

Karakteristik Mekanik Poliester berpengisi Serbuk Bambu dalam Kondisi Lingkungan Panas

Lukmanul Hakim Arma^{a,b,1}, Rahimuddin^b, Azwar Hayat^b, Ilyas Renreng^b

^aUniversitas Hasanuddin, Makassar, 90245

^bProgram Studi Teknik Metalurgi dan Material, Universitas Hasanuddin, Makassar, 90245

¹armalh@yahoo.com

ABSTRACT

Most of composites used today are made from synthetic materials like fiberglass or plastic, which are not environmentally friendly. Therefore, this research aims to use natural fibers in the form of bamboo powder because of their renewability. The objective of this research is to investigate the influence of bamboo powder as filler in polyester resin under elevated atmospheric temperature on tensile strength, strain, and elastic modulus. This study uses polyester resin as the matrix and bamboo powder as the filler material with composition of 40%: 60%, 45%: 55%, 50%: 50%. Specimens are molded in glass molds, following the ASTM D3039 standard, and then subjected to tensile load. Tensile testing is performed at two different temperatures of 28°C and 40°C. The results show that for each composition variation at a pulling temperature of 28°C, the tensile strengths are 24.64 MPa, 21.17 MPa, and 20.03 MPa, respectively. At a pulling temperature of 40°C, the tensile strengths are 15.46 MPa, 13.93 MPa, and 13.92 MPa, respectively. The strain values at 28°C are 2.223%, 2.183%, and 1.841%, while at 40°C, they are 2.889%, 3.023%, and 2.457%, respectively. The elastic modulus values at 28°C are 1.720 GPa, 1.758 GPa, and 1.789 GPa, and at 40°C, they are 1.148 GPa, 1.134 GPa, and 1.155 GPa.

Keywords: Poliester, serbuk bambu, temperatur panas, elastisitas

Received 2 September 2024; Presented 2 Oktober 2024; Publication 20 Januari 2025

DOI: 10.71452/590890

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat mendorong banyaknya penemuan beberapa teknologi alternatif sebagai cara dalam memenuhi kebutuhan masyarakat. Khususnya pada bahan material, bahan material yang dibutuhkan adalah bahan material yang berkualitas dan memiliki sifat mekanik yang tinggi. Komposit adalah salah satu alternatif untuk menghasilkan material yang dari sifat mekaniknya lebih baik dari material lainnya [1]. Dari segi material komposit sebagian besar yang di pakai saat ini menggunakan bahan sintetis seperti fiber glass atau plastic yang tidak ramah lingkungan. Serta jenis material lainnya menggunakan bahan kayu atau logam yang harganya relatif mahal dan bobotnya relatif lebih berat sehingga kurang praktis. Oleh karena itu penelitian ini bermaksud menggunakan serat alam berupa serbuk bambu yang mana serbuk bambu memiliki potensi sebagai serbuk penguat pengganti glass powder dalam pembuatan komposit polimer karena sifatnya terbaharui,

mudah, mudah diperoleh, ringan, memiliki sifat mekanik yang kuat, tahan korosi, dan ramah lingkungan. Bambu merupakan tanaman yang cepat tumbuh dan mampu menyerap karbondioksida di udara. Bambu dapat dipanen 3 – 4 tahun [2]. Bambu dapat digunakan untuk material teknik baik dalam kondisi utuh, bentuk strip dan serat [3]. Serat bambu terdiri dari cellulose, hemicellulose dan lignin. Kandungan cellulose dan hemicelulosa dalam bentuk holocelulosa dapat lebih dari 50% [4]. Serat bambu secara mekanik mempunyai kekuatan tarik yang tinggi (140 – 800 MPa), dan modulus elastisitas yang tinggi (33 GPa) dengan densitas yang rendah 0,6 – 0,8 g/cm³[5]. Sehingga kekuatan jenis dan modulus elastis jenis serat bambu sangat tinggi dan sebanding dengan serat glass. Pada penelitian ini matriks atau penguat yang digunakan yaitu resin poliester. Resin poliester berfungsi sebagai perekat dan pelapis serbuk bambu, pada umumnya resin digunakan pada body kapal yang dalam pengaplikasiannya biasa mengalami cracking akibat terkena benturan. Lapisan resin fiberglass pada kapal bersifat kaku, kurang elastis, dan kurang flexible

