

Pengaruh Variasi Arah Serat Bambu terhadap Kekuatan Impak Komposit sebagai Material Bumper Mobil

Nisrina Atiqoh¹, Diah Wulandari^{2*}, Dyah Ryandadari³, Andita Nataria Fitri Ganda⁴

^{1,2,3,4}Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia 60231

E-mail: ^{*}diahwulandari@unesa.ac.id

Abstrak: Bersamaan dengan kemajuan teknologi, bahan komposit banyak diminati dalam industri otomotif untuk mendapatkan mutu yang lebih baik. Salah satu pengujian mekanik yang digunakan untuk mengetahui nilai kekuatan suatu material dalam menyerap energi impact adalah pengertian dari pengujian impact. Pada penelitian ini digunakan komposit serat bambu dengan orientasi serat berbeda 0°, 45° dan 90° yang dibuat dengan *Hand Lay-Up*. Variasi orientasi serat digunakan sebagai pembandingan dalam uji impact kemudian dilakukan untuk mengetahui nilai terbaik energi impact komposit. Teknik pada penelitian ini merupakan penggunaan teknik eksperimen. Hasil penelitian kekuatan impact dengan orientasi serat 0°, 45° & 90°, ternyata ditemukan bahwa nilai energi impact terbaik pada sampel komposit menunjukkan orientasi sudut serat 0° dengan nilai 4,25 J serta harga impactnya yaitu 0,053125 J/mm². Sementara nilai energi impact paling rendah terdapat pada spesimen komposit variasi arah sudut serat 90° dengan nilai 0,85 J serta harga impactnya 0,010625 J/mm².

Kata kunci: bumper mobil, komposit serat, pengujian impact, serat bambu.

Abstract: Along with technological advances, composite materials are in great demand in the automotive industry to obtain better quality. One of the mechanical tests used to determine the strength value of a material in absorbing impact energy is the notion of impact testing. In this study, bamboo fiber composites were used with different fiber orientations of 0°, 45° and 90° which were made by *Hand Lay-Up*. Variation of fiber orientation is used as a comparison in the impact test which is then carried out to determine the best value of the composite impact energy. the technique in this study is the use of experimental techniques. the results of impact strength research with fiber orientation 0°, 45° & 90°, it was found that the best impact energy value in the composite sample showed a fiber angle orientation of 0° with a value of 4.25 J and an impact value of 0.053125 J/mm². while the lowest impact energy value is found in the composite specimen with variations in the direction of the fiber angle of 90° with a value of 0.85 J and an impact value of 0.010625 J/mm².

Keywords: car bumpers, fiber composites, impact testing, bamboo fiber.

© 2023, JRM (Jurnal Rekayasa Mesin) dipublikasikan oleh ejournal Teknik Mesin Fakultas Vokasi UNESA.

PENDAHULUAN

Bersamaan dengan kemajuan teknologi, bahan komposit sangat diminati di industri otomotif karena kualitasnya yang tinggi. Komposit menggabungkan dua atau lebih material dengan sifat fisik dan kimia yang berbeda untuk menghasilkan sifat material baru melalui komposisi campurannya. Komposit digunakan sebagai salah satu pilihan pengganti bahan logam karena mudah dibentuk sesuai keinginan (Yudiono, dkk. 2017). Sifatnya yang lebih ringan dari logam dan cenderung lebih tahan terhadap lingkungan membuat material ini menjadi pilihan untuk bagian bodi otomotif. Selain itu, proses pembuatannya cenderung membutuhkan energi yang sedikit daripada logam, yang menjadikan material ini ramah lingkungan.

Sifat material komposit sangat dipengaruhi oleh sifat dan distribusi penyusunnya serta interaksi antara keduanya. Faktor penting lainnya yang dapat mempengaruhi sifat komposit adalah struktur, dimensi, arah, juga distribusi dari material penguat (pengisi) serta ciri-ciri dari matriks. Sifat mekanik merupakan salah satu sifat terpenting dari komposit yang diuji. Sifat mekanik

komposit tergantung pada sifat bahan awal. Peran utama komposit yang diperkuat serat adalah untuk mentransfer tekanan antar serat, sehingga memberikan ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang merugikan serta melindungi permukaan serat dari pengaruh mekanik dan kimia. Kontribusi serat secara signifikan mempengaruhi kekuatan impact bahan komposit.

