



# Buletin Utama Teknik

Terakreditasi No. 52/DIKTI/KEP/2002

VOLUME 7 NO. 3

SEPTEMBER 2003

## DAFTAR ISI

	Hal
• Analisis Bangkitan Pergerakan Kendaraan Dari Zona Kampus UNIMED Terhadap Jalan Willem Iskandar Pasar V Medan <i>Asri Lubis, Hamidun Batubara</i>	130
• Inverter 180 Watt Transformator Center Tap Satu Phasa Menggunakan Transistor <i>Dina Maizana</i>	142
• Tangkahan Sebagai Kawasan Ekowisata <i>Moehammed Nawawiy Loebis</i>	148
• Pengaruh Penetrasi Panas Terhadap Penyebaran Kerusakan dan Kadar Kapur Bebas beton Pascabakar <i>Putri Lynna A. Luthan, Sarwa</i>	156
• Analisis Nilai Konvergen dan Laju Konvergensi Antara Algoritma Newton dan Roots (Matlab) Dalam Mencari Akar Fungsi Polinomial <i>Supriyanto, Subakti</i>	164
• Pengaruh Pemaparan Medan Listrik Terhadap Perilaku Mencit <i>Usman Baafai</i>	170
• Efek Kondisi Proses Pada Proses Injection Molding dengan Bahan Baku Stainless Steel 316 L <i>Alfian Hamsi, Iqbal Nasution</i>	178
• Analisis Cacat Makro Hasil Pengecoran Produk Baling-baling Boat <i>Yunan Hasibuan, Iqbal Nasution</i>	190
• Respon Helmet Industri Yang Dikenai Beban Impak Kecepatan Tinggi <i>Bustami Syam, Samsul Rizal, Basuki W.S. Ahmad Nayan, Batu Mahadi</i>	196
• The Influence of Hydrostatic Stress on Void Initiation and Growth to Evaluate Toughness <i>Samsul Rizal, Razali Thaib, Hamdani</i>	204
• Hubungan Antara Waktu Pemesinan, Keausan Pahat dan Kekasaran Permukaan Benda Kerja pada Proses Pemesinan Stainless Steel <i>M. Sobron Yamin, Abdul Haris Nasution</i>	209

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM SUMATERA UTARA**





# Buletin Utama Teknik

Terakreditasi No. 52/DIKTI/KEP/2002  
Tgl. 12 Nopember 2002

VOLUME 7 NO. 3 - SEPTEMBER 2003

- A. Pelindung** : Rektor UISU
- B. Pimpinan / Penanggung Jawab** : Dekan FT. UISU
- C. Koordinator Dewan Redaksi** : Ir. M. Udin, MT
- D. Dewan Redaksi** :
1. Prof. DR. Ir. Bustami Syam, MSME
  2. DR. Ir. H. Bachrian Lubis, MSc
  3. DR. Ir. A. Rahim Matondang, MSIE
  4. DR. Ir. Pintor Tua Simatupang, MT
  5. Ir. Raja Harahap, MT
  6. Ir. Penerangan, MT
  7. Ir. Anisah Lukman
  8. Ir. H. A. Jabbar M. Rambe, M.Eng
  9. Ir. Tri Hernawaty, MSI
  10. Ir. Suliawaty, MT
  11. Ir. Batu Mahadi Siregar
  12. Ir. Muslih Nasution
  13. Ir. Sorinaik Batubara, MT
  14. Ir. Sudaryanto
- E. Sekretariat** :
1. Ir. Suhaimi Batubara
  2. Ir. Hj. Muthia Bintang
  3. Ir. Marwan Lubis
  4. Syamsuddin Asmad
  5. Khairuddin Nasution
- F. Alamat Redaksi** : Fakultas Teknik UISU  
Jl. S.M. Raja Teladan Barat Medan  
Telp. 7868049 Fax. 7868049  
e-mail : [buletinteknik@uisu.ac.id](mailto:buletinteknik@uisu.ac.id)
- G. Penerbit** : Fakultas Teknik UISU

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM SUMATERA UTARA**

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah dengan Rahmat dan Karunia Allah SWT telah terbit Buletin Utama Teknik FT-UISU Vol. 7 No. 3 – September 2003, yang telah terakreditasi, baik menyangkut bidang science dan keteknikan / merupakan tulisan hasil penelitian maupun Karya Ilmiah Populer yang dilakukan oleh Staff Pengajar.

Kami mengharapkan untuk terbitan bulan berikutnya Staff Pengajar dapat meningkatkan kualitas maupun mutu dari tulisan, sehingga memungkinkan sebagai bahan rujukan dalam melakukan kegiatan penelitian.

Pada kesempatan ini Redaksi mengucapkan Selamat Menunaikan Ibadah Puasa di Bulan Suci Ramadhan 1424 H dan menyambut Idul Fitri 1424 H. Dan mengucapkan terima kasih kepada Staff Pengajar/Dosen yang telah berpartisipasi menerbitkan Buletin Utama Teknik FT-UISU terutama pada Edisi Vol. 7 No. 3 – September 2003.

Semoga FT-UISU sukses dan maju.

