

ISBN : 978-979-19778-0-

PROSIDING
**Seminar
Nasional**

Teknologi dan Rekayasa

Tanggal 28 - 29 April 2009

Gedung Auditorium Rektorat

Kampus Al-Munawwarah



Kawan Lama.

Tema :

**THE
Character Building
TEKNOLOGI BERWAWASAN GLOBAL**

Universitas Islam Sumatera Utara

Jl. SM. Raja - Teladan Medan

Telp: 061-7868049; Fax: 061-7869920

e-mail : pekan_ilmiah_ftuisu@yahoo.com

FT.UISU

MEDAN 2009

DAFTAR ISI

	Halaman
Panitia Penyelenggara	i
Pidato Rektor	ii
Kata Sambutan Gubernur Sumatera Utara	v
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	ix
 <u>Keynote Speaker</u>	
Teknologi Informasi dalam Bidang Industri Manufaktur yang Berwawasan Global <i>Prof. Dr. Muhammad Zarlis, M.Sc.</i>	1a – 9a
High Speed Machining of Aeronautic Material : Study on Surface Integrity of Titanium Alloy <i>Prof. Dr. Ir. Armasyah Ginting, M.Eng.</i>	10a – 15a
 <u>Pemakalah</u>	
<i>Teknik Mesin</i>	
Mini Refrigerator Menggunakan Modul Pendingin Elektrik (Electric Cooling) <i>Azridjal Aziz (Universitas Riau)</i>	1 – 5
Aplikasi Linier Programming Dalam Pemecahan Masalah Penjadwalan Produksi <i>Arinal Hamni, Tomi Z (Universitas Lampung)</i>	6 – 11
Suatu Strategi Negara Sedang Berkembang Dalam Menyelesaikan Masalah Energi <i>Suditama, Megat Mohamad Hamdan Megat Ahmad (Universitas Medan Area, Universiti Pertahanan Nasional Malaysia)</i>	12 – 18
Surfactin foams Uniform and Steady State in Foam-Generator <i>Bode Haryanto, G. Aryo Wicaksono, Jo-Shu Chang, Chien-Hsiang Chang (Universitas Sumatera Utara, National Cheng Kung University Taiwan)</i>	19 – 23
Pengaruh Penambahan Sr atau TiB Terhadap Struktur Mikro, kekuatan Tarik dan Kekuatan Impak Pada Paduan Al-6%Si – 0,7%Fe dan Al-6%Si – 2%Fe <i>Surya Dharma (Politeknik Negeri Medan)</i>	24 – 28
Analisa Nilai Kerapatan Massa dan Porositas Bahan Keramik Alumina pada Proses Sintering <i>Sobron Yamin Lubis (Universitas Islam Sumatera Utara)</i>	29 – 36
Eksperimental Dan Pemodelan Numerik Aliran pada Empat Silinder Teriris Tipe_D yang Tersusun Secara Equispaced <i>Suprpto, Triyogo Yuwono, Wawan Aries (Institut Teknologi Medan, Institut Teknologi Surabaya)</i>	37 – 42
Penggunaan Encapsulated Ice Thermal Energy Stroge pada Residential Air Conditioning Berbasis Mesin Refrigerasi Kompresi Uap Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon Substitusi R-22 yang Ramah Lingkungan <i>Azridjal Aziz (Universitas Riau)</i>	43 – 49
Kajian Pengaruh Morphologi Pembentukan Serpihan Terhadap Keutuhan Permukaan pada Eco Pemesinan Aluminium 6061-T6 <i>Surya M. Y. (Institut Teknologi Medan)</i>	50 – 58

Modifikasi Batang Impak Untuk Pengukuran Kekuatan Dan Respon Helm Industri Set-Up Uji Kompak <i>Batu Mahadi Siregar, Ahmad Nayan (UNIMED)</i>	59 - 67
Klarifikasi Ketangguhan Retak Dinamis Akibat Beban Impak Komposit Dengan Simulasi Fem <i>Riski Elpari Siregar (UNIMED)</i>	68 - 73
Proses Pengecoran Squeeze Keysar Panjaitan (UNIMED)	74 - 78
Pengaruh Perendaman Serat Alam Pada Larutan Alkali Terhadap Peningkatan Ikatan Interface Material Komposit <i>Indra Mawardi, Ramli Usman (Politeknik Negeri Lhokseumawe)</i>	79 - 84
Teknik Elektro /Teknik Informatika	
Perbaikan Stabilitas Dinamis Single Machine Infinite Bus Menggunakan Penguat Optimal <i>Agus Junaidi (UNIMED)</i>	85 - 90
Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma Genetika Untuk Mengoptimasikan Sejumlah Sensor Gas Semikonduktor <i>Herri Trisna Frianto, M. Rivai (Politeknik Negeri Medan, Institut Teknologi Surabaya)</i>	91 - 97
Pengaturan Faktor Daya Otomatis Dengan Menggunakan Mikrokontroler AT 89C51 Pada Sistem Tenaga Listrik <i>Supriyanto, Subakti (UNIMED)</i>	98 - 105
Model Dan Kendali Gelombang Liquid Saat Putar Balik Pada Proses Pengecoran <i>Dadan Ramdan (Universitas Medan Area)</i>	106 - 115
Pengaturan Kecepatan Motor Dc Penguatan Terpisah Menggunakan Sudut Pemicu Penyearah Terkendali <i>Nazaruddin (Politeknik Negeri Lhokseumawe)</i>	116 - 121
Aplikasi Sensor Gas Semikonduktor Sebagai Pendeteksian Bahan Bakar Menggunakan Metode Fast Fourier Transform Dan Backpropagation <i>Henry H.L Toruan, Berman P. Panjaitan, Zumhari (Politeknik Negeri Medan)</i>	122 - 127
Optimalisasi Hemat Energi Untuk Pengoperasian Sistem Tenaga Listrik <i>Said Abubakar (Politeknik Negeri Lhokseumawe)</i>	128 - 134
Smart Relay Sebagai Pengendali Temperatur AC Untuk Mengurangi Konsumsi Energi Listrik <i>Zulkifli Bahri, Dadan Ramdan (Universitas Medan Area)</i>	135 - 144
Evaluasi Aliran Beban Wilayah Sumut Dan NAD Pada Sistem Tenaga Listrik <i>Subhan (Politeknik Negeri Lhokseumawe)</i>	145 - 154
Perancangan Data Mart Dalam Mengimplementasikan Teknologi Informasi Persediaan Restoran Pada PT. XYZ <i>Budi Tjahjono (Universitas Indonusa Esa Unggul Jakarta)</i>	155 - 162
Pengembangan Video Tutorial Untuk Alternatif Media Pembelajaran "Instalasi Sistem Operasi FreeBSD" <i>Iwan Binanto (Universitas Sanata Dharma Yogyakarta)</i>	163 - 171