Pengujian impact pada dasarnya adalah untuk mengetahui seberapa tinggi nilai impact atau kekuatan impact selama uji dan seberapa besar kekuatan yang dapat ditahan benda uji sebelum mengalami putus. Biasanya serat yang sering digunakan sebagai bahan pengisi adalah serat buatan. Serat sintetis memiliki kelebihan, tetapi harganya mahal. Menggunakan serat alam sebagai alternatif dari sintetis menghasilkan biaya produksi yang lebih rendah dan merupakan alternatif yang ramah lingkungan.

Serat bambu memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai komposit serat alami yang ramah lingkungan, ekonomis juga ringan. Meskipun serat bambu melimpah di Indonesia, namun jarang digunakan dalam produk industri dan oleh karena itu dipilih sebagai bahan

baku untuk penelitian ini. (Ezekwem, 2016). Maka, dalam studi ini material komposit serat bambu dipilih sebagai bahan pelindung mobil. Bumper mobil harus kuat agar dapat menahan benturan tanpa mengalami kerusakan jika terjadi benturan. Bumper dirancang dan dibentuk untuk menyerap energi kinetik selama mengalami benturan (Kleisner dan Zemcik, 2009).

DASAR TEORI

Komposit

komposit adalah bahan yang terbuat dari campuran dua atau lebih bahan yang berbeda yang dapat digabungkan dalam waktu tertentu untuk membuat bahan baru. Komposit memiliki keunggulan dibandingkan bahan awal antara lain bobot ringan, mudah dibentuk, dan biaya produksi rendah. Komposit memiliki beberapa kelebihan dibandingkan bahan yang membentuknya seperti bobot yang ringan, mudah dibentuk, dan biaya produksi yang murah.

Komposit Serat

Komposit serat adalah material komposit yang terdiri dari serat dan matriks. Peran utama serat adalah untuk penyokong kekuatan komposit. Oleh karena itu, tingkat kekuatan komposit sangat bergantung pada jenis serat yang digunakan. Ini karena tegangan yang diterapkan pada komposit pertama-tama ditransfer ke matriks dan kemudian ke serat, sehingga serat menahan tegangan sampai tegangan maksimum tercapai.

Faktor Kinerja Komposit

Faktor pertama yang mempengaruhi kinerja komposit yaitu faktor serat. Dimana serat sendiri adalah materi yang digunakan untuk mengisi struktur matriks yang belum dimiliki, dan diharapkan dapat membentuk materi penguat matriks dalam senyawa yang dapat menahan gaya-gaya yang terjadi. Faktor kedua yaitu letak serat. Konfigurasi dan arah serat dalam bahan pengikat mempengaruhi kekuatan mekanik komposit.

Komponen ketiga adalah panjang serat. Dalam fabrikasi komposit matriks serat, panjang serat memiliki dampak yang signifikan terhadap kekuatan.. Serat Panjang lebih kuat dari serat pendek. Serat panjang umumnya lebih mudah ditangani daripada serat pendek (Schwartz, 1984). Faktor keempat adalah bentuk serat. Secara umum, semakin kecil ukuran serat, semakin tinggi kekuatan komposit. Selain struktur, kandungan serat juga berpengaruh.

Faktor kelima yaitu faktor matriks. Ketika memilih matriks, perlu diperhatikan karakteristiknya seperti daya tahan terhadap suhu tinggi, ketahanan terhadap kondisi cuaca yang buruk, dan ketahanan terhadap benturan, yang umumnya menjadi faktor yang dipertimbangkan saat memilih bahan matriks. Faktor terakhir yaitu faktor ikatan serat – matriks. Menurut (Schwartz, 1984), Saat komposit menerima beban, tekanan berpindah ke wilayah rongga (*void*) sehingga mengurangi kekuatan komposit.