Walbillahi Taufiq Walhidayah

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Wassalam

THE  
*Character Building*  
UNIVERSITY  
Redaksi



## Respon Helmet Industri Yang Dikenai Beban Impak Kecepatan Tinggi

Bustami Syam\*, Samsul Rizal\*, Basuki W.S\*,  
Ahmad Nayan\*\*, Batu Mahadi\*\*

### Abstrak

Mengikuti standard yang sudah berlaku, pengujian ketahanan helmet terhadap beban impak dilakukan dengan menjatuhkan impactor dari suatu ketinggian tertentu (2 s.d. 3 m), menggunakan test rig jatuh bebas. Teknik standard ini dipandang tidak efektif bila diaplikasikan pada helmet yang dipakai untuk lapangan kerja konstruksi bangunan bertingkat, yang diperkirakan sebuah benda dapat jatuh dari suatu ketinggian yang melebihi 3 meter. Tulisan ini memperkenalkan suatu metoda baru pengukuran ketahanan helmet terhadap impak kecepatan tinggi. Teknik pengukuran itu disebut dengan teknik dua gage, yaitu menggunakan teori propagasi tegangan dalam batang satu dimensi. Untuk mendapatkan beban impak kecepatan tinggi impactor ditempatkan dalam sebuah barel dan ditembakkan ke lokasi impak helmet yang akan diuji, menggunakan alat uji KOMPAK. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa setup teknik dua gage relatif mudah digunakan. Helmet yang diuji memberikan respon beban dan waktu impak (tegangan insiden) sesuai dengan karakteristik pembebanan.

**Kata kunci:** helmet industri, impak kecepatan tinggi, teknik dua gage

### Abstract

Standard procedures of testing industrial safety helmets are carried out by measuring the impact energy absorbed by the test piece impacted by a free fall impactor from a certain height (2 to 3 m). In this paper, a new measuring method, so called, a two-gage method is adopted to measure the incident stress induced in helmet due to high velocity impact. The method is based on the theory of stress wave propagation in one dimensional bar, using the KOMPAK apparatus. It was obtained that the method is easy to be used; the helmets tested gave a very clear response on the magnitude and time of impact in the accordance with the nature of impact loading conditions

**Key words:** industrial safety helmets, high velocity impact, a two-gage technique

### PENDAHULUAN

Selama ini helmet diuji menggunakan prosedur pengujian standard menggunakan test rig dengan teknik jatuh bebas. Pengujian standard ini bertujuan untuk melihat sejauh mana kemampuan helmet dalam menyerap energi impak. Selain itu uji standard juga bertujuan meneliti keparahan rusak helmet yang memungkinkan merusak lapisan kulit kepala lewat penetrasi. Teknik ini telah banyak digunakan oleh berbagai pusat pengujian helmet, misalnya Sirim Berhad, Malaysia [1] dan B4T Deperindag, Bandung Indonesia [2], dan juga Pusat Riset Impak dan Keretakan, Jurusan Teknik Mesin USU.

Memakai uji standard yang ada, baik memakai standard Jepang JIS maupun Standard Nasional Indonesia (SNI) striker hanya dijatuhkan dari ketinggian H=2 s.d. 3 meter. Dengan demikian kecepatan striker hanya lebih kurang,  $v = \sqrt{2gH} = 6.3$  m/detik. Kecepatan striker sebesar ini masih tergolong

kecepatan impak rendah. Padahal kenyataan di lapangan besar kemungkinan suatu benda jatuh dari suatu ketinggian yang lebih tinggi. Katakanlah sebuah baut atau peralatan kerja yang jatuh dari suatu gedung berlantai 10 (H=40m) yang sedang dibangun dan menimpa pekerja yang menggunakan helmet standard. Pertanyaannya apakah helmet tersebut akan tahan menerima benda jatuh dari ketinggian tersebut? Menggunakan rumus yang sama kita dapat memperkirakan kecepatan jatuh benda tadi yaitu  $v=28.2$  m/detik. Dengan demikian menggunakan prosedur standard yang sudah umum dipakai akan tidak mampu memberi keamanan kepada siparkerja. Dalam hal ini helmet untuk pekerja konstruksi atau industri seperti itu seyogianya dibuat dari bahan dan desain yang khusus sehingga akan mampu menahan beban impak kecepatan tinggi.

Dengan dilandasi pada latar belakang di atas peneliti telah mengembangkan suatu teknik pengukuran respon helmet menggunakan sebuah cara baru yang

\*) Staf Pengajar Program Studi Magister Teknik Mesin Program Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara Jalan tri Darma, Kampus USU Medan 20155, E-mail : bustami@usu.ac.id

\*\*) Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Mesin PPs USU



cocok untuk helmet tahan terhadap dampak tinggi, yaitu teknik pengukuran menggunakan setup pengujian terbaru dari alat uji dampak, KOMPAK [3,4]. Pada gilirannya, teknik ini dapat digunakan untuk mengukur kekuatan helmet industri akibat beban dampak.

