

# Pengaruh Ketebalan EPS Styrofoam terhadap Distribusi Tegangan, Gaya Reaksi dan Energi Terserap pada Helm

Witono Hardi<sup>1</sup>, Lita Asyriati Latif, Arief Hidayat<sup>2</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Khairun  
[witono@unkhair.ac.id](mailto:witono@unkhair.ac.id)

## Abstraks

Helm merupakan perangkat keselamatan yang sangat penting bagi pengendara motor. Helm menyerap energi akibat benturan pada kepala sehingga pemakai akan selamat. Salah satu kunci keselamatan pada helm adalah lapisan gabus EPS Styrofoam yang berada di sebelah dalam helm. EPS Styrofoam menyerap energi kinetik menjadi energi deformasi yang terjadi padanya. Pada penelitian ini dilakukan uji helm secara numerik untuk mendapatkan nilai energi yang diserap, distribusi tegangan, deformasi maksimum akibat pembebanan impak. Helm dimodelkan pada ukuran sebenarnya. Terdapat dua lapisan pada helm yang diteliti yaitu lapisan luar yang keras dan lapisan dalam yang merupakan gabus styrofoam. Pemodelan dilakukan dengan kondisi helm tanpa lapisan gabus kemudian diberi lapisan secara bervariasi semakin tebal. Digunakan FEM sebagai sarana pengujian pada bentuk obyek yang tidak teratur. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa lapisan gabus styrofoam sangat berperan dalam keselamatan pengendara. Ada kenaikan yang signifikan dalam berbagai faktor dibandingkan helm yang tidak terdapat styrofoam. Kenaikan ketebalan styrofoam berpengaruh pada distribusi tegangan pada permukaan helm. Semakin tebal semakin baik. Penyerapan energi juga semakin baik. Namun terhadap gaya reaksi dan deformasi maksimum kurang signifikan. Oleh karena itu untuk alasan efisiensi dan estetika bagi pengendaranya diambil ketebalan optimum agar dimensi helm tidak terlalu besar dan terlalu berat. Ini merupakan rekomendasi bagi user dalam melakukan desain helmnya.

**Kata kunci :** helm, gabus EPS Styrofoam, distribusi tegangan, penyerapan energi, keselamatan..

## PENDAHULUAN

Helm merupakan perangkat keselamatan untuk pengendara kendaraan bermotor terutama roda dua. Helm terbuat dari lapisan cangkang yang keras di bagian luar dan lapisan gabus styrofoam di bagian dalam. Selain itu helm dilengkapi dengan tali dan berbagai aksesoris yang mana semuanya melewati standar pengujian yang tersendiri.

Helm tidak sekedar kuat, namun juga harus menyerap energi dengan baik. Hal itu disebabkan fungsi helm yang memang dikorbankan demi keselamatan pemakainya. Energi kinetik yang diperoleh karena adanya benturan harus diredam sehingga tidak mengenai pengendaranya. Distribusi tegangan yang terjadi pada helm juga diusahakan merata sehingga tidak ada bagian yang terkonsentrasi.

Helm dibuat dari bahan cangkang polikarbonat atau bahan yang lain [1] Sedangkan bagian dalamnya merupakan lapisan foam [2]. Selain itu banyak penelitian tentang penggunaan serat alam sebagai bahan helm, seperti penggunaan serat pisang abaka[3]

Helm merupakan struktur yang dibuat untuk menyerap energi impak [4][5]. Helm terbagi banyak jenis. Ada yang half face ada yang full

face. Secara umum helm full face lebih memberi keselamatan dibandingkan yang half face [6].

Kecepatan pengendara juga merupakan pilihan menentukan ketebalan helm. Secara umum pengendara yang cepat membutuhkan lapisan pelindung yang lebih baik [7]

Permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana menentukan distribusi tegangan pada helm saat mendapat beban dinamik, menentukan gaya reaksi maksimum helm saat menerima beban dinamik dan bagaimana menentukan energi total diserap helm.

