

ANALISIS PENGARUH FRAKSI VOLUME DAN JUMLAH LAPISAN PADA KOMPOSIT DENGAN PENGUAT DRY CARBON DAN Matriks Resin EPOKSI TERHADAP UJI TARIK DAN STRUKTUR MIKRO

Moch Irsyad Ardianto¹, Indah Nurpriyanti², Elisa Sulistyori³, Royyan Firdaus⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

email: indahnurpriyanti@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi fraksi volume resin-serat dan jumlah lapisan terhadap sifat mekanik dan struktur mikro komposit serat karbon-epoksi. Komposit dibuat menggunakan metode *manual lay-up* yang dikombinasikan dengan vakum manual, dengan variasi fraksi volume resin : serat sebesar 60%:40%, 70%:30%, dan 80%:20%, serta jumlah lapisan 3, 5, dan 7 lapis. Pengujian mekanik dilakukan melalui uji tarik, sedangkan analisis struktur mikro digunakan untuk mengevaluasi kualitas ikatan antara serat dan matriks serta keberadaan void. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi fraksi volume dan jumlah lapisan berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik komposit. Nilai tegangan tarik tertinggi diperoleh pada spesimen 3 lapis dengan fraksi volume resin : serat sebesar 80% : 20%, yang didukung oleh distribusi resin yang lebih merata dan minimnya pembentukan void. Sebaliknya, fraksi serat yang terlalu tinggi cenderung menyebabkan ketidaksempurnaan impregnasi resin sehingga menurunkan kekuatan tarik komposit. Analisis struktur mikro memperkuat hasil uji tarik dengan menunjukkan bahwa ikatan serat-matriks yang baik berkontribusi terhadap peningkatan sifat mekanik komposit.

Kata kunci: komposit serat karbon, fraksi volume, uji tarik, struktur mikro, resin epoksi

PENDAHULUAN

Komposit merupakan material rekayasa yang tersusun dari dua atau lebih bahan berbeda yang dikombinasikan untuk menghasilkan sifat fisik dan mekanik yang lebih unggul dibandingkan material penyusunnya secara individual. Pada umumnya, komposit terdiri atas matriks yang berfungsi sebagai pengikat dan pelindung, serta material penguat yang berperan meningkatkan kekuatan dan kekakuan struktur. Salah satu komposit yang banyak dikembangkan saat ini adalah komposit serat karbon-epoksi yang diproduksi menggunakan metode vakum infusi, karena mampu menghasilkan distribusi resin yang lebih merata dan meminimalkan pembentukan void, sehingga meningkatkan kekuatan dan kekakuan mekanik material [1].

Serat karbon merupakan material penguat yang tersusun dari struktur kristal grafit dengan karakteristik kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang tinggi serta densitas yang rendah. Keunggulan tersebut menjadikan serat karbon sangat efektif dalam meningkatkan performa mekanik komposit tanpa menambah bobot secara signifikan [2]. Selain tahan terhadap korosi, serat karbon juga memiliki stabilitas termal yang baik dan koefisien muai termal yang rendah, sehingga banyak diaplikasikan pada sektor otomotif, dirgantara [3], dan peralatan olahraga yang menuntut material ringan namun kuat [4].

Perkembangan teknologi manufaktur material turut mendorong pemanfaatan komposit serat karbon-epoksi sebagai alternatif material struktural, khususnya pada pembuatan bodi

kendaraan berperforma tinggi dan kendaraan listrik. Metode fabrikasi seperti hand lay-up masih banyak digunakan karena relatif sederhana dan ekonomis, meskipun kualitas mekanik yang dihasilkan sangat bergantung pada komposisi material dan kualitas proses impregnasi resin [5]. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi sifat mekanik melalui uji tarik [6] serta analisis struktur mikro [7] menggunakan metode mikroskopi untuk memahami pengaruh metode fabrikasi terhadap kualitas dan performa komposit serat karbon secara menyeluruh.

PROSEDUR EKSPERIMENT

Penelitian ini menggunakan komposit serat karbon-epoksi dengan variasi fraksi volume resin : serat sebesar 60%:40%, 70%:30%, dan 80%:20%, serta jumlah lapisan laminasi 3, 5, dan 7 lapis. Variabel yang dianalisis adalah kekuatan tarik komposit, sedangkan struktur mikro diamati sebagai parameter pendukung untuk mengevaluasi kualitas hasil fabrikasi. Spesimen dibuat sesuai dimensi pengujian mekanik dengan perhitungan fraksi massa dan volume berdasarkan densitas masing-masing material.

