

# Pengaruh Tekanan Vakum Pada Proses Pembuatan Komposit Serat Karbon Dengan Inti Honeycomb Terhadap Kekuatan Mekanik Menggunakan Compression Test

Firman Utama <sup>1\*</sup>, Jihaan Octaviani <sup>2</sup>, Andita Ganda <sup>3</sup>, Dewi Puspitasari <sup>4</sup>, Arya Sakti <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universitas Negeri Surabaya; [firmanutama@unesa.ac.id](mailto:firmanutama@unesa.ac.id)

<sup>2</sup> Universitas Negeri Surabaya; [jihaannaafiisah.21032@mhs.unesa.ac.id](mailto:jihaannaafiisah.21032@mhs.unesa.ac.id)

<sup>3</sup> Universitas Negeri Surabaya; [anditaganda@unesa.ac.id](mailto:anditaganda@unesa.ac.id)

<sup>4</sup> Universitas Negeri Surabaya; [dewipuspitasari@unesa.ac.id](mailto:dewipuspitasari@unesa.ac.id)

<sup>5</sup> Universitas Negeri Surabaya; [aryamahendra@unesa.ac.id](mailto:aryamahendra@unesa.ac.id)

\* Korespondensi: [firmanutama@unesa.ac.id](mailto:firmanutama@unesa.ac.id) ; Telp.: +62-857-3317-5758

## Abstrak

Komposit serat karbon relatif memiliki sifat kuat, kaku, dan ringan sehingga banyak diaplikasikan di berbagai industri seperti otomotif, pesawat terbang, alat olahraga, komponen mesin yang berputar, dan sebagainya. Salah satu proses pembuatan komposit serat karbon yang dikenal adalah vacuum infusion disamping proses hand lay-up dan spray-up. Vacuum infusion adalah metode pembuatan komposit khususnya serat karbon yang tujuannya selain meratakan komposisi resin, juga mengurangi hingga sedikit mungkin jumlah gelembung udara yang terperangkap (voids) pada hasil komposit. Hal ini untuk mendapatkan struktur komposit yang lebih padat, permukaan yang bersih serta memenuhi struktur sifat mekanik yang diinginkan. Salah satu alat utamanya adalah pompa vakum yang bernilai negatif. Dalam penelitian ini menggunakan variasi tekanan vakum -0,8 bar, -0,9 bar, dan -1 bar. Spesimen yang dibuat dengan serat karbon 2x2 twill, 220 gsm, 3K sebagai kulit atau pengikat lapisan luar dan honeycomb polypropylene sebagai inti dengan tebal 8 mm. Spesimen uji sesuai standar ASTM C365 untuk uji tekan atau compression test yang menilai daya tahan material terhadap runtuh, buckling, atau hancur dan memiliki stabilitas sebagai struktur penopang. Hasilnya kekuatan tekan rata-rata tertinggi tercatat sebesar 3,41 MPa pada tekanan vakum sebesar -1 bar.

**Kata kunci:** honeycomb polypropylene, material komposit, resin, serat karbon, sifat mekanik, uji tekan, vacuum infusion

## Abstract

*Carbon fiber composites are relatively strong, stiff, and lightweight, making them widely used in various industries, such as automotive, aircraft, sports equipment, rotating machine components, and so on. One well-known carbon fiber composite manufacturing process is vacuum infusion, alongside hand lay-up and spray-up. Vacuum infusion is a composite manufacturing method, specifically carbon fiber, that aims to not only evenly distribute the resin composition but also minimize the number of trapped air bubbles (voids) in the resulting composite. This is done to achieve a denser composite structure, a cleaner surface, and meet the desired mechanical properties. One of the main tools is a negative vacuum pump. This study used vacuum pressure variations of -0.8 bar, -0.9 bar, and -1 bar. The specimens were fabricated using 2x2 twill, 220 gsm, 3K carbon fiber as the outer skin or binder and an 8 mm thick honeycomb polypropylene core. The test specimens met the ASTM C365 standard for compression testing, which assesses a material's resistance to collapse, buckling, or crushing, and its stability as a supporting structure. The results showed the highest average compressive strength of 3.41 MPa at a vacuum pressure of -1 bar.*

