

ANALISIS VARIASI ARAH SERAT DAN FRAKSI VOLUME SERAT SABUT KELAPA TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKUATAN IMPAK

1st Muhammad Gilang Baihaqi
Teknik Mesin
UPN Veteran Jakarta
Jakarta, Indonesia

2110311003@mahasiswa.upnvj.ac.id

2nd Nicky Yongkimandalan
Teknik Mesin
UPN Veteran Jakarta
Jakarta, Indonesia

nickyongkimandalan@upnvj.ac.id

3rd Muchamad Oktaviandri
Teknik Mesin
UPN Veteran Jakarta
Jakarta, Indonesia

oktaviandri@upnvj.ac.id

Abstract— Penelitian ini dilakukan untuk melihat seberapa besar pengaruh arah serat dan fraksi volume serat sabut kelapa terhadap kekuatan tarik dan impak komposit berbasis resin polyester. Serat yang digunakan diatur dalam tiga arah, yaitu horizontal, vertikal, dan acak, serta divariasikan fraksi volumenya menjadi 10%, 15%, dan 20%. Sebelum diproses, serat diberi perlakuan NaOH 5% selama dua jam, kemudian dibuat menjadi komposit menggunakan metode hand lay-up. Pengujian tarik dan impak dilakukan mengacu pada standar ASTM D638 dan ISO 179-1. Dari hasil pengujian, orientasi horizontal dengan fraksi volume 15% menunjukkan performa paling baik, ditandai dengan nilai kekuatan tarik 19,45 MPa dan nilai impak 0,1583 J/mm². Sebaliknya, nilai terendah ditemukan pada susunan vertikal dengan fraksi serat 10%. Secara keseluruhan, komposit berbasis serat sabut kelapa memiliki potensi yang baik terutama dalam menahan beban benturan, sehingga berpeluang untuk dikembangkan sebagai material alternatif ramah lingkungan pada aplikasi helm sesuai standar SNI.

Keywords— Serat Sabut Kelapa, Komposit Polyester, Kekuatan Tarik, Kekuatan Impak, Fraksi Volume, Orientasi Serat.

I. PENDAHULUAN

Komposit merupakan bahan rekayasa yang banyak diterapkan di sektor otomotif, migas, dirgantara, hingga peralatan olahraga. Material ini dipilih sebagai pengganti baja karena memiliki keunggulan berupa bobot yang lebih ringan, kekuatan mekanik tinggi, serta ketahanan terhadap korosi. Pada dasarnya, komposit terbentuk dari perpaduan dua atau lebih material dengan sifat kimiai dan fisika berbeda, sehingga menghasilkan suatu bahan baru yang memiliki karakteristik unik dibandingkan komponennya masing-masing [1]. Komposit berbasis serat pada umumnya menunjukkan kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan komposit yang menggunakan penguat berbentuk partikel. Pada jenis komposit ini, bahan penguat berupa serat baik serat panjang maupun serat pendek dikombinasikan dengan matriks pengikat yang biasanya berupa material polimer (resin). Matriks berfungsi untuk mendistribusikan beban dari satu serat ke serat lainnya, sekaligus melindungi serat serta mengisi celah di antara susunan serat. Namun, apabila ikatan antara serat dan resin tidak terbentuk dengan baik, kondisi tersebut dapat

menyebabkan munculnya kegagalan awal pada struktur komposit [2].

Kelapa mengandung serat alami yang memiliki potensi besar sebagai bahan baku alternatif di berbagai sektor industri. Sabut kelapa, sebagai salah satu bentuk serat alami tersebut, kini banyak dimanfaatkan dalam pembuatan komposit karena ketersediaannya melimpah, biaya yang rendah, dan sifatnya yang biodegradable, sehingga dapat membantu mengurangi limbah sabut kelapa yang selama ini kurang dimanfaatkan. Penggunaan sabut kelapa dalam komposit tidak hanya menawarkan solusi ramah lingkungan tanpa menimbulkan dampak kesehatan, tetapi juga mendorong pengembangan material komposit yang lebih efisien dan berkelanjutan [3].

