

yang sangat tinggi namun kekuatan tariknya lebih rendah, sementara serat imitasi 50% memiliki performa yang paling rendah dalam hal kekuatan tarik dan elastisitas, dengan variabilitas yang lebih besar. Oleh karena itu, serat motif A adalah pilihan terbaik untuk aplikasi yang membutuhkan kombinasi optimal antara kekuatan dan elastisitas untuk penerapannya di material komposit.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Volenikova et al., "Genome sequence and silkomics of the spindle ermine moth, *Yponomeuta cagnagella*, representing the early diverging lineage of the ditrysian Lepidoptera," *Commun Biol*, vol. 5, no. 1, Dec. 2022, doi: 10.1038/s42003-022-04240-9.
- C. Holland, N. Hawkins, M. Frydrych, P. Laity, D. Porter, and F. Vollrath, "Differential Scanning Calorimetry of Native Silk Feedstock," *Macromol Biosci*, vol. 19, no. 3, Mar. 2019, doi: 10.1002/mabi.201800228.
- C. Li, X. Wang, D. Zhang, Y. Chen, X. Jiang, and D. Ni, "Study on the Variation Law of the Main Mechanical Properties in the Processing of Longjing Tea," *Foods*, vol. 12, no. 13, Jul. 2023, doi: 10.3390/foods12132587.
- H. O. Mokaya et al., "Silkmoth pupae: potential and less exploited alternative source of nutrients and natural antioxidants," *J Insects Food Feed*, vol. 9, no. 4, pp. 491–501, 2023, doi: 10.3920/JIFF2021.0134.
- H. Xu et al., "Comprehensive silk gland multi-omics comparison illuminates two alternative mechanisms in silkworm heterosis," *Zool Res*, vol. 43, no. 4, pp. 585–596, 2022, doi: 10.24272/j.issn.2095-8137.2022.065.
- H. Xu et al., "Comprehensive silk gland multi-omics comparison illuminates two alternative mechanisms in silkworm heterosis," *Zool Res*, vol. 43, no. 4, pp. 585–596, 2022, doi: 10.24272/j.issn.2095-8137.2022.065.
- I. Iachina, J. Fiutowski, H. G. Rubahn, F. Vollrath, and J. R. Brewer, " and minor ampullate silk from the orb-web spider *Nephila Madagascariensis*," *Sci Rep*, vol. 13, no. 1, Dec. 2023, doi: 10.1038/s41598-023-33839-z.

- J. Yu, B. Safarov, L. Yi, M. Buzrukova, and B. Janzakov, "The Adaptive Evolution of Cultural Ecosystems along the Silk Road and Cultural Tourism Heritage: A Case Study of 22 Cultural Sites on the Chinese Section of the Silk Road World Heritage," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 3, Feb. 2023, doi: 10.3390/su15032465.
- M. A. Tomeh, R. Hadianamrei, and X. Zhao, "Silk fibroin as a functional biomaterial for drug and gene delivery," *Pharmaceutics*, vol. 11, no. 10. MDPI AG, Oct. 01, 2019. doi: 10.3390/pharmaceutics11100494.
- M. H. An and A. R. Jang, "Development of textile pattern design by M. C. Escher's tessellation technique using chaekgeori icons," *Fashion and Textiles*, vol. 10, no. 1, Dec. 2023, doi: 10.1186/s40691-023-00336-w.
- M. Wang et al., "Genomic interrogation of a MAGIC population highlights genetic factors controlling fiber quality traits in cotton," *Commun Biol*, vol. 5, no. 1, Dec. 2022, doi: 10.1038/s42003-022-03022-7.
- N. Adly et al., "Printed Silk Microelectrode Arrays for Electrophysiological Recording and Controlled Drug Delivery (*Adv. Healthcare Mater.* 17/2023)," *Adv Healthc Mater*, vol. 12, no. 17, Jul. 2023, doi: 10.1002/adhm.202370088.
- N. T. Ross, W. P. Katt, and A. D. Hamilton, "Synthetic mimetics of protein secondary structure domains," *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 368, no. 1914. Royal Society, pp. 989–1008, Mar. 13, 2010. doi: 10.1098/rsta.2009.0210.
- P. Bhowmik, R. Kant, and H. Singh, "Effect of Degumming Duration on the Behavior of Waste Filature Silk-Reinforced Wheat Gluten Composite for Sustainable Applications," *ACS Omega*, vol. 8, no. 7, pp. 6268–6278, Feb. 2023, doi: 10.1021/acsomega.2c05963.
- S. Ge et al., "Characteristics of enzymolysis of silkworm pupa protein after tri-frequency ultrasonic pretreatment: kinetics, thermodynamics, structure and antioxidant changes," *Front Bioeng Biotechnol*, vol. 11, 2023, doi: 10.3389/fbioe.2023.1170676.
- S. W. Cranford, "Increasing silk fibre strength through heterogeneity of bundled fibrils," *J R Soc Interface*, vol. 10, no. 82, p. 20130148, May 2013, doi: 10.1098/rsif.2013.0148.
- V. V. Rodin and P. S. Belton, "Changes in Natural Silk Fibres by Hydration, Tensile Loading and Heating as Studied by 1H NMR: Anisotropy in NMR Relaxation

- Times,” *Polymers (Basel)*, vol. 14, no. 17, Sep. 2022, doi: 10.3390/polym14173665.
- X. Huang, Y. An, S. Yuan, C. Chen, H. Shan, and M. Zhang, “Silk fibroin carriers with sustained release capacity for treating neurological diseases,” *Frontiers in Pharmacology*, vol. 14. *Frontiers Media S.A.*, 2023. doi: 10.3389/fphar.2023.1117542.
- X. Zhang, M. Tsukada, H. Morikawa, K. Aojima, G. Zhang, and M. Miura, “Production of silk sericin/silk fibroin blend nanofibers,” *Nanoscale Res Lett*, vol. 6, pp. 1–8, 2011, doi: 10.1186/1556-276X-6-510.
- Y. Xu et al., “Vitellogenin receptor transports the 30K protein LP1 without cell-penetrating peptide, into the oocytes of the silkworm, *Bombyx mori*,” *Front Physiol*, vol. 14, Jan. 2023, doi: 10.3389/fphys.2023.1117505.

## **BAB IV PENELITIAN TOPIK II KEKUATAN SOBEK DAN JEBOL TENUNAN SUTRA UNTUK APLIKASI MATERIAL KOMPOSIT**

### **4.1 Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk menguji kekuatan sobek dan kekuatan jebol tenunan serat sutra dengan variasi komposisi dan motif, yaitu tenunan serat sutra 100% motif A, B, dan C, tenunan serat sutra imitasi 100%, serta tenunan serat sutra imitasi 50%. Uji sobek dilakukan pada arah pakan dan lusi untuk menentukan kekuatan serat dalam menahan gaya sobek. Hasilnya menunjukkan bahwa tenunan serat sutra 100% Imitasi memiliki kekuatan sobek tertinggi, dengan motif B unggul pada arah pakan dan motif A unggul pada arah lusi. Uji jebol dilakukan untuk menentukan kekuatan material dalam menahan tekanan sebelum pecah. Hasil uji jebol menunjukkan bahwa tenunan serat sutra merah 100% memiliki kekuatan jebol tertinggi di antara serat asli, dengan nilai 0,625 MPa, diikuti oleh sutra biru dan hitam. Namun, tenunan serat sutra imitasi 100% memiliki kekuatan jebol tertinggi secara keseluruhan, yaitu 0,69 MPa, diikuti oleh serat tenunan imitasi 50% dengan kekuatan 0,67 MPa. Variasi dalam kekuatan jebol dan sobek ini menunjukkan bahwa serat tenunan imitasi, baik 100% maupun 50%, memiliki potensi untuk digunakan dalam aplikasi yang memerlukan daya tahan mekanis tinggi, sementara serat asli lebih unggul dalam konsistensi performa.

## 4.2 Pendahuluan

Sutra telah dikenal selama berabad-abad sebagai salah satu serat alami unggulan yang menawarkan kekuatan dan elastisitas tinggi (Gong et al., 2024). Strukturnya yang kompleks memberikan daya tahan yang signifikan terhadap sobekan, menjadikannya pilihan utama untuk berbagai aplikasi bahan tekstil yang membutuhkan kombinasi kekuatan dan kehalusan. Serat sutra, yang berasal dari ulat sutra *Bombyx mori*, memiliki komposisi protein yang unik yang memberikan sifat mekanis luar biasa (Z. Yang et al., 2024). Tenunan serat sutra tidak hanya dihargai karena keindahannya tetapi juga karena kemampuannya untuk bertahan dalam kondisi penggunaan yang intens, menjadikannya bahan yang sangat diinginkan dalam berbagai industri seperti aplikasi material komposit saat ini banyak dikembangkan. Selain itu, secara mikroskopis, serat sutra terdiri dari dua daerah utama: kristalin dan amorf. Daerah kristalin, yang terdiri dari susunan molekul fibroin yang sangat teratur, memberikan kekuatan dan stabilitas yang luar biasa pada serat sutra. Daerah amorf, di sisi lain, memiliki susunan molekul yang lebih acak dan fleksibel, memberikan kelenturan yang diperlukan untuk menahan deformasi tanpa kerusakan permanen. Kombinasi unik dari daerah kristalin dan amorf ini menghasilkan kekuatan sobek yang luar biasa pada sutra, memungkinkannya menahan tekanan dan tarikan tanpa mudah robek (Z. Yang et al., 2024), (Brockmann et al., 2024), dan (Pang et al., 2024).

Teknik tenunan yang digunakan untuk membuat kain sutra memainkan peran penting dalam menentukan kekuatannya (Kono et al., n.d.), (Bae & Um, 2021), dan (Wu et al., 2022). Tenunan yang lebih rapat dan kompleks cenderung meningkatkan kekuatan kain, membuatnya lebih tahan terhadap sobekan dan keausan. Struktur tenunan tertentu, seperti satin atau twill, dikenal mampu menambah kekuatan dan daya tahan kain sutra (Kumar et al., 2024) dan (H. Wang et al., 2023). Satin, dengan permukaannya yang halus dan mengkilap, dan twill, dengan pola diagonalnya yang khas, keduanya memberikan kontribusi yang signifikan terhadap ketahanan kain. Selain itu, inovasi dalam teknik tenunan modern terus meningkatkan kekuatan mekanis dari kain sutra, memperluas potensinya dalam aplikasi industri (Géczy et al., 2023) dan (S. Yang et al., 2023).

Karena kekuatan sobek yang tinggi, komposit tenunan sutra digunakan dalam aplikasi medis seperti jahitan bedah dan jaringan buatan (von Byern et al., 2019). Jahitan bedah dari sutra tidak hanya kuat tetapi juga biokompatibel, mengurangi risiko reaksi alergi atau penolakan oleh tubuh (Lemetti et al., 2022). Dalam industri tekstil, kain sutra digunakan untuk membuat pakaian mewah dan kain dekoratif yang membutuhkan daya tahan dan estetika tinggi. Kehalusan dan kilau alami sutra menjadikannya bahan pilihan untuk produk-produk yang memerlukan kombinasi sempurna antara fungsi dan penampilan (Obed et al., 2022). Penggunaan sutra dalam berbagai sektor ini menunjukkan

fleksibilitas dan keandalan material ini dalam memenuhi tuntutan yang berbeda (Toprak et al., 2020).

