

Fabrikasi dan Analisis Kekuatan Impak *Safety Helmet* dari Material Komposit Berpenguat Serat Bambu Menggunakan Resin *Epoxy*

Jeroh Miko Subahgia¹, Abubakar^{2*}, Yasir Amani¹, Aljufri¹, Abdul Rahman¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Bukit Indah, Lhokseumawe, 24352, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Vokasi Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh, Indonesia

*Corresponding Author: abubakar@unimal.ac.id

Abstract – A safety helmet is a type of personal protective equipment (PPE) worn on the head. It is usually made of metal or other hard materials such as Kevlar, resin fiber, or plastic. The use of PPE is an effort to protect workers and avoid factors that have the potential to endanger workers such as work accidents, slipping, and falling. For that, it is necessary to take actions such as training, making work instructions (WI), and standard operating procedures (SOP) as a last resort to avoid work accidents. Along with the rapid advancement of technology in the field of materials, the development of abundant and environmentally friendly natural fiber-reinforced materials can be an option to replace plastic, metal, or ceramic materials. Bamboo also has fibers that have the potential to be developed into biocomposite materials in the industrial world, especially in protective helmets (safety helmets) because they are easy to obtain and environmentally friendly. The selection of bamboo fiber as a research material is based on the potential of bamboo fiber in Indonesia, which is abundant and has not been utilized properly. Safety helmets are printed using the hand layup method. Composite impact testing refers to testing the strength and resistance of composite materials to sudden loads or impacts. Based on the results of the research conducted, the following conclusions were obtained. The hardness value of the specimen with a variation of 70% bamboo fiber volume fraction has the highest average hardness value of 46.193 joules, and the variation of 50% bamboo fiber volume fraction has the lowest average hardness value of 15.406 joules, which has a difference of 30.787 joules with the variation of 70% fiber volume fraction. The highest impact price value is obtained at a bamboo fiber volume fraction of 70% with an average impact price of 0.3566 J/mm²., while the lowest impact price of the bamboo fiber composite is at a bamboo fiber volume fraction of 50% with an impact price of 0.1047 J/mm².

Abstrak – *Safety Helmet* adalah salah satu jenis alat pelindung diri (APD) yang dikenakan di kepala dan biasanya terbuat dari logam atau bahan keras lainnya seperti Kevlar, serat resin, atau plastik. Berkenaan dengan penggunaan APD sebagai upaya perlindungan tenaga kerja, untuk menghindari faktor yang berpotensi membahayakan pekerja seperti: kecelakaan kerja, terpeleset dan terjatuh. Untuk itu perlunya dilakukan tindakan seperti pelatihan, pembuatan *work instruction* (WI), *standard operating procedure* (SOP) sebagai upaya terakhir untuk menghindari kecelakaan kerja. Seiring dengan pesatnya kemajuan teknologi dibidang material membuat perkembangan material berpenguat serat alam (*natural fiber*) yang melimpah dan ramah lingkungan bisa menjadi opsi untuk menggantikan material plastik, logam maupun keramik. Bambu juga memiliki serat yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi bahan biokomposit dalam dunia industri, khususnya pada helm pelindung (*safety helmet*) dikarenakan mudah didapat dan ramah lingkungan. Pemilihan serat bambu sebagai

bahan penelitian dengan mempertimbangkan potensi serat bambu di Indonesia yang berlimpah dan belum dimanfaatkan secara baik. Safety helmet di cetak menggunakan metode hand lay up. Uji impact komposit merujuk pada pengujian kekuatan dan ketahanan material komposit terhadap beban tiba-tiba atau benturan. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut. nilai kekerasan spesimen dengan variasi fraksi volume 70% serat bambu memiliki nilai kekerasan rata-rata tertinggi sebesar 46,193 *joule* dan variasi fraksi volume 50% serat bambu memiliki nilai kekerasan rata-rata terendah yaitu 15,406 *joule* yang memiliki selisih 30,787 *joule* dengan variasi fraksi volume 70% serat. Nilai harga impact tertinggi didapat pada fraksi volume serat bambu 70% dengan harga impact rata-rata 0,3566 J/mm^2 , sedangkan harga impact komposit serat bambu terendah adalah pada fraksi volume serat bambu sebanyak 50% dengan harga impact 0,1047 J/mm^2 .

Kata Kunci : *Safety Helmet, Serat Bambu, Komposit, Fraksi Volume, Impact*

1 PENDAHULUAN

Helm pengaman (safety helmet) pada kegiatan industri adalah solusi yang paling efektif untuk mencegah cedera pada bagian kepala bagi para pekerja. Oleh karena itu, sangat penting bahwa memperkecil efek dari benturan harus dioptimalkan untuk mengatasi skenario cedera yang berat, termasuk benturan lateral dan jatuh [1]. Perbandingan nilai ketahanan kejut helm keselamatan industri antara merek SNI dan non SNI dipengaruhi oleh ketebalan materialnya [2]. APD merupakan peralatan yang dipakai untuk melindungi dan menjaga keselamatan pekerja pada saat melakukan pekerjaan yang mempunyai potensi bahaya atau resiko kecelakaan kerja, Berkenaan dengan penggunaan APD sebagai upaya perlindungan tenaga kerja, untuk menghindari faktor yang berpotensi membahayakan pekerja seperti: kecelakaan kerja, terpeleset dan terjatuh. Untuk itu perlunya dilakukan tindakan seperti pelatihan, pembuatan *work instruction* (WI), *standard operating procedure* (SOP), rotasi pekerja dan penggunaan alat pelindung diri (APD) sebagai upaya terakhir untuk menghindari kecelakaan kerja [3]. Hal ini membuktikan bahwa APD bukan hanya sekedar sebagai pelengkap kerja, melainkan untuk melindungi diri dan meminimalisir dari kecelakaan serius.

Komposit berasal dari kata *composite* yang memiliki arti gabungan atau susunan, dapat diartikan bahwa material komposit adalah susunan atau gabungan dari dua atau lebih material, dimana pada setiap material yang tersusun dalam ukuran mikro ini memiliki sifat yang berbeda yang nantinya akan menciptakan material baru yang berbeda dari sifat awalnya. Komposit terdiri dari material yang berfungsi sebagai penguat (*reinforce*) dan material lainnya berfungsi sebagai pengikat (*matriks*).

Material komposit menjadi sangat penting karena mempunyai sifat-sifat yang khusus. Sifat-sifat tersebut diantaranya adalah kekakuannya, kekuatannya, ringan,

tidak terkorosi serta usia fatik yang lebih baik dibanding bahan konvensional lainnya [4].

Serat alami yang berasal dari tanaman terdiri dari selulosa (zat polimer alami yang terbuat dari molekul glukosa), lignin, dan bahan baku lainnya dalam jumlah yang bervariasi. Serat nabati (juga dikenal sebagai selulosa, kulit kayu, atau serat tanaman) diklasifikasikan menurut bagian tanaman tempat serat tersebut berasal dan dari mana serat tersebut diekstraksi. Serat alami termasuk yang terbuat dari tumbuhan, hewan, dan sumber mineral. Komposit yang diperkuat serat alami sedang dipertimbangkan secara luas dalam beberapa aplikasi pengemasan, konstruksi, dan mobil karena ramah lingkungan, ringan, dan biaya lebih rendah [5]. Benang merah adalah, jika rasio resin dan pengeras tidak dapat digunakan dengan benar, sifat mekanik dapat berubah daripada yang diharapkan [6].

Bambu adalah bahan terbarukan yang tumbuh secara alami dan akan terurai jika dibuang setelah masa pakainya habis dan menawarkan kinerja lingkungan yang sangat baik berdasarkan *Life Cycle Assessment* (LCA). Penggunaan bambu dalam konstruksi sejalan dengan konsep pembangunan berkelanjutan [7].

Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alami selulosa telah diselidiki di mana kandungan air optimum dapat dikurangi sehingga sifat hidrofilik serat dapat memberikan kekuatan ikatan antar muka yang optimal dengan matriks polimer [8]. Perlakuan alkali terbukti efektif menghilangkan ikatan hemiselulosa dan glikosida yang ada di dalamnya. Perlakuan alkali terbukti efektif dalam menghilangkan ikatan hemiselulosa dan glikosidik yang ada di bambu [9]. Untuk mendapatkan potensi yang maksimal dari sifat mekanik serat bambu, serat bambu diekstrak dari batang bambu dengan cara dipukul, lalu di berikan

perlakuan alkalisasi dengan merendam serat bambu kedalam larutan NaOH atau alkali 5% selama 120 menit dilakukan sebelum spesimen dibuat dengan menggunakan matriks resin epoksi [10].

Metode Hand lay-up adalah metoda yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit. Adapun proses dari pembuatan dengan metoda ini adalah dengan cara menuangkan resin dengan tangan kedalam serat berbentuk anyaman, rajuan atau kain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas.

Uji impak adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*) Pada uji impak terjadi proses penyerapan energi yang besar ketika beban menumbuk spesimen. Energi yang diserap material ini dapat dihitung dengan menggunakan prinsip perbedaan energi potensial. Cara kerja alat uji impak adalah dengan cara memukul kekuatan benda yang akan diuji dengan bandul. Tarik bandul sampai ketinggian tertentu kemudian kendurkan, sehingga bandul mengenai spesimen yang di uji sampai patah. Hasil uji impak dinyatakan dalam *joule* untuk kekuatan impak dan J/mm^2 untuk harga impak [11].

Perbedaan kekuatan impak pada spesimen tidak hanya dipengaruhi oleh ketebalan spesimen, bisa saja spesimen yang memiliki ketebalan yang lebih tipis memiliki kekuatan lebih tinggi, ketangguhan yang paling baik dan keuletan yang tinggi dibandingkan dengan spesimen yang lebih tebal. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh pada proses curing (Proses pengeringan) yang lebih cepat dibandingkan dengan spesimen yang lainnya dikarenakan memiliki ukuran ketebalan yang lebih tipis sehingga penguat serat dan matriks dapat mengikat dengan baik [12].

2 METODE PENELITIAN

2.1 Proses Pembuatan Serat Bambu

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini yaitu serat bambu dan resin epoxy.

1. Diawali dengan proses pengambilan batang bambu, Proses ini dilakukan dengan mengambil langsung batang bambu yang sudah berumur 3-5 tahun, bisa dilihat dari bentuk batang yang sudah kokoh. Seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Pengambilan Batang Bambu

2. Setelah proses pengambilan bambu dilakukan dilanjutkan dengan memotong dan membelah bambu secara bertahap yaitu dengan ketebalan 10 mm lalu dibelah lagi menjadi 5 mm kemudian dibelah lagi menjadi 0,5-0,8 mm. Dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Batang Bambu Yang Sudah Di Potong

3. Merendam serat bambu
Perendaman dengan menggunakan larutan NaOH pada serat bambu dilakukan agar mengurangi kekakuan pada serat bambu. Sifat elastisitas pada serat bambu ditentukan dari persentase campuran NaOH. Artinya semakin banyak persentase NaOH maka akan menambah elastisitas dan mengurangi kekakuan pada serat. Namun jika terlalu banyak persentase campuran NaOH membuat serat rapuh dan mudah patah. Dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perendaman menggunakan larutan NaOH

4. Penganyaman serat bamboo

Setelah proses pengeringan selesai dilakukan, serat bamboo dianyam secara manual dengan menggunakan alat seadanya. Dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses Penganyaman Serat Bamboo

2.2 Hasil Pembuatan Spesimen Uji Impak

1. Menimbang serat

Serat bamboo yang sudah dipotong dan dibelah dengan ketebalan 0,6 - 0,8 mm dengan panjang dan lebar anyaman sesuai komposisi yang dibutuhkan menggunakan timbangan digital. Dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses Penimbangan Serat Bamboo

2. Menimbang resin

Resin epoxy ditimbang sesuai komposisi yang di butuhkan kemudian campurkan resin dengan *hardener* dengan rasio perbandingan 1:2 yang ditentukan oleh produsen resin. Dapat di lihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Penimbangan Resin Epoxy

3. Mempersiapkan cetakan spesimen yang sudah di oleskan dengan *mirror glaze*.
4. Menuang Resin Kedalam Cetakan
5. Masukkan anyaman serat bamboo
6. Kemudian tuang kembali campuran resin dan *hardener* kedalam cetakan. Dapat di lihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Penuangan Resin Di Atas Anyaman Serat Bamboo

7. Masukkan kembali anyaman serat bamboo setelah resin dituangkan.
8. Proses ini dilakukan secara berulang dengan diawali dengan penuangan
9. Menutup cetakan spesimen
10. Pemisahan spesimen uji dengan cetakan setelah spesimen mengeras.
Cetakan yang awalnya di lapi mirror glaze membuat proses pelepasan spesimen dari cetakan lebih mudah, dikarenakan spesimen yang telah mengeras tidak akan menempel pada cetakan. Hasil dari pengeringan dan pemisahan spesimen uji dari cetakan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Spesimen Setelah Mengeras

11. Pemotongan specimen uji

Spesimen uji dipotong menggunakan gergaji besi sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan, dimana spesimen di potong dengan ketebalan 12,85 mm. Dapat di lihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Proses Pemotongan Spesimen Uji

12. Pembuatan spesimen uji dengan Standart pengujian yang dipakai dalam penelitian ini pada uji *impact* adalah ASTM D 6110-10 dan Proses pembuatan spesimen pengujian dengan menggunakan metode *hand lay up*. spesimen uji dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 10. Bentuk spesimen uji impak

2.3 Hasil Pembuatan Safety Helmet Dengan Metode Hand Lay Up

1. Mempersiapkan cetakan *safety helmet*.
2. Menganyam serat bambu di cetakan helm
3. Setelah anyaman selesai, lepas anyaman *safety helmet* dari cetakan
4. Menimbang serat bambu yang telah selesai di anyam membentuk *safety helmet*.
5. Menuangkan resin *epoxy* kedalam gelas ukur sebanyak 100 gram dan mencampurkan hardener sebanyak 50 gram kedalam resin *epoxy* sesuai dengan rasio 2:1 yang ditentukan oleh produsen resin, kemudian aduk hingga merata. Pengadukan ini dilakukan selama kurun waktu 1-2 menit secara

perlahan, agar dapat tercampur dengan baik dan tidak menyebabkan adanya gelembung udara pada resin *epoxy*. Seperti Gambar 11.



Gambar 11. Pelapisan Resin Pada Anyaman Safety Helmet

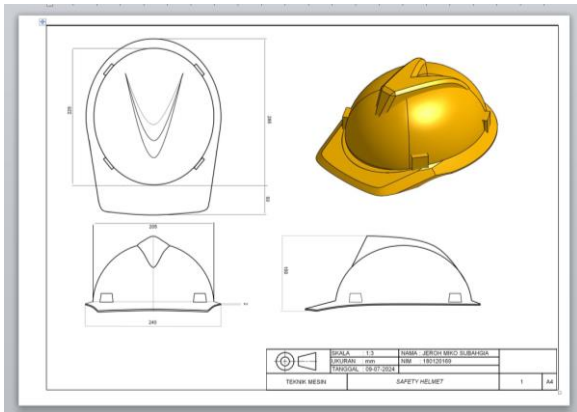
6. Oleskan resin secukupnya ke bagian luar anyaman serat bambu, lakukan secara merata agar resin dapat mengikat serat secara merata.
7. Setelah kering pada sisi bagian luar, dilanjutkan dengan cara yang sama pada sisi bagian dalam. Setelah kedua sisi telah dioleskan resin kering, kemudian rapikan bagian sudut dan bagian yang sekiranya masih perlu di rapikan menggunakan gerinda
8. Oleskan Kembali resin epoksi pada bagian luar dan dalam untuk menutupi bekas gerinda (agar serat bambu pada helm terlihat). Dapat di lihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Safety Helmet Komposit Serat Bambu

2.4 Gambar Safety Helmet

Berikut rancangan gambar *safety helmet* dengan skala 1:3 menggunakan aplikasi Microsoft word 2016, dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Rancangan Safety Helmet



Gambar 13. Perbandingan Safety Helmet

2.5 Spesifikasi Safety Helmet Komposit dan Safety Helmet Standar

Setelah dibuat helm proyek komposit dengan menggunakan bahan komposit serat bambu memiliki perbandingan massa dengan helm proyek standart. Perbandingan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Safety Helmet Komposit dengan Safety Helmet Standar

No	Safety Helmet Komposit		Safety Helmet Standar	
	Spesifikasi	Satuan	Spesifikasi	Satuan
1.	Tinggi	15 cm	Tinggi	15 cm
2.	Panjang	25 cm	Panjang	25 cm
3.	Lebar	23 cm	Lebar	23 cm
4.	Berat	401 gr	Berat	336 gr

Berat standar tempurung helm proyek industri dapat bervariasi tergantung pada jenis helm dan standar keselamatan yang berlaku di tempat kerja atau dalam industri tertentu seperti contoh Helm keras (*Hard Hat*) yaitu Helm keras yang umum digunakan di berbagai industri, seperti konstruksi, memiliki berat standar sekitar 250 hingga 450 gram. Berdasarkan hasil perbandingan spesifikasi helm proyek komposit dengan Standart produk, maka pembuatan helm proyek komposit dengan menggunakan bahan komposit serat bambu yang sudah dibuat ini memenuhi standart berat helm proyek pada umumnya. Dapat di lihat pada Gambar 13.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Perhitungan Komposisi Komposit Uji Impak

Cara mengetahui komposisi pada komposit uji impact dapat dihitung menggunakan tahapan berikut.

a. Menghitung volume cetakan (V_c)

Perhitungan volume cetakan menggunakan persamaan berikut

$$\begin{aligned} (V_K) &= p \times l \times t \\ (V_K) &= 125 \text{ mm} \times 65 \text{ mm} \times 12,85 \text{ mm} \\ &= 12,50 \text{ cm} \times 6,5 \text{ cm} \times 1,285 \text{ cm} \\ &= 104,4 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

b. Menghitung masa jenis serat

Perhitungan masa jenis serat menggunakan persamaan berikut

$$\begin{aligned} (\rho) &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{0,27}{0,8} \\ &= 0,33 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

c. Menghitung volume serat

Perhitungan volume serat menggunakan persamaan berikut

$$\begin{aligned} (V_s) &= (F_s) \times V_K \\ &= 70\% \times 104,4 \text{ cm}^3 \\ &= \frac{70}{100} \times 104,4 \text{ cm}^3 \\ &= 73,08 \text{ ml} \end{aligned}$$

d. Menghitung massa serat satu cetakan

Perhitungan Massa serat satu cetakan menggunakan persamaan berikut

$$\begin{aligned} (m_s) &= p \times V_s \\ &= 0,33 \text{ gr/cm}^3 \times 73,08 \text{ cm}^3 \\ &= 24,11 \text{ gr} \end{aligned}$$

e. Menghitung volume matrik

Perhitungan volume matrik menggunakan persamaan berikut

$$\begin{aligned} (V_{hr}) &= F_{hr} \times V_K \\ &= \frac{30}{100} \times 104,4 \text{ cm}^3 \\ &= 31,32 \text{ ml} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara yang sama hasil perhitungan komposisi komposit serat bambu dan resin epoxy. Dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Serat Bambu dan Resin Epoxy

Fraksi Volume Komposit	Volume Cetakan (cm ³)	Massa Jenis Serat (gr/cm ³)	Volume Serat (ml)	Massa Serat (gr)	Volume Matrik (ml)
50% : 50%	104,4	0,33	52,2	15,66	52,2
60% : 40%	105,2	0,31	63,12	18,96	42,08
70% : 30%	104,4	0,33	73,08	24,11	31,32

3.2. Data Hasil Uji Impact Charpy

Gambar spesimen uji impact setelah pengujian dapat di lihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Spesimen Setelah Pengujian Impact

Dari Gambar 4.3 dan 4.4 dapat dilihat bentuk spesimen sebelum dilakukan pengujian impact menggunakan metode *charpy*, terdapat perpatahan menyeluruh pada setiap fraksi volume, namun ada beberapa spesimen yang belum batah secara sempurna di karenakan masih ada serat dan matrik yang saling mengikat, bahkan pada fraksi volume 70% : 30% salah satu spesimen masih memiliki bentuk sempurna setelah dilakukan pengujian impact.

Dari pengujian impact yang telah dilakukan memberikan hasil data pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Sudut Awal dan Akhir Pengujian Impact

Fraksi Volume Spesimen (%)	Sudut awal (α)	Sudut akhir (β)
Tanpa Spesimen	162°	151°
Rata-rata	162°	151°
50% Serat bambu 50% Resin Epoxy	162°	109°
	162°	106°
	162°	104°
	162°	101°
Rata-rata	162°	105°
60% Serat bambu 40% Resin Epoxy	162°	99°
	162°	96°
	162°	90°
	162°	88°
Rata-rata	162°	93,25°

70% Serat bambu 30% Resin Epoxy	162°	19°
	162°	14°
	162°	10°
	162°	5°
Rata-rata	162°	12°

Berdasarkan hasil data penelitian yang didapat, untuk mengetahui nilai ketangguhan impact maka dilakukan perhitungan menggunakan persamaan berikut ini.

a. Energi akibat gesekan (*friction*) (E_f)

$$\begin{aligned} E_f &= G \times g \times l (\cos\beta_0 - \cos\alpha_0) \\ E_f &= 8 \times 9,8 \times 0,32 (151^\circ - 162^\circ) \\ &= 8 \times 9,8 \times 0,32 ((-0,874) - (-0,951)) \\ &= 8 \times 9,8 \times 0,32 (0,077) \\ &= 25 (0,077) \\ &= 1,925 \text{ joule} \end{aligned}$$

b. Energi ideal yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen (E_{id})

$$\begin{aligned} E_{id} &= G \times g \times l (\cos\beta_1 - \cos\alpha_1) \\ E_{id} &= 8 \times 9,8 \times 0,32 (5^\circ - 162^\circ) \\ &= 8 \times 9,8 \times 0,32 ((0,996) - (-0,951)) \\ &= 8 \times 9,8 \times 0,32 (1,947) \\ &= 25 (1,947) \\ &= 48,675 \text{ joule} \end{aligned}$$

c. Energi aktual yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen (E_{ak})

$$\begin{aligned} E_{ak} &= E_{id} - E_f \\ E_{ak} &= 48,675 - 1,925 \\ &= 46,75 \text{ joule} \end{aligned}$$

d. Luas penampang permukaan (A)

$$\begin{aligned} A &= h \times l \\ &= 10,20 \times 12,85 \\ &= 131,07 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

e. Perhitungan harga impact (HI) pada variasi volume 70% : 30% sampel ke empat yang telah diuji dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

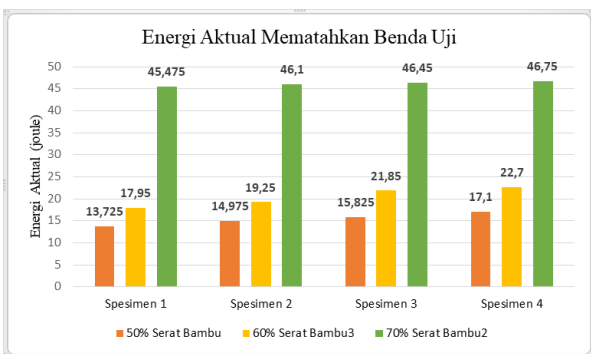
$$\begin{aligned} HI &= \frac{E_{ak}}{A} \\ &= \frac{46,75}{131,07} \\ &= 0.3566 \text{ joule/mm}^2 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama selanjutnya hasil uji impact di rata-ratakan. Seperti pada Tabel 3.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Harga Impact

No	Fraksi Volume Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Sudut Awal (α)	Sudut Akhir (β)	E_{ak} (Joule)	H_I J/mm ²	
1		12,85	12,85	125	162°	109°	13,725	0,1047	
2	50% Serat	12,85	12,85	125	162°	106°	14,975	0,1142	
3	50% Resin	12,85	12,85	125	162°	104°	15,825	0,1207	
4		12,85	12,85	125	162°	101°	17,1	0,1304	
Rata-rata							105°	15,406	0,1175
5		12,85	12,85	126	162°	99°	17,95	0,1369	
6	60% Serat	12,85	12,85	126	162°	96°	19,25	0,1468	
7	40% Resin	12,85	12,85	126	162°	90°	21,85	0,1667	
8		12,85	12,85	126	162°	88°	22,7	0,1731	
Rata-rata							93,25°	20,437	0,1558
9		12,85	12,85	125	162°	19°	45,475	0,3469	
10	70% Serat	12,85	12,85	125	162°	14°	46,1	0,3517	
11	30% Resin	12,85	12,85	125	162°	10°	46,45	0,3543	
12		12,85	12,85	125	162°	5°	46,75	0,3566	
Rata-rata							12°	46,193	0,3523

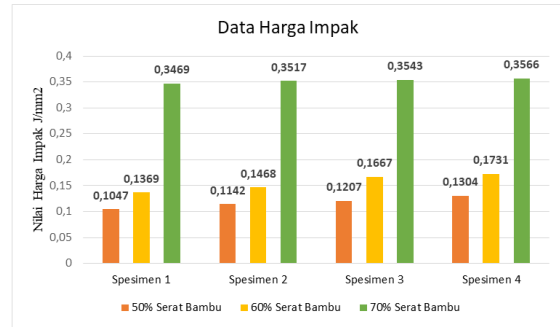
Dengan data hasil perhitungan pengujian impact Tabel 3, Energi aktual untuk mematahkan benda uji dapat di lihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Energi Aktual Pendulum Mematahkan Spesimen Uji

Berdasarkan diagram uji *impact charpy* di atas diperoleh nilai aktual untuk mematahkan benda uji tertinggi yang didapat pada salah satu spesimen dengan variasi 70% : 30% yaitu 46,75 joule, untuk nilai aktual terendah didapat pada salah satu spesimen dengan variasi 50% : 50% yang memiliki nilai 13,725 joule, dengan selisih nilai aktual 33,025 joule. Dengan menggunakan mesin uji yang sama, temperatur yang sama, sudut awal yang sama dan diwaktu yang sama namun dengan nilai yang berbeda membuktikan bahwa fraksi volume serat sangat berpengaruh pada setiap pengujian, dimana semakin banyak serat yang dipakai pada spesimen membuat spesimen akan semakin ulet, begitu juga sebaliknya semakin sedikit serat yang digunakan pada spesimen akan membuat spesimen menjadi getas.

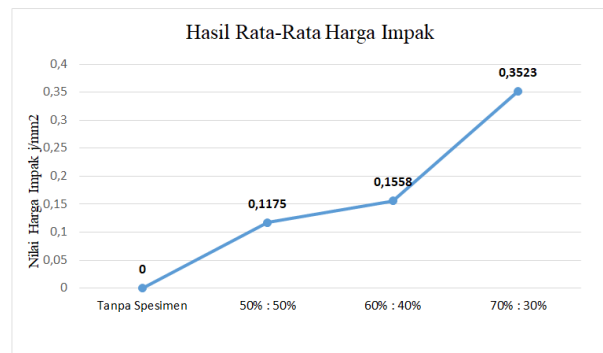
Sesuai dengan data hasil perhitungan pengujian impact Tabel 4, harga impact komposit serat bambu dengan fraksi volume serat 70%, 60% dan 50% dapat di lihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Grafik Harga Impact

Berdasarkan diagram uji *impact charpy* di atas diperoleh hasil dari perbandingan nilai harga impact ke empat benda uji antar fraksi volume 50% : 50%, 60% : 40% dan 70% : 30% dengan setiap spesimen memiliki nilai yang berbeda, dengan nilai terendah di dapat pada spesimen dengan fraksi volume 50% serat bambu yang hanya memiliki nilai harga impact di 0,1047 joule dan untuk nilai harga impact terbesar didapat dari fraksi volume 70% serat bambu dengan nilai 0,3566 joule. Hal ini membuktikan bahwa fraksi volume serat pada setiap spesimen sangat mempengaruhi nilai dari harga impact, dimana semakin tinggi fraksi volume pada spesimen uji maka nilai impact yang didapat akan semakin tinggi.

Hasil harga impact dari ketiga fraksi volume dapat dirata-ratakan seperti pada Gambar 17 berikut.



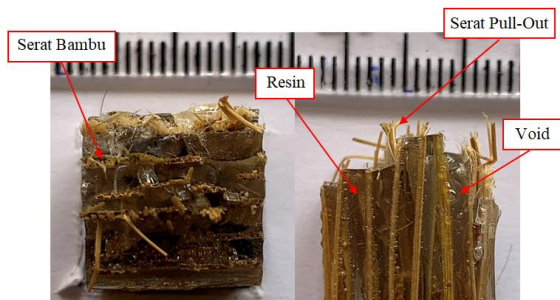
Gambar 17. Hasil Rata-Rata Harga Impact

Dengan nilai rata-rata tertinggi yaitu 0,3523 J/mm² variasi 70% : 30% memiliki harga impact hingga 300% lebih tinggi dari variasi 50% : 50% yang memiliki harga impact terendah di rata-rata 0,1175 J/mm². Hal ini menunjukkan bahwa pada fraksi volume serat bambu dengan fraksi volume 60% dan 50%, sehingga semakin banyak fraksi volume serat yang digunakan maka harga impact pada komposit akan semakin tinggi.

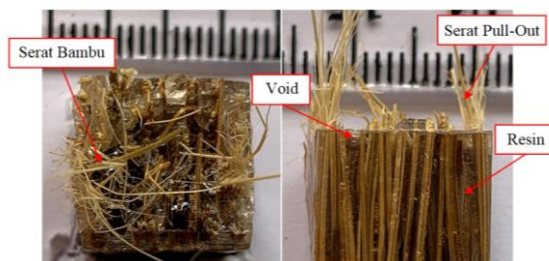
3.3. Hasil Pengujian Makro

Pengamatan makro dilakukan menggunakan aplikasi pembesar di kamera *hand phone* dengan 5x zoom.

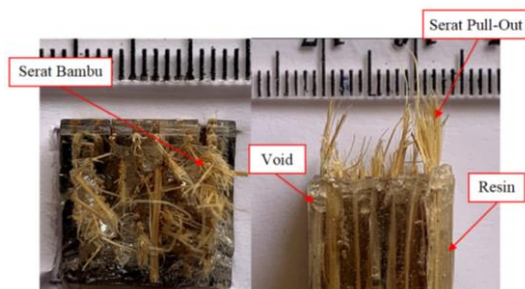
Hasil perpatahan dari tiap variasi fraksi volume pengujian *impact* ditunjukkan pada Gambar 18 sampai Gambar 20.



Gambar 18. Foto Makro Variasi 50% : 50%



Gambar 19. Foto Makro Variasi 50% : 50%



Gambar 20. Foto Makro Variasi 50% : 50%

Berdasarkan hasil foto makro diatas dengan variasi serat bambu 50%, 60% dan 70% menunjukkan bentuk patahan komposit serat bambu setelah mengalami pengujian *impact*. Dari foto tersebut dapat dilihat bahwa komposit serat bambu dengan susunan serat anyam mengalami patah ulet, yaitu patah yang ditandai dengan penyerapan energi yang cukup besar disekitar patahan sehingga permukaan patahan tampak kasar. Pada spesimen juga terjadi kegagalan pull-out, dapat di lihat patahan serat yang terpisah dengan matrik. Dari Gambar 18 sampai Gambar 20. juga dapat dilihat bahwa komposit serat bambu yang dibuat masih memiliki void, yaitu ruang kosong atau celah yang terdapat diantara serat dan matrik.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan pada proses fabrikasi dan analisis kekuatan impak *safety helmet* dari material komposit berpenguat

serat bambu menggunakan resin *epoxy* ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Variasi dari fraksi volume serat bambu berpengaruh terhadap kekuatan dari material komposit, dimana semakin banyak persentase serat bambu yang digunakan maka kekuatan *impact* pada komposit akan semakin tinggi, sebagai mana nilai harga *impact* tertinggi didapat pada fraksi volume serat bambu 70% dengan harga *impact* rata-rata $0,3566 \text{ J/mm}^2$, sedangkan harga *impact* komposit serat bambu terendah adalah pada fraksi volume serat bambu sebanyak 50% dengan harga *impact* $0,1047 \text{ J/mm}^2$.
2. Tahapan proses yang dilakukan dalam pembuatan serat bambu juga memegang peranan penting, dimana semakin baik metode yang dilakukan dalam proses pembuatannya maka serat yang dihasilkan akan semakin kuat dan untuk memaksimalkan kekuatan impak, daya rekat antara resin (*matriks*) dengan serat bambu (*reinforce*) juga sangat penting, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan penganyaman pada serat bambu.
3. Berdasarkan hasil perbandingan antara helm proyek yang sesuai dengan Standart Nasional Indonesia (SNI), maka pembuatan helm proyek komposit dengan menggunakan bahan komposit serat bambu ini melebihi standart berat dari helm proyek.

5 DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bottlang, M., DiGiacomo, G., Tsai, S., & Madey, S. (2022). Effect of helmet design on impact performance of industrial safety helmets. *Heliyon*, 8(8). <https://doi.org/10.1016/>.
- [2] Kusminah, I. L., Wardani, D., Dayanti, T. (2023). Analisis Kekuatan dan Ketahanan Kejut Material Safety Helmet sesuai Standar SNI ISO 3873: 2012. *Jurnal Elementer (Elektro dan Mesin Terapan)*, 9(2), 298-303.
- [3] Risgianto, & dkk. (2022). *Prosiding Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP) Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP)*.
- [4] Manurung, R., Simanjuntak, S., Sembiring, J., Napitupulu, R. A., & Sihombing, S. (2020). Analisa Kekuatan Bahan Komposit Yang Diperkuat Serat Bambu Menggunakan Resin Polyester Dengan Memvariasikan Susunan Serat Secara Acak Dan Lurus Memanjang. *Sprocket Journal of Mechanical Engineering*, 2(1), 28-35.
- [5] Shahapurkar, K., Yassin, M., Chenrayan, V., Althoey, F., Ozkiliç, Y. O., Tirth, V., dan Alghtani, A. H., (2024). Impact Compression Behavior of Habesha Moringa/Bamboo Fiber Reinforce Epoxy Composite. *Jurnal Of Natural Fiber*. 21(1),2311301.
- [6] Rafiqzaman, M., Taimum Islam, M., Raihan Hossain, M., Fazla Rabby, M., & Rifat Hashar, M. (2017). Fabrication and Performance Test of Glass-Bamboo Fiber Based Industry Safety Helmet. *American Journal of Mechanical and Materials Engineering*, 1(2), 20–25.

- [7] Chen, C., Li, H., Dauletbek, A., Shen, F., Hui, D., Gaff, M., Lorenzo, R., Corbi, I., Corbi, O., & Ashraf, M. (2022). Properties and applications of bamboo fiber—A current-state-of-the art. In *Journal of Renewable Materials* (Vol. 10, Issue 3, pp. 605–624). Tech Science Press. <https://doi.org/10.32604/jrm.2022.018685>
- [8] Kosjoko. (2017). Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Bahan Komposit Serat Bambu Tali (*Gigantochloa Apus*) Bermatriks Polyester.
- [9] Bharath, K. N., Madhu, P., Gowda, T. Y., Sanjay, M. R., Kushvaha, V., & Siengchin, S. (2020). Alkaline effect on characterization of discarded waste of *Moringa oleifera* fiber as a potential eco-friendly reinforcement for biocomposites. *Journal of Polymers and the Environment*, 28, 2823-2836.
- [10] Nayan, A., & Hafli, T. (2022). Effects of Fiber Orientation Variation on Tensile Strength of Bamboo Fiber Reinforced Composite Using Polyester Resin Type Bqtn-157-EX. In *Proceedings of Malikussaleh International Conference on Multidisciplinary Studies (MICoMS)* (Vol. 3, pp. 00046-00046).
- [11] Abidin, N. M. Z., Sultan, M. T. H., Shah, A. U. M., & Safri, S. N. A. (2019, November). Charpy and Izod impact properties of natural fibre composites. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 670, No. 1, p. 012031).
- [12] Mayleni, D., Rollastin, B., Masdani, M. (2021). Analisis Kekuatan Impak Pada Material Komposit Berpenguat Limbah Filter Rokok Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Cangkang Helm. In *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan* (Vol. 1, pp. 55-61).
- [13] Gultom, A., Safrwardy, F., Rizki, M. N., & Masrullita, M. (2024). Effect of Volume Fraction Variation of Hybrid Composite Reinforced Bamboo Fiber and Fiber-Glass Using Polyester Resin on Tensile Strength and Impack. *Electronic Journal of Education, Social Economics and Technology*, 5(1), 1-9.
- [14] Rizki, M. N., Fikri, A., Faisal, F., & Nanda, R. A. (2023). ANALISIS VON-MISES STRESS, STRAIN, DAN TOTAL DEFORMASI PADA PELAT IMPLAN METATARSOPHALANGEAL (MTP) DENGAN MATERIAL TI-6AL-4V MENGGUNAKAN FINITE ELEMENT METHOD. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 12(2), 178-189.
- [15] Rizki, M. N., Asnawi, A., Islami, N., Nanda, R. A., & Afandi, D. (2022). Desain Ergometer Kayak Berdasarkan Antropometri Dan Biomekanik Atlet. *Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology*, 6(3), 40-47.
- [16] Safrwardy, F., Rizki, M. N., Masrullita, M., & Simbolon, M. I. (2023). Analysis of tensile strength of composite fiber reinforced with areca Nut Skin Fiber using BQTN 157 EX Resin. *International Journal of Trends in Mathematics Education Research*, 6(4), 338-344.