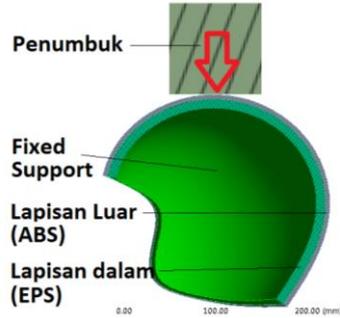
Bahan helm yang dipakai dalam penelitian ini menyesuaikan seperti yang dipakai di pasaran standard SNI yaitu Plastik ABS untuk cangkang dan Gabus EPS untuk peredam

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan distribusi tegangan helm saat menerima beban dinamik berupa impak, menentukan gaya reaksi maksimum helm dan menentukan energi total diserap helm

Diharapkan dengan adanya penelitian dapat diperoleh manfaat mendapatkan desain helm yang optimum dalam menyerap energi impak dan memberi masukan bagi produsen helm dalam produksinya

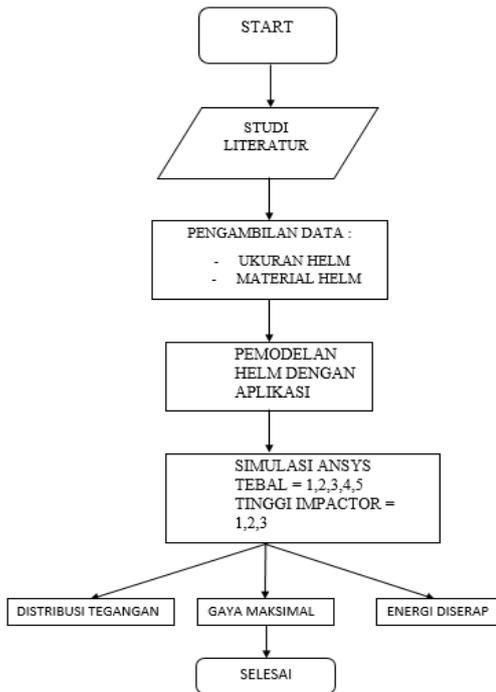
## METODOLOGI

Helm dipasang pada tumpuan tetap (fixed support) kemudian dijatuhkan beban besi dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 10 cm pada ketinggian 1 m. Gaya reaksi maksimum, distribusi tegangan dan energi yang terserap didapatkan dari analisa.



Gambar 1

Posisi Penumbuk, lapisan luar dan lapisan dalam



Gambar 2  
Diagram Alur

Tabel 1  
Material Properties

	Lapisan Luar (ABS)	Lapisan Dalam (EPS)	Penumbuk (baja)
Density (kg/m <sup>3</sup> )	1080	114	7850
Modulus Elastisitas (MPa)	2060	484	2 x 10 <sup>5</sup>

Poisson Ratio	0.35	0.4	0.3
Yield Point (MPa)	40	48	250

Energi yang ditimbulkan oleh logam penumbuk.

Rumus energi potensial yang bisa didapatkan dari penumbukan itu adalah:

Rumus

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

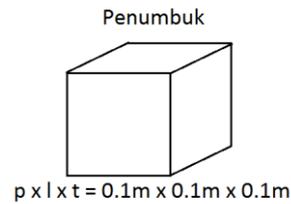
$E_p$  = Energi Potensial  
 $m$  = Massa penumbuk  
 $g$  = gravitasi 9.8 m/s<sup>2</sup>  
 $h$  = ketinggian (m)

Massa penumbuk

$$m = \rho \cdot v$$

Yang mana  $\rho =$

densitas baja 7850  $\frac{kg}{m^3}$  dan  $v = volume$



Gambar 3  
Penumbuk

$$V = 0.1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m} \times 0.1$$

$$V = 0.001 \text{ m}^3$$

$$\text{Jadi massa penumbuk} = 0.001 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 7.85 \text{ kg}$$

