

## ANALISA KEKUATAN IMPAK HELMET SEPEDA MOTOR METODE IMPAK JATUH BEBAS

**Rahmat Kartolo Simanjuntak**

*Dosen KOPERTIS Wilayah I*

*Jl. Setia Budi Gg. Sempurna, Tanjung Sari Medan*

*No. HP.: 0813762368917*

*Email: rahmat\_simanjuntak@yahoo.co.id*

### Abstract

*The non-standard helmet testing is required for measure the helmet strength as effect of the load is given. In generally, traffic accident doesn't involved by the velocity but also gravitational. Therefore, the research activity is done by researcher obtains the effect of free-fall impact loading on the non-standard helmet. The information which is obtained from this research will explain the effect of free-fall impact loading that is subjected on the non-standard helmet to user, industry, and also government. The objective of this research involves the testing apparatus construction of free-fall impact loading on the non-standard helmet, measuring the maximum impact loading, and the energy absorbing by helmet as effect of impact loading. The researcher collaborates with the Impact and Fracture Reaseach Center (IRFC) has built the testing apparatus which is equipped with good aquisition data system. The non-standar helmet is put on the adjustable testing rig. The impact time can be measured by eight inductive proximity sensors. The helmet will slide down and collides the anvil. The force will be measured with the load cell which is put down the anvil. There are four anvil forms which is adapted to the real condition, that is: flat plat, aligned plat, bullet, and a half-spherical anvil. The data will be transfered from the load cell into the DAQ system which has function to change the analog into digital signal. Finally, the data will be saved into PC as the force (N) and the impact time (ms). The free-fall impact testing equipment has shown the best performance on the force and impact time signal reading as long as the research activity. The maximum force on the flat anvil is 24.33 N; the aligned flat anvil is 37.88 N; the bullet anvil is 16.22 N; and a half-spherical anvil is 41.43 N at the elevation of 0.75 m. The minimum energy which causes the fracture on the helmet is 3.24 J at the elevation of 0.3 m.*

**Keywords :** free-fall impact load, helmet, impact energy.

### 1. PENDAHULUAN

Penyelidikan dan pengujian terhadap kehandalan dan kekuatan helmet telah dilakukan oleh beberapa peneliti dan balai pengujian dengan kajian dalam beberapa aspek yang berbeda, antara lain: uji standard keparahan rusak helmet yang memungkinkan merusak lapisan kulit kepala lewat penetrasi, oleh *Sirim Berhad*, Malaysia [1] dan B4T Deperindag, Bandung Indonesia [2]. Thomson, R.D., [3] melakukan penyelidikan tentang kekuatan dan ketahanan helm industri terhadap beban transversal, sedangkan Yu T., et al [4] melakukan pengujian terhadap kekuatan dan ketahanan helm dengan pengimpakan terpusat dan pengimpakan penetrasi. Selanjutnya Syam,

B., [5] dan Mahadi, B., [6] telah melakukan penelitian tentang teknik pengukuran tegangan insiden dengan aplikasi teknik dua gage untuk pengujian helm industri yang dikenai beban impak kecepatan tinggi. Penelitian helm industri secara simulasi komputer dengan menggunakan pendekatan elemen hingga oleh Nayan [7], dengan menyelidiki perilaku yang terjadi pada helm akibat benda jatuh dari ketinggian 40 meter. Berdasarkan serangkaian penelitian tersebut peneliti terdorong untuk melakukan penelitian dengan menggunakan metode jatuh bebas. Dalam penelitian dibangun alat uji jatuh bebas helmet sepeda motor non standard yang dirangkaikan dengan komputer PC dan perangkat lain yang dibutuhkan sebagai sistim data akusisinya.