Proses pewarnaan dan pengolahan sutra juga dapat memiliki dampak signifikan pada kekuatannya (Sterenzon et al., 2022), (Sudhakar et al., 2001), (Luftinor et al., 2020), dan (Fuji, 1985). Pewarnaan yang tepat dan pengolahan yang hati-hati dapat mempertahankan atau bahkan meningkatkan kekuatan sobek sutra, menjadikannya lebih tahan lama (Urtgam et al., 2023). Namun, pengolahan yang berlebihan atau penggunaan bahan kimia yang keras dapat merusak struktur serat, mengurangi kekuatannya dan menghilangkan sifat-sifat unggul yang menjadikan sutra begitu berharga (Fukashi Shimizu, 1981). Oleh karena itu, teknik pengolahan sutra yang efektif sangat penting untuk mempertahankan sifat mekanis yang unggul dari bahan ini, memastikan bahwa sutra tetap menjadi pilihan utama baik untuk aplikasi estetika maupun fungsional. Keberlanjutan dan efisiensi dalam pengolahan juga menjadi fokus utama untuk memastikan bahwa sutra dapat terus digunakan secara luas di masa depan.

Namun saat ini belum diketahui apakah ada warna tertentu yang memiliki efek yang lebih positif atau negatif terhadap kekuatan sobek, dan apakah ada hubungan antara warna dan arah tenunan sutra yang mempengaruhi kekuatan sobeknya. Selain itu pula, belum diketahui bagaimana kadar serat dan arah tenunan sutra dalam komposit tenunan dapat berpengaruh signifikan terhadap kekuatan sobek yang dimiliki serat tenunan sutra. Oleh karena itu dibutuhkan

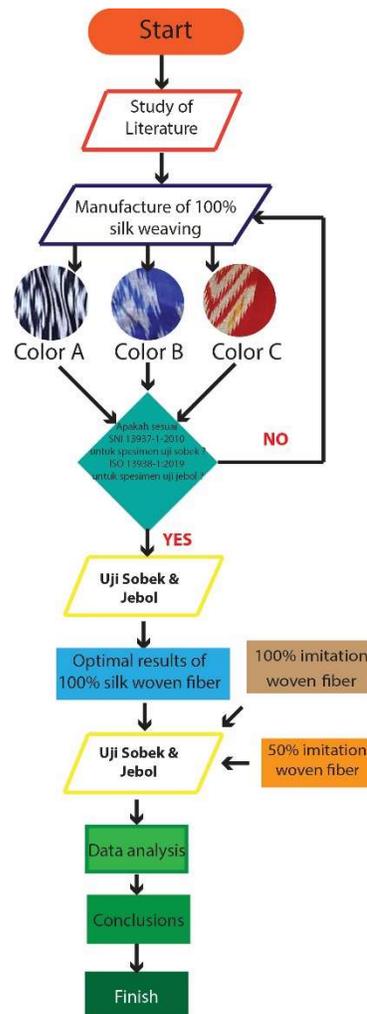
penelitian mendalam diperlukan untuk memahami bagaimana variasi warna dan arah tenunan pada serat sutra mempengaruhi kekuatan sobek komposit tenunan dengan metode uji sobek dan diperlukan untuk memahami bagaimana variasi kadar serat dan arah tenunan sutra memengaruhi kekuatan sobek kompositnya. Untuk itu, pendekatan inovatif dalam metode pengujian sobek pada tenunan serat sutra dilakukan.

Uji jebol merupakan salah satu metode pengujian mekanik yang digunakan untuk mengukur kemampuan material dalam menahan tekanan atau beban sebelum mengalami kerusakan atau pecah. Pengujian ini sangat penting dalam industri tekstil dan komposit, terutama untuk menilai ketahanan bahan tenunan terhadap gaya eksternal yang diterapkan pada permukaan. Kekuatan jebol menjadi salah satu parameter kunci yang menggambarkan sejauh mana material mampu mempertahankan integritas strukturalnya sebelum gagal, yang sangat penting dalam aplikasi yang memerlukan daya tahan tinggi, seperti dalam pembuatan pakaian pelindung, peralatan olahraga, hingga material konstruksi ringan. Penelitian terhadap tenunan serat sutra, baik yang asli maupun imitasi, melalui uji jebol bertujuan untuk memahami perbedaan daya tahan material berdasarkan komposisi dan warna serat. Variasi ini dapat mempengaruhi kinerja mekanik material secara signifikan, khususnya dalam kondisi di mana material akan mengalami beban atau tekanan yang tinggi. Dengan mengetahui kekuatan jebol dari berbagai jenis tenunan serat sutra, dapat diidentifikasi material mana yang paling sesuai

untuk aplikasi tertentu yang memerlukan kombinasi antara kekuatan, ketahanan, dan elastisitas yang optimal.

### 4.3 Metode

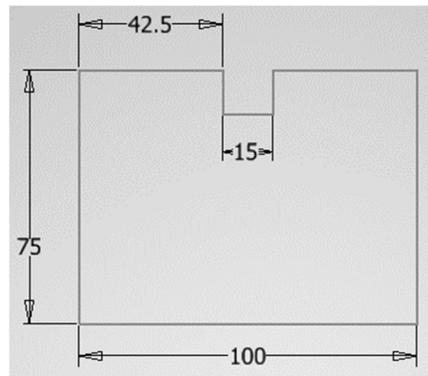
#### Desain Penelitian



Gambar 4. 1 Desain Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan tinjauan literatur yang komprehensif mengenai karakteristik fisik dan mekanik serat Sutra serta pengaruh

pewarnaan terhadap kekuatan material. Proses pengujian melibatkan uji sobek pada tiga jenis tenunan serat sutra 100% dengan warna yang berbeda, dilakukan sesuai dengan metode yang ditetapkan oleh SNI 08-0521-1989.



Gambar 4. 2 Dimensi sampel SNI 13937-1-2010

Hasil dari pengujian ini diidentifikasi untuk menemukan varian motif yang memiliki ketahanan sobek paling optimal. Selanjutnya, serat tenun dengan performa terbaik tersebut diuji kembali dan dibandingkan dengan serat tenun yang terdiri dari 50% dan 100% serat imitasi untuk mengevaluasi perbedaan ketahanan di antara bahan asli dan imitasi. Analisis data dilakukan untuk mengidentifikasi pola dan signifikan statistik dalam perbedaan ketahanan sobek di antara ketiga kelompok serat. Kesimpulan dari penelitian ini akan memberikan wawasan mendalam tentang keandalan dan kualitas serat tenun sutra dalam aplikasi tekstil, serta implikasi penggunaan serat imitasi dalam industri ini.

Metode penelitian uji jebol ini menggunakan standar ISO 13938-1:2019, yang merupakan standar internasional untuk pengujian kekuatan jebol material

tekstil dengan metode tekanan pneumatik. Prosedur pengujian dimulai dengan persiapan sampel tenunan serat sutra, yang dipotong sesuai ukuran standar ISO dengan diameter area pengujian sekitar 7,3 cm (tergantung jenis alat yang digunakan). Variasi material yang diuji meliputi tenunan serat sutra 100% motif A, B, dan C, serta tenunan serat sutra Imitasi 100% dan 50%.

Sampel dipasang dengan baik pada alat uji jebol, yang terdiri dari plat penahan dengan lubang bulat dan diafragma fleksibel yang akan menerapkan tekanan udara. Mesin pengujian, yang sesuai dengan standar ISO 13938-1, bekerja dengan meningkatkan tekanan udara secara bertahap di bawah sampel hingga material tersebut pecah atau jebol. Alat ini mencatat tekanan maksimum yang diterapkan pada saat sampel jebol. Pengujian dilakukan pada kondisi lingkungan terkendali sesuai persyaratan ISO, yaitu suhu  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  dan kelembaban relatif  $65\pm 4\%$ , untuk memastikan hasil yang konsisten dan dapat diulang.

Setiap jenis serat diuji setidaknya tiga kali untuk mendapatkan nilai rata-rata kekuatan jebol serta standar deviasi sebagai indikator konsistensi performa material. Hasil dari setiap pengujian berupa tekanan jebol (dalam kilopascal atau MPa) yang kemudian dianalisis untuk mengetahui variasi kekuatan antar jenis serat dan motif. Data tersebut dianalisis menggunakan metode statistik untuk mengetahui perbedaan signifikan antara kekuatan jebol material asli dan imitasi, serta antara berbagai motif. Metode ini memberikan informasi yang akurat tentang ketahanan material tenunan terhadap gaya

jebol, yang penting untuk menentukan aplikasi yang sesuai bagi masing-masing material.

