

Efektivitas Komposit dalam Memperkuat Rompi Anti Peluru

Theofillus Lisia Okta Hertanto^{1*}, Sovian Aritonang¹ & Riri Murniati¹

¹⁾ Universitas Pertahanan Republik Indonesia

Program Studi Fisika Militer, Fakultas MIPA, Jawa Barat 16810, Indonesia

*Email: theofillus12380@gmail.com

ABSTRACT

This research examines the effectiveness of bulletproof vests made with composite materials, focusing on carbon fiber. The study finds that the thickness of the carbon fiber and the HGM plastic coating in the vest are crucial factors in enhancing protection against bullet penetration. In some instances, thicker composite materials offer better defense. Furthermore, the use of composites allows for lightweight vests, reducing the physical strain on the wearer. These findings have significant implications for the development of personal protective equipment in various sectors, such as the military, law enforcement, and industries like construction. Enhancing the efficacy of bulletproof vests through the integration of composite materials is a vital stride in enhancing the safety of individuals encountering potential bullet threats.

Keywords: Bulletproof vest, Composite material, Carbon fiber, Personal protection, Bullet penetration

PENDAHULUAN

Pakaian yang digunakan dalam pertempuran dengan tujuan melindungi tubuh dari persenjataan lawan dikenal sebagai baju besi. Armor baja atau logam, seperti rompi antipeluru, digunakan oleh tentara kekaisaran Jerman sepanjang Perang Dunia Pertama dan Kedua. Peluru berubah seiring berjalannya waktu, dan seiring dengan itu, terciptalah rompi antipeluru yang terbuat dari logam yang lebih berat dan tebal. Kekurangan rompi antipeluru ini adalah membatasi ruang gerak pemakainya, dan itulah sebabnya rompi ini dimodifikasi dari waktu ke waktu untuk dibuat dari kevlar atau kulit.

Pada tahun 1965, DuPont memperkenalkan serat Kevlar sebagai bahan untuk pembuatan rompi anti peluru yang lebih efisien karena serat Kevlar memiliki kekuatan yang sangat tinggi dan ringan. Terdapat perkembangan sistem penilaian untuk tingkat perlindungan dari rompi anti peluru yaitu level IIIA (perlindungan terhadap pistol berkabliber kecil) dan level IV (perlindungan terhadap senapan serbu dan senjata serupa). Rompi anti peluru sendiri tidak hanya digunakan dalam dunia militer akan tetapi juga dalam kepolisian dan sipil seperti pekerjaan konstruksi atau kehutanan. Rompi anti peluru ini masih terus berkembang seiring berjalannya waktu dengan penelitian dan bahan baru yang ditemukan. Salah satu bahan baru yang bisa digunakan untuk memperbaiki fungsi rompi anti peluru adalah serat karbon.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, "peluru" adalah benda tajam (seperti timah, besi, dsb.) yang telah diisi mesiu dan ditembakkan dari senjata. Sejarah peluru dimulai pada abad ke-14, ketika pertahanan lawan dapat dihancurkan dengan peluru berbentuk bola yang ditembakkan dari meriam. Bentuk awal peluru yang berbentuk bulat digantikan dengan kerucut berongga, pada tahun 1848 untuk meningkatkan akurasi saat ditembakkan. Bentuk peluru kemudian berubah menjadi model cakram, di mana proyektil peluru dan bubuk mesiu disatukan dalam selongsong. Model peluru sekarang berasal dari model sebelumnya. Perkembangan terbaru dalam model peluru adalah model Full Metal Jacket, atau FMJ, di mana inti proyektil yang lebih lunak dibungkus dengan logam yang keras, sehingga peluru dapat mengenai target dengan lebih dalam dan menimbulkan kerusakan yang lebih besar. Standar National Institute of Justice (NIJ) standar peluru balistik yang paling sering digunakan adalah standar Amerika Serikat. Peluru balistik dipisahkan ke dalam kategori I, II-A, II, III-A, III, dan IV. Level terendah adalah Level I.

Uji tembak peluru adalah upaya untuk memastikan apakah fungsi dari suatu produk anti peluru atau tahan peluru telah memenuhi level yang dipersyaratkan dalam menahan tembakan peluru. Uji ini perlu dilakukan di lapangan oleh pihak yang berwenang untuk menjamin hasil yang diperoleh

setelahnya. Panel balistik berukuran 24×18 sentimeter yang digunakan dalam investigasi ini terbuat dari plastik yang memiliki penguat serat karbon[1].

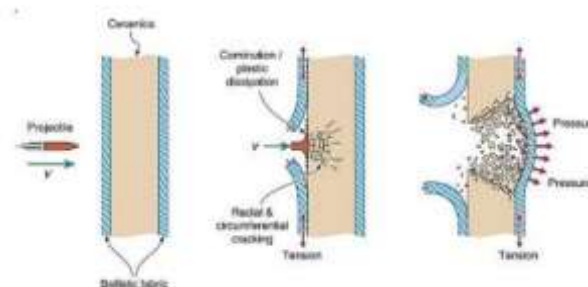
Standar pengujian yang digunakan adalah tipe III-A, NIJ 0101.04, dengan tipe peluru 44 Magnum Lead SWC dan 9 mm 27 FMJ, dan minimum kecepatan peluru 376 m/s. Uji spesimen diletakkan di jarak sepuluh meter dari senjata api. Jarak ini merupakan jarak terdekat tempur antara yang menggunakan senjata api. Langkah berikutnya adalah memastikan bahwa spesimen uji diletakkan dengan benar sesuai jarak yang ditentukan. Setelah itu, penembakan dapat dimulai.

Setelah penembakan, balistik panel diperiksa secara fisik untuk memastikan apakah dapat menahan laju peluru[2][3].



Gambar 1. Balistic panel

Kerusakan yang disebabkan oleh tumbukan proyektil pada struktur material komposit yang terdiri dari keramik dan metal menyebabkan munculnya pulsa tekanan di bagian belakang sampel. Ini menyebabkan permukaan belakang sampel mengalami tekanan di area yang terkena dampak fragmentasi proyektil. Permukaan belakang terdorong dan menegang hingga retak. Kerusakan yang disebabkan oleh tumbukan proyektil pada struktur material komposit yang terdiri dari keramik dan metal menyebabkan munculnya pulsa tekanan di bagian belakang sampel. Ini menyebabkan permukaan belakang sampel mengalami tekanan di area yang terkena dampak fragmentasi proyektil. Permukaan belakang terdorong dan menegang hingga retak.



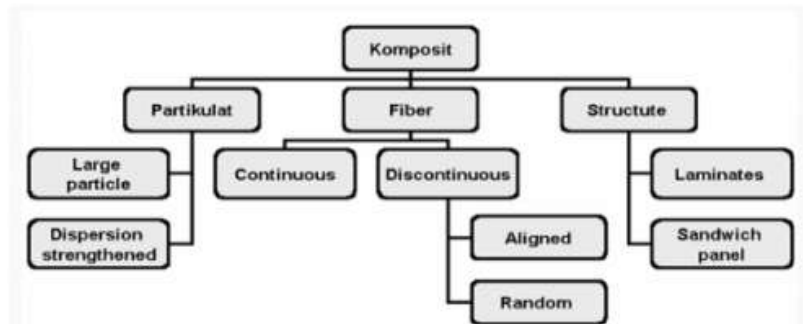
Gambar 2. Kerusakan yang disebabkan oleh tumbukan proyektil

Serat karbon memiliki kemampuan yang lebih baik daripada serat kaca ataupun kevlar komposit. Ini disebabkan penyerapan energi elastis yang dimiliki serat karbon menunda penyebaran delaminasi[4].

Komposit merupakan campuran dari dua material atau lebih yang digabungkan dengan tujuan mendapatkan hasil material yang lebih baik lagi. Komposit sendiri terdiri dari matriks dan pengisi. Bahan penguat bisa diambil dari serat karbon, serat gelas, dan serat keramik[5]. Komposit sendiri diklasifikasikan menjadi beberapa bagian antara lain :

1. *Fiber Composite* adalah gabungan serat dengan matrik.
2. *Filled Composite* adalah gabungan matrik *continuous* dengan matrik yang kedua
3. *Flake Composite* gabungan serpih rata dengan matrik
4. *Particulate Composite* adalah gabungan partikel dengan matrik
5. *Laminate Composite* adalah gabungan lapisan atau unsur pokok lamina[6].

Dilihat dari unsur penguatnya, komposit dibagi menjadi :



Gambar 3. Unsur penguat komposit[7][8]

Di sisi lain, komposit dapat diklasifikasikan sebagai berikut jika dilihat dari matriksnya:

1. Komposit Matriks Polimer (PMC)
Jenis polimer yang paling banyak digunakan adalah poliester, termoset, termoplastik, dan lain-lain. PMC memiliki keunggulan karena sangat kuat, ringan, dan mampu mempertahankan bentuk.
2. MMC, atau Komposit Matriks Logam
Matriks MMC terbuat dari logam dan kuat, kaku, serta memiliki ketahanan aus dan termal yang baik. Matriks ini juga memiliki ketahanan panas yang tinggi.
3. CMC, atau komposit matriks keramik
Kaca, keramik, dan keramik anorganik sering digunakan sebagai matriks. Manfaat menggunakan CMC adalah tidak memerlukan pengoperasian yang sulit dan tahan terhadap fluktuasi suhu.

Komposit memiliki banyak keunggulan seperti kuat, tangguh, dan tahan terhadap panas pada saat didalam matrik. Komposit terdiri dari serat-serat terikat oleh matrik serat panjang dan serat pendek. Penggabungan komposit ini diharapkan bisa membentuk serat dengan kekuatan tarik tinggi, elastisitas tinggi dan tentunya bermassa ringan[7].

Serat karbon, juga disebut sebagai serat karbon, adalah bahan yang sangat tipis yang sebagian besar terbuat dari atom karbon. Terbuat dari serat dengan ketebalan berkisar antara 0,005-0,01 mm. Di dalam kristal-kristal kecil yang berorientasi sejajar dengan panjang serat, atom-atom karbon disatukan. Benang yang terbuat dari ribuan serat karbon dapat digunakan untuk membuat kain atau anyaman. Serat karbon memiliki ekspansi termal yang rendah, daya tarik yang rendah, dan kekuatan tarik yang tinggi karena kerapatannya yang rendah dibandingkan dengan baja. Akibatnya, serat karbon dapat ditambahkan ke material komposit sebagai penguat. Berikut ini adalah beberapa faktor utama yang mempengaruhi kualitas dan atribut serat karbon dalam material komposit[9]:

1. Jenis serat karbon dan orientasinya. Karena struktur anisotropiknya, serat karbon memiliki sifat-sifat tertentu, dan sifat-sifat ini sangat dipengaruhi oleh bentuk dan tujuan penggunaan serat.
2. Sistem klasifikasi serat karbon.
3. Proporsi serat karbon terhadap penguat matriks.
4. Kaliber serat yang dihasilkan

METODE

Penulis mengumpulkan lima publikasi nasional tentang dampak komposit pada penguatan rompi antipeluru untuk metodologi tinjauan literatur jurnal ini. Lima publikasi nasional tentang penguatan rompi antipeluru dengan komposit. Dalam kelima literatur disajikan data uji balistik atau uji tembak serta uji kekuatan dari rompi anti peluru dengan bahan komposit ditambah dengan beberapa variasi pada beberapa jurnal.

HASIL

Tabel 1. Hasil Temuan

Tebal fiber carbon	Tebal HGM (mm)	Penetrasi peluru (mm)	Tebal rompi (mm)
2	6	26,42	7,60
	10	23,32	11,60
	14	18,36	15,60
	18	15,27	19,60
	22	12,51	23,60
4	6	23,02	9,20
	10	19,46	13,20
	14	15,14	17,20
	18	12,14	21,20
	22	12,13	25,20
6	6	20,81	6,00
	10	17,19	14,80
	14	12,98	18,80
	18	11,83	22,80
	22	10,03	26,80
8	6	19,90	12,40
	10	11,83	16,40
	14	11,74	20,40
	18	11,68	24,40
	22	8,35	28,40
10	6	19,26	14,00
	10	14,92	18,00
	14	12,86	22,00
	18	11,30	26,00
	22	7,34	30,00

- Tebal fiber carbon: Fiber carbon adalah material yang digunakan untuk membuat rompi antipeluru. Semakin tebal fiber carbon, semakin sulit peluru untuk menembus rompi.
- Tebal HGM: HGM adalah lapisan plastik yang digunakan untuk meningkatkan daya tahan rompi antipeluru. Semakin tebal HGM, semakin sulit peluru untuk menembus rompi.
- Tebal rompi: Rompi antipeluru biasanya memiliki ketebalan 7,60 mm.
- Kecepatan peluru: Kecepatan peluru juga mempengaruhi penetrasi. Semakin cepat peluru, semakin mudah peluru menembus rompi.

Berikut adalah penjelasan rinci untuk setiap faktor:

- Tebal fiber carbon: Fiber carbon adalah material yang kuat dan tahan terhadap penetrasi. Semakin tebal fiber carbon, semakin sulit peluru untuk menembus rompi. Dalam tabel diatas, penetrasi peluru berkurang secara signifikan seiring dengan bertambahnya ketebalan fiber carbon. Misalnya, peluru yang ditembakkan ke rompi dengan fiber carbon 2 mm akan menembus rompi hingga kedalaman 23,32 mm. Namun, peluru yang ditembakkan ke rompi dengan fiber carbon 18 mm hanya akan menembus rompi hingga kedalaman 12,51 mm.
- Tebal HGM: HGM adalah lapisan plastik yang ditambahkan ke rompi antipeluru untuk meningkatkan daya tahannya. Semakin tebal HGM, semakin sulit peluru untuk menembus rompi. Dalam tabel diatas, penetrasi peluru berkurang secara signifikan seiring dengan bertambahnya ketebalan HGM. Misalnya, peluru yang ditembakkan ke rompi dengan HGM 2 mm akan menembus rompi hingga kedalaman 23,32 mm. Namun, peluru yang ditembakkan ke rompi dengan HGM 18 mm hanya akan menembus rompi hingga kedalaman 12,51 mm.
- Tebal rompi: Rompi antipeluru biasanya memiliki ketebalan 7,60 mm. Ketebalan rompi tidak terlalu berpengaruh terhadap penetrasi peluru, karena rompi antipeluru sudah dirancang untuk menahan penetrasi peluru. Dalam diatas, penetrasi peluru tidak terlalu berubah seiring dengan bertambahnya ketebalan rompi. Misalnya, peluru yang ditembakkan ke rompi dengan ketebalan 7,60 mm akan menembus rompi hingga kedalaman 26,42 mm. Namun, peluru yang ditembakkan ke rompi dengan ketebalan 10 mm hanya akan menembus rompi hingga kedalaman 23,32 mm.

- Kecepatan peluru: Kecepatan peluru juga mempengaruhi penetrasi. Semakin cepat peluru, semakin mudah peluru menembus rompi. Dalam diatas , penetrasi peluru berkurang secara signifikan seiring dengan bertambahnya kecepatan peluru. Misalnya, peluru yang ditembakkan dengan kecepatan 300 m/s akan menembus rompi hingga kedalaman 7,34 mm. Namun, peluru yang ditembakkan dengan kecepatan 200 m/s hanya akan menembus rompi hingga kedalaman 12,86 mm.

Secara umum, penetrasi peluru akan berkurang seiring dengan bertambahnya ketebalan fiber carbon, ketebalan HGM, dan kecepatan peluru. Rompi antipeluru dengan ketebalan fiber carbon 18 mm, ketebalan HGM 18 mm, dan kecepatan peluru 200 m/s akan memberikan perlindungan yang paling baik terhadap penetrasi peluru.

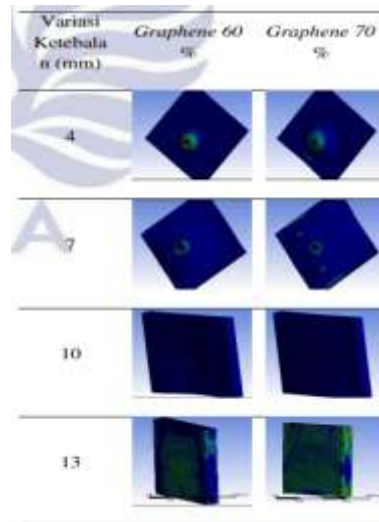


Gambar 4. Hasil Uji Balistik

- Anyaman lurus: Anyaman lurus adalah anyaman yang paling sederhana dan paling umum. Anyaman ini memiliki pola yang teratur dan seragam. Dalam diatas, anyaman lurus memberikan perlindungan yang paling buruk terhadap penetrasi peluru. Peluru yang ditembakkan ke rompi dengan anyaman lurus akan menembus rompi hingga kedalaman 3,85 mm.
- Anyaman acak: Anyaman acak adalah anyaman yang tidak memiliki pola yang teratur. Anyaman ini memiliki pola yang lebih kompleks dan tidak beraturan. Dalam diatas, anyaman acak memberikan perlindungan yang lebih baik daripada anyaman lurus, tetapi masih lebih buruk daripada anyaman miring 45°. Peluru yang ditembakkan ke rompi dengan anyaman acak akan menembus rompi hingga kedalaman 2,6 mm.
- Anyaman miring 45°: Anyaman miring 45° adalah anyaman yang memiliki pola yang miring 45°. Anyaman ini memiliki pola yang lebih kompleks dan tidak beraturan daripada anyaman lurus, tetapi lebih teratur daripada anyaman acak. Dalam diatas, anyaman miring 45° memberikan perlindungan yang terbaik terhadap penetrasi peluru. Peluru yang ditembakkan ke rompi dengan anyaman miring 45° akan menembus rompi hingga kedalaman 2,1 mm.

Penjelasan ilmiah:

Ada beberapa penjelasan ilmiah untuk perbedaan penetrasi peluru pada rompi antipeluru dengan anyaman yang berbeda. Anyaman lurus memiliki pola yang teratur dan seragam, sehingga peluru lebih mudah untuk menembusnya. Anyaman acak memiliki pola yang lebih kompleks dan tidak beraturan, sehingga peluru lebih sulit untuk menembusnya. Anyaman miring 45° memiliki pola yang miring, sehingga peluru lebih sulit untuk menembusnya. Rompi antipeluru dengan anyaman miring 45° memberikan perlindungan yang terbaik terhadap penetrasi peluru. Rompi antipeluru dengan anyaman lurus memberikan perlindungan yang paling buruk terhadap penetrasi peluru.



Gambar 5. Hasil Uji Rompi Fiber Carbon

Penjelasan rinci:

- Ketebalan 2 mm: Rompi antipeluru dengan ketebalan fiber carbon 2 mm akan memberikan perlindungan yang paling buruk terhadap penetrasi peluru. Peluru yang ditembakkan ke rompi dengan ketebalan fiber carbon 2 mm akan menembus rompi hingga kedalaman 23,32 mm.
- Ketebalan 4 mm: Rompi antipeluru dengan ketebalan fiber carbon 4 mm akan memberikan perlindungan yang lebih baik daripada rompi dengan ketebalan 2 mm, tetapi masih tidak terlalu efektif. Peluru yang ditembakkan ke rompi dengan ketebalan fiber carbon 4 mm akan menembus rompi hingga kedalaman 18,98 mm.
- Ketebalan 6 mm: Rompi antipeluru dengan ketebalan fiber carbon 6 mm akan memberikan perlindungan yang lebih baik daripada rompi dengan ketebalan 4 mm, tetapi masih tidak terlalu efektif. Peluru yang ditembakkan ke rompi dengan ketebalan fiber carbon 6 mm akan menembus rompi hingga kedalaman 14,64 mm.
- Ketebalan 8 mm: Rompi antipeluru dengan ketebalan fiber carbon 8 mm akan memberikan perlindungan yang lebih baik daripada rompi dengan ketebalan 6 mm, tetapi masih tidak terlalu efektif. Peluru yang ditembakkan ke rompi dengan ketebalan fiber carbon 8 mm akan menembus rompi hingga kedalaman 10,30 mm.
- Ketebalan 10 mm: Rompi antipeluru dengan ketebalan fiber carbon 10 mm akan memberikan perlindungan yang paling baik terhadap penetrasi peluru. Peluru yang ditembakkan ke rompi dengan ketebalan fiber carbon 10 mm hanya akan menembus rompi hingga kedalaman 5,96 mm.

Penjelasan ilmiah:

Ada beberapa penjelasan ilmiah untuk perbedaan penetrasi peluru pada rompi antipeluru dengan ketebalan fiber carbon yang berbeda. Fiber carbon adalah material yang kuat dan tahan terhadap penetrasi. Semakin tebal fiber carbon, semakin sulit peluru untuk menembusnya. Rompi antipeluru dengan ketebalan fiber carbon 10 mm memberikan perlindungan yang paling baik terhadap penetrasi peluru. Rompi antipeluru dengan ketebalan fiber carbon 2 mm memberikan perlindungan yang paling buruk terhadap penetrasi peluru.

Berikut adalah penjelasan lebih rinci untuk setiap ketebalan fiber carbon:

- Ketebalan 2 mm: Rompi antipeluru dengan ketebalan fiber carbon 2 mm hanya memiliki lapisan fiber carbon yang sangat tipis. Peluru dapat dengan mudah menembus lapisan ini dan mencapai tubuh.
- Ketebalan 4 mm: Rompi antipeluru dengan ketebalan fiber carbon 4 mm memiliki lapisan fiber carbon yang lebih tebal daripada rompi dengan ketebalan 2 mm. Namun, lapisan ini masih cukup tipis untuk memungkinkan peluru menembusnya.

- Ketebalan 6 mm: Rompi antipeluru dengan ketebalan fiber carbon 6 mm memiliki lapisan fiber carbon yang lebih tebal daripada rompi dengan ketebalan 4 mm. Lapisan ini dapat memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap penetrasi peluru, tetapi masih tidak terlalu efektif.
- Ketebalan 8 mm: Rompi antipeluru dengan ketebalan fiber carbon 8 mm memiliki lapisan fiber carbon yang lebih tebal daripada rompi dengan ketebalan 6 mm. Lapisan ini dapat memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap penetrasi peluru, tetapi masih tidak terlalu efektif.
- Ketebalan 10 mm: Rompi antipeluru dengan ketebalan fiber carbon 10 mm memiliki lapisan fiber carbon yang paling tebal. Lapisan ini dapat memberikan perlindungan yang paling baik terhadap penetrasi peluru.

Secara umum, penetrasi peluru akan berkurang seiring dengan bertambahnya ketebalan fiber carbon. Rompi antipeluru dengan ketebalan fiber carbon 10 mm akan memberikan perlindungan yang paling baik terhadap penetrasi peluru.

Tabel 2. Hasil Uji Panel Vertical / Horizontal

Susunan serat	Kecepatan peluru rata-rata (m/s)	Kondisi Panel	Sisa Kecepatan Hasil Tembakan (m/s)
Susunan Searah vertical	229,81	Tidak tembus	10,85
		Tidak tembus	10,48
		Tidak tembus	10,25
Susunan berlapis vertical/horizontal	229,81	Tidak tembus	9,90
		Tidak tembus	9,50
		Tidak tembus	9,40

Tabel tersebut menunjukkan hasil uji balistik terhadap dua jenis susunan serat panel. Susunan serat panel pertama adalah searah vertikal, sedangkan susunan serat panel kedua adalah berlapis vertical/horizontal. Setiap panel ditembak dengan peluru dengan kecepatan rata-rata 229,81 m/s.

Dari hasil uji balistik tersebut, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Panel dengan susunan serat searah vertikal dapat menahan peluru, tetapi kecepatan peluru berkurang menjadi 10,85 m/s.
- Panel dengan susunan serat berlapis vertical/horizontal dapat menahan peluru, tetapi kecepatan peluru berkurang menjadi 9,90 m/s.
- Panel dengan susunan serat searah vertikal dan berlapis vertical/horizontal sama-sama dapat menahan peluru, tetapi kecepatan peluru berkurang menjadi 9,50 m/s.

Berikut adalah penjelasan lebih rinci mengenai tabel tersebut:

Kolom 1: Kecepatan peluru rata-rata (m/s), Kolom ini menunjukkan kecepatan rata-rata peluru saat ditembakkan ke panel. Kecepatan rata-rata peluru adalah 229,81 m/s.

Kolom 2: Susunan serat panel, Kolom ini menunjukkan susunan serat panel yang diuji. Susunan serat panel pertama adalah searah vertikal, sedangkan susunan serat panel kedua adalah berlapis vertical/horizontal.

Kolom 3: Kondisi panel sisa, Kolom ini menunjukkan kondisi panel sisa setelah ditembak. Panel sisa yang tidak tembus berarti peluru tidak menembus panel. Panel sisa yang tembus berarti peluru menembus panel.

Kolom 4: Kecepatan hasil tembakan (m/s), Kolom ini menunjukkan kecepatan peluru setelah menembus panel. Kecepatan peluru setelah menembus panel berkurang dibandingkan dengan kecepatan peluru saat ditembakkan.

Secara umum, tabel tersebut menunjukkan bahwa panel dengan susunan serat searah vertikal dan berlapis vertical/horizontal sama-sama dapat menahan peluru. Namun, kecepatan peluru setelah menembus panel akan berkurang.

KESIMPULAN

Penelitian ini mengungkapkan pentingnya penggunaan komposit, khususnya serat karbon, dalam rompi antipeluru. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketebalan fiber carbon dan ketebalan lapisan plastik HGM dalam rompi berperan penting dalam meningkatkan efektivitas rompi dalam menahan penetrasi peluru. Semakin tebal fiber carbon dan HGM, semakin tinggi tingkat perlindungan yang diberikan oleh rompi antipeluru. Rompi dengan komposit yang lebih tebal dan kokoh memberikan perlindungan terbaik terhadap penetrasi peluru. Selain meningkatkan efektivitas rompi antipeluru, penggunaan komposit juga memungkinkan rompi untuk menjadi lebih ringan, mengurangi beban pada pengguna. Rompi yang lebih ringan dapat mengurangi ketidaknyamanan dan membantu meningkatkan kinerja pengguna dalam situasi berisiko seperti penahanan peluru. Tingkat kerusakan pada rompi antipeluru setelah terkena tembakan peluru juga bergantung pada ketebalan komposit. Semakin tebal komposit, semakin rendah kerusakan yang terjadi pada rompi. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa fokus pada perbandingan antara rompi sebelum dan sesudah penerapan komposit adalah pendekatan efektif untuk membuktikan peningkatan ketahanan rompi antipeluru.

Saran;

1. Pengembangan Material Komposit: Pengembangan bahan komposit dengan ketebalan dan kekuatan yang lebih tinggi dapat meningkatkan efektivitas rompi antipeluru. Penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi material komposit yang lebih baik dan inovatif diperlukan.
2. Pengujian Lanjutan: Studi lebih lanjut tentang bagaimana berbagai kondisi seperti suhu, kelembaban, dan penggunaan jangka panjang dapat memengaruhi efektivitas rompi antipeluru dengan komposit.
3. Penerapan dalam Bidang Sipil dan Konstruksi: Selain kebutuhan dalam militer dan penegakan hukum, penggunaan rompi antipeluru dengan komposit juga dapat dieksplorasi dalam bidang sipil seperti pekerjaan konstruksi dan keutuhan. Penggunaan rompi antipeluru di luar lingkungan militer memiliki potensi besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Rumadan, "Buku Bakalai kajian psikologi hukum," *IAIN AMBON*. LP2M IAIN AMBON, 2018.
- [2] H. L. Gower, D. S. Cronin, and A. Plumtree, "Ballistic impact response of laminated composite panels," *Int. J. Impact Eng.*, vol. 35, no. 9, pp. 1000–1008, 2008.
- [3] M. J. N. Jacobs and J. L. J. Van Dingenen, "Ballistic protection mechanisms in personal armour," *J. Mater. Sci.*, vol. 36, no. 13, pp. 3137–3142, 2001.
- [4] I. Haryanto, R. Rusnaldy, P. A. PRABOWO, A. Widodo, and T. Prahasto, "Simulasi Numerik Perilaku Tumbukan Pelat Baja Terhadap Proyektil," 2013.
- [5] R. A. W. Mines, C. M. Worrall, and A. G. Gibson, "The static and impact behaviour of polymer composite sandwich beams," *Composites*, vol. 25, no. 2, pp. 95–110, 1994.
- [6] S. N. S. Sidabutar, B. Maryanti, and M. F. R. Ismail, "ANALISIS PERBANDINGAN KEKUATAN TARIK KOMPOSIT BERBAHAN SERAT SABUT KELAPA DAN SERAT BUAH BINTARO," *PROTON*, vol. 12, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- [7] N. Nayiroh, "Teknologi material komposit," *Univ. Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang*, 2013.
- [8] M. R. Hartono and H. Subawi, *Pengenalan teknik komposit*. Deepublish, 2016.
- [9] G. E. Pramono and S. P. Sutisna, "Perbandingan Karakteristik Serat Karbon Antara Metode Manual Lay-Up dan Vacuum Infusion Dengan Penggunaan Fraksi Berat Serat 60%," *AME (Aplikasi Mek. dan Energi) J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2017.