

**Simulasi Impak Peluru pada Komposit Karbon-*Epoxy* dengan
Variasi Ketebalan dan Sudut Orientasi Serat untuk Aplikasi
Body Armor Menggunakan *Software* Berbasis
*Finite Element Analysis***

SKRIPSI

Oleh:

Nama: Nuralim

NPM: 183030091



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2022**

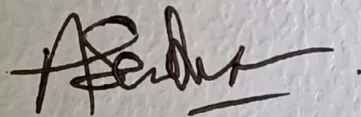
LEMBAR PENGESAHAN

Simulasi Impak Peluru pada Komposit Karbon-Epoxy dengan Variasi Ketebalan dan Sudut Orientasi Serat untuk Aplikasi *Body Armor* Menggunakan *Software* Berbasis *Finite Element Analysis*



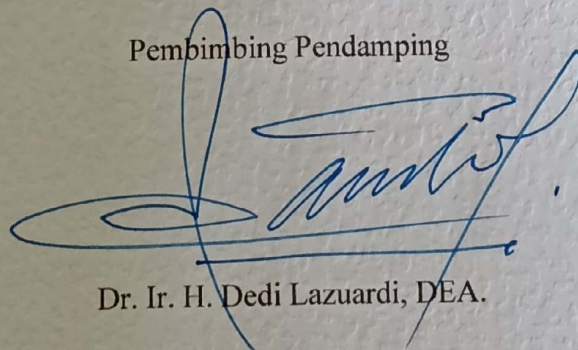
Nama: Nuralim
NPM: 183030091

Pembimbing Utama



Ir. Agus Sentana, MT.

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. H. Dedi Lazuardi, DEA.

ABSTRAK

Material komposit yang diperkuat dengan serat telah menjadi material rekayasa penting yang digunakan untuk lambung kapal, struktur pesawat dan aplikasi pada bidang militer karena material komposit memiliki sifat mekanik yang sangat baik. Salah satu keperluan pelindung yang digunakan personel pertahanan adalah pakaian pelindung berupa rompi anti peluru yang berguna untuk melindungi daerah vital dari tubuh personel pertahanan dan mengurangi resiko dari tembakan peluru yang ditimbulkan. Sejauh ini pengujian balistik umumnya dilakukan secara eksperimen dan berulang untuk mendapatkan hasil yang diinginkan membuat metode eksperimen akan membutuhkan biaya yang tidak sedikit. Maka dari itu penggunaan *software* berbasis *finite element analysis* dapat dimanfaatkan untuk memprediksi kemampuan impak balistik pada material komposit.

Pada penelitian ini dilakukan analisis kemampuan komposit karbon-*epoxy* dalam menahan impak peluru dengan metode simulasi menggunakan *software* berbasis *finite element analysis*. Simulasi yang dilakukan dengan memodelkan komposit karbon-*epoxy* untuk memperoleh variasi ketebalan dan sudut orientasi. Mengacu pada NIJ Standard-0101.04 level IIA, dimana peluru yang digunakan adalah 9 mm FMJ memiliki kecepatan awal 341 m/s.

Setelah dilakukan pemodelan komposit untuk menentukan ketebalan serta sudut orientasi serat dan dilakukan simulasi impak peluru, didapatkan peningkatan penyerapan energi kinetik dan kecepatan peluru mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya ketebalan. Pada sudut orientasi [0/90] menyerap energi kinetik peluru sebesar 37.6%, 50.2%, 61%, 71.5% pada masing-masing ketebalan, sedangkan pada sudut orientasi [± 45] menyerap energi kinetik peluru sebesar 38.1%, 49.3%, 61.8%, 71.8% pada masing-masing ketebalan.

Kata kunci: Komposit, Karbon-*epoxy*, *Body Armor*, Metode Elemen Hingga

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
ABSTRAK.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. Latar Belakang	1
2. Rumusan Masalah	2
3. Tujuan	2
4. Manfaat	2
5. Batasan Masalah	2
6. Sistematika Penulisan	2
BAB II STUDI LITERATUR.....	4
1. Rompi Anti Peluru	4
2. Klasifikasi Rompi Anti Peluru.....	4
3. Peluru	5
4. Lapisan Serat Saat Terkena Dampak Peluru.....	6
5. Komposit.....	7
6. Penguat (<i>Reinforced</i>)	7
7. Serat Karbon	10
8. Matriks	10
9. Resin <i>Epoxy</i>	11
10. <i>Explicit Dynamics</i>	12
11. Analisis Energi.....	12
12. Material Orthotropik	13
13. Penelitian Yang Dilakukan Sebelumnya.....	14

BAB III METODELOGI PENELITIAN	16
1. Tahapan Penelitian	16
2. <i>Pre-processing</i>	18
3. <i>Solution</i>	21
4. <i>Post-Processing</i>	21
5. Tempat Penelitian	22
6. Peralatan Yang Digunakan.....	22
7. Verifikasi Pemodelan.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN SIMULASI	24
1. Hasil Simulasi	24
2. Pembahasan Hasil Simulasi	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	31
1. Kesimpulan	31
2. Saran	31
DAFTAR PUSTAKA.....	32
LAMPIRAN.....	34



BAB I PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Material komposit yang diperkuat dengan serat telah menjadi material rekayasa penting yang digunakan untuk lambung kapal, struktur pesawat dan aplikasi pada bidang militer karena material komposit memiliki sifat mekanik yang sangat baik [1]. Pada material komposit terdapat beberapa faktor penting yang dapat mempengaruhi sifat mekanik dari material komposit. Faktor yang mempengaruhi sifat mekanik material komposit diantaranya adalah jenis material yang digunakan, sudut orientasi serat, fraksi volume, dan jumlah lapisan material komposit.

Secara umum perlengkapan militer yang membutuhkan material tahan peluru yang baik dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) kategori yaitu pakaian, helm, kendaraan dan penguat *structural*. Penggunaan material komposit telah terbukti memberikan kinerja yang lebih unggul dibandingkan material logam, terutama untuk meningkatkan mobilitas personel pertahanan [2]. Salah satu keperluan pelindung yang digunakan personel pertahanan adalah pakaian pelindung berupa rompi anti peluru yang berguna untuk melindungi daerah vital dari tubuh personel pertahanan dan mengurangi resiko dari tembakan peluru yang ditimbulkan.

Pelindung tubuh berupa rompi anti peluru yang digunakan oleh personel pertahanan pada umumnya menggunakan panel yang terbuat dari material serat *aramid* (kevlar), namun material tersebut masih diperoleh dengan cara impor, oleh karena itu dilakukannya pemilihan material alternatif lain yang relatif sama dalam menahan beban dampak yang ditimbulkan oleh peluru. Material komposit yang sudah banyak diaplikasikan dalam dunia industri salah satunya material komposit yang diperkuat serat karbon karena komposit ini memiliki bobot yang ringan dan juga memiliki sifat mekanik yang sangat baik.

Sejauh ini pengujian balistik umumnya dilakukan secara eksperimen dan berulang untuk mendapatkan hasil yang diinginkan membuat metode eksperimen akan membutuhkan biaya yang tidak sedikit. Penelitian dengan menggunakan metode numerik tidak memerlukan alat uji yang mahal serta parameter dan batasan yang diberikan relatif konstan [3]. Maka dari itu penggunaan *software* berbasis *finite element analysis* dapat dimanfaatkan untuk memprediksi kemampuan dampak balistik pada material komposit.

2. Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh variasi ketebalan dan sudut orientasi komposit karbon-*epoxy* dalam menahan impak peluru.

3. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

Memodelkan komposit karbon-*epoxy* dengan menggunakan *software* berbasis *finite element analysis* untuk memperoleh variasi ketebalan dan sudut orientasi yang mampu menahan impak peluru dan mengetahui penyerapan energi kinetik yang dialami komposit.

4. Manfaat

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan hasil prediksi secara simulasi dan hasil visualisasi yang dapat digunakan sebagai data untuk diaplikasikan pada material dasar *body armor*.

5. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Simulasi menggunakan *software* Ansys Workbench,
- *Initial velocity* peluru konstan,
- Material komposit diasumsikan sempurna,
- Variasi sudut orientasi adalah [0/90] dan [± 45],
- Menggunakan jenis peluru level IIA 9 mm FMJ memiliki kecepatan awal 341 m/s mengacu pada NIJ Standard-0101.04.

6. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Bab ini berisi tentang materi yang berkaitan dengan topik penelitian, materi diambil dari jurnal atau buku teks dapat berupa teori, gambar atau tabel.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang diagram alir penelitian yang menjelaskan alur penelitian, peralatan penelitian berupa spesifikasi komputer yang digunakan untuk pengujian simulasi dan tahapan-tahapan yang diperlukan untuk penelitian ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang pembahasan hasil penelitian dan data-data yang telah didapatkan saat pengujian simulasi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan terhadap hasil penelitian dan saran dari hasil data yang dibahas pada bab sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. Yohannes Regassa, “*Modeling and Simulation of Bullet Resistant Composite Body Armor*,” *Global Journals Inc*, vol. 16, no. 3, 2016.
- [2] Mardiyati, “Komposit Polimer Sebagai Material Tahan Balistik,” *Jurnal Inovasi Pertahanan dan Keamanan*, vol. 1, no. 1, Feb. 2018.
- [3] Ismojo, R. Hafizh, and S. Dwita, “*Study Perbandingan Serat Jute Jawa dan Kevlar Sebagai Penguat Epoxy untuk Aplikasi Helm Anti Peluru Berdasarkan Analisis Numerik*,” *Teknik Mesin ITI*, vol. 4, no. 2, Jun. 2020.
- [4] H. Purnomo, F. H. M. Saleh, J. Sulistio, and F. Kurnia, *Sejarah dan perancangan body armor*, 1st ed. Yogyakarta: Universitass Islam Indonesia, 2018.
- [5] E. Sutikno, “Analisa Komposit Epoxy-Hgm-Serat Rami Woven Sebagai Panel Anti Peluru Senjata Api Laras Panjang (*Assault Rifle*),” 2021, [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/id/eprint/60983>
- [6] El Messiry and Magdi, *Protective Armor Engineering Design*. Canada: Apple Academic Press, 2020.
- [7] M. S. Fadly, A. Purnowidodo, and P. H. Setyarini, “*Deformation and Energy Absorption of Fiber Metal Laminates (FMLS) After Ballistic Impact Load*,” *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta*, vol. 5, Nov. 2019, doi: 10.28989/senatik.v5i0.361.
- [8] Sulistjiono, *Mekanika Material Komposit*, 1st ed. Surabaya: ITS Press, 2012.
- [9] L. Kano Mangalla and B. Sudia, “Ijuk Pohon Aren dan Resin Polyester Terhadap Kemampuan Meredam Suara,” *Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo*, vol. 3, no. 2, 2018, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.55679/enthalpy.v3i2.4213>
- [10] I. Pangestu Purna, “Analsis Distribusi Tegangan *Monocoque Chassis* pada Mobil Hemat Energi dengan Material *Carbon Fiber Honeycomb Core*,” 2021. [Online]. Available: <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/12791>
- [11] A. Widjayarto, “Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Komposit (Serat Gelas-E, Resin Justus 157),” 2019. [Online]. Available: <http://repository.usd.ac.id/id/eprint/34345>
- [12] R. A. Prasetya, “Pengaruh *Anhydride* Terhadap Sifat Mekanik, Stabilitas Termal, dan Konduktivitas Listrik Komposit Epoksi/Tea/Mah/Grafit Sebagai Kandidat Lapisan Komposit Konduktif pada Pesawat Terbang,” 2020. [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/id/eprint/1631>
- [13] P. Ardiyanto, “Analisa Pengaruh Ketebalan Inti (*Core*) *Polyurethane* Terhadap Karakteristik Bending Komposit *Sandwich*,” 2014. [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/id/eprint/63178>

- [14] H. Sutanto, "Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Kekuatan Bending dan Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Eceng Gondok–Tebu dengan Matrik *Epoxy*," 2021. [Online]. Available: <http://lib.unnes.ac.id/id/eprint/42771>
- [15] M. Asep Ardi, M. Permana Satya, and L. Banowati, "Pengaruh Parameter Proses Manufaktur Terhadap Karakteristik Komposit Berpenguat Serat Karbon/*Epoxy*", [Online]. Available: <http://repository.unpas.ac.id/45531/>
- [16] W. D. Callister, *Materials Science and Engineering, An Introduction*, 7th ed. New York: John Wiley & Sons, 2007.
- [17] T. Purno Basworo, "Pengaruh Variasi Prosentase Volume Serat pada Sifat Fisis dan Mekanis Komposit (Arindo 3210 dan Serat E-Glass)," 2019. [Online]. Available: <http://repository.usd.ac.id/id/eprint/34338>
- [18] S. Titik Dwiwati, "Pengaruh Kadar Hardener Terhadap Kualitas Produk Pengecatan Plastik," *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, vol. 2, no. 2, Oct. 2015, doi: <https://doi.org/10.21009/JKEM.2.2.2>.
- [19] R. Sidik, "Studi Pengaruh Penambahan *Polypropylene* dan *Low Density Polyethylene* Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik *Wood Plastic Composite* untuk Aplikasi Genteng Ramah Lingkungan," 2018. [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/id/eprint/53255>
- [20] A. Wellinton, "Analisis Komposit *Epoxy*-Hgm-Serat Sisal *Woven* Sebagai Bahan Alternatif Rompi Anti Peluru," 2021. [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/id/eprint/60926>
- [21] G. Wicaksana, G. Santoso, and Sugiharto, "Analisis Distribusi Tegangan pada Percabangan Pipa 90° Akibat Beban Lentur." [Online]. Available: <http://repository.unpas.ac.id/id/eprint/57050>
- [22] A. Mochammad, "Analisa *Impact* pada Variasi Profil Bumper *Reinforcement Beam* Komposit *Epoxy* HGM Menggunakan *Software Finite Element*," 2019. [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/id/eprint/72347>
- [23] M. K. Bhuarya, M. S. Rajput, and A. Gupta, "*Finite Element Simulation of Impact on Metal Plate*," in *Procedia Engineering*, 2017, vol. 173, pp. 259–263. doi: 10.1016/j.proeng.2016.12.009.
- [24] ANSYS, "ANSYS Explicit Dynamics Analysis Guide," 2020.
- [25] A. Pratama, "Studi Pengaruh Orientasi Serat pada Komposit Balistik Berbahan Serat Rami (*Boehmeria Nivea*) dan Serat Pisang Abaka (*Musa Textilis*) Terhadap Redaman Energi Impak Proyektil," 2018. [Online]. Available: <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/8643>
- [26] S. Rajole, K. S. Ravishankar, and S. M. Kulkarni, "*Performance study of jute-epoxy composites/sandwiches under normal ballistic impact*," *Defence Technology*, vol. 16, no. 4, pp. 947–955, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.dt.2019.11.011.

- [27] A. Abdulkareem Abdulrazzaq Al-Humdany, A. Jawad Talib Abodi, and S. Mahdi Ali, "Impact Stress Analysis of Carbon/Epoxy Composite Plate," *Journal University of Kerbala*, vol. 15, no. 4, 2017.
- [28] D. A. Addisu, "Analysis of Kevlar/Epoxy Composite Plate Subjected to Ballistic Impact for Body Armor," 2020. [Online]. Available: <http://ir.bdu.edu.et/handle/123456789/12805>
- [29] Y. Mishra, N. Haresh Kumar, and I. Infanta Mary Priya, "Simulation of high velocity impact test on GFRP," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Sep. 2020, vol. 912, no. 5. doi: 10.1088/1757-899X/912/5/052004.
- [30] Y.-A. Kim, K. Woo, W.-Y. Yoo, I.-G. Kim, and J.-H. Kim, "High velocity Impact Analysis of Carbon/Epoxy Composite Laminates," *Journal of The Korean Society for Composite Materials*, vol. 25, no. 6, pp. 191–197, Dec. 2012, doi: 10.7234/kscm.2012.25.6.191.