sehingga gampang pecah. Oleh karena itu pada penelitian tidak berfokus pada peningkatan kekuatan mekanik komposit, akan tetapi bermaksud mencari karakteristik sifat komposit yang mana tahan terhadap temperatur. Pada saat peningkatan suhu pada material dapat meningkatkan regangan maksimum, agar pada saat pengaplikasiannya ketika komposit tersebut terkena temperatur panas tidak mengalami kegagalan material, tahan terhadap cracking dan tidak mudah pecah dan untuk mendapatkan karakteristik sifat yang flexible dan elastis.

METODE PENELITIAN

Penyiapan Serbuk Bambu

Penyiapan serbuk bambu dilakukan dengan cara mengupas kulit dalam dan luar bambu. Untuk bambunya sendiri yang digunakan hanyalah pada bagian daging bambunya saja dan untuk kulit dalam dan luarnya dibuang. Kemudian memotong bambu menjadi berbentuk seperti tusuk gigi. Setelah menjadi seperti tusuk gigi bambu tersebut dimasukkan ke dalam mesin *disk mill* melalui 3 kali penyaringan hingga mendapatkan bentuk bambu yang sudah menjadi serbuk. Setelah mendapatkan bentuk bambu yang telah menjadi serbuk selanjutnya serbuk bambu tersebut dikeringkan menggunakan wadah pemanas yang terbuat dari akrilik yang dipanasi menggunakan lampu pijar, kemudian akan dilakukan penyaringan menggunakan mesh 60 dan mesh 80 untuk mencari ukuran serbuk bambu diantara mesh 60 dan mesh 80.

Penyiapan Cetakan

Penyiapan cetakan dilakukan dengan pemilihan material untuk cetakan yaitu menggunakan material kaca, ukuran dari cetakan spesimen tersebut mengacu pada ASTM D3039 (Standard untuk Uji Tensile pada Material Komposit) dengan dimensi 250 x 25 x 3 mm. Setelah itu dilakukan penyatuan cetakan kaca menggunakan lakban kemudian dioleskan mirror glaze.

Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen dilakukan dengan mencampurkan Resin *Polyester* (Diberikan *Hardener* dengan komposisi 100:1) dengan serbuk bambu pada wadah dengan komposisi

yang telah ditentukan yaitu: 60%: 40%. Kemudian diaduk hingga tercampur dengan rata. Setelah itu dituangkan ke cetakan lalu cetakan tersebut digetarkan menggunakan *vibrator* agar udara yang masih terperangkap di dalam campuran resin dan serbuk bambu dapat keluar untuk menghindari terjadinya void pada spesimen nantinya.

Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui tegangan, regangan dan modulus elastisitas dengan cara spesimen dijepit pada pencekam dengan kecepatan penarikan 1 mm per menit kemudian dilakukan penarikan dengan penambahan beban hingga spesimen patah. Spesimen pengujian tarik pada temperatur 40°C diletakkan di dalam chamber (gambar 1).

