



PENGARUH METODE FABRIKASI TERHADAP KETAHANAN IMPAK KOMPOSIT SANDWICH SERAT KARBON

M. Faiz Ardiansyah¹⁾, Firman Yasa Utama²⁾

¹⁾ Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia
Email: mardiansyahfaiz.22004@mhs.unesa.ac.id

²⁾ Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia
Email: firmanutama@unesa.ac.id

Abstract

Carbon fiber sandwich composites are lightweight materials with high potential for structural applications because they offer a good combination of strength and stiffness. However, their mechanical properties and durability are influenced by the fabrication methods used. This study aims to analyze the effects of the hand lay-up, vacuum infusion, and hybrid vacuum infusion–hand lay-up methods on the impact strength of carbon fiber sandwich composites with a Lantor Coremat core. The study employed an experimental method with a quantitative approach. Specimens were fabricated using carbon fiber, epoxy resin, and Lantor Coremat, and then tested using the Charpy impact method in accordance with ASTM D6110. The data obtained consisted of impact energy (EI) and impact value (HI), which were subsequently analyzed using quantitative descriptive statistics based on the average values for each fabrication method variation. The research results show that the hybrid method produced the highest impact resistance, with an average impact energy of 7.50 J and an impact value of 0.157 J/mm², followed by the vacuum infusion method at 5.35 J and 0.113 J/mm², and the hand lay-up method at 2.22 J and 0.047 J/mm². These results indicate that combining the vacuum infusion and hand lay-up processes improves resin impregnation quality and reduces internal defects in the composite. Thus, the hybrid method has the potential to serve as an effective fabrication alternative for producing sandwich composites with improved impact resistance for engineering applications requiring lightweight yet strong material.

Keywords: Sandwich composites, Carbon fiber, Lantor Coremat, Vacuum infusion, Impact

Abstrak

Komposit sandwich serat karbon merupakan material ringan yang memiliki potensi tinggi untuk aplikasi struktural karena mampu memberikan kombinasi kekuatan dan kekakuan yang baik. Namun, kualitas dan ketahanan mekaniknya dipengaruhi oleh metode fabrikasi yang digunakan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh metode hand lay-up, vacuum infusion, dan hybrid vacuum infusion–hand lay-up terhadap kekuatan impak komposit sandwich serat karbon dengan inti Lantor Coremat. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Spesimen dibuat menggunakan serat karbon, resin epoksi, dan Lantor Coremat, kemudian diuji menggunakan metode impak Charpy sesuai standar ASTM D6110. Data yang diperoleh berupa energi impak (EI) dan harga impak (HI), yang selanjutnya dianalisis secara deskriptif kuantitatif berdasarkan nilai rata-rata setiap variasi metode fabrikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode hybrid menghasilkan ketahanan impak tertinggi dengan rata-rata energi impak sebesar 7,50 J dan harga impak sebesar 0,157 J/mm², diikuti metode vacuum infusion sebesar 5,35 J dan 0,113 J/mm², serta metode hand lay-up sebesar 2,22 J dan 0,047 J/mm². Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi proses vacuum infusion dan hand lay-up mampu meningkatkan kualitas impregnasi resin dan mengurangi cacat internal pada komposit. Dengan demikian, metode hybrid berpotensi menjadi alternatif fabrikasi yang efektif untuk menghasilkan komposit sandwich dengan ketahanan impak yang lebih baik pada aplikasi teknik yang memerlukan material ringan dan kuat.

Kata Kunci: Komposit sandwich, Serat Karbon, Lantor coremat, Vacuum infusion, Impak



PENDAHULUAN

Material komposit terus berkembang sebagai alternatif pengganti material konvensional karena memiliki kombinasi sifat ringan, kuat, dan tahan terhadap korosi. Komposit tersusun atas matriks dan material penguat yang bekerja secara sinergis untuk menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan material penyusunnya secara terpisah (Ibrahim et al., 2024). Salah satu jenis komposit yang banyak digunakan pada bidang otomotif, transportasi, dan kedirgantaraan adalah komposit sandwich yang terdiri atas lapisan kulit (skin) dan inti (core). Struktur sandwich mampu menghasilkan rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi sehingga sesuai untuk aplikasi yang membutuhkan material ringan namun tetap memiliki kekuatan struktural yang baik (Quanjin et al., 2021). Penggunaan serat karbon sebagai skin memberikan keunggulan berupa kekuatan spesifik dan kekakuan yang tinggi, sedangkan penggunaan Lantor Coremat sebagai core berpotensi meningkatkan kekakuan struktur tanpa menambah massa secara signifikan (Das et al., 2019).

