

PENGARUH LAMINAT SERAT RAMI DAN KARBON TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT HYBRID MATRIKS TUNG GAL EPOXY

- 1) Program Studi S1
Teknik Mesin,
Universitas Tidar
- 2) Program Studi
Teknologi Rekayasa
Perancangan
Manufaktur,
Universitas Tidar
- 3) Program Studi S1
Teknik Industri,
Universitas Tidar

Corresponding email ¹⁾ :
cahyosasmito224@gmail.com

Corresponding email ²⁾ :

noorsetyo@yahoo.com

Corresponding email ³⁾ :

Fendy.kussuma@gmail.com

Received: 14-12-2024

Accepted: 23-12-2024

Published: 28-12-2025

©2025 Politala Press.

All Rights Reserved.

Cahyo Pono Sasmito^{1*)}, Adityo Noor Setyo H.D²⁾,
M. Fendy Kussuma H.S³⁾

Abstrak. Material komposit telah berkembang pesat selama bertahun-tahun dan kini berperan penting dalam kemajuan teknologi material. Dipercayai bahwa penggunaan komposit campuran (*hybrid*) antara serat alami dan serat buatan (sintetis) dapat menghasilkan komposit yang lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh susunan laminat komposit *hybrid* berpenguat serat rami dan serat karbon menggunakan matriks resin *epoxy* terhadap sifat mekanik yaitu kekuatan tarik, dan ketangguhan impact. Komposit dibuat menggunakan metode *hand lay up* dengan variasi susunan laminat yaitu Karbon-Rami-Karbon-Rami dan Rami-Karbon-Karbon-Rami, serat rami diberi perlakuan alkali dengan merendam menggunakan Naoh 5% selama 2 jam. Hasil penelitian menunjukan dari kedua variasi spesimen, variasi Rami-Karbon-Karbon-Rami memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 245 MPa untuk regangannya tertinggi mencapai 0,074 sementara modulus elastisitas tertinggi pada variasi Karbon-Rami-Karbon-Rami sebesar 6,04 GPa. Pengujian impact Charpy mendapat harga impact tertinggi pada variasi Rami-Karbon-Karbon-Rami sebesar 0,07762 J/mm².

Kata Kunci: komposit hibrida, serat rami, serat karbon, uji tarik, uji impact

Abstract. Composite materials have developed rapidly over the years and now play an important role in the advancement of materials technology. It is believed that the use of mixed (*hybrid*) composites between natural fibers and artificial (synthetic) fibers can produce better composites. This research aims to determine the effect of the arrangement of hybrid composite laminates reinforced with hemp fiber and carbon fiber using an epoxy resin matrix on mechanical properties, namely tensile strength and impact toughness. The composite was made using the *hand lay up* method with variations in the laminate composition, namely Carbon-Hemp-Carbon-Hemp and Hemp-Carbon-Carbon-Hemp. The hemp fiber was treated with alkali by soaking in 5% NaOH for 2 hours. The research results show that of the two specimen variations, the Hemp-Carbon-Carbon-Hemp variation has the highest tensile strength value of 245 MPa with the highest strain reaching 0.074 while the highest elastic modulus in the Carbon-Hemp-Carbon-Hemp variation is 6.04 GPa. Charpy impact testing obtained the highest impact value in the Hemp-Carbon-Carbon-Hemp variation of 0.07762 J/mm².

Keywords: hybrid composites, hemp fiber, carbon fiber, tensile test, impact test

To cite this article: <https://doi.org/10.34128/je.v12i2.328>

1. Pendahuluan

Material komposit telah berkembang pesat selama bertahun-tahun dan kini berperan penting dalam kemajuan teknologi material. Dibandingkan dengan bahan lain, bahan ini memiliki sejumlah keunggulan seperti lebih mudah dibentuk, bobot lebih ringan, biaya produksi lebih murah, dan tahan terhadap arus listrik [1].

Dipercayai bahwa penggunaan komposit campuran (hybrid) antara serat alami dan serat buatan (sintetis) dapat menghasilkan komposit yang lebih baik. Komposit hybrid adalah penggabungan dua atau lebih bahan penguat dalam sebuah matriks, kinerja mekanik komposit sangat bergantung pada interaksinya.

Di antara serat alami lainnya, serat rami mendapat penerimaan yang lebih tinggi karena kekakuannya yang lebih baik, karena memiliki kandungan selulosa yang tinggi dibandingkan serat alami lainnya. Selain itu rami memiliki kepadatan yang lebih rendah dan meminimalkan massa komposit, sehingga komposit yang dikembangkan dengan serat rami akan lebih ringan beratnya [2] apalagi jika dipadukan dengan material sintetis menjadi serat hybrid dalam matriks tunggal contohnya serat karbon.

