



Buletin Utama Teknik

Terakreditasi No. 52/DIKTI/KEP/2002

VOLUME 8 NO. 1

JANUARI 2007

DAFTAR ISI

	Hal
• Observasi Eksperimental Struktur Vortex Breakdown Pada Pipa Tegak A. Halim Nasution	1
• Pengaruh Kenakan Tegangan Terhadap Rugi rugi Dielektrik Isolasi Gas SF6 Sudaryanto, Ruslan R.	5
• Pola Perubahan Fisik Hunian Pada Perumahan Massal Moehammed Nawawiy Loebis	11
• Respon Dinamis Motor Berkapasitas Kecil Dalam Sistem Multimesin Saat Startng Bambang Sudibya, Mardiana Iqawaty	17
• Metode Perhitungan Tundaan di Persimpangan Bersinyal Bercabang Banyak Tunggul Tambunan	23
• Aplikasi Teknik Lua Gage Dalam Observasi Respon Helmet Industri Yang Dikenai Beban Impak Batu Mahadi, Ahmad Nayan, Bustami Syam dan Basuki W.S.	29
• Analisa Persoalan Pindahan Panas Dengan Metoda Elemen Hingga Menggunakan Ms-Excel dan Ansys Abdul Haris Nasution, Ahmad Nayan	36
• Pengaman Startng Motor Induksi 3 Phasa Dengan Menggunakan Rele Impedensi Raja Harahap	45
• Preliminary Study of Using Rice Bran as Raw Material in Enzyme Production Netti Herlina	52
• Pengaruh Penggunaan Bahan Copper Slag Pada Beton Mawardi Lubis, Sutrisno	57

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SUMATERA UTARA**



Buletin Utama Teknik

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

VOLUME 8 NO. 1 - JANUARI 2004

- 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
- 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 8 No. 1 – Januari 2004, 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 Haji dan menyambut Hari Raya Haji 1424 H. Dan mengucapkan terima kasih kepada Staff Pengajar/Dosen yang telah berpartisipasi menerbitkan Buletin Utama Teknik FT-UISU terutama pada Edisi Vol 8 No. 1 – Januari 2004

Semoga FT-UISU sukses dan maju.

Walbillahi Taufiq Walhidayah

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Wassalam

Redaksi

Aplikasi Teknik Dua Gage Dalam Observasi Respon Helmet Industri Yang Dikenai Beban Impak

Batu Mahadi¹⁾, Ahmad Nayan²⁾,
Bustami Syam³⁾, dan Basuki W.S⁴⁾

Abstrak

Pengujian ketahanan helmet terhadap beban impak telak banyak dilakukan dan terus berkembang, dengan menjatuhkan impaktor 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. Paper ini memperkenalkan suatu metoda pengukuran respon helmet yang dikenai beban impak kecepatan tinggi. Teknik pengukuran ini disebut dengan teknik dua gage, yaitu menggunakan teori propagasi tegangan dalam batang satu dimensi. Untuk mendapatkan beban impak kecepatan tinggi impaktor 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-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 certain workplace, such as construction work, there is a possibility of a foreign object falls down much higher in speed. Say, if a bolt fall down from a story-building which is being constructed the speed may approach up 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 benda jatuh bebas 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, kecepatan sebesar ini sudah tergolong kecepatan impak tinggi. Dengan demikian menggunakan prosedur standard yang sudah umum dipakai akan tidak mampu memberi keamanan kepada sipekerja. 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 cocok untuk helmet tahan terhadap impak tinggi, yaitu teknik

* Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Mesin PPs USU

** 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

pengukuran menggunakan setup pengujian terbaru dari alat uji impact. *KOMPAK* [3,4]. Pada gilirannya, teknik ini dapat digunakan untuk mengukur kekuatan helmet industri akibat beban impact.

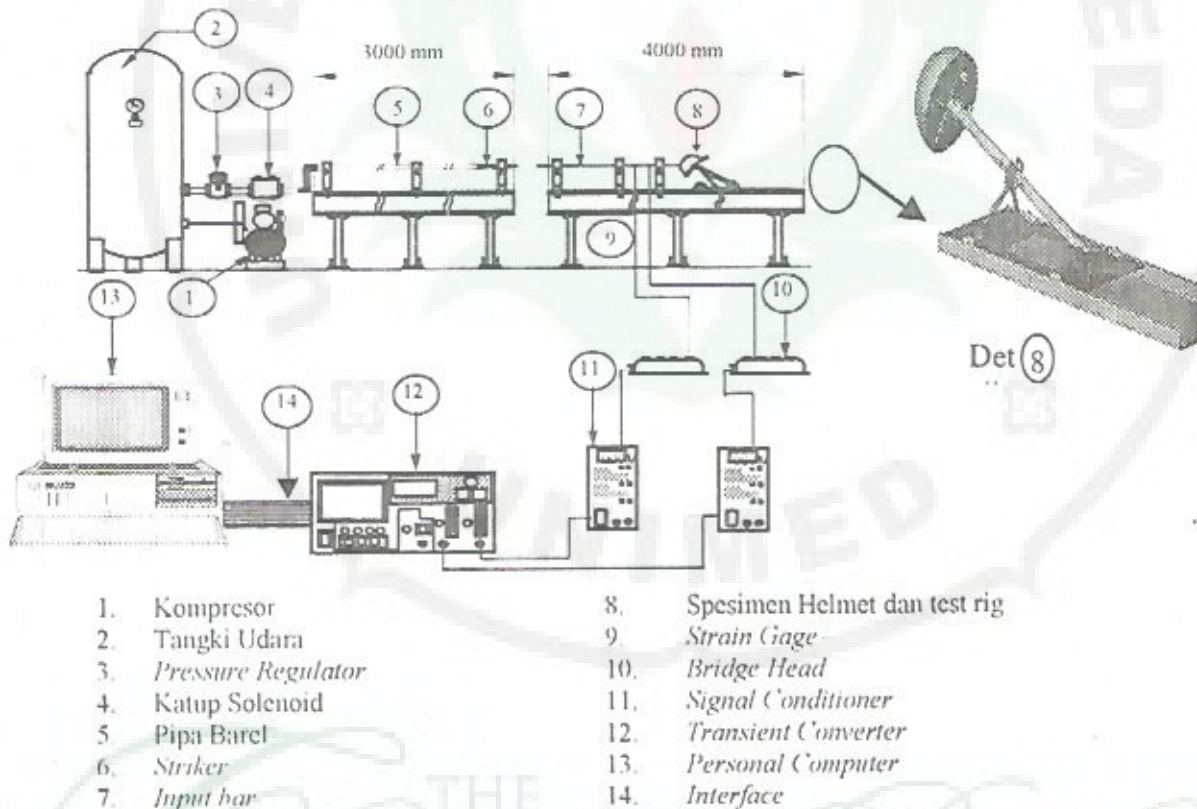
Metodologi

Setup Peralatan Uji

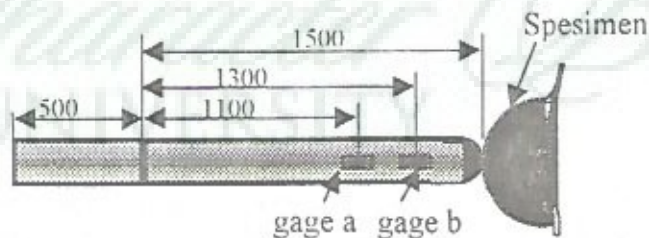
Untuk mendapatkan respon helmet yang dikenai beban impact kecepatan tinggi dilakukan dengan menggunakan *KOMPAK*. Beban impact (tegangan insiden) yang dimaksudkan dalam makalah ini adalah tegangan yang masuk ke permukaan impact, yaitu bagian atas tempurung helmet. Tegangan insiden pada lokasi impact 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 impact 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 tumpul dengan panjang 1,5 m (7). Beban impact diperoleh dengan menumbukkan batang impact (panjang 0,5m) (6) ke batang penerus. Variasi kecepatan batang impact diperoleh dengan mengatur tekanan udara lepas dan jarak impact, yaitu jarak tumbukan batang impact dan batang penerus.