Serat Alami

Serat alami merupakan serat yang berasal dari lingkungan. Serat ini banyak digunakan karena limbahnya lebih ramah lingkungan. Secara keseluruhan. Serat alam terdiri dari tumbuhan, hewan, dan mineral. Serat menentukan karakteristik komposit seperti kekakuan, kekuatan, dan sifat mekanik yang diinginkan.. Kekuatan serat terletak pada ukurannya yang sangat kecil.

Bambu tidak hanya cocok sebagai bahan baku kursi, meja, dan lemari. Bambu juga merupakan pendukung potensial dalam industri otomotif untuk menggantikan serat karbon. Bambu juga seringan serat karbon. Spesimen serat bambu yang diuji adalah bambu Haur. Tingkat kesuksesan pemisahan serat bambu dari zat kimia tergantung pada kondisi fisik bambu sebelum percobaan, kepadatan bambu, usia bambu, musim, jenis pengawet, posisi dan ukuran bambu.

Matriks Polyester

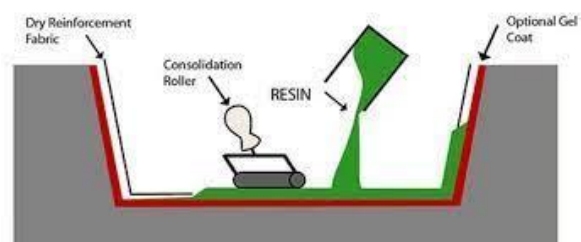
Resin ini merupakan resin yang paling ekonomis dari semua jenis resin. Resin *polyester* sering digunakan dalam pembuatan bahan komposit. Resin *polyester* memiliki karakteristik yang sangat khas, yaitu bening, dapat menjadi keras atau fleksibel, dan dapat diwarnai. Selain itu, resin tahan terhadap air, pelapukan, penuaan, dan banyak bahan kimia, dan menunjukkan penyusutan 4-8%.

Uji Impak Charpy

Tujuan dari uji impak *Charpy* yaitu memberikan beban mendadak pada benda uji statik untuk mengetahui kekuatan atau ketangguhan bahan uji (spesimen). Setelah takik pertama diterapkan pada benda uji sesuai standar ASTM D 5942-96 dan diperoleh hasil uji, bentuk benda uji berubah tergantung dari kelenturan dan kerapuhan benda uji dengan menekuk atau mematahkan. Karena kemudahan pembuatan dan penerapannya, metode ini banyak digunakan dalam industri yang kritis terhadap keselamatan. Dengan begitu, bisa mendapatkan hasil tes dengan cepat dan murah.

Metode Pembuatan Komposit

Dalam penelitian ini, metode *hand lay-up* digunakan untuk pembuatan komposit. Pada Gambar 1 merupakan ilustrasi dari metode *hand lay-up*. Proses *Hand Lay-Up* yaitu Resin dituangkan secara manual ke serat dalam bentuk tenun, dan serat yang terjalin ditekan dengan roller untuk meluruskannya. Proses ini diulang sampai ketebalan yang diinginkan tercapai. Diamkan dalam kondisi atmosfer normal.



Gambar 1. Ilustrasi Metode *Hand Lay-Up* (Raliannoor, 2020)

Rumus Uji Impak

Untuk menghitung nilai energi impact dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$E = m.g.r [\cos(\beta) - \cos(\alpha)] \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

- E = Energi Impact (J)
- M = Berat Pendulum (kg)
- g =: Gravitasi (m/s²)
- ℓ = Jarak Lengan Pengayun (m)
- β = Sudut Akhir Pendulum
- α = Sudut Awal Pendulum

Untuk menghitung nilai harga impact dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$HI = E/A \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

- HI = Harga Impact (J/mm²)
- E = Energi Impact (J)
- A = Luas Penampang Dibawah Takik (mm²)

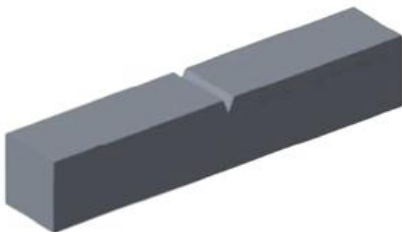
METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen.

