

## Pengaruh Jenis Resin Dan Orientasi Serat Daun Nanas Terhadap Kekuatan Tarik Bahan Komposit

**Muhammad Fahrurrozi**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: muhammad.21060@mhs.unesa.ac.id

**Hanna Zakiyya S.T., M.T.**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: hannazakiyya@unesa.ac.id

### Abstrak

Tantangan dalam pembuatan pesawat tanpa awak adalah merancang airframe dengan material yang ramah lingkungan dan memiliki kekuatan tinggi dengan bobot ringan untuk melindungi komponen internal serta mengatasi beban aerodinamis saat terbang. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh jenis resin dan orientasi serat terhadap kekuatan tarik material komposit. Penelitian ini menggunakan metode pendekatan eksperimen yang melibatkan penggunaan data kuantitatif. Penelitian ini dirancang untuk mengukur keterkaitan antara variabel bebas (jenis resin dan orientasi serat) dan variabel terikat (kekuatan tarik). Hasil penelitian ini menunjukkan resin epoksi dengan orientasi serat  $0^\circ$  menghasilkan nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi dibanding resin poliester yaitu sebesar 83,3 MPa. Sedangkan resin poliester dengan orientasi serat  $0^\circ$  menghasilkan nilai kekuatan tarik sebesar 78,7 MPa. Penggunaan serat alam daun nanas dengan jenis resin dan orientasi serat yang tepat dapat digunakan sebagai alternatif bahan pengganti serat sintesis untuk airframe UAV karena mempunyai bobot yang ringan dan kuat.

**Kata Kunci:** Serat daun nanas, komposit, kekuatan tarik

### Abstract

*The challenge in manufacturing unmanned aircraft is designing an airframe with environmentally friendly materials and having high strength with light weight to protect internal components and overcome aerodynamic loads during flight. The purpose of this study is to determine the effect of resin type and fiber orientation on the tensile strength of composite materials. This study uses an experimental approach method that involves the use of quantitative data. This study is designed to measure the relationship between the independent variables (resin type and fiber orientation) and the dependent variable (tensile strength). The results of this study show that epoxy resin with  $0^\circ$  fiber orientation produces a higher tensile strength value than polyester resin, namely 83.3 MPa. Meanwhile, polyester resin with  $0^\circ$  fiber orientation produces a tensile strength value of 78.7 MPa. The use of natural pineapple leaf fiber with the right type of resin and fiber orientation can be used as an alternative material to replace synthetic fibers for UAV airframes because it has a light weight and strength.*

**Keywords:** Pineapple leaf fiber, composite, tensile strength

### PENDAHULUAN

Teknologi UAV semakin banyak digunakan untuk kegiatan penelitian ilmiah baik di dalam negeri maupun di luar negeri. Balai Pengembangan Talenta Indonesia (BPTI) menyebutkan bahwa penggunaan terbesar teknologi UAV yaitu pada bidang pertahanan dan keamanan (hankam). Dilihat dari informasi *roadmap* penggunaan sistem nir-awak di kementerian pertahanan Amerika yang setidaknya di tahun 2020 mereka sudah merencanakan tidak kurang 20% pasukan mereka adalah sistem nir-awak (robot). Aplikasi lain teknologi UAV yaitu untuk pemantauan (*monitoring*) dan pemetaan (*mapping*). Pemantauan dan pemetaan secara real-time kawasan-kawasan kritis seperti daerah konflik penguasaan lahan, perbatasan antar negara, perkebunan dan sebagainya. Salah satu tantangan dalam pembuatan UAV adalah merancang airframe dengan material yang ramah lingkungan dan memiliki kekuatan tinggi dengan bobot minimal, terutama pada bagian badan (*fuselage*) dan sayap (*wings*), untuk melindungi komponen internal

serta mengatasi beban aerodinamis saat terbang. Oleh karena itu, penggunaan material komposit sangat populer digunakan dalam pembuatan UAV karena sifat mekaniknya yang kuat dan ringan.