Komposit yang diperkuat serat karbon lebih disukai karena menawarkan kekuatan tarik yang tinggi, bahannya ringan, tahan terhadap korosi, serta tahan terhadap sinar (UV), namun serat karbon juga kelemahan yaitu memiliki ketangguhan yang rendah dan tidak dapat digunakan untuk aplikasi penyerapan energi oleh karena itu dibutuhkan serat rami yang menawarkan sifat penyerapan energi tapi memiliki kekurangan dalam kekuatan mekaniknya jika dibandingkan dengan serat karbon, oleh karena itu komposit hibrida yang dibuat menggunakan kedua kombinasi serat ini memberikan daya dukung terhadap kekuatan massa yang ringan, penyerapan energi yang baik serta kekuatan mekanik yang memungkinkan komposit ini untuk dikembangkan lebih dalam lagi kedalam dunia industri khususnya dalam pengembangan teknik komposit [3].

Hasil penelitian [4] menunjukkan penelitian ini bertujuan menyelidiki komposit hybrid berbasis epoksi yang diperkuat serat rami dan serat karbon, menggunakan serat rami dua arah dan serat karbon tenunan 380 gsm dengan resin araldite LY 556 dengan hardener K5200 perbandingan 10:1 di suhu rendah dengan standar uji Tarik ASTM D638 menggunakan metode Hand Lay-up mendapatkan hasil pengujian tarik spesimen hybrid rami karbon epoxy adalah 213,2 MPa, Modulus tarik 26,64 GPa dan persentase Panjang 1,78 mm² sementara untuk uji impaknya menggunakan alat uji tipe pendulum ayun dengan dimensi penampang 12,1 mm² panjang 64 mm, dan kedalaman takik 10,2 mm mendapatkan hasil uji impak untuk komposit hybrid 1,9 KJ.

Perilaku mekanis pada komposit hybrid yang diperkuat serat rami dan karbon dilakukan oleh [5] Penelitian ini bertujuan menyelidiki komposit hybrid bahan rami tenunan dengan karbon tenunan kevlar dengan resin Araldite LY556 dan hardener HY951 dengan standar Teknik pengujian tarik ASTM D 3039 menggunakan metode Hand Lay-up dengan proses oven specimen selama 3 jam pada suhu 500° mendapatkan hasil antara 157,74 - 234,68 MPa dan Pengujian impak Charpy dengan standar ASTM D 6110 mendapatkan hasil antara 82,33 KJ/m² – 108,45 KJ/m².

Berdasarkan latar belakang kekuatan mekanik serat rami dan serat karbon diatas memiliki potensi kekuatan mekanik yang baik dan dapat dikembangkan ke dalam pembuatan komposit hybrid dengan matriks epoxy yang nantinya menjadi alternatif pilihan material komposit dalam bidang industri sesuai dengan kekuatan dan kapasitas mekanik kompositnya.

2. Tinjauan Pustaka

Komposit merupakan suatu gabungan antara dua material atau lebih yang sifat mekanik dan karakteristiknya berbeda sehingga dapat menghasilkan suatu material baru yang lebih baik dari material penyusunnya. Menurut [6] komposit merupakan sebuah penggabungan dua atau lebih material dari bahan-bahan yang mempunyai sifat berbeda yang tidak dimiliki oleh bahan-bahan yang lain sehingga diperoleh material baru yang tersusun secara kombinasi simetrik dengan sifat tertentu.

Di Indonesia, tanaman rami dibudidayakan di beberapa tempat, yaitu di Jawa Barat, Lampung, Jawa Tengah dan Sumatera selatan. Idealnya tanaman rami cocok ditanam pada kondisi tanah terbuka dengan ketinggian ideal 400-1500 meter (dpl), curah hujan tahunan 90 mm/bulan, dan struktur ringan, seperti daerah lempung berpasir dengan pH 5,6-6,5 dan dapat dipanen setiap 2 bulan sekali [7].

Serat karbon termasuk dalam kelompok serat sintetis yang tidak terbentuk secara alami tetapi terbentuk sebagai hasil proses kimiawi dari polimer sintetis, yaitu zat dengan berat molekul sangat tinggi, terdiri dari unit-unit yang berulang kali direplikasi yang disebut mers. Ini adalah serat dengan benang karbon dengan diameter sekitar 5 hingga 10 mikrometer, terutama terdiri dari atom karbon. Serat karbon memiliki ciri ketahanan panas dan kimia yang baik dibandingkan serat lainnya baik alami maupun sintetis [8].