Kejadian yang sering terjadi pada kecelakaan lalu lintas ialah dimana pengendara jatuh dari kendaraan dan mengalami benturan yang mengenai kepala meskipun telah memakai helm sepeda motor, namun dari jenis helm non standard. Dari peristiwa ini perlu diketahui seberapa besar tegangan yang diterima pada lokasi pengimpakan, distribusi tegangan yang terjadi dipermukaan kepala, besar impact yang menyebabkan terjadinya keretakan pada helm.

Tujuan penelitian ini ialah untuk mendapatkan besarnya beban impact yang terjadi pada helm akibat beban impact jatuh bebas, untuk mengetahui beban impact maksimum yang menyebabkan kerusakan pada helm, dan untuk mengetahui besarnya energi impact yang mampu diserap helm tersebut.

## 2. METODOLOGI

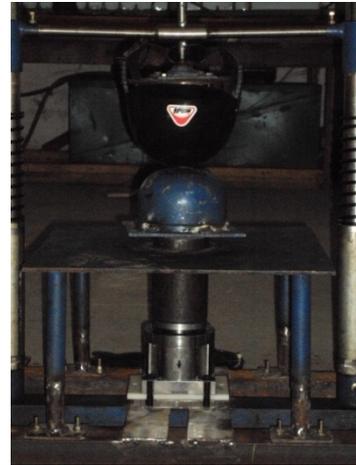
Penelitian ini dilaksanakan di Pusat Riset Impact dan Keretakan, Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara Medan. Penelitian ini dimulai dari pembuatan alat Uji Jatuh Bebas untuk pengujian helm sepeda motor dengan mengacu standard pengujian helm sepeda motor yang dibuat di bengkel Pusat Pengembangan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (P4TK) Medan. Selanjutnya analisa data eksperimental menggunakan software DAQ For Helmet Impact Testing untuk mengolah data akuisisi yang diperoleh dari *Load cell*.

Penelitian ini menggunakan bahan helm sepeda motor non standard yang masih banyak digunakan pengendara sepeda motor di Sumatera Utara khususnya di kota Medan. Peneliti mengasumsikan bahwa helm jenis ini belum memenuhi kategori standard, karena tidak terdapat label maupun *sticker* uji standard SNI yang tertera pada helm. Bentuk helm yang diuji diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Spesimen uji penelitian

Susunan alat uji yang dipergunakan dalam penelitian ini diperlihatkan pada gambar 2



Gambar 2. Alat uji impact jatuh bebas

Alat pengukur gaya impact benda jatuh bebas (*load cell*) adalah sebuah sensor gaya yang bekerja menggunakan *strain gage full bridge* dengan tahanan SG 350  $\Omega$  (gambar 3). Kemampuan alat ini dapat menerima beban dan mengukur gaya impact hingga 30.000 kg, dan untuk penggunaannya alat ini sudah mendapatkan sertifikat kalibrasi dari Komite Akreditasi Nasional untuk 20.000 kg.

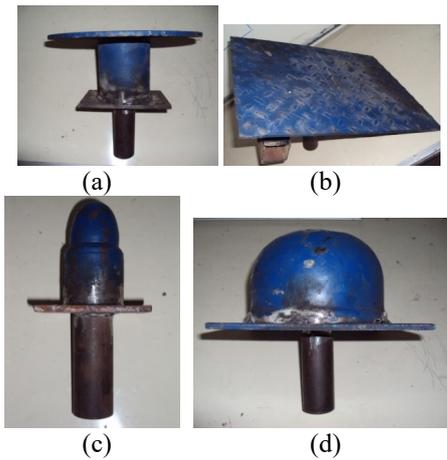


Gambar 3. Alat pengukur beban impact (*load cell*)

Anvil adalah landasan sebagai sasaran impact jatuh bebas yang menggambarkan berbagai kondisi jatuhnya helm di lapangan. Pada penelitian ini terdapat 4 (empat) buah jenis anvil, yaitu jenis plat datar, plat miring, peluru,

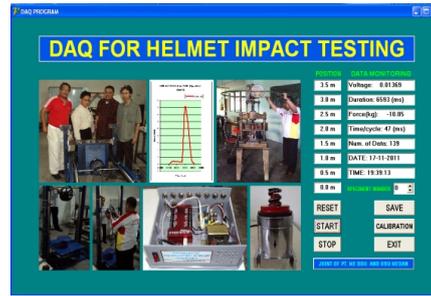
dan setengah bola. Bentuk-bentuk anvil tersebut diperlihatkan pada gambar 4.