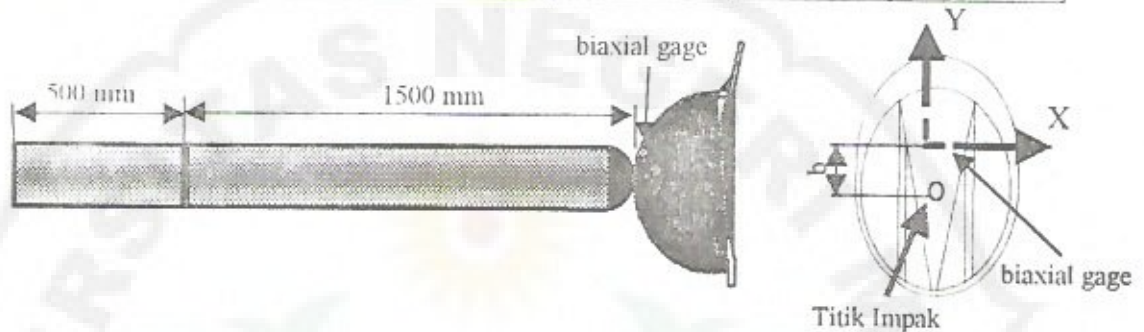
Gambar 1. Setup Alat Uji KOMPAK



Gambar 2. Setup batang dan helmet

Tabel 1. Sifat Mekanik Batang ujung tumpul

	Material	E (GPa)	ρ (kg/m ³)	C_0 (m/s)
Batang impak (Striker)	Al-6061	68	2713	5006
Batang penerus (input bar)	Al-6061	68	2713	5006



Gambar 3. Setup pengukuran helmet secara langsung dengan biaxial, ($b=15$ mm)

Pengukuran beban impak yang dibangkitkan pada lokasi impak 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 impak 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 $t_1 = l/C_0$ di mana l jarak antara gage a dan b, juga c_0 adalah kecepatan rambat gelombang elastik dalam batang. Tegangan pada lokasi a dan e 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 σ_a dan σ_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 $t_1 =$ jarak dari a ke b/c_0 , dimana c_0 adalah kecepatan rambat gelombang dalam batang yang dihitung dengan rumus $c_0 = \sqrt{E/\rho}$. Di sini E

Modulus elastisitas dan ρ , masa jenis batang penerus (input bar).

Pengujian dilakukan dengan berbagai variasi beban impak yang diatur dengan cara merubah jarak impak. Dalam pengujian ini tekanan tangki udara diatur pada 0,4 MPa, dengan variasi jarak pengimpakan.

Pengukuran respon helmet secara langsung

Pengukuran respon helmet secara langsung dilakukan adalah untuk melihat respon helmet pada lokasi tertentu diluar daerah impak. Pada Gambar 3 ditunjukkan setup pemasangan biaxial gage pada jarak 15 mm dari titik pengimpakan sebelah atas. Pemasangan pada jarak 15 mm ini bertujuan untuk mendeteksi tegangan sedekat mungkin dengan beban impak.

Respon helmet akibat batang ujung tumpul

Menggunakan setup seperti ditunjukkan pada Gambar 2 dan metoda yang dijelaskan di atas sebanyak 10 buah helmet industri merk X juga dikenakan berbagai variasi beban impact.

Gambar 4,5 dan 6 menunjukkan tiga tegangan insiden tipikal yang masuk ke dalam helmet. Gambar 4 untuk tekanan 0,4 MPa dan jarak impact sejauh 100mm; sedangkan Gambar 5 menggunakan tekanan 0,4 MPa dan jarak impact 150mm; dan Gambar 6 dengan tekanan 0,4 MPa dan jarak impact 200mm. Terlihat bahwa tegangan impact makin besar dengan jauhnya jarak impact, akan tetapi tegangan insiden mengecil pada jarak impact 200mm dan makin mengecil pada jarak impact yang lebih besar.

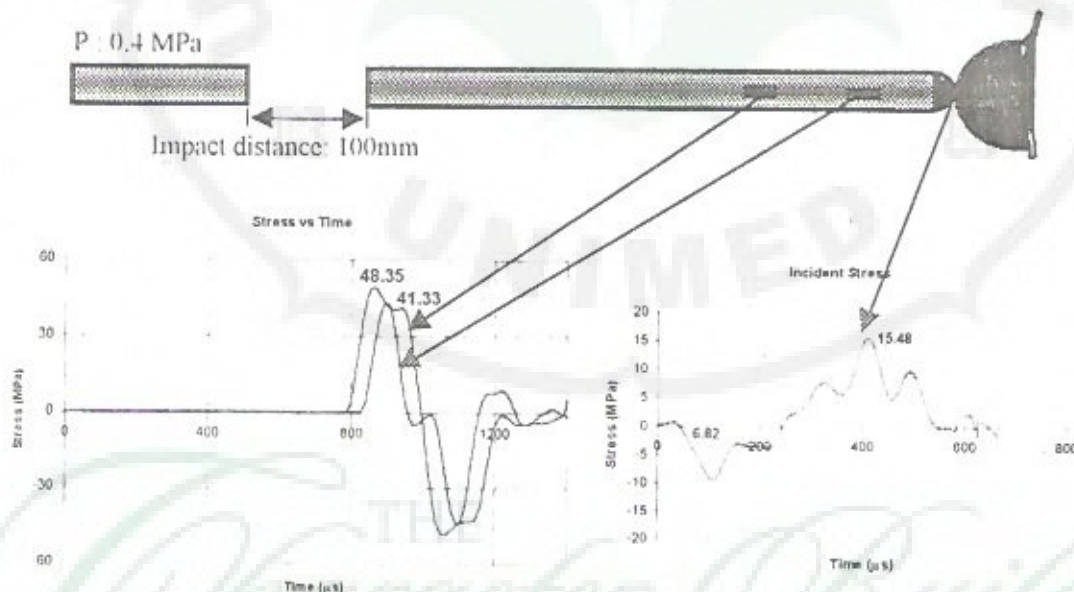
Konfigurasi tegangan insiden akibat ujung tumpul ditunjukkan pada Gambar 4 s.d 6, dimana gelombang tersebut memberikan beberapa informasi penting, yaitu: Waktu impact untuk jarak 100mm, $(t_i)=498 \mu s$, jarak 150mm, $(t_i)=462 \mu s$, dan jarak 200mm, (t_i) berkisar antara 300 - 400 μs . waktu impact ini tergantung pada ukuran batang impact yang digunakan. Dalam penelitian ini digunakan batang impact yang panjangnya 500mm.

Tegangan yang masuk pada helmet dengan tekanan konstan 0,4 MPa dan variasi jarak impact 110, 150, dan 200 mm ditunjukkan pada Tabel 2.

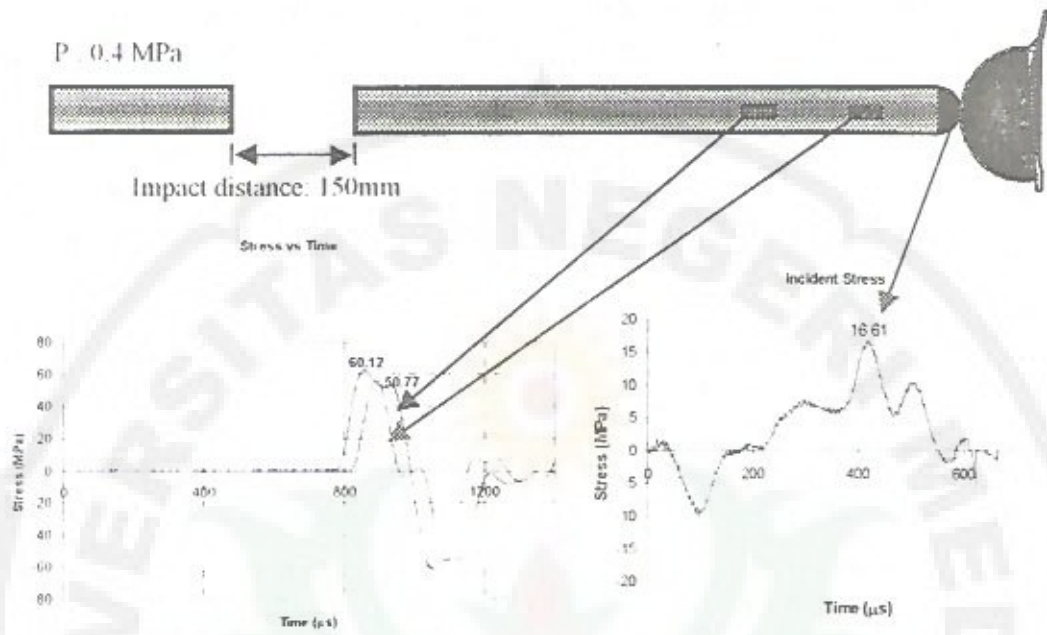
Respon helmet pengukuran langsung

Pengujian helmet dengan menggunakan biaxial gage (arah-X dan Y) yang terpasang 15 mm dari titik impact, dipergunakan tekanan yang diset konstan sebesar 0,4 MPa dan melakukan pengujian impact dengan jarak dari 70 mm s.d. 110 mm pada bagian atas spesimen, seperti yang terlihat pada Gambar 3 yang merupakan kronologi pengujian spesimen helmet yang memakai strain gage biaxial. Dari pengujian ini diperoleh karakteristik propagasi tegangan yang berbentuk impulse. Bentuk karakteristik propagasi tegangan yang dihasilkan pada permukaan helmet ditunjukkan pada Gambar 7.

