

Respon Mekanik Komposit Hibrid Diperkuat Serat Karbon dan Serat Kaca Akibat Beban Impak Untuk Aplikasi Helm Keselamatan Kerja

M. Yani^{1*}, Arfis Amiruddin¹, Indrayani¹, Muhammad¹ & Indra Ulana¹

¹⁾ Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

*Email: m.yani@umsu.ac.id

ABSTRACT

Work safety helmets serve to protect the head from falling objects hitting the head directly and absorbing impact energy. To improve the performance of project helmets, innovations are made by using composite materials that combine the advantages of 2 types of fibers. This study aims to investigate the impact strength of hybrid composite materials using carbon fibers and glass fibers in an epoxy resin matrix and to make a prototype of a safety helmet. The manufacture of impact test specimens and prototype work safety helmets using the hand lay up method, using standar ASTM E23 05. The use of one type of fiber with a matrix:glass fiber or carbon fiber ratio of 50:50, and the use of a combination of two fibers with a matrix:glass fiber and carbon fiber ratio of 70:30. After that, charpy impact testing was carried out on the test specimens. The results obtained from impact testing show that the use of a combination of two carbon and glass fibers is able to withstand and absorb impact energy well.

Keywords: Safety helmet, Carbon Fiber, Glass Fiber, Epoxy Resin, Hybrid Composite

PENDAHULUAN

Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) bertujuan untuk memberikan perlindungan bagi tenaga kerja dan orang lain di tempat kerja, melindungi aset perusahaan, melindungi masyarakat dan lingkungan sebagaimana diamanatkan dalam Undang-Undang No. 1 Tahun 1970. Berdasarkan hasil data yang di dapat kecelakaan kerja dari program Jaminan Kecelakaan Kerja (JKK) BPJS Ketenagakerjaan tahun 2022, masih menunjukkan kecenderungan peningkatan kasus setiap tahunnya. Pada tahun 2021 tercatat sebanyak 234.370 kasus yang menyebabkan kematian pekerja/buruh sebanyak 6.552 orang, meningkat sebesar 5,7 % dibandingkan dengan tahun 2020. Angka tersebut menjadi indikasi bahwa penerapan K3 dengan menggunakan APD harus semakin menjadi prioritas bagi dunia kerja di Indonesia [1].

Mustofa menyatakan bahwa faktor predisposisi seperti pengetahuan, pendidikan, umur, dan masa kerja, secara meyakinkan berpengaruh terhadap kepatuhan menggunakan APD. Pendapat tentang faktor predisposisi masa kerja individu memberi pengaruh kuat terhadap perilaku kepatuhan menggunakan APD [2], juga diperkuat oleh penelitian Saragih et al. 2016 yang mengukur rendahnya kesadaran pekerja akan pentingnya budaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dengan menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) yang berstandar. APD merupakan peralatan yang dipakai untuk melindungi dan menjaga keselamatan pekerja pada saat melakukan pekerjaan yang mempunyai potensi bahaya atau resiko kecelakaan kerja. APD yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benda yang jatuh mengenai kepala secara langsung dan dapat menyerap shock atau pukulan disebut dengan helm proyek [3].

Salah satu APD yang selalu menjadi nomor pertama yang selalu diwajibkan adalah helm proyek, helm proyek yang memiliki bentuk dan warna yang bermacam-macam ini untuk melindungi salah satu area vital manusia yaitu kepala. Helm proyek ini berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan, pukulan, atau kejatuhan benda tajam dan berat yang melayang atau meluncur di udara. Helm ini juga bisa melindungi kepala dari radiasi panas, api, percikan bahan kimia ataupun suhu yang ekstrim. Kecelakaan /insiden pada saat berkerja tersebut biasanya dipicu oleh banyak faktor, antara lain kelalaian pekerja (Human Error), peralatan yang rusak, dan lingkungan kerja yang tidak aman [4-5].

Penggunaan helm proyek hampir seluruhnya digunakan pada berbagai bidang pekerjaan, baik pada bidang industri, bangunan, pertambangan, dan lain sebagainya. Penggunaan alat pelindung kepala juga harus memenuhi standart yang ditetapkan masing-masing negara pembuatnya, seperti

standart dari OSHA (Occupational Safety and Health Administration) yang sesuai di rekomendasi alat pelindung kepala yang memenuhi standar ANSI/ ISEA Z89.1-2014 (American National Standard Institute), adapun standart JIS T8131 (Japan Industrial Standard) dan standart indonesia SNI (Standard Nasional Indonesia).

Berkembangnya teknologi membuat orang-orang berlomba membuat inovasi yang beragam, inovasi yang dikembangkan diantaranya agar teknologi yang di ciptakan lebih efisien, lebih bermanfaat dan tidak banyak menimbulkan kerusakan. Salah satu perkembangan teknologi tersebut adalah pada bidang komposit ,yang telah menghasilkan produk komposit yang merupakan serat *carbon fiber* dan *fiber glass*.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk menganalisa kekuatan impak pada bahan komposit serat *carbon fiber* dan *fiber glass* dengan menggunakan pengujian *impact charpy*.
2. Untuk membuat purwa rupa helm keselamatan kerja yang diperkuat serat *carbon fiber* dan *fiber glass*.
3. Untuk mengetahui perbandingan spesifikasi helm komposit dengan helm standart.

Carbon Fiber

Carbon fiber merupakan serat yang terdiri dari sekurang-kurangnya 92% atom karbon. *Carbon fiber* dibuat dengan dari material PAN (*Polyacrylonitrile*) dan rayon, melalui tiga tahap proses yaitu :

1. Stabilisasi = peregangan dan oksidasi
2. Karbonisasi = pemanasan untuk melepaskan atom non-carbon dalam bentuk gas, seperti karbon dioksida (CO^2), *Hidrogen (H)*, *Nitrogen (N)*
3. Grafitisasi = Meningkatkan modulus elastisitas.

Sifatnya yang kuat tetapi ringan merupakan salah satu keunggulan yang dimiliki oleh *carbon fiber* dibandingkan dengan besi maupun baja. Adapun sifat -sifat fisika dari *carbon fiber*. Dapat dilihat pada table.

Tabel 1 Sifat fisika dari Carbon Fiber

Sifat fisik	Keterangan
Derajat polimerisasi	1000
Massa jenis (g/mL)	1,75
Titik leleh ($^{\circ}C$)	3600
Titik didih ($^{\circ}C$)	4200
Panas Pembakaran (kJ/mol)	-393,51
Panas Peleburan (kJ/mol)	46

Carbon fiber memiliki *tensile strength* yang lebih baik dibandingkan material lainnya. Dari tabel berikutnya dapat dilihat *tensile strength* dari beberapa material termasuk *Carbon fiber* [6-9].

Tabel 2 Tensile Strength Beberapa Material

Material	Tensile Strength (MPa)
Carbon steel 1090	3600
High Density Polyethylene (HDPE)	37
Stainless steel AISI 302	860
Aluminium 2014-T6	483
Carbon Fiber	4127
Kevlar	2757

Fiber glass

Serat gelas atau *fiber glass* merupakan serat yang paling sering digunakan untuk pembuatan komposit karena serat gelas dinilai membunyai sifat-sifat yang baik dan kekuatan yang tangguh.

Serat jenis ini biasanya digunakan sebagai penguat matrik jenis polimer [10-12]. Komposisi kimia serat gelas sebagian besar adalah Si dan sisanya adalah oksida aluminium (Al), kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), dan unsur-unsurnya [13-16]. Berdasarkan bentuknya serat gelas dapat dibedakan menjadi beberapa macam antara lain [17-18] yaitu,

Serat Glass dibedakan menjadi beberapa jenis diantaranya E-Glass, C-Glass, dan S-Glass. Masing-masing jenis serat Glass memiliki karakteristik yang berbeda-beda yang ditunjukkan pada Tabel.

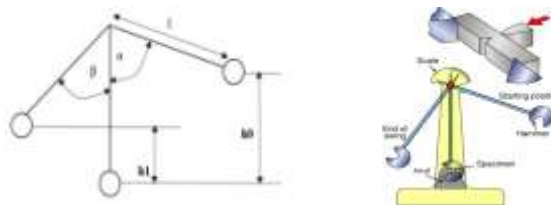
Tabel 3 Sifat-Sifat Serat Glass [19]

No	Jenis Serat		
	E-GLASS	C-GLASS	S-GLASS
1	Isolator listrik yang baik	Tahan terhadap korosi	Modulus lebih tinggi
2	Kekuatannya tinggi	Kekuatannya lebih rendah dari E-Glass	Lebih tahan terhadap suhu tinggi
3	Harganya lebih terjangkau	Harga lebih mahal dari E-Glass	Harga lebih mahal dari E-Glass

Pengujian Impact

Pengujian *impact* menurut Malau [20-21], bertujuan untuk mengetahui kemampuan spesimen menyerap energi yang diberikan. Pengujian *impact* merupakan salah satu proses pengukuran terhadap sifat kerapuhan bahan. Sifat keuletan atau toughness dari suatu bahan yang tidak dapat terdeteksi oleh pengujian lain.

Pengujian *impact* dilakukan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap pembebanan kejut (*shock resistance*), seperti kerapuhan yang disebabkan oleh perlakuan panas atau sifat kerapuhan dari produk tuangan (*Casting*) serta pengaruh bentuk dari produk tersebut. Dapat dilihat pada gambar 1.

Gambar 1. Set up uji *impact Charpy*

Pada uji *impact*, energi yang diserap untuk mematahkan benda uji harus diukur. Setelah bandul dilepas maka benda uji akan patah, setelah itu bandul akan berayun kembali, semakin besar energi yang terserap, semakin rendah ayunan kembali dari bandul [22]. Energi terserap biasanya dapat dibaca langsung pada skala penunjuk yang telah dikalibrasi yang terdapat pada alat pengujian. Energi terserap juga dapat dituliskan dalam bentuk rumus :

$$E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (1)$$

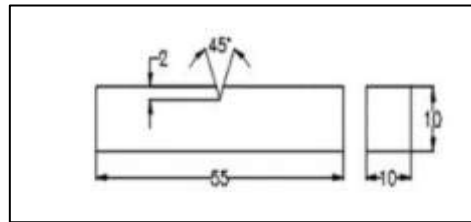
Besar nilai *impact* dapat dinyatakan dengan rumus :

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

METODE PENELITIAN

Pembuatan Spesimen Uji

Pembuatan model spesimen pengujian dilakukan berdasarkan ketentuan standar ukuran spesimen uji *impact* yang digunakan yaitu : sesuai dengan standar ASTM E23 05. Dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Spesimen uji impak charpy

Langkah-Langkah Pembuatan Spesimen Uji Impact

Adapun langkah-langkah pembuatan spesimen uji impact menggunakan serat serat hybrid carbon fiber dan fiber glass adalah sebagai berikut :

1. Menimbang serat carbon dan fiber glass yang sudah dipotong sesuai komposisi yang dibutuhkan menggunakan timbangan digital.
2. Melapisi cetakan spesimen dengan mirror glaze agar komposit yang dihasilkan mudah dilepaskan dari cetakan.
3. Menimbang resin epoxy sesuai komposisi yang di butuhkan kemudian campurkan resin dengan Katalis sesuai dengan rasio 1:2 yang ditentukan oleh produsen resin.
4. sudah di olesakan mirror glaze.
5. Kemudian tuang lapisan pertama resin dan Katalis yang sudah di aduk kedalam cetkan spesimen uji impact.
6. Masukkan serat carbon dan fiber glass yang sudah ditimbang kedalam cetakan spesimen.
7. Kemudian tuang kembali sisa campuran resin dan Katalis kedalam cetakan hingga menutupi keseluruhan serat carbon dan fiber glass.
8. Menutup cetakan spesimen uji lalu membiarkan mengering beberapa jam, kemudian spesimen mengering baru cetakan dibuka.
9. Mengulangi langkah-langkah diatas sesuai komposisi spesimen uji impact.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pembuatan Spesimen Dengan Menggunakan Bahan Komposit Serat Hybrid Carbon Fiber Dan Fiber Glass.



Gambar 3. Spesimen Pengujian

Dapat dilihat dari gambar 3, spesimen pengujian berjumlah 25 buah yang dimana setiap fraksi volume pada spesimen terdapat 5 buah pengujian dengan fraksi volume yang sama.

Rasio epoxy dan serat yang digunakan berdasarkan berat

Adapun perbandingan fraksi volume spesimen uji *impact* pada serat *carbon fiber* dan *fiber glass* terhadap resin epoxy. Dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4. Rasio berat komposisi spesimen uji dan berat komposit

No	Rasio berat epoxy resin : serat	Berat Spesimen komposit (gr)
1	50 epoxy:50 serat kaca	7,1
2	70epoxy:25serat kaca:5serat karbon	7,2
3	50epoxy:25serat karbon:25serat kaca	7,4
4	70epoxy:5 serat karbon:25 serat kaca	7,2
5	50 epoxy:50 serat karbon	7,1

Sudut Yang Terbentuk Pada Hasil Pengujian Spesimen *Impact Charpy*

Tabel 5 Sudut Yang Terbentuk Pada Pengujian Impact

Fraksi berat	Spesimen	α	β
50% Fiber Glass	1A	130°	120°
	2A	130°	122°
	3A	130°	102°
	4A	130°	116°
	5A	130°	110°
5% Fiber Glass : 25% Carbon Fiber	1B	130°	81°
	2B	130°	70°
	3B	130°	80°
	4B	130°	75°
	5B	130°	100°
25 % Carbon Fiber : 25% Fiber Glass	1C	130°	50°
	2C	130°	32°
	3C	130°	40°
	4C	130°	70°
	5C	130°	29°
5 % Carbon fiber : 25 % Fiber Glass	1D	130°	128°
	2D	130°	108°
	3D	130°	66°
	4D	130°	84°
	5D	130°	120°
50 % Carbon fiber	1E	130°	75°
	2E	130°	100°
	3E	130°	84°
	4E	130°	55°
	5E	130°	120°

Data Hasil Pengujian Impact

Data hasil pengujian Impact yang telah didapat dari proses pengujian yaitu: 5 buah spesimen yang masing-masingnya berbeda variasi serat *Fiber Glass* dan *Carbon Fiber* Data hasil pengujian dapat dilihat dalam tabel di bawah ini.

Tabel 6 Hasil perhitungan energi yang diserap dan besar nilai impact spesimen 1

Spesimen	W (kg)	L (m)	E (Joule)	HI (J/mm^2)
1 A	6	0,6	5,03754687	0,0228979403
2 A	6	0,6	3,981995229	0,0180999783
3 A	6	0,6	15,34242242	0,0697382837
4 A	6	0,6	7,21181281	0,0327809673
5 A	6	0,6	10,6110762	0,0482321646
Rata-rata			7,791007192	0,03834986684

Tabel 7. Hasil perhitungan energi yang diserap dan besar nilai impact spesimen 2

Spesimen	W (kg)	L (m)	E (Joule)	HI (J/mm^2)
2B	6	0,6	28,1965548	0,1281661582
2B	6	0,6	34,74401753	0,1579273524
2B	6	0,6	28,80385458	0,1309266117

Spesimen	W (kg)	L (m)	E (Joule)	HI (J/mm^2)
2B	6	0,6	31,80868278	0,1445849217
2B	6	0,6	16,55123916	0,0752329053
Rata-rata			28,02086977	0,12736759

Tabel 8 Hasil perhitungan energi yang diserap dan besar nilai impact spesimen 3

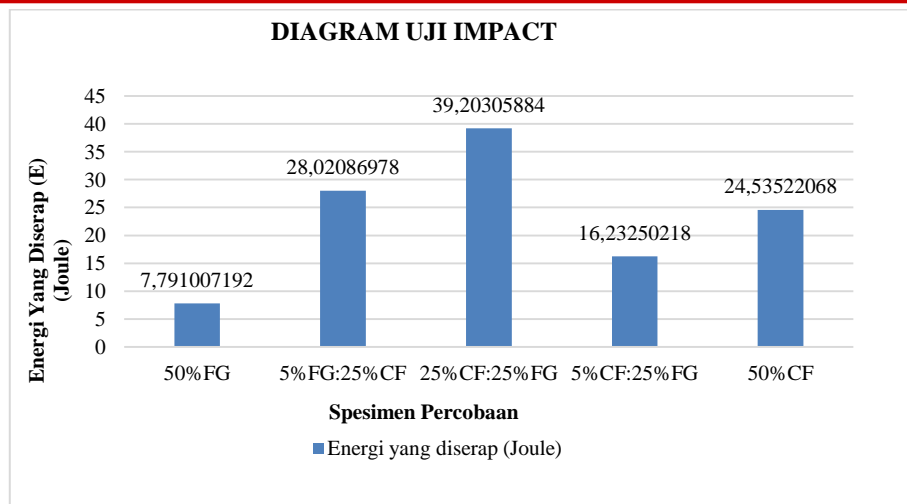
Spesimen	W (kg)	L (m)	E (Joule)	HI (J/mm^2)
3C	6	0,6	45,35509373	0,206159517
3C	6	0,6	52,59668371	0,239075835
3C	6	0,6	49,70359483	0,225925431
3C	6	0,6	31,80868278	0,144584921
3C	6	0,6	16,55123916	0,075232905
Rata-rata			39,20305884	0,178195722

Tabel 9 Hasil perhitungan energi yang diserap dan besar nilai impact spesimen 4

Spesimen	W (kg)	L (m)	E (Joule)	HI (J/mm^2)
4D	6	0,6	0,9570100202	0,0043500455
4D	6	0,6	11,77542731	0,0535246696
4D	6	0,6	37,02721565	0,168305525
4D	6	0,6	26,36531106	0,119842323
4D	6	0,6	5,03754687	0,0228979403
Rata-rata			16,23250218	0,07378410082

Tabel 10 Hasil perhitungan energi yang diserap dan besar nilai impact spesimen 5

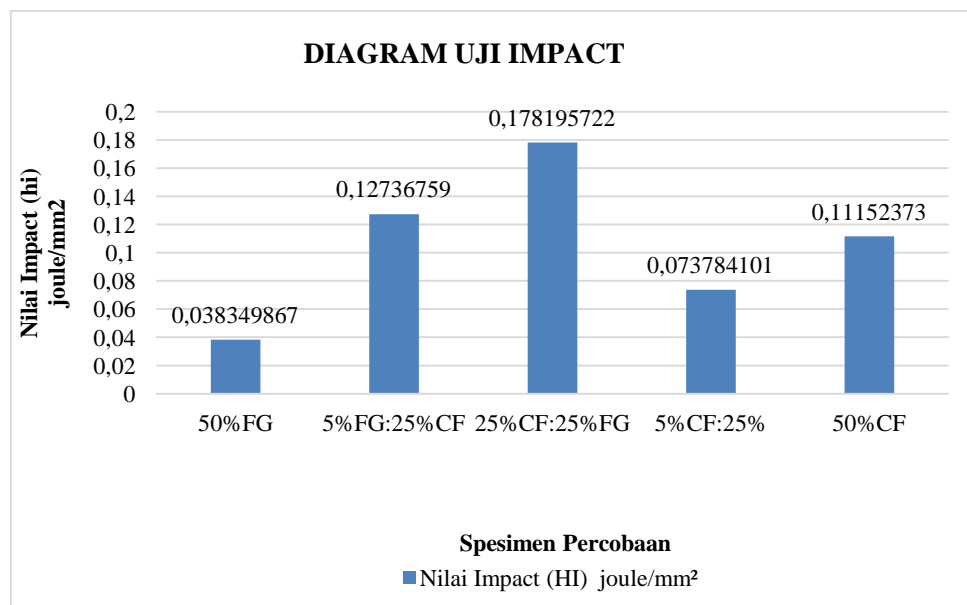
Spesimen	W (kg)	L (m)	E (Joule)	HI (J/mm^2)
5E	6	0,6	31,80868278	0,144584921
5E	6	0,6	16,55123916	0,075232905
5E	6	0,6	26,36531106	0,119842323
5E	6	0,6	42,91332354	0,195060561
5E	6	0,6	5,03754687	0,022897940
Rata-rata			24,53522068	0,111523730



Gambar 4. Diagram Hasil Pengujian Impact

Berdasarkan diagram uji impact charpy maka diperoleh hasil dari perbandingan Spesimen 1-5 yaitu :

1. Spesimen 1 memiliki energi yang diserap sebesar 7,791007192 joule.
2. Spesimen 2 memiliki energi yang diserap sebesar 28,02086978 joule.
3. Spesimen 3 memiliki energi yang diserap sebesar 39,20305884 joule.
4. Spesimen 4 memiliki energi yang diserap sebesar 16,23250218 joule.
5. Spesimen 5 memiliki energi yang diserap sebesar 24,53522068 joule.



Gambar 5. Diagram Hasil Pengujian Impact

Berdasarkan diagram uji impact charpy maka diperoleh hasil besaran nilai impact dari perbandingan Spesimen 1-5 yaitu :

1. Spesimen 1 memiliki besaran nilai impact sebesar 0,038349867 joule/mm².
2. Spesimen 2 memiliki besaran nilai impact sebesar 0,12736759 joule/mm².
3. Spesimen 3 memiliki besaran nilai impact sebesar 0,178195722 joule/mm².
4. Spesimen 4 memiliki besaran nilai impact sebesar 0,073784101 joule/mm².
5. Spesimen 5 memiliki besaran nilai impact sebesar 0,11152373 joule/mm².

Berdasarkan data dari grafik diatas spesimen 3 memiliki nilai impact yang lebih baik dari pada spesimen yang lainnya. Oleh karena itu dapat di simpulkan spesimen 3 digunakan untuk pembuatan helm safety komposit menggunakan serat hybrid carbon fiber dan fiber glass.

Hasil Langkah-Langkah Pencetakan Helm Dengan Metode Hand Lay Up

Adapun langkah-langkah proses pencetakan helm dengan metode hand lay up menggunakan serat serat hybrid carbon fiber dan fiber glass adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan cetakan helm yang sudah di oleskan mirror glaze, kemudian oleskan lapisan gel coat pada bagian dalam cetakan helm. Gel coat adalah lapisan permukaan yang memberikan tampilan dan tekstur akhir helm cetakan helm (*mold helm*).
2. Menimbang serat carbon fiber seberat 150 gram dan fiber glass seberat 150 gram.
3. Menuangkan resin epoxy kedalam gelas ukur sebanyak 800 gram dan mencampurkan katalis sebanyak 400 gram kedalam resin epoxy sesuai dengan rasio 1:2 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. Masukkan serat carbon fiber seberat 150 gram secara perlahan dan merata dalam cetakan.
4. Tuangkan adonan resin secukupnya kedalam cetakan yang sudah dimasukkan serat, lakukan penuangan secara merata agar resin dapat mengikat serat secara merata.
5. Masukkan potongan serat fiber glass seberat 150 gram perlahan dan merata dalam cetakan.
6. Tuangkan kembali adonan resin secukupnya kedalam cetakan yang sudah dimasukkan serat, lakukan penuangan secara merata agar resin dapat mengikat serat secara merata.
7. Rapiakan cetakan menggunakan gerinda dan bor bagian tengah pembatas cetakan lalu kunci cetakan menggunakan mur dan baut, supaya cetakan mudah untuk di lepaskan.
8. Diamkan bahan yang dicetak didalam suhu ruangan selama 1-2 hari. Setelah beberapa hari buka baut dan mur pada cetakan untuk melepaskan hasil helm dari cetakan. Dapat di lihat pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil Helm yang dibuat dari bahan komposit

Hasil Perbandingan Helm Proyek Menggunakan Bahan Komposit Serat Hybrid Carbon Fiber Dan Fiber Glass Dengan Helm Proyek Standart

Setelah dibuat helm proyek komposit dengan menggunakan bahan komposit serat hybrid carbon fiber dan fiber glass memiliki perbandingan massa dengan helm proyek standart. Dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 11 Perbandingan Helm Proyek Bahan Komposit Dengan Helm Proyek Standart.

No.	Helm Komposit	Helm Plastik
1.	Tinggi	17 cm
2.	Panjang	28,5 cm
3.	Lebar	21 cm
4.	Berat	610 gram

Berat 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 250-450 gram. Berdasarkan hasil perbandingan spesifikasi helm proyek komposit dengan Standart

produk, maka pembuatan helm proyek komposit dengan menggunakan bahan komposit serat hybrid carbon fiber dan fiber glass, yang sudah dibuat ini melebihi standart berat helm proyek pada umumnya.

KESIMPULAN

1. Pembuatan helm proyek yang diperkuat dengan serat karbon dan serat kaca menghasilkan produk yang memiliki keunggulan dalam hal kekuatan dan ketahanan terhadap benturan. Penggunaan serat karbon memberikan kekuatan yang tinggi, menjadikan helm lebih efektif dalam melindungi kepala dari dampak fisik. Di sisi lain, serat kaca memberikan ketahanan yang baik terhadap korosi dan kejutan termal.
2. Berdasarkan hasil perbandingan helm proyek yang sesuai dengan Standart produk, maka pembuatan helm proyek komposit dengan menggunakan bahan komposit serat hybrid carbon fiber dan fiber glass yang sudah dibuat ini melebihi standart berat helm proyek pada umumnya dan memiliki dampak atau akibat bagi kesehatan dalam jangka waktu yang lama serta menyulitkan pengguna dalam bergerak.
3. Pengujian spesimen impact pada helm proyek menunjukkan bahwa penggunaan serat hybrid carbon fiber dan fiber glass mampu menahan dan menyerap energi benturan dengan baik, adapun hasil nilai tertinggi dan terendah dari percobaan spesimen :
 - a. Perhitungan energi yang diserap impact charpy dengan nilai tertinggi 39,20305884 joule dan dengan nilai terendah 7,791007192 joule.
 - b. Perhitungan besaran nilai impact charpy dengan nilai tertinggi 0,178195722 joule/mm² dan dengan nilai terendah 0,03834986684 joule/mm².

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih diucapkan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (LPPM) yang telah memberikan bantuan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yuli Adiratna, Sudi Astono, M. KK. Muhammad Fertiaz, Subhan, Cut Adee Opie Sugistria, Hadi Prayitno, Rinaldi Ikhsanul Khair, Arnes Brando, Beti Adika Putri. . *Profil Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Nasional Indonesia Tahun 2022*.
- [2] Mustofa, M., Nursandah, A., dan Haqi, D.N., Analisis Penggunaan Alat Pelindung Diri pada Pekerjaan Pembesian dan Pengecoran Kolom dan Girder di PT. Pembangunan Perumahan (Persero) TBK. "Studi di Proyek Pembangunan Tol Pandaan Malang", *Jurnal Agregat*, Vol; 4(2), pp 350-358, 2019.
- [3] Saragih, V.I., Kurniawan, B., dan Ekawati, E., Analisis Kepatuhan Pekerja Terhadap Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) (Studi Kasus Area Produksi di PT. X), *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*, Vol. 4 (4), pp 747-755, 2016.
- [4] Kusuma, Albert, and Siska Devella. "Pengenalan Penggunaan Helm Proyek Berstandar Pada Citra Foto Berdasarkan SIFT Dengan SVM." *JITTER- Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Komputer* 3(2), 2022.
- [5] Kusuma, A., & Devella, S. Pengenalan Penggunaan Helm Proyek Berstandar Pada Citra Foto Berdasarkan SIFT Dengan SVM. *JITTER- Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Komputer*, 3(2), 2022.
- [6] Patil N & Udupi V.R. Mechanical properties and microstructure of recycled mortar reinforced with hybrid fiber. *International Journal of Engineering and Technology*. ` Vol 7, No 4, 2010.
- [7] Yani, M., Bakti Suroso, and Rajali Rajali. "Mechanical Properties Komposit Limbah Plastik." *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi* 2(1):74–83. doi: 10.30596/rmme.v2i1.3071, 2019.
- [8] Anonim. (2002). *Composite Materials Handbook*, Departement of Defence, United States of America, pp. (6-74) – (7-39), 2002

- [9] Gibson, O.F. Principle of Composite Materials Mechanics, McGraw-Hill Inc., New York, USA. 1994
- [10] Siregar, Ahmad Marabdi, and C. A. Siregar. "Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi." *Rekayasa Saluran Gas Buang Sepeda Motor Guna Mengurangi Pencemaran Udara* 2(2):160–66, 2020.
- [11] Rizka Bayu Rahmadhani. *Tak disangka, ini makna 7 warna helm safety proyek yang kudu kamu tahu*. 2017. M.Brilio.Net. <https://m.brilio.net/creator/7-warna-helm-safety-proyek-110183.html>
- [12] Kroschwitz, J. I., Grestle, F. P. Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, John Wiley Inc. New York, 1987.
- [13] Yani, M., Suroso, B., & Rajali, R. Mechanical Properties Komposit Limbah Plastik. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 2(1), 74–83, 2019. <https://doi.org/10.30596/rmme.v2i1.3071>
- [14] Schwartz, M. M., 1997, Composite Material Handbook. Magrawhill: New York.
- [15] Boyle, M. A., Martin, C. J., & Neuner, J. D. (n.d.). Epoxy Resins. Hexcel Corporation
- [16] Porwanto & Johar. "Karakterisasi Komposit Berpenguat Serat Bambu Dan Serat Gelas Sebagai Alternatif Bahan Baku Industri." 2008.
- [17] Yahaya, R., Sapuan, S. M., Jawaid, M., Leman, Z., & Zainudin, E. S. Mechanical performance of woven kenaf-Kevlar hybrid composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 33(24), 2242–2254, 2014. <https://doi.org/10.1177/0731684414559864>
- [18] Rizka Bayu Rahmadhani. 2017. "Tak Disangka, Ini Makna 7 Warna Helm Safety Proyek Yang Kudu Kamu Tahu." *M.Brilio.Net*. Retrieved January 11, 2023 (<https://m.brilio.net/creator/7-warna-helm-safety-proyek-110183.html>).
- [19] Nugroho, 2007, Proses Produksi Pembuatan Mikrocar Dari Bahan Komposit.
- [20] Malau, Vikto,. Pengaruh Perlakuan Panas Quench Dan Temper Terhadap Laju Keausan, Ketangguhan Impak Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Baja XW 42 Untuk Keperluan Cetakan Keramik. *Jurnal Media Teknik*. Mei. Nomor 2. Hal 189, 2008.
- [21] Gibson, R. F. (1994). Principle Of Composite Material Mechanic. Mc Graw Hill International Book Company, New York.
- [22] Siregar, A. M., & Siregar, C. A. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi. Rekayasa Saluran Gas Buang Sepeda Motor Guna Mengurangi Pencemaran Udara*, 2(2), 160–166, 2020