Variasi Spesimen

Dalam studi ini, digunakan contoh spesimen berbentuk persegi dan menggunakan 3 variasi bahan uji, yaitu resin yang diperkuat serat bambu melalui *metode Hand Lay-Up* dengan menggunakan variasi orientasi serat 0°, 45° & 90°.

Desain Spesimen Uji Impak



Gambar 2. Desain Spesimen Uji Impak ASTM D 5942-96

Cetakan spesimen menggunakan cetakan *box* dengan penutupnya. Desain sampel yang digunakan sesuai dengan ASTM D 5942-96, standar pengujian material komposit. Berikut merupakan gambar desain spesimen uji impact sesuai standart ASTM D 5942-96. Keterangan Gambar 2 dapat dilihat pada Tabel I.

TABEL I
Ukuran Spesimen Uji Impak ASTM D 5942-96

Dimensi	Ukuran (mm)
Panjang	100mm
Lebar	10mm
Tinggi	10mm
Tinggi dari lekukan v-north	8mm
Sudut Lekukan v-north	45°

Arah Serat Bambu

Dalam penelitian ini, orientasi serat 0° sepanjang lebar sampel, 45° miring sesuai sudut 45°, dan 90° tegak lurus lebar sampel.

TABEL II
Arah Spesimen Komposit Serat Bambu

Spesimen Uji Impak	0°	45°	90°

Persiapan Alat dan Bahan

Beberapa perkakas dan material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Cetakan *box*, serat bambu, *miracle gloss*, resin *polyester*, katalis, amplas, gunting, kuas, gelas, alat pengaduk, timbangan digital.

Hasil Pemotongan Spesimen Uji Impak

Pada Gambar 3, merupakan hasil akhir dari proses pemotongan spesimen uji impact dengan variasi orientasi 0°, 45° & 90°.



Gambar 3. Hasil Akhir Pemotongan Spesimen Uji Impak

Diagram Alir

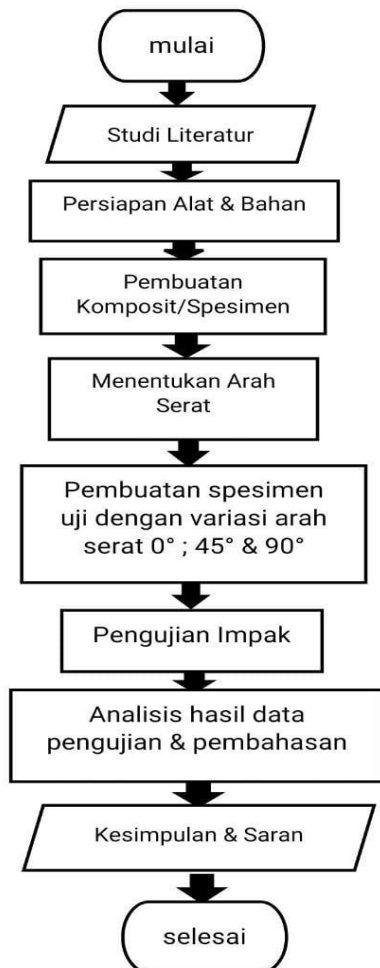
Pada penelitian ini, alur penelitian yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.

Pembuatan Spesimen

Langkah – Langkah pembuatan spesimen komposit uji impact dengan metode *Hand Lay-Up* sebagai berikut :

- 1) Potong serat bambu searah variasi arah serat
- 2) Siapkan cetakan berbentuk kotak dan tutup dengan penutup
- 3) Bersihkan kotoran pada area cetakan dan penutup
- 4) Aplikasikan *miracle gloss* pada cetakan. Pastikan objek tidak menempel pada cetakan
- 5) Masukkan serat ke dalam kotak pembentuk sesuai dengan arah serat
- 6) Matriks ditimbang sesuai volume

- 7) Campurkan matriks dan katalis sesuai takaran dalam gelas dan aduk perlahan dengan sendok hingga tercampur rata
- 8) Rasio matriks terhadap katalis adalah 2 : 1
- 9) Setelah tercampur, tuang adonan ke dalam kotak cetakan sesuai standar ASTM D 5942-96
- 10) Setelah kering, masukkan serat bambu sesuai arah serat dan tuangkan Kembali campuran matriks-katalis
- 11) Tunggu sekitar 24 jam hingga kering
- 12) Keluarkan sampel kering dari cetakan dan ratakan dengan amplas
- 13) Selanjutnya, ukur bentuk yang diinginkan
- 14) Bentuk sampel komposit diamati, jika komposit cacat tidak dapat digunakan
- 15) Kemudian, bentuk menjadi spesimen uji dengan gerinda tangan
- 16) Sampel siap untuk dilakukan pengujian.



Gambar 4. Alur Penelitian

Pengujian Impak

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kapasitas material dalam menyerap energi impact hingga mengalami patah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Pengujian

Tahap ini dilakukan pengujian impact dengan metode charpy sesuai standart ASTM D 5942-96 yang dilakukan di POLINEMA.



Gambar 5. Mesin Uji Impact Charpy

Berdasarkan pengujian impact yang dilakukan pada sampel komposit serat bambu, diperoleh energi impact dan nilai harga impact dari pengujian impact dapat dilihat pada Tabel III.

TABEL III
Hasil Pengujian Impact

Arah Serat	Spesimen	Sudut Akhir	E (J)	HI (J/mm ²)
0°	1	85°	4,25	0,053125
	2	86°	3,42	0,04275
	3	86°	3,42	0,04275
	Rata-Rata		3,70	0,04620834
45°	1	86°	3,42	0,04275
	2	88°	1,70	0,02125
	3	88°	1,70	0,02125
	Rata-Rata		2,27	0,0284167
90°	1	88°	1,70	0,02125
	2	89°	0,85	0,010625
	3	89°	0,85	0,010625
	Rata-Rata		1,13	0,014167

Hasil dari pengujian impact diperoleh sudut akhir dengan satuan derajat. Untuk menghitung energi impact dan harga impact dikonversikan ke dalam J dan J/mm² dengan rumus sebagai berikut :

Diketahui :

- Massa Pendulum 8,3 Kg
- Gravitasi 9,81 m/s²
- Jarak Lengan Pengayun 0,6 m
- Luas Penampang Dibawah Takik 80 mm²

$$\begin{aligned}
 E &= m \cdot g \cdot \ell (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 8,3 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,06 \text{ m} (\cos 86^\circ - \cos 90^\circ) \\
 &= 3,42 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- E : Energi Impact (J)
- m : Berat Pendulum (kg)
- g : Gravitasi (m/s²)

ℓ : Jarak Lengan Pengayun (m)
 β : Sudut Akhir Pendulum
 α : Sudut Awal Pendulum

Untuk mendapatkan Harga Impak komposit dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$HI = E/A$$

$$= 3,42 \text{ J} / 80 \text{ mm}^2$$

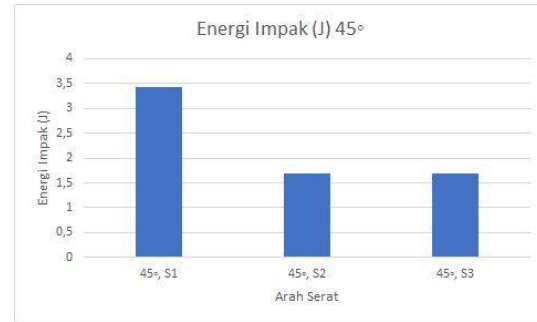
$$= 0,04275 \text{ J/mm}^2$$

Keterangan :

HI = Harga Impak (J/mm²)
 E = Energi Impak (J)
 A = Luas Penampang Dibawah Takik (mm²)

Berdasarkan Tabel III, menunjukkan data hasil energi impact dan harga impact yang dilakukan pada spesimen komposit serat bambu dengan variasi orientasi serat 0°, 45° & 90°. Pada Gambar 6 merupakan grafik hasil energi impact dan harga impact sampel komposit menggunakan variasi orientasi serat 0°.