Energi potensial dirumuskan dengan  $E_p = m \cdot g \cdot h$

Maka

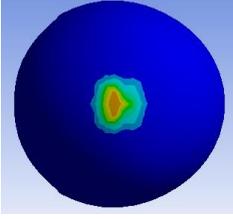
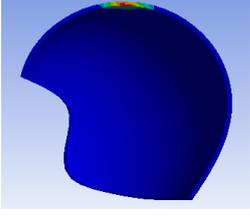
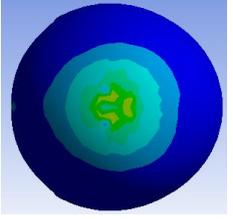
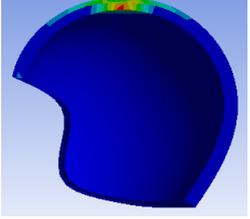
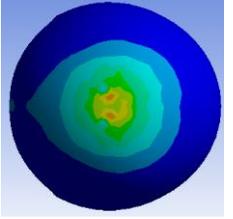
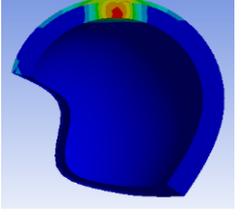
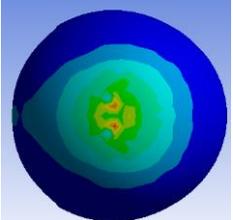
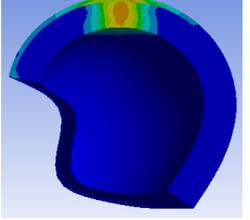
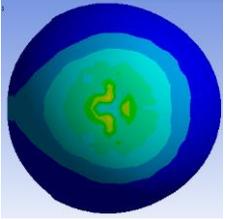
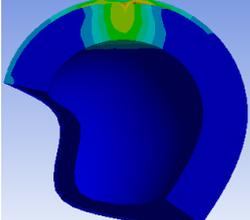
Energi potensial pada saat ketinggian 1 m adalah

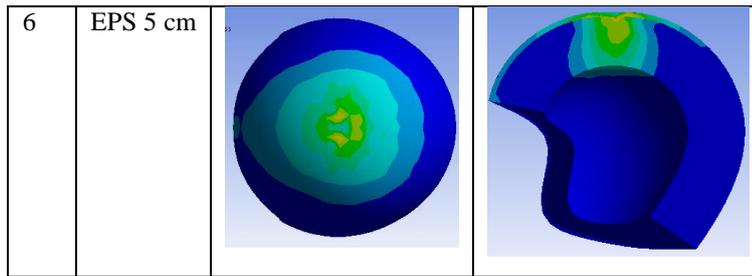
$$E_p = 7.85 \text{ kg} \cdot 9.8 \frac{m}{s^2} \cdot 1 \text{ m} = 76.93 \text{ Joule}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembebanan pada helm dilakukan dengan menjatuhkan besi penumbuk dengan berat 7.85 kg pada ketinggian 1 m pada kelima desain helm yang memiliki ketebalan gabus yang berbeda. Tumpuan tetap sebagai pemodelan kepala diletakkan pada permukaan dalam gabus.

Distribusi tegangan pada permukaan helm setelah dilakukan tumbukan. Pada ANSYS digambarkan dengan warna yang menunjukkan besar tegangannya.

NO	Specimen	PANDANGAN ATAS	POTONGAN VERTIKAL
1	Tanpa EPS		
2	EPS 1 cm		
3	EPS 2 cm		
4	EPS 3 cm		
5	EPS 4 cm		



Gambar 4  
Distribusi Tegangan pada helm

Terlihat pada distribusi tegangan itu semakin tebal gabus EPS yang dipasang pada helm semakin luas distribusi tegangan pada permukaan helm. Termasuk di cangkang helm. Hal ini disebabkan keberadaan gabus akan membuat tegangan lebih merata ke semua permukaan helm.

Deformasi makimum cangkang helm dapat dituliskan sebagai berikut

Tabel 2  
Deformasi Maksimum

Ketebalan Gabus Peredam	Deformasi maksimum (mm)
Tanpa EPS	0.59500
EPS 1 cm	0.68661
EPS 2 cm	0.74174
EPS 3 cm	0.73746
EPS 4 cm	0.63419
EPS 5 cm	0.73532

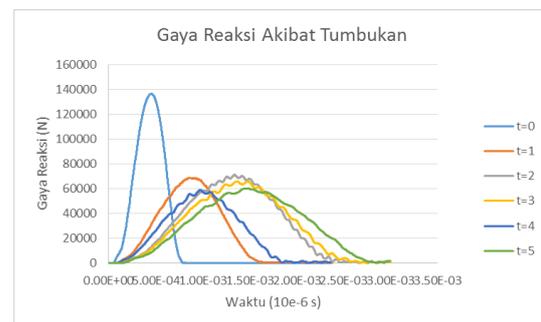


Gambar 5  
Deformasi maksimum

Deformasi pada helm tanpa gabus EPS paling kecil karena tidak ada gabus peredam di bawahnya. Selanjutnya deformasi relatif tetap karena ketinggian tumbukan dan berat penumbuk tetap.

Gaya reaksi maksimum diterima tumpuan pada saat terjadi tumbukan dari awal sampai dengan selesai adalah sebagai berikut.

Waktu tumbukan maksimum adalah 0.001 second.