Komposit polimer merupakan gabungan antara matriks polimer dan penguat (serat). Matriks polimer berfungsi mengikat serat dan mentransfer beban secara merata, sedangkan serat penguat berfungsi untuk meningkatkan sifat mekanis dari komposit, seperti kekuatan dan ketahanan material. Serat yang umum digunakan untuk bahan penguat yaitu carbon fiber, fiberglass dan aramid (Elfaham, mostafa, & Nasr, 2020). Serat-serat tersebut termasuk jenis serat sintesis yang tidak ramah lingkungan dan cenderung mahal. Alternatif yang dapat dicoba yaitu penggunaan serat alami sebagai bahan penguat pengganti serat sintesis. Serat daun nanas berpotensi tinggi sebagai bahan baku komposit yang dapat bersaing dengan serat alam lainnya. Hal ini disebabkan kekuatan tarik serat daun nanas yang tergolong tinggi dibandingkan serat alam lainnya yaitu sekitar 413 – 1627 MPa dan modulus elastisitas sekitar

34,5 – 82,5 Gpa (Ramamoorthy, Persson, & Skrifvars, 2015).

Produksi nanas di Indonesia terus mengalami peningkatan sejak beberapa tahun terakhir. Data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Produksi nanas pada tahun 2020 tercatat sebanyak 2,4 juta ton, tahun 2021 sebanyak 2,8 juta ton, dan pada tahun 2022 sebanyak 3,2 juta ton. Tumbuhan nanas menghasilkan limbah daun nanas yang cukup besar. Berdasarkan data Kementerian Pertanian RI, pada setiap 1 ton nanas segar menghasilkan 100 kg limbah daun nanas. Sudah ada beberapa pemanfaatan limbah daun nanas seperti untuk kerajinan tangan, pupuk, dan pakan ternak tetapi masih kurang optimal.

Sifat material komposit merupakan paduan dari sifat-sifat penyusunnya yaitu matriks dan penguat. Sifat mekanik material komposit dengan penguat serat daun nanas dapat dioptimalkan dengan pengaturan parameter produksi yang tepat. Parameter produksi yang dapat diatur yaitu jenis resin dan orientasi arah serat. Jenis resin yang digunakan dalam pembuatan komposit mempengaruhi kekuatan tarik dan ketahanan mekanik material. Orientasi serat yang tepat dapat meningkatkan efisiensi penggunaan bahan, sehingga meningkatkan performa struktural komposit. Pemilihan orientasi serat untuk material komposit harus memperhatikan arah pembebanan dan kekuatan pembebanan yang akan diberikan untuk mengoptimalkan penggunaan serat penguat.

Perkembangan teknologi UAV yang semakin pesat menuntut manusia untuk berinovasi khususnya pada material pembentuk airframe UAV itu sendiri. Airframe UAV harus mencakup beberapa hal penting seperti material yang kuat, ringan dan ramah lingkungan. Penggunaan serat alami sebagai bahan penguat komposit harus terus dikembangkan. Serat daun nanas merupakan salah satu serat potensial sebagai pengganti serat sintetis. Daun nanas apabila mendapat perlakuan yang tepat maka akan menghasilkan serat daun nanas yang kuat. Kombinasi antara serat penguat, orientasi serat dan matriks yang tepat akan menghasilkan material komposit dengan kekuatan mekanis yang baik. Potensi daun nanas sebagai *reinforcement* pada material komposit yang diaplikasikan langsung pada *fuselage* membutuhkan penelitian lanjutan untuk menghasilkan material dengan performa yang baik.

## METODE

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen, yang merupakan metode untuk mencari pengaruh dari perlakuan tertentu dengan melibatkan penggunaan data kuantitatif. Penelitian ini dirancang untuk mengukur keterkaitan antara variabel bebas dan variabel terikat yaitu mengetahui pengaruh jenis resin dan orientasi serat terhadap nilai kekuatan tarik dari material komposit. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengatur variabel bebas secara sistematis untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel terikat.

## Waktu dan Tempat Penelitian

### • Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari – Maret 2025

### • Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Robotika Gedung A9 Fakultas Teknik Universitas negeri Surabaya. Pengujian spesimen bahan komposit yaitu uji kekuatan Tarik dan uji ketangguhan patah dilakukan di Laboratorium Perlakuan dan Pengujian Bahan Politeknik Negeri Malang.