Perlakuan alkali merupakan sebuah perlakuan yang diberikan kepada serat dengan tujuan untuk memodifikasi permukaan serat dengan merendam serat menggunakan basa alkali dalam waktu tertentu sehingga komponen penyusun serat yang kurang baik dapat dikurangi seperti hemiselulosa dan lignin, sehingga kekuatan ikatan antarmuka serat-matriks meningkat. matriks lebih mudah membasahi serat dan mendapatkan mechanical interlocking yang lebih optimal [9].

Hasil Penelitian [10] komposit hybrid serat rami anyam dengan serat karbon twill 2x2 menggunakan matriks resin polyester dengan perlakuan perendaman alkali selama 4 jam dan pengeringan serat menggunakan

oven pada suhu 80°C selama 3 jam dengan susunan serat rami-karbon-rami-karbon dengan standar ASTM D 638 mendapat kekuatan tarik maksimal 146,7 MPa.

3. Metodologi Penelitian

Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimental, pengujian yang akan dilakukan adalah uji kekuatan tarik dengan standar ASTM D638 dan uji ketangguhan impak dengan standar ASTM D6110. Pada penelitian ini serat rami dan serat karbon digunakan sebagai penguat serta matrik resin epoxy digunakan sebagai pengikat. Variasi susunan laminat yang digunakan adalah A. karbon-rami-karbon-rami B. rami-karbon-karbon-rami. Pembuatan komposit dilakukan dengan metode hand lay-up dengan bantuan pengepresan hidrolik. Perlakuan permukaan pada serat rami juga dilakukan sebelum masuk ke cetakan dengan perendaman 5% larutan NaOH selama 2 jam.

Variabel Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini variabel yang digunakan adalah sebagai berikut:

Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan suatu variabel yang akan mempengaruhi dari suatu penelitian. Adapun variabel bebas dalam penelitian ini adalah susunan variasi laminat spesimen A. Karbon-Rami-Karbon-Rami dan spesimen B. Rami-Karbon-Karbon-Rami.

Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dibuat tetap atau konstan. Variabel kontrol pada penelitian ini yaitu:

- Menggunakan Metode *Hand Lay Up*.
- Bentuk orientasi serat lembaran.
- Serat direndam menggunakan cairan NaOH 5% selama 2 jam.
- Menggunakan campuran resin dan hardener 1:1.
- Setiap variasi akan dilakukan pengujian 5 kali.
- Dimensi spesimen pengujian kekuatan tarik ASTM D638 dan pengujian ketangguhan impak ASTM D6110.

Variabel terikat

Nama lain dari variabel terikat adalah variabel respon, yaitu variabel yang perubahannya tergantung pada variabel lain. Kekuatan mekanik menjadi faktor yang digunakan dalam variabel terikat penelitian ini.

Tahapan Penelitian

Persiapan Serat Rami

Perlakuan yang diberikan untuk serat rami adalah sebagai berikut:

- Serat rami anyam dipotong sesuai ukuran cetakan
- Tuangkan aquades sebanyak 500 ml ke dalam baskom dan tambahkan 5% larutan NaOH sebanyak 30 ml.
- Kemudian rendam serat rami dengan bentuk lembaran sesuai ukuran cetakan selama 2 jam.
- Setelah perendaman bilas menggunakan air bersih.
- Kemudian keringkan serat pada temperatur kamar hingga kering.
- Serat rami telah siap dipakai untuk bahan penguat.

Persiapan Serat Karbon

Perlakuan yang diberikan untuk serat rami adalah sebagai berikut:

- Serat karbon dibersihkan dari debu yang menempel.
- Serat karbon dipotong sesuai dengan ukuran cetakan.
- Serat karbon sudah siap digunakan.

Pembuatan Komposit

Pembuatan komposit menggunakan metode *hand lay up* dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Membersihkan cetakan dari kotoran yang menempel.
- Memasang plastik pelapis pada permukaan cetakan.
- Memberi pelumas pada plastik dan cetakan.
- Menimbang serat dan matriks sesuai dengan perhitungan fraksi volume.
- Tuangkan resin pada permukaan sampai rata dan pastikan tidak terdapat gelembung.
- Tambahkan serat rami dan serat karbon sesuai dengan variasi dan selalu bergiliran dengan resin.
- Setelah selesai menuangkan resin dan serat tutup cetakan dan berikan tekanan selama proses pengeringan selama 24 jam.
- Lepas komposit dari cetakan bila sudah 24 jam.

Proses
Pembuatan
komposit



Gambar 1. Proses Pembuatan

Spesimen Pengujian

Setelah pencetakan komposit dibentuk sesuai dengan standar yang digunakan untuk uji tarik ASTM D638, standar yang digunakan untuk uji dampak ASTM D 6110.



