

# RESPON IMPACT DAMAGE PADA HELM BIODKOMPOSIT DENGAN FILLER SERAT KENAF

Jumiarti Andi Lolo

Pendidikan Fisika

Universitas Kristen Indonesia Toraja

email: miaandilolo@ukitoraja.ac.id

## ABSTRAK

*Pengembangan rekayasa material khususnya dalam bidang komposit serat alam di Indonesia memiliki prospek yang sangat potensial karena ketersediaan sumber daya alam yang melimpah. Kenaf (*Hibiscus cannabinus*) merupakan salah satu sumber serat yang cukup potensial untuk dikembangkan dan dimanfaatkan secara optimal sebagai bahan pengisi dalam suatu komposit. Acrylonitrile Butadiene Styrene merupakan polimer yang banyak digunakan dalam industri karena memiliki sifat mekanik yang unggul. Penelitian ini memanfaatkan serat kenaf sebagai bahan penguat dalam biokomposit bermatriks polimer ABS. Karakteristik filler, parameter proses, dan sifat antarmuka filler dengan matriks merupakan faktor yang mempengaruhi sifat biokomposit. Selain itu, sifat material biokomposit juga ditentukan oleh struktur internal material. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung head injury criterion (HIC) pada helm sepeda motor. Sintesa serat kenaf dilakukan dengan metode mechanical milling dan pengayakan. Granular biokomposit disintesa dengan metode ekstruder. Dari pengujian impact yang dilakukan pada helm biokomposit diperoleh nilai Head Injury Criterion (HIC) yang memenuhi SNI 1811:2007.*

*Keyword: ABS, biokomposit, head injury criterion, serat kenaf*

## I. PENDAHULUAN

Dewasa ini rekayasa material semakin berkembang pesat. Hal ini di dorong oleh kebutuhan bahan yang dapat memenuhi karakteristik tertentu yang di kehendaki. Salah satunya dalam bidang komposit. Kemampuan untuk mudah dibentuk mendorong penggunaan komposit sebagai bahan pengganti material logam pada berbagai produk. Komposit serat alam menarik perhatian dalam aplikasinya karena memberikan banyak keuntungan dibandingkan dengan serat sintetis, seperti kepadatan rendah, biaya yang lebih murah, ketersediaan dan biodegradasi (Salleh et al. 2014, Nordin et al. 2013). Komposit serat alam juga memiliki specific strength dan modulus yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat sintetis (Bledzky et al. 1999). Kandungan serat alam umumnya terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa dari serat alam memiliki struktur yang tersusun dalam micro-fibrils dilingkupi oleh dua komponen utama, yaitu : hemiselulosa dan lignin (Pur-

wanto et al. 2014). Salah satu tanaman yang memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi adalah kenaf. Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) adalah jenis tanaman yang mudah dibudidayakan di daerah tropis seperti Indonesia dengan masa tanam yang singkat (3-4 bulan) dengan panjang batang kurang lebih 4 meter. Serat kenaf juga merupakan bahan penyerap minyak yang baik dengan daya serap sebesar 35 kali beratnya (Marjani et al. 2009). Pemanfaatan serat kenaf di Indonesia masih sangat terbatas hanya digunakan sebagai bahan pembuat tali tambang dan karung goni yang saat ini sudah mulai tergantikan oleh bahan plastik sehingga kurang meningkatkan nilai ekonominya. Salah satu cara untuk meningkatkan nilai ekonomi dari serat kenaf adalah dengan memanfaatkannya sebagai bahan pengisi (filler) dalam suatu komposit. Sejak tahun 1930 Henry Ford telah menggunakan serat kenaf sebagai bahan penguat komposit untuk salah satu komponen mobil BMW dan Mercedes (Mwaikambo, 2006). Sepeda motor sebagai alat transportasi yang cepat

dan efisien sudah tidak dapat dipisahkan lagi dari keseharian sebagian besar masyarakat di Indonesia. Sementara itu, sepeda motor adalah alat transportasi yang memiliki tingkat resiko paling tinggi dalam kecelakaan lalu lintas dan memiliki tingkat proteksi paling rendah terhadap pengendaranya, khususnya kepala. Adanya usaha untuk meningkatkan kualitas keamanan pengendara, khususnya helm menjadi hal yang sangat penting dan harus mendapat perhatian khusus. Helm bukanlah sekedar alat proteksi, tetapi juga harus dapat memberikan kenyamanan dan perlindungan maksimal bagi pemakainya dalam mengantisipasi dan mengurangi cedera kepala akibat benturan dalam kecelakaan lalu lintas. Berdasarkan data yang diperoleh dari Kepolisian Republik Indonesia, angka kecelakaan lalu lintas menunjukkan 87% terjadi pada sepeda motor dan 67% mengalami luka kepala akibat benturan pada pria berusia 22-50 tahun dengan tingkat kematian 94%. Salah satu penyebabnya adalah kualitas helm yang tidak dapat menyerap energi tumbukan untuk melindungi kepala dari benturan. Helm yang dimiliki pengendara sepeda motor di Indonesia memiliki standar SNI 1811-2007 yang terbuat dari polimer ABS (Nikmatin, 2012). Pengembangan biokomposit berbasis serat kenaf dengan menggunakan polimer ABS sebagai matriks dan serat kenaf sebagai pengisi (filler) merupakan kajian yang sangat menarik untuk diteliti dan dikembangkan karena serat kenaf memiliki sifat fisis-mekanik yang lebih baik dari serat alam lainnya sehingga dapat melindungi ABS dari keretakan pada aplikasi helm (Ibrahim et al. 2009, Nordin et al. 2013) dan dapat mengganti material helm yang ada di Indonesia serta diharapkan mampu meningkatkan sifat mekanik dari helm tersebut. Selain itu, material komposit menunjukkan kemampuan untuk menyerap jumlah energi yang lebih besar serta menawarkan kekakuan dan kekuatan spesifik yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan resin termoplastik murni. Fitur utama dari bahan komposit yang membuatnya ideal untuk produksi helm pengaman adalah kemampuan untuk meminimalkan kerusakan yang luas tanpa mengorbankan integritas struktur. Material komposit menunjukkan kemampuan untuk menyerap jumlah energi yang lebih besar dari bahan isotropik termoplastik konvensional.

Di samping itu, material komposit menawarkan kekakuan dan kekuatan spesifik yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan resin termoplastik murni. Kombinasi yang berbeda dari bahan penguat yang digunakan memberikan karakteristik penyerapan energi yang berbeda (Kostopoulus et al. 2002). Banyak penelitian yang telah menguji dampak pada performa helm sepeda motor akibat benturan langsung. Tingkat kompresi yang konstan dan uji benturan digunakan untuk menyelidiki kontribusi masing-masing komponen pada performa helm sepeda motor. Tingginya minat peneliti untuk meningkatkan performa helm dan penyelesaian masalah pada material helm sepeda motor, maka pada tahun 1998 Lin dan Fan memperkenalkan model simulasi finite element untuk meneliti mengenai respon helm sepeda motor akibat benturan (Mills et al. 2009). Metode finite element pertama kali diperkenalkan pada tahun 1950. Sejak saat itu terus menerus dikembangkan. Sekarang metode finite element sudah menjadi alat canggih yang digunakan untuk menyelesaikan berbagai persoalan teknik dan dipakai secara luas serta di terima oleh banyak industri. Metode finite element merupakan prosedur numerik untuk menyelesaikan permasalahan fisik yang di atur dengan persamaan diferensial. Pada penelitian ini metode finite element digunakan untuk menghitung nilai head injury criterion (HIC) sebagai respon impact damage pada helm sepeda motor menggunakan perangkat lunak MATLAB.

## II. MATERIAL DAN METODE

Prototype helm biokomposit diperoleh dari penelitian pendahuluan yang telah diuji sifat fisis-mekanisnya. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu set komputer dengan sistem operasi windows dan perangkat Lunak Matlab version 7.9.0 (R2015a).

## III. TAHAP PENELITIAN

Simulasi sifat mekanik helm biokomposit menggunakan model isotropic linear-elastic (hukum Hooke) pada data hasil uji impact helm biokomposit. Uji impact dipilih karena selama terjadi benturan, cangkang terluar yang akan menahan penyebaran konsentrasi beban benturan (energi

tumbukan) terhadap kepala (Fernandes et al. 2013). Kemudian menghitung Head Injury Criterion (HIC) menggunakan persamaan berikut pada perangkat lunak MATLAB:

$$HIC = \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(dt) \right]^{2.5} (t_2 - t_1)$$

Dengan  $a(t)$  adalah profile percepatan dalam  $g$ ,  $t_1$  dan  $t_2$  adalah interval waktu maksimum terjadinya benturan.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

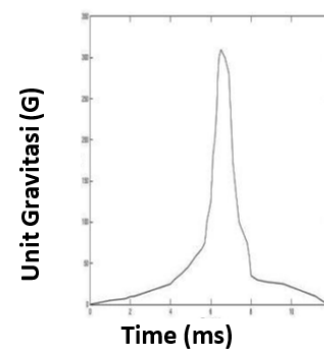
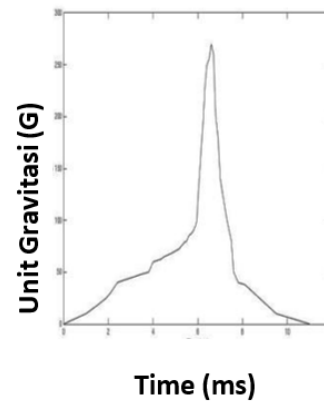
*Head injury criterion* (HIC) merupakan toleransi cedera kepala yang timbul dari mechanical impact. Cedera kepala adalah suatu trauma yang mengenai daerah kulit kepala, tulang tengkorak atau otak yang terjadi akibat injury, baik secara langsung maupun tidak langsung pada kepala (Schneider, 2011). William Haddon (1970) menyatakan bahwa kuantitas energi yang dikeluarkan mencerminkan variasi cedera kepala yang dialami dalam suatu kecelakaan. Teori ini dikenal dengan teori pengeluaran energi (*energy release theory*). HIC digunakan untuk menilai keamanan suatu material yang berkaitan dengan kendaraan dan peralatan perlindungan diri. Pengujian impact merupakan pengujian ketahanan suatu material terhadap beban kejutan yang diberikan secara tiba-tiba. Pengujian impact pada helm sepeda motor dilakukan untuk mengetahui respon helm terhadap benturan. Nilai HIC mencakup dampak percepatan terhadap kepala dan durasi percepatan terjadinya benturan. Durasi waktu maksimum benturan,  $t_2-t_1$  adalah 36 ms. Percepatan diukur dalam  $g$  (percepatan gravitasi standar). Tabel 1 menunjukkan nilai HIC yang telah dihitung berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian impact.

Tabel 1. Nilai HIC Helm Biokomposit

Suhu Helm	HIC	Waktu (ms)
-20°C	904.38	12
	1112.07	9.5
	833.66	9.6
50°C	591.21	11
	595.24	11.8

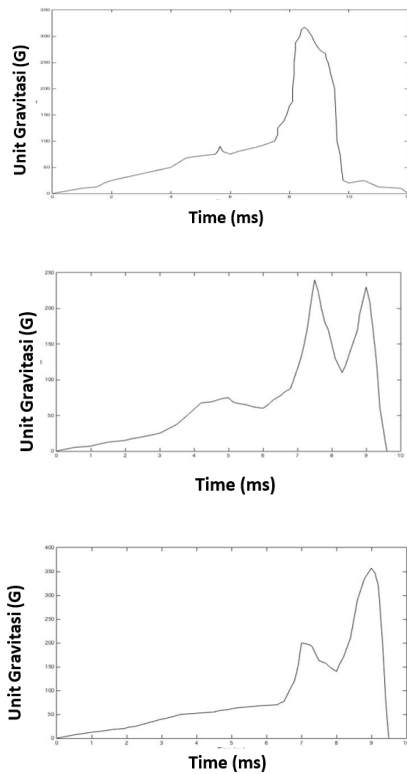
Berdasarkan SNI 1811:2007 helm harus mampu menyerap energi kejutan pasca benturan <

