

STUDI KEKUATAN TARIK KOMPOSIT SERAT JERAMI PADI YANG DIBUAT DENGAN METODE *VACUUM BAGGING***¹Fadhliansyah Ramadhan Saputra, ²Hery Setiawan, ^{3,*}Setyamartana Parman, ⁴Irfan Abdulhafizh Karnaen**¹⁾*Jurusan Teknik Dirgantara*Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan
21021568@students.sttkd.ac.id²⁾*Prodi Magister Teknik Dirgantara*Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan
hery.setiawan@sttkd.ac.id^{3,*)}*Prodi Magister Teknik Dirgantara*Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan
setyamartana.parman@sttkd.ac.id⁴⁾*Jurusan Teknik Dirgantara*Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan
irfan.abdulhafizk@gmail.com**Article history:**

Received July 31, 2025

Revised December 20, 2025

Accepted December 28, 2025

Abstract

This study aimed to determine the effect of rice straw fiber orientation on the tensile strength of composite materials produced using the vacuum packaging method. Composites were prepared using rice straw fibers arranged in two orientations: parallel and random, with epoxy resin as the matrix. The specimens were fabricated according to the ASTM D638 Type 1 standard and tested using a tensile testing machine. The results showed that fiber orientation significantly affected tensile strength. The parallel-fiber specimens achieved an average tensile strength of 22.54 MPa, significantly higher than the random-fiber specimens, which only achieved 1.68 MPa. The difference in tensile strength between the two orientations was 20.86 MPa.

Keywords: composite, rice straw fiber, vacuum bagging, tensile strength, fiber orientation**Pendahuluan**

Permintaan terhadap material komposit ramah lingkungan semakin meningkat seiring dengan keterbatasan sumber daya logam dan plastik serta kesadaran akan pentingnya keberlanjutan. Salah satu material alternatif yang potensial adalah serat alam, terutama serat jerami padi, yang merupakan limbah pertanian melimpah dan memiliki karakteristik mekanis yang layak digunakan sebagai bahan penguat komposit [1]. Dalam industri kedirgantaraan ringan seperti drone dan pesawat aeromodeling, material dengan kekuatan tarik tinggi dan massa jenis rendah sangat dibutuhkan agar struktur dapat ringan namun tetap kuat. Komposit berbasis serat alam memenuhi kriteria tersebut karena bersifat ringan, terbarukan, mudah terurai, serta memiliki biaya produksi yang relatif rendah dibandingkan serat sintesis [2]. Metode vacuum bagging merupakan salah satu teknik fabrikasi komposit yang digunakan untuk menghasilkan laminasi yang lebih homogen. Teknik ini memanfaatkan tekanan atmosfer luar untuk memampatkan lapisan komposit yang tertutup dalam plastik kedap udara, sehingga mampu meminimalisir porositas akibat gelembung udara dan distribusi resin yang tidak merata [3][4]. Keunggulan ini membuat vacuum bagging menjadi metode yang sesuai untuk produksi komposit berkualitas tinggi dalam skala laboratorium maupun industri kecil. Selain teknik fabrikasi, orientasi serat juga menjadi faktor penentu dalam peningkatan sifat mekanik komposit. Susunan serat yang sejajar terhadap arah beban tarik diketahui memberikan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan penyusunan acak, karena mampu menyalurkan gaya secara merata sepanjang panjang serat [5][6].

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh orientasi serat jerami padi terhadap kekuatan tarik material komposit yang diproduksi menggunakan metode pengemasan vakum. Komposit disiapkan menggunakan serat jerami padi yang disusun dalam dua orientasi: paralel dan acak, dengan resin epoksi sebagai matriks. Spesimen dibuat sesuai dengan standar ASTM D638 Tipe 1 dan diuji menggunakan mesin uji tarik. Hasil menunjukkan bahwa orientasi serat secara signifikan mempengaruhi kekuatan tarik. Spesimen serat paralel mencapai kekuatan tarik rata-rata 22,54 MPa, jauh lebih tinggi daripada spesimen serat acak yang hanya mencapai 1,68 MPa. Perbedaan kekuatan tarik antara kedua orientasi tersebut adalah 20,86 MPa.

