat serat yang tercabut pada permukaan patahan, seperti pada Gambar 11.



Gambar 10. Foto makro patahan komposit berpenguat serat *untreated*



Gambar 11. Foto makro patahan komposit berpenguat serat yang ditreatment alkali

Gambar 11 menunjukkan bahwa ikatan *interfacial* antara serat dan matrik sangat kuat sehingga serat dan matrik patah secara bersamaan saat dikenai beban. Hal ini terlihat dari permukaan patahan yang rata tanpa ada serat yang tercabut dari matriks.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa erlakuan NaOH dan orientasi serat memberikan pengaruh terhadap sifat impak komposit poliester berpenguat serat buah patola. Komposit berpenguat serat yang diberi perlakuan alkali 10% memiliki kekuatan impak tertinggi yakni sebesar 0,0068 J/mm² dengan orientasi serat [0/45/0], sedangkan kekuatan impak terendah yakni sebesar 0,0037 J/mm² pada komposit dengan penguatan serat yang diberi perlakuan alkali 5% dengan orientasi serat [45/0/45]. Patahan spesimen uji komposit yang diperkuat oleh serat *untreated* didominasi oleh serat yang tercabut.

Rencana penelitian lanjutan yang akan dilakukan adalah mengkaji dampak perlakuan alkali dan orientasi serat terhadap kekuatan tarik dan bending komposit poliester.

REFERENSI

- [1] H. S. S. Shekar and M. Ramachandra, "Green Composites: A Review," *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 1, pp. 2518–2526, 2018.
- [2] M. H. Hamidon, M. T. H. Sultan, A. H. Ariffin, and A. U. M. Shah, "Effects of fibre treatment on mechanical properties of kenaf fibre reinforced composites: A review," *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 8, no. 3, pp. 3327–3337, 2019.
- [3] D. Puglia, M. Monti, C. Santulli, F. Sarasini, I. M. De Rosa, and J. M. Kenny, "Effect of alkali and silane treatments on mechanical and thermal behavior of Phormium tenax fibers," *Fibers Polym.*, vol. 14, no. 3, pp. 423–427, 2013.
- [4] A. Kumar Sinha, H. K. Narang, and S. Bhattacharya, "Effect of Alkali Treatment on Surface Morphology of Abaca Fibre," *Mater. Today Proc.*, vol. 4, no. 8, pp. 8993–8996, 2017.
- [5] A. Oushabi, S. Sair, F. Oudrhiri Hassani, Y. Abboud, O. Tanane, and A. El Bouari, "The effect of alkali treatment on mechanical, morphological and thermal properties of date palm fibers (DPFs): Study of the interface of DPF–Polyurethane composite," South African J. Chem. Eng., vol. 23, pp. 116–123, 2017.
- [6] S. Mortazavian and A. Fatemi, "Effects of fiber

- orientation and anisotropy on tensile strength and elastic modulus of short fiber reinforced polymer composites," *Compos. Part B Eng.*, vol. 72, pp. 116–129, 2015.
- [7] N. Kumar and A. Singh, "Study the effect of fiber orientation on mechanical properties of bidirectional basalt fiber reinforced epoxy composites," *Mater. Today Proc.*, vol. 39, no. xxxx, pp. 1581–1587, 2020.
- [8] A. Chow, M. H. Ramage, and D. U. Shah, "Optimising ply orientation in structural laminated bamboo," *Constr. Build. Mater.*, vol. 212, pp. 541– 548, 2019.
- [9] H. Koruk and G. Genc, "Investigation of the acoustic properties of bio luffa fiber and composite materials," *Mater. Lett.*, vol. 157, pp. 166–168, 2015.
- [10] Y. Chen, "Effect of fiber surface treatment on structure, moisture absorption and mechanical properties of luffa sponge fiber bundles," *Ind. Crops Prod.*, vol. 123, no. July, pp. 341–352, 2018.
- [11] S. K. Sinha, Composite Analysis for Modulus and Strength in the Longitudinal Direction, 2020.
- [12] G. Kalusuraman, I. Siva, Y. Munde, C. P. Selvan, S. A. Kumar, and S. C. Amico, "Dynamicmechanical properties as a function of luffa fibre content and adhesion in a polyester composite," *Polym. Test.*, vol. 87, no. March, p. 106538, 2020.
- [13] N. Mohanta and S. K. Acharya, "Effect of alkali treatment on the flexural properties of a Luffa cylindrica-reinforced epoxy composite," *Sci. Eng. Compos. Mater.*, vol. 25, no. 1, pp. 85–93, 2018.

Kristomus Boimau, dkk: Pengaruh Perlakuan Alkali dan Orientasi ...