**Keywords:** honeycomb polypropylene, composite material, resin, carbon fiber, mechanical

- **Pendahuluan**

Komposit serat karbon relatif memiliki sifat kuat, kaku, dan ringan sehingga banyak diaplikasikan di berbagai industri seperti otomotif, pesawat terbang, alat olahraga, komponen mesin yang berputar, dan sebagainya. Salah satu alternatif yang banyak dikembangkan adalah penggunaan material komposit *sandwich* sebagai pengganti plat logam salah satu penerapannya dalam bodi kendaraan. Material komposit *sandwich* terdiri dari serat penguat, seperti serat karbon dengan inti *honeycomb* yang dikombinasikan dengan matriks polimer untuk membentuk struktur yang ringan namun tetap kuat. Dibandingkan dengan plat logam, komposit *sandwich* memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang lebih tinggi dan tahan terhadap korosi. Keunggulan ini menjadikan material komposit *sandwich* sebagai solusi yang potensial untuk mengatasi permasalahan bobot kendaraan yang berlebihan. [1,3,5,7]

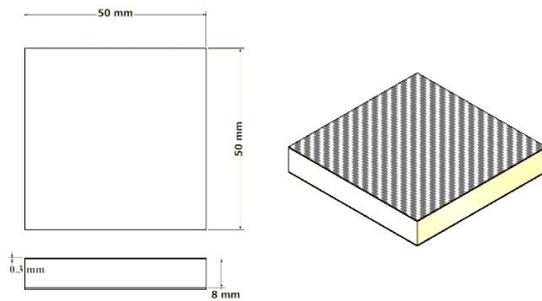
Dalam proses manufaktur komposit *sandwich*, metode *vacuum infusion* menjadi pilihan utama karena mampu menghasilkan material berkualitas dibandingkan metode konvensional lainnya seperti *hand lay-up* atau *compression molding*. *Vacuum infusion* memungkinkan impregnasi resin yang lebih terkontrol, menghasilkan material yang lebih homogen, kuat, dan memiliki kandungan rongga udara (*voids*) lebih rendah. Namun, dalam proses *vacuum infusion*, pengendalian tekanan vakum menjadi faktor utama yang berpengaruh langsung terhadap impregnasi resin ke dalam serat penguat dan inti komposit *sandwich*. Jika tekanan terlalu rendah, resin tidak terserap secara optimal menyebabkan area yang tidak terimpregnasi sempurna, sehingga mengurangi kekuatan mekanik komposit *sandwich*. Sebaliknya, jika tekanan yang terlalu tinggi dapat mempercepat aliran resin, meningkatkan porositas, serta mengurangi kepadatan dan kekuatan mekanik komposit *sandwich*. Oleh karena itu, pemilihan tekanan vakum yang optimal sangat penting untuk memastikan kualitas komposit *sandwich* yang dihasilkan. [4,6,7,8,11]

Penelitian yang dilakukan menemukan bahwa tekanan vakum -0,8 bar menghasilkan kekuatan bending tertinggi sebesar 21,5 MPa, sementara penelitian menunjukkan kekuatan bending tertinggi 5,88 MPa pada tekanan vakum -0,9 bar. Perbedaan hasil penelitian tersebut, mengindikasikan bahwa tekanan vakum memiliki pengaruh besar terhadap sifat mekanik komposit *sandwich*, terutama dalam distribusi resin dan struktur internal material. Hal ini menekankan pentingnya pemilihan tekanan vakum yang tepat untuk menghasilkan material yang berkualitas dalam hal memiliki kekuatan mekanik yang memenuhi standar material. [2,12]