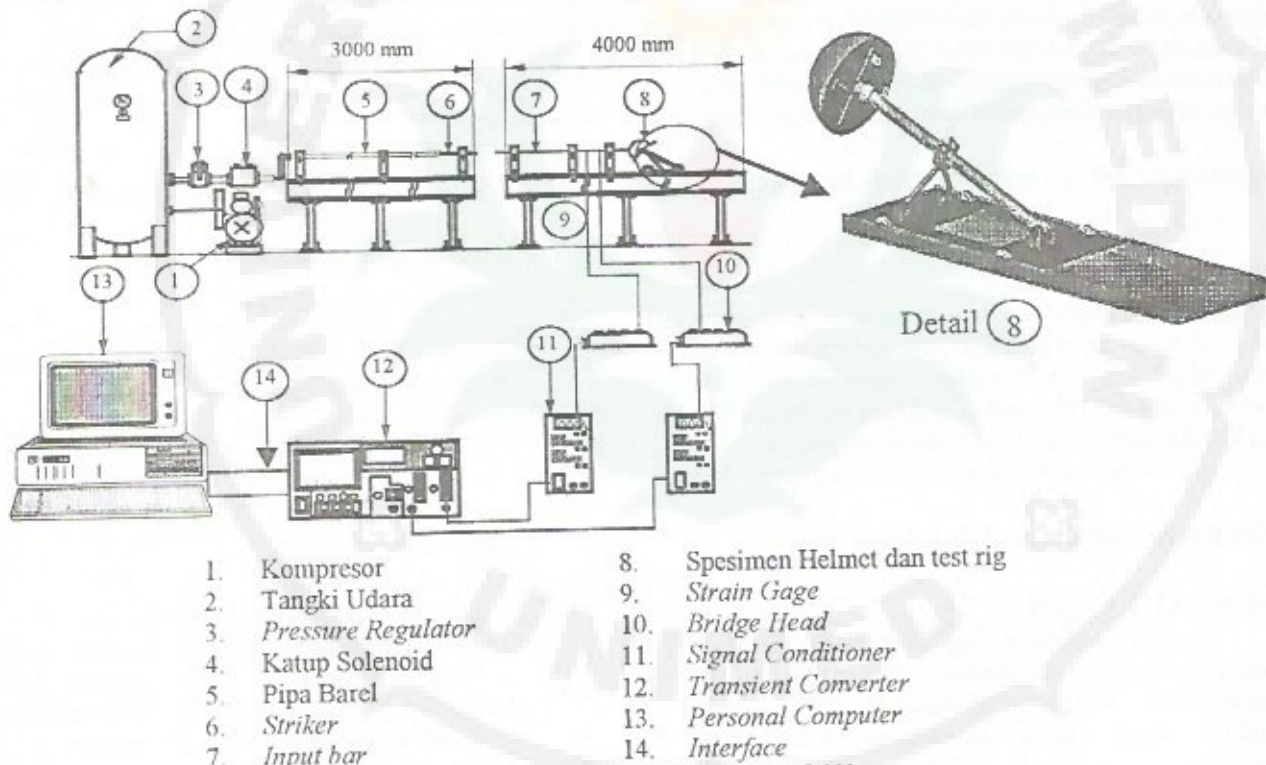
## METODOLOGI

### Setup Peralatan Uji

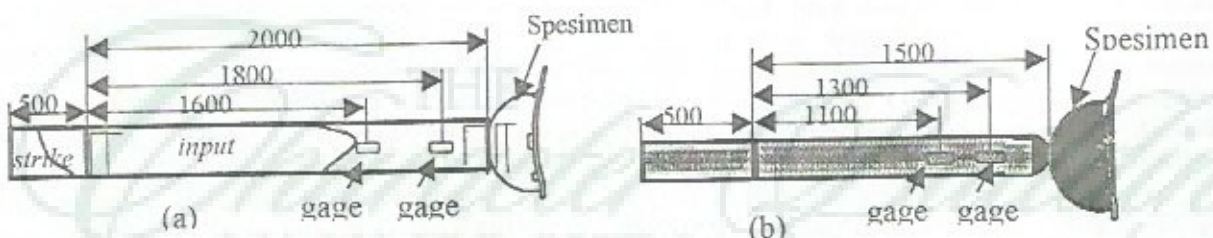
Untuk mendapatkan respon helmet yang dikenai beban dampak kecepatan tinggi dilakukan dengan menggunakan KOMPAK. Beban dampak (tegangan insiden) yang dimaksudkan dalam makalah ini adalah tegangan yang masuk ke permukaan dampak, yaitu bagian atas tempurung helmet. Tegangan insiden pada lokasi dampak tersebut tidak dapat diukur secara

langsung; karena itu dalam penelitian ini tegangan insiden diukur dengan menggunakan setup KOMPAK dengan teknik dua gage.

Konstruksi peralatan uji dampak secara skematik ditunjukkan pada Gambar 1. Kompak telah dimodifikasi sehingga dapat digunakan secara khusus untuk pengujian helmet. Helmet industri yang akan diuji (8) ditempatkan bersentuhan dengan salah satu ujung batang penerus ujung rata dengan panjang 2m dan batang penerus ujung tumpul dengan panjang 1,5 m (7). Beban dampak diperoleh dengan menumbukkan batang dampak (panjang 0,5m) (6) ke batang penerus. Variasi kecepatan batang dampak diperoleh dengan mengatur tekanan udara lepas dan jarak dampak, yaitu jarak tumbukan batang dampak dan batang penerus.