Dalam penelitian ini variabel yang diamati adalah sebagai berikut: (1) jarak pengimpakan helm sepeda motor terhadap anvil ( 0,5m, 1m, 1,5m, 2m, 2,5 m, 3m, 3,5m, 4m, ), (2) distribusi tegangan yang terjadi pada permukaan helm sepeda motor setelah dikenai beban impact, dan (3) besar kekuatan material helm terhadap beban impact jatuh bebas yang diberikan.

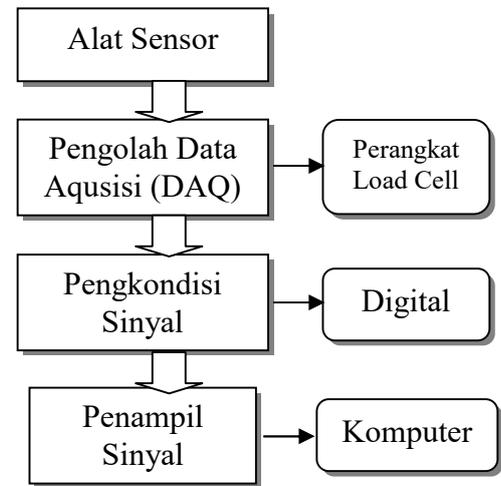


Gambar 4. Anvil pengujian; (a) plat datar, (b) plat miring, (c) peluru, dan (d) setengah bola.

Akibat tumbukan benda jatuh bebas pada alat sensor, maka timbul gelombang tegangan tekan (*compressive stress wave*). Pada alat sensor, gelombang akan ditangkap oleh pengolah sinyal (*signal conditioner*) berupa perubahan tahanan listrik  $\Delta R/R$  yang sebanding regangan yang diterima *strain gage* dengan *bridge box*. Selanjutnya dengan menggunakan alat pengolah sinyal tersebut dikonversikan dalam bentuk tegangan listrik. Sinyal-sinyal tersebut diteruskan dalam bentuk gelombang, kemudian ditampilkan pada penampil sinyal dalam bentuk digital sehingga dapat terbaca langsung. Akhirnya sinyal tersebut diteruskan ke perangkat komputer yang telah dilengkapi dengan *software* pengukuran *DAQ For Helmet Impact Testing Software*. Software yang dimaksud diperlihatkan pada gambar 5. Skematik pengujian impact jatuh bebas diperlihatkan pada gambar 6.