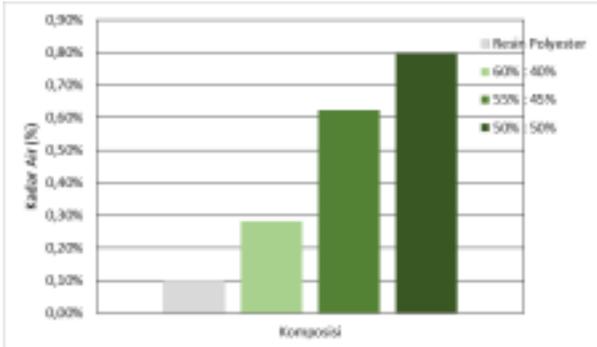


Gambar 1. Instalasi pengujian Tarik pada temperatur 40°C

HASIL DAN PEMBAHASAN

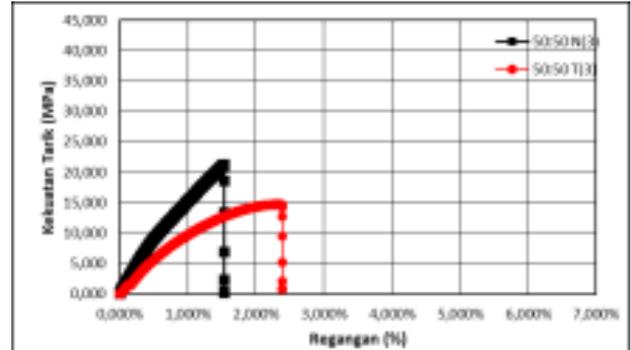
Pengujian Kadar Air

Dapat dilihat pada gambar 2 menunjukkan hasil perhitungan daya serap air pada spesimen. Komposit akan dilakukan perhitungan beban awal dengan cara spesimen ditimbang, setelah itu komposit akan direndam selama 24 jam setelah dilakukan perendaman selanjutnya spesimen akan ditimbang kembali. Kemudian akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai kadar airnya.

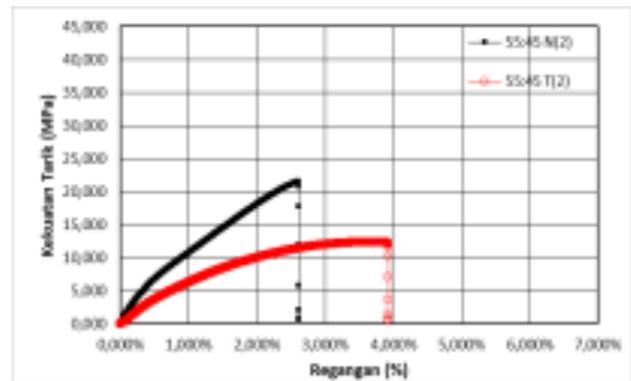


Gambar 2. Kadar air Polyester+serbuk bambu

Dapat kita lihat pada gambar 45 kadar air pada setiap variasi komposisi (60%:40%, 55%:45%, dan 50%:50%) masing-masing memiliki nilai kadar air sebesar 0,28%, 0,62%, dan 0,79%. Untuk nilai kadar air tertinggi dimiliki pada variasi komposisi (50%:50%) yaitu sebesar 0,79% dan yang terendah dimiliki pada variasi komposisi (60%:40%) yaitu sebesar 0,28% sehingga dapat dikatakan bahwa seiring dengan pertambahan serbuk bambu dapat berakibat pada peningkatan daya serap air pada material polyester+serbuk bambu.

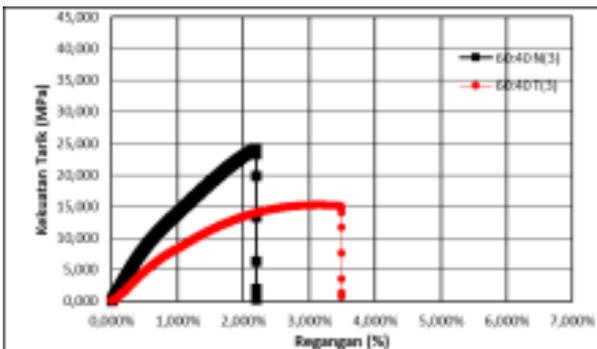


(c)



(d)

