

Review : Perancangan Inovatif Bagian Badan Robot Medis Militer Dalam Pemilihan Material Dan Efisiensi Struktur

Muhammad Rheza Firmansyah^{1*}, Sovian Aritonang²

Program Studi Matematika Militer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Universitas Pertahanan Republik Indonesia

*Email : rhizalahat@gmail.com

ABSTRACT

This article discusses the innovative design of military medical robot bodies with an emphasis on selecting optimal materials and structures to improve durability and performance. Military medical robots are designed to support training activities and rescue operations. This study evaluated a number of materials, including carbon fiber, titanium, and composites selected based on strength, corrosion resistance, and ability to absorb impact. Additionally, the lightweight yet strong structure supports energy efficiency, allowing the robot to operate longer without needing frequent recharging. Tests show that the right combination of materials increases the robot's resistance to harsh terrain conditions and ensures the stability of the medical equipment inside. The selection of efficient materials and flexible structures in the body design of this military medical robot is expected to strengthen the effectiveness and safety for medical personnel and the TNI when operated.

Keywords : Medical Robot, Body, Material, Composite

PENDAHULUAN

Robot adalah seperangkat alat yang bisa melakukan tugas fisik dengan pengawasan dan kontrol dari manusia, atau menggunakan program yang didefinisikan dahulu (kecerdasan buatan) [1]. Robot dibuat untuk beradaptasi dengan lingkungannya dan melaksanakan pekerjaan yang kompleks, berisiko, atau membosankan yang biasanya menjadi tanggung jawab manusia. Penggunaannya mencakup berbagai bidang, seperti industri, pertahanan, kesehatan, pertanian, eksplorasi luar angkasa, hingga kegiatan rumah tangga [2].

Pada masa kemajuan teknologi saat ini, kebutuhan akan alutsista dan perlengkapan TNI terus bertambah [3]. Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi persenjataan telah mengalami perkembangan yang signifikan dengan tingkat kecanggihan yang semakin tinggi [4]. Dalam konteks militer, robot medis menjadi solusi potensial untuk memberikan bantuan medis darurat di medan perang, di mana akses untuk tenaga medis manusia sering kali terbatas dan penuh risiko. Robot medis militer dirancang untuk membantu dalam proses evakuasi, penyelamatan korban, serta transportasi peralatan dan obat-obatan medis ke zona yang sulit dijangkau.

Dalam merancang robot medis militer, tantangan utama adalah memastikan bahwa komponen yang digunakan dapat bertahan di lingkungan yang keras dan tetap ringan serta mudah bermanuver. Material dan struktur yang efisien tidak hanya berperan dalam mengurangi beban berat total robot, tetapi juga meningkatkan ketahanannya terhadap guncangan, kelembaban, suhu tinggi, dan kondisi lainnya yang umum di medan tempur. Pemilihan material yang tepat akan memengaruhi kinerja jangka panjang, daya tahan, serta keamanan dan efektivitas robot tersebut.

Pemilihan material yang tepat pada robot medis militer tidak hanya mempertimbangkan kekuatan dan daya tahan, tetapi juga aspek biokompatibilitas dan keamanan bagi pasien. Robot medis sering kali harus berinteraksi langsung dengan manusia dalam situasi darurat, seperti mengangkat korban yang terluka atau memberikan perawatan medis awal. Oleh karena itu, material yang digunakan harus aman untuk bersentuhan dengan kulit dan jaringan tubuh manusia serta tidak menimbulkan reaksi alergi atau kontaminasi yang dapat memperburuk kondisi pasien.

Artikel ini akan mengulas pendekatan perancangan inovatif dalam menentukan material dan struktur badan robot medis militer yang optimal. Selain itu, juga akan dibahas berbagai jenis material yang umum digunakan pada badan robot medis militer, termasuk karakteristik, keunggulan, dan kelemahannya masing-masing. Penelitian ini juga akan mengeksplorasi potensi penggunaan material baru yang dapat meningkatkan performa robot medis militer di masa depan.

Dengan pemilihan material yang tepat, robot medis militer dapat diandalkan dalam menjalankan misi penyelamatan di medan perang, meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasi militer dalam situasi darurat.

METODE PENELITIAN

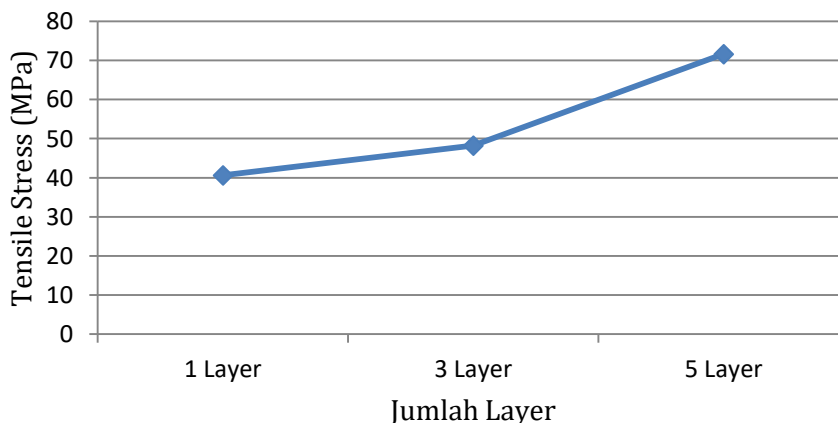
Penelitian ini menggunakan metode studi literatur (penelitian kualitatif) yang dilakukan secara sistematis, eksplisit, dan dapat direproduksi untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, serta mensintesis karya-karya ilmiah hasil penelitian dan pemikiran yang telah dihasilkan oleh para peneliti dan praktisi [5]. Studi ini mencakup kajian jurnal ilmiah, laporan penelitian, dan publikasi industri terkait material seperti logam ringan, komposit serat karbon, polimer cerdas, serta material biokompatibel. Selain itu, studi literatur juga mengeksplorasi penerapan material dalam kondisi ekstrem yang relevan dengan operasi militer di medan perang. Metode ini mencakup empat tahapan utama, yaitu pemilihan topik, pencarian artikel yang relevan, analisis dan sintesis literatur, serta penyusunan penulisan tinjauan [6]. Penelitian ini berfokus pada hasil analisis terkait pemilihan material untuk struktur badan pada robot medis militer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Robot medis militer merupakan pengembangan dari robot medis yang digunakan untuk membantu tenaga medis dan TNI dalam perawatan dan latihan sehingga bahan/materialnya harus disesuaikan dengan medan yang dihadapi dan fungsinya. Oleh sebab itu, material yang digunakan harus ringan namun memiliki ketahanan balistik yang tinggi. Bagian badan robot dirancang untuk menyimpan peralatan medis, sehingga material yang dipilih harus memenuhi kriteria seperti ringan, kuat, tahan terhadap tembakan, dan mampu bertahan di suhu ekstrem. Untuk sistem perlindungan (armor), disarankan menggunakan material yang memiliki kemampuan penangkalan yang baik, sekaligus ringan dan ergonomis [7]. Contoh material tersebut meliputi pelat armor berbahan keramik, serat karbon, komposit, atau material nano.

Material komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berbeda, yang dikombinasikan untuk menghasilkan material dengan sifat yang lebih unggul atau sesuai kebutuhan dibandingkan dengan sifat bahan penyusunnya secara terpisah. Material ini memiliki sejumlah keunggulan, seperti bobot yang lebih ringan, kekuatan yang lebih tinggi, ketahanan terhadap korosi, serta biaya perakitan yang lebih rendah karena jumlah komponen dan pengencang seperti baut yang lebih sedikit [8]. Komposit terdiri dari dua komponen utama, yaitu matriks dan bahan penguat [9]. Matriks berfungsi untuk melindungi dan menopang serat atau partikel penguat serta mendistribusikan beban secara merata ke seluruh struktur komposit. Selain itu, material komposit memiliki rasio kekuatan terhadap densitas yang sangat baik. Dalam bidang pertahanan, komposit banyak digunakan, misalnya pada rompi anti peluru, industri penerbangan, dan lainnya.

Tensile Vs Jumlah Layer

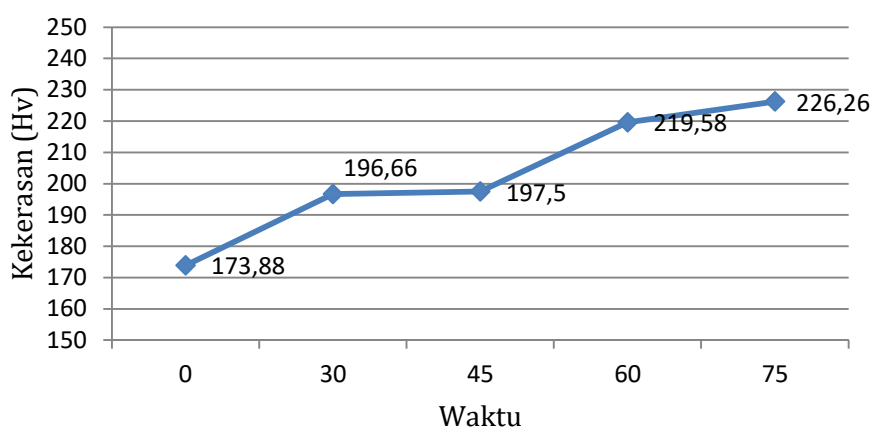


Gambar 1. Grafik Peningkatan Nilai Tensile

Berdasarkan hasil pengujian tarik pada material komposit diatas, terjadi kenaikan persentase (peningkatan nilai Tensile) setiap dilakukan penambahan layer komposit sehingga semakin kuat tensile yang dialami [10]. Oleh karena itu, kita harus menambahkan lapisan yang lebih pada bagian yang sering diserang/ terdapat bagian vital. Seiring dengan meningkatnya ancaman peluru, sistem pelindung tubuh memerlukan tambahan lapisan pelindung berupa piring keramik pada bagian luar atau depan badan robot. Lapisan ini dirancang menggunakan material keras dan kuat di bagian luar, serta bahan elastis di belakangnya untuk menyerap energi kinetik sisa dari peluru. Keramik yang memiliki kekuatan dan kekerasan tinggi dapat menumpulkan atau mengikis ujung proyektil.

Titanium, di sisi lain, adalah logam yang sering digunakan dalam konstruksi pesawat terbang, kapal laut, perhiasan, hingga rangka sepeda. Sebagai logam transisi, titanium terkenal karena ringan, tahan lama, dan tahan korosi. Salah satu keunggulan utamanya adalah memiliki kekuatan lebih tinggi daripada baja, namun beratnya hanya setengah dari baja. Selain itu, titanium juga dua kali lebih kuat dari aluminium, meskipun bobotnya 60% lebih berat dibandingkan aluminium.

Kekerasan (HV) Vs Waktu



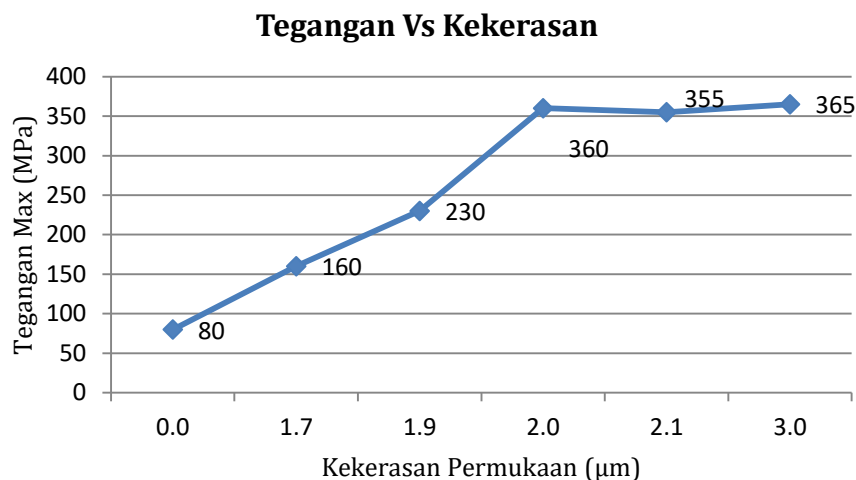
Gambar 2. Grafik Uji Kekerasan Permukaan

Berdasarkan hasil uji kekerasan permukaan, diketahui bahwa semakin lama durasi pelapisan, semakin tinggi tingkat kekerasan permukaannya, sehingga lapisan yang dihasilkan menjadi lebih keras. Hal ini terjadi karena lapisan kromium yang menempel pada titanium menjadi lebih tebal. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa ketebalan dan kekerasan lapisan krom keras meningkat seiring dengan bertambahnya tegangan dan durasi pelapisan [11]. Selain itu, waktu pelapisan (proses atau durasi pelapisan) memengaruhi kekerasan permukaan material yang dilapisi. Semakin lama waktu pelapisan, material pelapis akan memiliki lebih banyak waktu untuk menempel, menumpuk, atau bereaksi dengan permukaan. Hal ini menghasilkan lapisan yang lebih tebal, lebih padat, atau lebih kuat, sehingga permukaan material menjadi lebih keras.

Selain itu, waktu pelapisan yang lebih lama sering kali memperbaiki mikrostruktur pada lapisan pelapis, mengurangi porositas dan cacat mikro sehingga lapisan yang lebih homogen dan bebas cacat mikro memiliki distribusi tegangan yang lebih baik saat diuji kekerasannya dan menunjukkan nilai kekerasan yang lebih tinggi. Durasi pelapisan yang lebih lama memberikan hasil pelapisan yang lebih efektif dalam meningkatkan kekuatan mekanis (kekerasan) permukaan. Hal ini mungkin terjadi karena penumpukan material lapisan lebih merata atau tebal dan reaksi kimia dalam proses pelapisan menjadi lebih sempurna.

Serat karbon merupakan sebuah serat dari karbon murni yang sangat kuat dalam ketegangan dan fleksibel. Serat karbon memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan dengan baja. Material komposit yang diperkuat serat karbon merupakan salah satu jenis komposit yang menggunakan serat karbon sebagai komponen utamanya karena sifatnya yang sangat kuat namun tetap ringan [16]. Selain itu, serat karbon transparan terhadap gelombang radar, menjadikannya efektif untuk teknologi stealth, serta mampu menyerap energi kinetik untuk perlindungan terhadap ledakan dan ancaman balistik. Material ini juga tahan lama, memiliki umur pakai panjang, dan

dapat dibentuk menjadi desain kompleks. Namun, serat karbon memiliki kelemahan, seperti biaya produksi yang tinggi dan kerentanan terhadap retak jika matriks kompositnya tidak dirancang dengan baik. Kendati demikian, keunggulan serat karbon menjadikannya pilihan utama dalam sistem pertahanan modern.



Gambar 3. Grafik Kekasaran Permukaan Terhadap Tegangan Tarik

Ini menunjukkan bahwa kekasaran permukaan mempengaruhi kekuatan tarik komposit FML. Semakin tinggi nilai kekasaran permukaan (R_a), semakin kuat kekuatan tarik komposit. Hal ini disebabkan oleh permukaan yang lebih kasar, yang membuat ikatan antara lapisan inti (core) dan lapisan permukaan (aluminium) menjadi lebih kuat. Ketika kekasaran permukaan meningkat, morfologi aluminium menjadi tidak rata, sehingga matriks dapat menembus permukaan yang tidak halus. Proses ini menciptakan mekanisme penguncian antara lapisan, yang memperkuat ikatan antara komposit serat karbon dan aluminium, dan pada akhirnya meningkatkan kekuatan tarik komposit.

Desain berikutnya adalah penggunaan busa penyerap getaran. Busa penyerap getaran dalam material pertahanan adalah material ringan dengan kemampuan menyerap energi dari getaran, benturan, atau gelombang kejut, yang dihasilkan dari serangan atau dampak eksternal. Material ini dirancang dengan struktur mikropori yang dapat meredam energi mekanis dengan mengubahnya menjadi energi panas, sehingga mencegah transfer energi destruktif ke bagian lain. Busa ini memiliki ketahanan tinggi terhadap kompresi, suhu ekstrem, dan paparan zat kimia, menjadikannya ideal untuk berbagai aplikasi, seperti pelindung kendaraan militer, helm, dan rompi balistik. Selain itu, busa ini mampu menyerap gelombang suara dan getaran akustik, membantu mengurangi kebisingan dan meningkatkan kenyamanan operasional.

Busa tersebut memastikan komponen tetap pada posisinya dengan menahan pergerakan selama alat dioperasikan dan mengurangi kebisingan dari getaran/gejakan antar komponen. Selain itu, busa ini mampu menyerap gelombang suara dan getaran akustik, membantu mengurangi kebisingan dan meningkatkan kenyamanan operasional. Dengan sifat-sifat seperti kemampuan menyerap energi, tahan ledakan, dan daya tahan struktural, busa penyerap getaran menjadi komponen penting dalam teknologi pertahanan modern.

Oleh karena itu, desain material yang digunakan pada badan robot medis militer adalah pada bagian luar menggunakan material komposit/serat karbon sebagai pelindung dari serangan. Sedangkan pada bagian dalam dilapisi dengan busa penyerap getaran untuk memastikan peralatan medis tetap aman dan stabil dari guncangan/gangguan.

KESIMPULAN

Keberadaan robot medis sangat membantu pekerjaan dan mengurangi resiko terhadap tenaga medis. Oleh karena itu, dilakukan pengembangan teknologi berupa robot medis militer sehingga diperlukan perancangan inovatif dengan pemilihan material yang tepat dan struktur yang efisien


sehingga memberikan manfaat dalam mendukung operasi medis di medan latihan maupun perang. Artikel ini membahas material yang cocok untuk pembuatan bagian badan robot medis militer berdasarkan sifat material dan keunggulannya. Melalui evaluasi material seperti serat karbon, titanium, komposit, dan armor ditemukan bahwa kombinasi material yang tepat mampu memberikan rancangan material yang efisien dan meningkatkan keandalan robot medis militer tersebut.

Saran

Saran untuk pengembangan lebih lanjut dari artikel ini, diantaranya untuk melakukan pengujian lapangan lebih luas dalam kondisi nyata di berbagai jenis medan latihan dan pertempuran, mengeksplorasi material baru, mengembangkan kecerdasan buatan (AI) dan sistem otonomi pada robot medis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suhirwan, Suhirwan & Prakoso, Lukman & Toruan, Tsl & Aritonang, soviaan & Pramono, Budi & Prihantoro, Kasih. (2021). NATIONAL DEFENSE STRATEGY.
- [2] Sovian aritonang & Global Akademia. (2023). DASAR-DASAR ILMU DAN TEKNIK MATERIAL PADA SEKTOR PERTAHANAN
- [3] Sovian aritonang & Global Akademia. (2023). MATERIALS SCIENCE & ENGINEERING Implementation of Cases within the Defense Sector
- [4] aritonang, soviaan & murniati, riri & Global Akademia, Mia. (2024). MATERIAL PERTAHANAN.
- [5] Fadly, M. S., Purnowidodo, A., & Setyarini, P. H. (2019, December). Deformation and Energy Absorption Of Fiber Metal Laminates (FMLs) After Ballistic Impact Load. In *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta* (Vol. 5, pp. 49-58).
- [6] Afrianto, Irawan. "Psta 4-5-literatur Review Dan Lampirannya.", 2020
- [7] Rahayu, Titik, et al. "Teknik Menulis Review Literatur Dalam Sebuah Artikel Ilmiah.", 2019.
- [8] Lestari, A., Melati, L., Kasim, K., Jupriyanto, J., & Deksino, G. (2022). Ceramic Armor as Protective Material in Defense Industry Product: A Literature Review. *MOTIVECTION : Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 5(1), 101-112. <https://doi.org/10.46574/motivection.v5i1.175>
- [9] Suryana, D., Junaidi, A., & Rizki, muhammad. (2018). PENGARUH KOMPOSISI KOMPOSIT SERAT-SERAT ECENG GONDOK DAN PASIR SILIKA TERHADAP UJI IMPACT DAN UJI TARIK UNTUK POINT PANJAT DINDING. *AUSTENIT*, 10(2), 56–60. Retrieved from <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/austenit/article/view/1186>
- [10] Widi, K. A., Pohan, G., Sujana, W., & Rizaldy, A. (2020, October). Analisa uji balistik produk body armor material komposit poliester berpenguat serat karbon, rami dan kapas. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Tahun*.
- [11] Kajang, G. ., & Fahar, A. A. . (2024). ANALISIS SIFAT MEKANIK MATERIAL KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT KARBON . *JNSTA ADPERTISI JOURNAL*, 4(2), 18–22. Retrieved from <https://jurnal.adpertisi.or.id/index.php/JNSTA/article/view/584>
- [12] Arifin, A. C., & Bisono, R. M. (2023). Analisis Sifat Mekanik Lapisan Krom Pada Titanium Dengan Metode Elektroplating. *Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(9).
- [13] Firmansyah, H. I., Purnowidodo, A., & Setyabudi, S. A. (2018). Pengaruh mechanical bonding pada aluminium dengan serat karbon terhadap kekuatan tarik fiber metal laminates. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 9(2), 127-134.
- [14] Hafidz, I., Adiputra, D., Montolalu, B., Prastyabudi, W. A., Widyantara, H., & Afandi, M. A. (2020). IoT-Based Logistic Robot for Real-Time Monitoring and Control Patients during COVID-19 Pandemic. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 182-188.
- [15] Agustian, E. S. (2021). Sistem Propulsi Roket Padat Untuk Rudal Anti Tank. *Jurnal Teknologi Kedirgantaraan*, 6(2), 23-29. <https://doi.org/10.35894/jtk.v6i2.36>
- [16] Lubis, P. A. ., Zulfikar, A. J. ., & Iswandi, I. (2022). Analysis of the Split Tensile Strength of

- ◆  Laminate Jute Composites as Reinforcement for Cylindrical Column Concrete Based on the Material Energy Absorption Method. *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)*, 1(2), 55–64. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v1i2.21>
- [17] Umam, A. F., & IRFAI, M. A. (2019). Studi Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester berpenguat Serat Karbon. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(1).
- [18] Saputra, H. T., & Muhaimin, A. (2022). Robot Pemindah Benda dengan Kendali Joystick PS2 Wireless Berbasis Wemos. *Jurnal Ilmu Komputer*, 11(2), 80-85.
- [19] Sopyan, E., Suarna, D., Harun Ashar, M., & Mustakim. (2023). Rancang Bangun Robot Pengantar Obat dan Makanan Pasien Berbasis Internet of Things . *Bulletin of Information Technology (BIT)*, 4(3), 344 - 352. <https://doi.org/10.47065/bit.v4i3.839>
- [20] Lasmono, J., Sari, A. P., Kuncoro, E., & Mujahidin, I. (2019). Optimasi Kerja Peluncur Roket Pada Robot Roda Rantai Untuk Menentukan Ketepatan Sudut Tembak. *JASIEK (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. dan Komput*