

## **MATERIAL KOMPOSIT LAMINASI SERAT KARBON-NYLON DENGAN ADDITIVE ALUMINUM POWDER UNTUK BODY LORI**

**Henry Widya Prasetya<sup>1\*</sup>, Dadang Sanjaya Atmaja<sup>2</sup>, dan Dimas Adi Perwira<sup>3</sup>**  
<sup>1,2,3</sup>Teknologi Mekanika Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun  
*\*E-mail: korespondensi: henry@ppi.ac.id*

### **Abstract**

*In the process of maintaining railway infrastructure, transportation equipment is needed that is able to speed up the maintenance process, time efficiency, and a process that is easy to operate. Inspection lorries are a suitable means of transportation for the maintenance process of railway infrastructure. Inspection lorries are self-propelled transport vehicles that can be lifted off the rails on the freeway by the power of the vehicle in no more than 2 minutes. The PPI Madiun electric inspection lorry still has a total load of over 100 kg. Heavy loads will reduce the effectiveness of the use of lorries and endanger the operator, so several innovations are needed to overcome these problems. First with the lorry body-forming material, it takes a strong and light material. Composites are alternative materials that have been developed to replace traditional materials in the last twenty years. The composite for this lorry body uses epoxy resin as a binder matrix, carbon fiber-nylon fiber and aluminum powder as a filler which is arranged with various levels of lamination. Composite manufacture by hand lay-up method. The results showed that the arrangement of the laminate between the fibers in the reinforcement of the composite material using the hand lay up method would affect the tensile strength. The highest tensile strength is 17.82 MPa, in specimen 1A whose fiber arrangement is with CNCNCN lamination of carbon fiber, nylon fiber, carbon fiber, nylon fiber, carbon fiber, and nylon fiber. The lowest tensile strength was 13 MPa, in the A3 specimen whose fiber composition was laminated with NNCCNN nylon fiber, nylon fiber, carbon fiber, carbon fiber, nylon fiber, and nylon fiber.*

**Keywords:** *carbon fiber, nylon fiber, aluminum powder, lorry body.*

### **Abstrak**

Dalam proses perawatan prasarana perkeretaapian, dibutuhkan alat transportasi yang mampu mempercepat proses perawatan, efisiensi waktu, dan proses yang mudah dalam pengoperasian. Lori inspeksi merupakan alat transportasi yang sesuai untuk proses perawatan prasarana perkeretaapian. Lori inspeksi adalah kendaraan angkut dengan atau tanpa penggerak sendiri yang dapat diangkat dari rel di jalan bebas oleh tenaga yang ada pada kendaraan tersebut dalam waktu tidak lebih dari 2 menit. Lori inspeksi elektrik PPI Madiun masih memiliki beban total diatas 100 kg. Beban yang berat akan mengurangi nilai efektifitas penggunaan lori dan membahayakan operator, sehingga dibutuhkan beberapa inovasi untuk mengatasi masalah tersebut. Pertama dengan material pembentuk bodi lori, dibutuhkan material yang kuat dan ringan. Komposit adalah material alternatif yang dikembangkan sebagai pengganti material tradisional sejak dua puluh tahun terakhir. Komposit untuk bodi lori ini menggunakan epoxy resin sebagai matriks pengikat, serat karbon-serat nilon dan *aluminium powder* sebagai *filler* yang disusun dengan tingkat variasi laminasi. Pembuatan komposit dengan metode *hand lay-up*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa susunan laminasi antar serat didalam penyusun penguat material komposit dengan metode *hand lay up* akan mempengaruhi kekuatan tarik. Kekuatan tarik tertinggi sebesar 17.82 MPa, pada spesimen 1A yang susunan seratnya dengan laminasi CNCNCN serat karbon, serat nilon, serat karbon, serat nilon, serat karbon, dan serat nilon. Kekuatan tarik terendah sebesar 13 MPa, pada spesimen A3 yang susunan seratnya dengan laminasi NNCCNN serat nilon, serat nilon, serat karbon, serat karbon, serat nilon, dan serat nilon.

**Kata kunci:** *serat karbon, serat nilon, aluminium powder, bodi lori.*

### **PENDAHULUAN**

Dalam proses perawatan prasarana perkeretaapian, dibutuhkan alat transportasi yang mampu mempercepat proses perawatan, efisiensi waktu, dan proses yang mudah dalam pengoperasian. Lori inspeksi merupakan alat transportasi yang sesuai untuk proses perawatan prasarana perkeretaapian. Lori inspeksi adalah kendaraan angkut dengan atau tanpa penggerak sendiri yang dapat diangkat dari rel di jalan bebas oleh tenaga yang ada pada kendaraan tersebut dalam waktu tidak lebih dari 2 menit, dan digunakan untuk memeriksa prasarana serta membawa petugas dan/atau material kerja (Atmaja,

2020). Lori inspeksi terdiri dari struktur-struktur penyusun seperti roda, *chassis*, *body*, sistem peredam, lampu penerangan dan motor sebagai penggerak.

Bodi merupakan bentuk sebuah kendaraan yang biasanya digunakan sebagai pembentuk kendaraan dan tempat untuk pelindung bagi penumpang dari paparan hujan dan sinar matahari. Secara garis besar bodi sebuah kendaraan terbuat dari material *ferous* seperti: *steel plate* yang memiliki tebal antara 0,6 mm hingga 0,9 mm (Prasetya et al., 2020). Penggunaan *steel plate* memudahkan dalam proses pembentukan sebuah bodi kendaraan dan proses penyambungan dengan *mainframe* kendaraan.

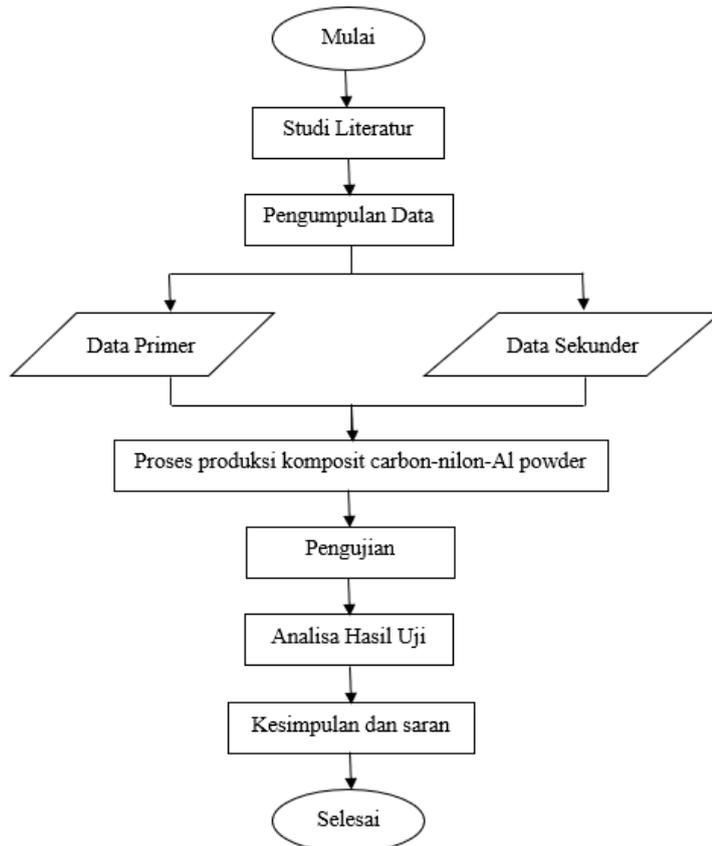
Komposit adalah material alternatif yang dikembangkan sebagai pengganti material tradisional sejak dua puluh tahun terakhir. Secara teoritis material komposit adalah dibentuk oleh dua jenis material yaitu sebagai penguat dan pengikat (Widya Prasetya et al., 2016), yang mana keduanya memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda. Komposit dibandingkan dengan material tradisional memiliki keunggulan seperti tahan korosi, bersifat ramah lingkungan, memiliki sifat mekanik dan fisik yang sangat baik, dan murah dalam pembuatannya, serta dapat dilakukan perbaikan sifat dan karakteristik sesuai kebutuhan konstruksi, serta ringan, ramah lingkungan.

Serat yang umum digunakan dalam material komposit berpenguat serat adalah serat karbon dan serat organik lainnya (Mardiyati, 2018). Serat karbon merupakan serat yang sering digunakan untuk pembentukan komposit. Komposit yang diperkuat menggunakan serat karbon sebagai material komposit akan lebih baik karena serat karbon memiliki kelebihan seperti kuat dan ringan. Komposit yang diperkuat serat karbon ini biasanya digunakan dalam pembuatan material-material yang ringan. Serat nilon adalah serat yang memiliki sifat mekanik, termal dan kimia yang baik (Maulina, 2016). Sifat anti gesekan yang kuat pada nilon serta daya regangan yang sangat baik, menjadikan salah satu keunggulan bahan komposit ini. Serbuk Aluminium digunakan karena memiliki kelebihan yaitu sifatnya ringan, dan tahan akan korosi. Penambahan *filler* serbuk aluminium untuk meningkatkan daya rekat matrik pengikat. Pada material komposit ini digunakan matrik pengikat jenis resin *epoxy*.

Pembuatan komposit menggunakan metode *hand lay-up*. Metode ini merupakan metode yang paling mudah dan sederhana karena alat bantu yang dibutuhkan mudah ditemukan (Widiarta et al., 2018). Penelitian ini bertujuan membuat sebuah bodi lori dengan teknologi material komposit. Material komposit dengan perpaduan antara serat karbon, serat nilon dan penambahan *filler* dari material logam yaitu *aluminum powder*. Salah satu syarat sebuah lori adalah ringan, material komposit ini merupakan salah satu inovasi untuk mengurangi berat total lori inspeksi elektrik PPI Madiun yang masih diatas 100 kg. Pemilihan bahan material komposit akan membuat sebuah bodi lori yang ringan dan kuat menerima pembebanan.

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan material komposit dengan penguat serat karbon, serat nilon dan penambahan *filler* dari aluminium serbuk serta matrik dari *epoxy resin*. Kedua serat disusun berdasarkan variasi karbon-nilon-karbon-nilon-karbon-nilon (CNCNCN), karbon-karbon-nilon-nilon-carbon-carbon (CCNNCC), nilon-nilon-carbon-carbon-nilon-nilon (NNCCNN) dan karbon-karbon-karbon-nilon-nilon-nilon (CCCNNN). Jumlah keseluruhan serat penguat adalah sebanyak 6 lapisan dengan variasi susunan laminasi. *Filler* aluminium serbuk dicampur dengan matrik pengikat dengan komposisi 50% *filler* dan 50% resin. Kemudian sebagai pengikat dipergunakan *epoxy resin*. Alur pikir penelitian pembuatan bodi komposit lori sebagai berikut :



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

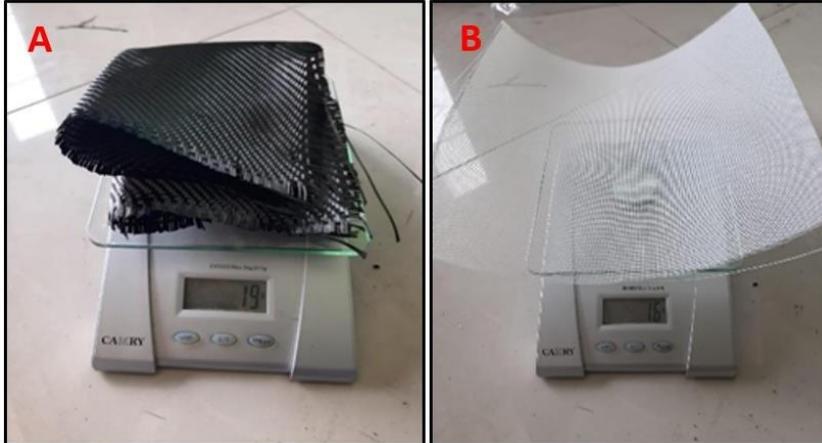
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Bodi merupakan bentuk maupun tempat pada sebuah kendaraan yang biasanya digunakan sebagai pembentuk kendaraan dan tempat untuk pelindung bagi penumpang dari paparan hujan dan sinar matahari. Pembuatan bodi lori inspeksi menggunakan bahan komposit berbahan *resin epoxy* sebagai matriks (pengikat) dengan penguatan serat karbon, serat nilon dan serbuk aluminium sebagai *filler* tambahan. Serat karbon mempunyai sifat dominan kuat tapi getas. Serat nilon mempunyai karakteristik yaitu ulet. Serbuk aluminium dipilih sebagai tambahan bahan *filler* supaya meningkatkan daya rekat matrik pengikat. Berikut Gambar 2. menunjukkan lori inspeksi elektrik Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun:

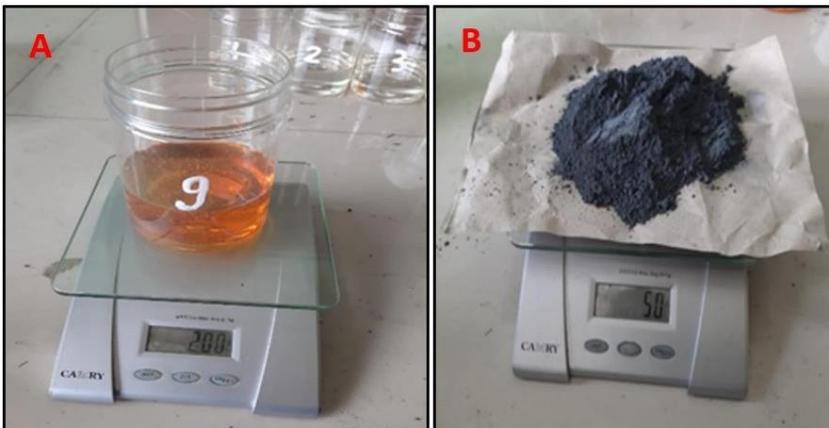


**Gambar 2.** Lori inspeksi PPI Madiun

Metode pembuatan komposit dilakukan dengan menerapkan teknik *hand lay-up*. Proses produksi dilaksanakan dalam 5 langkah yaitu: (a) persiapan cetakan dan lembaran serat penguat, (b) penimbangan serat, *filler* dan resin, (c) persiapan resin, (d) proses *hand lay-up* dengan memvariasikan susunan laminasi antar serat, dan (e) proses pengeringan hasil pengecoran. Untuk setiap konfigurasi dari karbon-nylon-*epoxy* laminasi komposit, total 6 lapisan serat karbon dan nylon ditumpuk di setiap laminasi. Lapisan serat karbon dan nylon dengan ukuran 350 mm x 350 mm ditumpuk dalam cetakan. Rasio larutan *epoxy resin* 50% dengan *hardener* 50%. *Filler aluminum powder* seberat 50gram dilarutkan dalam *epoxy resin*. Pengeringan hasil cetakan selama 24 jam pada suhu kamar.



**Gambar 3.** (a) Penimbangan serat karbon, (b) Penimbangan serat nylon



**Gambar 4.** (a) Penimbangan *resin epoxy* (b) Penimbangan *aluminum powder*



**Gambar 5.** (a) Penimbangan *epoxy resin* (b) Penimbangan *epoxy hardener*



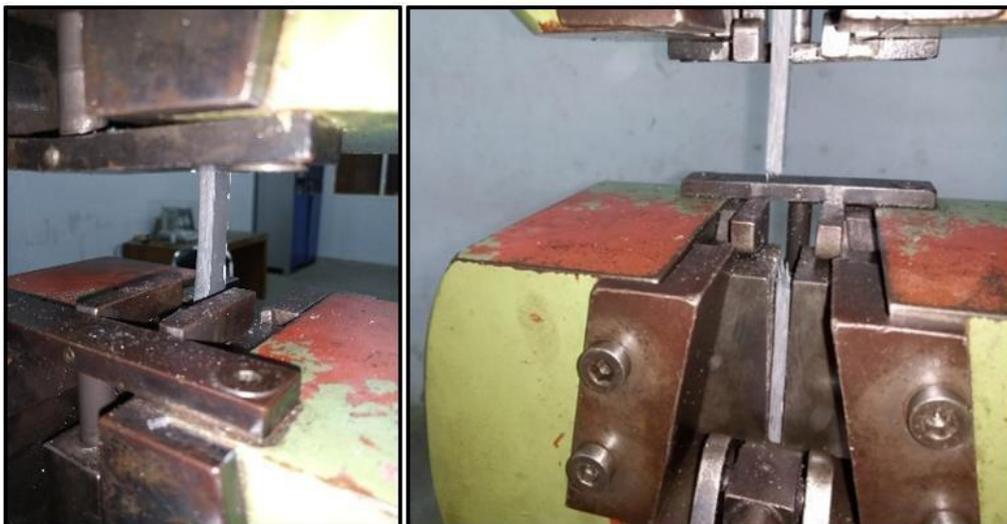
**Gambar 6.** Produksi komposit dengan metode *hand lay up*

Hasil cetakan sebagai material uji adalah ditunjukkan seperti Tabel 1;

**Tabel 1.** Spesifikasi uji komposit

| Item   | kode | Tebal<br>(mm) |
|--------|------|---------------|
| CNCNCN | A1   | 5.00          |
| CCNNCC | A2   | 5.00          |
| NNCCNN | A3   | 5.00          |
| CCCNNN | A4   | 5.00          |

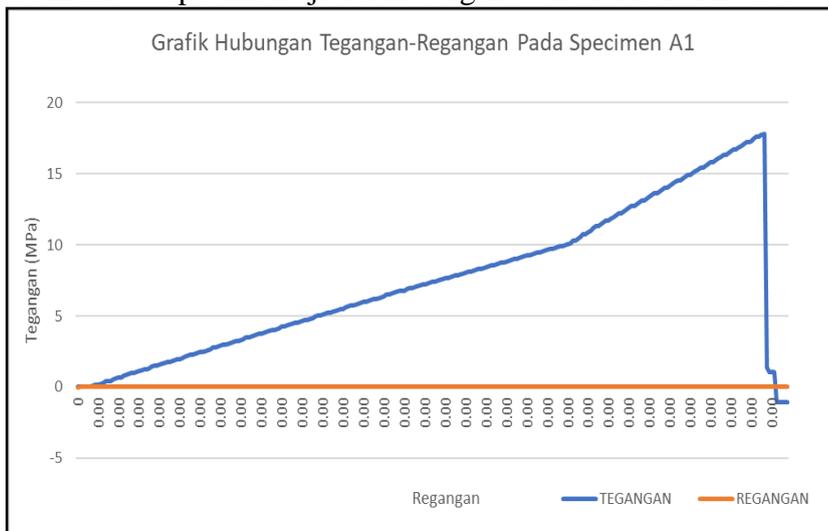
Berikut hasil dan analisa dari hasil pengujian kekuatan tarik specimen material komposit yang digunakan sebagai bodi lori inspeksi. Hasil dari pengujian tarik pada komposit dengan variasi susunan laminasi serat menggunakan standar ASTM D-638.



**Gambar 7.** Pengujian kekuatan tarik

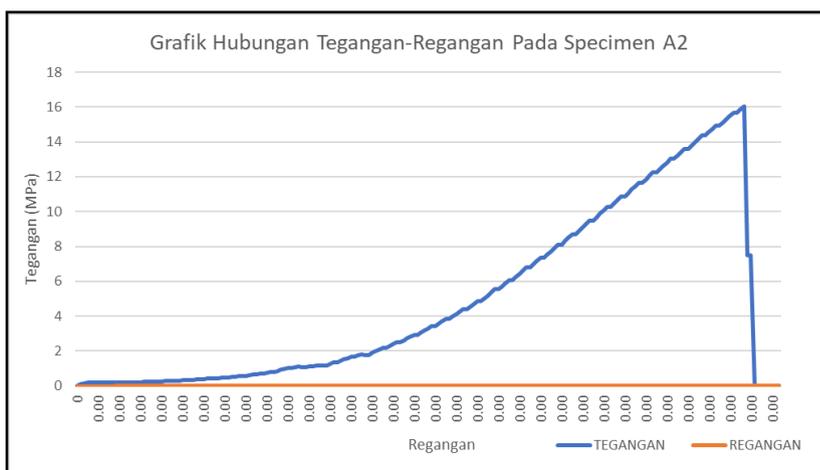


Gambar 8. Spesimen uji Tarik dengan standar ASTM D-638



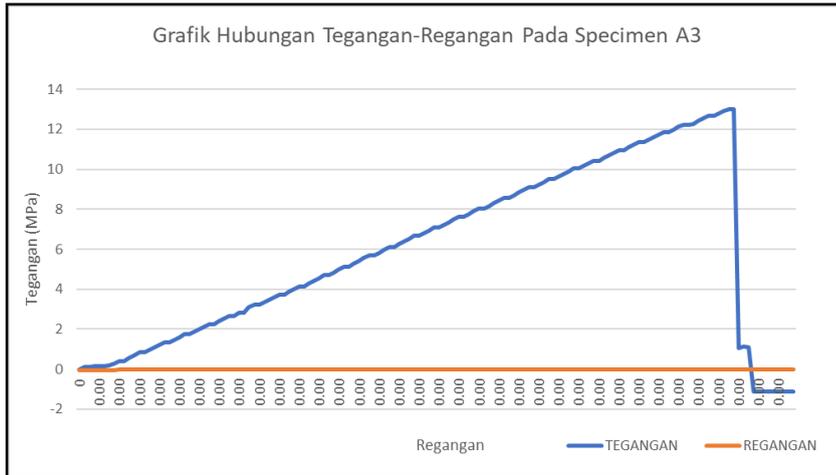
Gambar 9. Grafik hubungan tegangan-regangan pada specimen A1

Pada Gambar 9 menunjukkan grafik hubungan tegangan-regangan pada kekuatan tarik sebesar 17.82 MPa, pada spesimen 1A yang susunan seratnya dengan kombinasi CNCNCN serat karbon, serat nilon, serat karbon, serat nilon, serat karbon, dan serat nilon.



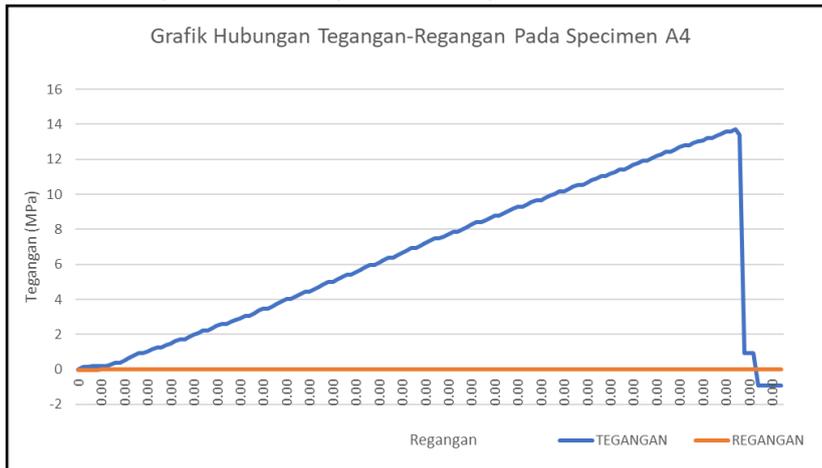
Gambar 10. Grafik hubungan tegangan-regangan pada specimen A2

Pada Gambar 10 menunjukkan grafik hubungan tegangan-regangan dengan kekuatan tarik sebesar 16.03 MPa, pada spesimen A2 yang susunan seratnya dengan laminasi CCNNCC serat karbon, serat karbon, serat nilon, serat nilon, serat karbon, dan serat karbon.



**Gambar 11.** Grafik hubungan tegangan-regangan pada specimen A3

Pada Gambar 11 menunjukkan grafik hubungan tegangan-regangan dengan kekuatan tarik sebesar 13 MPa, pada spesimen A3 yang susunan seratnya dengan laminasi NNCCNN serat nilon, serat nilon, serat karbon, serat karbon, serat nilon, dan serat nilon.



**Gambar 12.** Grafik hubungan tegangan-regangan pada specimen A4

Pada Gambar 12 menunjukkan grafik hubungan tegangan-regangan dengan kekuatan tarik sebesar 13.72 MPa, pada spesimen A4 yang susunan seratnya dengan laminasi CCCN NN serat karbon, serat karbon, serat karbon, serat nilon, serat nilon, dan serat nilon.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian pembuatan bodi komposit serat karbon-serat nilon-*epoxy resin* dengan penambahan *filler aluminum powder* pada lori inspeksi dengan kesimpulan sebagai berikut :

1. Susunan laminasi antar serat didalam penyusun penguat material komposit dengan metode *hand lay up* akan mempengaruhi kekuatan tarik.
2. Kekuatan tarik tertinggi sebesar 17.82 MPa, pada spesimen 1A yang susunan seratnya dengan laminasi CNCNCN serat karbon, serat nilon, serat karbon, serat nilon, serat karbon, dan serat nilon.
3. Kekuatan tarik terendah sebesar 13 MPa, pada spesimen A3 yang susunan seratnya dengan laminasi NNCCNN serat nilon, serat nilon, serat karbon, serat karbon, serat nilon, dan serat nilon.

## REFERENSI

- Atmaja, D. S. (2020). Prototipe Lori Inspeksi Elektrik Bertenaga Surya (Lori Ppi E-2000 Generasi 3). *Jurnal Perkeretaapian Indonesia (Indonesian Railway Journal)*, 4(2), 105–113. <https://doi.org/10.37367/jpi.v4i2.128>
- Mardiyati, M. (2018). Komposit Polimer Sebagai Material Tahan Balistik. *Jurnal Inovasi Pertahanan Dan Keamanan*, 1(1), 20–28. <https://doi.org/10.5614/jipk.2018.1.1.3>
- Maulina, W. (2016). Kajian Membran Komposit Nilon-Arang Melalui Karakterisasi Ftir Dan Sem. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Keilmuan (JPFK)*, 2(1), 56. <https://doi.org/10.25273/jpfk.v2i1.25>
- Prasetya, H. W., Atmaja, D. S., & Utomo, I. S., (2020). Pengaruh Susunan Laminasi Serat Gelas. *Jurnal V-Macrnal V-Mac*, 5(2), 44–46.
- Widiarta, I. W., Nugraha, I. N. P., & Dantes, K. R. (2018). Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serat Alam Batang Kulit Waru (*Hibiscus Tiliaceust*) Dengan Matrik Poliyester. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 6(1), 41. <https://doi.org/10.23887/jjtm.v6i1.11411>
- Atmaja, D. S. (2020). Prototipe Lori Inspeksi Elektrik Bertenaga Surya (Lori Ppi E-2000 Generasi 3). *Jurnal Perkeretaapian Indonesia (Indonesian Railway Journal)*, 4(2), 105–113. <https://doi.org/10.37367/jpi.v4i2.128>
- Mardiyati, M. (2018). Komposit Polimer Sebagai Material Tahan Balistik. *Jurnal Inovasi Pertahanan Dan Keamanan*, 1(1), 20–28. <https://doi.org/10.5614/jipk.2018.1.1.3>
- Maulina, W. (2016). Kajian Membran Komposit Nilon-Arang Melalui Karakterisasi Ftir Dan Sem. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Keilmuan (JPFK)*, 2(1), 56. <https://doi.org/10.25273/jpfk.v2i1.25>
- Prasetya, H. W., Atmaja, D. S., & Utomo, I. S., (2020). Pengaruh Susunan Laminasi Serat Gelas. *Jurnal V-Macrnal V-Mac*, 5(2), 44–46.
- Widiarta, I. W., Nugraha, I. N. P., & Dantes, K. R. (2018). Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serat Alam Batang Kulit Waru (*Hibiscus Tiliaceust*) Dengan Matrik Poliyester. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 6(1), 41. <https://doi.org/10.23887/jjtm.v6i1.11411>
- Prasetya, H. W., Septiadi, W. N., & Subagia A. I. D. G. (2016). *Analisa Cacat Drilling Dari Material Hybrid Komposit Laminasi Serat Karbon-Basalt-Epoxy*. 2(2), 106–113
- Rochim, T. (1993). *Teori Dan Teknologi Proses Pemesinan*. Laboratorium Teknik Produksi Jurusan Teknik Mesin ITB, Bandung.
- Surdia, T. & Saito, S. (1992). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Cetakan Kedua, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Callister Jr., W.D., (2000). *Fundamentals of Materials Science and Engineering*, Interactive e Text, John Wiley & Sons, Fifth Edition, pp. 177-181.