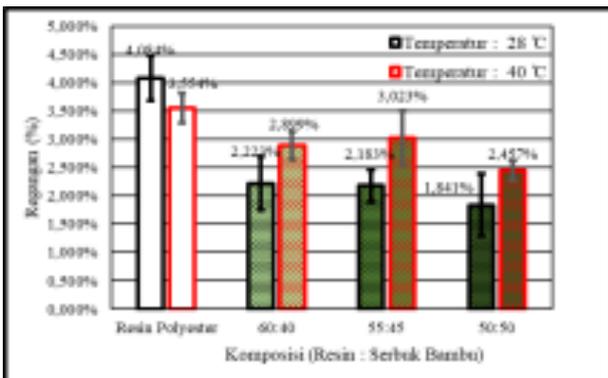
Gambar 3. Kekuatan tarik polyester+serbuk bambu pada beberapa komposisi dan temperatur 40°C



(a)

Kekuatan Tarik Polyester+serbuk Bambu

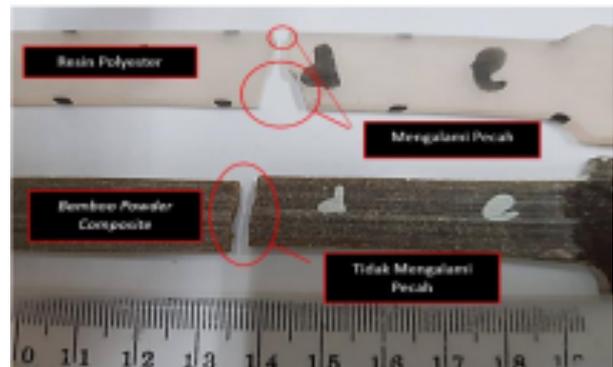
Gambar 3(a) menunjukkan hubungan tegangan regangan resin Polyester pada temperature 28°C dan 40°C. Regangan pada tegangan maksimum pada temperatur 28°C lebih besar dibandingkan regangan maksimum pada temperatur 40°C, berdasarkan gambar 3(a) grafik tegangan regangan tersebut memperlihatkan bahwa dengan meningkatnya temperatur menurunkan regangan maksimum dari resin polyester. Sedangkan pada gambar 3 (c) grafik tegangan regangan polyester+serbuk bambu (55%:45%) pada temperatur (28°C) dan (40°C) dapat dilihat bahwa regangan maksimum dari polyester+serbuk bambu (40°C) memiliki pertambahan panjang hampir 50 % dari polyester+serbuk bambu temperatur 28°C, untuk nilai regangannya pada temperatur 28°C sebesar 2,576% dan pada temperatur 40°C sebesar 3,709



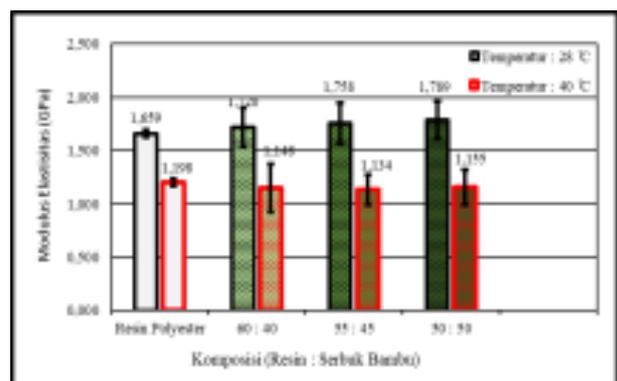
(b)

dan pada gambar 3 (c) dan 3 (d) pada komposisi 60%:40% dan 50%:50% untuk nilai regangannya pada temperatur (28°C) masing-masing memiliki nilai regangan sebesar 2,081% dan 1,536% dan pada temperatur 40°C masing-masing memiliki nilai regangan sebesar 3,120% dan 2,305%.

