

## APLIKASI KOMPOSIT SERAT SABUT KELAPA CFRP PADA HELM SNI DALAM MENGURANGI BENTURAN ENERGI KEJUT

Muhammad Nur Afif<sup>1</sup>, Mohamad Hakam<sup>2</sup>, Fipka Biso<sup>3</sup>, Priyambodo Nur Ardi Nugroho<sup>4</sup>

D4 Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya<sup>1,2,3</sup>  
ITS Sukolilo, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Kota SBY, Jawa Timur 60111

D3 Teknik Desain dan Konstruksi Kapal, Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya<sup>4</sup>  
ITS Sukolilo, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Kota SBY, Jawa Timur 60111

E-mail: nur.afif@student.ppns.ac.id

### ABSTRAK

Helm SNI sering menggunakan material plastik berupa ABS, Komposit Fiber Tiga Rangkap (Tri Fiber Composites) dan Full Carbon, Sehingga perlu komposisi material baru dalam menemukan helm berperforma baik dan berergonomis tinggi. Salah satu inovasi yang diambil adalah komposit serat alam yaitu serat sabut kelapa dengan campuran lapisan serat karbon. Kedua serat tersebut diketahui memiliki kekuatan yang baik secara struktur dan sifat fisik serat karbon yang juga ringan. Penelitian dilakukan dengan memodifikasi helm ukuran XL tipe wajah terbuka dan dilakukan pengujian eksperimental dan perancangan. Parameter pengujian eksperimen yang dilakukan adalah menggunakan Alat Uji Penyerapan Energi Kejut datar pada posisi benturan atas, samping dan belakang dengan parameter paron adalah paron datar serta kecepatan acuan pada pengujian masing masing sebesar 4,6 m/s dan 6,5 m/s. Penelitian menghasilkan hasil dari pengujian eksperimen pada kecepatan 4,6 m/s dan 6,5 m/s berturut turut dalam posisi atas sebesar 143 G dan 122 G, pada posisi belakang sebesar 119 G dan 138 G dan pada posisi samping sebesar 136 G dan 169 G. Hasil menunjukkan bahwa penelitian menghasilkan desain Helm yang sudah cukup memenuhi standar SNI..

**Kata Kunci:** Benturan energi kejut, Komposit, Serat Sabut Kelapa, Hand Lay Up, Uji Penyerapan Energi Kejut.

### ABSTRACT

SNI helmets often use plastic materials in the form of ABS, Triple Fiber Composites (Tri Fiber Composites) and Full Carbon, so new material compositions are needed to find helmets with good performance and high ergonomics. One of the innovations taken is a natural fiber composite, namely coconut coir fiber with a mixture of carbon fiber layers. Both fibers are known to have good structural strength and physical properties of carbon fiber which is also light. The research was conducted by modifying an open face type XL size helmet and experimental and design testing was carried out. The parameter experiment carried out was using the Flat Shock Energy Absorption Test Equipment at the top, side and rear inclined positions with the parameters of the anvil being a flat anvil and the reference speed in the test were 4.6 m/s and 6.5 m/s, respectively. The study yielded results from experimental testing at speeds of 4.6 m/s and 6.5 m/s respectively in the top position of 143 G and 122 G, at the rear position of 119 G and 138 G and in the side position of 136 G and 169 G. The results show that it produces a helmet design that meets SNI standards..

**Keyword :** Impact shock energy, Composite, Coir Fiber, Hand Lay Up, Shock Energy Absorption Test.

### 1. PENDAHULUAN

Sabut kelapa sering ditemukan di tempat perdagangan seperti pasar, pesisir pantai dan industry pengolahan sabut tersebut sebagaimana sisa dari hasil pamarutan kelapa tersebut sering dibuang dan tidak digunakan kembali. Penelitian penggunaan serat sabut kelapa sebelumnya telah banyak dilakukan dan salah satunya ditemukan hasil penggunaan serat sabut kelapa sebagai bahan alternatif pembuatan sungkup helm memiliki hasil kekuatan tarik maksimal sebesar 0,094 MPa dan kuat lentur maksimal 0,521 MPa [6]. Hasil dapat

terindikasi aman karena cangkang helm harus memiliki karakteristik mekanik yang kuat dan Tangguh secara struktur [2]. Helm yang aman adalah helm yang terindikasi mampu menahan beban kejut yang kurang dari ketentuan standarnya, semakin sedikit nilai penurunan percepatan maksimum helm (G) maka semakin baik helm untuk digunakan di kepala, karena Helm yang memiliki nilai kurang dari batas standar yang diberikan maka helm tersebut layak untuk digunakan pada pengujian Uji penyerapan energi kejut [3]. SNI menerapkan nilai maksimal kurang dari 300 G dan diterapkan

untuk semua jenis helm yang akan diverifikasi ke SNI-annya [2].

Peneliti sebelumnya telah melakukan pengujian impact atau pengujian penyerapan kejut pada helm dimana sebelumnya pernah ditemukan untuk helm full face memiliki nilai kurang dari 240 G pada posisi belakang dengan menggunakan standar SNELL [7]. Material helm adalah ABS thermoplastic, kemudian sumber lain mengatakan pada posisi tersebut helm saat di FEA menggunakan LS DYNA memiliki HIC (Koefisien cidera kepala) 2300 – 2675 dimana nilai HIC yang baik adalah  $\leq 2400$  [3]. Peneliti lainnya yang menggunakan bentuk dan pengujian yang mengikuti kaidah SNI menemukan bahwa pada helm dengan material serat karbon dan penguatnya pada variasi ketebalan 4 mm sampai dengan 8 mm telah memverifikasi lapisan ketebalan sungkup yang baik dan aman secara SNI adalah lapisan dengan ketebalan diatas 5 mm dengan jumlah layer 2 dan 3 layer serat [1]. Sedangkan peneliti yang lain memverifikasi helm yang memiliki ketebalan 4 mm lebih dan kurang dari memiliki hasil uji penyerapan kejut sebesar 183 G – 200 G sehingga dapat dinyatakan lolos secara SNI [8].

Helm harus memiliki kemampuan dalam menahan beban kejut atau impact yang baik agar tidak mencelakai penggunaannya [10], helm dilapisi busa peredam kejut yang bermaterial EPS dengan ketebalan yang diijinkan oleh SNI minimal 230 mm. semakin tebal busa maka distribusi impactnya dapat tereduksi dengan baik [2]. Penelitian membuktikan untuk kekuatan dari serat sabut kelapa dan serat karbon yang akan dikombinasikan apakah dapat memenuhi ekspektasi para peneliti sebelumnya dimana material karbon yang dikenal ringan dan kuat serta sabut kelapa sebagai material sisa bebas pakai yang jarang digunakan dan minim kesadaran akan pengeolahan ulangnya. Helm dilakukan uji penyerapan energi kejut atau uji bentur impact dimana helm dijatuhkan pada ketinggian hingga 2,3 m atau 2300 mm.

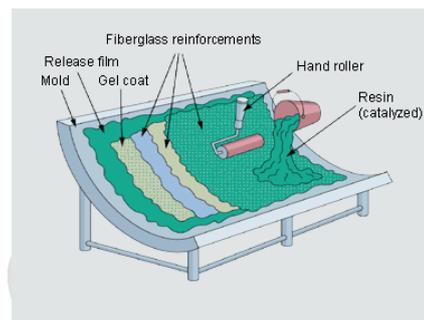
## 2. DASAR TEORI DAN PARAMETER UJI

### 2.1 Komposit

Material komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik selagi membentuk komponen tunggal sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit menurut penelitian terdahulu terbagi menjadi 2 jenis. Ada komposit yang dipengaruhi berdasarkan penguatnya [9] dan ada komposit yang di klasifikasikan berdasarkan penempatannya. Komposit yang berdasarkan pada penempatannya dibagi menjadi empat jenis [4].