Gambar 5. DAQ For Helmet Impact Testing Software



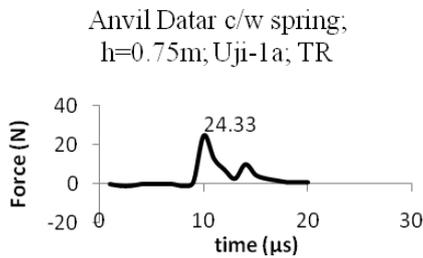
Gambar 6. Pengerjaan Sinyal Pengukuran

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

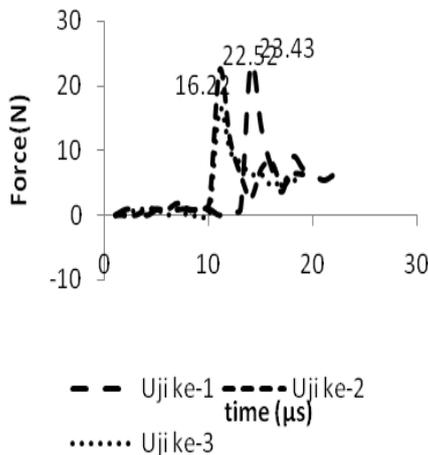
Gaya maksimum yang terkandung dalam setiap pengujian diperoleh dengan menggunakan persamaan  $F = m.a$ . Karena percepatan yang mempengaruhi pengujian ini hanya berasal dari percepatan gravitasi bumi, maka variabel  $a$  pada persamaan tersebut dapat digantikan dengan konstanta gravitasi bumi, yang diasumsikan sebesar  $9,81 \text{ ms}^{-2}$ . Oleh karena massa benda jatuh yang telah didesain adalah 5 kg, maka gaya maksimumnya ialah 49,05 N. Sementara energi yang diserap helm bergantung kepada posisi ketinggian jatuh helm ke anvil.

Pada pengujian dengan menggunakan anvil jenis plat datar diberikan dalam dua perlakuan, yaitu dengan memberikan peredam *spring* dan tanpa peredam *spring*. Pemberian *spring* bertujuan untuk melindungi *load cell* dari pengaruh beban impact yang langsung beraksi

padanya. Hasilnya diperlihatkan pada gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Hasil uji impact Anvil Datar dengan peredam *spring*, h = 0,75m

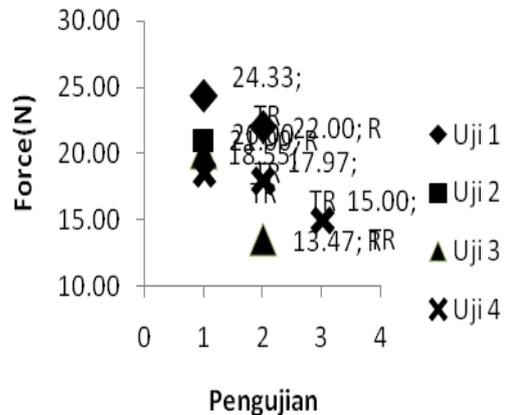


Gambar 7. Hasil uji impact Anvil Datar tanpa peredam *spring*, h = 0,75m.

Perbandingan gaya maksimum yang dihasilkan pada pengujian dengan anvil plat datar yang dilengkapi peredam *spring* diperlihatkan pada gambar 8 dengan variasi terhadap tinggi jatuh.

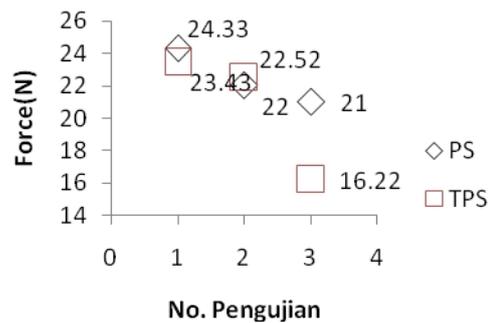
Berdasarkan data tersebut terlihat bahwa alat uji telah menunjukkan pembacaan yang cukup baik terhadap gaya yang dihasilkan, dimana terlihat bahwa semakin jauh jarak objek terhadap anvil akan menghasilkan gaya dan energi yang semakin besar juga.

Energi yang mampu diserap helmet pada anvil jenis ini tidak lebih dari 50% dari keseluruhan energi tersedia ( $E_{maks} = 36,78$  J). Selanjutnya untuk hasil pengujian dengan ketinggian 0,5 m, energi yang mampu diserap hanya sekitar 20% dari keseluruhan energi yang diberikan ( $E_{maks} = 24,52$  J), sebelum akhirnya mengalami kerusakan.



Gambar 8. Gaya maksimum pada uji dengan anvil plat datar dilengkapi peredam *spring*.

Perbandingan gaya maksimum pada kedua jenis pengujian untuk anvil datar diperlihatkan pada gambar 9.