3000 HIC dan standarisasi ASTM F1292-04 < 1000 HIC dengan durasi waktu maksimum 15 ms. Menurut energi release theory tingkat keparahan cedera kepala yang dialami akan sangat variatif dan tergantung pada jumlah energi yang diterima saat mengalami kecelakaan atau benturan. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai HIC yang diperoleh kecil, sehingga helm biokomposit yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Prasad dan Mertz (1982). Prasad dan Mertz mengembangkan Head Injury Risk Curve (HIRC) pada kepala cadaver untuk menguji data impact. Untuk nilai HIC antara 0 dan 3000, persentase orang yang mempertahankan hidup akibat cedera dihitung. Berdasarkan HIRC, nilai HIC 1400, kemungkinan mengalami cedera otak 50%, sedangkan nilai HIC 1000 risikonya sekitar 18%. Prediksi ini terbatas pada nilai HIC dengan durasi waktu maksimum 15 ms. Gambar 1 dan 2 menunjukkan grafik nilai HIC helm biokomposit pada suhu -20 °C dan 50 °C, dimana pada grafik dapat dilihat bahwa semakin besar nilai G maka nilai HIC pun semakin besar.



Gambar 2.

Grafik Nilai HIC pada suhu 50 °C



Gambar 2.  
Grafik Nilai HIC pada suhu  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$

## V. KESIMPULAN

Helm biokomposit yang dihasilkan telah memenuhi SNI 1811:2007. Nilai HIC yang diperoleh baik pada suhu dingin maupun suhu panas  $< 1400$  dengan durasi waktu benturan maksimum 12 ms.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fernandes FAO, Alves de Sousa RJ, Williner R, Deck C. 2013. Finite element analysis of helmeted impact and injury evaluation with a commercial road helmet. *IRC*:13-48.
- [2] Ibrahim NA, Wan M, Maizathulnisa O. 2009. Poly(Lactic Acid) (PLA)-Reinforced kenaf bast fiber composites : The effect of triacetin. *Journal Reinforced Plastics and Composites*. 29(7): 1099-1111.
- [3] Klyosov AA. 2007. Wood plastic composite (WPC). Wiley Interscience. 79:95-105 Kostopoulos V, Markopoulos YP, Giannopoulos G, Vlachos DE. 2002. Finite element analysis of impact damage response of composite motorcycle safety helmets. *Composites :Part B*. 33:99-107.
- [4] Mills NJ, Wilkes S, Derler S, Flisch A. 2009. FEA of oblique impact tests on a motorcycle helmet. *International Journal of Impact Engineering*. 36:913-925. Mujiarto I. 2005. Sifat dan Karakteristik material plastik dan bahan aditif. *Traksi*. 3(2).
- [5] Mwaikambo, L.Y. 2006 . Review of History, Properties, and Application of Plant Fibres . *African Journal of Science and Technology*. 7(2) :120 – 133.
- [6] Nikmatin, S. 2012. Bionanokomposit filler nanopartikel serat kulit rotan sebagai material pengganti komposit sintesis fiber glass pada komponen kendaraan bermotor. [diser-tasi]. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- [7] Nishino T, Hirao K, Kotera M, Nakamae K, Inagaki H. 2003. Kenaf reinforced biodegradable composite. *Composite Science and Technology*. 63:1281-1286.
- [8] Nordin NA, Yussof FMd, Kasolang S, Salleh Z, Ahmad MA. 2013. Wear rate of natural fibre : long kenaf composite. *Procedia Engineering*. 68:145-151.
- [9] Prasad P, Mertz H. 1982. The position of the United States delegation to the ISO working group 6b on the use HIC in the automotive environment, *SAE Paper 821246*.
- [10] Purwanto, Astuti WD, Sosiati H, Triyana K. Karakteristik morfologi dan strukturmikro serat kenaf (*Hibiscus Cannabinus L.*) akibat perlakuan kimia dalam Prosiding pertemuan ilmiah XXVIII HFI ; 2014 Apr 26; Yogyakarta, Indonesia. ISSN :0853-0823.
- [11] Salleh Z, Hyie KM, Berhan MN, Taib YMD, Latip ENA, Kalam A. 2014. Residual tensile stresses of kenaf polyester and kenaf hybrid under post impact and open hole tensile. *Procedia Technology*. 15:856-861.
- [12] Schneider WH. 2011. Examination of factors determining fault in two-vehicle motorcycle crashes. *Accident Analysis and Prevention*. 45:669-676.