## Variabel Penelitian

### • Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini yaitu jenis resin (epoksi dan poliester) dan orientasi serat (*Continuous fiber composite* (serat kontinue), *Woven fiber composite* (serat anyaman), dan *Chopped fiber composite* (serat pendek/acak). Untuk serat kontinu menggunakan arah serat 45° dan 0°

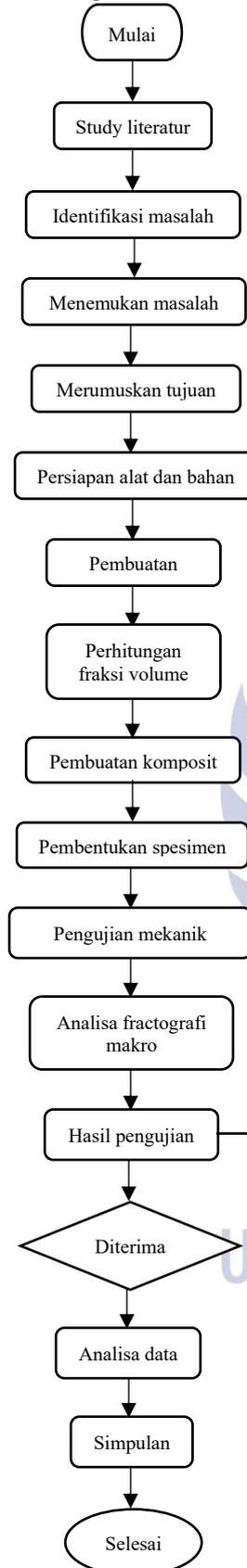
### • Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini yaitu hasil uji kekuatan tarik

### • Variabel Kontrol

- Variabel kontrol pada penelitian ini yaitu:
- Matriks yang digunakan yaitu polyester Yukalac 157 BQTN yang dicampur katalis *Methyl Ethyl Ketone Peroxide* (MEPOXE) dan epoksi enjeka.
  - Serat alam yang digunakan yaitu serat daun nanas
  - Serat diekstrak menggunakan mesin dekortikator
  - Perendaman NaOH 15% selama 2 Jam
  - Metode pembuatan dengan metode *Hand Lay Up*
  - Fraksi volume serat 50%
  - Perbandingan matriks dan katalis untuk resin poliester yaitu 1,5% katalis, untuk resin epoksi perbandingan matriks dan hardener yaitu 3 : 1
  - Potongan spesimen sesuai dengan standar ASTM D3039

**Rancangan Penelitian**

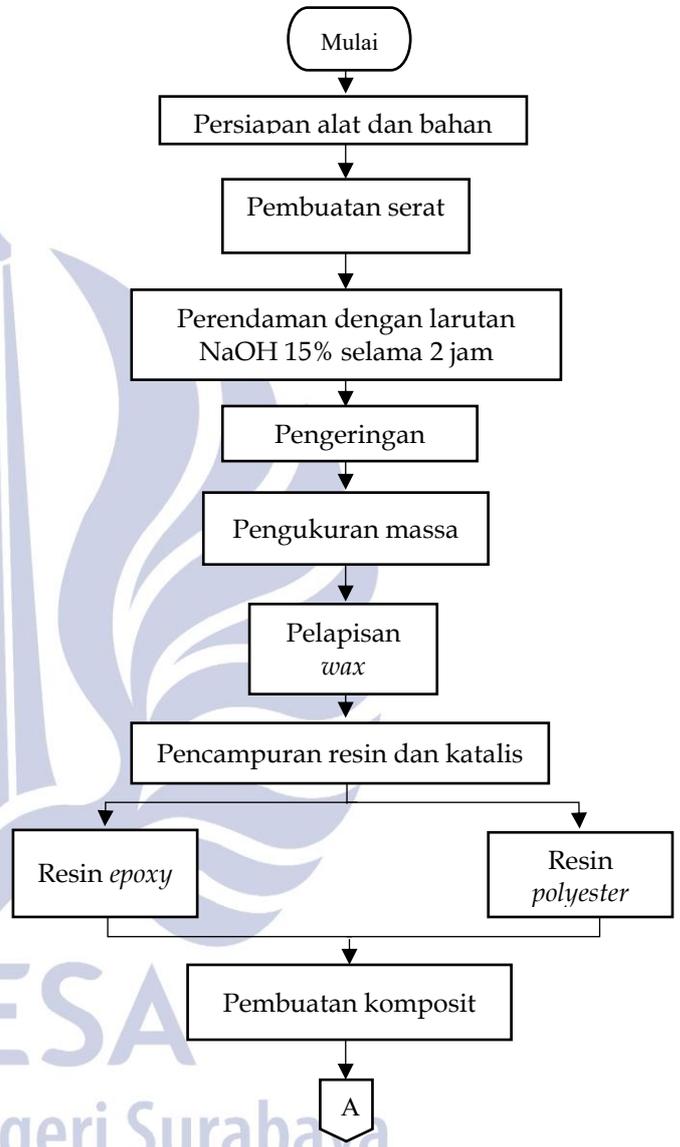


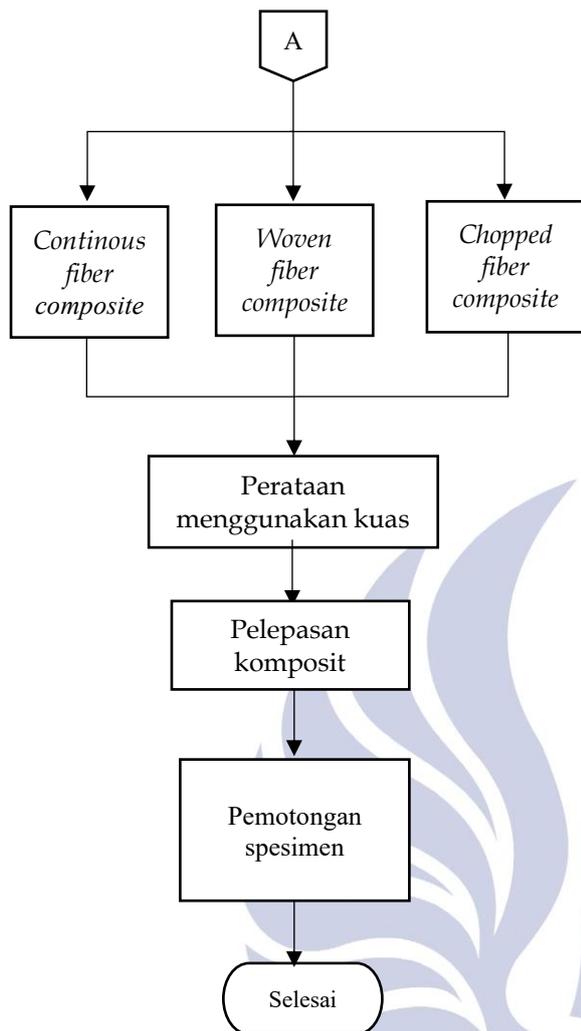
**Gambar 1.** Diagram alir penelitian



**Gambar 2.** Dimensi Spesimen uji tarik ASTM D3039

**Prosedur Pembuatan Spesimen**





Gambar 3. Prosedur pembuatan spesimen

Tahapan pembuatan komposit sebagai berikut:

- 1) Mempersiapkan alat, bahan, dan cetakan komposit
- 2) Serat dan matriks ditimbang sesuai fraksi volume dengan perbandingan matriks 50% : serat 50%
- 3) Permukaan bagian dalam cetakan diolesi dengan wax
- 4) Resin dan katalis yang sudah ditimbang sesuai perbandingan dicampur dalam gelas plastik. Untuk resin epoksi perbandingan resin dan hardener adalah 3 : 1, sedangkan untuk resin polyester perbandingan resin dan katalis yaitu 100 : 1,5. Aduk resin dan katalis hingga tercampur sempurna
- 5) Proses pencetakan komposit menggunakan metode *hand layup*. Serat yang sudah ditimbang sesuai fraksi volume disusun pada cetakan dengan orientasi serat *continuous fiber composite* (serat kontinue), *woven fiber composite* (serat anyaman), dan *chopped fiber composite* (serat pendek/acak) dengan jumlah lapisan serat *single layer* sudut 0° dan 45°. Matriks dituang dalam cetakan dan diratakan menggunakan kuas hingga meresap ke dalam serat. Pastikan orientasi serat tidak berubah dan inialisir adanya gelembung udara dalam cetakan
- 6) Diamkan hasil cetakan hingga mengering sempurna. Lepaskan cetakan ketika komposit sudah mengering
- 7) Pembentukan spesimen sesuai standar ASTM yang

digunakan.

### Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin Universal Testing Machine (UTM). Hasil pengujian ini berupa data kekuatan tarik setiap spesimen dalam satuan Kgf, untuk selanjutnya data tersebut diolah ke dalam bentuk satuan SI. Nilai uji Tarik dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

Keterangan:

$\sigma$  = Nilai tegangan tarik (Mpa)

P = Beban maksimal (N)

$A_0$  = Luas penampang spesimen ( $mm^2$ )

Perhitungan teoritis juga digunakan sebagai perbandingan untuk hasil pengujian. Perhitungan teoritis tegangan rata-rata untuk bahan komposit dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_c = \sigma_m V_m + \sigma_f V_f$$

Keterangan

$\sigma_c$  = tegangan rata-rata komposit

$\sigma_m$  = tegangan matriks

$\sigma_f$  = tegangan serat

$V_m$  = volume matriks

$V_f$  = volume serat

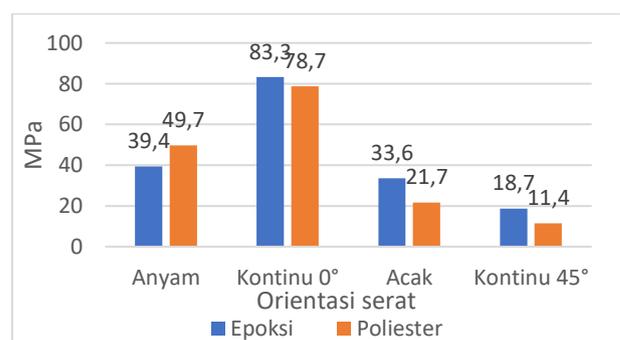
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Uji Tarik

Tabel 1. Hasil uji tarik

Jenis Resin	Orientasi serat	Kekuatan tarik (MPa)
Poliester	Serat Kontinu 45°	11,4
	Serat Kontinu 0°	78,7
	Serat Anyaman	49,7
	Serat Acak	21,7
Epoksi	Serat Kontinu 45°	18,7
	Serat Kontinu 0°	83,3
	Serat Anyaman	39,4
	Serat Acak	33,6

Berdasarkan tabel tersebut, data ditampilkan dalam bentuk diagram untuk lebih jelasnya sebagai berikut:



Gambar 4. Diagram hasil pengujian tarik

Dari hasil pengujian tarik dari spesimen diperoleh data tersebut. Spesimen dengan nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu spesimen dengan resin epoksi dan orientasi serat kontinu 0° yang mencapai angka 83,3 MPa. Sedangkan spesimen dengan nilai terkecil yaitu spesimen dengan resin poliester dan orientasi serat kontinu 45° dengan kekuatan 11,4 MPa.

Kekuatan material komposit sangat dipengaruhi oleh orientasi serat penguatnya. Hal ini terjadi karena arah serat yang searah dengan pembebanan akan memaksimalkan fungsi serat pada material komposit yaitu sebagai penguat. Beban yang diberikan kepada spesimen tersebut akan ditanggung oleh serat penguat dan disebar secara merata ke seluruh permukaan oleh resin yang mengikatnya.

Pada orientasi serat anyam terdapat serat yang searah dengan pembebanan dan ada serat yang arahnya 90° dengan arah pembebanan. Dengan kata lain serat penguat dengan orientasi seperti ini memiliki perbedaan yang signifikan dalam hal menahan gaya yang diberikan. Serat yang searah dengan pembebanan akan menahan secara maksimal gaya yang diberikan, sedangkan serat yang arahnya 90° dengan pembebanan hanya menahan beban dengan mengandalkan kekuatan dari matriksnya.

Pada orientasi serat acak arah serat tidak dapat diidentifikasi. Gaya yang diterima serat dapat tersalurkan dengan merata karena pada orientasi ini kekuatan spesimen lebih seimbang dari berbagai arah pembebanan. Tetapi kekuatan untuk menahan beban dari satu arah tertentu akan berkurang.

Orientasi serat 45° memiliki kekuatan tarik paling rendah dibanding orientasi serat lain. Orientasi 45° dapat menjadi sudut kritis (titik terlemah) pada material komposit. Hal ini menyebabkan kekuatan tarik spesimen dengan orientasi kontinu 45° kecil. Spesimen sering kali patah mengikuti arah seratnya.

### Hasil Perhitungan Teoritis

Perhitungan teoritis tegangan rata-rata bahan komposit:

$$\sigma_c = \sigma_m V_m + \sigma_f V_f$$

$$\sigma_c = 60 (0,5) + 413 (0,5)$$

$$\sigma_c = 30 + 206,5$$

$$\sigma_c = 236,5 \text{ MPa (resin epoksi)}$$

$$\sigma_c = \sigma_m V_m + \sigma_f V_f$$

$$\sigma_c = 40 (0,5) + 413 (0,5)$$

$$\sigma_c = 20 + 206,5$$

$$\sigma_c = 226,5 \text{ MPa (resin poliester)}$$

Hasil pengujian dapat lebih rendah dari nilai kekuatan teoritis karena beberapa faktor seperti void pada spesimen. Munculnya gelembung saat proses

pengeringan yang disebabkan karena terjadi reaksi kimia di dalamnya seperti reaksi polimerisasi eksotermik, pelepasan uap air, dan reaksi dengan CO<sub>2</sub>. Reaksi eksotermik terjadi karena proses pengeringan terlalu cepat dan spesimen tebal. Hal ini akan menghasilkan panas yang menyebabkan overheating sehingga memicu pembentukan gas atau pemuain udara yang terperangkap. Panas ini menyebabkan uap pelarut atau air yang terperangkap menguap lebih cepat. Tekanan uap ini membentuk gelembung dalam matriks resin.

Pelepasan uap air ini merupakan reaksi tidak langsung. Hal ini terjadi jika kelembaban tinggi atau bahan (serat) tidak kering sempurna. Air akan menguap karena panas yang disebabkan oleh reaksi eksotermik.

Reaksi dengan CO<sub>2</sub> dan uap air yang berasal dari reaksi antara amina dan kelembaban udara pada resin epoksi. Kelembaban udara mempengaruhi hasil dari komposit karena reaksi kimia yang terjadi pada komposit sangat dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban. Hal ini dapat membuat cacat pada permukaan.

Hampir sama dengan resin epoksi, reaksi kimia pada resin poliester juga disebabkan karena overheating eksotermik, hanya saja reaksi lanjutan yang disebabkan oleh *overheating* eksotermik itu berbeda. Walaupun reaksi utama pada resin poliester yaitu reaksi antara resin poliester dan stirena dengan MEKP tidak menghasilkan gas. Panas dari curing menyebabkan stirena menguap dan menghasilkan gelembung.

Berkurangnya kekuatan komposit selain disebabkan oleh gelembung hasil reaksi kimia di dalamnya, juga disebabkan oleh ikatan antara resin dan serat yang tidak sempurna. Pada komposit serat alam, proses pengambilan serat sampai serat itu siap untuk digunakan sebagai penguat harus mengalami beberapa proses seperti ekstraksi, perendaman dengan NaOH, pengeringan, dan finishing serat berupa pemotongan dan penyisiran serat.

Serat alam memiliki diameter yang berbeda hal ini menyebabkan resin tidak tertransfer secara merata. Terdapat serat yang menggumpal yang belum tersisir secara merata. Kondisi serat yang seperti itu membuat proses penyerapan resin tidak sempurna. Hasilnya resin tidak menjangkau bagian dalam serat tersebut.

### Simpulan

Jenis resin dan orientasi serat sangat berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik material komposit dari serat daun nanas. Jenis resin epoksi yang dikombinasikan dengan orientasi serat kontinu 0° menghasilkan nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu 83,3 MPa. Sedangkan untuk nilai terendah yaitu resin poliester yang dikombinasikan dengan orientasi serat kontinu 0° menghasilkan nilai 11,4 MPa.

### DAFTAR PUSTAKA

Abdujabarov, N., Takhirov, J., & Shokirov, R. (2021). Current status and tendencies of use of new materials and technologies in the design of unmanned aircraft vehicle (UAV). *UNIVERSUM*, 78-81.

- ASTM. (2017). ASTM D3039/D3039M-17: Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials. ASTM International.
- ElFaham, M. M., Mostafa, A. M., & Nasr, G. M. (2020). Unmanned aerial vehicle (UAV) manufacturing materials: Synthesis, spectroscopic characterization and dynamic mechanical analysis (DMA). *Journal of Molecular Structure*, 1201, Article 127211.
- Ramamoorthy, S. K., Skrifvars, M., dan Persson, A. (2015). A Review of Natural Fibers Used in Biocomposites: Plant, Animal and Regenerated Cellulose Fibers, *Polymer Reviews*, Vol. 55(1) : 107–162.
- Robiansyah, K., & Irfā'i, M. A. (2021). Pengaruh Orientasi Arah Serat Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Serat Karbon Dengan Matrik Epoxy. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(03), 47-52.
- Suwandi, M. F., Basjir, M., & Yazirin, C. (2024). Pengaruh Fraksi Volume Serat Daun Nanas dan Matriks Epoxy terhadap Kekuatan Tarik Komposit. *Jurnal Teknik Mesin*, 20(5), 60-66.
- Tanoto, W., & Irfā'i, M. A. (2021). Pengaruh Orientasi Arah Serat Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Serat E-Glass Dengan Matrik. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(03), 53-58.