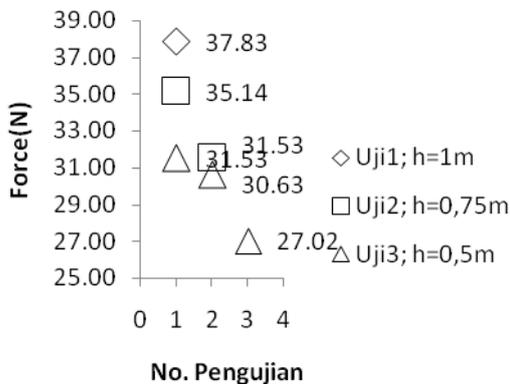


Gambar 9. Perbandingan hasil pengujian antara Anvil datar menggunakan peredam *spring* (PS) dan tanpa peredam *spring* (TPS) pada ketinggian 0,75m.

Pada pengujian pertama gaya yang diberikan pada helm hampir sama dengan perbedaan sebesar 4%. Demikian juga pada pengujian kedua, gaya yang diberikan hanya memiliki perbedaan sebesar 2%. Tetapi pada pengujian ketiga, terdapat perbedaan yang signifikan yaitu sebesar 22%. Pada pengujian dengan menggunakan peredam *spring* beban yang diserap dalam helm sebesar 43% sedangkan dengan tidak menggunakan *spring* sebesar 33%. Dengan demikian terlihat bahwa pengaruh peredam *spring* menyebabkan ketidakakuratan pembacaan sebesar 10%. Oleh karena itu pengujian selanjutnya dilakukan dengan tanpa peredam *spring*.

Gaya maksimum pada pengujian impact jatuh bebas dengan anvil bentuk plat miring diperlihatkan pada gambar 10. Pada pengujian pertama dengan ketinggian jatuh 1 m, helm

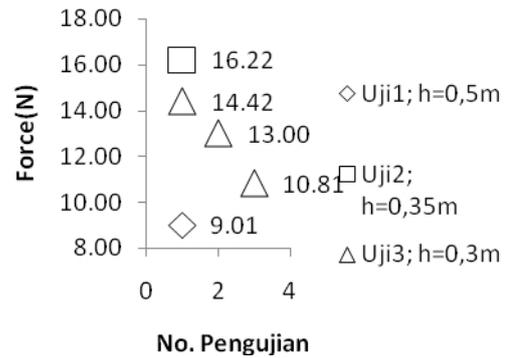
langsung mengalami kerusakan. Pada kondisi ini energi yang diserap helm mencapai 77% dari keseluruhan energi yang diberikan. Selanjutnya pada pengujian kedua dengan ketinggian jatuh 0,75 m dilakukan hingga dua kali percobaan. Pada percobaan pertama uji kedua, energi yang diserap helm sekitar 72% dan helm tidak mengalami kerusakan. Tetapi pada percobaan kedua helm mengalami kerusakan dan energi yang terserap adalah sebesar 64%. Selanjutnya pada pengujian ketiga dengan ketinggian jatuh 0,5 m dilakukan hingga tiga kali percobaan. Energi yang terserap pada masing-masing percobaan mulai percobaan pertama, kedua dan ketiga berturut-turut ialah 64%, 62%, dan 55%.



Gambar 10. Hasil pengujian impact jatuh bebas helm non-standar dengan anvil plat miring.

Apabila dibandingkan dengan jenis anvil plat datar terlihat bahwa kemampuan helm lebih baik pada jenis anvil plat miring. Hal ini dibuktikan berdasarkan hasil serangkaian pengujian yang telah dilakukan, dimana energi yang diserap pada plat datar relatif cukup kecil untuk menyebabkan kerusakan pada helm non-standar dibandingkan pada jenis anvil plat miring. Perbedaan energi yang diserap tersebut adalah 62%.

Gaya maksimum pada pengujian impact jatuh bebas dengan anvil bentuk peluru diperlihatkan pada gambar 11.