Pada Gambar 6 dan 7, menunjukkan bahwa nilai energi impact dan harga impact spesimen 1 variasi arah serat 0° yaitu 4,25 J dan 0,053125 J/mm². Nilai energi impact dan harga impact spesimen 2 dengan variasi arah serat 0° yaitu 3,42 J dan 0,04275 J/mm². Kemudian spesimen 3 variasi arah serat 0° nilai energi impactnya 3,42 J dan 0,04275 J/mm². Selanjutnya, merupakan gambar grafik energi impact dan harga impact spesimen komposit dengan variasi arah serat 45°.

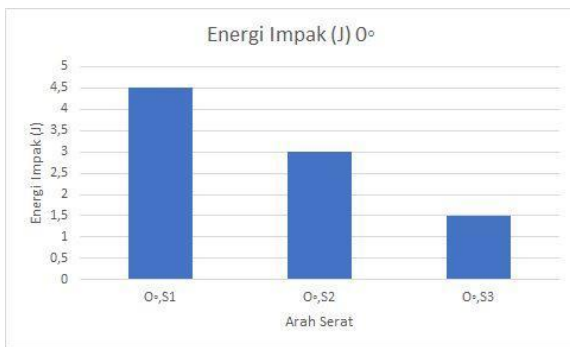


Gambar 8. Hasil Energi Impact Variasi Arah Serat 45°



Gambar 9. Hasil Harga Impact Variasi Arah Serat 45°

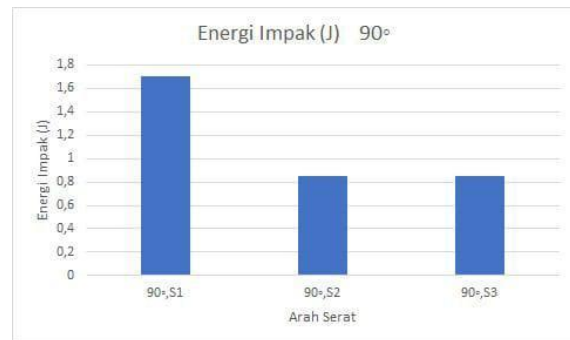
Pada Gambar 8 dan 9, menunjukkan bahwa nilai energi impact dan harga impact spesimen 1 variasi arah serat 45° yaitu 3,42 J dan 0,04275 J/mm². Nilai energi impact dan harga impact spesimen 2 dengan variasi arah serat 45° yaitu 1,70 J dan 0,02125 J/mm². Kemudian spesimen 3 variasi arah serat 45° nilai energi impactnya 1,70 J dan 0,02125 J/mm². Selanjutnya, berikut merupakan gambar grafik energi impact dan harga impact spesimen komposit dengan variasi arah serat 90°.



Gambar 6. Hasil Energi Impact Variasi Arah Serat 0°



Gambar 7. Hasil Harga Impact Variasi Arah Serat 0°



Gambar 10. Hasil Energi Impact Variasi Arah Serat 90°



Gambar 11. Hasil Harga Impact Variasi Arah Serat 90°

Pada Gambar 10 dan 11, menunjukkan bahwa nilai energi impact dan harga impact spesimen 1 variasi arah serat 90° yaitu 1,70 J dan $0,02125 \text{ J/mm}^2$. Nilai energi impact dan harga impact spesimen 2 dengan variasi arah serat 90° yaitu 0,85 J dan $0,010625 \text{ J/mm}^2$. Kemudian spesimen 3 variasi arah serat 90° nilai energi impactnya 0,85 J dan $0,010625 \text{ J/mm}^2$.