Dalam penelitian ini, serat jerami padi dibuat menjadi material komposit menggunakan metode

pengemasan vakum. Beberapa spesimen disiapkan dengan orientasi serat yang berbeda. Satu adalah orientasi serat paralel, yang lain adalah orientasi serat acak. Untuk kedua orientasi tersebut, matriks yang digunakan adalah resin epoksi. Spesimen kemudian diuji tarik menggunakan standar ASTM D638 Tipe 1. Hasil menunjukkan bahwa komposit serat jerami padi berorientasi paralel memiliki kekuatan tarik 13 kali lebih besar daripada komposit berorientasi acak.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen laboratorium dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh orientasi serat jerami padi terhadap kekuatan tarik komposit. Komposit dibuat menggunakan metode vacuum bagging dan diuji pada mesin uji tarik dengan menggunakan standar ASTM D638 Type 1.

Tempat dan waktu penelitian. Penelitian dilaksanakan di laboratorium Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan (STTKD) Yogyakarta untuk pembuatan spesimen, dan di Laboratorium PUPT Politeknik ATMI Surakarta untuk pengujian tarik. Waktu pelaksanaan penelitian berlangsung selama ± 7 bulan, mulai dari Desember 2024 hingga Juni 2025.

Bahan dan alat. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- Serat jerami padi. Serat jerami yang dipersiapkan ada dua jenis, yaitu serat yang dipotong-potong sepanjang 1 cm dan serat yang memanjang utuh tanpa. Serat yang panjangnya 1 cm digunakan untuk membuat jenis spesimen dengan orientasi arah serat acak. Serat yang memanjang utuh digunakan untuk membuat spesimen dengan orientasi serat sejajar. Karena keperluan uji tarik dengan standar ASTM D638 Type 1 yang spesimennya harus sepanjang 17,5 cm maka batang jerami padi untuk membuat jenis komposit dengan serat sejajar yang diperlukan juga sepanjang 17,5 cm.
- Epoxy resin* dan *hardener*. Sebagai matriks, resin epoksi dan hardener diracik dengan perbandingan berat 2:1.
- Plastik bagging*, *peel ply*, *double tape*, dan *mirror glass* sebagai media cetakan.

Adapun alat-alat yang digunakan meliputi:

- Mesin *vacuum bagging*,
- Mesin uji tarik (*tensile test machine*),
- Timbangan digital, gunting, jangka sorong, serta alat pemotong dan pengukur dimensi spesimen.

Prosedur penelitian. *Pembuatan spesimen komposit* – Spesimen dibuat berdasarkan fraksi volume 20% serat dan 80% resin epoxy. Tiga jenis spesimen dibuat dalam penelitian ini:

- Tanpa serat. Spesimen dibuat tanpa serat, artinya hanya terdiri dari matriks. Rasio perbandingan berat resin epoksi dan hardener yang digunakan adalah 2:1.
- Spesimen dengan arah serat sejajar. Serat disusun memanjang sejajar terhadap arah gaya tarik.
- Spesimen dengan arah serat acak. Serat yang sudah dipotong-potong kecil sepanjang ± 1 cm disebar secara acak pada saat pembuatan komposit.

Selanjutnya, campuran serat dan resin dimasukkan ke dalam cetakan dan dilakukan proses vacuum bagging selama ± 15 menit, lalu didiamkan selama 24 jam untuk proses pengerasan. Untuk tiap jenis spesimen dibuat 3 pelat spesimen.