- **Bahan dan Metode**

Proses pembuatan komposit *sandwich* menggunakan metode *vacuum infusion* tertutup dengan tekanan dari pompa vakum. Dalam proses *vacuum infusion* tekanan pompa sangat mempengaruhi saat proses vakum. Sebelum pelaksanaan dimulai harus mengetahui berapa tekanan yang akan digunakan. Pada penelitian ini menggunakan variasi tekanan vakum -0,8 bar, -0,9 bar, dan -1 bar. Spesimen yang dibuat dengan serat karbon 2x2 twill, 220 gsm, 3K sebagai kulit atau pengikat lapisan luar dan

honeycomb polypropylene sebagai inti dengan tebal 8 mm. Spesimen uji sesuai standar ASTM C365 untuk uji tekan atau compression test yang menilai daya tahan material terhadap runtuh, buckling, atau hancur dan memiliki stabilitas sebagai struktur penopang. Bentuk dan ukuran dalam pembuatan spesimen komposit mengacu pada standar uji tekan ASTM C365, dimana ketebalan komposit sandwich menyesuaikan dari jenis susunan komposit yang digunakan (Materials, 2022).



**Gambar 1.** Desain Spesimen Pengujian Tekan ASTM C365

Dalam pembuatan komposit membutuhkan komposisi volume dengan perhitungan fraksi volume cetakan, dan fraksi volume matriks yang digunakan agar sesuai kebutuhan. Untuk mencapai komposit yang menunjukkan karakteristik kekuatan tinggi, sangat penting bahwa distribusi serat dalam *matriks* harus merata selama proses pencampuran, sehingga meminimalkan potensi terbentuknya rongga atau void akibat udara yang terjebak. Dalam menghitung fraksi volume, data yang diperlukan meliputi berat jenis resin, berat jenis serat, berat keseluruhan komposit, dan berat serat. Setelah beberapa parameter diketahui, maka dapat dihitung massa serat dan massa *matriks* untuk membuat komposit. Adapun rumus perhitungannya sebagai berikut:

Rumus menghitung volume serat ( $v_f$ ):

$$v_f = V_f \times v_c \dots\dots\dots(1)$$

Rumus menghitung Volume *Matriks* ( $v_m$ ):

$$v_m = V_m \times v_c \dots\dots\dots(2)$$

Rumus menghitung Massa Serat ( $m_f$ ):

$$m_f = v_f \times \rho_f \dots\dots\dots(3)$$

Rumus menghitung Massa *Matriks* ( $m_m$ ):

$$m_m = v_m \times \rho_m \dots\dots\dots(4)$$

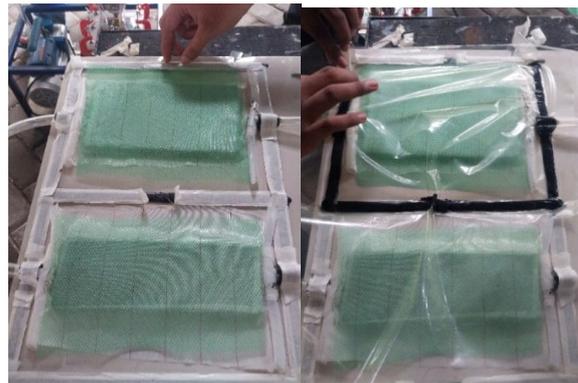
Keterangan:

$$v_f = \text{Volume Serat (mm}^3\text{)}$$



	=	
	=	
	=	
	=	
	=	

=  
=  
=  
=  
=  
=  
=



**Gambar 3.** Penyusunan *skin*, *core*, *peel ply*,

*infusion mesh*, dan plastik bag

**Gambar 4.** Mengatur tekanan -0,8 bar; -0,9 bar; -1 bar untuk masing-masing specimen



**Gambar 5.** Proses laminasi atau pelapisan resin dengan vakum selama 2 jam



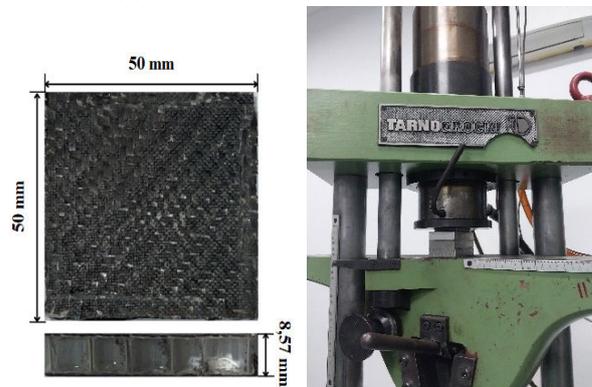
**Gambar 6.** Proses pengeringan dan pepadatan atau curing selama 24 jam

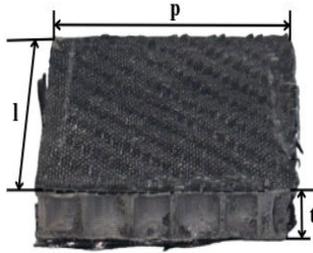


**Gambar 7 .** Spesimen setelah pengeringan dan dipotong sesuai standar ASTM C365 sesuai variasi tekanan vakum yang sudah ditentukan -0,8 bar; -0,9 bar; -1 bar.

### **Pengujian Tekan (Compression Test)**

Pengujian mekanik kekuatan tarik dan kekuatan tekan dengan tiga spesimen dari hasil pembuatan spesimen dan tekanan masing-masing yang sudah ditentukan. Alat uji yang digunakan adalah TARNO UPH 100 KN.



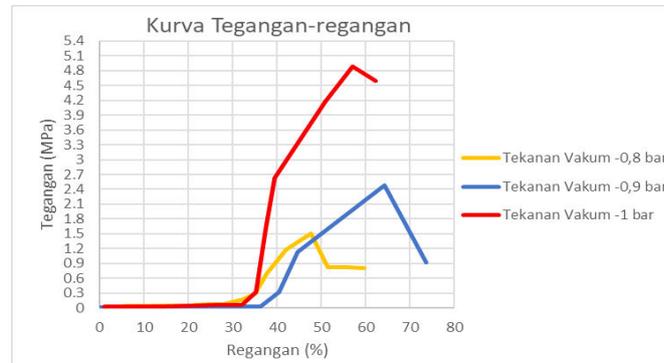


**Gambar 8.** Alat Uji tekan yang digunakan terhadap spesimen uji

Adapun hasil dari compression test yang sudah dilakukan bisa dilihat dalam tabel 1.

**Tabel 1.** Data hasil pengujian kekuatan tekan spesimen dari variasi tekanan vakum pada beban tekan maksimum

Tekanan Vakum (bar)	Spesimen	Beban Tekan Maksimum (kg)	Hasil Uji Kekuatan Tekan (MPa)
-0,8	1	382,20	1,50
	2	370,40	1,45
	3	378,80	1,49
	<b>Rata-rata</b>	<b>377,13</b>	<b>1,48</b>
-0,9	1	490,60	1,93
	2	630,40	2,47
	3	601,80	2,36
	<b>Rata-rata</b>	<b>574,27</b>	<b>2,25</b>
-1	1	683,80	2,68
	2	1245,20	4,89
	3	679,80	2,67
	<b>Rata-rata</b>	<b>869,6</b>	<b>3,41</b>



**Gambar 9.** Kurva pembebanan dan persentase kerusakan spesimen

- **Diskusi**

Kurva spesimen tekanan vakum -0,8 bar menunjukkan kekuatan tekan sebesar 1,50 MPa dengan persentase kerusakan 47,61%. Kurva menunjukkan naik bertahap dan turun setelah puncak, karena karakteristik material lunak dan deformabel, namun kekuatan tekan rendah. Spesimen tekanan vakum -0,9 bar menunjukkan kekuatan tekan sebesar 2,47 MPa dengan persentase 64,29%. Kurva spesimen tekanan vakum -1 bar menunjukkan kekuatan tekan sebesar 4,89 MPa dengan regangan 57,06%. Kurva menunjukkan tegangan meningkat tajam, kemudian turun. Tekanan vakum terlalu tinggi menyebabkan resin *over-flow* atau keluar terlalu banyak, membuat struktur menjadi lebih kaku tapi getas

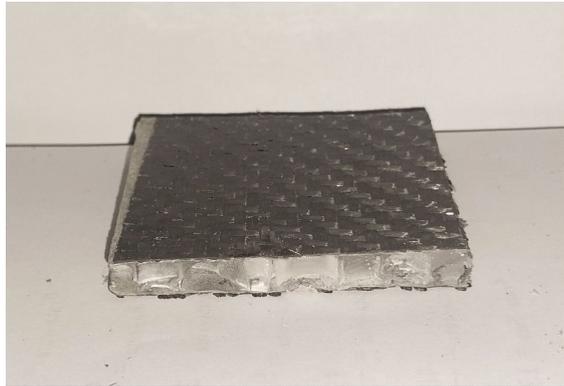
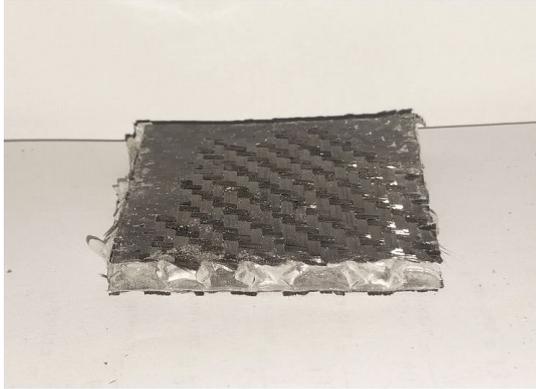
- **Kesimpulan**

Komposit *sandwich* panel *honeycomb* yang diperkuat serat karbon dengan menggunakan metode *vacuum infusion* di tekanan vakum -1 bar menghasilkan kekuatan tekan rata-rata tertinggi sebesar 3,41 MPa. Jadi, semakin tinggi tekanan vakum, maka nilai uji kekuatan tekan (compression test) cenderung mengalami peningkatan dalam menerima beban yang semakin besar.

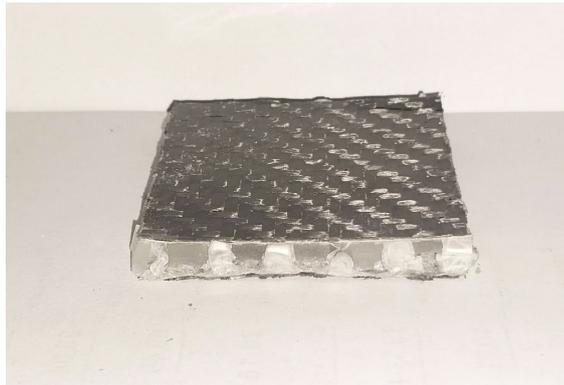
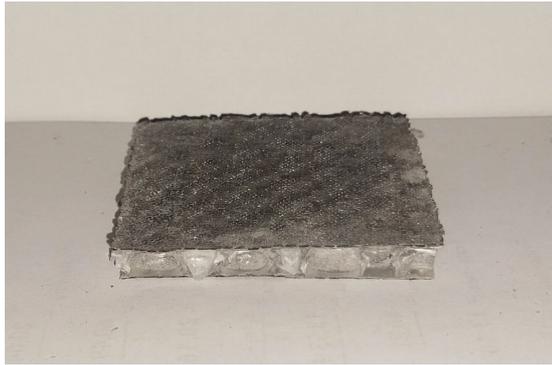
## Lampiran A

### Lampiran A.1 Spesimen setelah diuji tekan

- Tekanan Vakum -0,8 bar

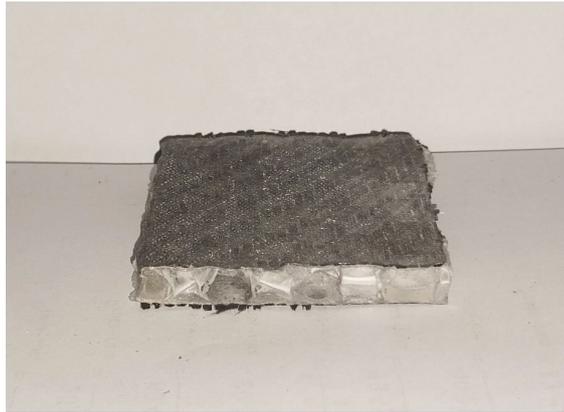


- Tekanan Vakum -0,9 bar



- Tekanan Vakum -1 bar





## Referensi

- [1] Aprillio, Y. (2022). Pengaruh Diameter *Honeycomb Ribs* Pada Produk *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) 3D *Printing Fused Filament Fabrication* (FFF) Yang Diperkuat Komposit *Carbon Fiber*. 1–66.
- [2] Asyahid, A. (2022). Studi Pengaruh Perbandingan Resin-Katalis dan Tekanan *Vacuum* Terhadap Kekuatan Bending Untuk Pembuatan Komposit *Sandwich* Menggunakan Metode *Vacuum Infusion*.
- [3] Farishi, A. (2024). Pembuatan Produk Komposit Cover *Shok Breaker Vespa Sprint 150* Menggunakan Prepreg *Carbon Fiber* Melalui Metode *Compression Molding*. 1–78. [dspace.uir.ac.id/123456789/51177](https://dspace.uir.ac.id/123456789/51177)
- [4] Fattah, M. A. K. (2023). Pengaruh Penambahan *Horizontal Ribs* Pada Struktur *Honeycomb* Hasil Proses *Additive Manufacturing* Terhadap Kekakuan Bending Komposit. 55–60.
- [5] Fauzan, M. F. (2024). Analisis Kekakuan Lentur Pada *Sandwich Aluminium Foam*.
- [6] Kevin Siregar, P. I. (2020). Tinjauan Pengaruh Hibridisasi Serat Karbon Terhadap Sifat Mekanik Komposit Hibrida Polimer. 20–23.
- [7] Kirana, N. (2023). Analisis Pengaruh Perendaman Komposit Serat Daun Suji Dengan Presentase Serat 15%, 20%, dan 25% Pada Pengaplikasian Panel Panjat Dinding.
- [8] Mahendra Iza, F. (2024). Optimasi Desain *Core* Untuk Rangka Produk Komposit *Sandwich* Menggunakan Material *Core Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS).

- [9] Maqfiroh, M. A. (2024). *Analysis of the Effects of Injection Molding Parameters on LDPE Product Quality*.
- [10] Marsono, M., Hanifa, S. F., & Akbar, F. (2021). *Pembuatan dan Pengujian Panel Honeycomb Sandwich*
- [11] Materials, C. (2022). *Standard Test Method for Flatwise Compressive Properties of Sandwich Cores 1. Current, i, 2–4*. <https://doi.org/10.1520/C0365>
- [12] Romdhani, I., Setiawan, F., Wicaksono, D., Tinggi, S., Kedirgantaraan, T., Bantul, K., Daerah, P., & Yogyakarta, I. (2024). *Manufaktur Vacuum Resin Infusion Untuk Pembuatan Material Komposit*. 1(2), 304–324.
- [13] Saensuriwong, K. et al. (2021). *Laboratory Study Of Polypropylene-Based Honeycomb Core For Sandwich Composites*. *Spektrum Industri*, 19(2), 97–104.