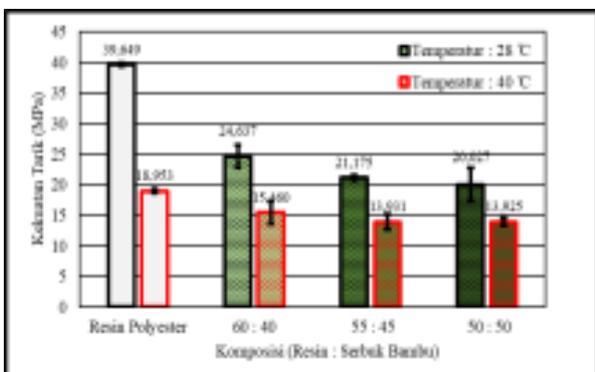
Dari gambar grafik di atas kita dapat melihat bahwa terjadi perubahan sifat regangan yang dimana pada resin polyester ketika diberikan temperatur 40°C nilai regangannya mengalami penurunan, sedangkan pada polyester+serbuk bambu terjadi sebaliknya dimana ketika diberikan temperatur 40°C nilai regangannya mengalami peningkatan. Dan dari 3 variasi komposisi resin polyester:serbuk bambu untuk komposisi terbaik yaitu pada variasi 55%:45% karena memiliki nilai regangan tertinggi.



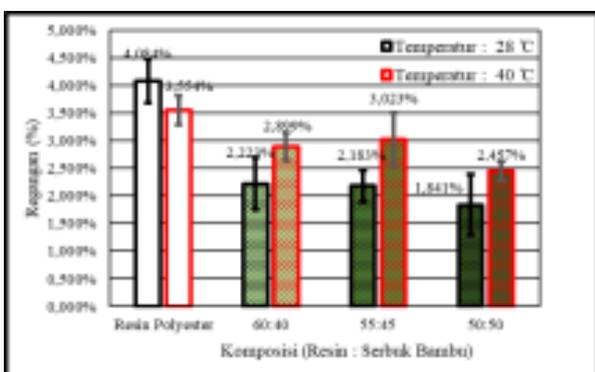
(c)



(d)



(a)



(b)

Regangan pada tegangan maksimum dari masing-masing komposisi polyester+serbuk bambu dibandingkan dengan based material yaitu resin polyester. Dimana pada komposisi 60%:40% pada temperatur 28°C terjadi peningkatan regangan pada tegangan yang sama jika dibandingkan dengan based material yaitu naik sebesar 31,04%, sedangkan pada temperatur 40°C terjadi peningkatan regangan yaitu sebesar 114,43%. Pada komposisi 50%:50% memiliki peningkatan regangan terbesar pada tegangan yang sama jika dibandingkan dengan based material, dimana pada temperatur 28°C naik sebesar 80,14%, dan pada temperatur 40°C naik sebesar 235,3 %. Pada komposisi 50%:50% memiliki peningkatan regangan terkecil pada tegangan yang sama dibandingkan dengan resin polyester, dimana pada temperatur 28°C memiliki peningkatan hanya sebesar 9,01%, dan pada temperatur 40°C terjadi peningkatan regangan sebesar 65,71%.

Dapat dilihat pada penelitian [6] menunjukkan grafik tegangan regangan pada glassfiber composite dengan variasi temperatur, dimana pada glassfiber composite pada saat mengalami peningkatan temperatur menurunkan regangan maksimum pada glassfiber composite. Hal ini berbanding terbalik dengan polyester+serbuk bambu yang dimana mengalami peningkatan regangan yang signifikan pada saat mengalami peningkatan temperatur dari 28°C ke 40°C.

Dapat kita lihat pada gambar 4 (d) merupakan gambar spesimen resin polyester dan serbuk bambu setelah dilakukan uji tarik dengan variasi temperatur (28°C dan 40°C), dapat kita lihat pada resin polyester spesimen setelah dilakukan penarikan terjadi pecah pada daerah pencekam dan daerah patahan spesimen, sedangkan pada bamboo powder composite tidak terjadi pecahan pada spesimen setelah penarikan, hal ini diakibatkan karena setelah penambahan serbuk bambu membuat komposit menjadi tidak kaku dan lebih elastis.

Pada Gambar 4(a) memperlihatkan perbedaan nilai Kekuatan tarik komposit Bambu pada perbedaan komposisi dan temperatur, dapat dilihat bahwa pada komposisi 60% (Matriks):40% (Filler) dengan suhu penarikan 28°C memiliki nilai gaya penarikan tertinggi yaitu di 24,64 MPa, sedangkan nilai terendah didapatkan pada komposisi 50% (Matriks):50% (Filler) dengan suhu penarikan 40°C yaitu sebesar 13,92 MPa. Menurut penelitian [7] komposit menjadi semakin kaku dengan peningkatan kandungan bambu, nilai berangsur-angsur menurun. Karena peningkatan kandungan bambu, transmisi tegangan dari matriks ke serat menjadi sangat sulit. Oleh karena itu, kontinuitas fasa matriks terganggu oleh peningkatan kandungan bambu. Hal ini menggambarkan bahwa semakin tinggi komposisi serbuk bambu maka terjadi penurunan nilai kekuatan tariknya. Pada grafik di atas juga memperlihatkan based material yang digunakan yaitu Resin Polyester, dimana kekuatan tariknya ketika di temperatur 28°C memiliki nilai terbesar dibandingkan dengan bambu komposit yaitu sebesar 39,64 MPa, dan juga pada temperatur 40°C memiliki nilai terbesar dibandingkan bambu komposit sebesar 18,95 MPa. Dapat dilihat dari grafik bahwa penurunan kekuatan tarik terbesar terjadi pada resin polyester yaitu sebesar 12 %. Menurut penelitian [8] bahwa dengan penambahan filler kedalam matriks komposit

serat alam menurunkan kekuatan tarik material, dan semakin bertambah filler tersebut semakin menurunkan kekuatan tarik material yang juga didukung oleh [9] bahwa penggabungan bahan pengisi ke dalam matriks polimer dapat menurunkan kekuatan tarik komposit yang dihasilkan, menurut peneliti sebelumnya dan penelitian ini memiliki kesamaan dimana terjadi penurunan kekuatan tarik ketika diberikan penambahan filler kepada matriks komposit.

Data pada grafik juga mendeskripsikan sebuah fakta bahwa dengan naiknya temperatur, kekuatan tarik komposit cenderung menurun. Semakin tinggi temperatur, kekuatan tarik komposit semakin rendah [10]. Transisi dari keadaan seperti kaca ke keadaan seperti karet, kenaikan suhu memiliki pengaruh besar pada bagian dari kurva tegangan/regangan serat karena menyangkut perubahan konformasi energetik yang rendah. Peningkatan suhu menurunkan tegangan patah [11]. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi komposisi matriks maka semakin besar nilai kekuatan tariknya, dan semakin tinggi temperturnya maka nilai kekuatan tariknya akan semakin rendah.

Pada gambar 4(c) dapat dilihat bahwa untuk nilai modulus elastisitas variasi komposisi 60 %:40 %, 55 %:45 %, dan 50 %:50 %, pada temperatur 28°C masing-masing memiliki nilai modulus elastisitas sebesar 1,720 GPa, 1,758 GPa, dan 1,789 GPa. Dan pada saat pemberian temperatur 40 °C terjadi penurunan dan masing-masing memiliki nilai modulus elastisitas sebesar 1,148 GPa, 1,134 GPa, dan 1,155.

Tetapi dalam hal ini nilai modulus elastisitas dari setiap variasi komposisi dapat dikatakan nilainya hampir setara karena tidak ada kenaikan dan penurunan yang signifikan dari segi nilai modulus elastisitasnya. Dan pada saat penambahan panas pada temperatur 40 °C berakibat pada penurunan nilai modulus elastisitasnya pada bamboo powder composite.