Gambar 1. Setup Alat Uji KOMPAK



Gambar 2. Setup batang dan helmet

(a) input bar ujung rata, dan (b) input bar ujung tumpul



Tabel 1. Sifat Mekanik Batang ujung rata

	Material	E (GPa)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_o$ (m/s)
Batang impact (Striker)	SUS 304	205	7760	5140
Batang penerus (input bar)	SKS - 3	190	7780	4936

Tabel 2. Sifat Mekanik Batang ujung tumpul

	Material	E (GPa)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_o$ (m/s)
Batang impact (Striker)	Al-6061	68	2713	5006
Batang penerus (input bar)	Al-6061	68	2713	5006

Pengukuran beban impact yang dibangkitkan pada lokasi impact dan ditransmisikan ke helmet dilakukan dengan menggunakan teknik *strain gage* yang dipasangkan di dua lokasi titik ukur pada batang penerus, yaitu pada a dan b. Gelombang tegangan yang ditangkap oleh strain gage pada lokasi a dan b tersebut, selanjutnya dengan bantuan *bridge box* (Kyowa.), perubahan tahanan gage  $\Delta R/R$  diubah menjadi voltase output  $V_o$  pada *transient converter*, melalui signal conditioner. Data digital yang direkam *transient converter* selanjutnya dikirim ke komputer dengan memakai *interface*. Channel 1 atau 2 yang terdapat pada *transient converter* digunakan untuk mendeteksi gelombang tegangan yang melewati strain gage (pada lokasi a dan b). Tegangan insiden yang dihasilkan di atas itulah yang dimaksud dengan respon helmet.

#### Metoda Pengukuran Tegangan

Pada Gambar 2 ditunjukkan secara detil susunan batang helmet yang akan diuji.

Perhitungan tegangan insiden tekan pada lokasi impact dari helmet didasarkan pada teori penjalaran gelombang elastik [4,5]. Berikut ini diberikan rumus menghitung besarnya gelombang tegangan pada lokasi b:

$$\sigma_b(t) = \sigma_R(t) + \sigma_L(t) \quad (1)$$

dimana  $\sigma_R(t)$  dan  $\sigma_L(t)$  adalah tegangan yang berpropagasi ke kiri dan ujung kanan batang penerus. Ambil  $t_1 = l/C_o$  di mana  $l$  jarak antara gage a dan b, juga c dan  $C_o$  adalah kecepatan rambat gelombang elastik dalam batang. Tegangan pada lokasi a dan c dapat dihubungkan sbb:

$$\sigma_a(t) = \sigma_R(t + t_1) + \sigma_L(t - t_1) \quad (2)$$

dan

$$\sigma_c(t) = \sigma_R(t - t_1) + \sigma_L(t + t_1) \quad (3)$$

Jika persamaan (3) disederhanakan dalam  $\sigma_a$  dan  $\sigma_b$ , tegangan insiden yang ditransmisikan ke dalam helmet pada lokasi c, dapat dihitung, sebagai berikut:

$$\sigma_c(t) = \sigma_b(t + t_1) + \sigma_b(t - t_1) - \sigma_a(t) \quad (4)$$

Di sini,  $t$  adalah waktu dan  $t_1 = \text{jarak dari a ke b}/c_o$ , dimana  $c_o$  adalah kecepatan rambat gelombang dalam batang yang dihitung dengan rumus  $C_o = (E/\rho)^{1/2}$ . Di sini E, Modulus elastisitas dan  $\rho$ , masa jenis batang penerus (input bar).

Pengujian dilakukan dengan berbagai variasi beban impact yang diatur dengan cara merubah tekanan udara dan atau merubah jarak impact. Dalam pengujian ini tekanan tangki udara diatur bervariasi dari 0.2 MPa s.d. 0.4 MPa, variasi batang input bar dan batang penerus serta variasi jarak pengimpakan.

#### Respon helmet menggunakan batang ujung rata

Menggunakan setup seperti ditunjukkan pada Gambar 2(a) dan metoda yang dijelaskan di atas sebanyak 20 buah helmet industri merek X dikenakan berbagai variasi beban impact. Tegangan insiden, tegangan yang ditransmisikan ke dalam helmet pada lokasi impact dihitung dengan memakai pers. (4). menggunakan data pengukuran pada lokasi a dan b. Dalam penelitian ini tegangan insiden sangat penting untuk diketahui, karena menggambarkan respon helmet tersebut terhadap berbagai kondisi pembebanan.

Gambar 3 dan 4 menunjukkan dua tegangan insiden tipikal yang masuk ke dalam helmet. Gambar 3 untuk tekanan 0,2 MPa dan jarak impact sejauh 400mm; sedangkan Gambar 4 menggunakan tekanan 0,4 MPa dan jarak impact 450mm.



