

SIMULASI TEGANGAN PADA HELM INDUSTRI DARI BAHAN KOMPOSIT GFRP YANG MENDAPAT TEGANGAN INSIDEN SEBESAR 24,5 MPa

M. Rafiq Yanhar

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UISU

Abstrak

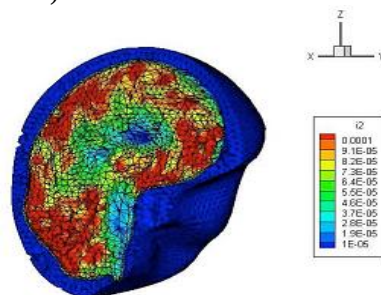
Penelitian ini mengetengahkan tentang verifikasi dengan menggunakan simulasi komputer dari pengujian helm industri dengan bahan komposit polimer GFRP yang mendapat beban impact kecepatan tinggi. Pemodelan helm dibuat dengan menggunakan *software* AutoCAD sedangkan distribusi tegangan yang terjadi pada helm dianalisa dengan *software* MSC NASTRAN 4.5. Data- data yang diperlukan untuk simulasi ini diperoleh dari beberapa pengujian yaitu : pengukuran massa jenis helm, uji statik untuk memperoleh sifat mekanik helm, dan uji impact untuk mengetahui besar tegangan insiden yang masuk ke dalam helm serta tegangan pada badan helm. Dengan beban impact sebesar 24,5 MPa maka selisih tegangan yang terjadi antara hasil eksperimen dan simulasi pada *strain gage* 15 mm dari titik impact adalah 5,6 %, sedangkan untuk *strain gage* 30 mm dari titik impact selisih tegangan adalah 2,6 %. Sehingga bila diambil rata-ratanya maka selisih tegangan antara eksperimen dan simulasi menghasilkan perbedaan sebesar 4,1 %.

Kata-kata Kunci: Simulasi, helm GFRP, tegangan insiden 24,5 MPa

Pendahuluan

Simulasi tidak hanya bisa dijadikan sebagai klarifikasi dari hasil eksperimen bahkan juga bisa untuk memprediksi apa yang bakal terjadi pada suatu objek. Kita hanya perlu merubah beberapa variabel yang telah tersedia dan dalam waktu singkat hasilnya bisa segera diketahui.. Tulisan ini membahas tentang simulasi tegangan pada helm industri dari bahan komposit GFRP akibat tegangan insiden 24,5 MPa dengan menggunakan MSC Nastran 4.5, dan perbandingannya dengan hasil eksperimen. Penelitian yang berhubungan dengan simulasi telah

banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya, diantaranya seperti Tamer Al Sayed yang membuat simulasi tegangan yang terjadi pada otak manusia. (Tamer Al Sayed, 2008).



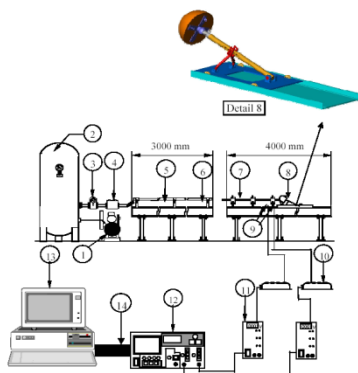
Gambar 1 Simulasi otak manusia

Dengan simulasi banyak sekali masalah yang bisa diprediksi maupun dipecahkan. Penulis memperkirakan di masa yang akan datang simulasi komputer akan memberikan kontribusi yang lebih besar lagi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi

Metode Penelitian

Bahan dan Peralatan

Dalam penelitian ini spesimen helm yang akan disimulasikan adalah helm industri yang terbuat dari komposit polimer GFRP yang terdiri dari polyester resin 157 BQTN EX dan dua lapis serat E-Glass jenis Chop Strand Mat yang dibuat dengan metode hand lay up. Alat yang digunakan untuk pengambilan data tegangan yang terjadi yaitu kompresor impak dengan detail peralatan yang dapat dilihat seperti gambar 2, sedang untuk simulasi komputer digunakan *software* MSC/NASTRAN dan Autocad.



Keterangan Gambar:

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1. Kompresor | 8. Test rig dan Helm |
| 2. Tangki Udara | 9. Strain Gage |
| 3. Pressure Regulator | 10. Bridge Head |
| 4. Katup Solenoid | 11. Signal Condition |
| 5. Pipa Barel | 12. Transien Convert |
| 6. Striker | 13. Computer |
| 7. Input bar | 14. Interface |

Gambar 2. KOMPAK

Metode Pengumpulan Data

Sifat mekanik

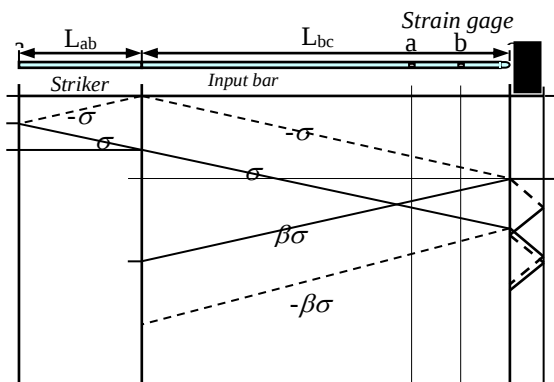
Sifat mekanik spesimen yang diperlukan dalam simulasi komputer adalah modulus elastisitas dan *poisson ratio*, yang bisa diperoleh dengan pengujian tarik statik dari material spesimen tersebut.

Massa jenis

Massa jenis (ρ) spesimen uji merupakan salah satu informasi penting yang dibutuhkan untuk simulasi komputer. Harga massa jenis spesimen uji diperoleh dengan cara mengukur besarnya massa dibagi dengan volume spesimen. Volume diketahui dengan mengukur dimensi pada saat spesimen berbentuk potongan pelat yang berukuran 10 x 10 x 4 mm.

Pengukuran tidak langsung (metode dua gage)

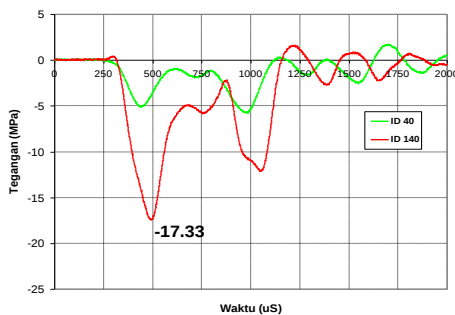
Pengimpakan spesimen dengan metode dua *gage* dimaksudkan untuk menghitung tegangan impak yang merambat pada *input bar* dan tegangan insiden yang masuk serta berpropagasi ke dalam spesimen, tegangan insiden inilah yang akan dimasukkan sebagai beban impak dalam simulasi komputer. Pengukuran tidak langsung ini dilakukan dengan cara menempel dua buah *semi conductor gage* pada *input bar* pada posisi 1100 mm dan 1300 mm dari ujung kiri *input bar*.



**Gambar 3 Diagram Lagrange
(Pakai Spesimen)**

Pengukuran langsung

Pengujian respon spesimen yang dilakukan secara langsung bertujuan untuk memperoleh data tegangan yang terjadi pada spesimen, data inilah yang akan dibandingkan dengan data hasil simulasi komputer. Pengukuran langsung ini dilakukan dengan menggunakan *strain gage* yang dipasangkan pada badan spesimen.



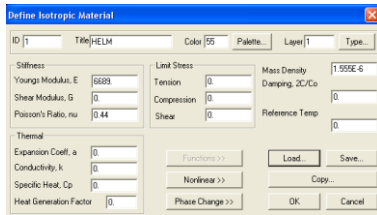
**Gambar 4. Tipikal grafik tegangan
pada spesimen dengan pengukuran
langsung**

Sedangkan langkah-langkah analisa dengan simulasi komputer dapat dilihat seperti berikut ini:

1. Helm dimodelkan sesuai dengan dimensi dan geometri yang sebenarnya dengan menggunakan software AutoCAD lalu diexport ke MSC Nastran 4.5.
2. Permukaan helm dibagi dalam elemen dengan ukuran sesuai dengan yang diinginkan.
3. Sifat mekanik helm seperti modulus elastisitas, *poisson ratio*, dan massa jenis diinput ke software MSC/NASTRAN 4.5.
4. Pada titik-titik tertentu dari helm *diconstraint* sehingga pada sumbu-sumbu yang diinginkan helm tidak dapat bergerak.
5. Waktu impak pada simulasi MEH diambil dari grafik tegangan insiden dari hasil pengujian
6. Beban akan diberikan dalam bentuk tegangan (pressure), karena berdasarkan hasil eksperimen beban impak yang membentur helm adalah dalam bentuk tegangan insiden. Beban impak tersebut akan diletakkan pada elemen yang sesuai dengan titik impak sewaktu pengujian.
7. Setelah langkah-langkah di atas selesai dilakukan maka langkah terakhir yaitu proses analisa bisa dilakukan.

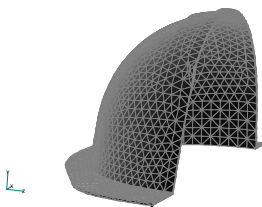
Hasil dan Pembahasan

Setelah helm dipindahkan dari AutoCAD ke Nastran 4.5 maka sifat mekanik yang telah diperoleh melalui uji tarik seperti modulus elastisitas, massa jenis, dan *poisson ratio* harus dimasukkan ke dalam kotak dialog (Gambar 5)



Gambar 5 Kotak dialog material helm komposit

Jumlah elemen yang akan terbentuk pada model helm tergantung pada ukuran elemen. Helm setelah selesai diberi elemen dapat dilihat pada gambar 6.

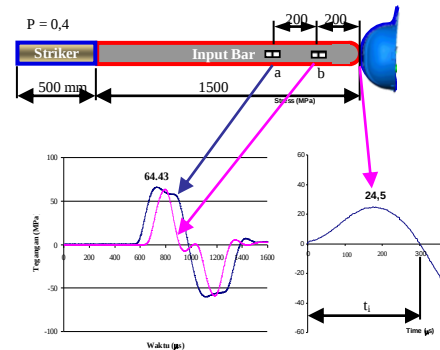


Gambar 6 Helm setelah di mesh

Karena dalam penelitian ini beban yang disimulasikan adalah beban impact dari sebelah atas helm atau dalam MSC/Nastran artinya beban impact tersebut diberikan dalam arah sumbu Y, maka untuk gerakan translasi helm harus *diconstraint* dalam arah sumbu X dan Z saja.

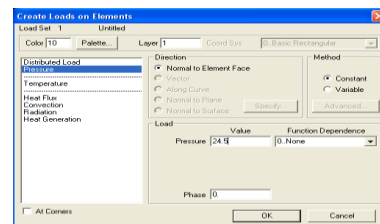
Dari diagram Lagrange diperoleh informasi bahwa bila ada perbedaan sifat mekanik dan dimensi antara *input bar* dengan spesimen helm, maka tegangan yang menjalar di *input bar* (σ) sebagian akan ditransmisikan ke dalam helm ($\alpha\sigma$), sedangkan sisanya akan direfleksikan kembali ke dalam *input bar* ($\beta\sigma$). Tegangan yang ditransmisikan ke dalam helm (disebut juga dengan tegangan insiden) inilah yang sebenarnya menjadi beban impact, dan beban impact ini akan mengakibatkan terjadinya tegangan pada permukaan

helm. Beban impact dan selang waktu yang telah tercatat dari eksperimen akan dimasukkan ke dalam simulasi, yaitu sebesar 24,5 MPa dengan waktu impact 300 μ s (Gambar 7).



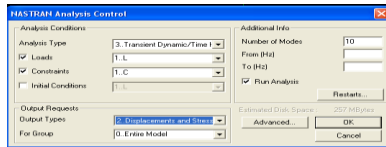
Gambar 7 Tegangan insiden dan waktu impact hasil eksperimen

Karena beban impact yang diperoleh dari eksperimen di laboratorium dalam bentuk tegangan, maka dipilih pembebanan dalam bentuk *pressure* (Gambar 8).



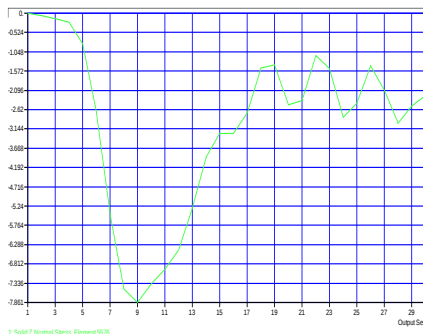
Gambar 8 Kotak dialog beban impact (*pressure*)

Langkah terakhir adalah proses analisa dengan memilih *analysis type* dalam bentuk *transient dynamic* dan *output types* dalam bentuk *displacement and stress* (Gambar 9).

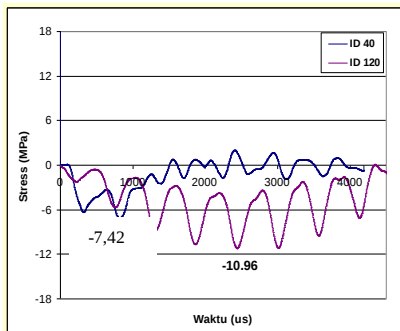


Gambar 9 Kotak dialog analisa

Hasil simulasi ditampilkan dalam bentuk grafik di bawah ini (Gambar 10) dan akan dibandingkan dengan grafik yang telah diperoleh dari hasil eksperimen (Gambar 11)



Gambar 10 Grafik tegangan pada beban impact 24,5 MPa (St gage 15 mm

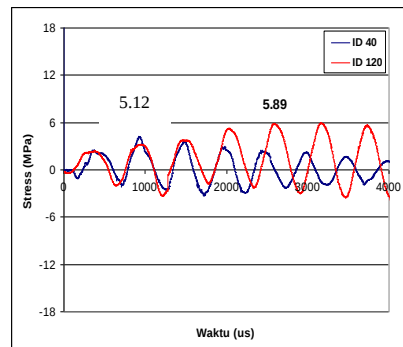


Gambar 11 Grafik tegangan hasil eksperimen (St. Gage 15 mm)

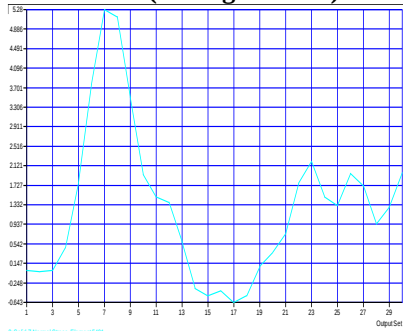
Dari hasil eksperimen dengan *strain gage* terpasang 15 mm dari titik impact diperoleh tegangan sebesar 7,42 MPa untuk beban 24,5 MPa. Sedangkan hasil simulasi pada jarak pengamatan yang sama diperoleh tegangan sebesar 7,861 MPa Jika

dibandingkan pada lokasi ini terjadi selisih tegangan sekitar 5,6 %.

Pada *strain gage* terpasang 30 mm dari titik impact untuk beban 24,5 MPa diperoleh tegangan sebesar 5,12 MPa (Gambar 12) sedangkan hasil simulasi pada jarak pengamatan yang sama diperoleh tegangan sebesar 5,26 MPa (Gambar 13). Selisih tegangan yang terjadi pada lokasi ini adalah 2,6 %.



Gambar 12 Grafik tegangan hasil eksperimen (St.Gage 30 mm)



Gbr. 13 Grafik tegangan pada beban impact 24,5 MPa (St. Gage 30 mm)

Klarifikasi simulasi komputer terhadap pengujian eksperimen menghasilkan perbedaan rata-rata sebesar 4,1 %. Selain itu, konfigurasi kurva tegangan yang berpropagasi pada helm yang dihasilkan secara simulasi

mempunyai kesamaan dengan hasil eksperimen. Dari kesamaan yang disebutkan di atas menunjukkan bahwa simulasi dapat menjadi suatu pembandingan dari hasil eksperimen.

Kesimpulan

1. Dari hasil eksperimen dengan strain gage berjarak 15 mm dari titik impak diperoleh tegangan 7,42 MPa. Sedang hasil simulasi pada jarak pengamatan yang sama diperoleh tegangan 7,861 MPa Perbandingan selisih tegangan pada lokasi ini sekitar 5,6 %.
2. Dari hasil eksperimen dengan strain gage berjarak 30 mm dari titik impak diperoleh tegangan 5,12 MPa. Sedang hasil simulasi pada jarak pengamatan yang sama diperoleh tegangan 5,26 Mpa. Perbandingan selisih tegangan adalah 2,6 %.
3. Simulasi dapat menjadi pembandingan dari hasil eksperimen karena klarifikasi simulasi terhadap hasil eksperimen memberikan perbedaan yang relatif kecil yaitu 4,1 % dan kurva tegangan antara eksperimen dan simulasi memiliki konfigurasi yang hampir sama bentuknya

Daftar Pustaka

AlSayed,, Tamer Constitutive Models For Polymer And Soft Biological Tissues, 2008.

Kolsky, H., An Investigation of the Mechanical Properties of Materials at Very High-Rate of Loading, Proc. Phys. Soc., London, B62, 676-700, 1949.

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.

Daimaruya, M., H. Kobayashi, and Bustami Syam, Impact Tensile Strength of Brittle Materials, Proc. Of Int. Conf. on Adv. Tech. In Exp. Mech. (ATEM'96), Nov. 1995, Tokyo, Japan, pp. 269-274.

Daimaruya, M., H. Kobayashi, Bustami Syam, and M. Chiba, Impact Tensile Strength and Fracture of Plaster, J. of the Jap. Soc. For Strength and Frac. Of Mat., JSFM, vol. 30, no. 1, 1996.

Syam B, Aplikasi Teknik Dua Gage Dalam Pengukuran Tegangan Insiden pada Helmet Industri yang Dikenai Beban Impak Kecepatan Tinggi, Jurnal Ilmiah SAINTEK, Vol.19, no.2, 2003.