

## STUDY PEMODELAN IMPAK PADA PANEL BAHAN KOMPOSIT DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Hadi Saputra<sup>1</sup>, Heru Santoso Budi Rochardjo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Masuk: 11 Mei 2011, revisi masuk : 22 Juli 2011, diterima: 3 Agustus 2011

### ABSTRACT

Generally manufacturing of composite materials is performed using trial and error method. The finite element method show the capability to optimize that process. The efficient formulation for simulating high speed impact usually uses explicit dynamic method. The purpose of this research is modelling impact loading on composite panel using finite element method as a part of preprototyping impact resistant composite material. The process of impact simulation on composite panel using explicit dynamic formulation can be done using commercial application software, that done with variation on impactor velocity (200, 400, 600, 800, 900, and 1000m/s), impactor geometry likes cone and blunt, Elasticity modully of lamina composite materials, the direction of fiber as symmetric cross plies and symmetric angle plies, and the thickness, 4, 6, 10 plies. The result showed that impact simulation on composite panel using this software can be performed well, the influence of impactor velocity shows increased the Von Misses Stress with average value 2.41% (in 200-400m/s), 1.59% (in 400-600m/s), 1.28% (in 600-800 m/s), 1.20% (in 800-1000m/s). Cone A type with the smallest area of contact have the best capability to penetrated compared with B type and blunt type. Symmetric angle plies have better impact resistant compared with symmetric cross plies.

**Keywords :** Finite Element, Composite, Impact Modelling

### INTISARI

Pada umumnya pembuatan composit material dilakukan dengan metode *trial and error*. Optimasi persoalan ini dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga. Formulasi metode elemen hingga yang sesuai dan efisien untuk memodelkan impak berkecepatan tinggi biasanya menggunakan formulasi *explicite dynamic method*. Tujuan penelitian ini adalah memodelkan impak pada komposit panel dengan metode elemen hingga sebagai bagian dalam *preprototyping* material komposit tahan impak. Proses impak simulasi pada komposit panel menggunakan formulasi *explicite dynamic*, dilakukan dengan aplikasi software komersial, dengan melakukan variasi pada kecepatan impaktornya, (200, 400, 600, 800, 900, dan 1000)m/s, variasi geometri impaktornya seperti cone dan blunt, variasi modulus elastisitas dari lamina penyusun material komposit, variasi dari fibernya simetrik *cross plies* atau simetrik *angle plies*, dan ketebalan nya 4, 6 dan 10 lapis. Hasilnya menunjukkan bahwa simulasi impak dengan software aplikasi komersial pada panel bahan komposit dapat dilakukan dengan baik, pengaruh kecepatan impaktor menunjukkan peningkatan tegangan Von Misses dengan nilai 2.41% (pada kecepatan 200-400m/s), 1.59% (pada kecepatan 400-600m/s), 1.28% (pada kecepatan 600-800 m/s), 1.2% (pada kecepatan 800-100m/s). Pengaruh bentuk impaktor cone tipe A dengan luas area kontak yang terkecil memiliki kemampuan penetrasi terbaik dibanding tipe B dan tipe blunt. pengaruh arah fiber penguat bahan komposit, simetrik *angle plies* memiliki kemampuan lebih tahan impak dibanding yang arahnya simetrik *cross plies*.

**Kata Kunci :** Metode elemen hingga, komposit, impak modelling

[hadisaputra@live.com](mailto:hadisaputra@live.com)

## PENDAHULUAN

Bahan komposit saat ini banyak dimanfaatkan, karena sifat-sifatnya yang unggul seperti ringan, kuat, kaku, serta tahan terhadap korosi dan beban lelah. Bahan komposit tahan impact, hal ini banyak digunakan untuk beraneka ragam aplikasi, diantaranya untuk bahan anti peluru, panel dinding kendaraan militer ataupun sipil, struktur frame pesawat terbang, struktur penyerap energi impact pada mobil, struktur kapal laut, dan lain sebagainya.

Pada umumnya proses-proses pembuatan dari bahan komposit dilakukan dengan cara *trial and error*, dan *finite element* merupakan alat yang dapat digunakan untuk memprediksi fenomena mekanikal komposit, seperti misalnya *delamination*, *fiber failure*, *matrix cracking*, dan lain-lain (Blankenhorn dkk., 2001). Optimalisasi produk ini dapat dikatakan bahwa, dapat dilakukan dengan metode elemen hingga, untuk memodelkan kasus *high speed dynamic*, seperti impact, *blasting*, dan kasus-kasus lain nonlinier, *explicit dynamic finite element method* dapat dipergunakan (Habbit dkk., 2007). Untuk *Modelling* kekuatan impact dengan *explicit dynamic finite element method* pada bagian panel bahan komposit, diharapkan dapat mengoptimalkan proses pembuatan bahan komposit tahan impact.

Bahan komposit tahan impact banyak digunakan sebagai bahan pelapis kendaraan militer, rompi anti peluru, dan lain-lain, perlu diperhatikan berat total dari bahan komposit tersebut sehingga akan menghasilkan performa produk yang baik. Penerapan konsep *gradient design*, yaitu dengan memvariasikan lapisan bahan yang memiliki kekerasan yang berbeda-beda pada bahan anti peluru, memungkinkan dalam pengurangan berat tanpa mengurangi kemampuannya dalam menahan laju peluru. Hasil percobaan impact pada komposit yang terdiri dari lapisan bola-bola keramik yang dicampur dengan *epoxy* menunjukkan, hingga kecepatan peluru 1000m/s dapat ditahan oleh bahan komposit yang beratnya lebih ringan dibandingkan dengan keramik padat, (Jovicic dan Zavaliangos, 2000). Proses pembuatan bahan komposit pada umumnya dilakukan secara

*trial and error* hal ini merupakan suatu kerugian untuk itu perlu dikembangkan suatu metode yang dapat mengeliminir kerugian ini. *Finite element* merupakan metode yang mampu memperkirakan fenomena mekanikal, sehingga *finite element method* dapat digunakan untuk optimalisasi dalam pembuatan bahan komposit. Pemodelan bahan. Komposit dengan *finite element* dapat dilakukan dengan menggunakan jenis elemen *continuum* maupun *shell*, (Blankenhorn dkk., 2001).

Pemanfaatan *finite element methods* untuk beragam aplikasi saat ini, secara luas dilakukan diantaranya, adalah pemodelan impact yang dilakukan dengan memanfaatkan *software* komersial yang ada diantaranya *NASTRAN*, *ABAQUS*, dll. Modeling yang dilakukan dengan menggunakan *software AUTO-DYN-3D* dan percobaan impact antara peluru, *STANAG-2920* dan bahan komposit, *fiber reinforced plastic composite laminated plates reinforced with kevlar 29*, menghasilkan perubahan bentuk dan kerusakan yang serupa, (Goncalves da silva dkk., 2001). Pemanfaatan yang lainnya adalah pengukuran *residual stress*. Plat baja *High strength low alloy* dengan ketebalan 51mm ditembak dengan peluru yang berdiameter 6.4mm dari bahan *tungsten carbide* dan berkecepatan 2.2 km/s. Plat baja berlobang dengan kedalaman 12mm dan berdiameter 10mm, dan timbul *residual stress* pada plat. Pengukuran *residual stress* dan kedalaman hasil impact yang dilakukan dengan menggunakan *explicit dynamic finite element formulation* dan menunjukkan hasil yang serupa dengan pengamatan menggunakan mesin CMM II, (Prime dan Martineau, 2002).

Perkembangan kemampuan dari *processing computer* saat ini telah memungkinkan untuk melakukan *modeling* bahan komposit dari tingkat *filament*, yang dikenal dengan teknik *Digital Element Analysis* (DEA). Pemodelan dengan teknik ini merupakan pemodelan yang paling mendekati kondisi nyata dari bahan komposit. Saat ini, *modeling* impact dengan menggunakan *formulasi explicit dynamic finite element* pada teknik pemodelan DEA sedang dikembangkan,

(Cheesemen, 2006). Kasus-kasus *transient* dengan durasi waktu yang sangat pendek seperti *impak*, *forming*, *blasting*, dan lain-lain bila dimodelkan dengan *formulasi implicit finite element method* akan menimbulkan persoalan pada proses konvergensi dan pembentukan persamaan globalnya, sehingga perlu dipergunakan formulasi lainnya, yaitu dari *formulasi explicit finite element*, (Habib dkk., 2006).

Tujuan penelitian ini adalah model membuat *modelling impactor* pada panel bahan komposit dengan metode elemen hingga sebagai bagian dari *pre-prototyping* bahan komposit tahan *impak*. Dalam penelitian diharapkan dapat diketahui proses *impak* yang terjadi pada bahan komposit, dapat diketahui pengaruh variasi kecepatan terhadap besar tegangan *Von Mises* yang terjadi pada bahan komposit dengan variasi jumlah lamina dan variasi orientasi serat, dapat diketahui pengaruh geometri *impactor* terhadap besar tegangan kontak yang terjadi pada setiap variasi jumlah lamina dan orientasi bahan komposit yang dapat diprediksi kemampuan bahan komposit dalam menahan *impak*.

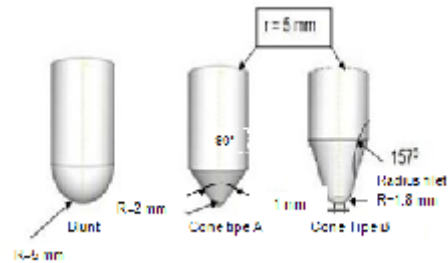
## METODE

Pada penelitian yang dilakukan menggunakan bahan yaitu bahan komposit dengan ketebalan tiap lamina 2 mm dan susunan seratnya *woven*. *Impactor* yang digunakan untuk keperluan *modelling* ini dipilih berbentuk *blunt* dan *cone*. Bentuk dan dimensi dari *Impactor* yang digunakan adalah seperti yang terlihat pada Gambar 1. Sedangkan alat yang digunakan adalah *Software* aplikasi komersial dan *Personal Computer*.

Proses pada penelitian ini meliputi langkah-langkah pemilihan bahan komposit, *modelling* bahan komposit dan *impactor* dengan *software* aplikasi, *modelling impactor* pada bahan komposit, membuat variasi parameter-parameter.

Langkah pemilihan bahan komposit untuk *modelling* dilakukan dengan merencanakan bahan komposit yang berserat *woven*, dengan ketebalan tiap lamina 2mm. Data properties bahan komposit yang akan digunakan untuk pemodelan dari data yang diperoleh dari mate-

ri pada *journal reference* (Jocivic dan zavaliangos, 2000).



Gambar 1. *Impactor*

Langkah *Modelling* bahan komposit dan *impactor* dengan *software* aplikasi dilakukan dengan langkah-langkah membuat model seperempat bagian panel bahan komposit, memasukkan input data bahan komposit untuk tiap lamina, mengatur arah orientasi serat pada tiap lamina, pengaturan *boundary condition* pada bahan komposit *laminate*, dan *meshing* bahan komposit dengan jenis elemen C3D8R.

Langkah *modelling impactor* dilakukan dengan langkah-langkah *modelling impactor* dengan elemen *analytical rigid body* dan penentuan posisi *reference point*. Proses model dari *Modelling Impactor* pada bahan komposit dilakukan dengan cara menyusun *assembly* model bahan komposit dengan *impactomya*, memilih *explicit dynamic step* dan besar *step time*, mengatur *output* yang akan diharapkan dan *Constrain interaction* antara *impactor* dan bahan komposit. Proses untuk variasi parameter meliputi mengatur kecepatan *Impactor* yaitu 200, 400, 600, 800, 900, 1000m/s, dalam bentuk geometris *impactor*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Proses membutuhkan Jumlah Lamina bervariasi 4, 6, dan 10 lapis dan orientasi serat, *Symmetric cross plies* dan *angle plies*. Nilai Modulus elastisitas bahan, variasinya memenuhi persamaan.

$$G_{ij} = \frac{E_v}{2(1 - \nu_{ji})}$$

Keterangan:

G = Modulus geser i, j = arah 1, 2

E = Modulus elastisitas v = Poisson Ratio

**PEMBAHASAN**

Data modelling impact pada bahan dari komposit yang digunakan pada penelitian ini meliputi: Bahan komposit : [(0/90)]s dan [(0/45)]s  
 Variasi ketebalan : 4, 6, 10 layer  
 Ketebalan per lamina : 2 mm  
 Density : 1500 kg/m

Sedangkan variasi property yang digunakan pada bahan komposit impact dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil simulasi dengan *Impactor blunt* maupun *cone* besar tegangan *Von Mises* meningkat dengan adanya peningkatan kecepatan *Impactor*, pada kedua orientasi serat, dengan besar peningkatan tegangan rata-rata pada kecepatan *impactor* sebesar 200–400m/s, 400–600m/s, 600–800m/s, 800–1000m/s, 2.41%, 1.59%, 1.28%, 1.20%

Tabel 1. Data properties emodelan impact bahan komposit

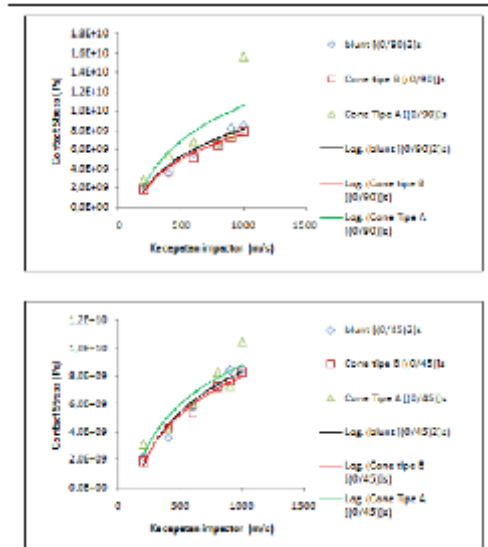
E11= E22 (Pa)	E33 (Pa)	V12	V13= V23	G12 (Pa)	G13= G23 (Pa)
4.6e8	7.1e8	0.02	0.26	1.82e8	3.2e8
4.6e9	7.1e9	0.02	0.26	1.82e9	3.2e9
4.6e1	7.1e1	0.02	0.26	1.82e1	3.2e1
4.6e11	7.1e1	0.025	0.265	1.82e1	3.2e1

Sumber: Jovicic&Zavaliagos

Berdasarkan hasil simulasi untuk bahan komposit 4, 6, 10 lapis tegangan *Von Mises* akibat impact pada susunan *symmetric cross plies* dan *symmetric angle plies* pada tiap kecepatan hampir sama. Tegangan kontak dengan *impactor cone* tipe A lebih tinggi dibandingkan tegangan kontak yang diakibatkan oleh *impactor* jenis lainnya, baik pada susunan *symmetric angle plies* maupun *symmetric cross plies*. Tegangan yang diakibatkan oleh *impactor blunt*, lebih tinggi dibandingkan dengan tegangan kontak yang diakibatkan oleh *impactor cone* tipe B. Hal tersebut tampak seperti diperlihatkan pada Gambar 2.

Proses impact pada panel 4 lapis *angle plies*, dan E=46E9 Pa terlihat pada Gambar 3. Sedangkan Hasil simulasi impact bahan komposit berserat *woven* (E<sub>1</sub>=E<sub>2</sub>) dengan menggunakan *Impactor*

*blunt* dan dengan modulus elastisitas lamina yang bervariasi seperti diperlihatkan pada Gambar 4.



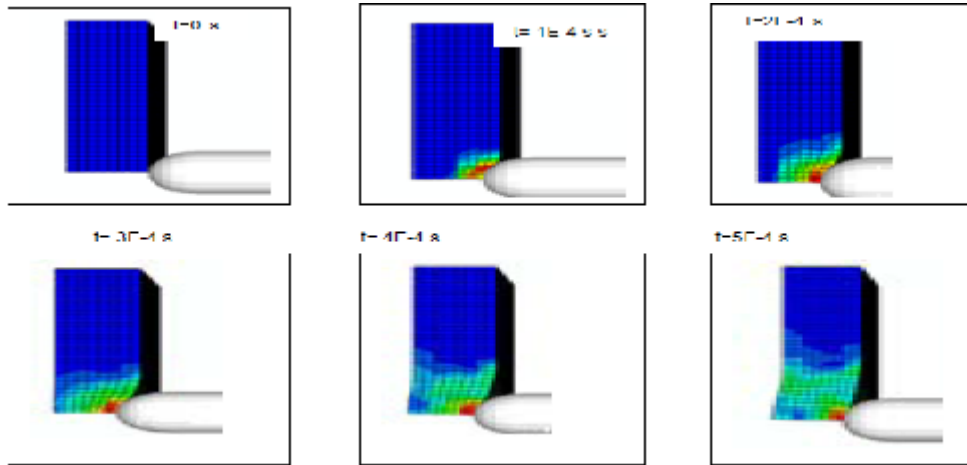
Gambar 2. Pengaruh dari kecepatan impactor terhadap tegangan kontak pada 4 lapis lamina cross plies dan E= 46E9 pa.

Kecepatan *impactor blunt* 1000 m/s dan ketebalan bahan komposit terdiri dari 4, 6, 10 lapis lamina dan susunannya *symmetric cross plies*, seperti pada Gambar 4. Dan pada susunan *symmetric angle plies* seperti pada Gambar 5 yang menunjukkan peningkatan modulus elastisitas lamina mengakibatkan peningkatan tegangan *Von Mises*. Besar tegangan ini merupakan tegangan pada bahan komposit, sebagai akibat dari impact.

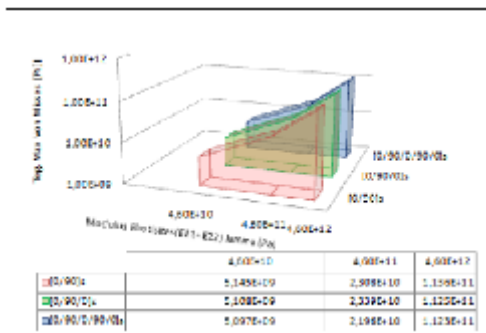
Pada Gambar 6 menunjukkan peningkatan modulus elastisitas lamina dari bahan komposit dengan susunan *symmetric cross plies* dengan sejumlah 4, 6, 10 lapis lamina akan menyebabkan peningkatan tegangan *Von Mises* sebagai akibat dari impact yang disebabkan oleh *impactor cone* tipe A dengan kecepatan 1000m/s. Demikian pula pada Gambar 7 yang menunjukkan susunan *symmetric angle plies*. Pada Gambar 8 menunjukkan proses peningkatan modulus elastisitas lamina bahan komposit dengan jumlah lamina 4, 6, 10 lapis dengan susunan *symmetric cross plies*, menyebabkan peningkatan tegangan *Von Mises* sebagai akibat dari impact

dengan jenis *impactor cone tipe B* yang berkecepatan 1000m/s. Demikian pula pada model-model susunan *angle plies*, seperti ditunjukkan pada Gambar 9, peningkatan dari nilai modulus elastisitas

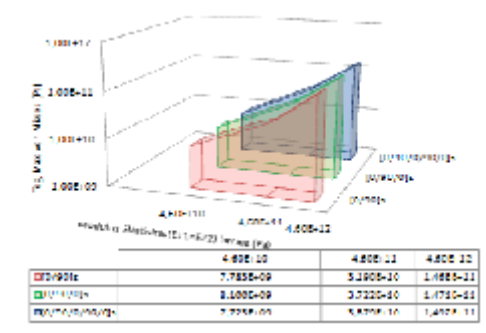
lamina juga meningkatkan nilai tegangan *Von Mises* akibat impact.



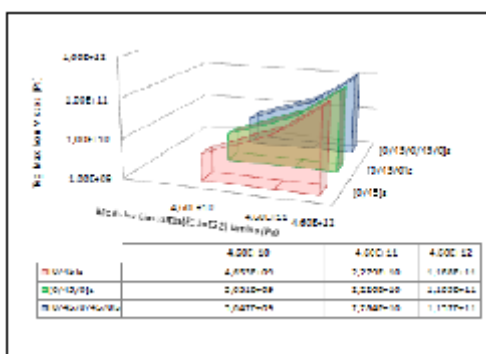
Gambar 3. Proses impact pada 4 lapis bahan komposit susunan *angle plies*.



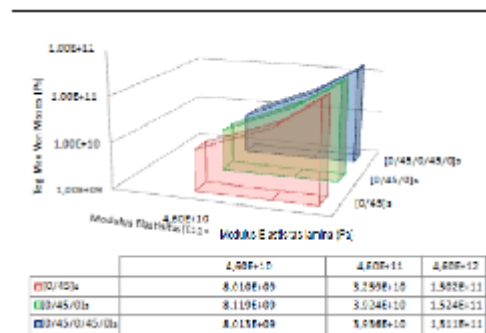
Gambar 4. Bahan komposit *Cross Plies* Dengan *Impactor Blunt*,  $v = 1000 \text{ m/s}^2$ .



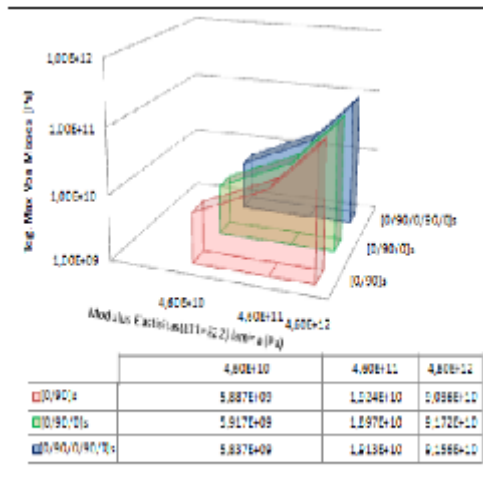
Gambar 6. Bahan komposit *Cross Plies* Dengan *Impactor Cone Tipe A*,  $v = 1000 \text{ m/s}^2$ .



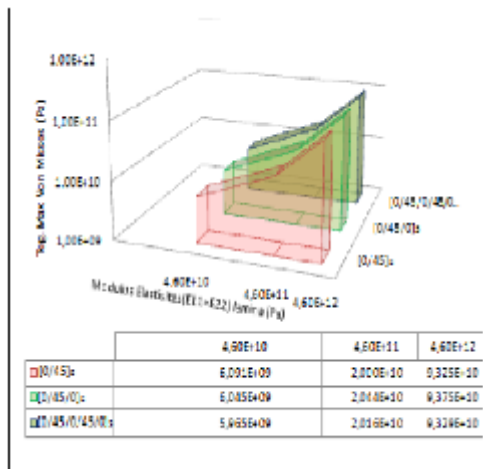
Gambar 5. Bahan komposit *Angle Plies* dengan *Impactor Blunt*,  $v = 1000 \text{ m/s}^2$ .



Gambar 7. Bahan komposit *Angle Plies* dengan *Impactor Cone Tipe A*,  $v = 1000 \text{ m/s}^2$ .



Gambar 8. Bahan komposit *Cross Plies* dengan *Impactor Cone Tipe A*,  $v=1000$  m/s<sup>2</sup>



Gambar 9. Bahan komposit *Angle Plies* *Impactor Cone* terpancung,  $V=1000$ m/s.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa: Pemanfaatan Metoda Elemen Hingga dalam modeling bahan komposit untuk keperluan *preprototyping* adalah mungkin bermanfaat dalam prediksi kemampuan impact dari bahan komposit.

Persentase kenaikan tegangan *Von Mises* akibat impact menurun dengan semakin meningkatnya kecepatan *impactor* dan bahan komposit dengan susunan *symmetric cross plies* maupun

*symmetric angle plies* memberikan hasil tegangan yang hampir sama pada kecepatan *impactor* 200 m/s,

Dan pada kecepatan yang lebih besar, susunan *symmetric angle plies* menghasilkan tegangan yang lebih rendah dengan menggunakan jenis *impactor blunt*. Hal ini menunjukkan bahwa susunan bahan komposit *symmetric angle plies* lebih mampu impact dibandingkan susunan *symmetric cross plies*.

**DAFTAR PUSTAKA**

Blankenhorn, G., Schweizerhof, dan Flinckh, H., 2001, "Improved numerical investigation of a projectile impact on a textile structure," 4E-uropean LS Dyna Users Conference, G-1, pp. 07-14. *th*

Cheesemen, B.A., Yen, C.F., Scott, B.R., Power, B. Dan Bogetti, T.A., 2006, "From filament to fabric packs-simulating the performance of textile protection system," Int. J. of impact.

Goncalves da silva, M.A., Chiorean, C.G. dan Cismasiu, C., 2001, "Ballistic simulation of impact object damage using the contour method," Material science forum, Vol. 404-407, pp.521-526.

Gibson, R.F., 1994, "Principals of composite material mechanics", McGraw-Hill, New York, ISBN: 0-07-023451-5.

Habbit, Karlson, dan Sorrensen, 2007, "Getting Started with Aplikasi komersial", New York.

Jovicic, J. dan Zavaliangos, F.Ko.A, 2000, "Modelling of the ballistic behavior of gradient design composite armors," Int. J. Comosite, 31, pp.773-784.

Prime, M.B., Yen, C.F., Scott, B.R., Power, B. Dan Bogetti, T.A., 2002, "Mapping residual stresses after forign object damage using the contour method," Material science forum, Vols. 404-407, pp. 521-526