Modifikasi Batang Impak Untuk Pengukuran Kekuatan Dan Respon Helm Industri Pada Set-Up Uji *Kompak*

Batu Mahadi Siregar¹⁾ dan Ahmad Nayan

¹⁾ Dosen Fakultas Teknik UNIMED

¹⁾ Penulis untuk korespondensi : Telp. (061) - 7868049
E-mail : batusiregar@yahoo.com

Abstrak

Helm merupakan alat pelindung kepala yang harus memiliki kekuatan dan ketangguhan dalam menerima beban dinamik, namun kenyataan dilapangan masih banyak penggunaan helm industri yang digunakan para pekerja konstruksi bangunan maupun pabrik yang tak memenuhi standard uji. Standard uji yang umum dilakukan yaitu dengan menjatuhkan impaktor dari suatu ketinggian tertentu (2 s.d. 3 m), menggunakan testrig jatuh bebas. Metode uji helm industri terus dikembangkan sampai pada uji dinamik (laju regangan tinggi), teknik ini dipandang lebih aplikatif bila dipakai untuk pekerja konstruksi bangunan bertingkat. Paper ini memperkenalkan suatu metode pengukuran kekuatan helm dan respon tegangan dekat dengan titik pengimpakan yang dikanakan beban impak kecepatan tinggi, dengan memodifikasi batang impak dari set-up uji Kompressor Impakk (KOMPAK) yang telah ada diharapkan intensitas tegangan dan bentuk gelombang (respon beban dan waktu) dapat memberikan informasi yang lebih akurat. Menggunakan alat uji KOMPAK, pengukuran tegangan dilakukan dengan teknik dua gage, dan pengukuran respon helm dilakukan dengan memasang uniaxial gage dan biaxial gage dekat titik pengimpakan. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa penggunaan batang yang lebih ringan (AA2024-T3) instensitas tegangan dalam batang lebih besar 9,2%. Untuk batang impak steel tegangan impak (σ_c) = 75 MPa, tegangan insiden (σ_i) = 9,2 MPa dan untuk batang impak AA2024-T3 (σ_c) = 82,62 MPa, (σ_i) = 9,342 MPa. Konfigurasi respon helm dengan strain gage yang dipasang arah-X merupakan tegangan tekan sebesar -6,739 MPa pada jarak 10mm dan tegangan tarik sebesar 1,3329 MPa pada jarak 30mm. Hal ini menunjukkan helm yang diuji memberikan respon beban dan waktu impak sesuai dengan karakteristik pembebanan.

Kata kunci: helm industri, impak kecepatan tinggi, batang impak

1. Pendahuluan

Selama ini helm diuji menggunakan prosedur pengujian standard menggunakan *test rig* dengan teknik jatuh bebas. Pengujian standard ini bertujuan untuk melihat sejauh mana kemampuan helm dalam menyerap energi impak. Selain itu uji standard juga bertujuan meneliti keparahan rusak helm yang memungkinkan merusak lapisan kulit kepala lewat penetrasi (Yu., T., 1999). Teknik ini telah banyak digunakan oleh berbagai pusat pengujian helm, misalnya Sirim Berhad, Malaysia dan B4T Deperindag, Bandung Indonesia, dan juga Pusat Riset Impak dan Keretakan, Jurusan Teknik Mesin USU.

Memakai uji standard yang ada, JIS misalnya *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 benda jatuh bebas dari suatu gedung berlantai 10 ($H=40$ m). Pertanyaannya apakah helm 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 (Maiden, C.J., et. al., 1966). Dengan demikian menggunakan prosedur standard yang sudah umum dipakai akan tidak mampu memberi keamanan kepada siperkerja. Dalam hal ini helm untuk pekerja konstruksi atau industri seperti itu seyogianya dibuat dari bahan dan desain yang khusus sehingga akan mampu menahan beban impak kecepatan tinggi.

Syam, B (2003), telah melakukan penelitian kekuatan helm industri menggunakan metode dua gage, namun masih ditemui beberapa kelemahan antara lain set-up yang belum sempurna yaitu pada jenis material batang impak dan batang penerus, *test rig*, dan *head form*.

Dengan dilandasi pada latar belakang di atas peneliti telah mengembangkan suatu teknik baru dengan memodifikasi jenis material batang, *test rig* dan *head form* serta pengukuran respon helm terhadap beban impak kecepatan tinggi, yaitu teknik pengukuran menggunakan set-up pengujian terbaru dari alat uji impak, KOMPAK (Syam, B., et.al., 2003 dan Siregar, B.M., et.al., 2005). Pada gilirannya, teknik ini dapat digunakan untuk mengukur kekuatan helm industri akibat beban impak.

2. Metodologi

Rancangan Penelitian

Beberapa tahapan pekerjaan yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu: (1) modifikasi batang pada set-up alat yang sudah ada, (2) uji statik dan dampak untuk mendapatkan sifat mekanik bahan helm, dan (3) uji karakteristik respon helm pengukuran langsung dan tidak langsung.

Set-up Peralatan Uji

Untuk mendapatkan respon helm 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 helm dari hasil modifikasi batang (Tabel 1 dan Tabel 2).

Konstruksi peralatan uji dampak secara skematik ditunjukkan pada Gambar 1. *KOMPAK* telah dimodifikasi sehingga dapat digunakan secara khusus untuk pengujian helm. Helm industri yang akan diuji (8) ditempatkan bersentuhan dengan salah satu ujung 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.

Pengukuran beban dampak yang dibangkitkan pada lokasi dampak dan ditransmisikan ke helm dilakukan dengan menggunakan teknik *strain gage* yang dipasang 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 helm.

Tabel 1. Sifat mekanik batang dampak steel

	Material	E (GPa)	ρ (kg/m ³)	C_o (m/s)	L (mm)	d (mm)
Batang dampak (Striker)	SUS 304	205	7760	5140	500	19,96
Batang penerus (input bar)	SKS - 3	190	7780	4936	2000	19,96

Tabel 2. Sifat mekanik batang dampak AA2024-T3

	Material	E (GPa)	ρ (kg/m ³)	C_o (m/s)	L (mm)	d (mm)
Batang dampak (Striker)	AA2024-T3	73,1	2780	5128	500	20
Batang penerus (input bar)	AA2024-T3	73,1	2780	5128	1500	20

3. Metoda Pengukuran Tegangan

Pengukuran tidak langsung (metode dua gage)

Pada Gambar 2 ditunjukkan secara detail susunan batang dan helm yang akan diuji hasil modifikasi. Perhitungan tegangan insiden tekan pada lokasi dampak dari helm didasarkan pada teori penjalaran gelombang elastik (Yanagihara, 1977, dan Sabri, M., 2003). Besarnya gelombang tegangan pada lokasi b dapat dihitung dengan persamaan berikut (Syam, B., et.al., 2003):

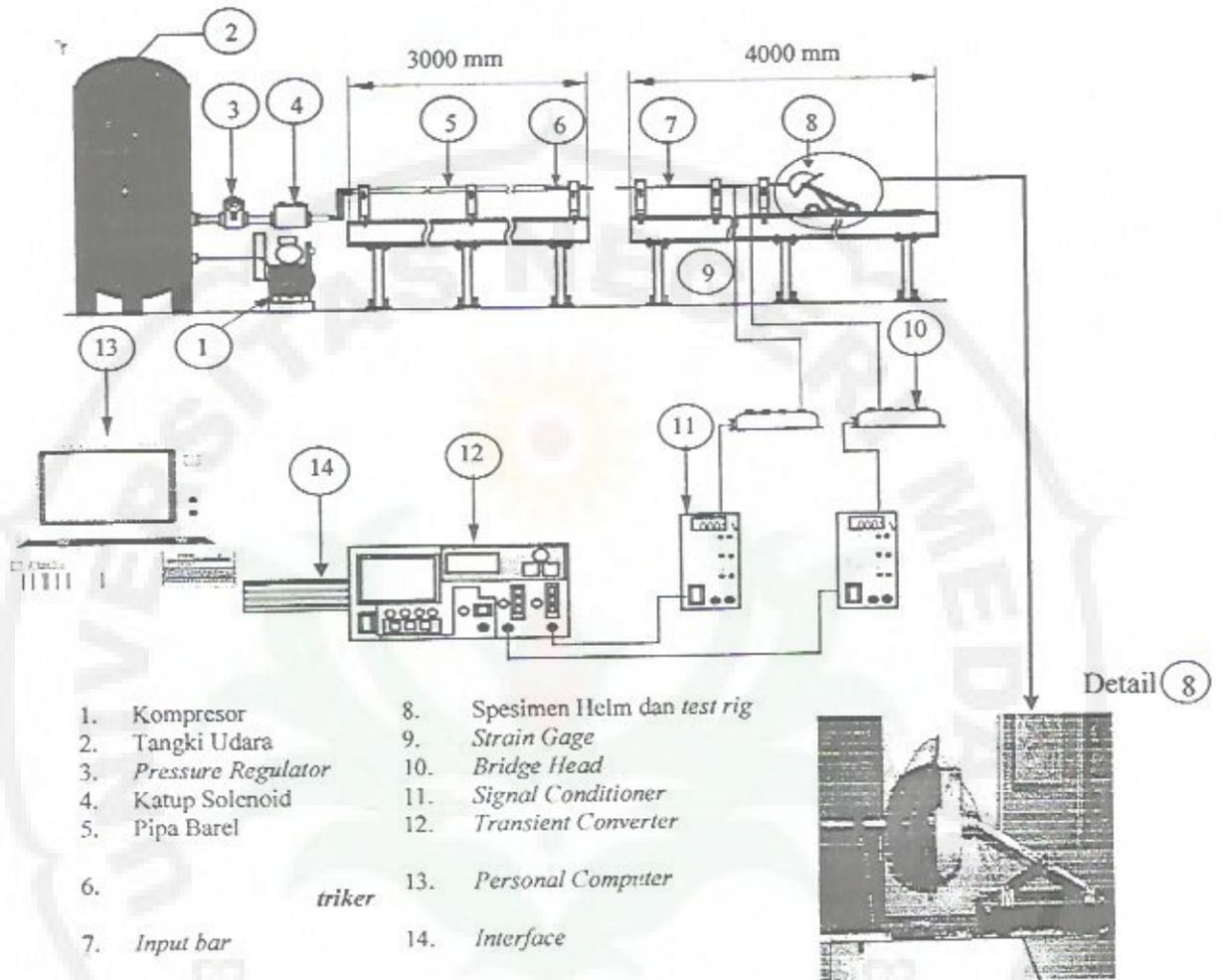
$$\sigma_b(t) = \sigma_R(t) + \sigma_L(t) \quad (1)$$

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:

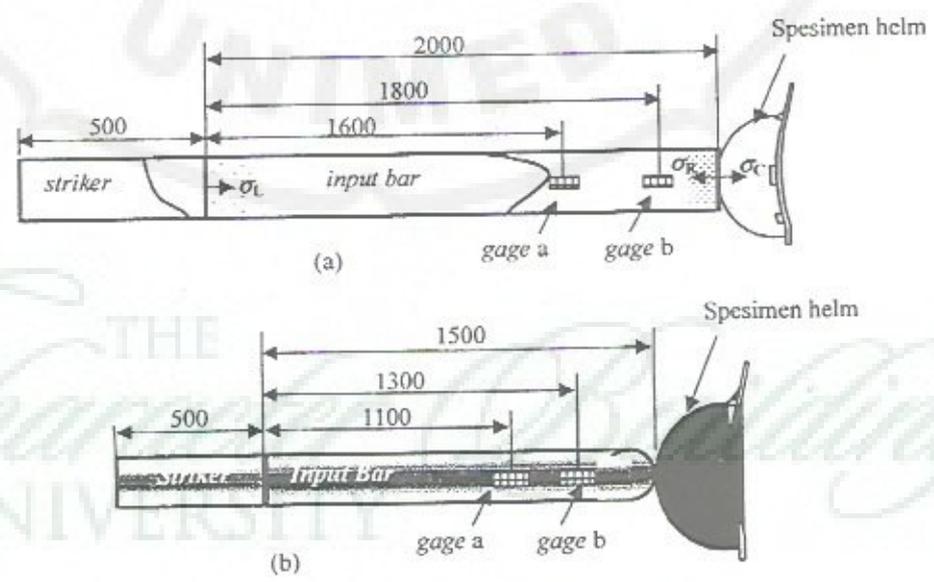
$$\sigma_a(t) = \sigma_R(t + t_1) + \sigma_L(t - t_1) \quad (2)$$

dan

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



Gambar 1. Set-up uji KOMPACT



Gambar 2. Set-up batang dan helm metode dua gage
(a) input bar ujung rata, dan (b) input bar ujung tumpul

Jika persamaan (3) disederhanakan dalam σ_a dan σ_b , tegangan insiden yang ditransmisikan ke dalam helm, pada lokasi e , dapat dihitung, sebagai berikut:

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

Di sini, t adalah waktu dan $t_1 = \text{jarak dari } a \text{ ke } b/C_0$, 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). Tegangan yang ditransmisikan oleh batang penerus discrap oleh spesimen (helm) yang kemudian direfleksikan kembali kebatang, hal inilah yang dimaksud dengan faktor transmisi tegangan.

Pengujian dilakukan dengan berbagai variasi beban impact yang diatur dengan cara merubah jarak impact. Dalam pengujian ini tekanan udara diatur pada 0,4 MPa, dengan variasi jarak pengimpakan. Untuk mendapatkan informasi besarnya tegangan yang mampu diterima oleh helm dan respon tegangan pada berbagai penampang helm, maka dilakukan juga uji respon helm pada bagian atas, depan, samping, dan belakang permukaan helm.

4. Pengukuran Respon Helm

Pengukuran langsung

Pengukuran respon helm secara langsung dilakukan untuk mendeteksi karakteristik tegangan sedekat mungkin dengan titik pengimpakan menggunakan *strain gage* yang dipasangkan dekat dengan titik pengimpakan (Sabri, M., 2003). Pada Gambar 3 ditunjukkan set-up pemasangan *uniaxial strain gage* dan *biaxial strain gage* pada jarak 10, 15 dan 30 mm dari titik pengimpakan sebelah atas dan dalam.

Untuk mendapatkan respon dan besarnya tegangan pada helm, maka terlebih dahulu diketahui sifat mekanik material helm (tarik impact), setelah itu dicari modulus elastisitas helm, harga modulus elastisitas dapat dihitung dengan persamaan (Kolsky, 1963).

$$E_i = \rho_o C_o^2 \quad (5)$$

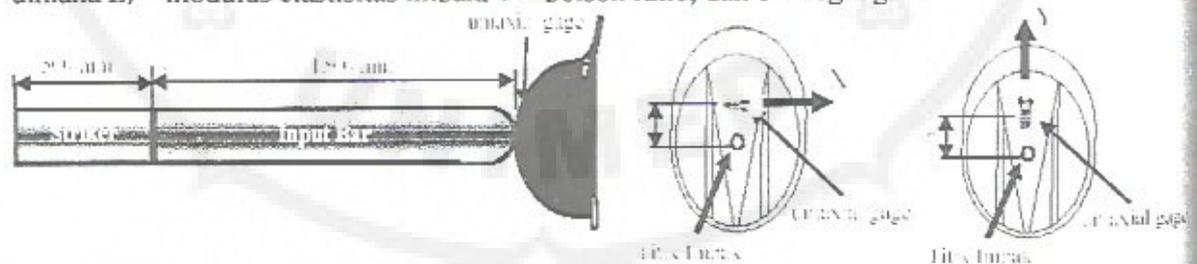
dimana E_i adalah modulus elastisitas impact, C_o adalah kecepatan gelombang pada batang (m/s), dan ρ_o yaitu massa jenis batang (kg/m^3).

Setelah regangan diperoleh dari hasil pengimpakan, maka perhitungan tegangan dapat digunakan persamaan (Sabri, M., 2003):

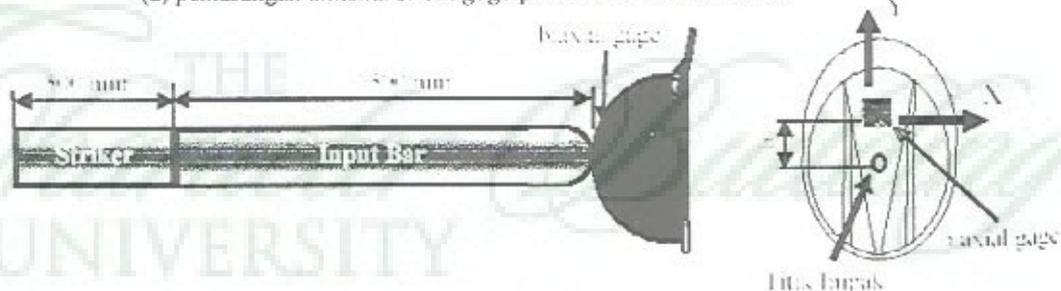
$$\sigma_x = \frac{E}{(1 - \nu^2)} (\epsilon_x + (\nu \epsilon_y)) \quad (6)$$

$$\sigma_y = \frac{E}{(1 - \nu^2)} (\epsilon_y + (\nu \epsilon_x)) \quad (7)$$

dimana E_i = modulus elastisitas impact, ν = poisson ratio, dan ϵ = regangan.



(a) pemasangan *uniaxial strain gage* pada $b=10$ mm dan 30 mm



(b) pemasangan *biaxial strain gage* pada $b=15$ mm dan 30 mm

Gambar 3. Set-up pengukuran langsung

5. Hasil Dan Pembahasan

Hasil Modifikasi

Hasil modifikasi batang impak dan batang penerus menunjukkan adanya perbedaan tegangan impak pada batang, akan tetapi besarnya tegangan insiden pada spesimen helm hampir sama. Tegangan impak (σ_2) batang ujung rata 75 MPa, dan tegangan insiden (σ_1)= 9,2 MPa, dengan waktu impak (t_i)= 32 μ s, hal ini dilakukan dengan mengatur tekanan udara 0,4 MPa pada jarak impak 450 mm (Gambar 4). Gambar 5 memberikan informasi adanya perbedaan besar tegangan dan waktu impak pada batang ujung tumpul, yaitu (σ_2)= 82,51 MPa dan (σ_1)= 9,23 MPa dengan waktu impak (t_i)= 189 μ s, hal ini dilakukan dengan mengatur tekanan udara 0,4 MPa pada jarak impak 150 mm.

Identifikasi Material Helm

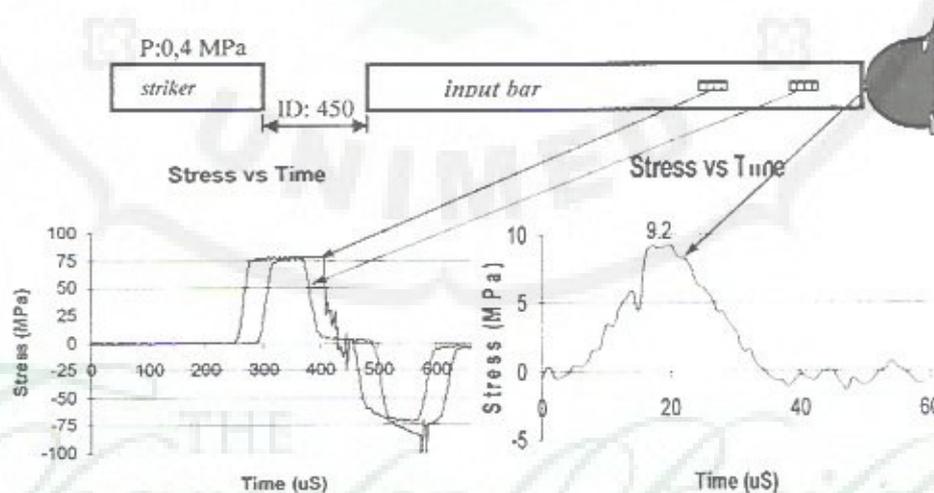
Hasil identifikasi dengan metode FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) menunjukkan bahwa jenis bahan dari helm yang akan digunakan sebagai objek dalam penelitian ini adalah **Polypropilene-Polyetilene Copolimer** dengan spesifikasi sifat mekanik ditunjukkan pada Tabel 3. Untuk mendapatkan tegangan tarik impak (σ_i) disyaratkan diketahui modulus elastisitas impak (E_i), yang mana sebelumnya dicari harga massa jenis spesimen helm (ρ)= 852,243 kg/m³ dan harga cepat rambat gelombang (C_0) spesimen helm 1392,23 m/s. Maka diperoleh harga E_i = 1651,9 MPa dan harga tarik impak (σ_i)= 33,45 MPa (Tabel 1), tipikal grafik tegangan tarik impak ditunjukkan pada Gambar 6.

Pengukuran Tidak Langsung (metode dua gage)

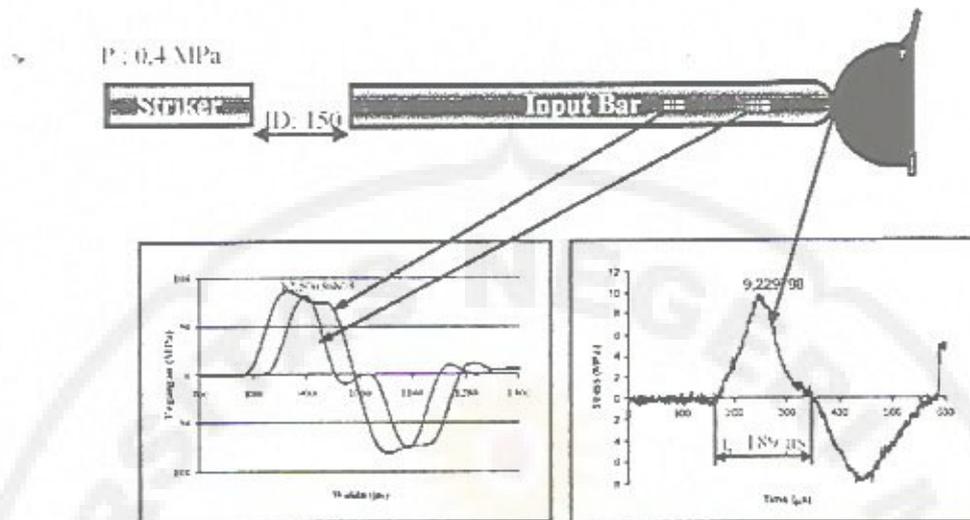
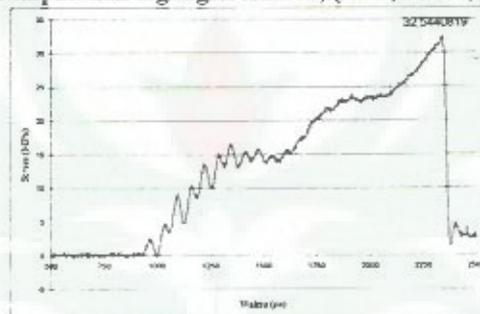
Menggunakan set-up seperti ditunjukkan pada Gambar 2(b) dan metoda yang dijelaskan di atas dilakukan impak atas, depan, samping dan belakang terhadap helm industri merek-X dengan tekanan udara konstan 0,4 MPa dan jarak impak 150mm.

Hasil pengukuran untuk masing-masing arah pengimpakan terhadap helm industri non-standard dengan 5 (lima) kali pengukuran ditampilkan pada Tabel 4. Dari pengukuran menggunakan metode dua gage tegangan impak pada batang dan tegangan insiden maksimum yang mampu diterima oleh helm industri bervariasi bergantung kepada lokasi pengimpakan; untuk pengimpakan sebelah atas (σ_2)= 82,506 MPa, dengan (σ_1)= 9,23 MPa, depan, samping, dan belakang menunjukkan besaran yang relatif sama, yaitu (σ_2)= \pm 64 MPa dengan (σ_1)= \pm 7 MPa.

Pada Tabel 4 terlihat bahwa untuk semua arah pengimpakan harga faktor transmisi menunjukkan rata-rata sebesar 11 %, hal ini berlaku untuk spesimen helm. Besarnya faktor transmisi tidak dipengaruhi oleh variasinya jarak impak maupun arah pengimpakan, namun lebih dipengaruhi oleh modulus elastisitas bahan yang diuji.



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

Gambar 5. Tegangan impact dan tegangan insiden, ($P=0,4$ MPa; jarak impact=150mm)Gambar 6. Tegangan tarik impact, ($P=0,5$ MPa; jarak impact=200 mm)

Tabel 3. Sifat mekanik material helm

Jenis Pengujian	Statik		Impact	
	Rata-rata	Std.Dev.	Rata-rata	Std.Dev.
Tensile Yield Strength (MPa)	29,74	1,94	33,4481	1,94
Elastik Modulus (MPa)	522	162	1651,899	176,012
Elongation at Break (%)	24,15	4,15	20,248	1,637

Tabel 4. Tegangan impact dan insiden berbagai arah pengimpakan

Arah pengimpakan	Tegangan, σ (MPa)		Faktor transmisi, α (%)
	Impact (σ_2)	Insiden (σ_1)	
Atas	82,62	9,34	11,31
Depan	63,51	7,17	11,28
Samping	64,14	7,05	10,99
Belakang	63,92	7,36	11,51

6. Pengukuran Langsung

Pengukuran menggunakan *uniaxial strain gage*

Pengujian impact terhadap helm dilakukan dengan dua arah pengukuran, yaitu menggunakan *uniaxial strain gage* (satu arah pengukuran) arah-X dan arah-Y dengan jarak 10 mm dan 30 mm dari titik pengimpakan, set-up pengukuran ditunjukkan pada Gambar 3(a).

Dari Gambar 7 memberikan informasi kepada kita bahwasanya dengan bertambah jauhnya jarak pengimpakan bertambah besar tegangan yang diterima oleh masing-masing *strain gage*, dari gambar juga kelihatan bahwa untuk pemasangan *strain gage* pada jarak 10 mm dari titik pengimpakan menunjukkan bahwa gelombang tegangan merambat pada spesimen helm dimulai dengan tegangan tekan sebesar -6,739 MPa dan tegangan tarik sebesar 1,333 MPa pada jarak 30 mm dari titik pengimpakan untuk pemasangan *strain gage* arah-X.

Gambar 8 pemasangan *strain gage* arah-Y menjelaskan bahwa bentuk gelombang tegangan yang merambat pada spesimen ditangkap oleh *strain gage* yang terpasang arah-Y dimana gelombang tegangan merambat pada permukaan spesimen dimulai dengan tegangan tekan sebesar -1,7751 MPa pada lokasi 10 mm dari titik impact kemudian diikuti tegangan tarik sebesar 0,8398 MPa pada lokasi 30 mm dari titik impact.

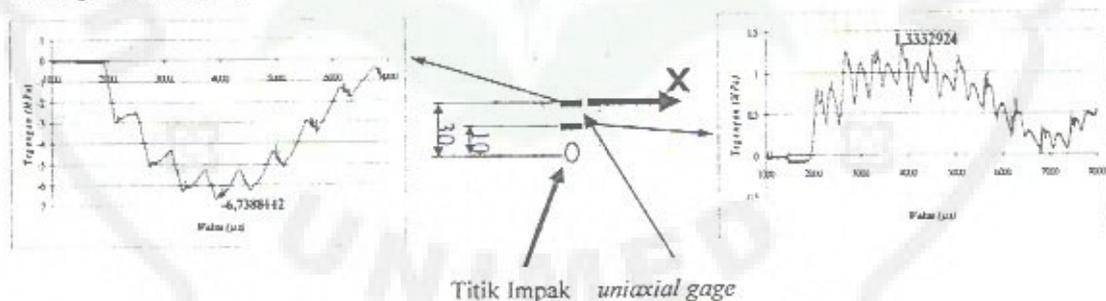
Pengukuran juga dilakukan untuk berbagai variasi jarak impact dari 50 s.d 150 mm dengan pemasangan *strain gage* arah-X dan arah-Y pada jarak 10 mm dan 30 mm dari titik pengimpakan, konfigurasi bentuk tegangan ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.

Pengukuran menggunakan *biaxial strain gage*

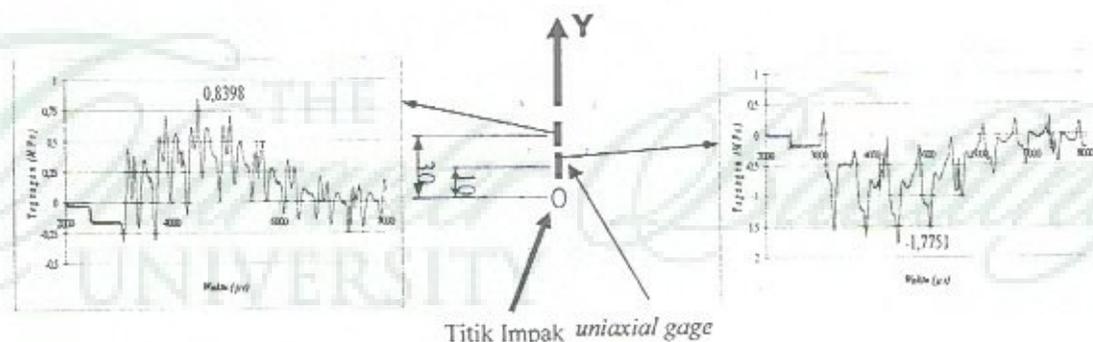
Pengujian helm dengan menggunakan *biaxial gage* (arah-X dan Y) yang terpasang 15 mm dari titik impact, dipergunakan tekanan yang diset konstan sebesar 0,4 MPa dan melakukan pengujian impact dengan jarak dari 70 mm s.d. 120 mm pada bagian atas spesimen, seperti yang terlihat pada Gambar 3(b) yang merupakan kronologi pengujian spesimen helm yang memakai *biaxial strain gage*. Dari pengujian ini diperoleh karakteristik propagasi tegangan yang berbentuk impuls (setengah gelombang sinus). Bentuk karakteristik propagasi tegangan yang dihasilkan pada permukaan helm ditunjukkan pada Gambar 11 dan Gambar 12.

Gambar 11 memberikan informasi bahwa sekali pengukuran kedua arah tegangan dapat diperoleh sekaligus yaitu tegangan normal arah-X (σ_x) dan tegangan normal arah-Y (σ_y), dari gambar terlihat rambatan gelombang yang besar terjadi yang menuju arah-X menghasilkan tegangan tekan -3.83 MPa sedangkan tegangan arah-Y merupakan tegangan tarik sebesar 2.47 MPa pada jarak 15 mm dari lokasi impact.

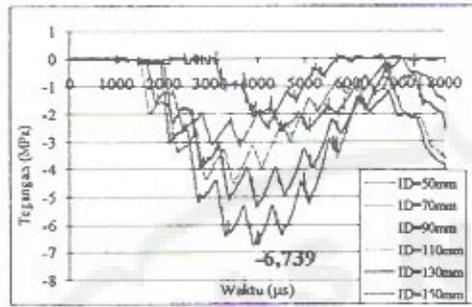
Dari Gambar 12 terlihat bahwa rambatan gelombang yang besar terjadi pada spesimen adalah rambatan gelombang yang menuju arah-X menghasilkan tegangan tekan 3.08 MPa sedangkan tegangan arah-Y menghasilkan tegangan tarik sebesar -0,99 MPa pada jarak 30 mm dari lokasi impact.



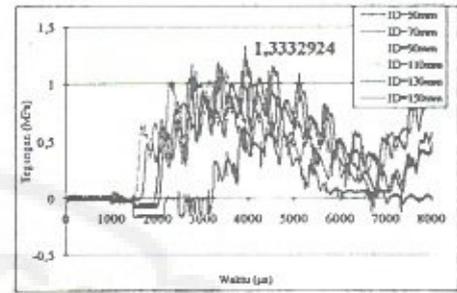
Gambar 7. Respon helm, pemasangan *strain gage* arah-X ($P=0,4$ MPa; jarak impact=150 mm)



Gambar 8. Respon helm, pemasangan *strain gage* arah-Y ($P=0,4$ MPa; jarak impact=150 mm)

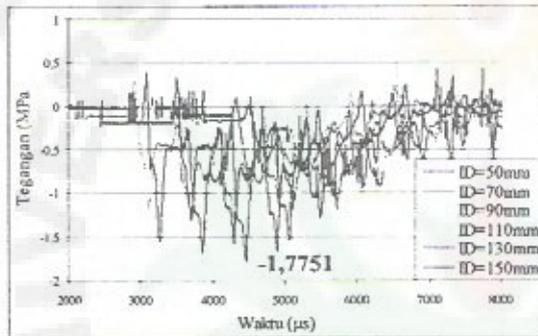


(a) arah-X, b=10 mm

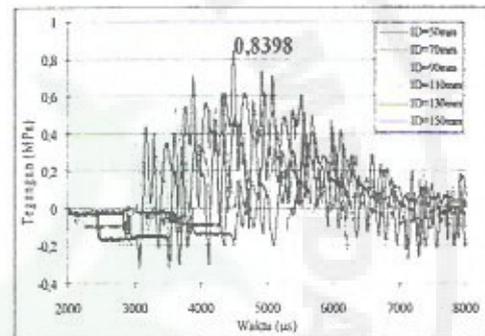


(b) arah-X, b=30 mm

Gambar 9. Respon helm, pemasangan uniaxial strain gage arah-X variasi jarak pengimpakan

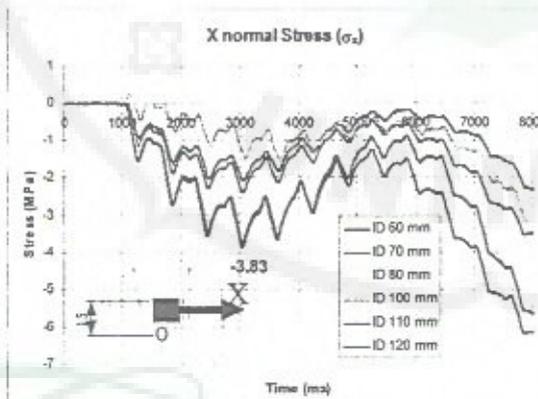


(a) arah-Y, b=10 mm

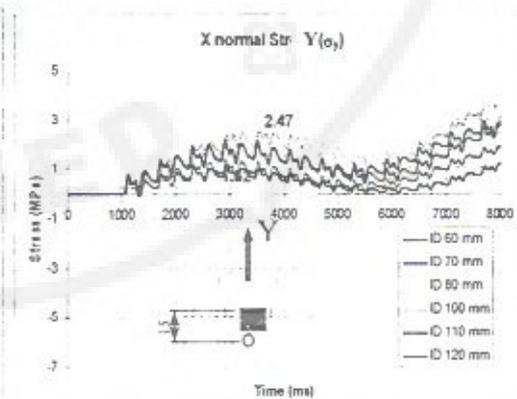


(b) arah-Y, b=30 mm

Gambar 10. Respon helm, pemasangan uniaxial strain gage arah-Y variasi jarak pengimpakan

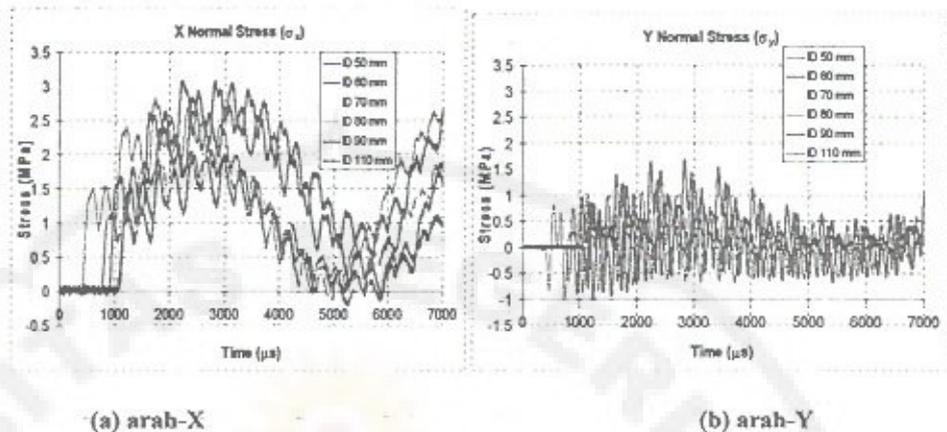


(a) arah-X



(b) arah-Y

Gambar 11. Respon helm pemasangan biaxial strain gage (b=15 mm), variasi jarak pengimpakan



Gambar 12. Respon helm pemasangan *biaxial strain gage* ($b=30$ mm), variasi jarak pengimpakan

7. Kesimpulan

Menggunakan batang yang ringan dengan sifat mekanis yang mendekati spesimen untuk batang impact dan batang penerus, maka keseluruhan tegangan di refleksikan (dipantulkan) kembali ke batang penerus ini membuktikan bahwa modifikasi yang dilakukan dapat digunakan sebagai dasar pengukuran respon helm industri akibat beban impact kecepatan tinggi. Bentuk dan intensitas tegangan impact yang timbul tergantung pada laju pembebanan batang impact, material dan bentuk ujung batang yang mengenai helm tersebut. Perubahan panjang batang penerus mempengaruhi waktu terjadinya insiden pada spesimen uji. Dengan metode dua *gage* dan set-upnya mudah untuk digunakan, dimana untuk mendapatkan tegangan insiden tidak disyaratkan diketahui sifat mekanik helm yang akan diuji. Membandingkan konfigurasi bentuk gelombang dan besarnya tegangan dari hasil pengukuran respon helm langsung dapatlah diinformasikan bahwa konfigurasi bentuk gelombang dan besar tegangan relatif sama, ini membuktikan bahwa penggunaan *biaxial strain gage* dalam pengukuran langsung respon helm dapat digunakan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada DP2M Ditjen Dikti melalui Proyek HIBAH PENELITIAN FUNDAMENTAL/DASAR yang telah membiayai riset ini (kontrak nomor: 075/SP2H/PP/DP2M/III/2008, tanggal 06 Maret 2008).

Daftar Pustaka

- [1]. Maiden, C.J. and S.J. Green, ; *Compressive Strain Rate Test on Six Selected Materials at Strain Rates from 10^4 to 10^6 in/in/sec.*, J.Appl. Mech.,33, 496, 1996.
- [2]. Sabri, M., *Prilaku Strain Gauge sebagai Sensor pada Pengukuran Regangan*, Jurnal Teknik SIMETRIKA Vol.2, No.2, pp. 6-13, 2003.
- [3]. Siregar, B.M., *Aplikasi Teknik Dua Gage dan Pengukuran Langsung Respon Helm Industri yang Dikenai Beban Impact Kecepatan Tinggi*. Proc. The 3rd Regional Seminar on Materials, Energy, and Structure, ISBN 979-98897-0-7, pp.90-96, 2005.
- [4]. Syam B, et.al., *Aplikasi Teknik Dua Gage Dalam Pengukuran Tegangan Insiden pada Helmet Industri yang Dikenai Beban Impact Kecepatan Tinggi*, Jurnal Ilmiah SAINTEK, Vol.19, no.2, 2003.
- [5]. Yanagihara, N., *Theory of One-Dimensional Elastic Wave for the Measurement of the Impact Force*, Bulletin of JSME, vol. 43, pp. 40-48, 1977.
- [6]. Yu T., J. Wu, and X. Chen, *A Survey on the Usage of Hard Hats in Hong Kong Construction Sites, and a Study on the Protections of Safety Helmets*, March, <http://www.osch.org.hk>, 1999.