Pengaruh Variasi Arah Serat Terhadap Kekuatan Impact

Pengujian impact spesimen ini menghasilkan nilai pengujian tertinggi untuk spesimen dengan variasi arah serat 0° , nilai impact 4,25 J, dan nilai harga impact $0,053125 \text{ J/mm}^2$. Nilai energi impact terendah untuk sampel dengan perubahan arah serat 90° adalah 0,85 J dan harga energi impact untuk sampel dengan arah serat 90° adalah $0,010625 \text{ J/mm}^2$.

Seperti (Pamungkas dkk, 2017), dimana disebutkan bahwa, semakin kecil sudut arah, semakin tinggi nilai energi impact dan harga impact. Selanjutnya, (Lasikun et al, 2018) mengungkapkan bahwa nilai resistansi yang relevan dari komposit berorientasi sudut serat ideal ketika sudut seratnya adalah 0° , namun nilainya menurun ketika sudut seratnya adalah 90° .

Berdasarkan penelitian terdahulu, (Raliannoor, 2020) mengungkapkan bahwa nilai impact yang hamper sempurna untuk bumper mobil adalah rata-rata energi impact sekitar $0,08412 \text{ J/mm}^2$. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini, hasil rata-rata energi impact dan nilai harga impact pada sampel komposit untuk bumper mobil mendekati nilai yang ideal, dengan rata-rata energi impact tertinggi adalah 3,70 J dan rata-rata nilai harga impact tertinggi yaitu $0,04620834 \text{ J/mm}^2$.

SIMPULAN

Hasil uji impact terbaik diperoleh untuk sampel dengan orientasi serat 0° dengan nilai impact 4,25 J dan nilai Harga Impact yaitu, $0,053125 \text{ J/mm}^2$. Hal ini dikarenakan semakin besar sudut orientasi serat pada komposit maka semakin kecil nilai energi impactnya. Dan sebaliknya.

REFERENSI

1. Lasikun, dkk. 2018. Effect of Fiber Orientation on Tensile and Impact Properties of Zalacca Midrib FiberHDPE Composites by Compression Molding. AIP Conference Proceedings 1931, 030060: 1–5.
2. Pambudi, Rizqi Luhur. "Pengaruh Orientasi Sudut Serat Pandan Duri Terhadap Ketangguhan *Impact* Komposit Sebagai Material Alternatif *Bumper* Mobil". Jurnal Kompetensi Teknik. 2020; Vol. 12 No. 2.
3. Pamungkas, Dhony Catur, Sarjito Jokosisworo, Ari Wibawa B. S. Analisa Teknis Kekuatan Mekanis Material Komposit Berpenguat Serat Tanaman Mendong (*Fimbrystylis Globulosa*) Ditinjau dari Kekuatan Bending dan Impact. Jurnal Teknik Perkapalan 5(2). 2017; 397 – 407.

4. Pratomo, Enrico Herdian Putra, M Sobron Y Lubis. "Simulasi Material Komposit Berpenguat Serat Bambu Dalam Pembuatan Komponen *Front Splitter* Pada Mobil". Jurnal Ilmiah Indonesia. 2021; Vol.6 No. 2 Desember 2021. Jakarta : Universitas Tarumanagara.
5. Raliannoor, A`yan Sabitah. Pengaruh Kekuatan Impact Poliester Berpenguat Serat Bambu Haur Dan Fiberglass Pada Aplikasi Bumper Mobil. Jurnal Teknik Mesin. 2020; Vol.7 No. 1 Juni 2020. Malang : Universitas Islam Malang.
6. Saputra, Reynaldi, Kardiman, Deri Teguh, dan Al Ichlas Imran. Analisis Sifat Mekanis dan Sifat Fisis Pada Komposit Serat Sabut Kelapa Serat Bambu Matriks Epoxy Sebagai Material Bumper Mobil. Karawang: Universitas Singaperbangsa Karawang. 2022.
7. Utama, Firman Yasa, Hanna Zakiyya. "Pengaruh Variasi Arah Serat Komposit Berpenguat Hibrida *Fiberhybrid* Terhadap Kekuatan Tarik Dan Densitas Material Dalam Aplikasi *Body Part* Mobil ". Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya. 2016; Vol. 15 No. 2. 2016.