Fabrikasi komposit dilakukan menggunakan metode manual lay-up yang dikombinasikan dengan vakum manual. Resin epoksi dan serat karbon kering disusun secara bertahap pada cetakan yang telah dilapisi release agent, kemudian dilapisi polyester peel ply dan kain flanel sebelum dilakukan proses vakum selama ± 24 jam pada suhu ruang. Setelah curing, spesimen dipotong sesuai standar pengujian, kemudian dilakukan uji tarik dan pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop untuk menganalisis pengaruh variasi fraksi massa dan jumlah lapisan terhadap sifat mekanik komposit.

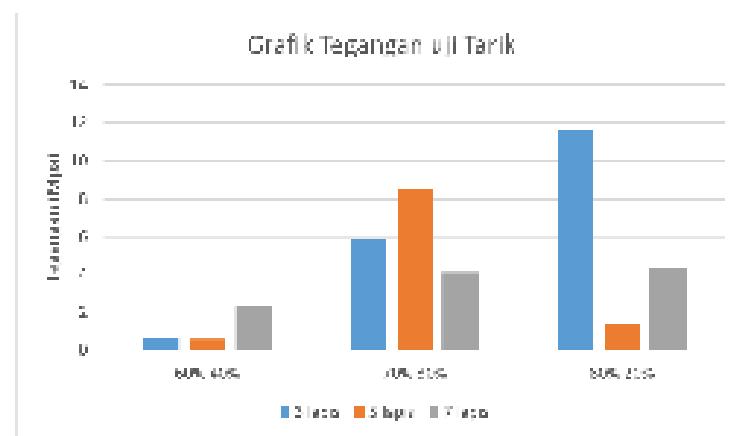
HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketiga lapisan tersebut memiliki perbedaan yang bisa di liat dari banyaknya serat karbon nya, meskipun variasi fraksi volume resin : Serat = 60% : 40%, 70% : 30%, 80% : 20% memiliki perbedaan kepadatan pada serat karbon dikarena adanya peningkatan lapisan, pada bagian 3 lapis terlihat kepadatan serat karbon terlihat tidak terlalu banyak untuk lapisan ke 5 terlihat lebih kelihatan banyak dan padat karena penambahan lapisan dan untuk lapisan 7 terlihat kepadatan dan terlihat merata setiap lapisnya seperti gambar 1.



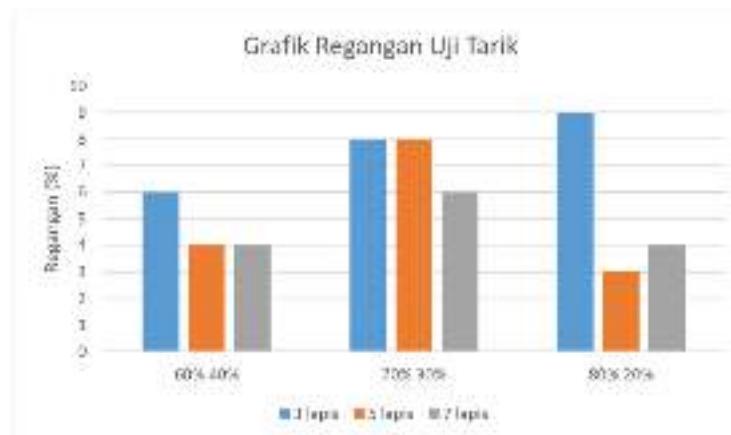
Gambar 1. Spesimen dengan variasi (A)3 lapis 60% resin 40% serat,(B) 3 lapis 70% resin 30% serat, (C) 3 lapis 80% resin 20% serat, (D) 5 lapis 60% resin 40% serat, (E) 5 lapis 70% resin 30% serat, (F) 5 lapis 80% resin 20% serat, (G) 7 lapis 60% resin 40% serat,(H) 7 lapis 70% resin 30% serat, (I) 7 lapis 80% resin 20% serat

Data tegangan dan regangan uji tarik ditampilkan pada Gambar 2. (a) Tegangan uji tarik dan (b) Regangan Uji Tarik. Pada standar pembentukan specimen 3 lapis di peroleh nilai tegangan tarik tertinggi pada fraksi volume 80% resin 20% serat sebesar 11,56 Mpa dikerena pada 3 lapis fraksi volume 80% 20% dengan resin 80% mengisi ruang antar serat dan mendukung distribusi beban tarik secara merata dan mengikat serat dengan rapat dalam matriks resin, resin yang banyak cenderung mengurangi kontribusi serat dalam menahan beban, meskipun resin membantu mengisi void antar serat dan mendistribusikan tegangan secara homogen di bandingkan dengan komposisi resin lebih sedikit [8].



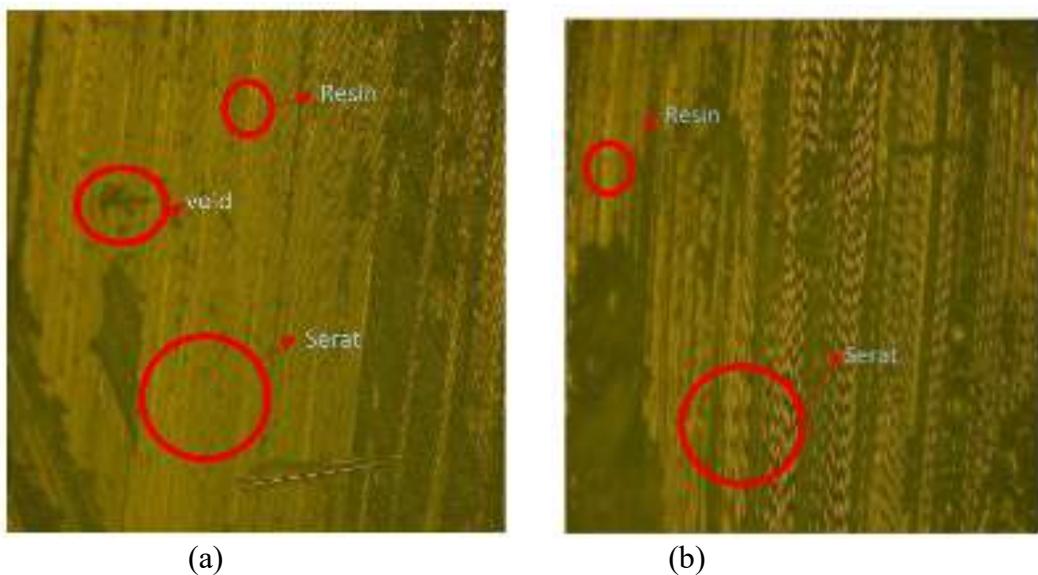
Gambar 2 Tegangan Uji Tarik dari semua variasi spesimen

Pada standar pembentukan specimen 3 lapis di peroleh nilai tegangan tarik terrendah pada fraksi volume 60% resin 40% serat sebesar 0.64 Mpa di karenakan biasanya terjadi adanya pembentukan celah voids yang mengakibatkan pengurangan daya tahan pada spesimenya, voids atau celah antar serat memang dapat terbentuk pada fraksi serat tinggi seperti 40% jika proses impregnasi resin kurang sempurna [9].



Gambar 3 Regangan Uji Tarik dari semua variasi spesimen

Pada standar pembentukan specimen 3 lapis di peroleh nilai tegangan tarik naik secara konsisten pada fraksi volume 60% serat 40% resin, 70% serat 30% resin, 80% serat 20% resin. Kenaikan konsisten pada grafik menunjukkan bahwa penambahan volume serat (dan pengurangan resin) memaksimalkan peran serat karbon sebagai penguat, meningkatkan transfer beban, dan meminimalkan cacat, sehingga hasil uji tegangan tariknya terus naik pada setiap persen fraksi volume yang diuji [10].



Gambar 4 Struktur Mikro dari specimen (a) Hasil Tegangan Terendah 3 lapis dengan fraksi volume R : S = 60%:40% (b) Hasil Tegangan Terendah 3 lapis dengan fraksi volume R : S = 80% : 20%

Uji mikro dilakukan melihat struktur antara serat dengan matrik. Sampel yang digunakan untuk uji mikro adalah spesimen atau sempel dengan kekuatan tertinggi dan terendah dari spesimen uji tarik pada tegangan, regangan, dan modulus elastisitas. Untuk pada hasil tegangan uji tarik nilai tertinggi 3 lapis 80%20% sebesar 34,18Mpa

Pada hasil mikro terlihat bahwa spesimen uji dengan nilai tertinggi memiliki jumlah serat lebih sedikit, dimana komposit lebih banyak didominasi oleh matrik, sedangkan spesimen uji dengan nilai terrendah memiliki jumlah serat lebih banyak yang menyebar keseluruh bagian komposit. Dari hasil foto mikro spesimen uji nilai terendah distribusi resin pada komposit kurang merata, jarak antara serat dan serat lainnya didalam komposit tidak sama serta terlihat masih ada rongga yang terbentuk antara serat dengan matrik. Semakin kecil rongga (void) yang terbentuk maka menunjukkan semakin baik ikatan yang terjadi antara serat dengan matrik yang terjadi pada hasil tertinggi pada 3 lapis 80%20% distribusi hasil uji tariknya merata [2].

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa variasi fraksi volume resin-serat dan jumlah lapisan berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit serat karbon-epoksi. Pada spesimen 3 lapis, fraksi volume resin : serat sebesar 80% : 20% menghasilkan nilai tegangan tarik tertinggi dibandingkan variasi lainnya, yang menunjukkan bahwa dominasi matriks resin mampu meningkatkan ikatan antar serat dan mendistribusikan beban tarik secara lebih merata. Sebaliknya, peningkatan fraksi serat hingga 40% cenderung menurunkan kekuatan tarik akibat terbentuknya void dan kurang optimalnya proses impregnasi resin.

Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa spesimen dengan kekuatan tarik tinggi memiliki distribusi resin yang lebih homogen serta ikatan serat-matriks yang baik, sedangkan spesimen dengan kekuatan tarik rendah menunjukkan adanya rongga dan ketidakteraturan jarak antar serat. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kualitas impregnasi resin dan keseimbangan fraksi volume material penyusun memegang peranan penting dalam menentukan performa mekanik komposit serat karbon-epoksi.

REFERENSI

- [1] Ali, Y. S., Sujana, I., & Ivanto, M. (2024). Optimasi Metode Vacuum Infusion Pada Pembuatan Biokomposit Berpenguat Serat Acak Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Metode Taguchi. *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN)*, 5(1), 44–52.
- [2] Dedhe Jumriladin Putra Susila. 2021. Pengaruh Serat Karbon Terhadap Sifat Mekanik dan Topografi pada Komposit Bermatriks Polyester BQTN 157. *Tugas Akhir*. Diploma IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur di Jurusan Teknik Mesin Polman Babel
- [3] Romdhani, I., Tinggi, D.-S., Transportasi, T., Yogyakarta, K., Setiawan, F., Wicaksono, D., Program, S., S1, T., Dirgantara, S. T., Teknologi, K., Yogyakarta, K., Bantul, P., Daerah, I., & Yogyakarta, I. (2024). JETBUS Journal of Education Transportation and Business Manufaktur Vacuum Resin Infusion Untuk Pembuatan Material Komposit. *JETBUS Journal of Education Transportation and Busuness*, 1(2), 304–324
- [4] Loppies, V. B., Satrijo, D., & Kurdi, O. (2022). Analisis Rangka Roadbike Dengan Material Komposit Karbon Dan Baja Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 10(2), 233–240.
- [5] Wulandari, F., Komang, I., Widi, A., & Febritisari, R. (2022). Analisa Sifat Mekanis Pada Material Serat Karbon Dan Resin Epoxy Dengan Variasi Laminasi. *Skripsi*. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.
- [6] Pramudia, M., Mubarok, K., & Murodah, N. (2025). Analisis Variasi Infill Pattern Terhadap Kekuatan Tarik Material Komposit Sandwich Berlapis Serat. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16(1), 431–440. <https://doi.org/10.21776/jrm.v16i1.2134>
- [7] Asmeati, Ali, M. Y., Purnama, I., & Paloboran, M. (2022). Analisis uji mekanik dan struktur makro dan mikro terhadap material komposit dengan arah acak serat ampas tebu. *Media Komunikasi Pendikan Teknologi Dan Kejuruan*, 91–102
- [8] Fakhruddin, M., Mashudi, I., Muzaki, M., Firmansyah, H. I., Pranoto, B., & Wicaksono, H. (2022). Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Sifat Mekanis Komposit Forged Fiberglass Metode Compression Mould. *Jurnal Energi Dan Teknologi Manufaktur (JETM)*, 5(2), 35–40. <https://doi.org/10.33795/jetm.v5i02.134>
- [9] Wibowo, A. S. (2023). Pengaruh Variasi Arah Serat dan Jumlah Layer terhadap Uji Tarik dan Impact Komposit Serat Karbon Fiber. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 9(1), 55–63. <https://ejournal.example.com/jtmi/wibowo2023>
- [10] Zulmiardi, Meritna, A. (2019). Pengaruh fraksi volume terhadap kekuatan tarik komposit polyester BQTN type 157-Ex yang diperkuat serat abaka. *Seminar Nasional Teknik Industri*, 4(1)

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN