

PENGARUH KETEBALAN TERHADAP DAYA SERAP ENERGI IMPAK PADA ROMPI ANTI PELURU YANG TERBUAT DARI KOMPOSIT HGM-EPOXY DAN SERAT KARBON

Muhammad Anhar Pulungan¹, Sutikno²

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Aceh Selatan

²Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

email : anhar@poltas.ac.id, sutikno.its@gmail.com

Abstract

Bulletproof vests are clothing that commonly used to protect military personnel from projectile attacks and explosion material distributions. In this study the bulletproof vests were made of composite particles composed of an epoxy matrix with a Hollow Glass Microsphere (HGM) amplifier and carbon fiber. The study was conducted by doing simulation analysis using Finite Element Method in accordance with NIJ (National Institute of Justice) of American Standard 0101.06 for class IIIA weapons category. The thickness of bulletproof vest was varied from 1 to 20 mm in order to obtain the optimal thickness. After obtaining optimal thickness of the bulletproof vest, then verification with experimental will be done to validate the simulation result. The results showed that the increase in the thickness has increase the toughness and rigidity of a bulletproof vest. A bulletproof vest with a thickness of 20 mm able to absorb bullet energy of 348.27 Joule and kinetic energy which passed the body of 138, 77 Joule with a penetration depth of 5.54 mm. Thus, it has met the NIJ Standard 0101.06 standard of U.S. The energy passed to the body is smaller than 170 Joule.

Keywords: bulletproof vests, epoxy matrix, Hollow Glass Microsphere (HGM), carbon fiber and impact energy

1. Pendahuluan

Rompi anti peluru banyak digunakan oleh personil militer, untuk menjaga keselamatan dari serangan proyektil dan sebaran material ledakan. Rompi anti peluru mencegah perpindahan energi dari proyektil terhadap tubuh khususnya di bagian dada, perut, dan punggung. Beberapa penelitian mengenai bahan pengganti logam yang tahan terhadap sifat kuat dan tekan telah dilakukan. Fachmi Yuni Arista (2013), melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan Hollow Glass Microsphere(HGM) terhadap sifat fisik dari komposit dengan *matrix epoxy*. Bahan penelitian yang digunakan adalah *epoxy resin adhesives* dan HGM jenis IM30K dengan perbandingan 1:3. Hasil penelitian tersebut diketahui bahwa dengan presentase 15-20% komposit partikel memiliki kekuatan tekan yang tinggi. Penelitian tentang temperatur *curing* dan *post-curing* terhadap karakteristik tekan komposit *epoxy-hollow glass microspheres* IM30K juga telah dilakukan oleh Widyansyah Ritonga (2014). Pada penelitian ini dilakukan variasi fraksi volume, penambahan fraksi volume HGM 15% hingga 16% pada *epoxy* dengan respon ketangguhan. Hasil penelitian menunjukkan nilai ketangguhan maksimum adalah sebesar $21,54 \times 10^{-3} \text{J/mm}^3$ didapatkan pada penambahan fraksi volume HGM sebesar 16%.

Hindun (2015), melakukan penelitian mengenai analisa komposit matriks *epoxy* dengan Penguat

HGM untuk membuat bumper depan kendaraan. Penelitian dilakukan membuat 5 (lima) model bumper dengan ketebalan 8 mm. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata penyerapan energi kinetik untuk HGM-*epoxy* sebesar 86,39%. Pada tahun yang sama Zahrah Lutfianisa Q, melakukan penelitian tentang analisa kemampuan rompi anti peluru yang terbuat dari komposit HGM 16% dalam menyerap energi akibat impak proyektil. Hasil penelitian menunjukkan pada ketebalan 25 mm anti peluru mampu menyerap energi kinetik peluru sebesar 149,5 Joule.

Penelitian tentang pengaruh serat karbon terhadap energi impak rendah telah dilakukan oleh W. A. de Morais, dkk. (2003). Pada penelitian ini membahas tentang pengaruh serat yang digunakan sebagai penguat dalam material komposit resin matriks. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit serat karbon memiliki kinerja yang lebih baik dari pada serat kaca dan kevlar komposit. Perilaku ini sebagian disebabkan oleh penyerapan energi elastis yang lebih tinggi dari serat karbon yang menunda penyebaran delaminasi.

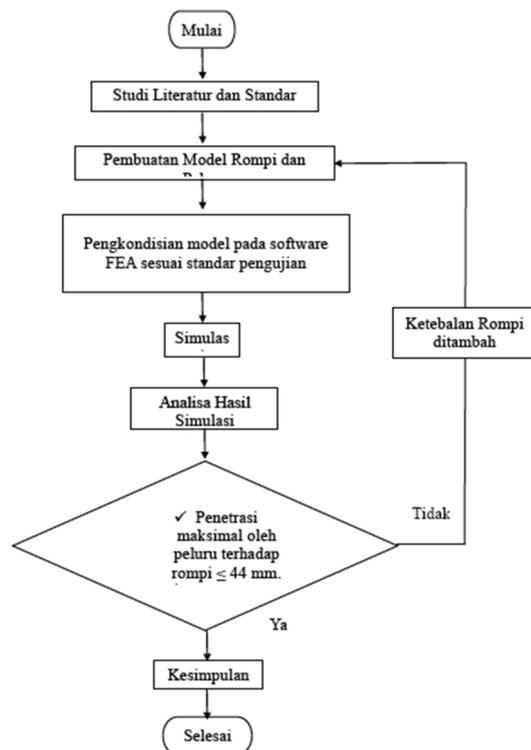
Henry A. Maples dkk, (2014), melakukan penelitian tentang kualitas serat karbon komposit yang diperkuat epoxy dengan kekakuan terkendali. Penelitian dilakukan dengan menginvestigasi sudut yang terjadi pada serat karbon yang digunakan serta menyelidiki sifat mekanik dari serat karbon. Hasil penelitian menunjukkan sifat tekan dan tarik berkurang secara

signifikan pada 120⁰ C karena adanya *interleaves polystyrene* melunak. Hasil tes kekuatan lentur pada 20⁰ C menunjukkan bahwa ada kebutuhan untuk perbaikan *adhesi* antara *polystyrene* dan serat karbon dengan *epoxy*.

M Guden dkk. (2011) menganalisa kemampuan model rompi anti peluru untuk menyerap energi akibat *impact ballistic* proyektil. Model yang diuji terbuat dari komposit dan serat karbon. Pengujian dilakukan dengan menggunakan AP Projectile type M61 berukuran 7,62 x 51 mm pada jarak penembakan sejauh 15 m, kecepatan awal pelontaran sebesar 800 m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit tanpa sisipan dan yang disisipi oleh rubber mengalami peningkatan energi kinetik yang hampir sama. Dengan sisipkan aluminium *foam* dan *teflon*, energi kinetik yang timbul tertunda serta mampu mengurangi energi kinetik secara drastis pada kedua model tersebut. Dari latar belakang yang sudah dijabarkan maka pada penelitian ini akan dilakukan investigasi mengenai penyerapan energi impak dan mereduksi bobot pada rompi anti peluru oleh beban balistik impak proyektil yang menggunakan komposit partikel yang terbuat dari serat karbon dan HGM 16 % dengan *matrix epoxy*.

2. Metodologi Penelitian

Adapun metodologi dari penelitian ini adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 2.1. Diagram alir simulasi

Tabel 2.1 Properties Material Peluru

Model	massa	Modulus Young	Poisson ratio
Peluru	8.1 g	200000 MPa	0.3

Sumber : NIJ 0101.06

Standar Pengujian

Tabel 2.2 Standar Pengujian NIJ Standard 0101.06

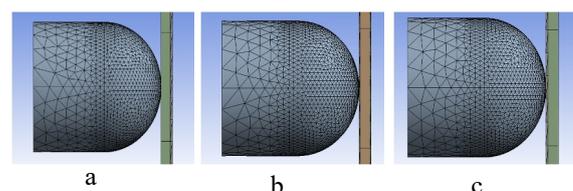
BulletProof vest Type	Weapons	Test Variables			Performance Requirements
		Test Ammunition	Nominal Bullet Mass	Minimum Required Bullet Velocity	Maximum Depth of Deformation
III-A		44 Magnum Lead SWC	15.5 gram	426 m/s	44 mm
		9 mm FMJ	8.1 gram	426 m/s	44 mm

Tabel 2.2 menunjukkan standar pengujian NIJ Standard 0101.06. Penelitian ini menggunakan tipe III-A untuk *test ammunition* sebesar 9 mm FMJ, nominal *bullet mass* sebesar 8,1g, minimum *required bullet* sebesar 426 m/s dan maksimum *depth of deformation* sebesar 44 mm.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pemodelan tentang rompi anti peluru dengan menggunakan bahan material komposit terhadap energi kinetik, energi internal, energi panas dan penetrasi. Ketebalan material rompi anti peluru divariasikan berkisar antara 1-20 mm dengan kelipatan 5 mm setiap pengujian dan properties rompi anti peluru dengan 16% HGM dan serat karbon.

Hasil penelitian awal pada 1 mm untuk mengamati pengaruh penambahan serat karbon pada posisi depan, tengah dan belakang HGM untuk menjadi referensi sebagai susunan HGM dan serat karbon yang akan dipakai pada penelitian ini.



Gambar 3.1 Posisi serat karbon.

(a) Posisi Depan, (b) Posisi Tengah, (c) Posisi Belakang.

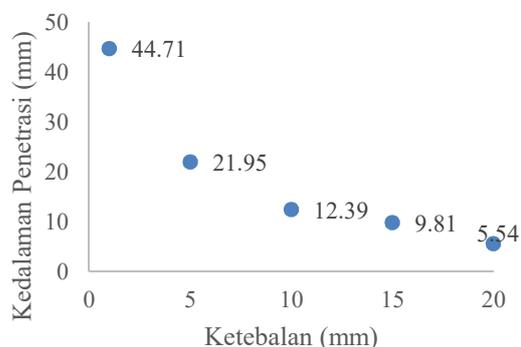
Tabel 3.1 Penyerapan energi rompi tebal 1 mm

No	Ep (J)	Ek (J)	Eint (J)	E total (J)	Shear Stress (Pa)	Strain (J)	Eq. Stress (Pa)	Penyerapan Energi (%)
Depan	528,37	328,10	159,16	487,26	$857,24 \times 10^6$	0,85977	$314,03 \times 10^7$	02,21 %
Tengah	528,37	296,90	214,39	511,29	$359,63 \times 10^6$	0,80392	$142,82 \times 10^7$	06,76 %
Belakang	528,37	270,99	251,99	522,98	$137,97 \times 10^6$	0,76509	$283,73 \times 10^6$	09,62 %

Sumber: Hasil pengujian

Tabel 3.1 menunjukkan bahwa ketebalan rompi 1 mm dengan posisi serat karbon dibelakang HGM lebih baik dalam menyerap energi peluru dengan energi internal dan energi kinetik sebesar 251,99 dan 270,99 Joule. Rompi 1 mm dengan posisi serat karbon dibelakang lebih baik dibandingkan dengan posisi serat karbon didepan maupun ditengah HGM. Hal ini disebabkan oleh propertis HGM baik dalam menyerap energi yang diakibatkan dampak dari peluru. Energi dampak dari peluru pada awal tumbukan disebarkan secara baik oleh HGM jika dibandingkan oleh serat karbon. Hal ini terlihat dari luasan yang terpengaruh oleh gaya dampak pada HGM lebih luas dari pada serat karbon. Energi dampak sisa dari peluru setelah bertumbukan dengan HGM kemudian diterima oleh serat karbon. Energi dampak sisa pada serat karbon tidak tersebar merata seperti pada HGM, namun terpusat pada satu titik. Hasil dari penelitian awal ini menjadi referensi.

Energi kinetik yang disebabkan oleh peluru pada rompi menyebabkan kecepatan peluru terjadi penurunan. Akibat dari penurunan kecepatan tersebut maka peluru untuk menembus rompi juga berkurang, sehingga kedalaman untuk penetrasi juga berkurang seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2 dan tabel 3.1. menunjukkan penurunan penetrasi peluru terhadap variasi ketebalan rompi.



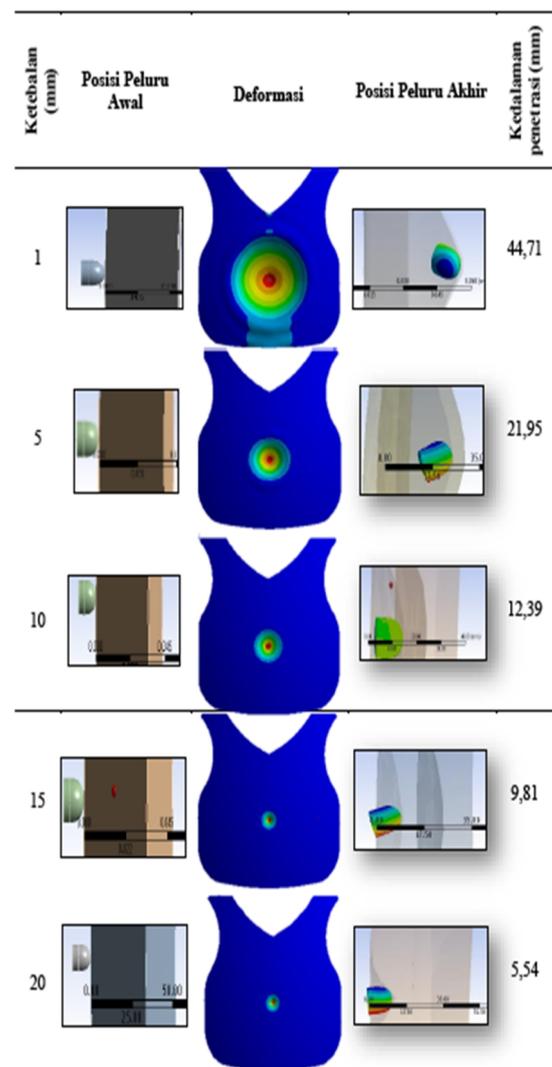
Gambar 3.2 Grafik penurunan penetrasi peluru terhadap ketebalan

Gambar 3.2 menunjukkan bahwa semakin bertambah ketebalan rompi, maka kemampuan peluru untuk berpenetrasi ke rompi juga semakin berkurang. Standar NIJ Standard 0101.06 dari U.S.

Department of Justice menyatakan deformasi maksimum yang dibutuhkan agar rompi anti peluru dapat digunakan dengan baik adalah sebesar 44 mm. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada ketebalan 1 mm peluru mampu menembus rompi sejauh 44,71 mm, sedangkan untuk ketebalan 5, 10, 15, dan 20 mm kedalaman deformasi menjadi berkurang kurang berturut sebesar 21,95, 12,39, 9,81 dan 5,54mm.

Hasil simulasi juga menunjukkan mulai ketebalan 5 mm kedalaman deformasi yang disebabkan oleh peluru lebih kecil dari 44 mm. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa rompi dengan ketebalan 5, 10, 15 dan 20 mm telah memenuhi standar NIJ Standard 0101.06 dari U.S. Department of Justice. Penurunan penetrasi diakibatkan karena sifat properties material HGM dan serat karbon yang kuat, ketangguhan dan kekakuan yang baik sehingga penetrasi berkurang seiring dengan bertambahnya ketebalan dari rompi anti peluru.

Tabel 3.2 Kedalaman penetrasi peluru pada rompi anti peluru



4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kombinasi serat karbon dan HGM dapat mengurangi penetrasi pada rompi anti peluru. Penurunan penetrasi diakibatkan karena sifat material HGM dan serat karbon yang kuat; ketangguhan dan kekakuan yang baik. Penetrasi umumnya berkurang seiring dengan bertambahnya ketebalan dari rompi anti peluru. Rompi anti peluru dengan ketebalan 20 mm mampu menyerap energi peluru sebesar 348.27 Joule dan energi kinetik yang melewati sebesar 138, 77 Joule dengan kedalaman penetrasi 5,54 mm. Energi yang dilewatkan ke tubuh lebih kecil dari 170 Joule.

Daftar Pustaka

- [1] A.Tasdemirci, G. Tunusoglu, M.Güden, 2011, "The effect of the inter layer on the ballistic performance of ceramic/composite armors: Experimental and numerical study", *International Journal of Impact Engineering*, Vol. 44, Hal. 1-9, Desember.
- [2] Arista, F., Y., 2013. "Pengaruh penambahan HGM terhadap sifat fisik dari komposit dengan matrix epoxy". Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [3] Hindun, 2015, "Analisa Komposit Matriks Epoxy dengan Penguat HGM Untuk Pembuatan Bumper Depan Kendaraan". Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [4] Lutfianisa, Z., Q., 2015, "Analisa Kemampuan Rompi Anti Peluru yang Terbuat dari Komposit HGM 16% dalam Menyerap Energi Akibat *Impact* Proyektil". Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [5] Mazumdar, Sanjay K., "Composites Manufacturing" CRC Press: United Kingdom. National Institute of Justice, Development and Evaluation agency of the United States Department of Justice, NIJ 0101.06
- [6] Nafi', Ni'man., 2015, "Pengaruh Kandungan Partikel dan Serat serta Orientasi Serat Terhadap Kekuatan Impak Komposit Serat Karbon-Serbuk Genteng Sokka Bermatrik Phenolic.