Menurut penelitian [11] dapat dilihat bahwa hasil penelitiannya mengatakan semakin tinggi temperatur maka menurunkan nilai dari modulus elastisitas, seperti pada suhu 20°C memiliki modulus sebesar 13 GPa sedangkan pada suhu 40°C memiliki nilai modulus sebesar 11 GPa. Menurut penelitian Kristomus Boimau et al (2022) bahwa Nilai modulus tarik (E) komposit pun tidak jauh berbeda dengan nilai tegangan

tarik, bahwa spesimen uji tanpa pemanasan memiliki nilai modulus tarik tertinggi, dan terendah diperoleh pada spesimen uji yang dipanaskan pada temperatur 200°C. komposit pada kondisi temperatur ruang (25 °C) memiliki nilai kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit pada temperatur tinggi (200°C). Hasil penelitian yang dikutip di atas sesuai dengan hasil penelitian yang didapatkan bahwa semakin besar suhunya maka akan menurunkan nilai modulus elastisitas.

KESIMPULAN

Regangan tarik meningkat signifikan pada komposisi polyester-serbuk bambu dalam lingkungan panas 40°C pada komposisi 55 %:45 %. Nilai modulus elastisitas hampir sama untuk setiap komposisi dan pada temperatur 40°C terjadi penurunan nilai modulus elastisitas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Hasanuddin atas dukungan yang diberikan berupa kesiapan seluruh laboratorium menjadi tempat pengujian selama penelitian ini dilaksanakan. Demikian pula kepada Mahasiswa Teknik Mesin yang banyak membantu di tahap pengumpulan data lapangan.

KONTRIBUSI PENULIS

Author utama berkontribusi menjalankan penelitian. Co-authors berkontribusi merumuskan permasalahan lapangan untuk diteliti pada laboratorium.

DANA PENELITIAN

Penelitian ini telah didanai dan hibah internal penelitian Universitas Hasanuddin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Manurung, Septiana dkk. 2015. Pembuatan Dan Karakterisasi Komposit Serat Palem Saray Dengan Matriks Poliester. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [2]. Amada S., Ichikawa Y., Munekata T., Nagase Y., Shimizu K., (1997), Fiber texture and mechanical graded structure of bambu. *Composites Part B* 28, pp. 13–20.
- [3]. Nayak L., Mishra S.P., 2016, Prospect of bambu as a renewable textile fiber, historical overview, labeling, controversies and regulation, *Fashion and Textiles* 3(2), 1-23.
- [4]. ain S., Kumaru R., Jindal U.C., 1992, Mechanical behaviour of bambu and Bambu composite, *Journal of Materials Science* 27, 4598-4604.
- [5]. Defoirdt N., Biswas S., De Vriese L., Tran L.Q.N., Van Acker J., Ahsan Q., Gorbatiikh L., Van Vuure A., Verpoest I., 2010, Assessment of the tensile properties of coir, bambu and jute fibre, *Composites: Part A* 41, pp. 588–595.
- [6]. Rosa, Ines C et al.2022. Experimental study of the tensile behaviour of GFRP reinforcing bars at elevated temperatures. Portugal : Universidade de Lisboa.
- [7]. Abdul-El Salam, M. H.2014. Mechanical properties of bamboo powder reinforced ethylene propylene diene 62 monomer (epdm) composites: effect of filler loading and particle size. Cairo : Ain Shams University.
- [8]. Mahdi, Elsadig et al.2020. The Effect of Filler Content on the Tensile Behavior of Polypropylene/Cotton Fiber and poly(vinyl chloride)/Cotton Fiber Composites.Doha : Qatar University.
- [9]. Zaini M. J. et al.1996. The effect of filler content and size on the mechanical properties of polypropylene/oil palm wood flour composites.Shah Alam : Standards and Industrial Research Institute Of Malaysia.
- [10]. Boimau, Kristomus et al.2022. Efek Temperatur terhadap Sifat Tarik Komposit Poliester Berpenguat Serat Daun Gwang.Kupang : Universitas Nusa Cendana.



- [11]. Le Clerc, C et al. Influence of temperature on the mechanical behaviour of polyester fibres. *J Mater Sci* (2006) 41:7512–7514.