

## MATERIAL POLIMER KOMPOSIT TAHAN BALISTIK UNTUK APLIKASI HELM MILITER DALAM MENDUKUNG MATERIAL PERTAHANAN INDONESIA

1,2) Program Studi Teknologi  
Daya Gerak Fakultas  
Teknologi Pertahanan,  
Universitas Pertahanan  
Indonesia, Kota Jakarta  
Pusat, Indonesia

Corresponding email <sup>1)</sup>:  
[ahyarmarpaung@gmail.com](mailto:ahyarmarpaung@gmail.com),  
[soviaan.arotonang@idu.ac.id](mailto:soviaan.arotonang@idu.ac.id)

Received: 09.11.2022  
Accepted: 11.12.2022  
Published: 28.12.2022

©2022 Politala Press.  
All Rights Reserved.

Mahyaruddin Mrp <sup>1)</sup>, Sovian Aritonang <sup>2)</sup>

**Abstrak.** Polimer komposit sangat luas di aplikasikan pada bidang teknologi material militer. Dalam hal ini dapat memberikan pencerahan tentang polimer komposit dan aplikasi pada bidang pertahanan terutama aplikasi balistik. Pada umumnya, Sebagian besar peralatan militer memerlukan material tahan balistik yang di menjadi tiga yakni, rompi, helm dan kendaraan pada bagian penguat struktur yang harus memiliki material yang ringan dan harga yang terjangkau. Material komposit dalam aplikasi militer terbukti lebih unggul dari material logam, dalam meningkatkan mobilitas personel Angkatan. Penggunaan material komposit pada helm militer sangat lah penting berkaitan dengan kecepatan peluru yang datang, salah satunya berbahan polimer termoplastik dan termoset. Penggunaan komposit polimer New technology (UHMWPE) dengan berat 1000 g, dan kecepatan peluru 600 m/s merupakan salah satu pilihan material yang pas untuk diaplikasikan pada helm anti peluru pada militer.

**Kata Kunci:** Komposit, polimer, helm militer, kecepatan peluru.

**Abstract.** Polymer composites are widely used in military applications. In this instance, to shed light on polymer composites and their uses in defense, particularly ballistic ones. Military vests, personnel helmets, and other items that need to be made of ballistic-resistant materials but are still lightweight and reasonably priced fall into three general categories. Regarding enhancing military forces' mobility, composite materials have outperformed metal materials in military applications. Given the speed of approaching bullets, military helmets must contain composite materials, one of which is constructed of thermoplastic polymers and thermosets. Utilizing a shell and a new polymer composite (UHMWPE) with a weight of 1000 g, one suitable material for use in military bulletproof helmets is one with a speed of 600 m/s. **Keywords:** Composite, polymer, military helmet, bullet speed

To cite this article: <https://doi.org/10.34128/je.v9i2.219>

### 1. Latar Belakang

Selama beberapa tahun terakhir, ancaman terhadap kedaulatan nasional semakin berkembang baik itu ancaman darat, laut dan udara seiring dengan perkembangan teknologi militer. Dalam hal ini, teknologi pada bidang pertahanan dan keamanan selalu dianggap menjadi andalan untuk menanggapi ancaman yang mungkin datang kapan saja. Sehingga, Indonesia sebagai negara dengan industri pertahanan yang baik yang memiliki keunggulan strategis dalam tatanan dunia. Pengembangan industri pertahanan melalui kerjasama untuk mendukung produk peralatan militer yang diproduksi di Indonesia [1].

Pada tahun 1980-an pengembangan teknologi material untuk diaplikasikan dibidang pertahanan dan keamanan negara yaitu pengembangan teknologi khususnya pada material pertahanan. Tahun 2007, US Marine corps dan US Army telah berhasil menemukan serta mengembangkan salah satu produk yaitu Enhanced Combat Helmet (ECH) dari material komposit. Pengembangan dalam menggunakan material komposit karena material ini memiliki kekuatan mekanis yang baik, dan dapat dikombinasikan dengan jenis material yang memiliki kualitas

yang tinggi, dan dapat menghasilkan kinerja seperti logam, rentan terhadap korosi, mudah dibentuk. Dalam penggunaannya dibidang militer maka hal yang harus menjadi paling penting adalah bagaimana material tersebut memiliki kekuatan dengan berat rasio, kekakuan dan berat, sehingga tercipta komponen peralatan militer seperti helm anti peluru.

Helm militer telah dilakukan modifikasi selama berabad-abad lamanya yang disesuaikan dengan kebutuhan militer di lapangan, seperti tingkat perlindungan, kompatibilitas pada saat mobilitas. Secara historis, helm balistik telah menjadi peralatan terpenting bagi militer. Pada saat terjadinya PD I dan II, tentara mengenakan helm dari bahan baja. Helm ini hanya dapat sebatas melindungi benturan dengan kecepatan rendah. Begitu juga pada saat terjadinya Perang Vietnam, pasukan tentara Amerika berusaha untuk menggunakan helm dari material yang kuat dan ringan berupa komposit yang dibuat dari resin aramid dan polimer. Hal tersebut dikarenakan helm ini dapat melindungi adanya ancaman balistik yang sangat baik. Pada penemuan dan pengembangan oleh militer AS yang dilakukan pada awal 1980-an untuk mempromosikan helm militer yang keseluruhannya terbuat dari bahan material komposit. Material helm ini dibuat dari prepreg serat aramid yang dapat menjadikan ketahanan balistiknya dapat menjadi dua kali lipat dari pada helm baja. Pemanfaatan kain dan serat HMPE dalam meningkatkan kinerja helm serta mengurangi berat helm sampai 20%. Serat balistik pada penerapan teknologi non-anyaman juga dapat mengurangi bobot dari helm sampai 10% pada proses kerja yang sama. Perkembangan helm generasi selanjutnya Angkatan Darat AS telah membelinya untuk dijadikan perlindungan terhadap adanya ancaman sebagai contoh serpihan dan cangkang FMJ (*Full Metal Jacket*) 9 mm, yang memiliki bobot yang lebih ringan dibandingkan penggunaan helm sebelumnya. Salah satu jenis polimer yang kuat akan tahanan balistik adalah serat UHMWPE memiliki potensi unik untuk perbaikan lebih lanjut, karena memiliki ketahanan mulur dan kekuatan tarik yang baik. Peningkatan ini membuka kemungkinan aplikasi yang sangat baru untuk serat UHMWPE [2]. Pemahaman mendasar tentang dasar molekuler dan mikro-struktur untuk sifat serat makroskopik adalah wajib untuk mengeksplorasi kemungkinan penuh dari bahan serat yang unik ini yang dapat diaplikasikan pada kebutuhan militer.

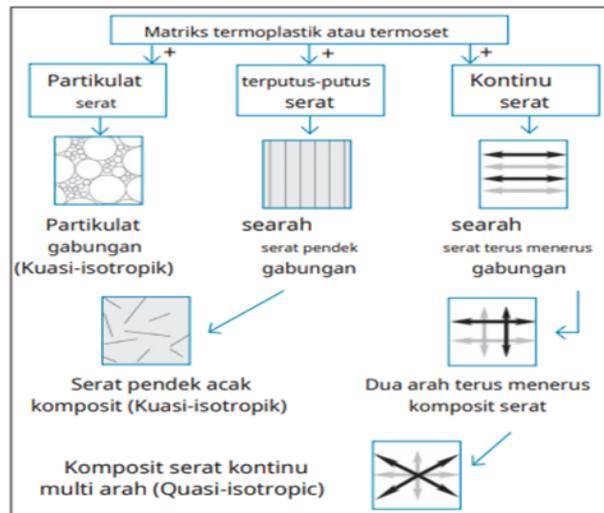
## 2. Metodologi

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengumpulan, kajian literatur, identifikasi dan evaluasi terhadap perilaku material komposit polimer yang diaplikasikan untuk helm anti balistik militer. Pengambilan data digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang didapat dari database dan publikasi yang didapat dari berbagai jurnal baik nasional maupun internasional seperti elsvier, google scholar, dan lain sebagainya yang relevan sesuai dengan tulisan ini.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Komposit merupakan jenis material yang dihasilkan melalui penggabungan dua atau lebih bahan dengan karakteristik sifat mekanik yang lebih kuat dibandingkan dengan material awal yang membentuknya. Komposit terdiri dari matrix yang berfungsi sebagai pengikat atau pelindung dan *filler* yang berfungsi sebagai pengisi material komposit. Pada kondisi tersebut jenis komposit banyak diteliti sebagai bahan alternatif pengganti logam, salah satunya adalah polimer komposit

Komposit polimer dapat dibuat dari penggabungan polimer dan penyusun organik, bahan sintesis, dan bahan alami. Penyusun tersebut dapat menjadikan sifat polimer meningkat dan dapat mengurangi biaya. Saat ini, pengaplikasian polimer komposit dijadikan bahan rekayasa menjadi sangat penting. Komposit polimer dapat meningkatkan kekuatan mekanik, tahan terhadap panas, tahan gas dan api, dan lain sebagainya. Namun, penerapan pengisi konvensional seperti bubuk, kalsium karbonat, dan serat membutuhkan penggunaan sejumlah besar pengisi dalam matriks polimer untuk secara signifikan meningkatkan sifat komposit, dan sifat yang tidak diinginkan lainnya mungkin muncul, kerapuhan, dan lainnya.



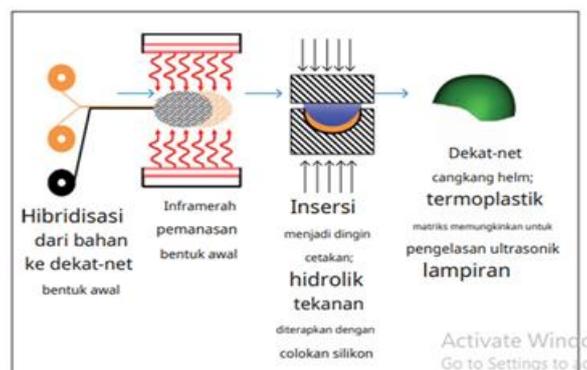
**Gambar 1.** Penguatan merupakan konstituen penting dari bahan komposit [3].

Pada komposit polimer, penggunaan serat untuk memperkuatnya adalah serat kaca, karbon, dan organik lainnya. Kekakuan dan kekuatan serat yang lebih tinggi dari matrix dilakukan untuk kekuatan material. Sifat adhesi pada bahan matriks harus memiliki untuk meperkuat serat-serat sehingga dapat merekat dengan kuat dan beban yang ditanggung komposit dapat ditransfer ke serat-serat. Dalam komposit, sifat matriks, serat, dan antarmuka antara matriks dan serat memiliki pengaruh besar pada sifat komposit. Dalam klasifikasi material komposit polimer adalah *polymer matrix* komposit yang terdiri dari termoplastik dan termoset yang dapat dijadikan sebagai material untuk diaplikasikan salah satunya untuk bidang militer seperti rompi, helm dan lain sebagainya.

**Tabel 1.** Perbandingan sifat – sifat dari polimer jenis termoplastik dan termoset [4].

Termoplastik	Termoset
Lebih mudah melunak ketika dipanaskan dan diberi tekanan sehingga mudah diperbaiki	Terurai atau rusak ketika dipanaskan
Regangan tinggi sebelum terjadi kegagalan	Regangan rendah
Dapat diproses ulang	Tidak dapat diproses ulang
Siklus curing yang singkat	Siklus curing yang panjang
Membentuk temperatur fabrikasi yang tinggi serta viskositasnya membuatnya sulit untuk diproses	Diproses pada temperatur fabrikasi yang rendah
Ketahan yang vbaik terhadap pelarut	Ketahanan terhadap pelarut sedang

Salah satu contoh aplikasi dibidang militer dijadikan sebagai material untuk helm anti balistik. Dalam hal ini, karena sangat dibutuhkan pada saat ada ancaman dari luar yang bekaitan dengan datangnya peluru dengan kecepatan tinggi.



**Gambar 2.** Skema konseptual proses produksi Kevlar monolitik berbasis termoset helm [3].

Penggantian helm MK6 oleh Militer Inggris dengan helm tempur Mk7 karena lebih ringan dari helm Mk6 pada tahun 2009. Pergantian ini dilakukan karena Helm Mk7 mempunyai desain yang lebih baik dan nyaman dibandingkan dengan helm Mk6, dengan tali dagu yang berfungsi untuk stabilitas tambahan. Pengukuran proteksi balistik Mk7 dilakukan dengan menggunakan uji fragmentasi  $V_{50}$ , dan kecepatan anti-fragmentasi 650 m/s [5][6]. Sedangkan penggunaan helm antipeluru *Spectra* yang diambil dari nama serat yakni serat Spectra oleh Tentara Prancis yang memiliki bobot lebih kurang 1,4 kg yang memiliki tingkat perlindungan  $V_{50}$  680 m/s terhadap 17 gram FSP. Begitu juga dengan helm 6B7-1M, helm komposit dengan penguat aramid, sebagai perlengkapan tempur. Peluru pistol pada kecepatan  $V_{50}$  minimal 630 m/s dan dapat melindungi terhadap suhu dari -50 hingga +500 °C. Helm ini dilengkapi dengan perangkat komunikasi, pengawasan, dan bidik oleh Angkatan Udara Rusia dan pasukan khusus

**Tabel 2.** Teknologi kinerja peluru pada tingkat perlindungan dengan berat yang ringan.

Material	Peluru 9 mm FMJ (436±9 m/s)	$V_{50}$ : 17 gr FSP
<b>Teknologi kinerja rendah</b> (misalnya, kain aramid 3000-denier)	1350 g	600 m/s
<b>Teknologi kinerja standar</b> (Kain tenun aramid 1000-denier)	1250 g	600 m/s
<b>Teknologi terbaru</b> (UHMWPE)	1000 g	600 m/s

Dalam pembuatan material polimer komposit untuk aplikasi helm militer yang menjadi bahan pertimbangan adalah bahan yang digunakan dan bagaimana metode dalam pembuatan materialnya. Dalam pemilihan komposisi material harus disesuaikan dengan bentuk ancaman seperti ancaman dari peluru dengan kecepatan tinggi [7]. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. terkait penyediaan produk manufaktur dalam penggunaan serat aramid yang memiliki kesamaan. Karena perbedaan dalam proses pelapisan, yang menunjukkan kinerja balistik saat digunakan sebagai bahan helm. Perkembangan material komposit dalam beberapa dekade terakhir mengalami peningkatan secara signifikan [8]. Peningkatan kekuatan tarik eksperimental yang tinggi hingga 7 GPa untuk serat UHMWPE menonjol jauh melampaui serat kinerja tinggi lainnya. Sampai saat ini, kekuatan tarik komersial khas serat UHMWPE adalah sekitar 3,5 GPa. Untuk aplikasi balistik, kekuatan tarik spesifik sangat penting untuk mengurangi berat, seperti yang ditunjukkan oleh pemodelan dan hubungan teknik empiris [2].



**Gambar 3.** Perspektif sejarah desain dan bahan helm Angkatan Darat AS [3].

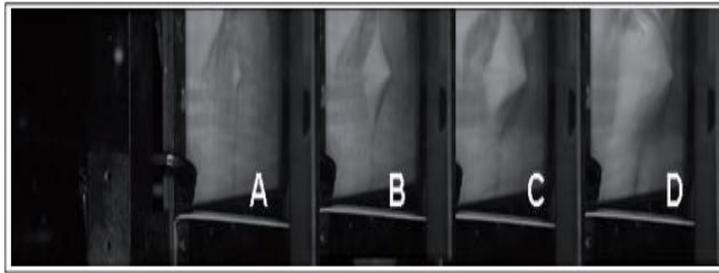
Pada 1970-an, militer AS menggunakan helm yang diperkuat serat 100% selama Operasi Pembebasan Grenada. Rompi Interceptor seberat 24 pon untuk Rangers diperkenalkan di tahun 1999 [9].

**Tabel 3.** Batas balistik dan efisiensi ( $V_{50}$ /berat cangkang) aplikasi helm yang dibuat dengan lebih dari satu serat aramid spesifik [10].

Serat	Yarn denier	Berat cangkang (kg)	$V_{50}$ (m/s)	$V_{50}/wt$ (m/s/kg)	Kuat tarik (MPa)	Daya tarik (MPa)	Regangan tarik (m/m)	Modulus tarik (GPa)
Kevlar-29	1500	1.34	686	511.94	51	2794	0.033	67
Kevlar-KM2	1500	1.13	697	616.81	72	3429	0.43	64
% difference		-15.67	1.60	20.84	41.18	22.73	30.0	-4.69

Dari hasil urutan Gambar 3, fragmen secara efektif terkandung dan dihentikan tetapi tidak sebelum menyebabkan deformasi yang signifikan pada keseluruhan panel. Kevlar termoplastik cangkang pada kerapatan area yang rendah ini mungkin cocok untuk aplikasi tertentu, tetapi mengingat bahwa deformasi lebih dari 1 inci,

itu dapat menyebabkan patah tulang tengkorak yang parah (dan mungkin kematian) [11].



**Gambar 3.** Foto diam dari pencitraan digital berkecepatan tinggi panel aramid termoplastik [3].

Tujuan utama dari cangkang helm adalah untuk melindungi personel dari berbagai ancaman. Pertama, syaratnya adalah membatasi perforasi oleh pecahan atau peluru yang menembus helm. Bahkan jika fragmen dihentikan, defleksi cangkang dapat melibatkan tengkorak dan menyebabkan cedera [12].

#### 4. Kesimpulan

Penggunaan komposit polimer *New technology* (UHMWPE) dengan berat 1000 g, dan kecepatan peluru 600 m/s merupakan salah satu pilihan material yang baik untuk diaplikasikan pada helm anti peluru. Karena memiliki *vicker hardness* 6,4-8,3 MPa dan sangat baik untuk aplikasi balistik, karena memiliki kekuatan tarik spesifik sangat penting untuk mengurangi berat. Dengan menggunakan komposit polimer diharapkan dapat merancang helm anti peluru yang ringan dan ekonomis. Pada kecepatan peluru  $V_{50}$  terbuat dari komposit polimer serat aramid dapat melindungi personel pada saat ada ancaman dari luar.

#### Daftar Pustaka

- [1] Campbell DT, Cramer DR. *Hybrid thermoplastic composite ballistic helmet fabrication study*. Glenwood Springs: Fiberforge Corporation. 2008
- [2] H. Van Der Werff *et al.*, "New Developments of the Dyneema® Ultra High Molecular Weight Polyethylene Fiber," *Proc. Int. Symp. Fiber Sci. Technol.*, no. January, pp. 1–3, 2014.
- [3] P. Singh, D. Pramanik, and R. V. Singh, "Finite element analysis of pilot's helmet design using composite materials for military aircraft," *J. Aerosp. Technol. Manag.*, vol. 8, no. 1, pp. 33–39, 2016, doi: 10.5028/jatm.v8i1.559.
- [4] D. H. Akbar, "PROSES TERMOSET dan TERMOPLASTIK," pp. 1–15, 2013.
- [5] Chawla KK. *Composite materials: science and engineering*. New York: Spinger-Verlag. 1998.
- [6] Othman RB. *Finite element analysis of composite ballist helmet subjected to high velocity impact (Master's thesis)*. Penang: Universiti Sains Malaysia. 2009.
- [7] Song JW., Egglestone GT. *Proceedings for US Army Science Conference*. Proceedings for US Army Science Conference. June, 1988.
- [8] H. van der Werff, U. Heisserer, S.L. Phoenix, Numerical modelling of ballistic impact on fiber composites, Personal Armour Systems Symposium, Quebec, 13-19 September 2010.
- [9] P.M. Cunniff, Dimensional parameter for optimization of textile-based armor systems, Proceeding of the 18th Int. Symp. Ballistics, San Antonio (Tx), 1303. 1990.
- [10] F. Arifurrahman, "Review Penggunaan Komposit Serat Fiber pada Uji Balistik untuk Peralatan Pelindung Personel Fibre Composite Research on Ballistic Testing for Personal Protective Equipment," vol. 01, no. 1, pp. 15–19, 2018.
- [11] Ashok Bhatnagar. *Lightweight Ballistic Composites Military and Law-Enforcement Application*. Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier.2016.
- [12] Piggott MR. *Load bearing fibre composites*. Oxford: Pergamon Press. 1980.