



**PAPER – OPEN ACCESS**

# Respon Helmet Sepeda Type BMX Material Polymeric Foam Diperkuat Serbuk Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Beban Impak Metode Jatuh Bebas

Author : Mahadi Mahadi  
DOI : 10.32734/ee.v1i1.119  
ISSN : 2654-7031  
E-ISSN : 2654-704X

*Volume 1 Issue 1 – 2018 TALENTA Conference Series: Energy and Engineering*



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).  
Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



# Respon Helmet Sepeda Type Bmx Material Polymeric Foam Diperkuat Serbuk Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Beban Impak Metode Jatuh Bebas

Mahadi<sup>a\*</sup>

Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan 20155, Indonesia

Mahasi\_usu@yahoo.co.id

## Abstrak

Pengujian impact standar pada *helmet* sepeda diperlukan untuk mengetahui respon tegangan pada *helmet* akibat efek rambatan gelombang regangan dengan laju rambatan gelombang yang tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa besar energi yang dapat diserap oleh *helmet* sepeda bila diberi beban impact. Penelitian dilakukan terhadap *helmet* sepeda type BMX dengan formasi saluran udara (*wind channel*) tertentu yang terbuat dari material *polymeric foam* diperkuat serbuk tandan kosong kelapa sawit (TKKS) *mesh*40. Struktur geometri *helmet* uji terdiri dari lapisan luar (*shell*) terbuat dari material *matrix* resin *unsaturated Polyester* BQTN-157EX dan penguat serat *glass chopped strand mat* 300. Lapisan dalam (*liner*) adalah material *polymeric foam* menggunakan *matrix* resin *unsaturated Polyester* BQTN-157EX, penguat serbuk TKKS *mesh*40, *Blowing Agent* *Polyurethane* dan katalis *Methyl Ethyl Keton Peroksida* (MEKPO). Nilai dari sifat mekanik *polymeric foam* adalah tegangan tarik ( $\sigma_t$ ) 1,17 MPa, tegangan tekan ( $\sigma_c$ ) 0,51 MPa, tegangan bending ( $\sigma_b$ ) 3,94 MPa, modulus elastisitas (E) 37,97 Mpa dan density ( $\rho$ ) 193 (kg/m<sup>3</sup>). Metode impact yang dilakukan adalah jatuh bebas standar *Consumer Product Safety Commission* (CPSC). *Helmet* sepeda yang diuji adalah hasil dari desain standar *Bicycle Helmet Safety Institute* (BHSI) yang mempunyai dimensi panjang 264 mm, lebar 184 mm, dan tinggi 154 mm dengan lingkaran kepala 580 mm. Massa *test rig* pada alat uji yang digunakan sebesar 5 kg dan massa *helmet* sepeda hasil cetakan bervariasi 328 s/d 451 gr. Pengujian impact jatuh bebas dilakukan pada 18 sampel *helmet* ketebalan 10 mm dan 20 mm pada ketinggian 1,5 m dengan menggunakan *flat anvil*. Hasil uji impact pada parameter Gaya impact terbesar ( $F_i$ ), Energi Impact terbesar ( $E_i$ ), *Impuls* (I), Tegangan Impact terbesar ( $\sigma_i$ ) adalah 241,55 N, 283,77 J, 6,28 Ns, 2,02 MPa untuk tebal 10 mm dan 226,80 N, 360,23 J, 6,80 Ns, 1,90 MPa untuk tebal 20 mm.

**Kata Kunci:** *Helmet* Sepeda; TKKS; *Polymeric Foam*; Impact;

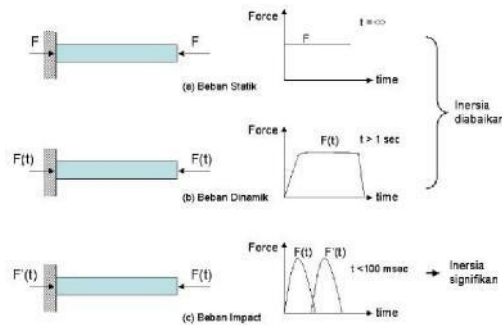
## 1. Pendahuluan

*Helmet* sepeda yang berkualitas dapat melindungi pemakainya dari cedera fatal akibat kecelakaan. Kualitas *helmet* sepeda sangat dipengaruhi oleh material penyusun dan metoda pembuatannya. Material yang biasa digunakan untuk pembuatan *helmet* sepeda adalah *kevlar*, *thermoplastic* dan *Polystyrene* untuk busa penyerap energi benturan. Teknologi pembuatan umumnya memakai teknologi *injection molding* dan *thermoforming* [1].

Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui berapa besar energi yang dapat diserap oleh *helmet* sepeda bila diberi beban impact. Untuk memenuhi tujuan tersebut berbagai pengujian telah dilakukan baik dari materialnya maupun struktur geometri *helmet* itu sendiri.

**2. Tinjauan Pustaka**

Perbedaan paling besar dari fenomena tumbukan dan beban statik (serta dinamik biasa) adalah durasi beban (*load period*). Pada tumbukan, durasi beban sangat singkat, umumnya kurang dari sepersepuluh detik sehingga efek kelembaman (*inertia*) dari massa yang terlibat menjadi signifikan. Dalam fenomena statik dan dinamik berkecepatan rendah, efek kelembaman dapat diabaikan. Ilustrasi mengenai hal ini dapat dilihat pada Gambar.1.



Gambar.1. Perbedaan Beban Statik, Dinamik Biasa dan Impact[2]

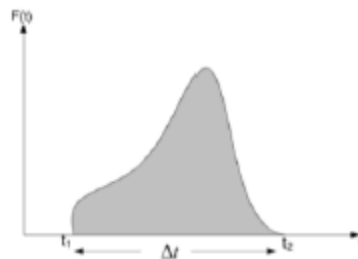
Momentum (*M*) sebuah benda bergerak dinyatakan dengan hasil kali massa (*m*) benda dengan kecepatan (*v*) benda.

$$M = mv \text{ (kgm/s)} \tag{1}$$

Impuls (*I*) sebuah benda bergerak dinyatakan dengan hasil kali gaya (*F*) yang bekerja pada benda dengan waktu (*t*) yang diberikan.

$$I = Ft \text{ (Ns)} \tag{2}$$

Impuls dan Momentum dinyatakan sebagai satu kesatuan karena dua besaran yang setara. Kurva Impuls dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva Impuls

Energi mekanik pada suatu benda adalah tetap jika tidak ada gaya luar yang bekerja pada benda tersebut. Energi potensial merupakan energi yang dimiliki benda karena letaknya, secara matematis dirumuskan:

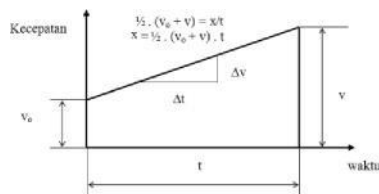
$$E_p = mgh \quad (3)$$

Energi kinetik merupakan energi yang dimiliki benda karena gerak yang bekerja padanya, secara matematis dirumuskan:

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 \quad (4)$$

Dua buah benda dengan berat yang berbeda bila dijatuhkan tanpa kecepatan awal dari ketinggian dan waktu yang sama, maka percepatan yang dialami oleh kedua benda tersebut adalah sama yakni sama dengan percepatan gravitasi bumi yang besarnya  $g = 9,81 \text{ m/s}$ .

Kecepatan adalah laju perubahan kedudukan terhadap waktu. Percepatan seragam yang dimiliki partikel yang bergerak dengan kecepatan konstan pada lintasan lurus atau dimiliki partikel yang melintasi perpindahan yang sama dalam selang waktu yang sama berturut-turut walaupun kecilnya perubahan waktu.



Gambar 3. Grafik Kecepatan — Waktu

Perpindahan digambarkan dengan luas daerah dibawah grafik kecepatan — waktu. Bila Kecepatan awal  $v_0$ , Kecepatan akhir  $v$ , Waktu  $t$  dan jarak  $x$  maka dapat dirumuskan:

$$x = \frac{1}{2} (v_0 + v) \cdot t \quad (5)$$

$$v^2 = v_0^2 + 2ax \quad (6)$$

$$v = \sqrt{2ax} \quad (7)$$

Untuk kasus benda jatuh bebas maka  $a = g$  dan  $x = h$ , sehingga besarnya kecepatan:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (8)$$

Pada pengujian standar *Consumer Product Safety Commission* (CPSC) striker dijatuhkan dari ketinggian maximum  $h = 2$  meter, dengan demikian kecepatan striker hanya lebih kurang  $= 6.3 \text{ m/detik}$  dan masih tergolong kecepatan impact rendah.