### 2.2 Metode Hand Lay Up

*Hand Lay-Up* merupakan proses laminasi serat secara manual, dimana merupakan metode pertama dalam pembuatan komposit. metode *Hand Lay-Up* lebih ditekankan untuk pembuatan produk yang sederhana dan hanya menuntut satu sisi saja yang memiliki permukaan halus [4]. Spesimen (helm) dibuat menggunakan metode ini karena dapat memangkas biaya produksi dan cukup mudah untuk dilakukan sehingga sangat optimal karena mudah diaplikasikan.



Gambar 1. Proses Hand Lay Up

### 2.3 Uji Penyerapan Energi Kejut

Beban impact sering didefinisikan sebagai beban yang bekerja pada struktur dalam waktu yang sangat singkat, umumnya kurang dari 1 detik. Hanya dalam beberapa milidetik [5]. Pengujian dilakukan hanya di laboratorium yang sudah memiliki verifikasi uji standar SNI 1811-2007. Laboratorium yang sudah terverifikasi adalah B4T Bandung dan BBKFK Jakarta.

### 2.4 Perhitungan Benturan Kejut Maksimal

Sebelum dilakukan pengujian, spesimen perlu di estimasi perhitungan penurunan percepatan maksimum menggunakan konsep hukum newton 2 dan penerapan gerak jatuh bebas dasar hingga lanjut. Maka dijelaskan sebagai berikut.

$$V_t = v_0 + g \cdot t \quad (1)$$

$$Ep = m \cdot g \cdot h \quad (2)$$

Adapun gaya melawan udara yang merupakan konsep dari hukum aerodinamika. Ketika sebuah benda jatuh vertikal akan mengalami gesekan udara yang melawan arah udara yang dinyatakan dalam  $C_d$  [5], sehingga dinyatakan berikut.

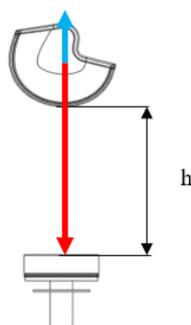
$$Fd = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot Cd \cdot v^2 \quad (3)$$

Setelah energi kejut, kecepatan maksimum dan Gaya lawan udara ditemukan maka diturunkan ke persamaan Hukum Newton II dimana pengaruh gaya dan massa pada percepatan yang dirumuskan berikut..

$$\sum F = m \cdot a \quad (4)$$

## 2.5 Pengujian Laboratorium

Seperti halnya tabel, pastikan setiap gambar initial design secara eksperimental dengan menggunakan mesin monoaxial rail. Alat uji sudah terverifikasi ISO 6487:2000 dan sudah digunakan di instansi laboratorium uji lain untuk pengujian Helm untuk standar SNELL, DOT dan ECE 22.05. Pengujian diprogram dengan program khusus menurut SNI dengan mencantumkan standar parameter yang ditentukan. Di Lab ini ditentukan v minimum saat helm jatuh ke anvil sebesar 6.5 dan 4,6 m/s dengan ketinggian 2300 mm pada paron datar. Pengujian dilakukan pada 3 posisi yaitu posisi atas, samping dan belakang.



Gambar 2. Posisi Pengujian Helm

## 3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

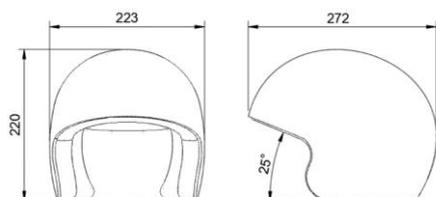
Penelitian dilakukan dengan merinci kebutuhan dari komponen utama dan pendukung hingga menjelaskan semua detail hingga selesai.

### 3.1 Spesifikasi Spesimen

Helm SNI Open Face pengujian memiliki ukuran XL dengan keliling kepala hingga 62 cm. Spesifikasi detail dari alat uji dijelaskan pada tabel berikut.

