

## SIMULASI METODE ELEMEN HINGGA PADA RANGKA SEPEDA LISTRIK MENGGUNAKAN MATERIAL KOMPOSIT SERAT KARBON DENGAN VARIASI LAMINASI

Phang Ching Lung<sup>1</sup>, I Komang Astana Widi<sup>2</sup>, Rosadila Febritasari<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

Email: allxng17@gmail.co

### Abstrak

Kendaraan listrik diharapkan dapat menjadi salah satu solusi kendaraan yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi gas buang contohnya scooter listrik. Salah satu bagian terpenting dari scooter listrik yakni rangka. Kekuatan rangka dipengaruhi oleh material penyusunnya, saat ini mayoritas rangka terbuat dari material logam yang memiliki sifat korosi dan berat. Oleh karena itu material komposit yang telah divariasikan jumlah layer serat karbon pada resin epoxy menjadi fokus penelitian karena ramah lingkungan, tahan korosi dan ringan. Tujuan penelitian ini adalah untuk meninjau sifat mekanis pada rangka scooter dengan material komposit. Material komposit 1 layer pada rangka scooter mendapatkan distribusi tegangan maksimal sebesar 84,306 MPa yang mana nilai ini sama dengan material komposit 3 layer dan 5 layer. Deformasi maksimal terjadi pada pijakan bagian samping kanan sebesar 6,1825 mm dengan variasi 3 layer, yang mana 26,07% lebih besar dari 1 layer. Sedangkan nilai faktor keamanan sebesar 4,356 pada variasi 1 layer yang artinya rangka lebih aman. Massa rangka dengan material komposit 1 layer 5,58% lebih ringan dari material baja AISI 1020. Dapat disimpulkan bahwa nilai faktor keamanan minimal serat karbon 1 layer lebih besar dari material serat karbon 3 layer dan 5 layer, sehingga material komposit dapat dijadikan rangka scooter listrik sebagai alternatif dari material logam untuk mendapatkan kendaraan yang ringan.

**Kata Kunci:** Scooter Listrik, ANSYS, Komposit, Serat Karbon, Laminasi

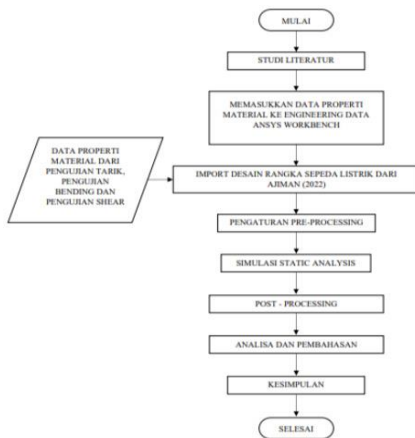
---

### PEDAHULUAN

Sepeda listrik merupakan kendaraan roda dua yang menggunakan motor listrik sebagai sumber pergerakan dan baterai sebagai bahan bakar utama. Bagian terpenting dari sepeda listrik yakni pada kekuatan rangka. Rangka sepeda listrik berfungsi menopang beban pengendara dan menyambungkan berbagai komponen-komponen yang lainnya sehingga tercipta bentuk sepeda listrik secara utuh. Analisa desain konstruksi rangka sepeda pada umumnya dapat dilakukan secara manual ataupun dengan menggunakan simulasi program. Mengingat konstruksi rangka yang kompleks, maka analisis struktur dengan cara manual memiliki banyak keterbatasan karena harus melakukan beberapa hal yang menyebabkan adanya penyimpangan terhadap hasil yang diperoleh. Menurut Awwaludin (2019) untuk meningkatkan akurasi dalam menganalisis struktur rangka sepeda dilakukan secara simulasi dengan *software* Ansys yang dilengkapi dengan banyak fitur-fitur yang mendukung untuk menganalisa *von Mises*, *Displacement*, dan *Safety factor* dengan mudah dan cepat.

Berdasarkan penelitian (Robiansyah *et al.*, 2021) Kekuatan tarik komposit dengan resin epoxy yang memiliki nilai paling tinggi yaitu pada arah orientasi serat sudut 0° sebesar 78,25 MPa, untuk nilai kekuatan tarik paling rendah yaitu pada arah orientasi serat sudut 90° sebesar 7,39 MPa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa rangka motor listrik menggunakan material komposit serat karbon 1 layer, 3 layer, dan 5 layer. Mengetahui perbandingan kekuatan material komposit dengan material aluminium 6061 dan baja AISI 1020 pada rangka motor listrik berdasarkan analisa *static* dan *dynamic structural*.

## METODOLOGI



**Gambar 1. Alir diagram**

Pada penelitian ini dibutuhkan data yang akurat dan lengkap sebagai acuan pada proses pemecahan masalah. Ada tiga metode dasar yang digunakan untuk mendapatkan data-data, metode yang digunakan yaitu berupa observasi, wawancara langsung pada narasumber mengenai proses pengoperasian *software* Autodesk Inventor Professional 2021 dan Ansys Workbench yang digunakan pada penelitian ini, dan metode kepustakaan pengumpulan data yang diambil dari jurnal, modul juga data penelitian sebelumnya. Pengujian ini menggunakan material properti rancangan desain dari model rangka yang telah digunakan pada penelitian milik Ajiman. Penelitian pertama dibuat simulasi rangka yang dibuat gambar 3D dan 2D tanpa perhitungan dengan *software*. Penelitian kedua dilakukan pemberian beban sebagai salah satu tahapan proses dari simulasi static structural pada *software* ANSYS. Beban dari pengendara didistribusikan kepada struktur rangka sepeda sesuai dengan ergonomi bentuk tubuh pengendara. Kemudian dihitung masing-masing berat komponen sepeda dan pembebanan rangka pada tiap titik. Penelitian selanjutnya dilakukan simulasi perhitungan FEM atau metode elemen menggunakan *software* ANSYS *static structural*, untuk melihat fenomena perubahan struktur yang terjadi akibat adanya deformasi pada desain rangka yang telah ditentukan.

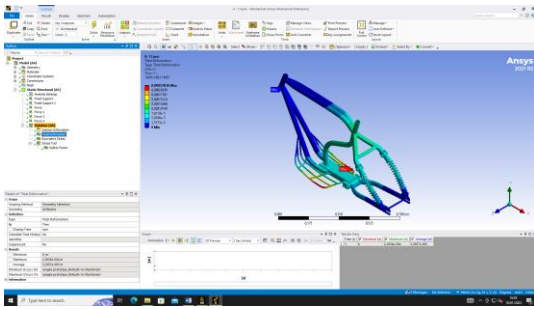
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang dihasilkan dari simulasi berupa gambaran fenomena statika struktur pada rancangan rangka yang kemudian dibagi menjadi pergeseran struktur, distribusi tegangan, dan faktor keamanan. Berikut ini data yang didapatkan dari simulasi setiap rancangan rangka dengan material yang berbeda.

### A. Nilai Jarak Titik Pergeseran

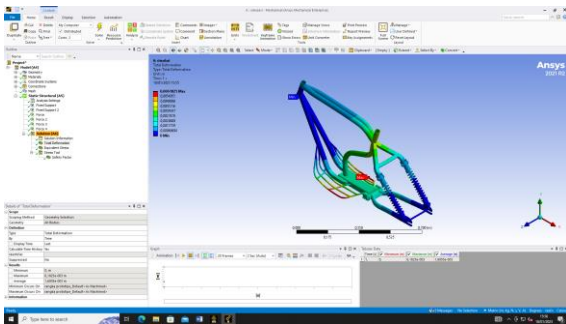
#### 1. Rangka dengan Material Serat Karbon 1 Layer

Nilai *Total Deformation* maksimal sebesar 0,22836 mm pada profil pijakan bagian samping kanan, nilai *Total Deformation* minimal 0 mm pada *head tube* bagian bawah dan nilai rata-rata *Total Deformation* sebesar 0,052957 mm.



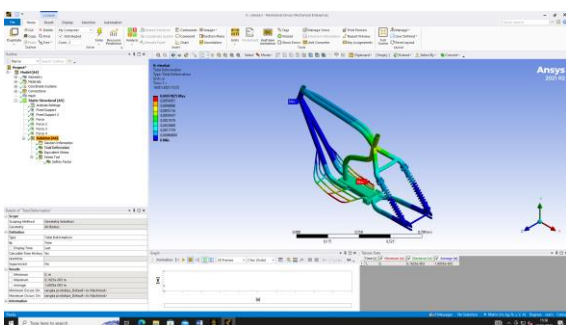
## 2. Rangka dengan Material Serat Karbon 3 Layer

Rangka dengan material komposit serat karbon 3 layer mengalami pergeseran struktur rangka dengan nilai *Total Deformation* maksimal sebesar 6,1825 mm pada profil pijakan bagian samping kanan, nilai *Total Deformation* minimal sebesar 0 mm pada *head tube* bagian bawah dan nilai rata-rata *Total Deformation* sebesar 1,6005 mm.



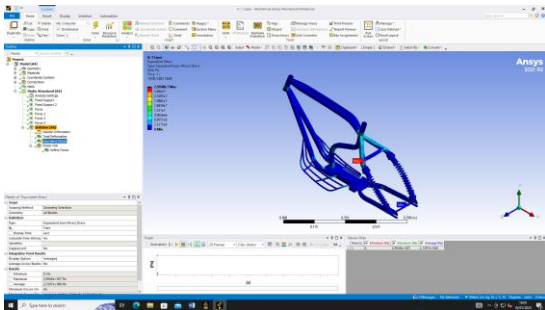
## 3. Rangka dengan Material Serat Karbon 5 Layer

Nilai *Total Deformation* maksimal sebesar 6,1158 mm pada profil pijakan bagian samping kanan, nilai *Total Deformation* minimal sebesar 0 mm pada *head tube* bagian bawah dan nilai rata-rata *Total Deformation* sebesar 1,6262 mm.

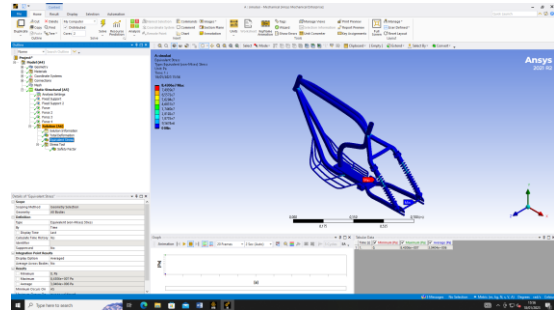


## B. Nilai Distribusi Tegangan

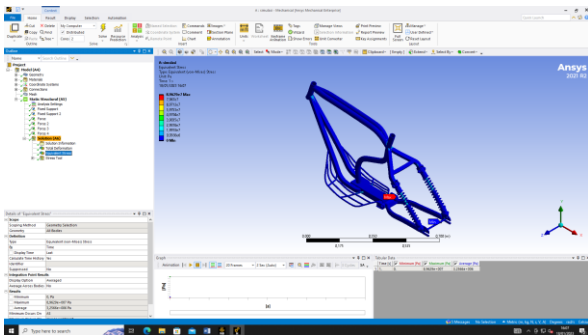
### 1. Rangka dengan Material Serat Karbon 1 Layer



### 2. Rangka dengan Material Serat Karbon 3 Layer



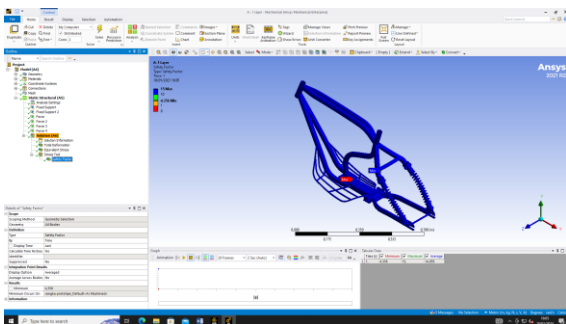
### 3) Rangka dengan Material Serat Karbon 5 Layer



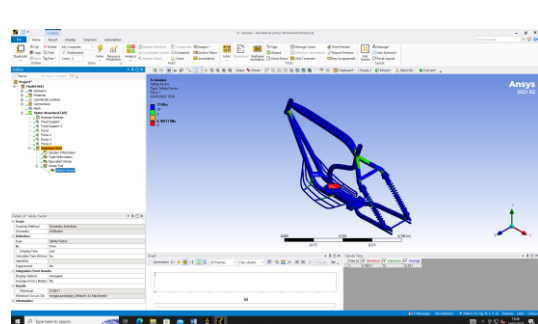
Nilai distribusi tegangan maksimal sebesar 84,306 MPa pada profil seat stay bagian bawah sebelah kiri, untuk nilai distribusi tegangan minimal sebesar MPa pada profil poros as roda belakang dan untuk rata – rata nilai distribusi tegangan sebesar 3,0404 MPa. Nilai distribusi tegangan maksimal sebesar 84,306 MPa pada profil chain stay bagian bawah, untuk nilai distribusi tegangan minimal sebesar 0 MPa pada profil poros as roda belakang dan untuk rata – rata nilai distribusi tegangan sebesar 3,0404 MPa. Nilai distribusi tegangan maksimal sebesar 84,306 MPa pada profil chain stay bagian bawah sebelah kiri, untuk nilai distribusi tegangan minimal sebesar 0 MPa pada profil poros as roda belakang dan untuk rata – rata nilai distribusi tegangan sebesar 3,0404 MPa.

## C. Nilai Faktor Keamanan

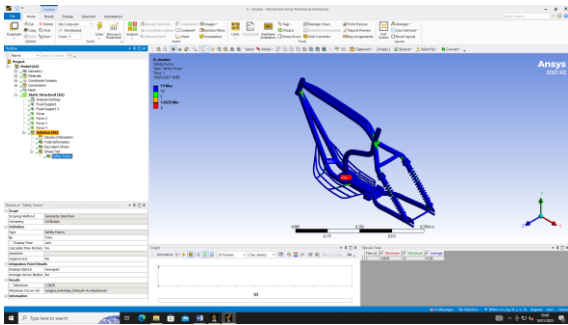
### 1. Rangka dengan Material Serat Karbon 1 Layer



### 2. Rangka dengan Material Serat Karbon 3 Layer



### 3. Rangka dengan Material Serat Karbon 5 Layer



Nilai faktor keamanan 1 layer maksimal pada material komposit 1 layer sebesar 15 pada profil seat tube bagian bawah, nilai faktor keamanan minimal sebesar 4,356 pada profil seat stay bagian bawah sebelah kiri, dan nilai faktor keamanan rata – rata sebesar 14,959. Nilai faktor keamanan maksimal pada material komposit 3 layer sebesar 15 pada profil seat tube bagian bawah, nilai faktor keamanan minimal sebesar 0,78611 pada profil down tube bagian bawah, dan nilai faktor keamanan rata – rata sebesar 13,351. Nilai faktor keamanan maksimal pada material komposit 5 layer sebesar 15 pada profil down tube bagian bawah, nilai faktor keamanan minimal sebesar 1,0629 pada profil down tube bagian bawah, dan nilai faktor keamanan rata – rata sebesar 13,99.

**Tabel 1.** Data Hasil Simulasi

	Serat karbon 1 Layer			Serat Karbon 3 Layer			Serat Karbon 5 Layer		
	Distribusi Tegangan (MPa)	Total Deformasi (mm)	Faktor Keamanan	Distribusi Tegangan (MPa)	Total Deformasi (mm)	Faktor Keamanan	Distribusi Tegangan (MPa)	Total Deformasi (mm)	Faktor Keamanan
Maks	84,306	0,22836	15	84,306	6,1825	15	84,306	6,1158	15
Min	0	0	4,356	0	0	0,78611	0	0	1,0629
Rata-rata	3,0404	0,052957	14,959	3,0404	1,6005	13,351	3,0404	1,6262	13,99

Ketiga simulasi tersebut dapat diambil rekomendasi dalam pembuatan rangka menggunakan material komposit serat karbon 1 layer, karena dari perbandingan data hasil simulasi tersebut didapat bahwa nilai faktor keamanan minimal pada rancangan rangka menggunakan material serat karbon 1 layer lebih besar dari rancangan rangka yang menggunakan material serat karbon 3 layer dan 5 layer, hal ini dikarenakan perbedaan nilai pada tegangan tarik yang menentukan kekuatan suatu bahan pada material komposit serat karbon 1 layer. performa rangka ini akan dibandingkan dengan performa rangka dari material Baja AISI 1020 dan Aluminium 6061 yang telah disimulasikan oleh Ajiman (2022), seperti pada tabel 2.

**Tabel 2.**Perbandingan Data Hasil Simulasi dengan Milik Ajiman

	Serat karbon I Layer			Aluminium 6061			Baja AISI 1020		
	Distribusi Tegangan (MPa)	Total Deformasi (mm)	Faktor Keamanan	Distribusi Tegangan (MPa)	Total Deformasi (mm)	Faktor Keamanan	Distribusi Tegangan (MPa)	Total Deformasi (mm)	Faktor Keamanan
Maks	84,306	0,22836	15	84,066	0,30591	15	84,852	0,1082	15
Min	0	0	4,356	0	0	1,5518	0	0	2,3813
Rata-rata	3,0404	0,052957	14,959	1,17937	0,075936	14,985	1,7973	0,026949	14,998

Dari perbandingan data hasil simulasi tersebut didapat bahwa nilai distribusi tegangan maksimal pada rancangan rangka dengan material Baja AISI 1020 lebih besar dari rancangan rangka dengan material komposit serat karbon I layer dan juga material Aluminium 6061. Nilai total deformasi maksimal terjadi pada rancangan rangka dengan material Aluminium 6061 lebih besar dari rancangan rangka dengan material Baja AISI 1020 dan komposit serat karbon I layer, hal ini terjadi karena nilai tegangan tarik pada material Aluminium 6061 lebih kecil dibandingkan dengan material Baja AISI 1020 dan juga material komposit serat karbon I layer karena nilai tegangan tarik yang menentukan kekuatan bahan pada material tersebut. Nilai angka keamanan minimal dengan rancangan rangka material komposit serat karbon I layer lebih besar dari rancangan rangka yang menggunakan material Baja AISI 1020 serta Aluminium 6061. Setelah dilakukan perbandingan kekuatan material komposit serat karbon I layer dengan material Aluminium 6061 dan Baja AISI 1020 milik Ajiman (2022) maka didapatkan hasil kekuatan rancangan rangka dengan menggunakan material komposit serat karbon I layer lebih aman dibandingkan dengan rangka Baja AISI 1020 dan Aluminium 6061.

Sedangkan dari perbandingan data hasil simulasi tersebut didapat juga berat massa dari rancangan rangka dengan material komposit serat karbon I layer memiliki massa rangka sebesar 1,614 kg. Rancangan rangka dengan material Aluminium Alloy 6061 memiliki massa rangka sebesar 6,357 kg, dan untuk rancangan rangka dengan material Baja AISI 1020 memiliki massa rangka sebesar 10,634 kg. Pada penelitian ini terbukti bahwa rancangan dengan material komposit serat karbon I layer lebih ringan daripada rancangan rangka yang menggunakan material metal Aluminium 6061 dan Baja AISI 1020.

## KESIMPULAN

Perbedaan nilai properti material akan menyebabkan perbedaan nilai kekuatan bahan material tersebut, semakin tinggi tegangan tarik suatu material maka semakin baik material tersebut digunakan karena memiliki ketahanan untuk mempertahankan bentuk dan dimensinya terhadap deformasi yang diterima. Dan dari hasil perbandingan massa rangka

pada material komposit serat karbon 1 layer dengan material metal Aluminium 6061 dan Baja AISI 1020, didapatkan hasil bahwa material komposit serat karbon 1 layer lebih ringan dibandingkan dengan material metal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terimakasih kepada Bapak Dr. I Komang Astana Widi, S.T.,MT dan Ibu Rosadila Febritasari, S.T., MT selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan masukan dan saran-saran. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka penulis menyarankan untuk peneliti selanjutnya agar dapat melakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan variasi layer pada komposit serat karbon, dan sebelum melakukan pengujian bahan lebih baik disurvei terlebih dahulu tempat untuk melakukan pengujian bahan tersebut

## REFERENSI

- Ajiman, B. (2022). Analisa Pengaruh Kekuatan Material pada Rangka Sepeda Listrik dengan Profil Rectangular Tube terhadap Material Aluminium 6061 dan Baja Aisi 1020 menggunakan Software Ansys Workbench Doctoral dissertation, ITN Malang.
- Arisudana, I. (2020). Analisa Uji Tarik dan Impak Penguat Karbon, Campuran Epoxy – Karet Silikon 30%, 40%, 50%, Rami, dan Kapas Matrik Epoxy (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Malang).
- Aritonang, R. (2019). Merancang Alat Transportasi Ramah Lingkungan Yang Dapat Dioperasikan Dengan Dua Variasi (Manual dan Otomatis) Menggunakan Rangka Sepeda Polygon Dengan Sumber Tenaga Arus Listrik Dari Baterai “Sepeda Listrik”.
- Ariyansah, R., & Gamayel, A. (2021). Analisis Kekuatan Struktur Rangka Pembangkit Listrik Sepeda Statis Menggunakan Perangkat Lunak ANSYS Workbench. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 11(1), 20-25.
- Awwaluddin, M. (2020). Analisa Kekuatan Rangka Sepeda Listrik Menggunakan Software SolidWorks. *Piston: Journal of Technical Engineering*, 3(1).
- Begum, S. N., & Murthy, S. B. (2016). Modelling and Structural Analysis of Vehicle Chassis Frame Made of Polymeric Composite Material. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3(8), 574-582.
- Budiman, F. A., Septiyanto, A., Sudiyono, S., Musyono, A. D. N. I., & Setiadi, R. (2021). Analisis Tegangan von Mises dan Safety Factor pada Chassis Kendaraan Listrik Tipe In-Wheel. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16(1), 100-108.
- Callister Jr, W. D., & Rethwisch, D. G. 2018. *Materials Science and Engineering - An Introduction 10th Edition*.
- Camilleri, M. L. (2010). Structural analysis. In *Structural Analysis*. <https://doi.org/10.4324/9781410600745-17>
- Egbo, M. K. (2021). A Fundamental Review On Composite Materials And Some Of Their Applications In Biomedical Engineering. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*.
- Hidayat, M. A., Pramono, G. E., & Waluyo, R. (2022). Perancangan dan Simulasi Desain Rangka Sepeda Motor Listrik Tipe Trellis Menggunakan Finite Element Metode (FEM). *Almikanika*, 4(2), 58-66.
- Hutomo, W. A. (2021). Analisis Struktur Kekuatan Rangka Sepeda Motor Listrik Menggunakan Metode Elemen Hingga. Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

- Ikram, F. D., & Erik, E. (2022). Analisis Kekuatan Frame Sepeda Listrik Ngebut Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 13(3), 857-865.
- Ismail, I. (2020). Perancangan Sepeda Manual Menjadi Sepeda Listrik menggunakan Komponen Penggerak Motor Listrik, Baterai dan Kontroler Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Kroemer, Karl H. E., Hiltrud J. Kroemer, and Katrin E. Kroemer-Elbert. 2010. *Engineering Physiology*.
- Loppies, V. B., Satrijo, D., & Kurdi, O. (2022). Analisis rangka Roadbike Dengan Material Komposit Karbon dan Baja Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(2), 233-240.
- Naubnome, V. (2020). Analisis Uji Tarik dan Simulasi Kegagalan Pada Baja SS400 Dengan Variasi Ketebalan Lapisan Karbon Fiber Untuk Aplikasi Kerangka Mobil Listrik. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 3(1), 28-36.
- Nayiroh, N. 2020. *Material Komposit Handbook*. Jurnal Penelitian Ilmu Teknik.
- Pramono, G. E., & Sutisna, S. P. (2017). Perbandingan Karakteristik Serat Karbon Antara Metode Manual Lay-Up dan Vacuum Infusion Dengan Penggunaan Fraksi Berat Serat 60%. *AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(1), 1-6.
- Robiansyah, K., & Irfa'i, M. A. (2021). Pengaruh Orientasi Arah Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Serat Karbon Dengan Matrik Epoxy. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(03), 47-52.
- Rochardjo, H. S., & Junaidi, T. Manufaktur Rangka Sepeda Balap Dari Bahan Serat Karbon Dengan Metode Wrapped On Foam.
- Satria, D., & Arif, I. M. (2016). Rancang Bangun Frame Sepeda Untuk Sistem Kinetic Energy Recovery System (KERS).
- Satria, D., Setiawan, I., Lusiani, R., & Pratama, Y. (2016). Desain Material Selection Untuk Frame Sepeda Listrik Hybrid. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 12(2), 413-418.
- Sukoco, D. T. (2012). Perancangan Dan Pembuatan Sepeda Listrik (Rangka).
- Suugondo, S. B., Irawan, A. P., & Siahaan, E. (2022). Analisis Kekuatan Komposit Berpenguat Serat Karbon Dengan Matriks Resin Lycal 1011 Terhadap Sifat Mekanis. *Jurnal Syntax Admiration*, 3(7), 905-913.