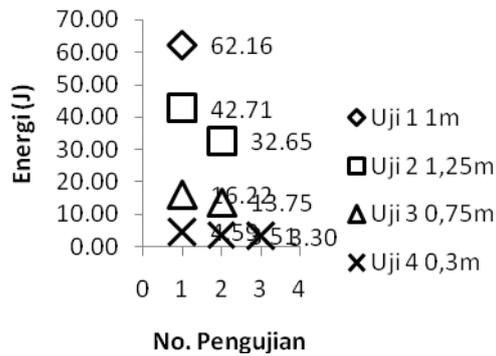
Gambar 11. Data hasil pengujian impact jatuh bebas pada helm non-standar dengan anvil jenis peluru

Akibat bentuk anvil pada jenis ini relatif tajam, maka pada pengujian pertama dengan ketinggian 0,5 m dan gaya yang diberikan relatif cukup kecil, maka helm telah mengalami kerusakan. Energi yang diserap hanya sekitar 18% dari keseluruhan energi yang tersedia (24,53 J). Selanjutnya pada pengujian impact dengan ketinggian 0,35 m, hasilnya helm mengalami kerusakan hanya dengan sekali percobaan. Energi yang diserap juga relatif kecil yaitu 33% dari keseluruhan energi yang tersedia. Pada pengujian ketiga dengan ketinggian jatuh 0,3 m, dilakukan sebanyak tiga kali percobaan. Energi rata-rata yang diserap helm pada pengujian ini ialah sebesar 3,82 J atau sebesar 25% dari keseluruhan energi yang tersedia (14,72 J).

Jika dibandingkan dengan dua jenis anvil sebelumnya maka kekuatan helm non-standar pada jenis anvil ini relatif sangat rendah. Hal ini kemungkinan disebabkan konsentrasi beban sepenuhnya terjadi pada ujung peluru.

Gaya maksimum pada pengujian impact jatuh bebas dengan anvil bentuk setengah bola diperlihatkan pada gambar 12.

Pada jenis anvil ini dilakukan 4 (empat) kali pengujian seperti diperlihatkan pada tabel 4.5. Pada pengujian pertama dengan ketinggian jatuh 1,5 m, helm mengalami kerusakan dalam satu kali pengujian. Energi yang diserap pada pengujian ini ialah sebesar 85% dari energi keseluruhan yang dapat terjadi pada posisi tersebut ( $E_{maks} = 73,6$  J). Pada pengujian kedua dilakukan 2 (dua) kali percobaan dengan gaya dan energi rata-rata sebesar 30,15 N dan 37,68 J.



Gambar 12. Data hasil pengujian impact jatuh bebas helm non-standar dengan anvil jenis setengah bola.

Jumlah energi rata-rata yang mampu diserap helm pada posisi ini adalah 61.5% dari energi keseluruhan yang dapat terjadi pada posisi tersebut ( $E_{maks} = 61,31$  J). Pada pengujian ketiga dilakukan dalam 2 (dua) kali percobaan juga, dengan gaya dan energi rata-rata sebesar 19,98 N dan 14,98 J. Jumlah energi rata-rata yang mampu diserap helm pada posisi ini ialah 40,7% dari energi keseluruhan yang dapat terjadi pada posisi tersebut ( $E_{maks} = 36,79$  J). Pada pengujian keempat dilakukan 3 (tiga) kali percobaan, dengan gaya dan energi rata-rata sebesar 12,67 N dan 3,8 J.

Jumlah energi rata-rata yang mampu diserap helm pada posisi ini ialah 25,8% dari energi keseluruhan yang dapat terjadi pada posisi tersebut ( $E_{maks} = 14,72$  J). Perbandingan energi yang diserap pada tiap-tiap pengujian dengan jenis anvil setengah bola ini diperlihatkan pada gambar 4.31.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut kekuatan helm non-standar tidak begitu baik jika dikenai beban dengan struktur setengah bola ini. Hal ini terbukti dengan jumlah energi yang diberikan relatif cukup kecil, maka helm sudah mengalami kerusakan. Kasus ini mirip dengan kasus impact jatuh bebas yang menggunakan anvil jenis peluru, dimana konsentrasi beban yang masuk kedalam helm terkonsentrasi pada suatu titik.