Kekuatan material komposit dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah perlakuan perendaman serat dalam larutan NaOH. Serat yang tidak mengalami proses perendaman ini cenderung memiliki daya rekat yang kurang optimal terhadap matriks, karena masih terdapat lapisan seperti lilin alami yang menghambat ikatan antar komponen. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa durasi perendaman serat dalam NaOH berpengaruh terhadap kekuatan tarik komposit. Nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada sampel yang direndam selama dua jam. Namun, jika waktu perendaman diperpanjang hingga delapan jam, justru terjadi penurunan kekuatan tariknya [4].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Material Komposit

Pada struktur komposit, serat berfungsi menahan beban utama, sedangkan matriks yang umumnya berupa polimer bertugas menjaga posisi serat, memberikan ikatan, serta melindungi serat agar material mampu bekerja secara optimal serta menjaga posisinya agar mampu menahan gaya dengan baik. Sifat-sifat penting komposit, seperti kekakuan, kekuatan, dan karakteristik mekaniknya, sangat dipengaruhi oleh jenis serat yang digunakan. Oleh sebab itu, Komposit merupakan material yang tersusun dari dua komponen utama, yaitu matriks sebagai bahan pengikat dan serat

yang berperan sebagai elemen penguat dalam struktur material [5].

B. Penyusun Serat

Komposit merupakan material yang tersusun dari dua komponen utama, yaitu matriks sebagai bahan pengikat dan serat yang berperan sebagai elemen penguat dalam struktur material [6].

1) Serat

Serat (*fiber*) merupakan jenis material yang tersusun dari komponen-komponen kecil yang membentuk suatu jaringan longitudinal secara kontinu. Terdapat berbagai macam jenis serat yang tersedia luas untuk diaplikasikan dalam material komposit, dan jumlah serta ragamnya terus berkembang. Serat dikenal memiliki kekuatan spesifik yang tinggi, yaitu perbandingan antara kekuatan dan massa jenisnya. Komposit yang menggunakan serat dengan karakteristik tersebut dikenal sebagai *Advanced Composite*.

2) Matriks

Matriks komposit merupakan material yang tersusun dari bahan dasar seperti keramik, logam, dan polimer. Pemilihan jenis *matriks* dalam komposit sangat berpengaruh terhadap kemampuan material dalam menyalurkan beban, sehingga serat dapat terikat kuat pada matriks. Di antara beragam jenis material matriks, polimer menjadi material yang paling umum digunakan. Secara umum, polimer dikelompokkan ke dalam dua jenis utama, yaitu polimer termoset dan polimer termoplastik [7].

C. Klasifikasi Komposit Bedasarkan Jenis Penguatnya

Pada umumnya, material komposit diklasifikasikan menjadi tiga kelompok utama berdasarkan jenis material penguatnya [8].

1) Laminated Composite Material

Komposit laminasi adalah material yang tersusun dari sejumlah lapisan berbeda yang digabungkan menjadi satu kesatuan struktur, dengan setiap lapisan memiliki sifat dan karakteristik tersendiri.

2) Particulate Composite Material

Komposit partikel adalah jenis komposit yang terdiri atas satu atau lebih material dalam bentuk partikel atau serbuk halus yang tersebar secara merata di dalam matriks. Penyusunan partikel yang homogen ini berfungsi untuk meningkatkan sifat mekanik material secara keseluruhan.

3) Fibrous Composite Material

Komposit dengan penguat serat merupakan salah satu jenis komposit yang umumnya tersusun dari satu lapisan atau lamina. Serat yang digunakan sebagai elemen penguat dapat berasal dari berbagai material, seperti serat karbon, serat kaca (*glass fiber*).

D. Klasifikasi Komposit Menurut Arah Penyusunan Penguat

Berdasarkan arah orientasinya, susunan serat dalam material komposit dapat diklasifikasikan ke dalam empat jenis bentuk.

1) Serat Komposit Kontinyu

Komposit dengan serat panjang yang tersusun sejajar membentuk lapisan-lapisan tipis di dalam matriks. Jenis komposit ini memiliki kelemahan berupa kemungkinan terjadinya delaminasi atau terlepasnya antar lapisan.

2) Serat Komposit Anyaman

Komposit yang disusun dari serat-serat yang saling teranyam satu sama lain. Keunggulan dari struktur ini adalah ketahanannya terhadap delaminasi atau pemisahan antar lapisan, karena pola anyaman membantu mengikat setiap lapisan secara menyeluruh.