Spesimen uji tarik

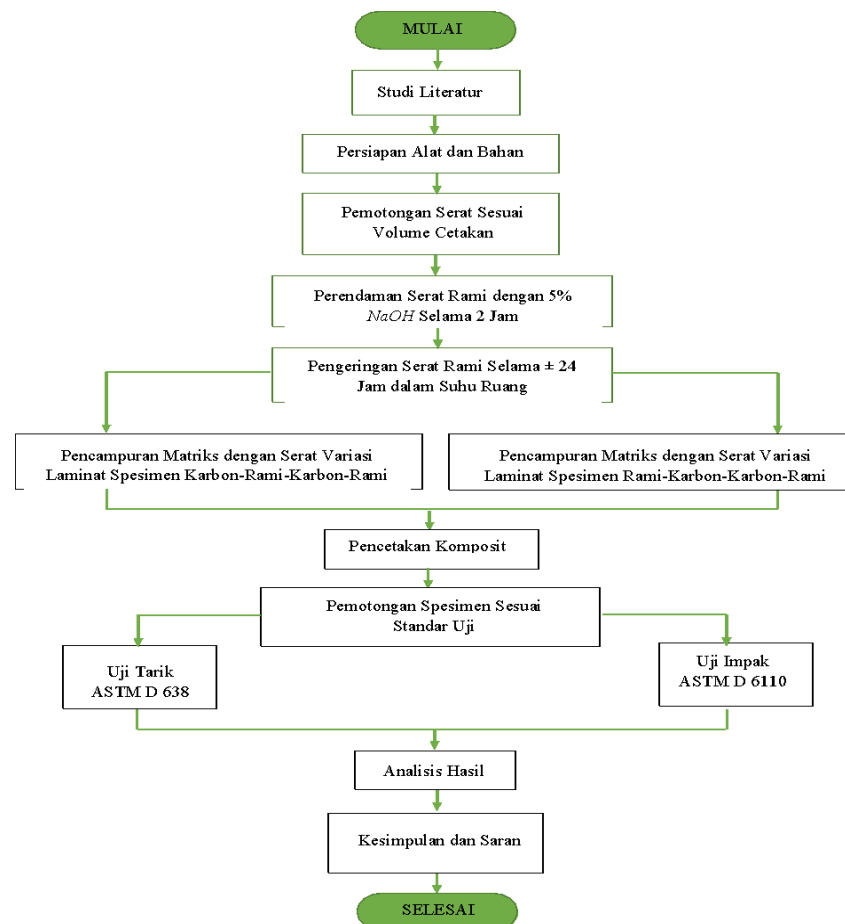


Spesimen uji dampak

Gambar 2. Spesimen Uji

Diagram Alir

Tahapan penelitian bisa dilihat pada diagram alir dibawah ini



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini komposit dibuat dengan serat rami dan serat karbon sebagai penguat serta resin *epoxy* bakelite 174 EPR dan *hardener* Versamid 140. Penelitian ini menggunakan dua variasi yaitu (A). Karbon-Rami-Karbon-Rami dan (B). Rami-Karbon-Karbon Rami kedua variasi tersebut dilakukan pengujian kekuatan tarik dan ketangguhan impak.

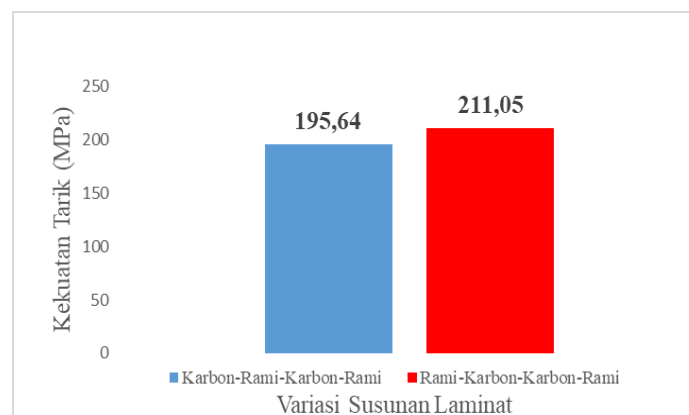
Uji Tarik

Pengujian kekuatan tarik adalah suatu metode pengujian mekanik yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan bahan material terhadap gaya tarik dengan menarik benda uji hingga putus. Uji tarik tergolong dalam uji statik, tetapi pada dasarnya beban tetap naik secara kontinu, untuk mendapatkan sifat pengujian statik maka laju penarikan harus dibuat secara lambat. Pengujian tarik bertujuan untuk mencari sebuah tegangan dan regangan dari benda uji sehingga sifat mekanik dari material yang diujikan dapat diketahui[11].