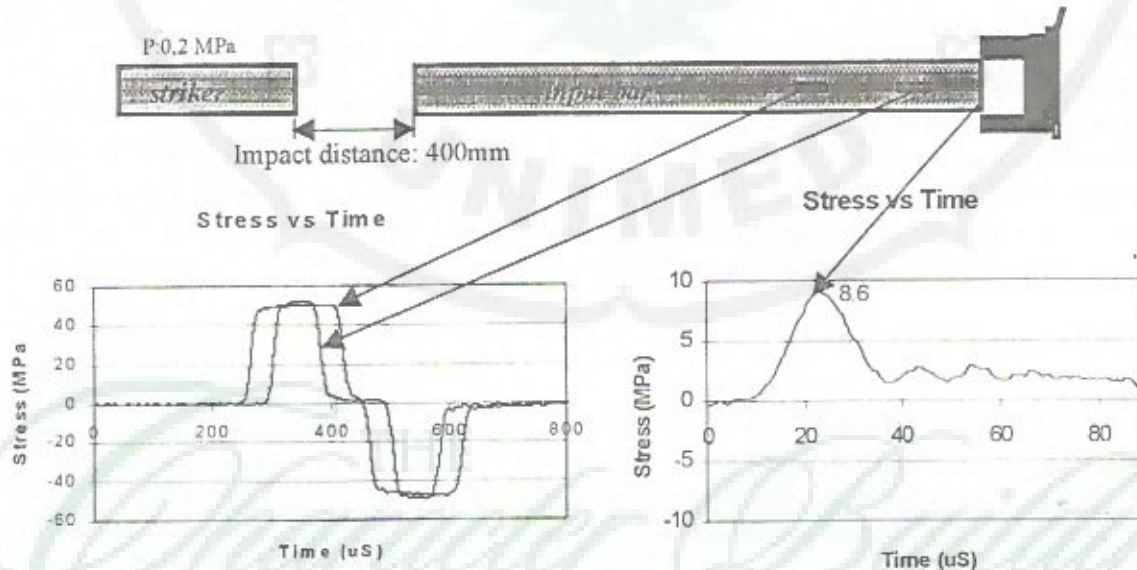
Gambar 3 dan 4 tersebut menunjukkan kepada kita bahwa intensitas tegangan insiden tergantung pada tegangan impact yang dihitung dari hasil pengukuran pada lokasi a dan b. Intensitas tegangan impact tergantung kepada kecepatan impact striker dan sifat-sifat mekanik kedua batang impact dan batang penerus.

Membandingkan grafik tegangan impact dan tegangan insiden pada Gambar 4 dapat dimengerti bahwa tegangan impact yang menjalar dalam batang penerus tidak sepenuhnya dapat ditransmisikan ke dalam helmet. Pada tekanan 0,4 MPa dan jarak impact 450 mm diperoleh tegangan impact yang terukur pada lokasi a sebesar 75MPa. Akan tetapi, besarnya tegangan yang dapat ditransmisikan ke dalam helmet hanya sebesar 9,2 MPa. Di sini, terlihat bahwa ada pengaruh faktor transmisi tegangan.

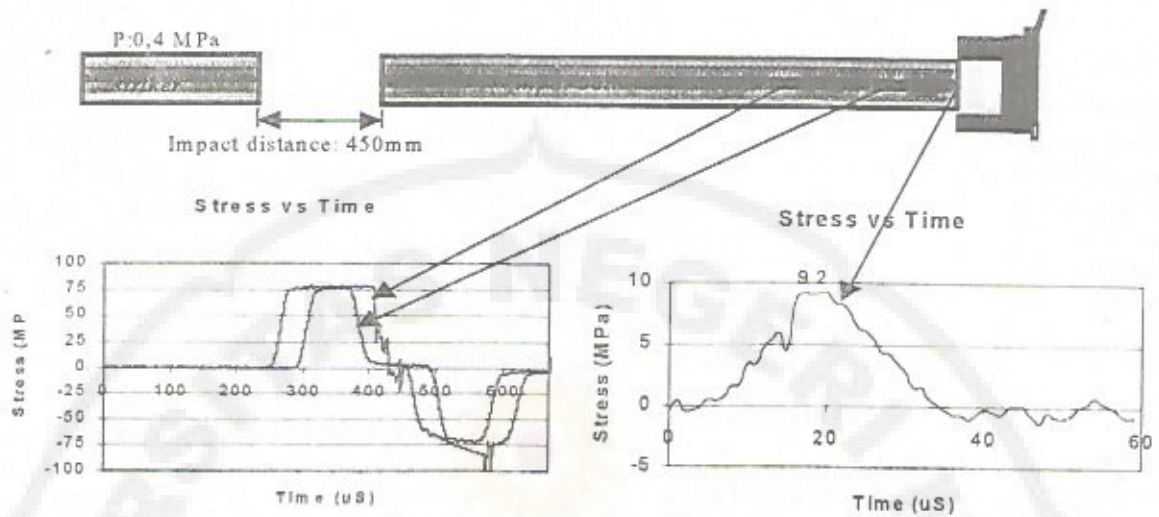
Faktor transmisi tegangan sangat kuat dipengaruhi oleh suatu konstanta refleksi, yang tergantung pada modulus elastisitas dan kecepatan gelombang dilatational dalam helmet. Pada saat penelitian ini dilakukan sifat mekanik helmet seperti modulus elastisitas belum diketahui. Akan tetapi, dengan metoda dua lokasi titik ukur kita dapat memprediksi respon yang diberikan helmet dengan menggunakan pers. (4). Sedangkan sifat-sifat batang dapat diambil dari Tabel 1.