3) Serat Komposit Acak/Pendek

Komposit di mana serat-seratnya berbentuk potongan pendek atau tersusun secara acak dalam matriks. Penyusunan serat yang tak beraturan ini memudahkan proses fabrikasi dan memberikan sifat mekanik yang mendekati isotropik, meski umumnya memiliki kekuatan dan kekakuan yang rendah dibandingkan komposit dengan serat panjang terorientasi.

4) Serat Komposit Acak dan Kontinyu

Komposit yang menggabungkan serat pendek dan acak, dengan serat panjang yang terorientasi. Pendekatan ini bertujuan untuk mengatasi kelemahan masing-masing tipe serat sekaligus memanfaatkan keunggulan keduanya dalam satu struktur.

E. Resin Polyester

Resin poliester termasuk dalam kelompok resin termoset yang diperoleh melalui reaksi kimia antara alkohol dengan asam. Pada tahap awal, resin ini berada dalam bentuk cairan dengan tingkat viskositas yang rendah, dan akan mengalami proses pengerasan pada suhu ruang setelah ditambahkan katalis tanpa menghasilkan gas, berbeda dari beberapa jenis resin termoset lain. Dari segi sifat mekanik, resin poliester dikenal cukup kaku namun cenderung getas.

F. Perlakuan Alkali (NaOH)

Perlakuan alkali adalah metode modifikasi permukaan serat dengan merendamnya dalam larutan basa alkali selama periode waktu tertentu. Proses ini bertujuan menghilangkan zat-zat tidak diinginkan pada serat seperti pektin, lignin, dan hemiselulosa sehingga struktur permukaan serat menjadi lebih bersih dan teratur. Hasilnya, matriks komposit dapat lebih mudah membasihi permukaan serat, meningkatkan interlocking mekanis, dan pada akhirnya memperbaiki sifat mekanik material komposit [9].

G. Serat Sabut Kelapa

Serat sabut kelapa merupakan serat alami yang saat ini banyak diteliti sebagai bahan pengisi pada material komposit masa depan. Keunggulannya terletak pada ketersediaan yang melimpah, biaya produksi yang rendah, serta sifat biodegradabelnya yang dapat membantu mengurangi limbah sabut kelapa dan

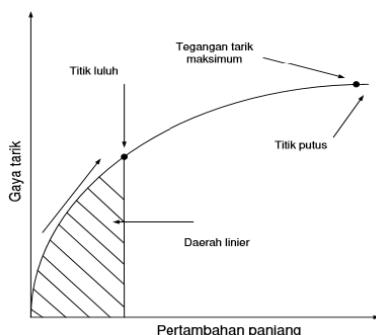
dampak pencemaran lingkungan. Selain itu, komposit berbasis serat sabut kelapa dinilai aman untuk kesehatan manusia [10].

H. Metode Hand Lay Up

Metode *Hand Lay-Up* (HLU) adalah teknik laminasi serat paling awal yang diterapkan secara manual. Pada proses ini, serat penguat diempatkan ke dalam cetakan biasanya terbuat dari plastik lalu dilapisi dengan resin. *Hand lay-up* merupakan teknik fabrikasi komposit yang paling sederhana dan termasuk ke dalam proses terbuka. Pada metode ini, resin dituangkan secara manual ke atas serat yang telah disusun dalam bentuk anyaman, rajutan, atau konfigurasi serat lainnya [11].

I. Pengujian Tarik

Uji tarik merupakan metode pengujian material dengan memberikan beban tarik searah hingga material mengalami kerusakan atau putus. Pengujian ini dilaksanakan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dari material tersebut, elongasi, dan Modulus Young dari material yang diuji. Proses analisis data dilakukan melalui pembuatan kurva tegangan-regangan yang diperoleh dari hasil pengukuran tegangan dan regangan longitudinal pada spesimen uji [12].



Gambar 2. Skema Grafik Uji Tarik

1) Tegangan Tarik Maksimum (σ)

Kekuatan tarik adalah besarnya tegangan maksimum yang dapat ditahan suatu material sebelum putus.

$$\sigma \approx \frac{F}{A_0} \quad (1)$$

2) Regangan Maksimum (ϵ)

Regangan maksimum menggambarkan seberapa besar pertambahan panjang yang dialami material hingga mengalami patah.