Tabel 1. Menunjukkan hasil pengujian kekuatan tarik dengan variasi lapisan serat A011 – A015 karbon-rami-karbon-rami, A021- A025 rami-karbon-karbon-rami

| Kode | Maximum Force (Kgf) | Tensile Strength (kgf/mm ²) | Elongation (%) | Regangan (mm) | Modulus Elastisitas (GPa) | σ_f (MPa) | Rata-Rata (MPa) |
|------|---------------------|-----------------------------------------|----------------|---------------|---------------------------|------------------|-----------------|
| A011 | 1155,24 | 20,10 | 6,93 | 0,042 | 4,69 | 196,98 | 195,64 |
| A012 | 720,61 | 13,88 | 6,60 | 0,040 | 3,40 | 136,02 | |
| A013 | 855,16 | 15,89 | 7,96 | 0,048 | 3,22 | 155,72 | |
| A014 | 1225,23 | 24,95 | 6,57 | 0,040 | 6,04 | 244,51 | |
| A015 | 1099,74 | 20,37 | 8,50 | 0,051 | 3,87 | 199,62 | |
| A021 | 1492,59 | 25,00 | 10,71 | 0,064 | 3,77 | 245,00 | 211,05 |
| A022 | 994,56 | 16,80 | 13,21 | 0,080 | 2,05 | 164,64 | |
| A023 | 1218,64 | 20,25 | 16,47 | 0,099 | 1,98 | 198,45 | |
| A024 | 1257,75 | 20,72 | 11,00 | 0,066 | 3,04 | 203,05 | |
| A025 | 1321,94 | 24,91 | 10,25 | 0,062 | 3,92 | 244,11 | |

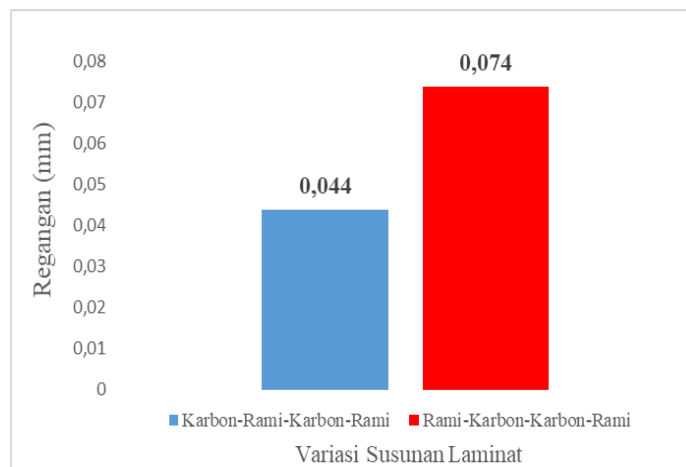
Berdasarkan Tabel 1 hasil pengujian tarik komposit hybrid serat rami dan serat karbon menunjukkan bahwa variasi spesimen Karbon – Rami - Karbon – Rami pada spesimen A014 memiliki kekuatan tarik tertinggi yaitu 244,51 MPa dan pada spesimen A012 memiliki kekuatan terendah sebesar 136,02 MPa. Sementara pada variasi Rami-Karbon-Karbon-Rami kekuatan tarik tertingginya berada pada spesimen A021 yaitu 245,00 MPa dan pada spesimen A022 mendapatkan kekuatan terendahnya sebesar 164,64 MPa.



Gambar 4. Diagram Rata-Rata Kekuatan Tarik

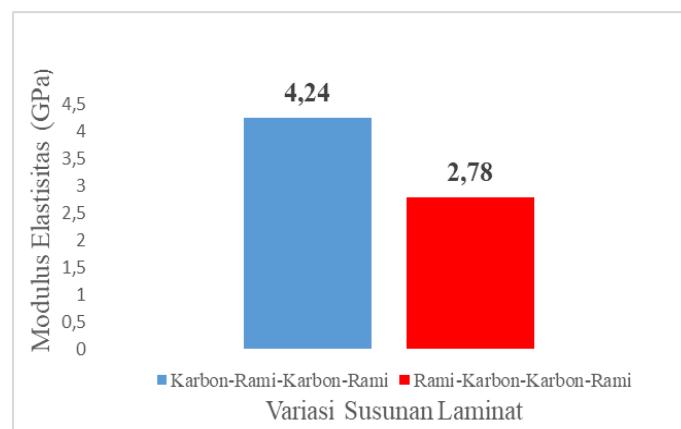
Hasil pembahasan rata-rata kekuatan tarik antara variasi karbon-rami-karbon-rami dan rami-karbon-karbon-rami mengalami sedikit perbedaan bila diambil kekuatan rata-ratanya karena pada saat dilakukan pengujian dimana saat spesimen ditarik terjadi ketidakseimbangan beban penarikan dikarenakan beda kekuatan material penyusunnya. Selain beda kekuatan material, penyebab lainnya yang menyebabkan spesimen patah adalah dikarenakan metode pelapisan saat pembuatan spesimen yang menggunakan metode laminasi yang dimana metode laminasi ini menumpuk semua serat penguat sesuai dengan jenis variasi masing-masing[12]. Panjang serat dan ukuran yang digunakan sama akan tetapi variasi rami-karbon-karbon-rami masih memiliki kekuatan rata-rata yang tinggi dibanding variasi karbon-rami-karbon-rami dikarenakan serat karbon yang berada di tengah menjadikan