Standarisasi pengujian *helmet* sepeda yang paling banyak digunakan adalah *Consumer Product Safety Commission* (CPSC), ASTM F1447 dan Snell B-95. Tabel 1. memperlihatkan perbandingan posisi uji *helmet* sepeda yang berbeda[3].

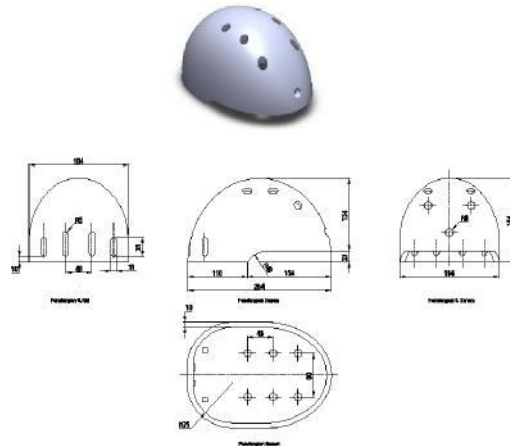
Tabel 1. Standarisasi Pengujian *Helmet Sepeda*

Parameter Pengujian	CPSC	ASTM F1447	Snell B-95
Tinggi max impaktor <i>plat anvil</i>	2 m	2 m	2.2 m
Tinggi pada <i>hemispherical anvil</i>	1.2 m	1.2 m	1.2 m
Massa <i>test rig</i>	5 kg	5 kg	5 kg
Max massa <i>helmet</i> sepeda	300 gr	300 gr	300 gr

### 3. Metodologi

Untuk membuat bentuk struktur geometri *helmet* sepeda hasil desain yang sudah diperoleh diperlukan beberapa tahapan proses. Material yang digunakan untuk pembuatan *helmet* adalah komposit *Polymer Unsaturated Polyester* BQTN-157 EX sebagai matrix, serbuk tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai penguat dan *polyurethane* sebagai *Blowing Agent* (BA). Proses pembentukan struktur *helmet* meliputi pembuatan lapisan luar atau cangkang (*shell*) dan lapisan dalam (*liner*).

*Helmet* sepeda yang diproduksi pada penelitian ini adalah model BMX-M4A berdimensi panjang 264 mm, lebar 184 mm, dan tinggi 154 mm dengan lingkaran kepala 580 mm (M size) seperti terlihat pada Gambar 4.

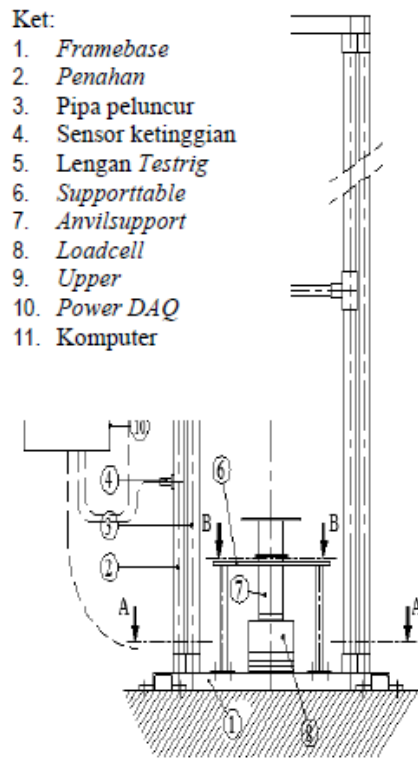
Gambar 4. Konstruksi *Helmet* Sepeda BMX-M4A