Gambar 6  
Gaya Reaksi akibat tumbukan



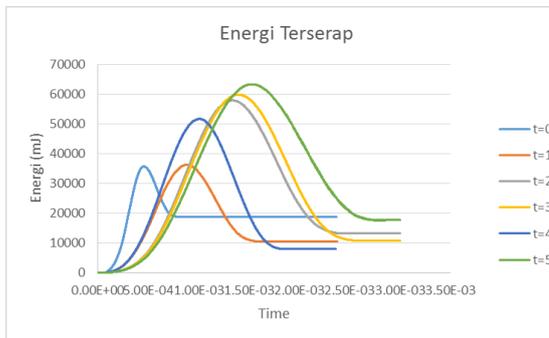
Gambar 7  
Gaya Reaksi maksimum

Pada saat belum dipasang gabus peredam (EPS) maka gaya maksimum sangat besar. Ini sangat berbahaya bagi pemakai helm. Karena gaya reaksi yang besar akan menyebabkan luka ataupun cedera yang parah.

Pemasangan gabus akan menurunkan gaya reaksi. Karena energi tumbukan yang ada dipakai untuk melakukan deformasi elastis pada gabus. Terlihat pada pemasangan gabus mulai 1 cm sampai dengan 5 cm, gaya reaksi relatif tetap.

Energi didapatkan dari gerakan tumbukan benda pada helm. Yaitu energi kinetik. Energi kinetik

ini dipengaruhi oleh kecepatan jatuh yang dipengaruhi juga dengan ketinggian jatuh dari penumbuk.



Gambar 8  
Energi Terserap

Energi terserap terjadi saat tumbukan. Pada helm tanpa pelindung gabus, proses penyerapan energi terjadi dalam waktu yang sangat singkat. Kemudian penambahan gabus EPS akan memberikan tambahan penyerapan energi. Pada ketebalan 2 cm dan 3 cm terlihat energi yang diserap cukup tinggi. Pada ketebalan 5 cm, energi yang terserap paling besar. Namun itu tidak memungkinkan dipakai dalam helm karena menyebabkan dimensi helm sangat besar. Atau jika dipertebal ke arah dalam maka helm akan sulit dipakai karena rongga kepala sangat kecil. Oleh karena itu dipakai antara 2 cm sampai dengan 3 cm.

### KESIMPULAN

Dari analisis yang telah dilakukan secara numerik menggunakan FEM didapatkan hasil bahwa Ada kenaikan yang signifikan dalam berbagai faktor dibandingkan helm yang tidak terdapat styrofoam.

Kenaikan ketebalan styrofoam berpengaruh pada distribusi tegangan pada permukaan helm. Semakin tebal semakin baik. Penyerapan energi juga semakin baik. Namun terhadap gaya reaksi dan deformasi maksimum kurang signifikan.

Oleh karena itu untuk alasan efisiensi dan estetika bagi pengendaranya diambil ketebalan optimum agar dimensi helm tidak terlalu besar dan terlalu berat. Ini merupakan rekomendasi bagi user dalam melakukan desain helmnya.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. James, *MECHANICAL ENGINEER'S DATA HANDBOOK*. Oxford, 1993.
- [2] T. Click, "Designing the energy absorption capacity of functionally graded foam materials Liang Cui, Stephen Kiernan and Michael D. Gilchrist\* UCD School of Electrical, Electronic and Mechanical Engineering, University College Dublin, Belfield, Dublin4, Ireland."
- [3] T. A. Rabsanjani, "ANALISIS KEKUATAN HELM SEPEDA MOTOR DARIKOMPOSIT SERAT PISANG ABAKA DENGAN VARIASI PEMBEBANAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA," *Skripsi Fak. Tek.*
- [4] Guoxing Lu and Tongxi Yu, *Energy absorption of structures and materials*. Cambridge: CRC Press LLC, 2003.
- [5] N. Jones, *Structural Impact*. Cambridge, 1989.
- [6] B. Sulisty, "ANALISIS KESLAMATAN MENGGUNAKAN HELM FULL FACE DIBANDING DENGAN HELM YANG LAIN," *Semin. Nas. Pendidik. Tek. OTOMOTIF*, vol. 3, no. 1, May 2019.
- [7] "ANALISIS HUBUNGAN KECEPATAN DENGAN TEBAL HELM YANG DIREKOMENDASIKAN - E-Journal Universitas Atma Jaya Yogyakarta." [Online]. Available: <http://e-journal.uajy.ac.id/19548/>. [Accessed: 26-Aug-2021].