resin dan karbon menjadi *bonding* yang lebih kuat dibandingkan serat rami yang berada di tengah karena serat karbon memiliki sifat memindahkan tegangan yang baik pada beban tarik[13] mengakibatkan variasi rami-karbon-karbon-rami memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi. Kemudian nilai rata-rata regangan tiap variasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Rata-Rata Regangan

Hasil Pembahasan rata-rata regangan antar variasi karbon-rami-karbon-rami dan rami-karbon-karbon-rami mengalami sedikit perbedaan, karena regangan yang besar maka semakin kecil nilai modulus elastisitasnya, regangan merupakan perbandingan pertambahan panjang bahan mula-mula regangan menunjukkan seberapa mudah benda untuk bertambah panjang saat diberi gaya[14]. Pada variasi karbon-rami-karbon-rami memiliki sifat kaku yang mengakibatkan nilai regangannya semakin rendah berbeda dengan dengan variasi rami-karbon-karbon-rami yang memiliki sifat elastis karena rami menghimpit karbon yang berada di tengah sehingga lebih menghasilkan sifat elastis yang mengakibatkan nilai regangannya lebih tinggi dibandingkan variasi karbon-rami-karbon-rami.



Gambar 6. Diagram Rata-Rata Modulus Elastisitas

Pada Gambar 6. Hasil pembahasan modulus elastisitas kekuatan tarik antara variasi karbon-rami-karbon-rami dan rami-karbon-karbon-rami mengalami sedikit perbedaan karena Modulus elastisitas berbanding lurus dengan kekuatan tarik akan tetapi berbanding terbalik dengan elongasi. Jika suatu bahan semakin kaku, maka harga dari modulus young akan semakin besar, karena pada material yang memiliki tingkat kekakuan yang besar memerlukan energi yang besar pula untuk menarik material tersebut sampai putus, tetapi pertambahan panjang atau sifat elastisitas dari material tersebut rendah[14]. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.1 yang menunjukkan variasi karbon-rami-karbon-rami spesimen A014 mendapat modulus elastisitas paling tinggi namun memiliki elongasi paling rendah, sedangkan pada variasi A023 memiliki nilai modulus elastisitas paling rendah namun nilai elongasi paling tinggi.

Uji Impak

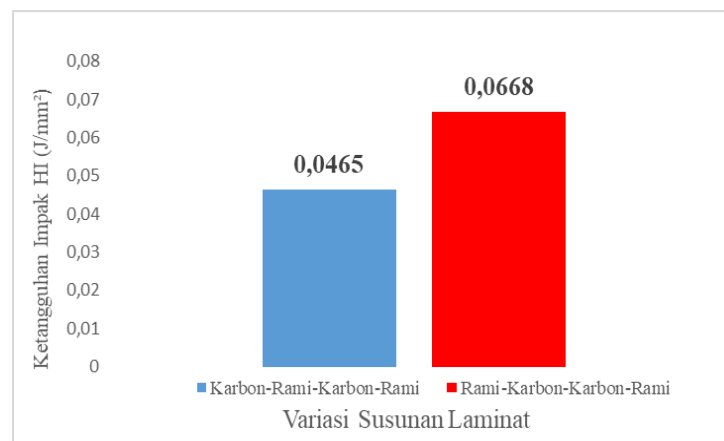
Uji impact yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode charpy. Uji ini dilakukan dengan meletakkan benda uji secara horizontal lalu pendulum akan memukul spesimen beban 1,357 kg dan panjang lengan ayun 0,3948 m. Sudut awal α berada di posisi 155° dan sudut akhir β posisi tertinggi 117° dan terendah 98° .