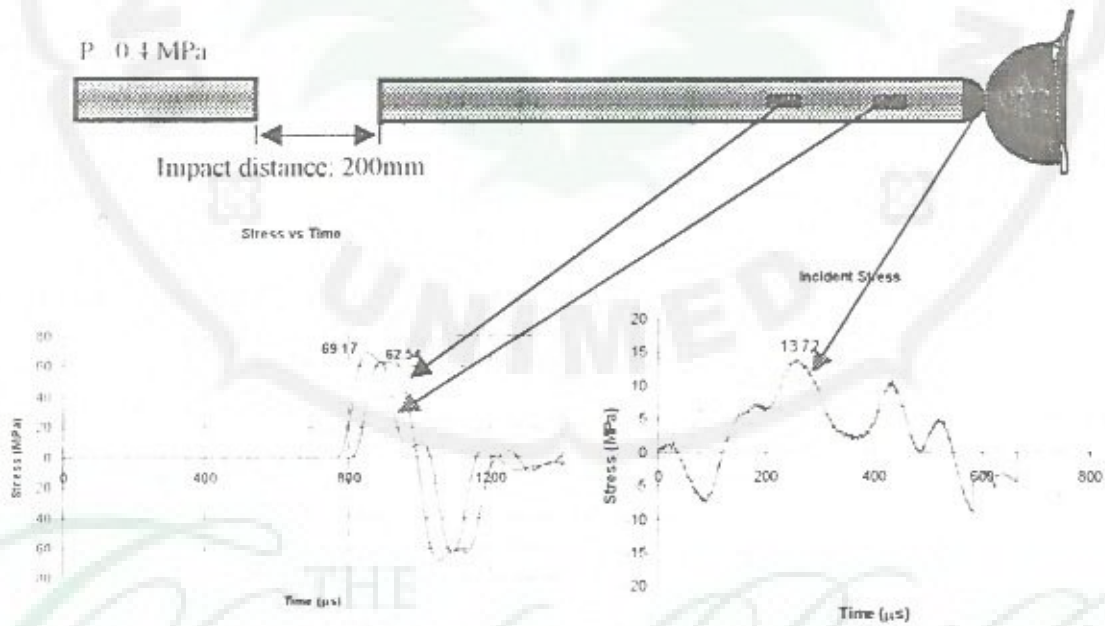
Dari keterangan di atas, bahwa rambatan gelombang yang besar terjadi pada spesimen adalah rambatan gelombang yang menuju arah-X dimana waktu yang diperlukan untuk perambatan membentuk suatu gelombang impulse dengan pembacaan strain gage arah-X yang berjarak 15 mm dari titik pengimpakan dengan tekanan 0,4 Mpa dan variasi jarak impact dari 70 mm s.d. 110 mm terlihat pada Tabel 3.



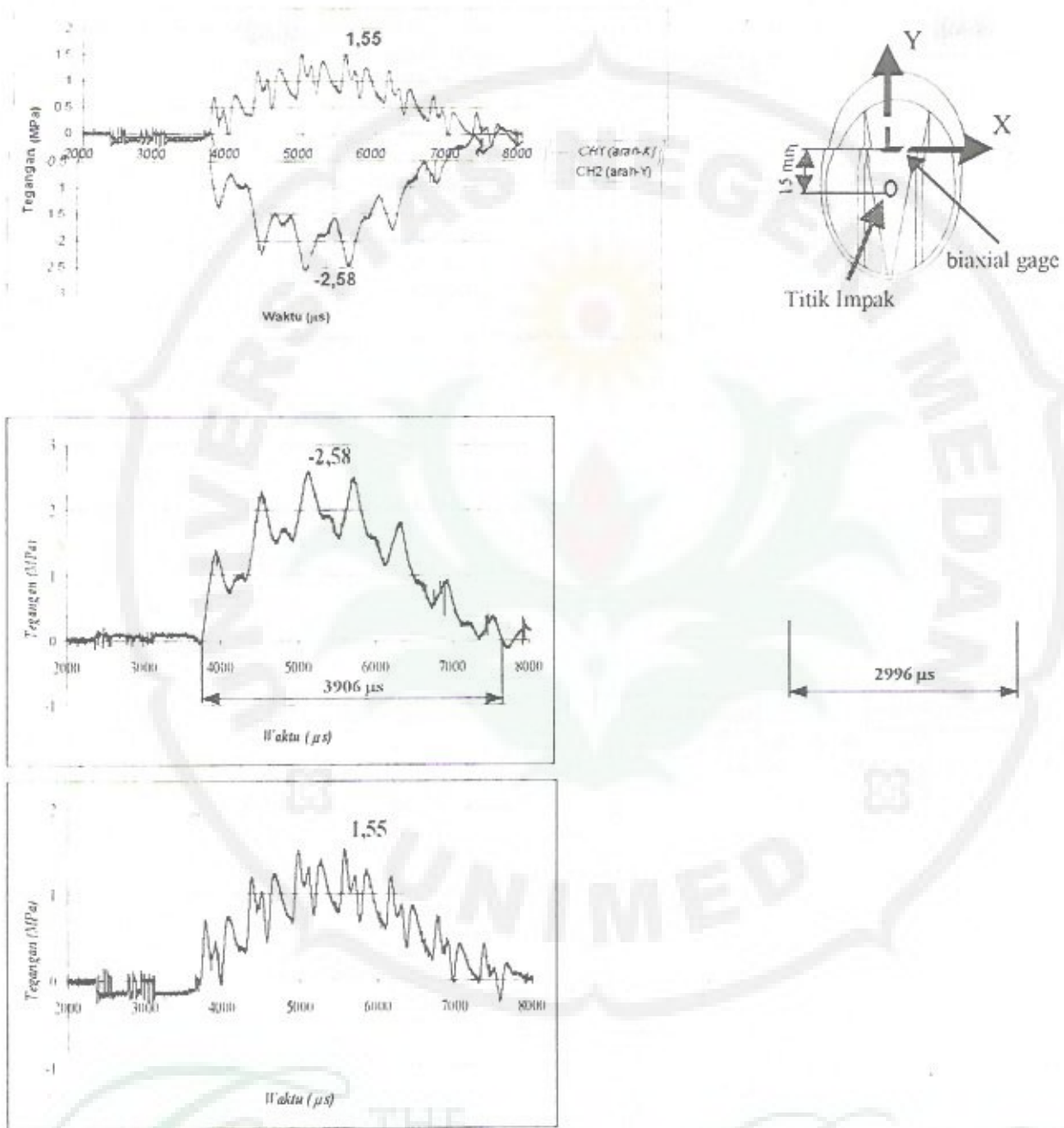
Gambar 4. Tegangan impact dan tegangan insiden ($P=0,4 \text{ MPa}$; $ID=100\text{mm}$)



Gambar 5. Tegangan impact dan tegangan insiden ($P=0,4 \text{ MPa}$; $ID= 150 \text{ mm}$)



Gambar 6. Tegangan impact dan tegangan insiden ($P=0,4 \text{ MPa}$; $ID= 200 \text{ mm}$)



Gambar 7. Respon helm pada $P=0,4$ MPa; ID= 100mm

Tabel 2. 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

Tabel 3. Variasi tegangan dan waktu yang masuk ke helmet dengan metode pengukuran langsung

Kondisi beban	Tegangan (MPa)		Waktu (μ s)	
	Arah -X	Arah -Y	Arah -X	Arah -Y
0.4 MPa. 70mm	-1.91	1.09	3299	3009
0.4 MPa. 80mm	-2.31	1.21	3568	3267
0.4 MPa. 90mm	-2.38	1.35	3631	3270
0.4 MPa. 100mm	-2.58	1.55	3906	3329
0.4 MPa. 110mm	-2.77	1.63	3989	3594

Kesimpulan

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

1. Metoda dua gage dan setup-nya mudah untuk digunakan: untuk mendapatkan tegangan insiden tidak disyaratkan diketahui sifat mekanik helmet yang akan diuji
2. Bentuk dan intensitas tegangan impact yang timbul tergantung pada laju pembebanan batang impact.
3. Konfigurasi beban impact (tegangan insiden) dapat digunakan untuk menganalisa kegagalan helmet secara numerik, misalnya menggunakan metoda elemen hingga. Riset numerik kegagalan helmet secara numerik
4. Karakteristik tegangan dengan pengukuran langsung pada helmet dengan menggunakan biaxial gage menunjukkan adanya perbedaan respon yang diterima oleh helmet pada lokasi tertentu (15 mm dari titik impact). hal ini bergantung kepada besarnya beban impact yang diberikan dan dekat jarak titik impact ukur terhadap titik impact.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada DP3M DIKTI melalui Proyek HIBAH PASCA yang telah membiayai riset ini (no. kontrak: 337/P4T/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 Impact. 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.