Gambar 3 s.d 4 juga menunjukkan kepada kita bahwa tegangan impact yang ditangkap pada batang penerus dan tegangan insiden yang masuk ke dalam helmet mempunyai konfigurasi yang sama, yaitu membentuk beberapa gelombang sinus (gelombang insiden hanya ditunjukkan setengah gelombang). Gelombang tersebut memberikan beberapa informasi penting, yaitu:

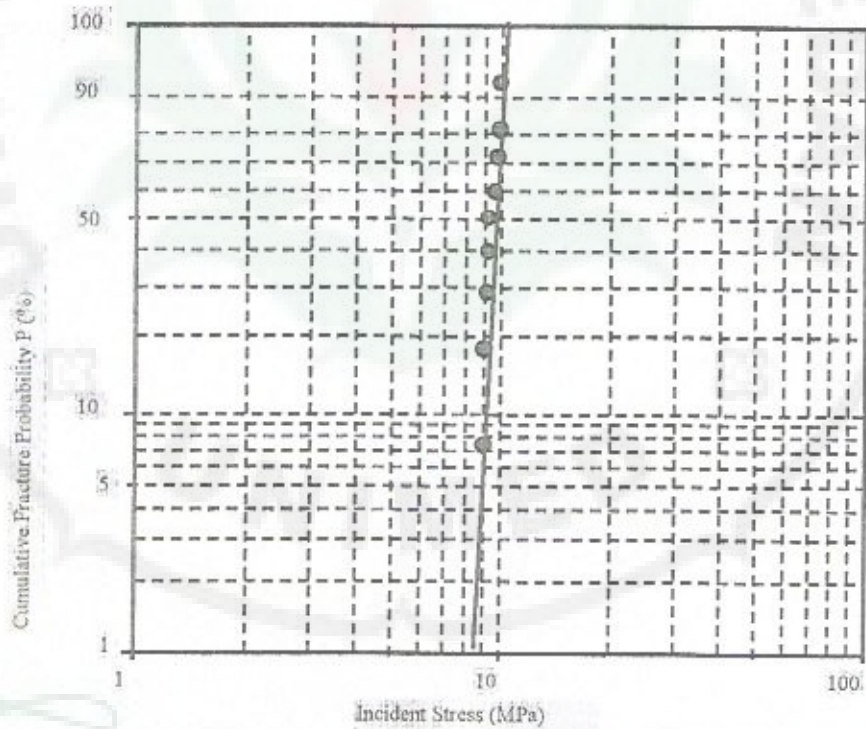
1. Waktu impact,  $t_i=300 - 400 \mu s$ ; waktu impact ini tergantung pada ukuran panjang batang impact yang digunakan. Dalam penelitian ini digunakan batang impact yang panjangnya 500mm. Dapat diinformasikan di sini bahwa dengan menggunakan batang impact yang lebih pendek akan menghasilkan waktu impact yang lebih kecil pula.
2. Besarnya tegangan insiden tergantung pada kecepatan impact, yang dapat diatur menggunakan tekanan udara lepas dan jarak impact. Pada  $P=0.4$  MPa dan jarak impact 450mm, tegangan insiden dapat mencapai 9,2 MPa.



Gambar 3. Tegangan impact dan tegangan insiden ( $P=0,2$  MPa; Jarak impact: 400mm)



Gambar 4. Tegangan Impak dan tegangan insiden ( $P=0,4$  MPa; Jarak impak: 450mm)



Jumlah sampel	9
Shape parameter m [MPa]	31.51
Scale Parameter b [MPa]	9.63
Rata-rata $\sigma$ [MPa]	9.48
Standard deviasi S [MPa]	0.064

Gambar 5. Hasil plot Weibul



Gambar 5 menunjukkan hasil analisis menggunakan statistik Weibul [6], yaitu untuk hasil pengujian helmet pada tekanan yang diatur tetap pada 0,4 MPa dan berbagai variasi jarak impak. Pada pengujian tersebut dari 20 helmet yang diuji 9 di antaranya diuji sampai mengalami kegagalan, yaitu timbulnya keretakan pada tempurung yang dikenai beban impak. Diperoleh, ternyata tegangan insiden yang masuk ke helmet dan menyebabkan helmet retak cukup bervariasi. Hasil analisa Weibul memberikan informasi kepada kita bahwa helmet merek X tersebut akan retak pada rata-rata tegangan mencapai 9,48 MPa.