Pada Tabel 2 terlihat nilai dari energi serap dan ketangguhan impact. Nilai Energi serap saling berhubungan dengan nilai sudut β . Jika sudut β semakin besar, maka nilai energi serap akan lebih kecil begitupun jika sudut β semakin kecil, maka nilai energi serapnya akan lebih tinggi. Hal tersebut berbanding terbalik dengan hubungan nilai ketangguhan impact dengan nilai sudut β . Apabila sudut β (β) semakin kecil, maka nilai ketangguhan impact akan semakin tinggi begitupun sebaliknya. Jika sudut β (β) semakin besar, maka ketangguhan impact akan semakin kecil[15].

Tabel 2. Data hasil pengujian ketangguhan impact dengan variasi lapisan serat C011 - C015 karbon-rami-karbon-rami, C021 - C025 rami-karbon-karbon-rami

| No | Kode Spesimen | α ($^\circ$) | β ($^\circ$) | A (mm^2) | Esrp (Joule) | HI (J/mm^2) | Rata-Rata |
|----|---------------|-----------------------|----------------------|---------------------|--------------|-------------------------------|-----------|
| 1 | C011 | 155 | 117 | 38,95 | 1,8114 | 0,0465 | 0,0465 |
| 2 | C012 | 155 | 114 | 46,15 | 2,0597 | 0,0446 | |
| 3 | C013 | 155 | 115 | 44,29 | 1,9763 | 0,0446 | |
| 4 | C014 | 155 | 115 | 42,66 | 1,9763 | 0,4631 | |
| 5 | C015 | 155 | 115 | 46,88 | 1,9763 | 0,0421 | |
| 6 | C021 | 155 | 101 | 45,21 | 3,1946 | 0,0706 | 0,0668 |
| 7 | C022 | 155 | 98 | 44,65 | 3,4659 | 0,0776 | |
| 8 | C023 | 155 | 109 | 34,73 | 2,4863 | 0,0715 | |
| 9 | C024 | 155 | 106 | 42,66 | 2,7487 | 0,0644 | |
| 10 | C025 | 155 | 109 | 39,66 | 2,4863 | 0,0626 | |

Jika dilihat pada Tabel 2 Nilai tertinggi ketangguhan impactnya adalah $0,0776 \text{ J}/\text{mm}^2$ pada spesimen C022 dengan variasi rami-karbon-karbon-rami. Sedangkan untuk nilai ketangguhan impact terendah berada pada spesimen C015 dengan variasi karbon-rami-karbon-rami.



Gambar 7. Diagram Rata-Rata Ketangguhan Impact

Pada Gambar 7 terlihat bahwa nilai ketangguhan impact variasi karbon-rami-karbon-rami memiliki ketangguhan yang lebih rendah dibandingkan dengan variasi rami-karbon-karbon-rami dikarenakan pada lapisan pertama serat karbon itu sendiri memiliki sifat yang kaku dan mudah pecah, kurang mampu menyerap energi dampak mengakibatkan nilai ketangguhan impactnya lebih rendah bila diberikan benturan pada spesimen tersebut.

Pada ketangguhan impact variasi rami-karbon-karbon-rami memiliki ketangguhan impact yang lebih tinggi dibandingkan dengan variasi rami-karbon-karbon-rami karena pada lapisan paling luar terdiri dari serat rami yang mampu menyerap energi dampak yang lebih baik sebelum gaya diberikan ke lapisan serat karbon yang lebih kaku di bagian dalamnya[16].

5. Kesimpulan

Hasil Penelitian dapat disimpulkan bahwa pada variasi Rami-Karbon-Karbon-Rami pada hasil pengujian kekuatan tarik mendapatkan nilai kekuatan tertinggi sebesar 245 MPa dan kekuatan terendah 136,02 MPa, untuk regangan tertingginya mencapai 0,074 mm dan terendahnya mencapai 0,044 mm, untuk modulus elastisitas tertingginya mencapai 6,04 GPa dan terendah mencapai 1,98 GPa. Hasil pengujian ketangguhan impact tertinggi sebesar 0,0776 J/mm² dan terendah sebesar 0,0421 J/mm². Hasil Penelitian dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini mendapatkan hasil lebih baik dari penelitian sebelumnya dengan menggunakan variasi Rami-Karbon-Karbon-Rami dan perlakuan alkalisasi pada serat rami selama 2 jam setara menggunakan matriks epoxy mendapatkan keunggulan pada pengujian kekuatan tarik dan ketangguhan impact lebih baik dibandingkan dengan variasi Karbon-Rami-Karbon-Rami dan penelitian sebelumnya.

6. Saran

- Bagi Peneliti dapat memperhatikan proses manufaktur pencetakan komposit wajib menggunakan parameter yang sama agar mendapat hasil yang seragam.
- Bagi Peneliti dapat menambahkan proses pengeringan melalui proses curing (pengurangan kadar air) supaya mendapatkan hasil yang sama dan seragam.
- Bagi industri dapat mempertimbangkan penggunaan alternatif material komposit hybrid ini untuk dijadikan produk industri.
- Penelitian ini dapat dikembangkan lebih luas lagi dengan meneliti respon komposit terhadap ketahanan cuaca panas atau dingin dan sifat mekanik lainnya.