Pengujian tarik. Setelah spesimen mengeras, dilakukan pemotongan sesuai dimensi standar ASTM D638 Type 1. Pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin *universal testing machine* (UTM), di mana masing-masing variasi memiliki 5 spesimen. Data yang diukur meliputi gaya maksimum (F), panjang awal dan akhir spesimen (untuk menghitung regangan), dan luas penampang (untuk menghitung tegangan mekanis dan modulus Young).

Analisis data. Perhitungan dilakukan untuk memperoleh tegangan mekanis σ , regangan ε , dan modulus Young E :

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2)$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

di mana F adalah gaya tarik, A adalah luas penampang spesimen uji, ΔL adalah pertambahan panjang, dan L_0 adalah panjang awal.

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian

Pengujian tarik dilakukan terhadap tiga variasi spesimen: tanpa serat (atau matriks saja), dengan serat jerami acak, dan dengan serat jerami sejajar. Seluruh spesimen dibuat menggunakan metode vacuum bagging dan diuji sesuai standar ASTM D638 Type 1.

Hasil uji tarik. Tabel 1 menunjukkan hasil uji tarik pada tiga jenis spesimen yang dibuat, yang tiap jenisnya berjumlah lima spesimen uji untuk komposit berserat dan tiga spesimen uji untuk komposit tanpa serat. Spesimen tanpa serat –artinya hanya matriks yang digunakan dalam komposit– menunjukkan rata-rata kekuatan tarik tertinggi, yaitu sebesar 43,3 MPa, karena resin menyebar secara homogen tanpa hambatan serat. Spesimen dengan serat sejajar mencatat rata-rata kekuatan tarik 22,54 MPa, sementara spesimen dengan serat acak hanya mencapai 1,68 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa orientasi serat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan mekanik komposit.

Tabel 1. Hasil uji tarik.

| Spesimen | Kekuatan tarik maksimum (MPa) | Rata-rata kekuatan tarik (MPa) |
|---------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Tanpa Serat | 44,8 | 43,3 |
| Serat Sejajar | 25,3 | 22,54 |
| Serat Acak | 2,69 | 1,68 |

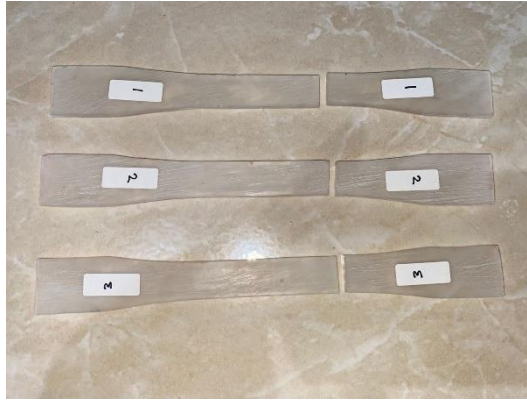
Porositas dan densitas. Pengukuran porositas menunjukkan bahwa spesimen dengan serat acak memiliki porositas positif (0,76–2,38%), menunjukkan adanya rongga akibat distribusi resin yang tidak merata. Sementara itu, spesimen sejajar dan tanpa serat menunjukkan nilai porositas negatif, mengindikasikan adanya kelebihan resin atau distribusi massa yang tidak sesuai asumsi teoritis.

Tabel 2. Porositas dan densitas.

| Variasi spesimen | Rata-rata massa jenis (g/cm^3) | porositas (%) |
|------------------|---|---------------|
| Tanpa Serat | 1,42 | -21,72 |
| Serat Sejajar | 1,21 | -15,33 |
| Serat Acak | 1,04 | 0,76 |

Analisis kegagalan. Gambar 1 memperlihatkan kondisi spesimen tanpa serat setelah patah pada pengujian tarik. Kondisi spesimen dengan arah serat sejajar dan acak setelah uji tarik dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3. Spesimen sejajar umumnya patah di area gage length, menunjukkan performa yang baik dalam distribusi tegangan. Sebaliknya, beberapa spesimen acak patah di luar area gage length, mengindikasikan penyebaran tegangan yang tidak merata akibat orientasi acak serat dan void dalam material.

Orientasi serat memberikan perbedaan signifikan terhadap kekuatan tarik. Serat sejajar mampu menahan beban secara longitudinal, mendistribusikan gaya lebih merata dan meningkatkan kekuatan tarik. Sebaliknya, serat acak memiliki banyak ruang kosong antar serat yang menyebabkan resin tidak terdistribusi dengan baik dan memicu kerusakan prematur.



Gambar 1. Kondisi spesimen tanpa serat setelah pengujian.



Gambar 2. Kondisi spesimen dengan arah serat acak setelah pengujian.



Gambar 3. Kondisi spesimen dengan serat sejajar setelah pengujian.

Pembahasan.

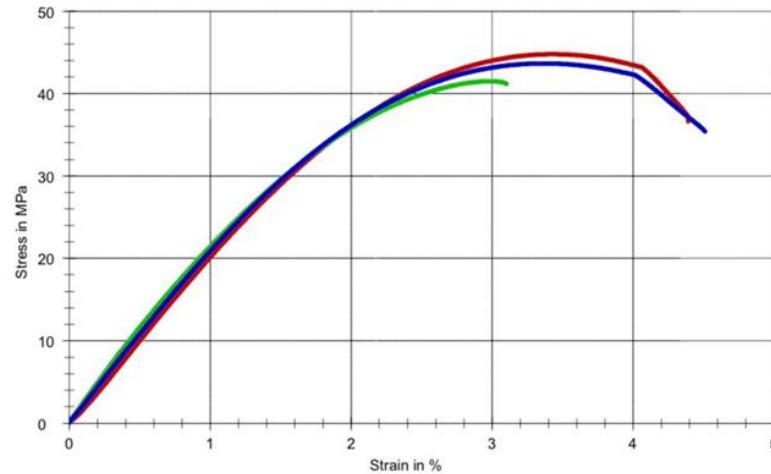
Gambar 4 memperlihatkan diagram tegangan-regangan (*stress-strain*, σ - ϵ) untuk matriks komposit – yakni spesimen yang dibuat dari resin epoksi dan *hardener* saja dan tanpa serat jerami–. Dari tiga spesimen tanpa serat yang diuji rata-rata kekuatannya sebesar 43,3 MPa. Hal ini disebabkan oleh

tidak adanya rongga yang terbentuk akibat keberadaan serat, sehingga resin dapat mengeras secara merata. Resin murni memiliki struktur padat dan homogen, yang berkontribusi terhadap tingginya kekuatan tarik material. Hasil kekuatan tarik rata-rata ini berada pada kisaran 38,82–44,68 MPa sebagaimana hasil penelitian Li et al [7].

Test results:

| Legend | No. | Kode | Force N | E_t MPa | σ_M MPa | ϵ_M % | σ_B MPa | ϵ_B % | h mm | b mm |
|--------|-----|------------|------------|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------|---------|
| Red | 1 | Spesimen-1 | 1816,22 | 1370 | 44,8 | 3,4 | 36,6 | 4,4 | 3,22 | 12,6 |
| Green | 2 | Spesimen-2 | 1826,61 | 2330 | 41,5 | 3,0 | 41,5 | 3,0 | 3,34 | 13,18 |
| Blue | 3 | Spesimen-3 | 1861,05 | 1930 | 43,6 | 3,4 | 35,4 | 4,5 | 3,24 | 13,16 |

Series graph:



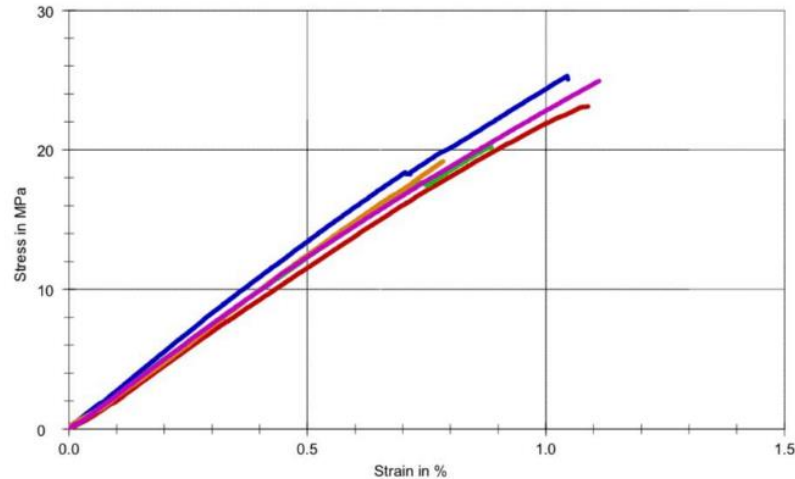
Gambar 4. Diagram *stress– strain* (σ – ϵ) untuk matriks (resin epoksi + *hardener*).

Hasil uji tarik untuk tiga spesimen dari jenis komposit jerami padi serat sejajar diperlihatkan pada diagram σ – ϵ dalam Gambar 5. Rata-rata kekuatannya 22,54 Mpa. Nilai ini hanya sekitar separoh dari kekuatan matriks yang digunakan. Penyusunan sejajar memungkinkan resin mengisi celah antar serat dengan lebih merata, sehingga mengurangi *void* dan meningkatkan daya ikat antara serat dan matriks. Rata-rata regangan saat patah adalah $\epsilon = 0,972\% \approx 0,0097$. Dengan demikian jenis komposit ini memiliki modulus Young $E = 2,32$ Gpa.

Test results:

| Legend | No. | Kode | Force N | E_t MPa | σ_M MPa | ε_M % | σ_B MPa | ε_B % | h mm | b mm |
|---------------------------------------|-----|------------|------------|--------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|---------|---------|
| ■ | 1 | Vertikal-1 | 953,60 | 1820 | 23,1 | 1,1 | 23,1 | 1,1 | 3,2 | 12,9 |
| ■ | 2 | Vertikal-2 | 820,09 | 2550 | 20,2 | 0,88 | 20,2 | 0,88 | 3,16 | 12,82 |
| ■ | 3 | Vertikal-3 | 998,46 | 2770 | 25,3 | 1,0 | 25,3 | 1,0 | 3,06 | 12,9 |
| ■ | 4 | Vertikal-4 | 788,48 | 1910 | 19,2 | 0,78 | 19,2 | 0,78 | 3,2 | 12,86 |
| ■ | 5 | Vertikal-5 | 1041,69 | 2120 | 24,9 | 1,1 | 24,9 | 1,1 | 3,22 | 12,98 |

Series graph:



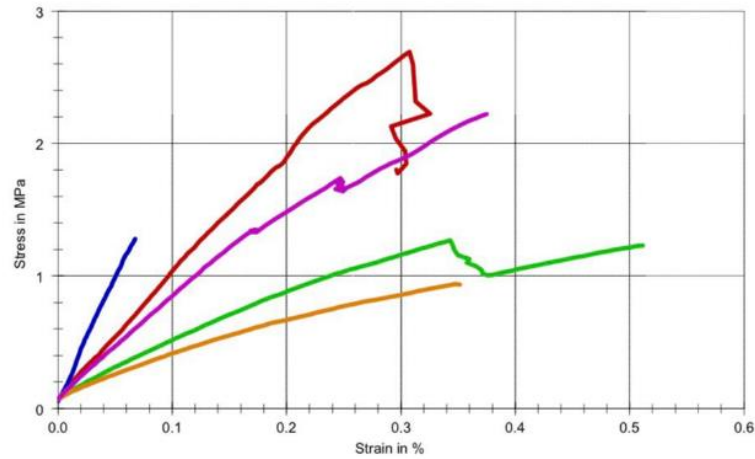
Gambar 5. Diagram stress-strain (σ - ε) komposit jerami padi serat sejajar

Untuk komposit jerami padi dengan orientasi serat acak, hasil uji tarik diplotkan pada diagram tegangan-regangan yang diperlihatkan oleh Gambar 6. Dari enam spesimen, nilai kekuatan tarik rata-rata yang dihasilkan dalam pengujian adalah sebesar 1,68 MPa. Nilai ini jauh di bawah kekuatan tarik komposit serat sejajar maupun bahan matriks komposit yang digunakan. Rendahnya kekuatan tarik pada jenis komposit ini disebabkan oleh terlalu besarnya ukuran potongan jerami yang digunakan relatif terhadap ukuran spesimen sehingga sebaran serat tidak merata dan sulitnya resin masuk ke sela-sela serat jerami. Akibatnya terjadi banyak rongga (*void*) yang menyebabkan ikatan antar matriks-serat tidak homogen. Beberapa spesimen juga mengalami patahan di luar area *gage length*, menandakan adanya konsentrasi tegangan akibat ketidakteraturan struktur dalam komposit yang dibuat. Hasil ini menunjukkan bahwa orientasi serat sangat mempengaruhi efisiensi transfer beban dalam material komposit. Dengan tidak memperhitungkan spesimen yang ketiga –yang menunjukkan anomali dalam regangan dibandingkan keempat spesimen lainnya– rata-rata regangan saat patah adalah $\varepsilon = 0,343\% \approx 0,0034$. Dengan demikian jenis komposit ini memiliki modulus Young $E = 0,494$ Gpa.

Test results:

| Legend | No. | Kode | Force N | E _t MPa | σ _M MPa | ε _M % | σ _B MPa | ε _B % | h mm | b mm |
|--------|-----|--------|------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|---------|---------|
| | 1 | Acak-1 | 110,43 | 896 | 2,69 | 0,31 | 2,69 | 0,31 | 3,18 | 12,9 |
| | 2 | Acak-2 | 52,00 | 468 | 1,27 | 0,34 | 1,27 | 0,34 | 3,18 | 12,9 |
| | 3 | Acak-3 | 52,84 | 1910 | 1,28 | 0,068 | 1,28 | 0,068 | 3,2 | 12,92 |
| | 4 | Acak-4 | 38,82 | 347 | 0,939 | 0,35 | 0,939 | 0,35 | 3,2 | 12,92 |
| | 5 | Acak-5 | 91,77 | 776 | 2,22 | 0,37 | 2,22 | 0,37 | 3,2 | 12,92 |

Series graph:



Gambar 6. Diagram σ - ε hasil uji tarik komposit jerami padi dengan variasi serat acak.

Perbandingan kekuatan tarik rata-rata dari ketiga jenis spesimen dapat dilihat pada Gambar 7. menunjukkan perbandingan performa mekanik dari tiga variasi spesimen: tanpa serat, serat sejajar, dan serat acak. Serat jerami padi mempunyai kekuatan tarik yang lebih rendah daripada matriksnya. Karena itu hasil kompositnya akan mempunyai kekuatan tarik di bawah kekuatan matriksnya. Kekuatan tarik rata-rata matriks, komposit serat sejajar, dan komposit serat acak berturut-turut adalah 43,3 MPa, 22,54 MPa, dan 1,68 MPa. Karena itu komposit serat jerami padi tidak dapat digunakan sebagai bahan struktur yang menanggung beban yang sangat tinggi. Misalnya untuk membuat drum penyimpanan, kolam ikan, dan tangki penyimpanan air.

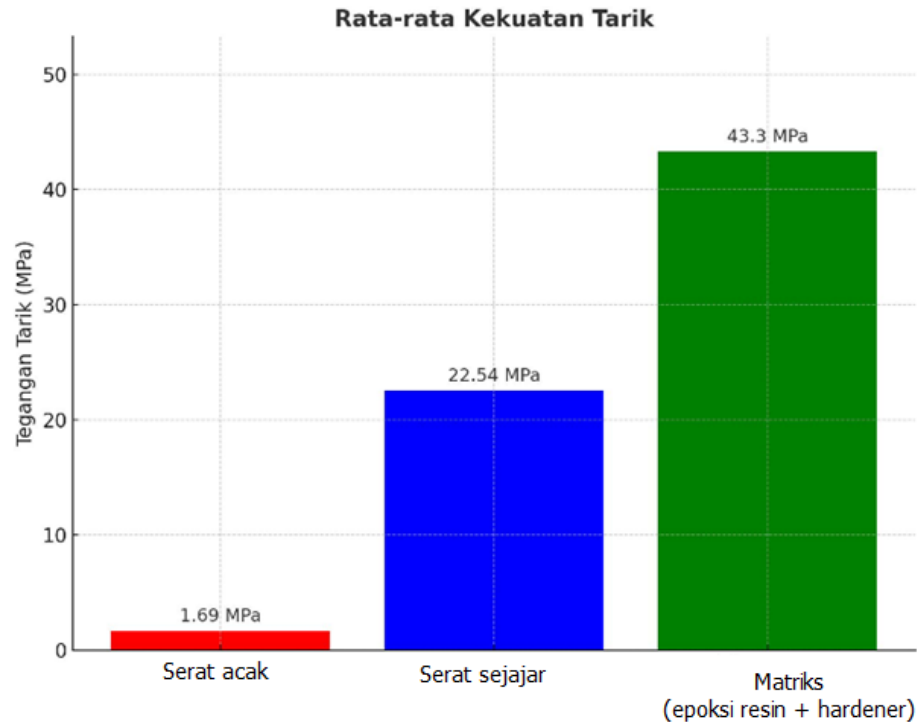
Sebagai gambaran, komposit jerami padi ini untuk drum penyimpan air. Dengan ketinggian air 1,20 m, maka tekanan terbesar pada dinding tangki adalah pada dinding dasarnya yakni sebesar $p = \rho gh = (1000 \text{ kg/m}^3)(9,81 \text{ m/s}^2)(1,2 \text{ m}) = 11.772 \text{ Pa} \approx 0,0118 \text{ Mpa}$ (*gauge*). Jika diasumsikan diameter drum $\pm 0,6 \text{ m}$ maka tegangan utama pada dinding adalah tegangan lingkaran (*hoop stress*, σ_h) yang secara sederhana dapat ditulis

$$\sigma_h = \frac{pr}{t} \quad (4)$$

Dengan membalik persamaan ini dan menggunakan tegangan izin σ_{allow} menggantikan *hoop stress*, ketebalan minimum teoritis dinding adalah

$$t = \frac{pr}{\sigma_{allow}} \quad (5)$$

Seandainya drum direncanakan berumur pakai 10 tahun (beban statik jangka panjang), tegangan izin diambil konservatif sebesar 20% dari kekuatan tarik material untuk mengakomodasi *creep*, variasi manufaktur, dan faktor keamanan.



Gambar 5. Grafik rata-rata kekuatan tarik.

Untuk komposit dengan kekuatan tarik 22,54 MPa, tegangan izin jangka panjangnya sekitar $\sigma_{allow} = 20\% \sigma_{ultimate} = 0,2 \times 22,54 = 4,5$ MPa. Substitusi ke persamaan (5) memberikan ketebalan teoritis $t = 0,0118 \times 0,3 / 4,5 \approx 0,0008$ m = 0,8 mm. Nilai ini secara kekuatan sebenarnya sudah cukup, namun belum cukup kaku untuk mencegah deformasi dan *creep* visual selama 10 tahun. Berdasarkan praktik desain drum plastik dan komposit, ketebalan praktis perlu dikalikan sekitar 4–6 kali untuk memenuhi kriteria kekakuan dan umur pakai. Dengan demikian, ketebalan yang direkomendasikan adalah 4–5 mm, yang menghasilkan tegangan kerja hanya sekitar 5–7% dari kekuatan tarik material.