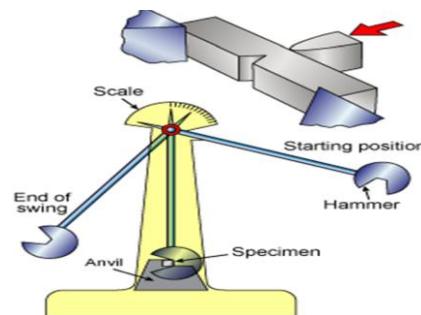
$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2)$$

J. Pengujian Impak

Pengujian impak dilakukan dengan menentukan energi yang diberikan oleh beban serta menghitung seberapa besar energi yang mampu diserap oleh spesimen. Saat beban dinaikkan pada ketinggian tertentu, energi potensial terbentuk dan kemudian berubah menjadi energi kinetik ketika beban dijatuhkan hingga menghantam spesimen. Energi yang diserap inilah yang dapat menimbulkan kerusakan pada material [13].

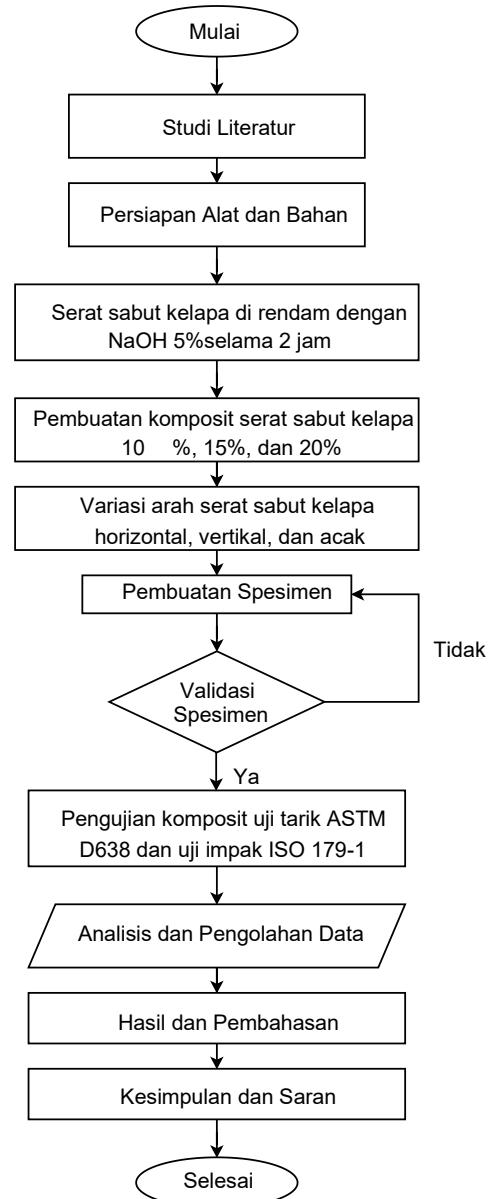
Kekuatan impact dapat dihitung dengan persamaan:

$$HI = \frac{W}{b_i \times h_i} \quad (3)$$



Gambar 3. Skema Uji Impak

III. METODE PENELITIAN



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

A. Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen uji tarik dilakukan berdasarkan dimensi cetakan yang telah ditetapkan. Perhitungan kebutuhan material mengacu pada volume cetakan tersebut serta massa jenis serat yang digunakan, guna

memperoleh komposisi material yang sesuai. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa spesimen yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang diperlukan untuk pengujian mekanik. Dalam tahap perhitungan, diperlukan data seperti volume cetakan berikut ini:

Volume Cetakan Uji Tarik	=	9,78 cm ³
Volume Cetakan Uji Impak	=	3,2 cm ³
Massa Jenis Serat Sabut Kelapa	=	1,125 gr/cm ³
Massa Jenis Resin Polyester	=	1,215 g/cm ³
Massa Jenis Katalis (Hardener)	=	1,25 g/cm ³

B. Metode Eksperimen Faktorial

Dalam penelitian ini, parameter yang diuji meliputi arah serat dan fraksi volume, masing-masing terdiri dari 3 level. Dengan mengalikan jumlah level dari kedua parameter tersebut, dari variasi yang digunakan terdapat 9 kombinasi parameter. Masing-masing kombinasi diuji sebanyak tiga kali sehingga total data yang diperoleh berjumlah 54.

Tabel 1. Level dan Parameter Pengujian

Faktor	Level		
Arah Serat	Horizontal	Vertikal	Acak
Fraksi Volume Serat (%)	10% : 90%	15% : 85%	20% : 80%
Pengujian	Pengujian Tarik	Pengujian Impak	

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian ini menggunakan serat sabut kelapa dengan variasi orientasi serat serta perbedaan fraksi volume antara matriks dan serat. Tujuan penelitian adalah menilai performa tarik dan impak dari material tersebut sebagai kandidat bahan alternatif untuk komponen helm berstandar SNI. Hasil pengujian selanjutnya dianalisis untuk mengetahui kombinasi variabel yang mampu menghasilkan kekuatan tarik dan impak terbaik.

Dalam pelaksanaannya, serat sabut kelapa digunakan dengan cara tiga arah penyusunan, yaitu vertikal, horizontal, dan acak, serta tiga variasi fraksi volume serat, yaitu 10%, 15%, dan 20%. Setiap kondisi diuji sebanyak tiga kali. Pengujian terdiri dari uji tarik dan uji impak. Untuk tiap kombinasi arah serat dan fraksi volume disiapkan 9 spesimen uji tarik dan 9 spesimen uji impak, sehingga total spesimen yang digunakan berjumlah 27 untuk uji tarik, dan 27 untuk uji impak.

Tabel 2. Perhitungan komposisi pada spesimen uji tarik.

Proporsi Volume Serat (%)	Massa Serat (g)	Massa Resin (g)
10 %	1,10 g	10,69 g
15 %	1,65 g	10,10 g
20 %	2,20 g	9,50 g

Tabel 3. Perhitungan komposisi pada spesimen uji tarik.

Proporsi Volume Serat (%)	Massa Serat (g)	Massa Resin (g)
10 %	0,36 g	3,5 g
15 %	0,54 g	3,30 g
20 %	0,72 g	3,11 g

B. Proses Pengambilan Data

Dalam proses pengumpulan data, setiap langkah dilakukan secara sistematis. Kegiatan diawali dengan studi literatur, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D-638 serta spesimen uji impak berdasarkan standar ISO 179. Setelah seluruh spesimen selesai dibuat dan diberi kode, langkah berikutnya adalah menyiapkan mesin uji tarik beserta komputer pengolah datanya. Pengoperasian dimulai dengan menekan switch emergency dan mengaktifkan tombol power pompa pada bagian bawah mesin. Spesimen kemudian dipasang pada alat uji dengan menjepit bagian bawah terlebih dahulu, lalu menaikkan penjepit atas hingga spesimen terpasang dengan baik. Setelah semuanya siap, pengujian dapat dimulai dengan menekan tombol start.



Gambar 4. Proses Pengujian Tarik



Gambar 5. Hasil Spesimen Setelah Di Uji Tarik

Setelah spesimen uji impak selesai dicetak dan diberi penandaan, langkah berikutnya adalah mempersiapkan peralatan pengujian serta melaksanakan proses uji impak. Pendulum pada mesin uji dinaikkan ke posisi awal dan dikunci, kemudian indikator skala disetel hingga menunjukkan nilai 300 kgf.



Gambar 4. Proses Pengujian Impak



Gambar 7. Hasil Spesimen Setelah Di Uji Impak

C. Analisis Pengujian

Dalam tahap analisis, dilakukan perhitungan tegangan dan regangan berdasarkan nilai beban maksimum serta pertambahan panjang (*elongation*) yang terjadi pada spesimen selama pengujian. Nilai tegangan dihitung menggunakan luas penampang awal spesimen, sedangkan regangan diperoleh dari perbandingan antara pertambahan panjang spesimen dengan panjang awalnya. Kedua parameter ini digunakan untuk menggambarkan perilaku mekanik material, khususnya kemampuan material dalam menerima gaya tarik hingga mengalami putus.

1) Tegangan

Tabel 4. Hasil Pengujian Tegangan Tarik Serta Perhitungan Rata – Rata

No	Variasi Arah Serat	Proporsi Matriks terhadap Serat (%)	Hasil Dari Pengujian Tegangan Tarik (MPa)				Rata – Rat Tarik	
			Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3			
1	Horizontal	10 : 90	8,55	6,59	7,62	7,58		
2	Horizontal	15 : 85	22,37	16,52	19,46	19,45		
3	Horizontal	20 : 80	12,30	10,59	7,61	10,61		
4	Vertikal	10 : 90	4,60	6,59	5,21	5,46		
5	Vertikal	15 : 85	11,10	10,89	7,83	9,94		
6	Vertikal	20 : 80	7,35	7,43	7,89	7,55		
7	Acak	10 : 90	11,10	7,46	11,23	9,93		
8	Acak	15 : 85	6,67	11,05	5,37	7,69		
9	Acak	20 : 80	5,08	4,22	9,07	6,12		