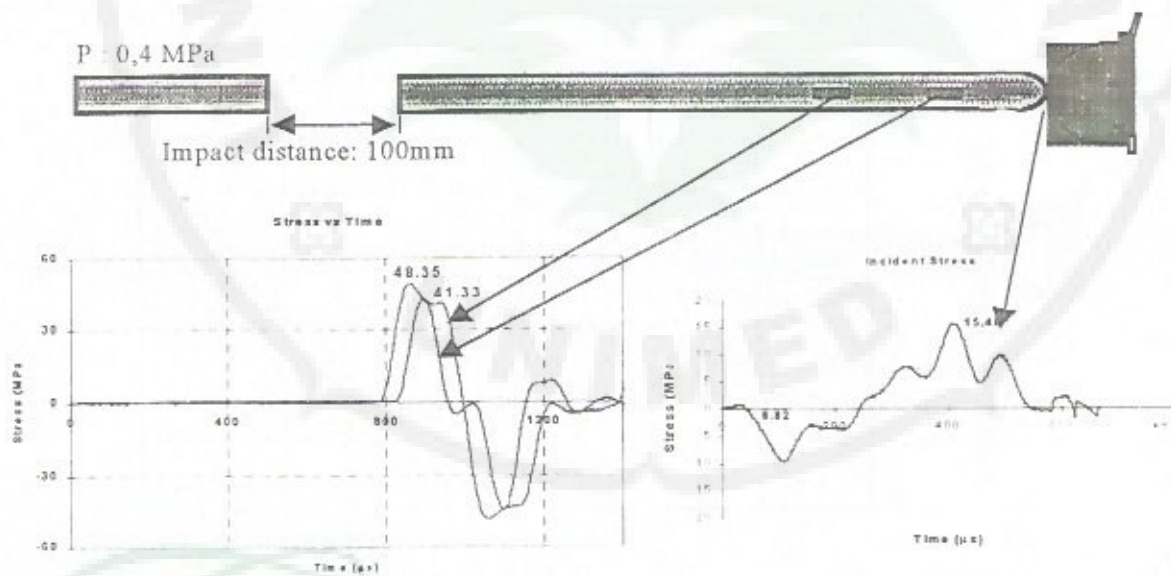
**Respon helmet akibat batang ujung tumpul**

Menggunakan setup seperti ditunjukkan pada Gambar 2(b) dan metoda yang dijelaskan di atas sebanyak 10 buah helmet industri merek X juga dikenakan berbagai variasi beban impak.

Gambar 6, 7 dan 8 menunjukkan tiga tegangan insiden tipikal yang masuk ke dalam helmet. Gambar 6

untuk tekanan 0,4 MPa dan jarak impak sejauh 100mm; sedangkan Gambar 7 menggunakan tekanan 0,4 MPa dan jarak impak 150mm; dan Gambar 8 dengan tekanan 0,4 MPa dan jarak impak 200mm. Terlihat bahwa tegangan impak makin besar dengan jauhnya jarak impak, akan tetapi tegangan insiden mengecil pada jarak impak 200mm dan makin mengecil pada jarak impak yang lebih besar. Keadaan ini tidak terjadi pada uji dengan batang ujung rata.

Konfigurasi tegangan insiden akibat ujung tumpul ditunjukkan pada Gambar 6 s.d 8, dimana gelombang tersebut memberikan beberapa informasi penting, yaitu antara lain adalah waktu impak untuk jarak 100mm,  $(t_i)=498 \mu s$ , jarak 150mm,  $(t_i)=462 \mu s$ , dan jarak 200mm,  $(t_i)$  berkisar antara 300 - 400  $\mu s$ . Waktu impak ini tergantung pada ukuran batang impak yang digunakan. Dalam penelitian ini digunakan batang impak yang panjangnya 500mm.

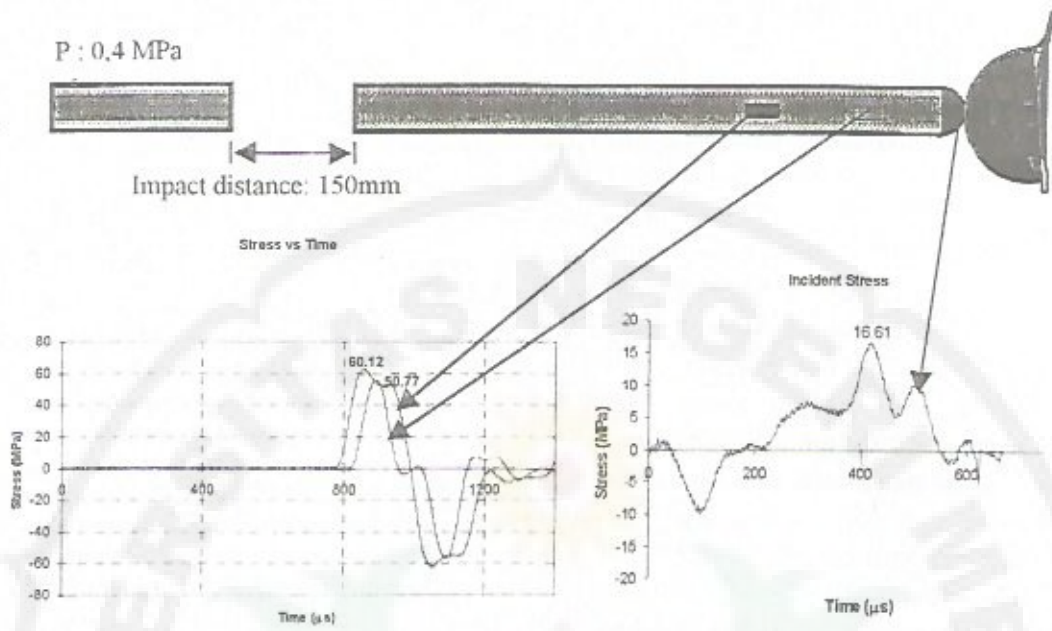


Gambar 6. Tegangan impak dan tegangan insiden (P=0,4 MPa; Jarak impak: 100mm)