Selain material penyusun, kualitas komposit sandwich juga dipengaruhi oleh metode fabrikasi yang digunakan. Metode hand lay-up memiliki keunggulan berupa proses yang sederhana dan biaya produksi yang relatif rendah, namun berpotensi menghasilkan distribusi resin yang tidak merata serta terbentuknya void yang dapat menurunkan sifat mekanik material (Azissyukhron & Hidayat, 2020). Sebaliknya, metode vacuum infusion mampu menghasilkan impregnasi resin yang lebih merata dan mengurangi cacat internal melalui bantuan tekanan vakum (Hidayat, 2020). Oleh karena itu, pemilihan metode fabrikasi menjadi faktor penting dalam menentukan kualitas dan ketahanan mekanik komposit sandwich yang dihasilkan.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode fabrikasi memiliki pengaruh terhadap sifat mekanik komposit. Zakariyah et al., (2021) menuliskan bahwa metode vacuum infusion menghasilkan kekuatan tarik dan dampak yang lebih baik dibandingkan hand lay-up. Putra, (2024) menyatakan bahwa ketahanan dampak komposit sandwich dipengaruhi oleh jenis skin, karakteristik core, dan kualitas proses manufaktur. Sementara itu, Saifullah et al., (2021) menemukan bahwa jumlah lapisan serat karbon berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanik komposit. Namun, penelitian mengenai penggunaan metode kombinasi vacuum infusion dan hand lay-up pada komposit sandwich serat karbon dengan inti Lantor Coremat masih terbatas. Selain itu, kajian mengenai pengaruh metode hybrid terhadap ketahanan dampak komposit sandwich belum banyak

dilaporkan sehingga masih terdapat celah penelitian yang perlu dikaji lebih lanjut.

Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh metode hand lay-up, vacuum infusion, dan hybrid vacuum infusion–hand lay-up terhadap ketahanan dampak komposit sandwich serat karbon berinti Lantor Coremat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh ketiga metode fabrikasi tersebut terhadap nilai energi dampak dan harga dampak berdasarkan standar ASTM D6110. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi manufaktur komposit, khususnya sebagai referensi pemilihan metode fabrikasi yang efektif untuk menghasilkan komposit sandwich dengan ketahanan dampak yang lebih baik pada aplikasi rekayasa yang membutuhkan material ringan dan berkinerja tinggi.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis pengaruh metode fabrikasi terhadap ketahanan dampak komposit sandwich serat karbon. Penelitian dilakukan dengan memberikan perlakuan berupa perbedaan metode fabrikasi dan mengamati pengaruhnya terhadap sifat mekanik komposit melalui pengujian dampak.

Tempat dan Waktu Penelitian Tempat Penelitian.

Penelitian dilaksanakan pada bulan September – Desember 2025. Pembuatan spesimen dilakukan di Workshop Garnesa Racing Team Universitas Negeri Surabaya dan Lab K7 Fakultas Vokasi. Pengujian kekuatan tarik untuk mendapatkan data penelitian dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang.

Objek Penelitian

Objek penelitian berupa komposit sandwich yang menggunakan serat karbon sebagai lapisan skin, resin epoksi sebagai matriks, dan lantor coremat sebagai material inti. Spesimen dibuat menggunakan tiga metode fabrikasi, yaitu hand lay-up, vacuum infusion, dan hybrid vacuum infusion–hand lay-up. Setiap variasi metode fabrikasi terdiri atas tiga spesimen uji yang dibuat dengan konfigurasi material yang sama sehingga perbedaan hasil pengujian hanya dipengaruhi oleh metode fabrikasi.

Varabel Penelitian

Variabel Bebas :

Metode fabrikasi yang terdiri atas hand lay-up, vacuum infusion, dan hybrid vacuum infusion–hand lay-up.



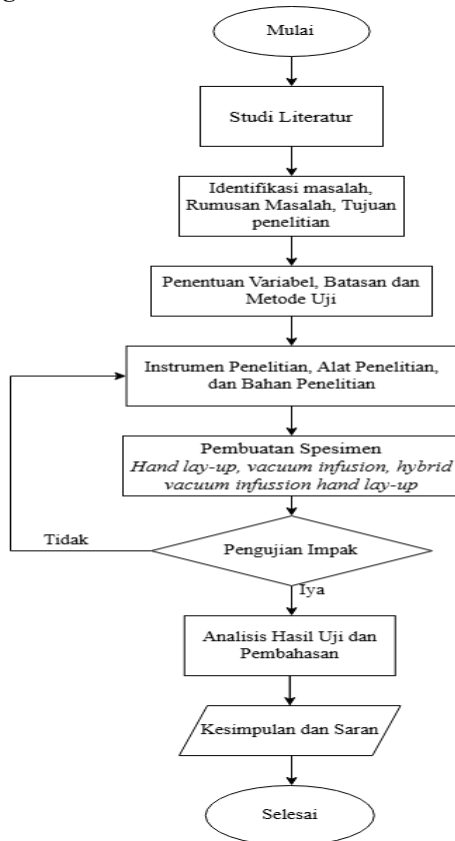
Variabel Terikat :

ketahanan impak komposit yang dinyatakan dalam nilai energi impak (EI) dan harga impak (HI).

Variabel Kontrol :

Variabel kontrol meliputi jenis material penyusun, yaitu serat karbon 2x2 twill 3K 240 gsm sebanyak delapan lapis, resin epoksi dengan hardener justus, tiga lapis lantor coremat sebagai inti, serta dimensi spesimen sesuai standar ASTM D6110, yaitu 126 mm x 12,7 mm x 3 mm.

Diagram Alir Penelitian



Proses Pembuatan Spesimen

Metode Hand Lay-Up :

- Menyiapkan cetakan, serat karbon, Lantor Coremat, resin epoksi, dan hardener.
- Memotong serat karbon dan Lantor Coremat sesuai ukuran cetakan.
- Menyusun lapisan serat karbon dan Lantor Coremat pada cetakan sesuai konfigurasi komposit sandwich.
- Mencampurkan resin epoksi dan hardener dengan perbandingan 2:1, kemudian mengaplikasikannya secara manual pada setiap lapisan menggunakan kuas.
- Melakukan proses curing pada suhu ruang hingga spesimen mengeras.

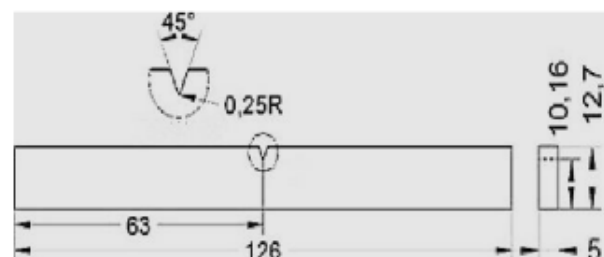
- Memotong spesimen sesuai standar ASTM D6110 dan membuat takik V (V-notch) sebelum pengujian.

Metode Vacuum Infusion :

- Menyiapkan cetakan dan seluruh material penyusun komposit sandwich.
- Menyusun lapisan serat karbon dan Lantor Coremat pada cetakan, kemudian memasang peel ply, resin infusion mesh, dan selang spiral.
- Menutup cetakan menggunakan vacuum bag dan memastikan sistem kedap udara.
- Mengoperasikan pompa vakum untuk menghilangkan udara yang terjebak di dalam sistem.
- Mengalirkan campuran resin epoksi dan hardener ke dalam cetakan hingga seluruh lapisan terimpregnasi secara merata.
- Melakukan proses curing, kemudian memotong spesimen sesuai standar ASTM D6110 dan membuat takik V (V-notch).

Metode Hybrid Vacuum Infusion Hand Lay-Up :

- Menyiapkan cetakan, serat karbon, Lantor Coremat, resin epoksi, dan hardener.
- Menyusun lapisan serat karbon dan Lantor Coremat pada cetakan sesuai konfigurasi komposit sandwich.
- Saat Pencampuran Resin dan hardener tunggu hingga gelembung yang ada pada resin menghilang.
- Mengaplikasikan sebagian campuran resin dan hardener secara manual pada setiap lapisan menggunakan metode hand lay-up.
- Memasang peel ply, resin infusion mesh, selang spiral, dan vacuum bag pada sistem cetakan.
- Mengoperasikan pompa vakum dan mengalirkan sisa resin ke dalam cetakan hingga distribusi resin menjadi lebih merata.
- Melakukan proses curing, kemudian memotong spesimen sesuai standar ASTM D6110 dan membuat takik V (V-notch) sebelum pengujian.



Gambar 1 Ukuran Spesimen ASTM D6110



Pengujian Impak

Pengujian impak dilakukan menggunakan metode Charpy berdasarkan standar ASTM D6110 untuk mengetahui kemampuan komposit sandwich dalam menyerap energi akibat beban kejut. Spesimen yang digunakan berukuran 126 mm × 12,7 mm × 3 mm dan diberi takik berbentuk V (V-notch) sesuai ketentuan standar. Pengujian dilakukan dengan menjatuhkan pendulum pada spesimen hingga terjadi patahan atau deformasi, kemudian dicatat sudut awal (α) dan sudut akhir (β) pendulum setelah pengujian. Data yang diperoleh dari hasil pengujian impak digunakan untuk mencari nilai Harga Impak (HI) dan nilai Energi Impak (EI) dengan menggunakan rumus berikut :

$$EI = m \cdot g \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$HI = \frac{EI}{A}$$

Keterangan :

EI = Energi Impak (J)

M = Massa (kg)

G = Gravitasi (m/s^2)

R = Panjang Lengan Pendulum (m)

β = Sudut pengukuran

α = Sudut awal ketentuan

A = Luas Penampang (m^2)

HI = Harga Impak (J/mm^2)



Gambar 2 Alat Uji Impak

HASIL DAN PEMBAHASAN

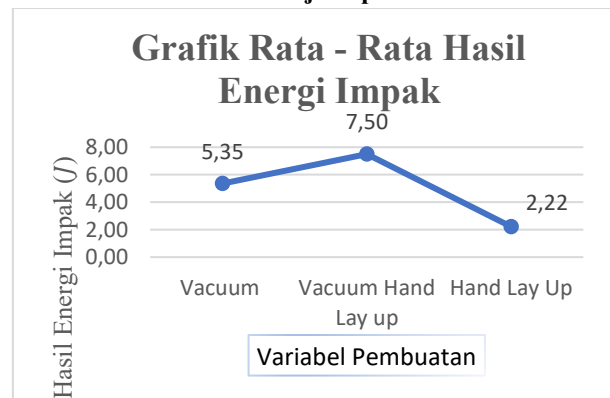
Hasil Pengujian Impak

Tabel 1 Hasil pengujian Impak

Variasi Metode	Spesimen	Sudut Awal (°)	Sudut Akhir (°)	Hasil Energi Impak (J)	Hasil Harga Impak (J/mm^2)
Hand Lay up	1	120°	63,1°	2,52	0,0213
	2	120°	62,3°	2,02	0,0185
	3	120°	62,7°	2,12	0,0194
	rata - rata	120°	62,7°	2,22	0,0197
Vacuum Infussion	1	120°	113,7°	5,00	0,1058
	2	120°	113,8°	5,05	0,1069
	3	120°	112,4°	6,01	0,1270
	rata - rata	120°	113,3°	5,35	0,1132
Vacuum Infussion Hand lay up	1	120°	111,2°	7,02	0,1630
	2	120°	110,2°	7,82	0,1816
	3	120°	110,4°	7,67	0,1781
	rata - rata	120°	110,9°	7,50	0,1742

Pengujian dilakukan dengan sudut awal sebesar 120° pada seluruh spesimen, kemudian dicatat sudut akhir setelah spesimen mengalami benturan. Perbedaan sudut awal dan sudut akhir menunjukkan besarnya energi yang diserap oleh material selama proses pengujian.

Analisa Data Kekuatan Uji Impak



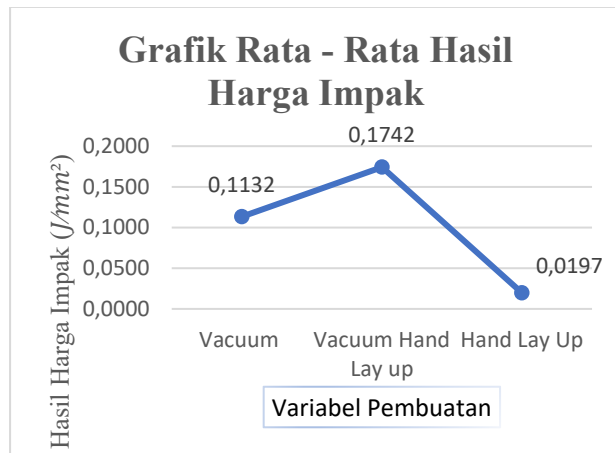
Gambar 3 Grafik Hasil Rata-Rata Energi Impak

Berdasarkan grafik rata-rata energi impak, metode fabrikasi berpengaruh terhadap kemampuan komposit sandwich serat karbon dalam menyerap energi benturan. Metode hybrid vacuum infussion–hand lay-up menghasilkan nilai energi impak tertinggi sebesar 7,50 J, diikuti metode vacuum infussion sebesar 5,35 J dan hand lay-up sebesar 2,22 J. Tingginya nilai energi impak pada metode hybrid menunjukkan bahwa kombinasi kedua proses tersebut mampu menghasilkan distribusi resin yang lebih merata dan ikatan antar lapisan yang lebih baik sehingga meningkatkan kemampuan material dalam menyerap energi benturan.

Sebaliknya, metode hand lay-up menghasilkan nilai terendah yang diduga disebabkan oleh distribusi resin yang kurang homogen dan adanya void yang menjadi



titik konsentrasi tegangan. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa kualitas impregnasi resin dan minimnya cacat internal berperan penting dalam meningkatkan ketahanan impact komposit sandwich.



Gambar 4 Grafik Rata-Rata Harga Impact

Berdasarkan grafik rata-rata harga impact, metode fabrikasi berpengaruh terhadap kemampuan komposit sandwich serat karbon dalam menyerap energi benturan. Metode hybrid vacuum infusion-hand lay-up menghasilkan nilai harga impact tertinggi sebesar 0,1742 J/mm^2 , diikuti metode vacuum infusion sebesar 0,1132 J/mm^2 dan hand lay-up sebesar 0,0197 J/mm^2 . Tingginya nilai harga impact pada metode hybrid menunjukkan bahwa kombinasi kedua proses tersebut mampu menghasilkan distribusi resin yang lebih merata dan mengurangi terbentuknya void, sehingga ikatan antara serat dan matriks menjadi lebih baik. Sebaliknya, metode hand lay-up menghasilkan nilai terendah karena proses impregnasi resin yang dilakukan secara manual berpotensi menyebabkan distribusi resin tidak homogen dan terbentuknya rongga udara pada laminasi.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Saifullah et al., (2021) yang menyatakan bahwa kualitas impregnasi resin dan ikatan serat-matriks berpengaruh terhadap peningkatan sifat mekanik komposit. Selain itu, penggunaan inti lantor coremat turut membantu mendistribusikan beban benturan sehingga meningkatkan kemampuan material dalam menyerap energi sebelum terjadi kegagalan.

Kegagalan Uji Impact

Pengamatan visual pada permukaan patahan dilakukan untuk mengidentifikasi mekanisme kegagalan komposit sandwich setelah pengujian impact. Kerusakan yang terlihat meliputi delaminasi, retak matriks, fiber pull-out, deformasi, dan kerusakan pada bagian inti. Analisis ini menjelaskan hubungan antara pola kerusakan dan kemampuan material dalam menyerap energi benturan.

Spesimen yang dihasilkan menggunakan metode hand lay-up menunjukkan kerusakan yang terutama disebabkan oleh delaminasi, perombakan pada matriks, dan sobekan pada lapisan komposit. Patahan yang tidak merata menandakan lemahnya hubungan antar lapisan serta adanya konsentrasi tegangan akibat distribusi resin yang tidak merata. Hal ini menyebabkan spesimen mengalami kegagalan dengan lebih cepat sehingga menghasilkan nilai dampak yang lebih rendah.

Dalam metode infus vakum, kerusakannya berupa pembekuan, delaminasi, serat yang tertarik keluar, dan terlepasnya lapisan inti. Pola kerusakan ini menunjukkan bahwa energi tabrakan diserap secara bertahap melalui retak pada matriks dan lapisan sebelum terjadinya patahan. Distribusi resin yang lebih merata menghasilkan ikatan antara serat dan matriks yang lebih kuat, sehingga meningkatkan kemampuan material dalam menahan beban impact.

Sementara itu, spesimen yang menggunakan metode hybrid vakum infus – hand lay-up menunjukkan pendinginan dan delaminasi dengan tingkat kerusakan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan metode lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi kedua metode tersebut dapat menghasilkan kualitas laminasi yang lebih baik serta meningkatkan kemampuan material dalam menyerap energi sebelum mengalami kegagalan.

Kesimpulan

Komposit sandwich serat karbon berinti lantor coremat berhasil dibuat dengan tiga metode yang berbeda, yaitu hand lay-up, vacuum infusion, dan kombinasi keduanya. Setelah diteliti, metode pembuatan ini mempengaruhi seberapa tahan komposit tersebut terhadap benturan. Metode kombinasi menghasilkan komposit dengan ketahanan benturan paling tinggi, yaitu sebesar 7,50 J dan 0,157 J/mm^2 . Kemudian diikuti oleh metode vacuum infusion dengan nilai 5,35 J dan 0,113 J/mm^2 , dan metode hand lay-up dengan nilai 2,22 J dan 0,042 J/mm^2 . Komposit yang dibuat dengan metode kombinasi memiliki ketahanan benturan yang lebih baik karena resin yang lebih merata, ikatan antar lapisan yang lebih kuat, dan jumlah cacat internal yang berkurang.

Hasil pengamatan visual menunjukkan bahwa kegagalan pada material terjadi karena beberapa hal, seperti delaminasi, retak pada matriks, fiber pull-out, dan deformasi. Spesimen yang memiliki nilai impact lebih tinggi biasanya mengalami deformasi terlebih dahulu sebelum patah. Ini berarti bahwa spesimen tersebut memiliki kemampuan menyerap energi yang lebih baik. Dengan demikian, metode hybrid vacuum infusion-hand lay-up bisa menjadi alternatif fabrikasi yang efektif. Metode ini dapat digunakan untuk membuat komposit



sandwich yang memiliki ketahanan impact lebih tinggi. Komposit sandwich ini sangat cocok digunakan dalam aplikasi rekayasa yang membutuhkan material ringan namun kuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Azissyukhron, M., & Hidayat, S. (2020). Perbandingan Kekuatan Material Hasil Metode Hand Lay-up dan Metode Vacuum Bag Pada Material Sandwich Composite. *Jurnal Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung*, 1(1), 1–5.
- Das, T. K., Ghosh, P., & Das, N. C. (2019). Preparation, development, outcomes, and application versatility of carbon fiber-based polymer composites: a review. *Advanced Composites and Hybrid Materials*, 2(2), 214–233. <https://doi.org/10.1007/s42114-018-0072-z>
- Ibrahim, F. herum, Priyanto, A., Saifudin, S., Saputro, A. eko, & Qiram, I. (2024). Composite Material Innovation in Automotive Structure Applications. *JEEE: Journal of Educational Engineering and Environment Received*, 3(June), 27–33.
- Putra, C. M. K. (2024). PENGUNAAN CORE LANTORSORIC PADA KOMPOSIT TULANGAN BODI MOBIL PROTOTYPE GARNESA Charindra Manggala Karvin Putra Akhmad Hafizh Ainur Rasyid Abstrak. *Mesin, S Teknik Teknik, Fakultas Surabaya, Universitas Negeri Studi, Program Mesin, Teknik Teknik, Fakultas Surabaya, Universitas Negeri*.
- Quanjin, M., Rejab, M. R. M., Siregar, J. P., & Guan, Z. (2021). A review of the recent trends on core structures and impact response of sandwich panels. *Journal of Composite Materials*, 55(18), 2513–2555. <https://doi.org/10.1177/0021998321990734>
- Saifullah, A., Jufri, M., Kurniawati, D., & Chandra, R. (2021). Mechanical Properties of Layered-Carbon Fiber Reinforced with Vacuum Infusion Process. *Journal of Energy, Mechanical, Material, and Manufacturing Engineering*, 6(1), 33–40. <https://doi.org/10.22219/jemmmme.v6i1.16428>
- Zakariyah, M. I., Setyowati, V. A., Mesin, J. T., & Industri, T. (2021). Variasi Jumlah Layer Coremat E Glass dengan Metode Hand lay up dan Vacuum Infusion terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Impact. *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*, 1(1), 278–284. <https://ejournal.itats.ac.id/senastitan/article/view/1652>