Perhitungan nilai rata-rata dilakukan terhadap data respon yang diperoleh. Perhitungan dalam penelitian ini dilakukan dengan menentukan nilai rata-rata dari seluruh data kekuatan tarik yang diperoleh pada setiap pengujian. Langkah ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran yang lebih representatif mengenai karakteristik mekanik spesimen, sehingga nilai kekuatan tarik yang dianalisis tidak hanya bergantung pada satu hasil pengujian, tetapi merupakan hasil rata-rata dari keseluruhan respon yang diamati.

2) Regangan

Nilai rata-rata regangan tarik pada spesimen dengan arah serat acak untuk variasi komposisi 10%, 15%, dan 20%. Berdasarkan grafik, terlihat bahwa nilai regangan meningkat dari komposisi 10% sebesar 0,249 hingga mencapai nilai tertinggi pada komposisi 15%, yaitu sekitar 0,371. Peningkatan ini menunjukkan bahwa pada komposisi 15%, material mampu mengalami

deformasi yang lebih besar sebelum terjadi kegagalan, yang mengindikasikan perilaku material yang lebih ulet.

Pada komposisi 20%, nilai rata-rata regangan mengalami penurunan menjadi sekitar 0,23. Penurunan regangan ini mengindikasikan bahwa penambahan serat yang terlalu tinggi pada susunan acak dapat mengurangi kemampuan material untuk mengalami deformasi, akibat distribusi serat yang kurang merata dan berkurangnya efektivitas ikatan antara serat dan matriks.

Tabel 5. Hasil Pengujian Regangan Tarik Serta Perhitungan Rata – Rata

No	Variasi Arah Serat	Proporsi Matriks terhadap Serat (%)	Hasil Dari Pengujian Regangan Tarik			Rata – Ra Reganga Tarik	
			Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3		
1	Horizontal	10 : 90	0,307	0,491	0,456	0,418	
2	Horizontal	15 : 85	0,404	0,632	0,316	0,450	
3	Horizontal	20 : 80	0,842	0,964	0,491	0,766	
4	Vertikal	10 : 90	0,219	0,184	0,246	0,216	
5	Vertikal	15 : 85	0,096	0,102	0,105	0,101	
6	Vertikal	20 : 80	0,16	0,140	0,131	0,144	
7	Acak	10 : 90	0,404	0,202	0,141	0,249	
8	Acak	15 : 85	0,246	0,526	0,342	0,371	
9	Acak	20 : 80	0,316	0,242	0,132	0,23	

3) Impak

Hasil pengujian impak komposit serat sabut kelapa dengan susunan serat acak pada variasi fraksi volume serat 10%, 15%, dan 20%. Dari grafik tersebut dapat dilihat nilai ketangguhan impak menunjukkan kecenderungan meningkat ketika persentase fraksi volume serat diperbesar. Pada fraksi volume 10% diperoleh nilai rata-rata impak sebesar 0,075, kemudian meningkat menjadi 0,1 pada fraksi volume 15%, dan mencapai nilai tertinggi sebesar 0,13 pada fraksi volume 20%.

Tabel 6. Hasil Pengujian Impak Serta Perhitungan Rata – Rata

No	Variasi Arah Serat	Proporsi Matriks terhadap Serat (%)	Hasil Dari Pengujian Impak (J/mm ²)			Rata – Ra Kekuat Impak	
			Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3		
1	Horizontal	10 : 90	0,1	0,075	0,1	0,0916	
2	Horizontal	15 : 85	0,125	0,125	0,1	0,116	
3	Horizontal	20 : 80	0,125	0,15	0,2	0,1583	
4	Vertikal	10 : 90	0,075	0,075	0,075	0,075	
5	Vertikal	15 : 85	0,075	0,1	0,1125	0,0958	
6	Vertikal	20 : 80	0,15	0,125	0,125	0,13	
7	Acak	10 : 90	0,075	0,075	0,075	0,075	
8	Acak	15 : 85	0,075	0,125	0,1	0,1	
9	Acak	20 : 80	0,125	0,15	0,125	0,13	

