

## PENGARUH VARIASI SUSUNAN SERAT DAN TEMPERATUR *POST-CURING* KOMPOSIT SERAT KULIT JAGUNG TERHADAP KEKERASAN

**Alfian A Yusroni**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: alfiana.18016@mhs.unesa.ac.id

**Tri Hartutuk Ningsih**

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

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi susunan serat dan temperatur *post-curing* terhadap sifat mekanik komposit berbahan dasar serat kulit jagung dengan matriks resin *polyester*. Serat kulit jagung digunakan sebagai bahan penguat dengan volume 70% dan disusun dalam tiga orientasi yaitu tegak lurus (0°), 45°, dan 60°. Proses pembuatan komposit dilakukan dengan metode *hand lay-up*, dan setelah proses curing awal, dilakukan perlakuan *post-curing* pada suhu 80°C, 100°C, dan 120°C selama enam jam. Pengujian menggunakan uji kekerasan dengan metode *Rockwell* skala HR15T. Hasil menunjukkan bahwa susunan serat tegak lurus dengan temperatur *post-curing* 100°C memberikan hasil terbaik, yaitu kekerasan 43,6 HR15T. Analisis statistik menggunakan metode ANOVA dua arah menunjukkan bahwa kedua variabel, yaitu susunan serat dan temperatur *post-curing*, memiliki pengaruh signifikan terhadap kekerasan komposit. Penelitian ini menunjukkan bahwa serat kulit jagung berpotensi sebagai penguat alternatif yang ramah lingkungan untuk material komposit dalam aplikasi teknik, khususnya pada bidang manufaktur dan industri olahraga.

**Kata Kunci:** Komposit, Serat Kulit Jagung, Uji Kekerasan.

### Abstract

*This study aims to investigate the effect of fiber orientation and post-curing temperature on the mechanical properties of corn husk fiber-reinforced composites with a polyester resin matrix. Corn husk fiber was used as the reinforcing material with a volume fraction of 70%, arranged in three orientations: perpendicular (0°), 45°, and 60°. The composite fabrication was carried out using the hand lay-up method, followed by post-curing treatment at temperatures of 80°C, 100°C, and 120°C for six hours after the initial curing process. Hardness testing was conducted using the Rockwell method with the HR15T scale. The results showed that the perpendicular fiber orientation combined with a post-curing temperature of 100°C yielded the best performance, with a hardness value of 43.6 HR15T. Statistical analysis using two-way ANOVA revealed that both variables—fiber orientation and post-curing temperature—had a significant effect on the hardness of the composite. This study indicates that corn husk fiber has potential as an environmentally friendly alternative reinforcement for composite materials, particularly in engineering applications such as manufacturing and the sports industry.*

**Keywords:** Composite, Corn Husk Fiber, Hardness.

## PENDAHULUAN

Penggunaan serat alam dalam pembuatan komposit masih terbatas dalam berbagai industri. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti sifat yang tidak konsisten, ketahanan terhadap lingkungan yang buruk, ketahanan terhadap penyerapan air, dan persyaratan ketahanan mekanik tinggi dalam aplikasi kritis. Meskipun demikian, serat alam memiliki potensi dalam aplikasi yang memerlukan sifat biodegradable dan ramah lingkungan. Terdapat penelitian dan pengembangan yang terus berlangsung untuk mengatasi keterbatasan ini dan meningkatkan penggunaan serat alam dalam komposit. Penggunaan serat alam saat ini lebih umum dalam produk konsumen, furnitur, dan perangkat olahraga yang tidak memerlukan ketahanan mekanik yang sangat tinggi.

Seiring dengan perkembangan teknologi, penggunaan komposit dalam industri olahraga, khususnya dalam insole plate sepatu, memberikan berbagai keunggulan seperti kekuatan, kekakuan, ringan, responsifitas, durabilitas, dan desain yang disesuaikan. Material komposit seperti serat karbon atau serat fiberglass dalam matriks resin memungkinkan insole plate untuk memberikan dukungan yang optimal pada kaki atlet, mengurangi risiko cedera, meningkatkan kinerja, dan memberikan tingkat kenyamanan yang lebih tinggi. Dengan menggunakan teknologi komposit dalam insole plate, atlet dapat merasakan manfaat yang signifikan saat berpartisipasi dalam berbagai olahraga.

Di Indonesia, jagung telah menjadi salah satu sumber karbohidrat yang populer selain nasi. Konsumsi jagung sebagai bahan makanan utama telah lama menjadi bagian

penting dari kebudayaan masyarakat Indonesia. Namun, dari hasil konsumsi jagung, terutama saat mengupas atau menggiling, dihasilkan limbah jagung, seperti kulit jagung, yang sering diabaikan atau dibuang begitu saja. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, kesadaran akan potensi limbah jagung sebagai bahan baku alternatif dalam industri kerajinan dan industri material semakin meningkat. Kulit jagung memiliki kekuatan tarik 10,8 MPa dengan modulus elastisitas 387,4 MPa dan keteguhan belah 5,03%, selain itu kulit jagung terdiri dari beberapa lapisan kulit dengan karakteristik yang berbeda di setiap lapisannya. Lapisan terluar kulit jagung memiliki tekstur yang kasar, berwarna hijau tua dan serat yang tebal. Selanjutnya, lapisan bagian tengah memiliki tekstur yang lembut dan berwarna hijau muda. Lapisan kulit jagung bagian dalam memiliki tekstur yang sangat lembut, berwarna putih, dan memiliki serat yang lembut.

Resin polyester merupakan pilihan utama dalam pembuatan komposit karena berbagai keunggulan yang dimilikinya. Resin ini mudah ditemukan, ekonomis, dan memiliki kemampuan moldabilitas yang baik, sehingga memungkinkan pembuatan produk komposit dengan berbagai bentuk sesuai kebutuhan aplikasi. Sifat perekat yang kuat, ketahanan terhadap korosi, dan sifat mekanik yang memadai menjadikan resin polyester sangat sesuai untuk berbagai industri, termasuk otomotif, penerbangan, dan konstruksi. Dalam kombinasi dengan serat penguat yang tepat, resin polyester dapat menghasilkan material komposit yang kuat, ringan, dan dapat disesuaikan dengan berbagai keperluan.

Dalam pembuatan komposit susunan serat merupakan faktor yang penting, dalam hal ini adalah susunan serat woven fiber composite (susunan serat anyam), susunan serat tersebut memungkinkan keterikatan antar seratnya sehingga tidak mudah terjadi pemisahan antar serat. komposit serat anyam yang dibuat dengan cara menenun serat anyam untuk membentuk struktur yang teratur. Proses pembuatan woven fiber composites melibatkan penempatan serat anyam secara bersilangan, yang kemudian diikat bersama dengan matriks resin untuk membentuk suatu lapisan atau lembaran yang kokoh.

Dalam proses pembuatan komposit, post-curing merupakan tahap penting yang mengikuti tahap utama curing. Post-curing melibatkan pemanasan material komposit setelah tahap curing untuk meningkatkan sifat mekanik dan termalnya. Tujuan utama post-curing adalah untuk mencapai kekerasan, kekuatan, stabilitas termal, dan homogenitas yang lebih baik dalam material komposit. Dengan mengatur suhu dan waktu pemanasan secara cermat, post-curing dapat meningkatkan kualitas dan kinerja material komposit tanpa merusaknya. Oleh karena itu, post-curing adalah langkah kritis dalam pengembangan material komposit yang unggul.

### Rumusan Masalah

- Bagaimana pengaruh variasi susunan serat dan temperatur *post-curing* terhadap kekerasan.

### Tujuan Penelitian

- Mengetahui pengaruh variasi susunan serat dan temperatur *post-curing* terhadap kekerasan.

### METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi susunan serat dan temperatur *post-curing* terhadap kekuatan bending dan kekerasan komposit berbasis serat kulit jagung dengan matriks resin *polyester*.

### Waktu dan Tempat Penelitian

#### • Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 6 bulan setelah ujian seminar proposal pada bulan november 2023

#### • Tempat Penelitian

Pembuatan spesimen dilakukan di Laboratorium Fabrikasi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Tempat pengujian dilakukan di Laboratorium Kontruksi dan Kekuatan Kapal Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

### Variabel Penelitian

Variabel penelitian pada jurnal ini adalah:

#### • Variabel Bebas

Variabel bebas penelitian ini adalah tiga level susunan serat dengan variasi susunan serat anyam tegak lurus, serat anyam miring 45°, serat anyam miring 60° dengan tiga level perlakuan panas *post-curing* dengan variasi temperatur 80°C, 100°C dan 120°C selama 6 jam.

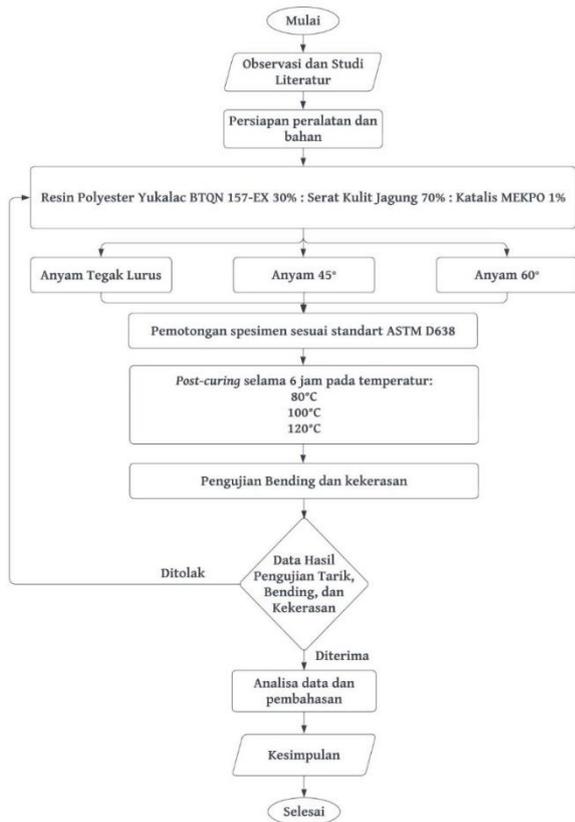
#### • Variabel Terikat

Variabel terikat penelitian ini pengujian kekerasan.

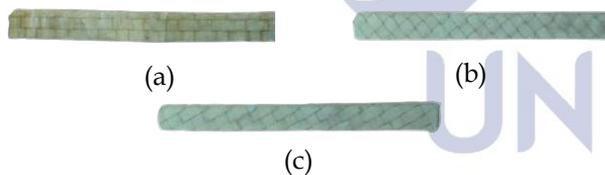
#### • Variabel Kontrol

Variabel kontrol penelitian ini adalah resin *polyester Yukalac BQTN 157-EX*, katalis *Methyl Ethyl Ketone Peroxide (MEKPO)*, volume serat 70% dengan 1 lapisan serat dan proses curing dilakukan selama 6 jam menggunakan oven.

**Rancangan Penelitian**



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian



**Gambar 2.** Gambar Spesimen: (a) Anyam Tegak Lurus; (b) Anyam Miring 45°; (c) Anyam Miring 60°

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

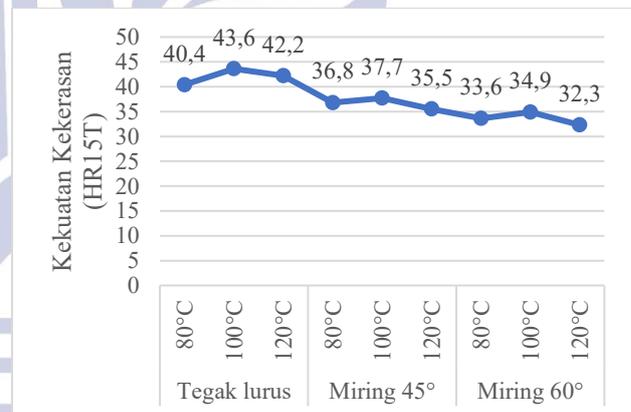
Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh variasi susunan serat kulit jagung serta temperatur *post-curing* terhadap sifat mekanik komposit berbasis matriks *polyester*, khususnya dalam hal kekerasan. Serat kulit jagung digunakan sebagai penguat alami yang disusun dalam pola anyaman dengan tiga jenis orientasi, yaitu tegak lurus (0°/90°), miring 45°, dan miring 60°. Ketiga orientasi serat tersebut masing-masing dikombinasikan dengan tiga variasi suhu *post-curing*, yakni 80°C, 100°C, dan 120°C, sehingga diperoleh

sembilan kombinasi perlakuan spesimen. Proses pembuatan spesimen menggunakan metode *hand lay-up*, yang kemudian diikuti oleh proses *post-curing* sesuai variasi suhu yang telah ditentukan. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Rockwell* pada skala HR15T untuk mengetahui ketahanan material terhadap deformasi akibat beban indentasi.

**Analisa Hasil Pengujian Kekerasan**

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Kekerasan

Susunan Serat	Temperatur <i>Post-curing</i>	Nilai Kekerasan (HR15T)
Anyam Tegak Lurus	80°C	40,4
	100°C	43,6
	120°C	42,2
Anyam 45°	80°C	36,8
	100°C	37,7
	120°C	35,5
Anyam 60°	80°C	33,6
	100°C	34,9
	120°C	32,3



**Gambar 3.** Grafik Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan menggunakan metode *Rockwell* skala HR15T menghasilkan data yang menunjukkan adanya variasi nilai kekerasan akibat perubahan orientasi serat dan temperatur *post-curing*. Spesimen dengan orientasi serat tegak lurus dan suhu *post-curing* 100°C menunjukkan nilai kekerasan tertinggi sebesar 43,6 HR15T, sedangkan nilai kekerasan terendah sebesar 32,3 HR15T ditemukan pada spesimen dengan orientasi serat 60° dan suhu *post-curing* 120°C. Fenomena ini menunjukkan bahwa orientasi serat yang optimal dan suhu curing yang sesuai dapat memperkuat struktur mikro material, meningkatkan ikatan antara serat dan matriks, serta meminimalkan cacat mikro seperti void dan retakan.

Peningkatan kekerasan berhubungan erat dengan kemampuan material dalam menahan deformasi plastis ketika diberi beban tekan oleh indenter. Serat yang tersusun sejajar dengan arah gaya uji memperkuat area sekitar permukaan uji, sehingga meningkatkan resistensi terhadap penetrasi. Sebaliknya, orientasi serat yang menyilang atau terlalu miring menyebabkan beban tersebar tidak merata, melemahkan struktur lokal dan mengurangi kekerasan permukaan. Suhu curing yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pembentukan mikro-retakan atau pelepasan senyawa volatil dari matriks, yang berdampak negatif terhadap integritas struktur komposit.

Susunan serat tegak lurus memberikan kontribusi besar terhadap peningkatan nilai kekerasan karena arah serat yang sejalan dengan gaya tekan dari indenter membantu memperkuat permukaan material. Distribusi beban menjadi lebih terfokus, dan serat mampu menahan gaya tekan secara langsung. Hasil ini menunjukkan bahwa orientasi serat tidak hanya penting dalam menahan beban lentur, tetapi juga berpengaruh dalam menghambat deformasi lokal pada uji kekerasan.

Pada orientasi 45°, nilai kekerasan lebih rendah dibandingkan tegak lurus. Ini disebabkan oleh arah serat yang tidak searah dengan gaya tekan, menyebabkan serat hanya sebagian mendukung beban. Sebagian besar beban didistribusikan melalui matriks, yang memiliki kekuatan tekan lebih rendah. Konfigurasi ini menghasilkan penyebaran tegangan yang kurang efisien dan memungkinkan terjadinya deformasi lokal lebih besar.

Orientasi 60° menunjukkan nilai kekerasan terendah. Dalam posisi ini, arah serat hampir sepenuhnya menyilang terhadap gaya tekan, sehingga serat tidak efektif dalam memperkuat permukaan uji. Beban utama ditanggung oleh matriks, dan kondisi ini memicu terjadinya deformasi plastis lebih besar serta menurunkan resistensi terhadap indentasi. Distribusi tegangan yang tidak optimal mempercepat munculnya cacat seperti retakan mikro di area sekitar indentasi.

Kenaikan suhu dari 80°C ke 100°C menghasilkan peningkatan nilai kekerasan yang konsisten pada semua orientasi serat. Hal ini dikarenakan proses curing pada suhu 100°C memungkinkan terjadinya pembentukan ikatan silang (*cross-linking*) yang lebih sempurna pada rantai polimer, sehingga meningkatkan kekakuan matriks dan memperkuat ikatan antar-komponen komposit. Struktur yang lebih padat dan homogen menyebabkan permukaan komposit menjadi lebih tahan terhadap beban indentasi.

Sebaliknya, peningkatan suhu lebih lanjut hingga 120°C justru menurunkan nilai kekerasan. Pada suhu ini, kemungkinan besar terjadi *over-curing*, yang mengakibatkan struktur polimer menjadi terlalu kaku dan rapuh. Suhu tinggi juga dapat menyebabkan degradasi termal dan pelepasan senyawa volatil, yang melemahkan

ikatan antarmuka antara serat dan matriks. Mikrostruktur yang rusak ini menyebabkan area uji menjadi lebih mudah mengalami deformasi saat diberi beban tekan.

**Analisa Statistik**

Untuk menguji validitas dari pengaruh orientasi serat dan suhu *post-curing* terhadap kekuatan bending dan kekerasan, dilakukan analisis statistik menggunakan uji Two-way ANOVA.

• **Uji Normalitas**

**Tabel 2.** Uji Normalitas Kekerasan

Tests of Normality							
VAR00001	Statistic	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
anyam45	,215	3	.	,989	3	,800	
anyam60	,175	3	.	1,000	3	1,000	
anyamlur	,200	3	.	,995	3	,862	

a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Normality							
VAR00002	Statistic	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
100	,215	3	.	,989	3	,800	
120	,175	3	.	1,000	3	1,000	
80	,200	3	.	,995	3	,862	

a. Lilliefors Significance Correction

Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa semua kelompok data memiliki nilai signifikansi di atas 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa data terdistribusi secara normal.

• **Uji Homogenitas**

**Tabel 3.** Uji Homogenitas Kekerasan

Levene's Test of Equality of Error Variances <sup>a,b</sup>					
VAR00003	Levene Statistic	df1	df2	Sig.	
Based on Mean	,168	2	6		,850
Based on Median	,133	2	6		,878
Based on Median and with adjusted df	,133	2	5,503		,878
Based on trimmed mean	,165	2	6		,851

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: VAR00003

b. Design: Intercept + VAR00001 + VAR00002 + VAR00001 \* VAR00002

Uji homogenitas juga menunjukkan hasil serupa, dengan nilai signifikansi di atas 0,05, yang berarti data memiliki variansi yang sama antar kelompok.

• Uji *Two-way* ANOVA

**Tabel 4.** Uji *Two-way* ANOVA Kekerasan

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: VAR00003

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	110,249 <sup>a</sup>	2	55,124	30,141	,001
Intercept	12618,778	1	12618,778	6899,696	,000
VAR00001	,000	0	.	.	.
VAR00002	,000	0	.	.	.
VAR00001 * VAR00002	,000	0	.	.	.
Error	10,973	6	1,829		
Total	12740,000	9			
Corrected Total	121,222	8			

a. R Squared = ,909 (Adjusted R Squared = ,879)

Hasil uji *Two-way* ANOVA menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 untuk data bending dan 0,001 untuk data kekerasan, yang keduanya berada di bawah batas 0,05. Dengan demikian, hipotesis nol (H<sub>0</sub>) ditolak, dan hipotesis alternatif (H<sub>a</sub>) diterima. Artinya, terdapat pengaruh yang signifikan baik dari orientasi serat maupun dari suhu *post-curing* terhadap sifat mekanik komposit, baik pada kekerasan. Temuan ini memperkuat kesimpulan bahwa pemilihan parameter fabrikasi yang tepat sangat krusial dalam menentukan performa akhir dari material komposit berbasis serat alami seperti kulit jagung.

**Simpulan**

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap pengaruh susunan serat dan temperatur post-curing terhadap sifat mekanik komposit polyester berpenguat serat kulit jagung, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Terdapat pengaruh signifikan variasi susunan serat dan temperatur *post-curing* komposit serat kulit jagung terhadap kekuatan bending dan kekerasan.
- Nilai kekerasan tertinggi diperoleh susunan serat anyam tegak lurus dengan temperatur *post-curing* 100°C sebesar 43,6 HR15T dan terendah diperoleh susunan serat anyam miring 60° dengan temperatur *post-curing* 120°C sebesar 34,9 HR15T.
- Temperatur post-curing 100°C merupakan kondisi optimal material komposit, sedangkan 120°C menyebabkan penurunan akibat over-curing dan degradasi termal.

**Saran**

- Meningkatkan homogenitas campuran serat dan matriks untuk mengurangi void dan delaminasi. Menggunakan metode pencetakan yang lebih presisi (seperti vacuum bagging atau compression molding) untuk memperbaiki orientasi serat.

- Meneliti rentang suhu post-curing yang lebih sempit (misalnya 90°C–110°C) untuk menentukan titik optimal tanpa over-curing. Mempertimbangkan durasi post-curing yang berbeda untuk melihat pengaruhnya terhadap kekuatan material.
- Mengeksplorasi penggunaan perlakuan kimia atau fisik pada serat (seperti alkali treatment) untuk meningkatkan adhesi serat-matrik. Menguji kombinasi serat kulit jagung dengan serat alam lain atau filler untuk meningkatkan sifat mekanik.
- Melakukan pengujian tambahan (seperti uji impact atau fatigue) untuk memahami performa komposit dalam kondisi dinamis. Mengaplikasikan komposit ini pada produk sederhana (sebagai bahan panel atau komponen non-struktural) untuk uji lapangan.
- Menggunakan mikroskop elektron (SEM) untuk menganalisis morfologi patahan dan antarmuka serat-matrik secara detail. Memodelkan perilaku komposit secara numerik (misalnya dengan FEM) untuk memprediksi kekuatan berdasarkan variasi parameter.

**DAFTAR PUSTAKA**

Dimas, M., Nugraha, M. D. A., & Wibowo, S. (2021). Pengaruh struktur penyusunan filler/serat kulit jagung pada komposit resin *polyester* terhadap uji bending sebagai pengganti plafon. *Jurnal Teknik Mesin UNNES*, 9(2), 145–152.

Healey, L., Barnes, A., & Edwards, A. (2021). Evaluating longitudinal bending stiffness testing for performance footwear. *Footwear Science*, 13(S1), S42–S43. <https://doi.org/10.1080/19424280.2021.1906294>

Jacob, M., Thomas, S., & Varughese, K. T. (2015). Natural fiber reinforced polymer composites in industrial applications: A review. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 34(1), 1–16. <https://doi.org/10.1177/0731684414563915>

Kumar, D. S., Prasad, A. V. R., & Shashidhara, M. M. (2015). Effect of *post-curing* on thermal and mechanical behavior of GFRP composites. *Materials Today: Proceedings*, 2(4–5), 2121–2127. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2015.07.123>

Prayoga, D. A., Wibowo, S., & Sudiro, T. (2021). Pengaruh jumlah laminasi core komposit sandwich serat kenaf dengan core kayu sengon terhadap kekuatan bending. *Jurnal Rekayasa Mekanika*, 12(1), 42–48.

Salman, D., Fadli, M., & Syamsir, A. (2018). Pengaruh fraksi volume serat kulit jagung terhadap kekuatan tarik dan penyerapan air komposit polyurethane. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Andalas*, 6(1), 23–28.

Suryono, A. F., Fajar, M. M., & Safitri, A. (2020).  
Pengaruh post curing treatment dan perendaman air  
laut pada komposit hybrid Kevlar/Karbon. Jurnal  
Teknik Mesin FT-UH, 17(1), 11–18.