No.	Keterangan	Spesifikasi
1.	Ketebalan shell	4 mm
2.	Massa total	958,86 gram
3.	Material cangkang	CFRP Coconut Composites
4.	Massa cangkang	891,24 gram
5.	Material gabus	EPS
6.	Massa gabus	21,96 gram
7.	Ketebalan EPS	25,0 mm
8.	Dimensi Total	220 x 221 x 272 mm

Tabel 3. Spesifikasi Helm

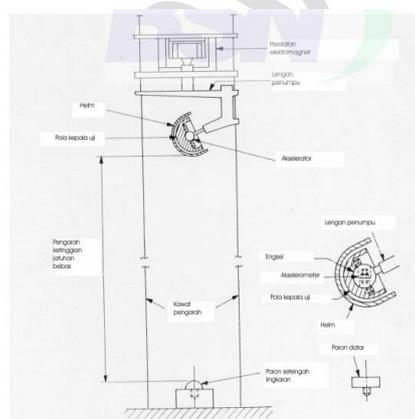


Gambar 4. Dimensi Helm

Lapis kombinasi dari helm menggunakan 3 utama serat sabut kelapa dan 2 serat karbon sebagaimana yang telah diuji dan mendapatkan hasil yang lebih optimal dalam mereduksi dampak. Sehingga terjamin keamanannya/

### 3.2 Parameter Uji

Pengujian penelitian dilakukan dengan 3 target variabel yaitu posisi atas, belakang dan samping helm, kemudian pada setiap posisi terbagi menjadi 2 variabel kecepatan yaitu 4,6 m/s dan 6,5 m/s yang membedakan jarak jatuh antara pusat headform dengan anvil. Anvil yang digunakan adalah anvil datar dan batas maksimum yang diperoleh hasil uji harus kurang dari 300 G [2].



Gambar 5. Alat uji penyerapan kejut

15 dari 31

### Gambar 4. Katalog Uji Helm

### 3.3 Perhitungan energi kejut helm

Menggunakan persamaan (1) maka kecepatan akhir yang ditemukan pada ketinggian 2300 mm adalah 6,71 m/s dan 4,85 m/s, jadi memiliki deviasi dari hasil uji SNI yang sebesar 6,5 m/s dan 4,6 m/s. kemudian energi impact helm dengan menggunakan persamaan (2) didapatkan hasil 319,48 J, kemudian perhitungan gaya melawan udara dengan menggunakan persamaan (3) didapatkan hasil 1,926 N pada saat v adalah 6,5 m/s dan 1,604 N pada saat v adalah 4,6. Terakhir adalah hasil penurunan percepatan maksimum berdasarkan teori dari menggunakan persamaan (4) didapatkan hasil ketika v adalah 4,6 dan 6,5 di posisi atas, samping dan belakang adalah 138,42 G dan 120,38 G, 114,62 G dan 132,07 G dan 130,95 G dan 166,53 G. perbedaan ketinggian yang terukur dari pusat massa headform yang diukur hingga anvil yang membedakan jarak temu bidang sehingga pada posisi atas helm diukur dari bidang atas helm, pada bagian belakang diukur dari bagian ubun ubun helm dan pada bagian samping diukur dari jarak bidang samping helm. Posisi samping yang dimaksud adalah posisi samping kiri dari helm sebagaimana telah mewakili bagian tersebut dan posisi dari headform yang memiliki kemiringan hingga 37°.

### 3.4 Hasil Uji Laboratorium

Pembuatan yang berhasil dan telah divalidasi maka spesimen diuji ke laboratorium spesialis untuk pengujian barang dan bahan teknik untuk helm yang sudah berstandar KAN dan SNI. Pengujian pun menghasilkan data untuk pengujian helm yang dijelaskan pada tabel berikut.

Nilai	Posisi					
	Atas		Samping		Belakang	
	4,6 m/s	6,5 m/s	4,6 m/s	6,5 m/s	4,6 m/s	6,5 m/s
Eksperi- men (G)	143	122	119	138	136	169
Perhitu- ngan (G)	138, 42	120, 38	114, 62	132, 07	130, 95	166, 53

Tabel 2. Nilai Hasil Pengujian

### 4. KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan telah menemukan hasil uji helm pada parameter 4,6 m/s dan 6,5 m/s menghasilkan hasil uji berturut turut berupa 143 G dan 122 G pada posisi atas, 119 G dan 138 G pada posisi belakang dan 136 G dan 169 G pada posisi samping. Disamping itu Adapun deviasi antara hasil penghitungan dan eksperimen dimana ditemukan eror kurang dari 5 % sehingga dapat ditolerir karena dalam pengujian masih ada human error ataupun kegagalan dalam pengujian.

### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Tak lupa ucapan terima kasih diberikan kepada bapak Mohamad Hakam sebagai pembimbing utama dalam penelitian dan telah membantu banyak secara koneksi dan jaringannya. Karena tanpa beliau kami tidak mendapatkan informasi seperti pengembangan penelitian, pengujian helm sni dan ilmu dasar penelitian teknik. Terima kasih kepada bapak Fipka Bisono yang telah menjadi pembimbing kedua yang telah mengajarkan dasar dasar dari pengujian dan pembuatan barang teknik yang siap produksi, beliau juga telah sering mengajar dari awal semester penulis sehingga penulis mampu menerapkan ilmu dasar CAD CAM hingga dapat digunakan pada penelitian ini. Terima kasih juga khususnya untuk Bapak Priyambodo Nur Ardi Nugroho yang telah menjadi pembimbing ke 3 dan pembimbing tugas akhir saya. Beliau banyak membantu dalam melancarkan tugas akhir penulis mulai dari 0, Berkat bantuan beliau kini penulis dapat mengikuti beberapa jurnal yang dipublikasikan dan menambah pengalaman baru bagi penulis untuk mengembangkan karir dan ilmu yang diperoleh. Beliau juga sering memberikan masukan agar penulis tidak menyerah dalam melakukan penelitian mengingat ini adalah penelitian baru dilakukan di fakultas dan perlu dikembangkan lagi agar dapat ditemukan variasi baru dengan harapan dapat diproduksi sendiri dan digunakan di masa yang akan datang.

### PUSTAKA

- [1] Ahmad Safaat (2017), Aplikasi Komposit Epoxy -HGM- pada Carbon Fiber pada Sungkup Helm Untuk Menahan Penetrasi dan Mereduksi Energi Impact, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, Pages 1-96
- [2] Badan Standarisasi Nasional (2007). SNI 1811-2007 Helm Kendaraan Bermotor Roda Dua. LS-PRO, Pages 1-37.
- [3] De-Shin Liu, et al (2003), Influence of environmental factors on energy absorption degradation of polystyrene foam in protective helmets, Pergammon, Engineering Failure Analysis, 10 (2003), pp. 581-591
- [4] Gibson, F.R. (1994), *Principles of Composite Materials Mechanics* McGraw-Hill, Singapore.
- [5] Gilchrist, A., Mills, N.J. (1994), Modeling of the impact response of motorcycle helmets, International Journal of impact Engineering, 15(3), pp.201~218.
- [6] Juliaster Girsang (2018), Studi Simulasi Pembebanan Impak pada Helm Sepeda Material Polimeric Foam Diperkuat Serat Serabut Kelapa dengan Menggunakan Software Ansys 16.0, Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara, Medan, Pages 12-99.
- [7] Huu-Tai Thai & Seung-Eock Kim (2008), Impact Analysis of Motorcycle Helmet, Korea Computational Structural Engineering Society, April 17<sup>th</sup> Regular Academic Conference 2018, pp. 573-578.
- [8] Joko Ade Nugroho (2018), Aplikasi Komposit Epoxy -HGM- Sisal 90°C Woven Sebagai Material Sungkup Helm yang Mampu Menahan Penetrasi dan Beban Impact, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, Pages 45-105.
- [9] Jones, R.M. (1999), *Mechanicals of Composite Materials Second Edition*, Blacksburg: Taylor & Francis
- [10] V. Kostopoulos et al. (2002), Finite element analysis of impact damage response of composite motorcycle safety helmets, Composites Part B: Engineering, Volume 33, Issue 2, Pages 99-107, ISSN 1359-8368, [https://doi.org/10.1016/S1359-8368\(01\)00066-X](https://doi.org/10.1016/S1359-8368(01)00066-X)