V. KESIMPULAN

1. Penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan arah serat dan variasi fraksi volume serat sabut kelapa berpengaruh nyata terhadap nilai kekuatan tarik dan impak komposit. Arah serat horizontal dengan fraksi volume 15% memberikan performa terbaik, menghasilkan kekuatan tarik sebesar 19,45 MPa dan kekuatan impak sebesar 0,1583 J/mm². Sementara itu, nilai terendah ditemukan pada orientasi vertikal dengan fraksi volume 10%, yang menunjukkan kemampuan mekanik yang paling rendah. Secara umum, peningkatan fraksi volume serat serta orientasi serat yang sejajar dengan arah pembebanan mampu meningkatkan kekuatan komposit.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik yang diperoleh sebesar 19,45 MPa, namun nilai tersebut masih berada di bawah standar SNI untuk material helm, yaitu 33,93 MPa. Sementara itu, hasil pengujian impak sebesar 0,1583 J/mm² telah memenuhi bahkan melampaui standar SNI untuk helm, yang mensyaratkan nilai minimum sebesar 0,00972 J/mm². Dengan demikian, komposit berbasis serat sabut kelapa memiliki potensi yang baik terutama dalam menahan beban benturan, sehingga berpeluang untuk dikembangkan sebagai material alternatif ramah lingkungan pada aplikasi helm sesuai standar SNI.

REFERENCES

- [1] ERLANSYAH, A. D. (2022). SKRIPSI REKAYASA MATERIAL KOMPOSIT SEBAGAI BAHAN DASAR ALTERNATIF PEMBUATAN HELM SNI.
- [2] Gundara, G., & Rahman, M. B. N. (2019). Sifat Tarik, Bending dan Impak Komposit Serat Sabut Kelapa-Polyester dengan Variasi Fraksi Volume. JMPM (Jurnal Material dan Proses Manufaktur), 3(1), 10-19.
- [3] Zarviansyah, P. (2023). Pengaruh Variasi Fraksi Volume Dan Panjang Serat Komposit Serat Sabut Kelapa Bermatrik Polyester Terhadap Pengujian Tarik Proyek Akhir (Doctoral dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung).
- [4] Ferdian, M. A. R. (2023). Studi Eksperimental Sifat Mekanis Material Campuran Komposit Polyester Berpenguat Fiberglass dan Bilah Bambu sebagai Material Pengganti pada Kapal Katamaran 10GT (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [5] Yani, M., & Suroso, B. (2019). Membandingkan Cetakan Terbuka Dengan Tertutup Pada Pembuatan Papan Skate Board Dari Limbah Sawit. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 2(2), 150-157.
- [6] Zulkifli, Z., & Dharmawan, I. B. (2019). Analisa pengaruh perlakuan alkalisasi dan hydrogen peroksida terhadap kekuatan mekanik komposit serat sabut kelapa bermatriks epoxy. Jurnal Polimesin, 17(1), 41-46.
- [7] Nayan, A., & Hafli, T. (2022). Analisa struktur mikro material komposit polimer berpenguat serbuk cangkang kerang. Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology, 6(1), 15–24.
<https://doi.org/10.29103/mjmst.v6i1.8184>
- [8] Banowati, L., Hartopo, H., Octariyus, G., & Suprihanto, J. (2021). Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Komposit Rami/Epoksi dan Hibrid Rami-EGlass/Epoksi. JURNAL INDUSTRI, ELEKTRO DAN PENERBANGAN, 10(1).

- [9] Pramono, C., Widodo, S., & Ardyianto, M. G. (2019). Karakteristik Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Ampas Tebu Dengan Matriks Epoxy. Journal of Mechanical Engineering, 3(1), 1-7.
- [10] Fadilah, R., Widayaputra, G., & Teknik, F. (2020). Analisis Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Material Komposit Pada Body Mobil Listrik Prosoe Kmhe 2019. Jurnal Teknik Mesin, 9(2), 124-131.
- [11] Suryawan, I. G. P. A., Suardana, N., Suarsana, I. K., Lokantara, I. P., & Lagawa, I. K. J. (2019). Kekuatan tarik dan lentur pada material komposit berpenguat serat jelatang. J. Energi Dan Manufaktur, 12(1), 7.
- [12] ADEN, S. (2022). PENGARUH FRAKSI VOLUME DAN VARIASI PERENDAMAN NaOH TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN IMPAK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT AMPAS TEBU (Doctoral dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung).