



Analisis Uji Tekan *Composite Sandwich Tube Carbon Fiber* Dengan Variasi Metode Pembuatan Manual *Hand Lay Up*

Analysis of Composite Sandwich Tube Carbon Fiber Compression Test with Variations Of Manual Hand Lay Up Manufacturing Methods

Taufiq Maulana Ilyas^{1*}, M. Yasep Setiawan¹, Donny Fernandez¹, Hendra Dani Saputra¹

Abstrak

Solusi mengurangi konsumsi bahan bakar yang tinggi, salah satu cara meningkatkan efisiensi bahan bakar yaitu mengurangi berat kendaraan dengan memodifikasi bodi dan *chassis* kendaraan. Bentuk dari efisiensi bodi dan *chassis* adalah penggunaan karbon sebagai pengganti logam dan baja. Tujuan penelitian untuk mengetahui kekuatan tekan karbon fiber dengan metode pembuatan *manual hand lay up*. Teknik pengujian dengan uji vertikal dan horizontal dengan tiga metode pelapisan serat karbon dengan posisi searah, berlawanan arah dan menyilang. Hasil kekuatan tertinggi pada uji tekan vertikal yaitu metode lapisan serat karbon berlawanan arah beban maksimum 12561,093 N, modulus elastisitas 4329 N/mm² dan kekuatan tekan 113.43 N/mm². Pada uji tekan horizontal yaitu metode lapisan serat karbon searah beban maksimum 1456.829 N, modulus elatisitas 438 N/mm² dan kekuatan tekan 13.16 N/mm². Jadi, untuk kekuatan bisa menggunakan metode pelapisan berlawanan arah, dan untuk kelenturan menggunakan metode pelapisan menyilang.

Kata Kunci

Uji Tekan, Komposit, Karbon Fiber, *Manual Hand Lay Up*

Abstract

Solution to reduce high fuel consumption, one way to increase fuel efficiency is to reduce vehicle weight by modifying the vehicle body and chassis. The form of body and chassis efficiency is the use of carbon as a substitute for metal and steel. The purpose of the study was to determine the compressive strength of carbon fiber with the manual hand lay up manufacturing method. Testing techniques with vertical and horizontal tests with three carbon fiber coating methods with unidirectional, countercurrent and crosswise positions. The highest strength results in the vertical compression test, namely the countercurrent carbon fiber coating method, maximum load 12561.093 N, elastic modulus 4329 N/mm² and compressive strength 113.43 N/mm². In the horizontal compression test, namely the unidirectional carbon fiber coating method, maximum load 1456.829 N, elastic modulus 438 N/mm² and compressive strength 13.16 N/mm². So, for strength, you can use the countercurrent coating method, and for flexibility, use the cross coating method.

Keywords

Compression Test, Composite, Carbon Fiber, *Manual Hand Lay up*

¹Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang Sumatera Barat, Indonesia

* taufiqfunk@gmail.com

Dikirimkan: 28 Juli 2024. Diterima: 12 Agustus 2024. Diterbitkan: 20 Agustus 2024.



PENDAHULUAN

Mobil merupakan jenis kendaraan transportasi yang sangat diminati oleh masyarakat Indonesia baik itu untuk jarak dekat maupun jarak jauh Menurut Badan Pusat Statistik pada tahun 2022, perkembangan berdasarkan tipe kendaraan, khususnya kendaraan penumpang, angkutan, kendaraan barang, berjumlah 141.992.573 unit, dan kendaraan penumpang selama tahun 2012-2022 telah meningkat sebesar 6,74 juta unit atau tumbuh sekitar 65% selama beberapa tahun terakhir. Terlihat perkembangan kendaraan yang terus meningkat, akibatnya meningkatkan kebutuhan bahan bakar. Sedangkan persediaan bahan bakar dimuka bumi semakin berkurang. Pada tahun 2017-2025, penyediaan bahan bakar minyak belum mampu memenuhi kebutuhan bahan bakar minyak dalam negeri. Diperkirakan konsumsi bahan bakar minyak akan mencapai 719,048 juta barel dan pasokan bahan bakar minyak akan mencapai 651,092 juta barel pada tahun 2025[1].

Sesuai dengan tujuan penelitian bahwa modifikasi pada *chassis* dan bodi kendaraan untuk efisiensi konsumsi bahan bakar. *Chassis* kendaraan terbuat dari baja dan logam sehingga membuat bobot kendaraan yang berat, maka dari itu dilakukan modifikasi dengan mengganti bahan pembuatan *chassis* kendaraan menggunakan karbon fiber. Pembuatan *chassis* kendaraan ini dilakukan dengan metode *Manual Hand Lay Up* karena juga efisiensi biaya pembuatan. Pengujian dari karbon fiber dengan metode pembuatan *manual hand lay up* menggunakan beberapa metode pelapisan serat karbon, yaitu metode pelapisan searah, berlawanan arah, dan menyilang dan dilakukan dengan dua Teknik uji tekan yaitu vertikal dan horizontal. Hasilnya dilihat dari teknik uji tekan dan pelapisan mana yang paling kuat dan nantinya bisa diaplikasikan untuk membuat bahan *chassis* kendaraan. Penelitian uji tekan menggunakan dua teknik pengujian yaitu vertikal dan horizontal dan tiga metode pelapisan yaitu searah, berlawanan arah dan menyilang.

Material

Material merupakan suatu zat yang digunakan untuk membuat suatu barang atau beberapa barang. Material ini bisa berupa benda padat, cair, atau gas, yang memiliki sifat-sifat tertentu yang berbeda-beda [2]. Material perancangan dapat dikelompokkan menjadi kelompok logam dan nonlogam. Selain kedua kelompok tersebut, terdapat kelompok ketiga yang disebut metaloid, yaitu material nonlogam yang bentuknya menyerupai logam. Logam juga dapat dibagi menjadi kelompok logam ferrous, yaitu logam dengan unsur besi, dan kelompok logam *nonferrous*, yaitu logam tanpa unsur besi [4].

Material Nano

Nanomaterial adalah material berlapis *nano*, khususnya aspek-aspek dikisaran 1 dan 100 nm. Sifat-sifat material dapat berubah ketika suatu objek menyusut ke dimensi nano. Keuntungan signifikan dari partikel nanomaterial adalah ukurannya yang sangat kecil meningkatkan ukuran permukaan luarnya, yang nantinya dapat meningkatkan laju reaksi pada permukaan material[3].

Komposit

Komposit adalah material yang dibuat ketika dua atau lebih material dipadukan untuk menciptakan material dengan sifat mekanis yang berbeda dari material penyusunnya[5],[6]. Secara umum, material komposit terdiri dari dua komponen, khususnya kisi sebagai penutup dan pengisi sintetis. Menurut bentuk material penyusunnya, komposit dapat dibedakan menjadi lima jenis yaitu : (a)Komposit serat (*Fibrous composite*), (b)Komposit laminat (*Laminate composite*), (c)Komposit sketal (*Filled*), (d)Komposit serpih (*Flake*), (e)Komposit partikel (*Particulate composite*)

Serat

Salah satu komponen material komposit adalah serat. Karakteristik material komposit, seperti kekuatan dan sifat mekanis lainnya, terutama ditentukan oleh serat ini. Serat ini menyediakan sebagian besar daya yang dibutuhkan material komposit [7]. Serat alami dan sintetis tersedia dalam berbagai macam bentuk.

Serat Karbon

Secara morfologi, filamen karbon ada dalam struktur yang berbeda, bubuk karbon yang dibentuk, salep karbon yang kuat seperti kaca gelap yang sangat keras [8]. Jenis dan penggunaan karbon sangat luas. Serat karbon merupakan material komposit yang sangat kuat, ringan, dan mahal.

Polyster Resin

Jenis *pitch poliester* yang digunakan sebagai kisi komposit adalah jenis tak jenuh yang merupakan termoset yang dapat melalui tahap pematatan cair menjadi tahap padat jika diolah dengan tepat, tidak seperti jenis poliester terendam, yang tidak dapat dilepaskan dengan cara ini [9].

Manual Hand Lay Up

Manual Hand lay up adalah metode pencetakan terbuka yang cocok untuk membuat berbagai macam produk komposit dari yang sangat kecil hingga yang sangat besar. Proses manual hand lay up dilakukan dengan cara serat dan resin ditempatkan pada cetakan, kemudian disapu atau diroll [10],[11].

Vaccum

Metode *vacuum* merupakan metode penyempurnaan dari metode *hand lay-up* dimana dalam metode ini, selain laminasi, tahap vakum juga dilakukan pada laminasi untuk membuang udara yang terperangkap dan resin berlebih [12].

Sandwich

Sandwich adalah struktur yang terdiri dari beberapa lapisan yang terbuat dari bahan yang berbeda dan memiliki bentuk yang berbeda. Berbagai jenis *sandwich primer* tersedia tergantung pada strategi penataan atau berdasarkan bahan inti yang digunakan diantara bahan kulit. Bahan inti dapat digunakan dalam aplikasi atau area penggunaan apa pun untuk meningkatkan kekakuan dan kekuatan panel secara keseluruhan [13].

METODA PENELITIAN

Jenis penelitian ini digolongkan sebagai penelitian eksperimen [14]. Metode penelitian eksperimen dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali [15]. Berdasarkan perumusan masalah, penelitian ini terdiri dari dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat yang meliputi bentuk perakitan serat karbon (X) dan uji tekan(Y).

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Manufaktur Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang pada bulan Juli tahun 2024. Alat untuk uji tekan (*computer universal testing machines HT-2402*) dengan beban maksimal hanya 10000 N. Persiapkan bahan dan alat seperti lembaran serat karbon, resin, pipa dan cairan anti lengket (*miracle gloss*). Melapisi pipa cetakan dengan cairan anti lengket, tunggu 5-15 menit lalu bersihkan dengan kain. Letakkan lembaran serat karbon pada pipa dan gulung hingga 3 lapisan baik itu searah, lawan arah dan menyilang. Untuk campuran resin dan catalis adalah 100:1 lalu aduk secara merata. Pada lapisan pertama berikan resin pada serat karbon menggunakan kuas. Setelah menggunakan kuas untuk melapisi resin, ratakan serat karbon dengan menggunakan *roller* besi atau karet. Tunggu kurang lebih 10 menit agar resin menyerap sempurna, lalu melapisi serat karbon untuk

lapisan kedua dan lakukan perlakuan yang sama hingga lapisan ketiga dan tetap menggunakan *roller* untuk meratakan serat karbon pada setiap lapisannya. Setelah lapisan ketiga selesai, dilanjutkan dengan gulungan solatip bening untuk memberikan hasil perekatan yang maksimal. Tunggu hingga benar-benar kering (1x24 jam) dan lepaskan solatip bening. Setelah solatip bening dilepas, dilanjutkan dengan pelapisan akhir resin pada permukaan serat karbon untuk hasil yang maksimal tunggu (1x24 jam). Selanjutnya diberikan perlakuan uji tekan dengan mesin *press hydraulic* untuk mengetahui kekuatan dari serat karbon yang dibuat tanpa menggunakan alat *vacuum bagging* dan *vacuum infusion*, lalu ambil data dari hasil pengujian tekan.

Pengumpulan data dilakukan langsung dari hasil kekuatan dari uji tekan yang bisa ditahan oleh serat karbon dari mesin *press hydraulic*. Untuk menganalisis keseluruhan data yang diperoleh dan mengetahui hasil uji tekan dengan proses pengujian dilakukan dengan uji vertikal 3 kali dan horizontal 3 kali sehingga pengujian dilakukan 6 kali terhadap serat karbon yaitu dengan rumus uji tekan horizontal dan vertikal

$$p = \frac{F}{A}$$

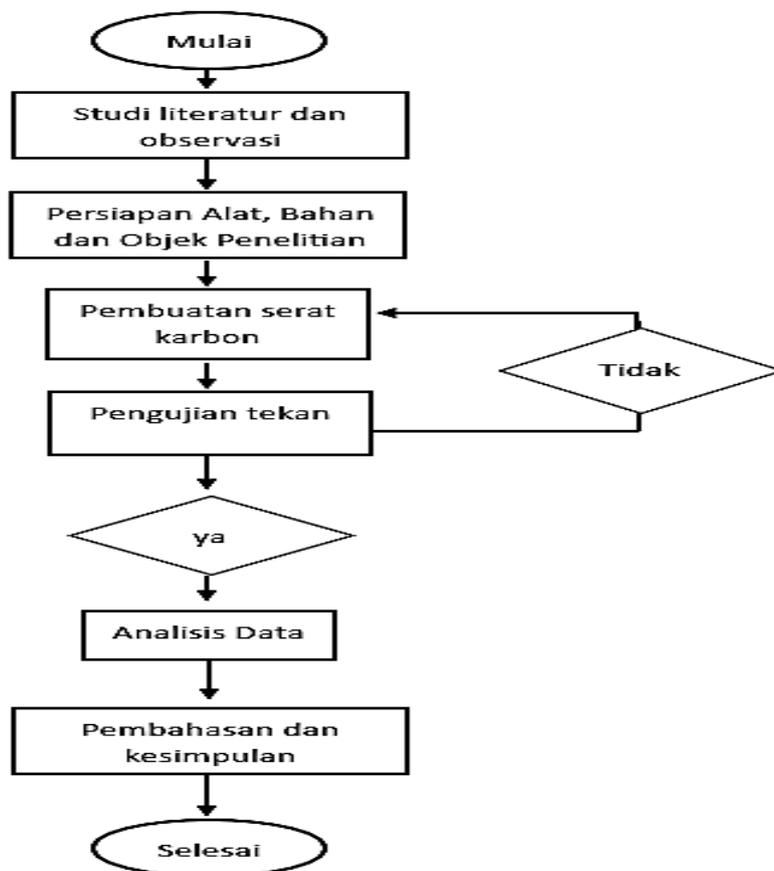
Keterangan :

p = Tekanan

F = Gaya yang diberikan

A = Luas penampang

Proses dan kerangka berfikir dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Berfikir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Dari penelitian uji tekan vertikal dengan metode pelapisan searah mendapatkan hasil 9794.078 N. Hasil uji tekan horizontal dengan metode pelapisan searah yaitu 1456.829 N. Hasil uji tekan vertikal dengan metode pelapisan berlawanan arah yaitu 12561.093 N. Hasil uji tekan horizontal dengan metode pelapisan berlawanan arah yaitu 1371.441 N. Hasil uji tekan vertikal dengan metode pelapisan menyilang yaitu 11580.404 N. Hasil uji tekan horizontal dengan metode pelapisan menyilang yaitu 1113.184 N.

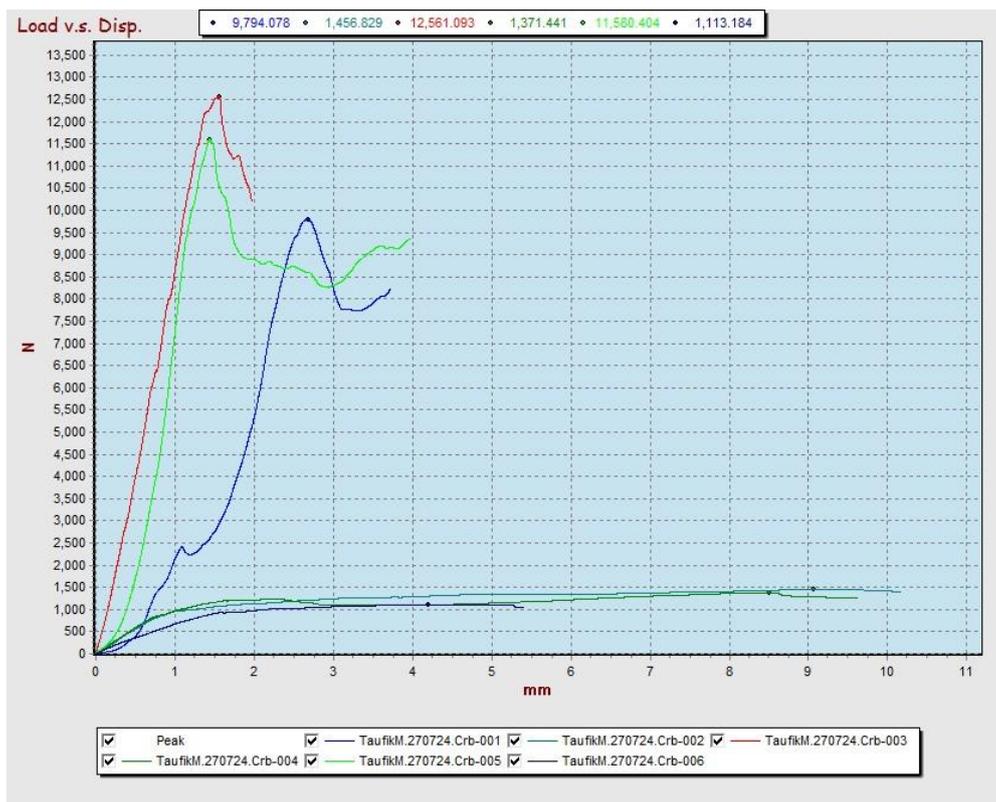
Didapat hasil dengan kekuatan tertinggi pada uji tekan vertikal yaitu metode lapisan serat karbon berlawanan arah dengan beban maksimum 12561.093 N, modulus elastisitas 4329 N/mm² dan kekuatan tekan 113.43 N/mm², sedangkan pada uji tekan horizontal yaitu metode lapisan serat karbon searah dengan beban maksimum 1456.829 N, modulus elastisitas 438 N/mm² dan kekuatan tekan 13.16 N/mm².

Proses uji tekan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Uji Tekan

Grafik hasil uji tekan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hasil Uji Tekan

Berikut merupakan data yang hasil uji tekan spesimen yang disajikan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Tekan Spesimen

No	Spesimen	Uji Tekan	Kekuatan Maksimal (N)	Modulus Elastisitas (N/mm ²)	Kekuatan Tekan (N/mm ²)
1.	Searah	Vertikal	9794.078	3267	88.44
		Horizontal	1456.829	438	13.16
2.	Berlawanan arah	Vertikal	12561.093	4329	113.43
		Horizontal	1371.441	529	12.38
3.	Menyilang	Vertikal	11580.404	7313	104.57
		Horizontal	1113.184	310	10.05

Pembahasan

Hasil uji tekan dengan kekuatan tertinggi pada uji tekan vertikal yaitu metode lapisan serat karbon berlawanan arah dengan beban maksimum 12561.093 N, modulus elastisitas 4329 N/mm² dan kekuatan tekan 113.43 N/mm², sedangkan pada uji tekan horizontal yaitu metode lapisan serat karbon searah dengan beban maksimum 1456.829 N, modulus elatisitas 438 N/mm² dan kekuatan tekan 13.16 N/mm². Penyebab hasil kekuatan uji tekan dari serat karbon berbeda dikarenakan pelapisan pada setiap teknik juga berbeda, hasil kekuatan uji tekan vertikal terbaik yaitu teknik pelapisan berlawanan arah karena terdapat perbedaan arah motif serat karbon yang berlawanan pada lapisan kedua, sehingga serat karbon saling menahan tekanan yang diberikan dengan dua posisi berbeda. Sedangkan untuk hasil kekuatan uji tekan horizontal terbaik yaitu teknik pelapisan searah karena dengan posisi arah lapisan yang sama sehingga akan mendapat tekanan yang merata disemua lapisan.

Kekurangan pada hasil spesimen terbaik yaitu uji tekan vertikal serat karbon metode lapisan berlawanan arah dengan beban maksimum sebesar 12561.093 N dan kekuatan tekan 113.43 N/mm² memiliki kekurangan pada modulus elastisitas yaitu 4329 N/mm². Sedangkan pada uji tekan vertikal metode lapisan menyilang dengan beban maksimum sebesar 11580.404 N dan kekuatan tekan 104.57 N/mm² tetapi memiliki modulus elastisitas yang baik yaitu 7313 N/mm². Pembuatan serat karbon dengan metode pelapisan yang berbeda bisa disesuaikan dengan kebutuhan pengaplikasian serat karbon, jika lebih mengutamakan kekuatan bisa menggunakan metode pelapisan berlawanan arah karena memiliki kekuatan tekan yang baik, dan jika dalam pengaplikasian lebih mengutamakan kelenturan maka bisa menggunakan metode pelapisan menyilang karena memiliki modulus elastisitas yang baik.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil uji tekan vertikal dengan metode pelapisan searah yaitu 9794,078 N. Hasil uji tekan horizontal dengan metode pelapisan searah yaitu 1456,829 N. Hasil uji tekan vertikal dengan metode pelapisan berlawanan arah yaitu 12561,093 N. Hasil uji tekan horizontal dengan metode pelapisan berlawanan arah yaitu 1371,441 N. Hasil uji tekan vertikal dengan metode pelapisan menyilang yaitu 11580,404 N. Hasil uji tekan horizontal dengan metode pelapisan menyilang yaitu 1113,184. Dari penelitian uji tekan didapat hasil dengan kekuatan tertinggi pada uji tekan vertikal yaitu metode lapisan serat karbon berlawanan arah dengan beban maksimum 12561.093 N, modulus elastisitas 4329 N/mm² dan kekuatan tekan 113.43 N/mm², sedangkan pada uji tekan horizontal yaitu metode lapisan serat karbon searah dengan beban maksimum 1456.829 N, modulus elastisitas 438 N/mm² dan kekuatan tekan 13.16 N/mm².

Saran

Penelitian lanjutan dengan ukuran spesimen berbeda untuk mendapatkan hasil yang akan dapat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, agar didapatkan metode yang lebih baik untuk diaplikasikan langsung dalam pembuatan *chassis* kendaraan.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Biro Perencanaan Kementerian ESDM, A. F. Sa'adah, A. Fauzi, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor, B. Juanda, and Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor, "Peramalan Penyediaan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia dengan Model Sistem Dinamik," *JEPI*, vol. 17, no. 2, pp. 118–137, Jan. 2017, doi: 10.21002/jepi.v17i2.02.
- [2] N. Sari, "Material teknik, Edisi pertama, Deepublish, Yogyakarta," 2018.
- [3] K. Wijaya, A. Syoufian, I. Tahir, and A. S. Hutama, *Kimia Kuantum Untuk Perekayasa Nanomaterial*. UGM PRESS, 2021.
- [4] D. Asyari, "Material teknik," 2013.
- [5] F. Setiawan, D. S. Pratama, R. S. Lubis, and E. Sofyan, "Uji Impact Material Komposit Campuran Serat Bambu Dan Pasir Besi Menggunakan Metode Hand Lay Up," *Journal of Applied Mechanical Engineering and Renewable Energy*, vol. 3, no. 1, pp. 28–33, 2023.
- [6] N. Nayiroh, "Teknologi material komposit," Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim: Malang, 2013.
- [7] F. Y. Utama and H. Zakiyya, "Pengaruh variasi arah serat komposit berpenguat hibrida fiberhybrid terhadap kekuatan tarik dan densitas material dalam aplikasi body part mobil," *Mekanika*, vol. 15, no. 2, 2016.
- [8] T. Surdia, "Pengetahuan bahan teknik," (No Title), 1999.

- [9] F. I. Sijabat and J. Saragih, "Pengaruh Ukuran Serbuk Tempurung Kelapa Sebagai Pengisi Komposit Poliester Tak Jenuh Terhadap Sifat Mekanik dan Penyerapan Air," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 2, no. 4, pp. 31–37, 2013.
- [10] L. Kusnandar, "Pembuatan Cover Body Motor dari Bahan Komposit Berpenguat Serat Gelas dengan Metode Hand Lay Up," 2008.
- [11] S. Juliono, I. Isranuri, S. Abda, M. Sabri, and M. Tugiman, "Pembuatan Dan Analisis Gaya Badan Pesawat Tanpa Awak Dari Bahan Material Komposit Yang Diperkuat Polyester Dan Serat Rock Wool Dengan Metode Hand Lay Up," *Jurnal Dinamis*, vol. 4, no. 4, 2016.
- [12] M. Azissyukhron and S. Hidayat, "Perbandingan Kekuatan Material Hasil Metode Hand Lay-up dan Metode Vacuum Bag Pada Material Sandwich Composite," presented at the *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2018, pp. 216–220.
- [13] K. N. Aini, A. Tjahjono, N. L. Muzayadah, A. Nugroho, and T. S. Nurtiasto, "Analisis Sifat Mekanik Komposit Sandwich Serat Karbon Twill 3k/Divinycell Foam Dengan Variasi Metode Fabrikasi," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 2, pp. 601–609, 2023.
- [14] S. Arikunto, "Metode penelitian," Jakarta: Rineka Cipta, vol. 173, 2010.
- [15] S. Sugiyono, "Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta," *Procrastination And Task Avoidance: Theory, Research and Treatment*. New York: Plenum Press, Yudistira P, Chandra, 2017.