Sementara, untuk komposit dengan kekuatan tarik hanya 1,69 MPa, tegangan izin jangka panjangnya menjadi sangat kecil, yaitu $\sigma_{allow} = 0,2 \times 1,69 \approx 0,3$ MPa. Perhitungan memberikan ketebalan teoritis $t = 0,0118 \times 0,3 / 0,3 \approx 0,0118$ m = 11,8 mm. Setelah dikoreksi untuk kebutuhan kekakuan dan *creep* (faktor 2–3), ketebalan praktisnya menjadi sekitar 25–35 mm. Ketebalan sebesar ini tidak efisien dan kurang layak secara engineering, sehingga material dengan kekuatan tarik serendah ini tidak direkomendasikan untuk drum air kecuali menggunakan desain tambahan seperti *sandwich panel stiffener*, atau hibrid dengan serat yang lebih kuat.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi orientasi serat sangat mempengaruhi kekuatan tarik komposit. Spesimen tanpa serat (matriks murni) memiliki kekuatan tarik tertinggi dengan rata-rata sebesar 43,3 MPa, diikuti oleh variasi serat sejajar sebesar 22,54 MPa, dan yang terendah adalah variasi serat acak sebesar 1,68 MPa. Orientasi sejajar memberikan peningkatan kekuatan tarik karena distribusi serat dan resin yang lebih merata serta minimnya *void*. Sebaliknya, penyusunan acak menyebabkan resin sulit menyebar secara optimal, menghasilkan banyak rongga dan ikatan yang lemah antara serat dan matriks. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penyusunan serat yang terarah dan merata sangat diperlukan untuk menghasilkan komposit serat jerami padi yang kuat dan efisien secara mekanik.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan (STTKD) Yogyakarta atas fasilitas laboratorium dan dukungan yang diberikan selama proses penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] I. P. G. Suartama, I. N. P. Nugraha, and K. R. Dantes, "Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Sifat Mekanis Komposit Matriks Polimer Polyester Diperkuat Serat Pelepah Gebang," *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 4, no. 1, 2020, doi: 10.23887/jtm.v4i1.8312.
- [2] A. Saidah, S. E. Susilowati, and Y. Nofendri, "Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Serat Jerami Padi Epoxy Dan Serat Jerami Padi Resin Yukalac 157," *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 5, no. 2, pp. 96–101, 2018, doi: 10.21009/jkem.5.2.7.
- [3] R. N. Ichsan, "Pengaruh Susunan Lamina Komposit Berpenguat Serat E-Glass Dan Serat Carbon Terhadap Kekuatan Tarik Dengan Matrik Polyester," *J. Tek. Mesin UNESA*, vol. 3, no. 3, pp. 32–39, 2015, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/11276>
- [4] M. Azissyukhron and S. Hidayat, "Perbandingan Kekuatan Material Hasil Metode Hand Lay-up dan Metode Vacuum Bag Pada Material Sandwich Composite," *J. Tek. Mesin, Politek. Negeri Bandung*, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2020.
- [5] F. Hazhari, "Pengaruh Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending Komposit Hybrid Dan Non-Hybrid Menggunakan Metode Vacuum Bagging," *Inject. Indones. J. Vocat. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 53–58, 2022, doi: 10.58466/injection.v2i2.531.
- [6] I. Munandar, S. Savetlana, and S. Sugiyanto, "Kekuatan Tarik Serat Ijuk (Arenga Pinnata Merr)," *J. Ilm. Tek. Mesin FEMA*, vol. 1, no. 3, p. 97942, 2013.
- [7] W. Li, W. Liu, W. Xu, Y. Ji, "Durability Investigation on CFRP Strengthened Cementitious Materials in Cold Region", in *Polymers*, Vol. 14, article 2190, 2022, doi: 10.3390/polym14112190