

***Simulasi Distribusi Tegangan Helm Sepeda Motor  
Dari Bahan Komposit Yang Terhadap  
Beban Impak Kecepatan Tinggi***

***Suriady Sihombing, Parlindungan S Pasaribu, Bustami Syam***

**ABSTRACT**

*This study focuses on a verification using computer simulation of the test of helmet industry made of GFRP polymer composite with high speed load impact. The helmet was made from the combination of polyester resin 157 BQTN EX and a two-layer E-Glass fiber of Chop Strand Mat type. The helmet model will be made according to original dimension by using Autocad software while the distribution of the stress occurs on the helmet was analyzed using MSC NASTRAN 4.5 software. The data needed for the simulation were obtained through several tests such as measuring the mass type of the helmet, statistical test to obtain the mechanical characteristic of the helmet (using servopulser testing device).*

-----  
**Key words:** *Helm Komposit GFRP, Impact load, Simulation*

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Kenyamanan dan keamanan pada saat berkendara merupakan idaman dan keinginan pengendara sepeda motor khususnya. Namun masih banyak pengendara sepeda motor yang belum memahami betapa pentingnya menggunakan alat pelindung diri saat mengendarai sepeda motor. Angka kecelakaan kendaraan bermotor di jalan raya, khusus untuk kota Medan relatif cukup tinggi, dimana kecelakaan ini kerap menyebabkan cedera pada bagian kepala.

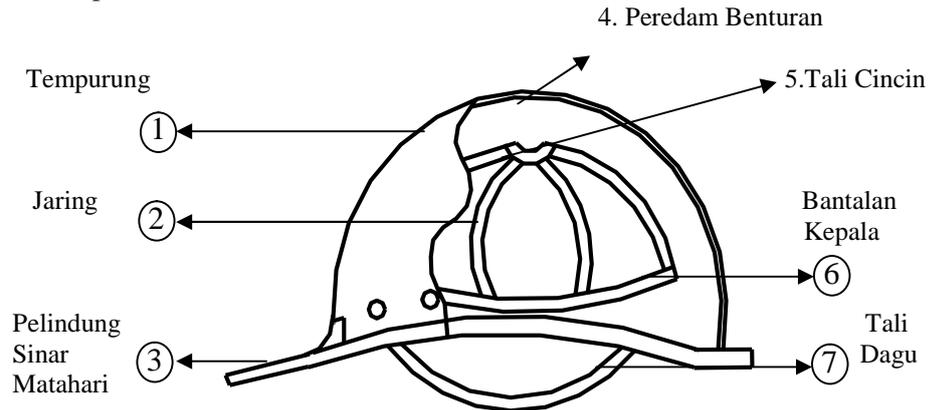
Seorang dokter spesialis forensik, pemerhati masalah kesehatan, hukum dan sosial, dr Taufik Suryadi, SpF, mengemukakan dalam tulisannya di sebuah surat kabar berjudul "Evaluasi Pemakaian Helm dan Tingginya Angka Kecelakaan Lalulintas [Sumber : Harian Analisa]", bahwa rendahnya kesadaran akan penggunaan helm terhitung masih sangat tinggi, khususnya di kota Medan. Evaluasi pemakaian helm ini sangat penting bila ditinjau dari segi sosio-medik dimana angka kefatalan cedera dapat ditekankan sedemikian rupa dengan mematuhi pemakaian helm standard.

Berdasarkan survei yang dilakukan para peneliti sebelumnya, kurangnya minat memakai helm disebabkan oleh helm yang digunakan terasa tidak nyaman, di mana hal itu disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

- a. Helm terasa panas karena kurangnya ventilasi pada helm yang menyebabkan kepala mudah berkeringat dan menimbulkan gatal-gatal pada kulit kepala.
- b. Helm terasa berat sehingga menyebabkan leher menjadi pegal.
- c. Ukuran helm yang kurang sesuai dengan bentuk kepala sehingga terasa tidak nyaman ketika dipakai.

Penelitian tentang kekuatan helm dan keamanannya telah dilakukan beberapa peneliti sebelumnya dengan menggunakan simulasi komputer, diantaranya: Penelitian helm non-standard (dari bahan Ethylene Propylene Copolymer) yang mendapat beban dampak kecepatan tinggi telah dikembangkan oleh Syam B dan Mahadi [1]. Penelitian helm industri secara simulasi komputer dengan menggunakan pendekatan elemen hingga oleh Nayan [2], menyelidiki perilaku yang terjadi pada helm akibat benda jatuh dari ketinggian 40 meter. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa tulangan sangat mempengaruhi konsentrasi tegangan.

Konstruksi helm terdiri atas beberapa bagian. Secara umum bagian tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1:



Gambar 1.1 Komponen Helm Sepeda Motor

Pada prinsipnya masing-masing standard memiliki klasifikasi yang berbeda berdasarkan penggunaan dan bahan. ANSI mengelompokkan dalam dua tipe, yaitu:

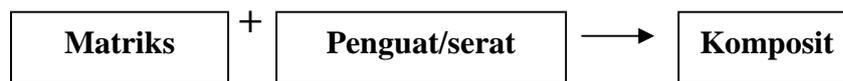
1. Helm yang digunakan untuk melindungi kepala dari benda yang jatuh bebas dari ketinggian tertentu umumnya digunakan oleh pekerja konstruksi,
2. Helm yang digunakan adalah untuk melindungi kepala dari benda yang jatuh bebas dan juga dari benda yang datang dari arah lateral baik dari depan samping dan belakang, tipe ini digunakan oleh petugas pemadam kebakaran.

JIS, juga mengklasifikasikan berdasarkan kegunaan dan material yang digunakan, material tempurung cangkang dan sifat untuk ketahanan arus listrik. Klasifikasi helm industri menurut JIS dapat dilihat pada Tabel 1.1

Tabel 1.1 Klasifikasi dan simbol JIS (1977)

Kelas (simbol)	Fungsi	Klasifikasi berdasarkan bahan tempurung	Klasifikasi berdasarkan ketahanan terhadap tegangan listrik
A	Untuk melindungi atau mengurangi bahaya dari benda melayang atau jatuh	Synthetic Resin Metal	Tidak tahan terhadap tegangan listrik
B	Untuk melindungi atau mengurangi bahaya akibat benturan		Tidak tahan terhadap tegangan listrik
AB	Untuk melindungi atau mengurangi bahaya dari benda melayang atau jatuh dan benturan.	Synthetic Resin	
	Untuk melindungi atau mengurangi bahaya dari benda melayang atau jatuh dan untuk melindungi dari bahaya kejutan listrik di kepala	Synthetic Resin	Tidak tahan terhadap tegangan listrik
AE	Untuk melindungi atau mengurangi bahaya dari benda melayang atau jatuh dan untuk melindungi dari bahaya kejutan listrik di kepala	Synthetic Resin	Tahan terhadap tegangan listrik
ABE	Untuk melindungi atau mengurangi bahaya dari benda melayang atau jatuh dan benturan dan untuk melindungi dari bahaya kejutan listrik di kepala	Synthetic Resin	Tahan terhadap tegangan listrik

Komposit adalah dua atau lebih bahan yang digabung atau dicampur secara makroskopik yang terbuat dari berbagai kombinasi logam, polymer dan seramik. Artinya penggabungan sifat-sifat unggul dari pembentuk masih terlihat nyata, dapat dilihat pada Gambar 1.2:



Gambar 1.2 Gabungan Makroskopis Fasa-Fasa Pembentuk Komposit.

Keterangan gambar :

1. Matriks berfungsi sebagai penyokong, pengikat fasa, penguat.
2. Penguat/serat merupakan unsur penguat kepada matriks.
3. Komposit merupakan gabungan, campuran dua atau lebih bahan bahan yang terpisah.

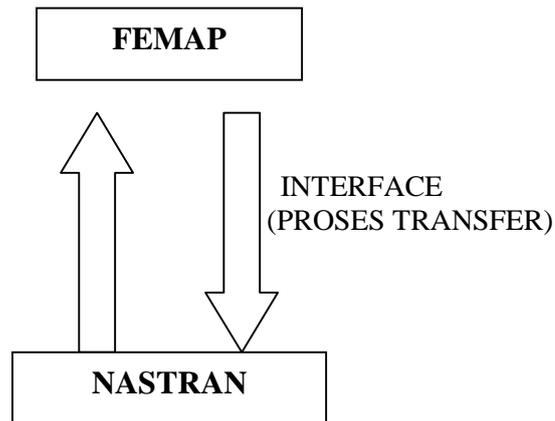
Komposit dikenal sebagai bahan teknologi dan bukan bahan struktur konvensional melainkan bahan struktur yang artinya diperoleh dari hasil teknologi pemrosesan bahan. Kemajuan teknologi pemrosesan bahan dewasa ini telah menghasilkan bahan teknik yang dikenal sebagai bahan komposit.

Keunggulan komposit dapat dilihat dari sifat-sifat unggul dari sifat pembentuknya serta ciri-ciri komposit itu sendiri, antara lain:

1. Bahan ringan, kuat dan kaku
2. Struktur mampu berubah mengikuti perubahan keadaan sekitarnya
3. Unggul atas sifat-sifat bahan teknik yang diperlukan; kekuatan yang tinggi, keras, liat/kenyal, ringan serta tahan terhadap goresan dan pukulan (impak).

MSC/NASTRAN merupakan salah satu dari beberapa *software* untuk analisis struktur dengan metode elemen hingga ( Finite Element Hingga ). Nastran terdiri dari 2 program utama yaitu: Pre/Post Procesor yang disebut FEMAP dan prosesornya yaitu MSC/NASTRAN 4.5 . FEMAP digunakan untuk membuat model, validasi kondisi dan melihat hasil analisa FEM, yang seluruhnya berorientasikan grafik dan bersifat interaktif ( Graph User Interface/GUI ). Prosesor Nastran merupakan *software* utama FEM yang berorientasikan angka numerik yang berfungsi menganalisa dengan metode elemen hingga sehingga diperoleh hasil sesuai dengan jenis analisisnya.

Penggunaan kedua *software* di atas dikerjakan pada *software* FEMAP saja, ini dikarenakan adanya suatu proses transfer data antara input/output FEMAP dengan input/output Nastran, tampak pada Gambar 1.3 :



Gambar 1.3 Hubungan FEMAP dengan MSC/NASTRAN.

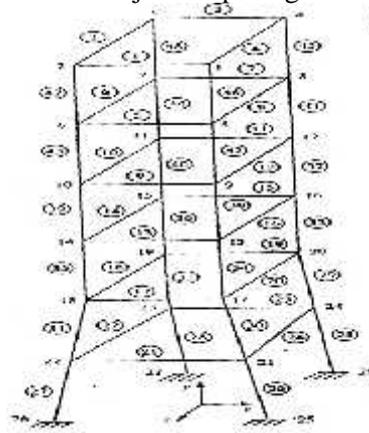
Jenis analisa yang dapat dikerjakan oleh Nastran diantaranya adalah :

1. Analisa Statik
2. Buckling
3. Normal Mode
4. Non linier

Setelah diperoleh hasil analisa dengan NASTRAN, kemudian USER kembali ke FEMAP untuk melihat hasil analisisnya secara grafik.

Untuk langkah umum Metode Elemen Hingga Sebelum analisis dilakukan, bidang yang akan dianalisis didefinisikan secara jelas, geometri dari bidang harus jelas, pengaruh lingkungan harus diketahui kondisi pembatas harus didefinisikan dengan jelas. Maka dengan langkah berikut dilakukan analisis dengan metode elemen hingga:

1. Mendiskretisasi domain dan memilih jenis jenis elemen, Membagi-bagi elemen (Meshing elemen) dengan node-node yang berhubungan, memilih jenis elemen yang cocok. Diskretisasi elemen ditunjukkan pada gambar 1.4 .



Gambar 1.4 Diskretisasi elemen

2. Memilih fungsi pergeseran, dalam hal ini menggunakan nilai nodal dari elemen. Polynomial linier merupakan fungsi yang digunakan karena mudah dikerjakan dalam formulasi elemen hingga.
3. Mendefinisikan regangan/pergeseran dan hubungan, tekanan/regangan, hubungan ini bertujuan untuk mendapatkan persamaan untuk setiap elemen hingga.

$$v_x = \frac{du}{dx} \quad (1)$$

dari hukum tegangan dan regangan, hukum Hooke, sering digunakan dalam analisis tekan,

$$\tau_x = E v_x \quad (2)$$

Dimana :

$\tau_x$  = Tegangan sepanjang x

$E$  = Modulus Elastisitas

$v_x$  = Regangan sepanjang x

4. Mendapatkan matriks kekakuan elemen dan persamaan, persamaan ini didasarkan pada konsep koefisien pengaruh kekakuan, yang mempertimbangkan latar belakang dalam analisis struktural. Dengan mempergunakan beberapa metoda seperti metoda keseimbangan langsung, metode kerja atau energi, akan menghasilkan persamaan untuk menggambarkan perilaku elemen . dalam bentuk matriks :

$$\{f\} = [k] \{d\} \quad (4)$$

Dimana :

$f$  = gaya

$k$  = matriks stiffness

$d$  = nodal

5. Rangkai persamaan elemen untuk mendapatkan persamaan global,  
Persamaan akhir dalam bentuk matriks :

$$\{F\} = [k] \{d\} \quad (5)$$

6. Menyelesaikan tingkat kebebasan yang belum diketahui  
7. Menyelesaikan regangan dan tekanan elemen.  
8. Menganalisa hasil yang digunakan dalam proses desain analisis.

Dengan dilandasi pada latar belakang di atas peneliti memandang perlu dilakukan suatu simulasi untuk mengetahui respon helm sepeda motor dari bahan komposit terhadap beban dampak kecepatan tinggi.

Helm sepeda motor merupakan objek penelitian yang akan disimulasi dengan pemodelan dari bahan komposit. Pada penelitian ini, penulis memilih bahan komposit karena bahan polymer GFRP memiliki karakteristik yang lebih kuat, lebih nyaman dan lebih ringan. Selain itu bahan komposit merupakan bahan alternatif teknik sebagai akibat dari pertumbuhan aktifitas industri teknik yang semakin meningkat dan maju dewasa ini.

### 1.2 Perumusan Masalah.

Permasalahan yang ditinjau dalam simulasi ini adalah salah satu kejadian yang sering terjadi dilapangan dimana helm yang mengalami benturan secara langsung mengenai kepala pengendara sepeda motor. Dari permasalahan tersebut ingin mengetahui seberapa besar tegangan yang diterima kepala, besarnya distribusi tegangan yang berpotensi menyebabkan inisiasi retak pada permukaan helm yang terjadi dipermukaan kepala, karakteristik dari material helm tersebut.

Untuk menjawab permasalahan tersebut di atas maka perlu dilakukan simulasi yang dapat memberikan gambaran terhadap kenyataan di lapangan. Dalam penelitian ini, simulasi akan menggunakan *software* Autocad, Solidwork, MSC/Nastran 4.5.

### 1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan penelitian ini adalah :

1. Menyelidiki sifat – sifat karakteristik material helm sepeda motor dari bahan yang digunakan sebagai input untuk simulasi (MSC/Nastran 4.5).
2. Menyelidiki respon dan distribusi tegangan secara menyeluruh pada struktur helm sepeda motor dari bahan komposit dengan simulasi komputer.
3. Mengecek daerah konsentrasi tegangan yang potensial terjadi inisiasi retakan.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Tempat dan Waktu

Tempat pelaksanaan penelitian dilaksanakan di laboratorium Pusat Riset Impak dan Keretakan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Klarifikasi secara simulasi akan dilaksanakan di IC-STAR USU menggunakan perangkat lunak MSC/NASTRAN 4.5. Pelaksanaan dimulai sejak tanggal pengesahan usulan oleh Pengelola Program sampai dinyatakan selesai.

### 2.2 Bahan, Peralatan dan Metoda

#### 2.2.1 Bahan

Struktur *helm* dibuat dari bahan komposit *Glass Fiber Reinforced Plastics* (GFRP), yang terdiri dari polyester resin tak jenuh BTQN 157 EX (unsaturated polyester resin) sebagai matriks dan serat kaca dari jenis *E glass* sebagai penguat, dengan variasi serat sebanyak enam lapis. Pemilihan BTQN 157 EX berdasarkan riset yang dilakukan Kaban [25] yang menghasilkan kekuatan bahan komposit BTQN 157 EX dan serat E glass sebesar 9,5 s.d 11,9 GPa untuk enam lapisan serat dengan berbagai variasi jenis serat.

Pada penelitian ini specimen helm yang akan diuji adalah helm sepeda motor dari bahan komposit ( tampak pada Gambar 2.1 ). Pemilihan bahan komposit GFRP sebagai pemodelan *helm* dikarenakan bahan komposit GFRP mudah dibentuk sesuai dengan anatomi tengkorak manusia dan bahan komposit polimer lebih mudah disesuaikan kekuatannya dengan kekuatan tulang kepala dengan mengontrol jumlah lapisan serat yang digunakan.



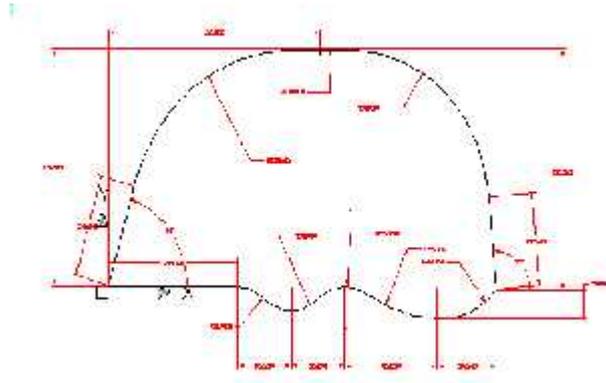
Gambar 2.1 Helm Komposit

#### 2.2.2 Peralatan

Peralatan uji yang digunakan secara komputerisasi, dengan perangkat lunak software AutoCad 2002, MSC/NASTRAN for Windows 4.5 , Peralatan uji Statik.

#### 2.2.3 Metode Pengolahan Data dan Analisa dengan Simulasi.

Metode ini dengan menggunakan software MSC/Nastran 4.5, sedangkan pemodelan helm sepeda motor dengan menggunakan software Autucad 2002.]

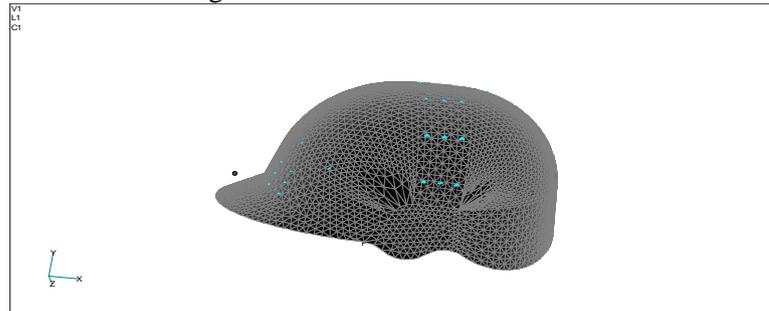


Gambar 2.2 Dimensi Helm Sepeda Motor Bahan Komposit Dengan Autocad 2002

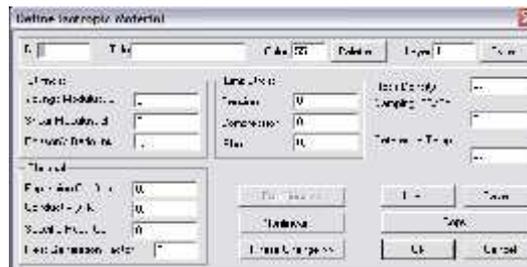


Gambar 2.3 Gambar Helm geometri dibagi dua

1. Permukaan helm dibagi dalam elemen hexa atau tetra.

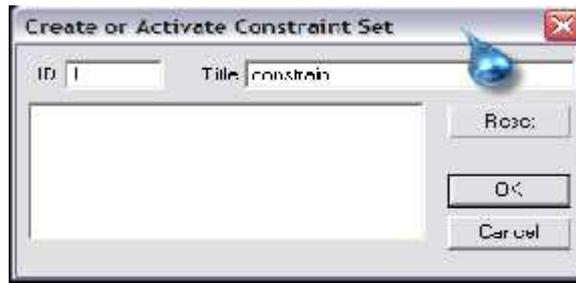


2. Sifat mekanik modulus elastisitas poition ratio dan massa jenis dimasukkan ke MS/Nastran 4.5.



Gambar 2.4 Kotak dialog pendefenisian Variabel-variabel bebas

3. Titik-titik tertentu diconstrain bertujuan agar tidak bergerak.



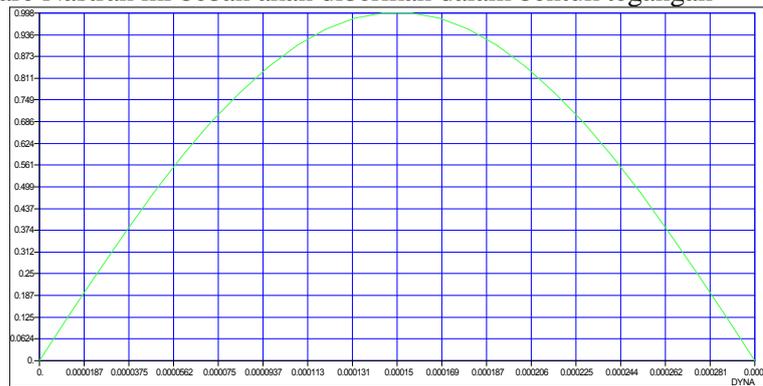
Gambar 2.5 Kotak dialog constrain

4. Waktu impak pada saat simulasi MEH (metode elemen hingga) dari grafik tegangan insiden dari hasil pengujian akan dimasukkan ke kotak dialog.



Gambar 2.6 Kotak dialog pendefinisian fungsi waktu

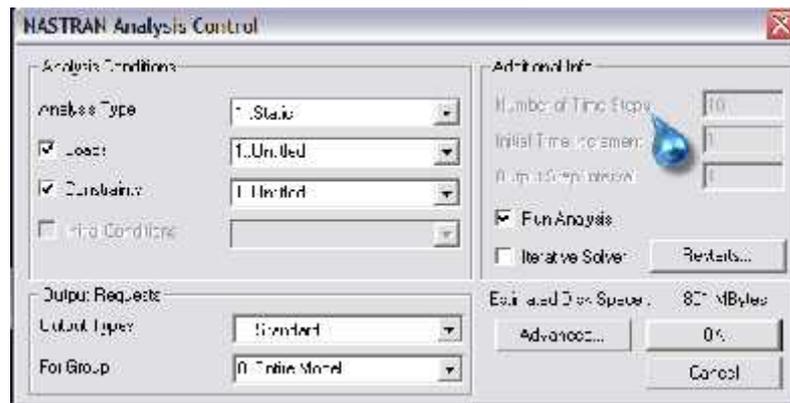
5. Software Nastran ini beban akan diberikan dalam bentuk tegangan



Gambar 2.7 Hasil Grafik Dari Hasil Analisa

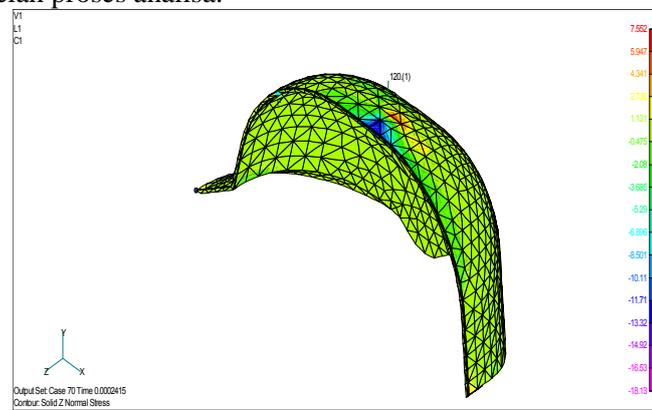
### 2.3. Proses Analisa.

Merupakan langkah akhir File Analyze yang diproses oleh program MSC/Nastran 4.5 setelah seluruh data data dimasukkan kedalam kotak dialaog.



Gambar 2.8 Kotak Dialog Analyze

Hasil bentuk pemberian beban pada helmet sepeda motor dari bahan komposit setelah proses analisa.



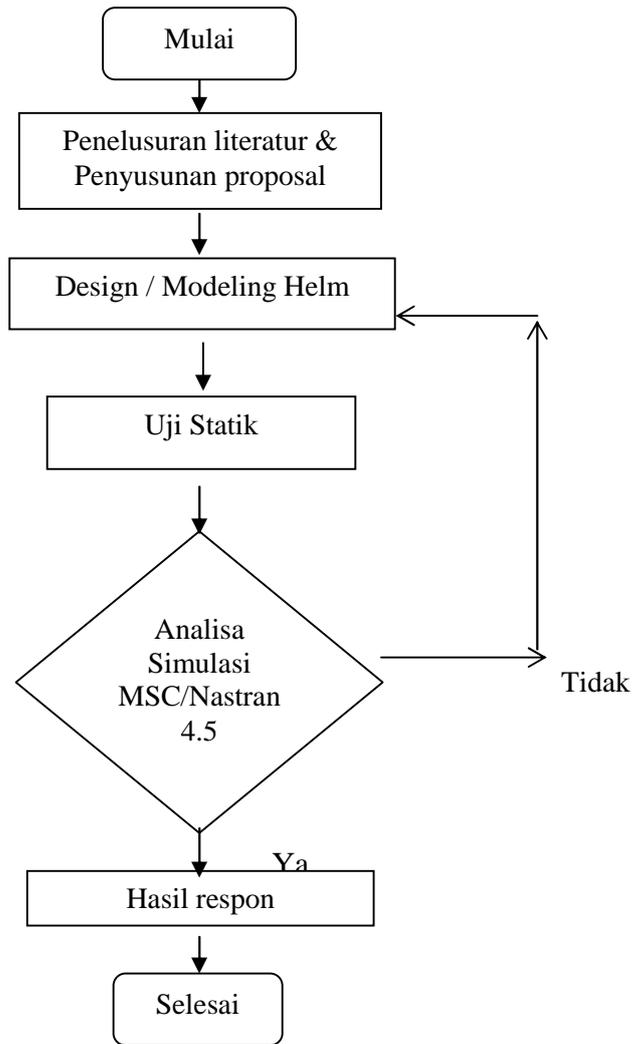
Gambar 2.9 Hasil simulasi dengan pembebanan 100 MPa, Elemen sebanyak 3661 dan nodal sebanyak 7440

#### 2.4 Variabel Yang Diamati

- Distribusi tegangan akibat pemberian beban pada helm
- Jenis dan Geometri helm
- Waktu pemberian beban (load)
- Jenis cedera yang mungkin terjadi

#### 2.5 Pelaksanaan Penelitian

Secara garis besar pelaksanaan penelitian ini akan dilaksanakan secara berurutan dan sistematis. Untuk lebih jelas dapat dilihat diagram alir pelaksanaan penelitian.

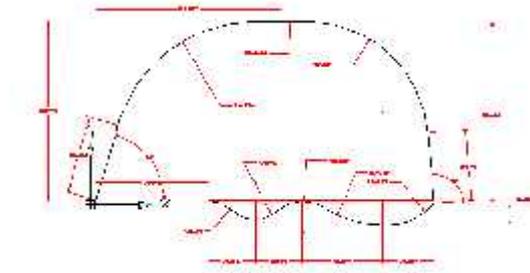


Gambar 2.10 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Simulasi Helm .

Sebelum simulasi elemen hingga dilakukan, helm dimodelkan dengan bantuan software autocad. Helm digambar sesuai dengan dimensi dan geometri helm yang sebenarnya (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Dimensi helm

Setelah itu helm dipindahkan ke software MSC/Nastran 4.5 dengan mengimport dari model autocad. Dalam MSC/Nastran 4.5 analisa bisa dilakukan dengan mengambil setengah dari model helm yang sebenarnya dengan syarat bentuk geometri helm harus simetris terhadap salah satu sumbunya (Gambar 3.2).

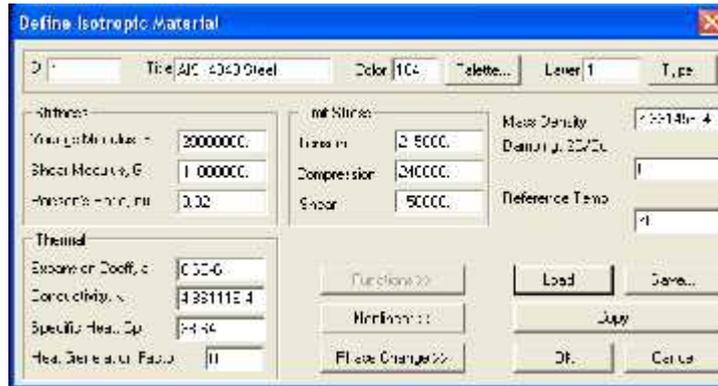


Gambar3.2 Model helm setelah dibagi dua

Di dalam software MSC/Nastran 4.5 telah tersedia berbagai jenis material beserta sifat-sifat mekaniknya (Gambar 3.3), bila dipilih salah satu dari material-material tersebut maka kotak dialog untuk material otomatis akan terisi (Gambar 3.4).



Gambar 3.3 Kotak dialog jenis material



Gambar 3.4 Kotak dialog sifat mekanik material

Namun karena material helm dalam penelitian ini tidak terdapat dalam daftar yang disediakan oleh MSC/Nastran 4.5 maka sifat-sifat mekanik yang telah diperoleh melalui uji tarik seperti modulus elastisitas, massa jenis, dan poisson ratio harus diisikan ke dalam kotak dialog (Gambar 3.5)

Ketika helm dimodelkan dengan software autocad, ukuran helm dibuat dalam satuan milimeter, sehingga modulus elastisitas dan massa jenis dari hasil uji tarik yang masih memakai satuan meter harus dikonversikan terlebih dahulu ke dalam satuan milimeter sebelum dimasukkan ke dalam kotak dialog.

$$E = 6,689 \text{ GPa} = 6,689 \cdot 10^9 \frac{N}{m^2} = 6689 \frac{N}{mm^2} = 6689 \text{ MPa}$$

$$\dots = 1555 \frac{kg}{m^3} = 1,555 \cdot 10^{-6} \frac{kg}{mm^3}$$

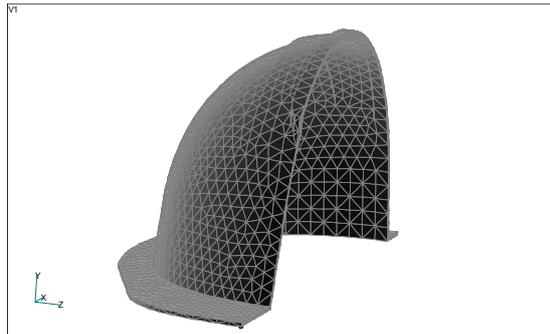


Gambar 3.5 Kotak dialog material helm komposit

Bentuk elemen yang digunakan dalam simulasi adalah elemen solid tetrahedral empat node. Jumlah elemen yang akan terbentuk pada model helm tergantung pada ukuran elemen (element size) yang terdapat dalam kotak dialog (Gambar 3.6 ). Helm setelah selesai di mesh dapat dilihat pada gambar 3.7.

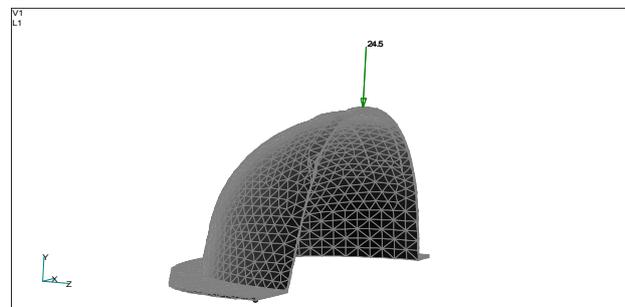


Gambar 3.6 Kotak dialog mesh



Gambar 3.7 Helm setelah di mesh

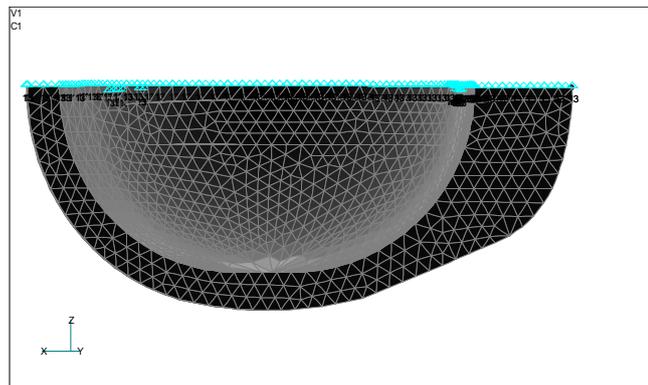
Karena dalam penelitian ini beban yang disimulasikan adalah beban impact dari sebelah atas helm atau dalam MSC/Nastran artinya beban impact tersebut diberikan dalam arah sumbu Y (Gambar 3.8), maka untuk gerakan translasi helm harus diconstraint dalam arah sumbu X dan Z saja. Sedangkan untuk arah Y tidak diconstraint karena pada arah sumbu ini helm akan bertranslasi setelah kena beban impact (Gambar 3.9). Helm setelah selesai diconstraint dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.8 Beban impact dalam arah sumbu Y

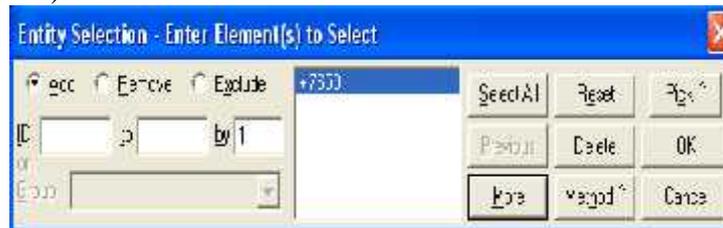


Gambar 3.9 Kotak dialog constraint



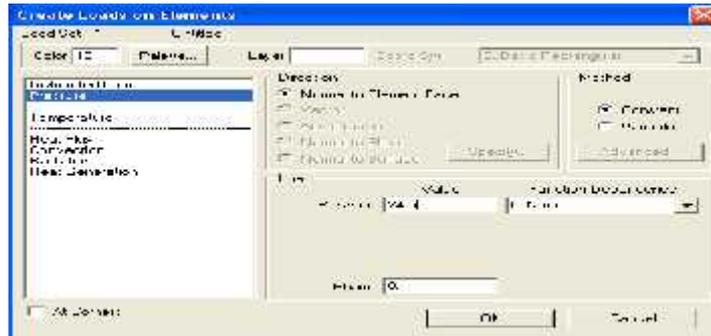
Gambar 3.10 Helm setelah diconstraint

Elemen yang dipilih adalah yang sesuai dengan lokasi titik pengimpakan (gambar 3.11).



Gambar 3.11 Kotak dialog pemilihan elemen

Di dalam software MSC/Nastran tersedia beberapa jenis bentuk pembebanan, diantaranya adalah dalam bentuk gaya (force) dan dalam bentuk tekanan atau tegangan (pressure). Karena beban impact yang diperoleh dari eksperimen di laboratorium dalam bentuk tegangan, maka dipilih pembebanan dalam bentuk pressure (Gambar 3.12)



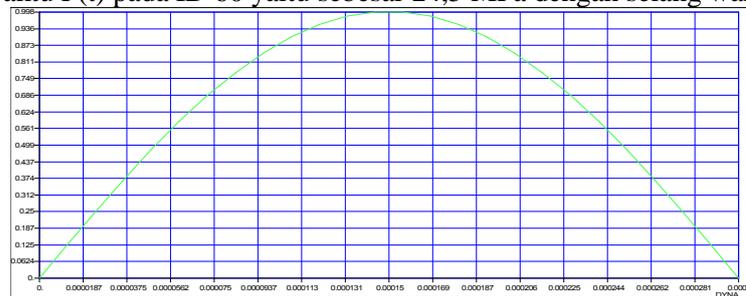
Gambar 3.12 Kotak dialog beban impak dalam bentuk pressure

Sedangkan untuk pembebanan tersedia empat arah yaitu dari sebelah atas, bawah, kiri, dan kanan. Dalam hal ini dipilih face 4 yang memberikan arah impak dari sebelah atas helm (Gambar 3.13).



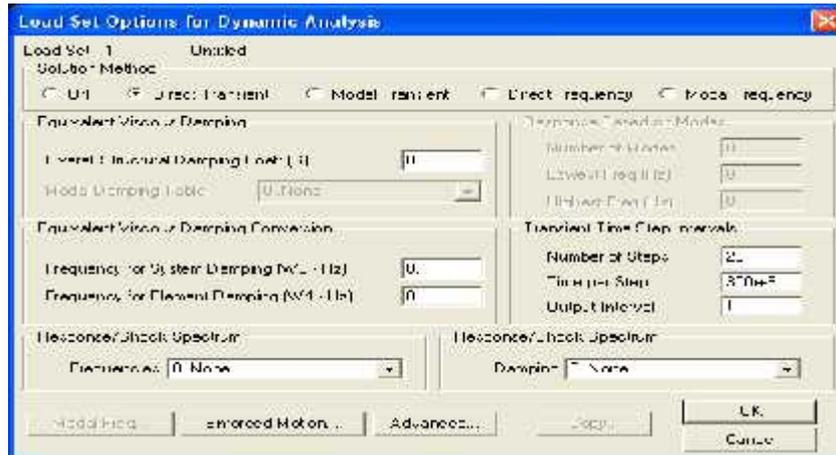
Gambar 3.13 Kotak dialog arah pembebanan

Beban yang diberikan pada simulasi berdasarkan intensitas tegangan insiden dalam fungsi waktu  $F(t)$  pada ID 60 yaitu sebesar 24,5 MPa dengan selang waktu 300 $\mu$ s



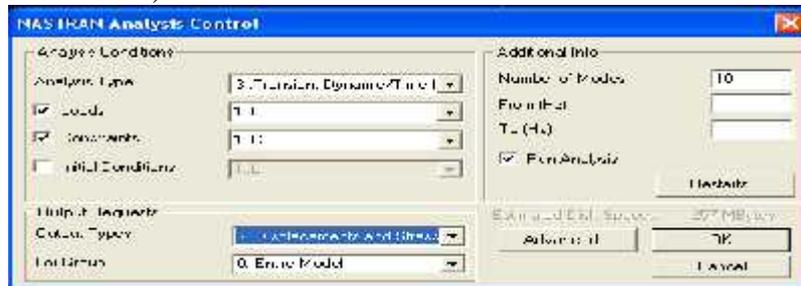
Gambar 3.14 Kurva modifikasi tegangan insiden untuk simulasi

Karena beban yang diberikan pada helm adalah beban impak atau beban dinamis maka dalam simulasi juga diperlukan pembebanan dalam bentuk dinamis (Gambar 3.15).



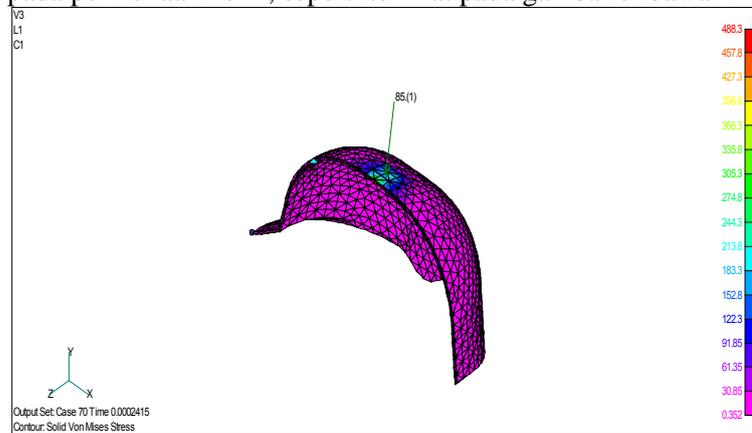
Gambar 3.15 Kotak dialog beban dinamis

Langkah terakhir adalah proses analisa dengan memilih analysis type dalam bentuk transient dynamic dan output types dalam bentuk displacement and stress (Gambar 3.16).

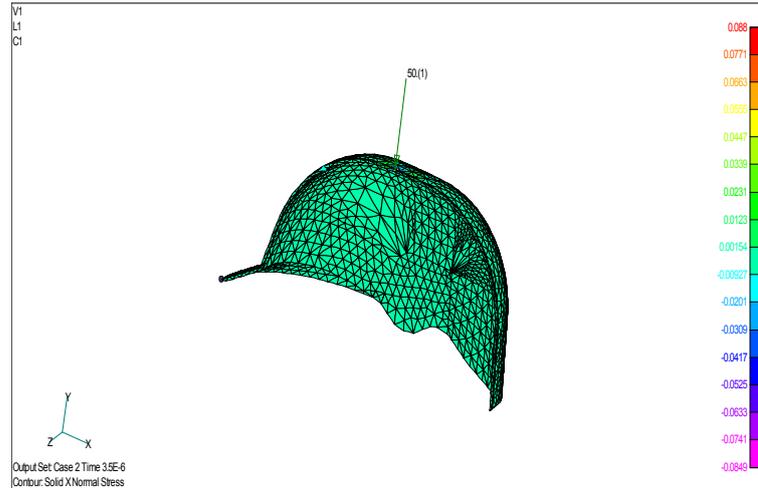


Gambar 3.16 Kotak dialog analisa

Hasil yang diperoleh dari simulasi dapat ditampilkan dalam bentuk tegangan pada permukaan helm, seperti terlihat pada gambar di bawah ini.

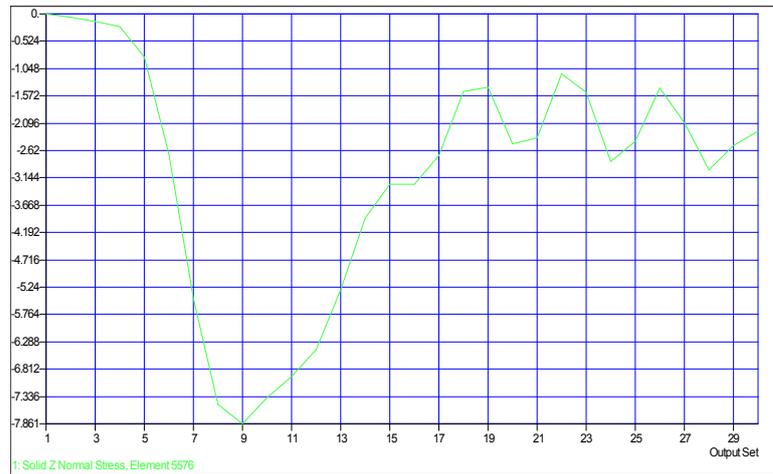


Gambar 3.17 Distribusi tegangan pada helm 85 MPa

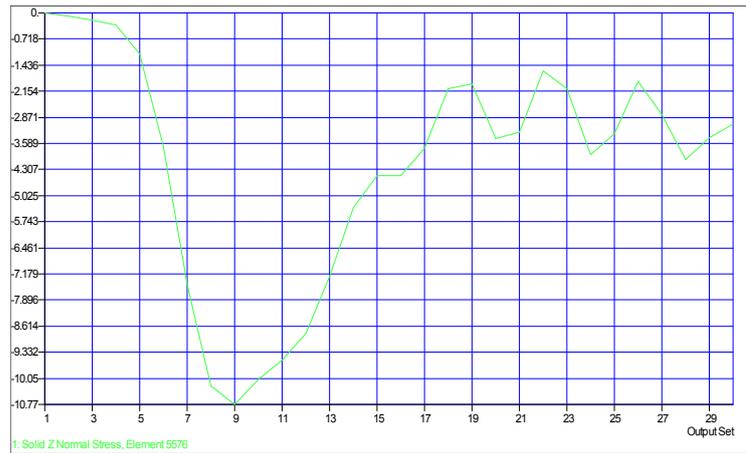


Gambar 3.17 Distribusi tegangan pada helm 50 MPa

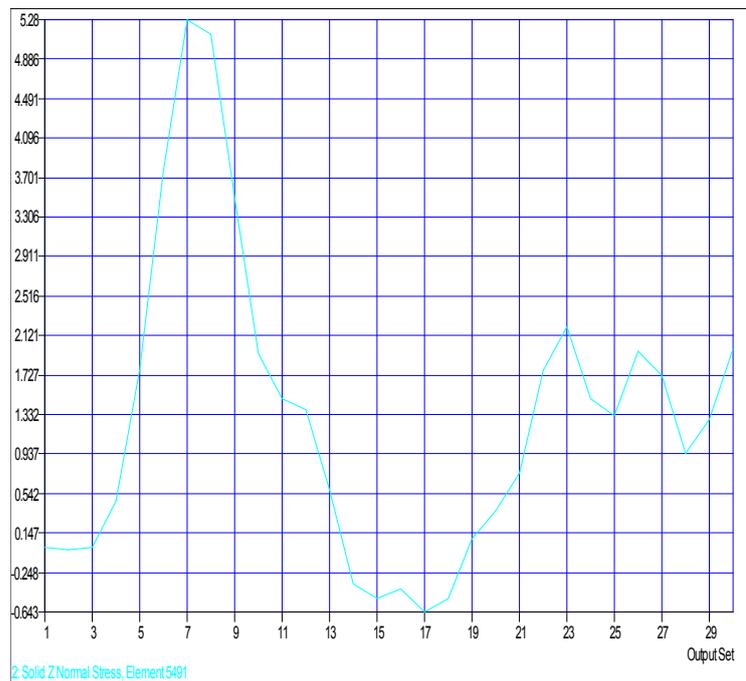
Atau dapat juga ditampilkan dalam bentuk grafik (Gambar 3.18, 3.19, 3.20), grafik tegangan yang terjadi pada helm inilah yang akan dibandingkan



Gbr. 3.18 Grafik tegangan 85 MPa



Gbr. 3.19 Grafik tegangan pada 50 MPa



Gbr. 3.20 Grafik tegangan pada 120 MPa

**Kesimpulan :**

1. Besarnya distribusi tegangan yang mengalami propagasi pada struktur helm sepeda motor pembebanan 120 MPa; Elemen sebanyak 3661 dan nodal sebanyak 7440, pembebanan 85 MPa, Elemen sebanyak 4393 dan nodal sebanyak 9038, pembebanan 50 MPa, Elemen sebanyak 5601 dan nodal sebanyak 11443

2. letak daerah/posisi distribusi tegangan yang potensial terjadi menyebabkan inisiasi retak, terdapat pada lokasi pemberian beban (load) yang berpropagasi pada posisi berwarna merah (terdapat pada gambar 3.16, 3.17)
- 3 Sifat – sifat karakteristik material helm sepeda motor dari bahan yang digunakan sebagai input untuk simulasi (MSC/Nastran 4.5), menyimpulkan bahwa geometric dan material properties sangat menentukan. penelitian tentang Efektifitas komposit Terhadap Helm Motor bahwa perbedaan bentuk dan kekakuan hel mempengaruhi dalam pengoptimalan design. Pengembangan komposit khususnya GFRP yang diperkuat serat gelas (GFRP). dengan sifat-sifat fisis dan mekanis yang baik dikombinasikan sehingga memberikan sifat material yang baru dengan sifat-sifat unggul material tunggal penyusunnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Syam B, *Aplikasi Teknik Dua Gage Dalam Pengukuran Tegangan Insiden pada Helmet Industri yang Dikenai Beban Impak Kecepatan Tinggi*, Jurnal Ilmiah SINTEK, Vol.19, no.2, 2003.
- Mahadi, B., Bustami Syam. *Metode Baru Pengukuran Kekuatan Helm Industri Akibat Beban Kecepatan Tinggi*, Prosiding Seminar Material dan Struktur (MASTRUCT), Medan, Januari, 2004
- Nayan, A., Bustami Syam, *Penyelidikan Perilaku Mekanik Helmet Industri Akibat Beban Kecepatan Tinggi*, Prosiding Seminar Material dan Struktur (MASTRUCT), Medan, Januari, 2004
- Chawla et al, 2001] Chawla A, et al, *A Methodology for Car–Motorcycle Crash Simulations*, Jari Research Journal, Vol 23, No 2, 2001.
- [Chawla, 2001] Chawla A, Mukherjee, S, Mohan D, Singh M, Sakurai M and Nakatani T, “*A Methodology for Car–Motorcycle Crash Simulation*”, Jari Research Journal, 2001, Vol 23, No 2, pp18-21.
- Praveen Kumar Pinnoji, Puneet Mahajan, *IMPACT ANALYSIS OF HELMETS FOR IMPROVED VENTILATION WITH DEFORMABLE HEAD MODEL*
- Al-Bsharat, A., Chun Zhou, King H. Yang, *Intracranial Pressure In the Human Head Due to Frontal Impact Based on A Finite Element Model*, Bioengineering Center, Wayne State University Detroit, Michigan, 2001
- Mota, A., W.S Klug, M. Ortiz, *Finite Element Simulation of Firearm Injury to the Human Cranium*, J. Computational Mechanics 31, 115-121, 2003
- Krabbel G, Ralph Muller, *Development of A Finite Element Model of the Head Using the Visible Human Data*, Orthopedic Biomechanics Laboratory, Harvard Medical School, Boston. <http://www.Biomechanics.org.hk>

Syam B., *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.

*Japan International Standard for Protective Helmet for Vehicular Users*, T-8133, Japan, 1982

Kaban, I., Bustami Syam, *Metode Pengukuran Kekuatan Tarik Impak dan Mekanisme Retak Dari Pelat GFRP*, Tesis Magister, Jurusan Teknik Mesin, PPs-USU, Medan, 2004

Riwayat hidup Peneliti

1. Suriady Sihombing, Lahir P. Siantar 30 Januari 1964 Sarjana Teknik Mesin (SI) UHN 1987 dan Magister Teknik Mesin (S2) USU 2008, Staf pengajar Fak. Teknik Mesin UHN Medan.
2. Parlindungan S. Pasaribu, Lahir Serbalawan 19 Juli 1981, Sarjana Teknik Elektro (SI) ITM 2004