Daftar Pustaka

- [1] P. S. S. Kumar and K. V. Allamraju, "Materials Today: *Proceedings Experimental study and characterization of glass, jute & sisal fiber reinforced polymer matrix composites*," *Mater. Today Proc.*, vol. 44, pp. 941–948, 2021.
- [2] S. Margabandu and S. Subramaniam, "An experimental investigation of thrust force, delamination and surface roughness in drilling of jute / carbon hybrid composites," no. March, 2020.
- [3] P. Ravikumar, G. Rajeshkumar, J. P. Maran, N. A. Al-, and P. Karuppiyah, "Evaluation of Mechanical and Water Absorption Behaviors of Jute / Carbon Fiber Reinforced Polyester Hybrid Composites," *J. Nat. Fibers*, vol. 00, no. 00, pp. 1–13, 2021.
- [4] M. V. Ramana and S. Ramprasad, "ScienceDirect Experimental Investigation on Jute / Carbon Fibre reinforced Epoxy based Hybrid Composites," *Mater. Today Proc.*, vol. 4, no. 8, pp. 8654–8664, 2017.
- [5] M. Sathiyamoorthy and S. Senthilkumar, "Mechanical, thermal, and water absorption behaviour of jute / carbon reinforced hybrid composites," *Sādhanā*, vol. 0123456789, 2020.
- [6] Widiarta, Nugraha, "Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serat Alam Batang Kulit Waru (*Hibiscus Tiliaceust*) Dengan Matrik Polyester," *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 6, no. 1, pp. 41–57, 2018.
- [7] Sudrajat & Prastyo, "Pengembangan tanaman rami (*Boehmeria nivea L. Gaud*) dan pemanfaatan limbah daun rami untuk penggemukkan domba wonosobo," *J. Litbang Provinsi Jawa Teng.*, vol. 16, no. 2, pp. 201–210, 2018.
- [8] P. Pradeep, "Mechanical Characterization of jute fiber over glass and carbon fiber reinforced polymer composites," vol. 10, no. 11, pp. 10392–10396, 2015.
- [9] M. F. K. H. S. dan Sutikno, "Testing of mechanical characteristics of coconut fiber reinforced for composite brake pads for two- wheeled vehicles Testing of mechanical characteristics of coconut fiber reinforced for composite brake pads for two-wheeled vehicles," *Mater. Sci. Eng.*, vol. 546, no. 4, p. 042018, 2019.
- [10] Yudha, Venditias, Ferriawan Yudhanto, and Joko Waluyo, "Analisis Sifat Fisis Dan Mekanis Komposit Hibrid Serat Jute/Karbon Yang Difabrikasi Dengan Metode Vacuum Infusion Sebagai Alternatif Bahan Helm." *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika* vol 8, no. 1, pp. 25-35, 2023.
- [11] N. Saba, M. Jawaid, and M. T. H. Sultan, "An overview of mechanical and physical testing of composite materials". Elsevier Ltd, 2018.
- [12] S. Komariyah, M. Farid, J. Teknik, and F. T. Industri, "Karakterisasi Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Komposit Polyurethane / Serbuk Bambu Sebagai Aplikasi Panel Pintu Mobil," vol. 5, no. 2, pp. 2015–2017, 2016.
- [13] S. Kumar, D. P. Anderson, and A. S. Crasto, "Carbon fibre compressive strength and its dependence on structure and morphology," *J. Mater. Sci.*, vol. 28, no. 2, pp. 423–439, 1993, doi: 10.1007/BF00357820.

- [14] S. Savitri, E. Triwulandari, A. Haryono, and O. A. Syahputra, "Pengaruh Senyawa Silan Terhadap Sifat Mekanik Material Pelapis Paduan Hibrid Epoksi Termodifikasi Poliuretan," *J. Kim. Terap. Indones.*, vol. 17, no. 1, pp. 15–26, 2015.
- [15] Husaini, "Kekuatan Impak Komposit Hibrid Unsaturated Polyester / Clay / Serat Gelas," *Lentera*, vol. 14, no. 10, pp. 45–49, 2014.
- [16] L. Boccarusso, F. Pinto, K. Myronidis, D. De Fazio, and M. Durante, "*Thin Hybrid Hemp/Carbon Fiber Composites: Manufacturing, Flexural, and Impact Behavior*," *J. Mater. Eng. Perform.*, vol. 32, no. 9, pp. 3914–3922, 2023.