## KESIMPULAN

1. Berdasarkan data hasil pengujian diperoleh informasi bahwa semakin tinggi jarak jatuh helmet terhadap anvil maka gaya impact yang dihasilkan akan semakin besar. Dengan demikian alat uji ini dapat dipergunakan sebagai alat pengukuran

yang dikenai beban impact dengan menggunakan metode jatuh bebas pada helmet sepeda motor.

2. Beban impact maksimum yang diserap helmet sepeda motor pada pengujian dengan jenis anvil plat datar dengan menggunakan peredam *spring* sebesar 24,33 N pada ketinggian jatuh 0,75 m dan tanpa peredam *spring* sebesar 23,43 N pada ketinggian yang sama. Untuk anvil jenis plat miring gaya maksimum yang terjadi pada variasi ketinggian jatuh 1 m, 0,75 m, dan 0,5 m berturut-turut adalah 37,83 N, 35,14 N, dan 31,53 N. Untuk anvil jenis peluru gaya maksimum yang terjadi pada variasi ketinggian jatuh 0,5 m, 0,35 m, dan 0,3 m berturut-turut 9,01 N, 16,22 N, dan 14,42 N. Untuk anvil jenis setengah bola gaya maksimum yang terjadi pada variasi ketinggian jatuh 1,5 m, 1,25 m, 0,75 m, dan 0,3 m berturut-turut 41,44 N, 34,17 N, 21,62 N, dan 15,30 N.
3. Berdasarkan hasil pengujian terhadap beberapa jenis anvil diperoleh bahwa energi terkecil yang menyebabkan helmet rusak terdapat pada jenis anvil peluru, yaitu sebesar 3,24 J pada ketinggian 0,3 m. Artinya dengan hanya menggunakan energi yang sangat kecil, maka helmet sepeda motor tersebut akan mengalami kegagalan. Sedangkan pada jenis anvil plat datar energi yang dibutuhkan untuk menyebabkan kegagalan pada helmet sepeda motor adalah 16,50 J pada ketinggian 0,75 m.

## Referensi

- [1]. Kolsky, H., *An Investigation of The Mechanical Properties of Materials at Very High Rate of Loading*, Proc. Phys. Soc. (London), B62, 676-700 (1949).
- [2]. Johnson, W., *Impact Strength of Materials*, Edward Arnold, London, 1972.
- [3]. Syam, B., *A Measuring Method for Impact Tensile Strength and Impact Fracture Behaviors of Brittle Materials*, A Doctoral Dissertation, Muroran Institute of Technology, Muroran, Japan, March 1996, pp. 29-98.
- [4]. Yanagihara, N., *Theory of One-Dimensional Elastic Wave for the Measurement of the Impact Force*,

- Bulletin of JSME, vol. 43, 1977, pp. 40-48.
- [5]. Syam B, Nayan A, Penyelidikan Perilaku Mekanik Helm Industri Akibat Beban Impak Kecepatan Tinggi, *Prosiding Seminar Material dan Struktur (MASTRUCT)*, Medan, Januari, 2004.
- [6]. Japan International Standard for *Safety Helmet*, T-8131, Japan, 1977.
- [7]. Standar Nasional Indonesia, *Helm Pengendara Kendaraan Bermotor Roda Dua untuk Umum*, SNI 19-1911-1990.
- [8]. Robert Metz, *Impact and Drop Testing with ICP<sup>®</sup> Force Sensors*, PCB Piezotronics, Inc, Automotive Testng Expo, North America USA, 2006.