Massa material yang digunakan 550gr terdiri dari serbuk TKKS mesh40 komposisi 5% (27,5 gr), Polyester resin tak jenuh 157 BQTN-EX 50% (275gr), *Polyurethane* (*polyol* 40% + *isocyanate* 60%) komposisi 45% (247gr) dan katalis *Methyl Keton Peroxide* (MEKPO) komposisi 5% (27,5gr). Tahapan proses pembuatan produk *helmet* sepeda dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Tahapan Proses Pembuatan *Helmet* Sepeda

*Helmet* sepeda yang diuji mempunyai dimensi panjang 264 mm, lebar 184 mm, dan tinggi 154 mm dengan lingkaran kepala 580 mm. Massa *test rig* 5 kg (standar CPSC) dan massa *helmet* sepeda hasil cetakan bervariasi 328 s/d 451 gr. Pengujian dilakukan pada temperatur kamar 27°C dan ketinggian jatuh impaktor 1,5 m menggunakan alat uji impak jatuh bebas seperti terlihat pada Gambar 6. Sampel *helmet* sepeda yang diuji berjumlah 18 unit terdiri dari 9 unit tebal 10 mm dan 9 unit tebal 20 mm.



Gambar 6. Alat Uji Impak Jatuh Bebas

Prosedur *Set-up* pengujian impak jatuh bebas sebagai berikut:

1. Menghubungkan semua koneksi seperti: *load cell*, *sensor position*, kabel USB dan Power DAQ, Lab-Jack.
2. Mengaktifkan *software DAQ For Helmet Impact Testing* dari *Icon* di dekstop.
3. Mempersiapkan peralatan uji jatuh bebas dan pastikan bahwa *load cell* dan kedudukan *load cell* sudah terpasang dengan baik begitu juga dengan *anvil* dan *anvil support*.
4. Menyiapkan spesimen uji yang akan dilakukan pengujian.

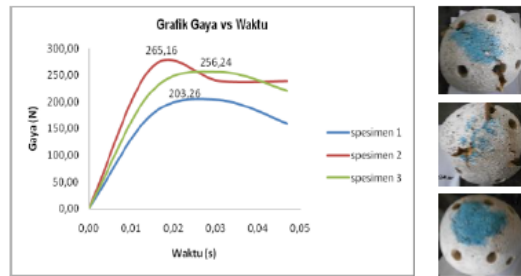
Gambar 7. Konstruksi *Anvil plat* dan *Load cell*



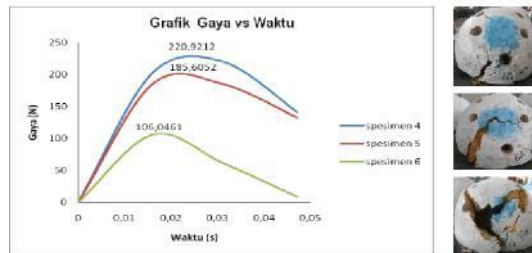
Gambar 8. Pemasangan Spesimen Pada Alat Uji

#### 4. Hasil dan Pembahasan

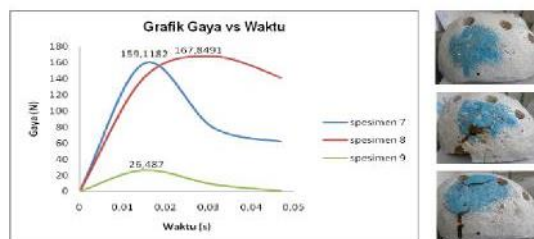
Sifat mekanik dan fisik material penyusun *helmet* uji adalah Kekuatan Tarik ( $\sigma_t$ ) 1,17Mpa, Kekuatan Tekan ( $\sigma_c$ ) 0,51 Mpa, Kekuatan Bending ( $\sigma_b$ ) 3,94 Mpa Modulus Elastisitas (E)37,97 Mpa dan Densitas ( $\rho$ ) 193 kg/m<sup>3</sup>. *Thermal conductivity* (k) = 0,096 W/mK. Hasil uji impact 9 spesimen tebal 10mm dengan kondisi titikimpak atas, depan, samping dan tinggi jatuh impactor 1,5 m diperlihatkan pada Gambar 9 s.d 11.