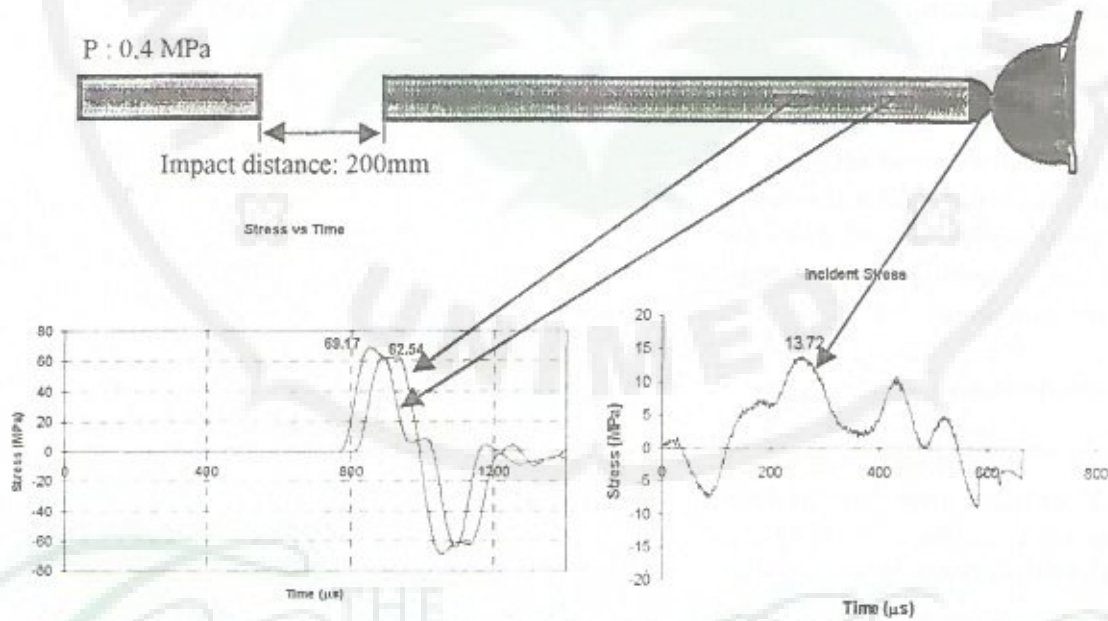
Tegangan yang masuk ke helmet bervariasi, seperti Ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Variasi tegangan insiden yang masuk ke helmet

Kondisi beban	Tegangan Impak (MPa)	Tegangan Insiden (MPa)
0,4 MPa; 100mm	48,35	16,48
0,4 MPa; 150mm	60,12	16,61
0,4 MPa; 200mm	69,17	13,72



Gambar 7. Tegangan impact dan tegangan insiden (P=0,4 MPa; Jarak impact: 150mm)



Gambar 8. Tegangan impact dan tegangan insiden (P=0,4 MPa; Jarak impact: 200mm)



## Kesimpulan

Telah dipresentasikan metoda pengukuran respon helmet industri menggunakan teknik dua gage. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan beberapa hal penting:

1. Metoda pengukuran yang diperkenalkan dalam penelitian ini dapat digunakan untuk pengukuran kekuatan helmet industri yang di lapangan kerja akan dikenai beban impak kecepatan tinggi.
2. Metoda dua gage dan setup-nya mudah untuk digunakan; untuk mendapatkan tegangan insiden tidak disyaratkan diketahui sifat mekanik helmet yang akan diuji.
3. Bentuk dan intensitas tegangan impak yang timbul tergantung pada laju pembebanan batang impak. Akan tetapi tegangan insiden yang masuk ke helmet ditentukan oleh bentuk ujung batang (benda) yang mengenai helmet tersebut.
4. Konfigurasi beban impak (tegangan insiden) dapat digunakan untuk menganalisa kegagalan helmet secara numerik, misalnya menggunakan metoda elemen hingga. Riset numerik kegagalan helmet secara numerik sedang dilaksanakan oleh penulis sebagai kelanjutan dari hasil riset yang dipresentasikan dalam tulisan ini.
5. Perbedaan bahan batang impak dan batang penerus serta perbedaan permukaan (ujung rata dan tumpul) menunjukkan adanya perbedaan respon yang diterima oleh helmet.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada DP3M DIKTI melalui Proyek HIBAH PASCA yang telah membiayai riset ini (no. kontrak: 337P4T/DPPM/HPTP/IV/2003).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Syam B, Laporan hasil benchmarking ke SIRIM Berhad, Kuala Lumpur, Malaysia, Desember 2000 (tidak dipublikasikan)
- [2]. Syam B, Laporan hasil benchmarking ke B4T Depperindag, Bandung, Maret 2001 (tidak dipublikasikan)
- [3]. Syam B, etal, Pembuatan Alat Uji Air Gun Compressor dan Penyelidikan Perilaku Mekanik Berbagai Material Keramik Akibat Beban Impak, Laporan Komprehensif Penelitian Hibah Bersaing VI/1 dan VI/2, Medan, 1999.
- [4]. 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.
- [5]. Yanagihara, N., Theory of One-Dimensional Elastic Wave for the Measurement of the Impact Force, Bulletin of JSME, vol. 43, 1977, pp 40-48.
- [6]. Weibul, W., A Statistical Distribution Function of Wide Aplicability, J. Appl. Mech., 18[3], 293-297, September 1951.