

Eksistensi Material Komposit Guna Menunjang Alutsista Pertahanan Negara

Ananda Yessica Margaretha Hutagalung^{1*}, Sovian Aritonang², Riri Murniati³

*Fakultas MIPA Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia

Kawasan IPSC Sentul, Sukahati, Kec. Citeurup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat, 16810, Indonesia

*Email: anandayessica2534@gmail.com & afiva.r192@gmail.com

ABSTRACT

Composite materials have become an important aspect in the development of national defense equipment. In an effort to improve the performance and effectiveness of the main weapons system (alutsista), the application of composite materials has become a significant solution. This research aims to review the existence of composite materials in supporting national defense, focusing on the benefits, characteristics and important role in achieving excellence in defense equipment. The advantages of composite materials include strength, hardness, corrosion resistance, and lighter weight than traditional metals. With these characteristics, composite materials have had a positive impact on the development of national defense equipment. In a world that continues to change and becomes increasingly complex, the existence of composite materials in national defense equipment is a strategic step to maintain and increase military deterrence and effectiveness. This research will explain the role of composite materials in achieving this goal, as well as review the latest developments in the use of composite materials in the defense sector.

Keywords: *Composite materials; defense alutsista; military superiority; material characteristics; National Defense*

PENDAHULUAN

Keamanan nasional menjadi hal yang sangat penting dalam menjaga integritas, stabilitas, dan kedaulatan suatu negara [1]. Di tengah era globalisasi yang penuh ketidakpastian dalam geopolitik, usaha untuk mempertahankan wilayah dan kepentingan nasional telah menjadi semakin rumit [2]. Oleh karena itu, kemampuan Alat Utama Sistem Persenjataan (Alutsista) dalam beradaptasi dan merespons perubahan yang terus berlangsung dengan efisiensi dan efektivitas sangatlah krusial [3].

Dalam konteks ini, material komposit telah menjadi terobosan penting dalam mendukung eksistensi dan ketahanan Alutsista pertahanan nasional [4]. Material komposit merupakan hasil gabungan dari dua atau lebih material yang memiliki karakteristik berbeda, yang memungkinkan pencapaian tingkat kinerja yang unggul [5]. Ciri khas material komposit, seperti kekuatan, tingkat kekerasan, ketahanan terhadap korosi, dan bobot yang ringan, menjadikannya pilihan utama dalam desain dan pengembangan berbagai komponen militer [6].

Keberadaan material komposit dalam konteks pertahanan tidak hanya terbatas pada penggunaannya dalam kendaraan tempur, pesawat tempur, dan kapal perang, melainkan juga terkait dengan kemampuannya dalam mengurangi biaya perawatan jangka panjang dan memperpanjang masa pakai Alutsista [7]. Penggunaan material komposit dapat mengurangi kerentanan terhadap kerusakan, meningkatkan mobilitas, dan memberikan kemampuan tembak yang lebih kuat, yang semuanya menjadi faktor kunci dalam pencapaian superioritas militer [8].

Dalam rangka menjaga dan meningkatkan daya deterrensi serta efektivitas militer, memahami peran dan perkembangan terbaru dalam pemanfaatan material komposit dalam Alutsista pertahanan nasional sangatlah penting [9]. Oleh karena itu, jurnal ini akan secara rinci mengeksplorasi eksistensi material komposit dalam mendukung Alutsista pertahanan negara, dengan penekanan pada manfaat, karakteristik, dan kontribusinya terhadap keamanan nasional.

Selain itu, jurnal ini juga akan membahas perkembangan terkini dalam pemanfaatan material komposit dalam sektor pertahanan serta dampaknya pada evolusi Alutsista pertahanan nasional. Dengan pemahaman yang lebih mendalam mengenai peran material komposit dalam menghadapi perubahan cepat dalam lingkungan pertahanan, kita dapat lebih baik mempersiapkan Alutsista pertahanan negara untuk menghadapi tantangan masa depan.

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam jurnal ini adalah metode penelitian kualitatif. Pendekatan kualitatif merupakan suatu metode penelitian yang menghasilkan data deskriptif. Data dihimpun melalui telaah pustaka dan analisis sumber-sumber yang relevan dengan topik penelitian. Data yang terkumpul melalui telaah pustaka kemudian dianalisis dan disajikan dalam bentuk narasi, ilustrasi, dan, jika relevan, juga dalam bentuk grafik. Dengan demikian, jurnal ini akan memuat kutipan-kutipan data untuk memberikan gambaran isi dari jurnal tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum, material dengan ketahanan balistik yang baik dapat dibagi menjadi pakaian, helm, kendaraan dan penguat struktural.

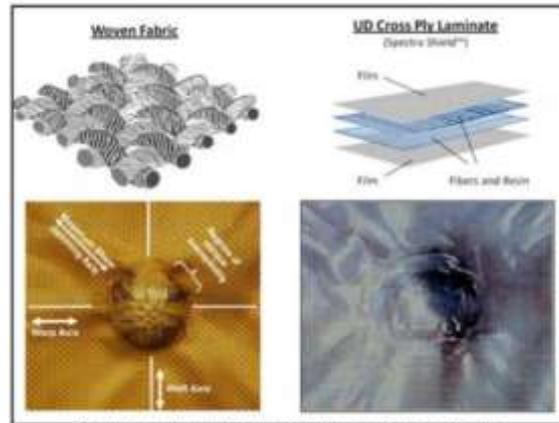
1. *Body Armor*

Body armor merupakan pelindung yang dipakai untuk melindungi tubuh dari serangan fisik. Body armor yang digunakan harus nyaman, tidak berat, tidak menghambat mobilitas personel, serta memberi ruang yang cukup untuk bernapas terutama untuk pemakaian yang lama dan pada temperatur yang cukup tinggi. Body armor berfungsi sebagai pelindung bagi personel pertahanan terhadap fragmen pecahan peluru dan bom [10]. Dalam peperangan modern saat ini, fragmen yang berasal dari amunisi konvensional atau dari improvised explosive devices (IEDs) menjadi penyebab utama cedera yang dialami oleh personel pertahanan.

Perlindungan dari senjata kaliber kecil cukup menantang dalam banyak kasus karena kecepatan peluru yang tinggi, aspek rasio yang rendah dan permukaan keras proyektil. Faktor pertimbangan utama dalam menentukan desain body armor adalah jenis tipe ancaman dan perlindungan yang dibutuhkan (balistik, fragmen, ledakan, tusukan, kimia, api, dll). Armor yang didesain untuk perlindungan balistik membutuhkan mobilitas benang yang cukup fleksibel untuk menghindari kegagalan dini akibat dampak. Namun jenis tekstil ini tidak akan berkinerja baik untuk perlindungan terhadap tusukan. Tekstil yang dirancang untuk ketahanan tusukan membutuhkan tenunan yang padat untuk mencegah benang terdorong kesamping akibat ujung benda tajam seperti pisau dan jarum. Tenunan padat yang digunakan untuk menahan tusukan dapat mengalami kegagalan dini akibat beban dampak balistik [11].

Nilon merupakan serat tahan balistik yang banyak digunakan selama Perang Dunia ke II karena memiliki sifat mekanik spesifik yang tinggi dan dapat dibuat beberapa lapis untuk menangkap fragmen pecahan peluru dari proyektil dan perangkat peledak. Seiring kemajuan ilmu polimer, serat seperti poliamida dan polietilena dengan berat molekul sangat tinggi dikembangkan untuk aplikasi tahan balistik. Perlindungan yang ditawarkan per satuan berat material meningkat pesat, serta struktur seperti ini memberikan kenyamanan lebih tinggi. Serat nilon sudah tidak digunakan lagi saat ini, karena serat modern menawarkan performa yang jauh lebih superior.

Secara tradisional, *soft body armor* untuk perlindungan balistik diproduksi dengan menggunakan lapisan kain *woven* yang dijahit bersama. Saat ini, laminasi juga ditumpuk dengan nonwoven, lapisan searah (UD) dan kombinasi laminasi *woven / nonwoven*. Pada laminasi UD, serat di dalam setiap lapisan UD tersusun dalam susunan paralel yang searah dan diperkuat dengan resin atau matriks polimer yang sesuai seperti Kraton yang akan mengikat serat. Lapisan UD diproduksi dalam bentuk lembaran yang sangat tipis dan ditumpuk, sebagai contoh misalnya dengan cara bergantian dalam arah $0^{\circ}/90^{\circ}$ seperti terlihat pada Gambar 1. Film polietilen ditambahkan untuk melindungi lapisan, dan bentuk laminasi akhir dicapai dengan menerapkan panas dan tekanan.



Courtesy of Honeywell Advanced Fibers and Composites, Inc.

Gambar 1. Contoh dari kain tenun dan konstruksi 1a minat UD dan deformasi impak balistik.

Terdapat beberapa hasil penelitian mengenai aplikasi yang menjanjikan dalam penggunaan nanokomposit untuk *body armor*. Fluida *shear thickening* (fluida yang mengandung partikel terdispersi) akan berubah menjadi kaku dan dapat menahan deformasi ketika diberikan beban kecepatan tinggi [12]. Jika fluida *shear thickening* ini di impregnasi kedalam Kevlar konvensional, maka kemampuan material untuk menyerap energi meningkat secara signifikan. Kinerja balistik empat lapisan kevlar yang diimpregnasi fluida shear thickening memiliki ketahanan balistik dua kali lebih tinggi dibandingkan dengan sepuluh lapisan kevlar yang tidak di impregnasi oleh fluida *shear thickening* [13]. Material ini akan menghasilkan *body armor* yang lebih fleksibel dan ringan serta dapat diaplikasikan untuk *body armor* dimana fleksibilitas pergerakan diperlukan selain perlindungan terhadap senjata tumpul untuk lengan dan kaki.

Helm militer telah dimodifikasi selama berabad-abad sesuai dengan kebutuhan, termasuk tingkat perlindungan, kompatibilitas serta isu mobilitas. Secara historis, helm balistik merupakan perlengkapan penting bagi militer [14]. Selama Perang Dunia pertama dan kedua, para prajurit menggunakan helm yang terbuat dari baja. Helm ini hanya memberikan perlindungan terhadap beban impak dengan kecepatan rendah. Selama konflik di Vietnam, tentara Amerika mencoba menggunakan helm komposit yang ringan yang terbuat dari aramid dan resin polimer. Helm ini meningkatkan perlindungan balistik yang cukup baik. Dengan penelitian dan pengembangan yang dilakukan oleh militer Amerika, helm militer yang seluruhnya terbuat dari komposit diperkenalkan pada awal tahun 1980an. Helm ini terdiri dari prepreg kain aramid dan peforma balistiknya meningkat hingga dua kali lipat dibandingkan dengan helm yang terbuat dari baja. Dengan digunakannya kain dan serat HMPE, peforma helm mengalami peningkatan namun berat helm berkurang hingga 20%. Adanya teknologi *nonwoven* yang diaplikasikan pada semua serat balistik menyebabkan penurunan berat helm sebesar 10% dengan peforma yang sama. Saat ini, angkatan darat Amerika membeli helm generasi berikutnya, yang dapat memberikan perlindungan dari sejumlah ancaman seperti fragmen dan peluru FMJ (Full Metal Jacket) 9 mm, dengan berat yang jauh lebih ringan daripada helm yang digunakan sebelumnya.

Angkatan bersenjata Inggris sebelumnya menggunakan helm Mk6. Pada tahun 2009 helm tersebut diganti dengan helm tempur Mk7 yang sedikit lebih ringan dibandingkan dengan helm Mk6. Helm Mk7 juga memiliki desain yang lebih nyaman daripada helm Mk6 dan memiliki pengikat dagu yang lebih baik untuk kestabilan. Perlindungan balistik Mk7 diukur dengan pengujian fragmen V50 dan kecepatan proteksi fragmen adalah 650 m/s.

Saat ini, Angkatan Darat Prancis menggunakan helm anti balistik Spectra. Nama spectra diambil dari namanya serat yang digunakan, berat helm spectra sekitar 1,4 Kg. Helm Spectra memiliki tingkat perlindungan V50 sebesar 680 m/s terhadap FSP 17 gram. Pasukan udara dan pasukan khusus Rusia menggunakan helm 6B7-1M yakni helm komposit dengan aramid sebagai penguat, sebagai perlengkapan tempurnya. Helm melindungi dari fragmen pada tingkat V50 minimal 630m/s dan dari peluru pistol dan dapat melindungi dari temperature 50 hingga +50°C. Helm ini kompatibel dengan alat komunikasi, pengawasan dan target.

Tabel 1. Helm balistik komposit yang digunakan saat ini.

Material	Peluru 9-mm FMJ (436 ± 9 m/s)	V_{50} : 17-gr FSP
Low- performance technology (e.g, 3000-denier aramid fabric)	1350 g	600 m/s
Standard-performance technology (1000-denier woven aramid fabric)	1250 g	600 m/s
New technology (UHMWPE)	1000 g	600 m/s

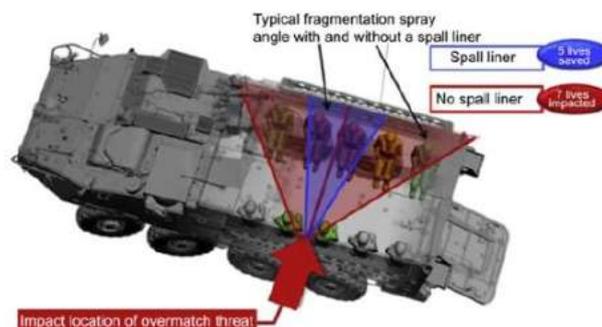
2. Kendaraan Darat Militer

Saat ini, kendaraan militer yang dibuat dengan menggunakan material komposit berpenguat serat dapat mengurangi berat kendaraan, meningkatkan mobilitas, meningkatkan efisiensi bahan bakar, serta meningkatkan umur kendaraan. Berat kendaraan yang ringan memungkinkan kendaraan untuk dapat membawa lebih banyak bahan bakar, amunisi dan pasukan.

Kendaraan militer memainkan peran yang sangat penting dalam operasi militer dan pemeliharaan perdamaian. Banyak kendaraan militer yang membutuhkan proteksi armor, dimana jenis dan tingkat proteksi tergantung kepada jenis misinya. Kendaraan yang dirancang sebagai kendaraan tempur membutuhkan perlindungan dari peluru, pecahan peluru, ledakan eksplosif, rudal, dan ancaman lainnya. Kendaraan yang dirancang untuk tujuan taktis mungkin tidak memerlukan armor, dimana kendaraan tersebut beroperasi jauh dari api.

Tentara yang berada dalam lambung kendaraan darat dilindungi oleh perlengkapan armor yang menempel pada lambung kendaraan untuk meningkatkan survivabilitas. Di dalam kendaraan darat, terdapat bahan tambahan yang tidak berkontribusi terhadap struktur kendaraan dan dapat ditemukan di bagian dalam maupun di luar kendaraan. Komposit yang digunakan tersebut dikenal dengan nama spall liner.

Spall liner adalah nama umum untuk *soft material*, yang biasanya terbuat dari laminasi serat aramid, serat gelas, atau *High Density Polyethylene (HDPE)*, yang dipasang di kompartemen awak kendaraan, melapisi permukaan interior tank, kendaraan tempur, dan pengangkut personel yang berfungsi sebagai jenis pelindung interior. *Spall liner* berfungsi untuk mencegah fragmen (*spall*) yang dihasilkan selama peperangan mengenai personel pertahanan. *Spall liner* dapat digunakan sebagai pengaman tambahan jika sistem *armor overmatched*, yakni istilah yang digunakan saat proyektil yang masuk memiliki daya tembus lebih banyak daripada daya henti armor. Gambar 2 memperlihatkan contoh *spall liner* yang menyelamatkan personel dalam *over matched*. Dapat dilihat dalam gambar tersebut *spall liner* secara signifikan mengurangi penyebaran fragmentasi. Sangat penting untuk diperhatikan bahwa kemampuan *spall liner* untuk mengurangi sudut kerucut *spall* tergantung pada berat atau densitas areal *spall liner* dan material yang digunakan. Material komposit performa tinggi dapat mengurangi sudut kerucut *spall* dengan bobot yang lebih ringan [15].



Gambar 2. Ilustrasi *spall liner* pada kendaraan militer dengan mengurangi penyebarann fragmentasi.

Berdasarkan penjelasan diatas, material komposit dianggap mampu menunjukkan performanya dalam menangani permasalahan anti balistik guna menunjang alutista pertahanan negara [16]. Material ini mampu bekerja efektif sebagai material anti balistik dan dapat terus dikembangkan. Jenis material ini juga berpotensi untuk senantiasa dikembangkan karena komponen penyusunnya

terdiri dari 2 atau lebih komponen sehingga saling melengkapi satu sama lain. Untuk itu, pengembangan material ini diharapkan terus berkembang sehingga menghasilkan material-material baru yang efektif dan efisien dalam menunjang alutsista pertahanan negara.

SIMPULAN

Material komposit telah membuktikan performanya dalam menangani beberapa permasalahan anti balistik di dunia pertahanan. Terlihat dari pemanfaatan material tersebut pada pakaian, helm, serta kendaraan militer yang terbukti membantu meningkatkan kinerja dari alutsista tersebut. Dengan begitu diharapkan studi lebih lanjut terkait material komposit mengingat masih banyaknya jenis material komposit yang belum diteliti kinerjanya dan berpotensi menunjang alutsista pertahanan negara.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mardhani *et al.*, “Keamanan dan Pertahanan Dalam Studi Ketahanan Nasional Guna Mewujudkan Sistem Keamanan Nasional,” *J. Pertahanan Bela Negara*, vol. 10, no. 3, pp. 279–298, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.idu.ac.id/index.php/JPBH/article/view/862>
- [2] K. W. Soepandji and M. Sofyan Pulungan, “Nilai-Nilai Pancasila di Tengah Perubahan Peta Geopolitik Global: Analisis Kepentingan Nasional dalam Pembentukan Kebijakan Hukum,” *J. Huk. Pembang.*, vol. 52, no. 1, pp. 3–31, 2022.
- [3] B. Siagian, “Modernisasi Alutsista TNI AD Dalam Tinjauan Tantangan Tugas Kedepan,” *Sekol. Staf dan Komando TNI AD*, pp. 1–68, 2012.
- [4] E. Putri Haziza and S. Aritonang, “Studi Komparasi Karakteristik Mekanik Serat Alam sebagai Bahan Anti Peluru: Jurnal Review,” vol. 7, no. 1, pp. 168–175, 2024, [Online]. Available: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>
- [5] M. Yani, B. Suroso, and R. Rajali, “Mechanical Properties Komposit Limbah Plastik,” *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 2, no. 1, pp. 74–83, 2019, doi: 10.30596/rmme.v2i1.3071.
- [6] M. Mardiyati, “Komposit Polimer Sebagai Material Tahan Balistik,” *J. Inov. Pertahanan dan Keamanan*, vol. 1, no. 1, pp. 20–28, 2018, doi: 10.5614/jipk.2018.1.1.3.
- [7] Suzanna, “PERANAN KOMPOSIT UNTUK PESAWAT TERBANG Ir. SUZANNA H., M.Si,” pp. 61–63, 2013.
- [8] R. Ruzuqi and V. D. Waas, “Analisis Kekuatan Tarik Dan Impak Material Komposit Polimer Dalam Aplikasi Fiberboat,” *ALE Proceeding*, vol. 4, pp. 121–126, 2021, doi: 10.30598/ale.4.2021.121-126.
- [9] E. Sebastian, “Peningkatan Peranan Sdm Pertahanan Nasional Guna Menghadapi Perang Generasi Keempat Enhancing the Role of Human Resources Defense Indonesia To Face Fourth-Generation Warfare,” vol. 5, no. April 2015, p. 109, 2015.
- [10] H. Purnomo, F. H. . Saleh, J. Sulistio, and F. Kurnia, *Sejarah dan Perancangan body armor*. 2018.
- [11] K. A. Widi, G. Pohan, and W. Sujana, “Analisa Uji Balistik Produk Body Armor Material Komposit Poliester Berpenguat Serat Karbon , Rami dan Kapas,” (*Prosiding Semin. Nas. Tek. 2020*), vol. 2020, no. Senastika, p. 5, 2020.
- [12] M. Zarei and J. Aalaie, “Application of shear thickening fluids in material development,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 9, no. 5, pp. 10411–10433, 2020, doi: 10.1016/j.jmrt.2020.07.049.
- [13] A. Restasari, L. H. Abdillah, R. S. Budi, and K. Hartaya, “Pengaruh Dioctyl Adipate Terhadap Sifat Rheologikal Htpb Terplastisasi (Effect of Dioctyl Adipate on the Rheological Properties of Plasticized Htpb),” *J. Teknol. Dirgant.*, vol. 16, no. 2, p. 139, 2019, doi: 10.30536/j.jtd.2018.v16.a3003.
- [14] J. R. Material, M. Energi, S. A. Miwazuki, P. Anisa, and R. Z. Rustama, “FT-UMSU FT-UMSU,” vol. 7, no. 1, pp. 120–126, 2024.
- [15] H. Tjahaya and A. Purna Irawan, “Simulasi Perbandingan Tegangan Statis Komponen Pintu

- ◆ Mobil Berbahan Aluminium Dan Komposit Bambu,” *Poros*, vol. 17, no. 2, pp. 70–78, 2021, doi: 10.24912/poros.v17i2.20014.
- [16] R. A. Kamal and M. A. Ghofur, “Analisis Uji Balistik Komposit Serat Pelepah Salak Dengan Resin Epoksi dan Silicon Carbida (SiC) Menggunakan Metode Vacuum Bag,” *Pros. Semin. Nas. Sains Teknol. dan Inov. Indones.*, vol. 3, no. November, pp. 333–344, 2021, doi: 10.54706/senastindo.v3.2021.140.