Gambar 9. F vs t Titik Impak Atas



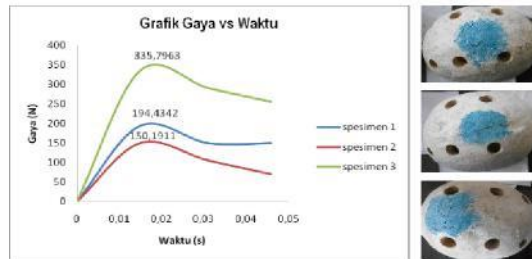
Gambar 10. F vs t Titik Impak Depan



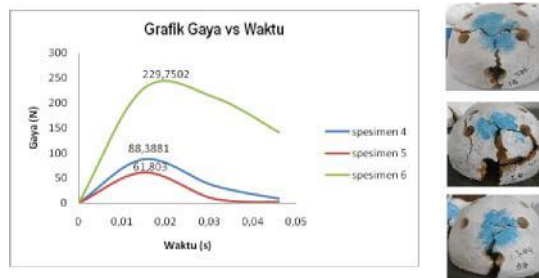


Gambar 11. F vs t Titik Impak Samping

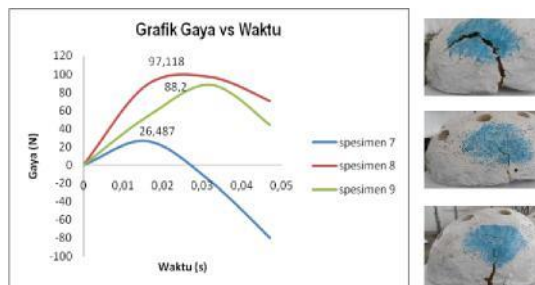
Hasil uji impact 9 spesimen tebal 20mm dengan kondisi titikimpak atas, depan, samping dan tinggi jatuh impactor 1,5 m diperlihatkan pada Gambar 12 s.d 14



Gambar 12. F vs t Titik Impak Atas



Gambar 13. F vs t Titik Impak Depan



Gambar 14. F vs t Titik Impak Samping

Tabel 2. Tabulasi Data *Helmet*

Parameter	<i>Helmet</i> Tebal 10 mm	<i>Helmet</i> Tebal 20 mm
Gaya impact terbesar	241,55 N	226,80 N
Energi impact terbesar	283,77 J	360,23 J
Impuls terbesar (I)	6,28	6,80 Ndet
Tegangan Impact	2,02	1,90 MPa
Massa rata-rata	331 kg	418 kg

### 5. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian tersebut maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Produk *helmet* sepeda terbuat dari material *polymeric foam* dengan sifat mekanis dan fisik rata-rata material dan adalah Tegangan tarik 1,17 Mpa, Tegangan tekan 0,51 MPa, Tegangan bending 3,94 MPa, Modulus elastisitas (E) 37,97 Mpa, Densitas ( $\rho$ ) 193 (kg/m<sup>3</sup>) dan *Thermal conductivity* 0,096 W/m.
2. Hasil pengujian impak jatuh bebas standar *Consumer Product Safety Commission (CPSC) helmet* sepeda pada ketebalan 10 mm dan 20 menunjukkan bahwa nilai dari parameter-parameter pengujian tidak jauh berbeda.
3. Hasil pengujian impak jatuh bebas menginformasikan bahwa adanya perbedaan dari parameter pengujian *helmet* sepeda M4A dengan *helmet* komersial. Pada *helmet* sepeda komersial Tegangan ( $\sigma$ ) 3,78 MPa, dan energi impak ( $E_i$ ) 555,64Joule. Nilai parameter *helmet* yang diuji pada penelitian ini jauh lebih kecil yaitu 283,77 Joule mendekati nilai ambang batas standar CPSC yaitu 90 s/d 110 Joule.

## Daftar Pustaka

- [1] Campbell, D.T et. Al.. *Hybrid Thermoplastic composite ballistic helmet fabrication study*, Society for Advancement of material and process engineering, 2008.
- [2] Macaulay, M. *Introduction to Impact Engineering*. Chapman and Hall (1987)
- [3] *Consumer Product Safety Commission (CPSC)*, 16 CFR Part 1203/Federal Register / Vol. 63, No. 46 / 1998 / Rules and Regulations.