### **Material**

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari tenunan serat sutra 100% asli dengan variasi motif A,B,dan C serta tenunan serat sutra imitasi 50% dan 100%.

### **Instrumen**

Alat uji sobek yang digunakan adalah mesin brand Elmendorf 2000:



Gambar 4. 3 Alat Pengujian Sobek Elmendorf 2000

Pengujian ini dilaksanakan dengan melakukan kalibrasi terlebih dahulu dengan jarum indikator menunjukkan angka nol. Setelah itu dipersiapkan sampel tenunan serat sutra sesuai SNI 13937-1-2010 lalu menguji kekuatan sobek dengan cara menekan tuas penahan beban bandul seperti pada sehingga lengan beban bandul berayun kekanan dan kekiri hingga jarum

indikator tertahan menunjukkan angka. Selanjutnya mencatat angka tersebut kedalam tabel hasil uji dengan satuan Newton (N).

#### 4.4 Hasil

##### Uji Sobek

Hasil uji sobek tenunan serat sutra dengan variasi motif A,B,dan C diperlihatkan pada tabel berikut:

**Tabel 4. 1** Hasil kekuatan uji sobek tenunan serat sutra 100% dengan variasi A, B, dan C

Sample	Uji Ke	Nilai Uji Kekuatan Sobek Kain Motif			
		Arah Pakan ( $10^{-2}$ N)	STDEV ( $10^{-2}$ N)	Arah Lusi ( $10^{-2}$ N)	STDEV ( $10^{-2}$ N)
Kain Motif Sutra 100% Motif A	1	3.14		2.56	
	2	3.52		2.18	
	3	1.95		2.14	
<b>Rata-rata</b>		<b>2.87</b>	<b>0.82</b>	<b>2.29</b>	<b>0.23</b>
Kain Motif Sutra 100% Motif B	1	4.42		1.92	
	2	3.81		2.30	
	3	4.32		1.86	
<b>Rata-rata</b>		<b>4.18</b>	<b>0.33</b>	<b>2.03</b>	<b>0.24</b>
Kain Motif Sutra 100% Motif C	1	3.26		1.76	
	2	3.30		2.08	
	3	3.55		2.50	
<b>Rata-rata</b>		<b>3.37</b>	<b>0.16</b>	<b>2.11</b>	<b>0.37</b>

Data uji sobek untuk tenunan serat sutra 100% motif A menunjukkan bahwa pada arah pakan, rata-rata kekuatan sobek adalah  $(2,8 \pm 0,82) \times 10^{-2}$  N. Sementara itu, pada arah lusi, rata-rata kekuatan sobek adalah  $(2,29 \pm 0,23) \times 10^{-2}$  N. Data ini mengindikasikan bahwa serat pada arah pakan memiliki kekuatan sobek yang lebih tinggi dibandingkan dengan arah lusi, meskipun dengan variabilitas yang lebih besar. Sebaliknya, serat pada arah lusi

menunjukkan konsistensi yang lebih baik dengan variabilitas yang lebih kecil dalam uji sobek.

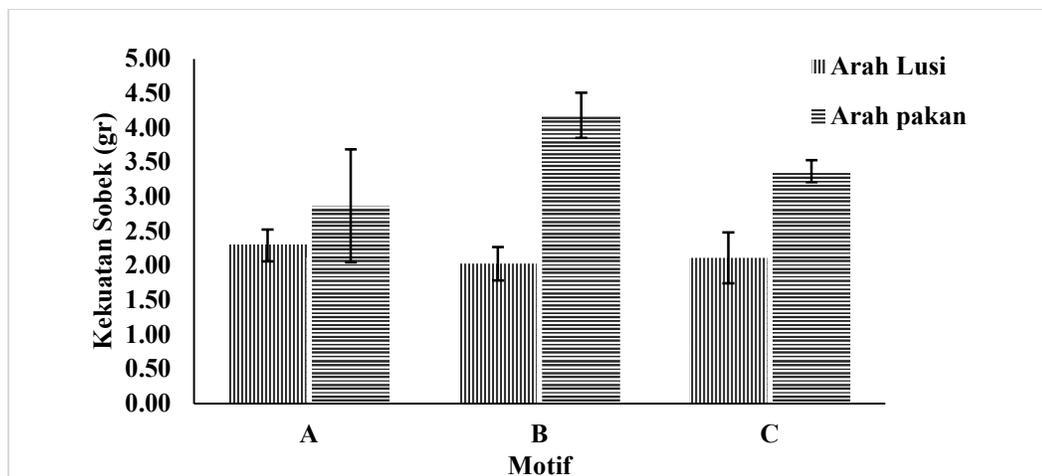
Data uji sobek untuk tenunan serat sutra 100% motif B menunjukkan bahwa pada arah pakan, rata-rata kekuatan sobek adalah  $(4,18 \pm 0,33) \times 10^{-2}$  N. Sementara itu, pada arah lusi, rata-rata kekuatan sobek adalah  $(2,03 \pm 0,24) \times 10^{-2}$  N. Data ini menunjukkan bahwa serat pada arah pakan memiliki kekuatan sobek yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan arah lusi, dan variabilitas hasilnya juga relatif kecil. Di sisi lain, serat pada arah lusi memiliki kekuatan sobek yang lebih rendah namun dengan konsistensi yang baik, sebagaimana ditunjukkan oleh standar deviasi yang kecil.

Data uji sobek untuk tenunan serat sutra 100% motif C menunjukkan bahwa pada arah pakan, rata-rata kekuatan sobek adalah  $(3,37 \pm 0,16) \times 10^{-2}$  N. Sementara itu, pada arah lusi, rata-rata kekuatan sobek adalah  $(2,11 \pm 0,37) \times 10^{-2}$  N. Data ini mengindikasikan bahwa serat pada arah pakan memiliki kekuatan sobek yang lebih tinggi dibandingkan dengan arah lusi, dan hasilnya cukup konsisten, ditunjukkan oleh standar deviasi yang kecil. Sebaliknya, serat pada arah lusi memiliki kekuatan sobek yang lebih rendah dan variabilitas yang lebih besar, seperti ditunjukkan oleh standar deviasi yang lebih tinggi.

Dalam analisis kekuatan sobek tenunan serat sutra 100% motif A, B, dan C, ditemukan bahwa pada arah pakan, tenunan serat sutra motif B menunjukkan kekuatan sobek tertinggi sebesar  $(4,18 \pm 0,33) \times 10^{-2}$  N menunjukkan konsistensi yang baik. Motif C memiliki kekuatan sobek kedua

tertinggi sebesar  $(3,37 \pm 0,16) \times 10^{-2}$  N menunjukkan konsistensi yang sangat baik, sementara motif A menunjukkan kekuatan sobek terendah sebesar  $(2,87 \pm 0,82) \times 10^{-2}$  N menunjukkan konsistensi yang kurang. Pada arah lusi, tenunan serat sutra motif A memiliki kekuatan sobek tertinggi sebesar  $(2,29 \pm 0,23) \times 10^{-2}$  N menunjukkan konsistensi yang baik. Motif C memiliki kekuatan sobek kedua tertinggi sebesar  $(2,11 \pm 0,37) \times 10^{-2}$  N, menunjukkan kurang konsistensi, sementara motif B menunjukkan kekuatan sobek terendah sebesar  $(2,03 \pm 0,24) \times 10^{-2}$  N dengan konsistensi yang baik. Hasil perbandingan tersebut diperlihatkan pada GAMBAR 4.4

Dengan demikian, motif B unggul dalam kekuatan sobek pada arah pakan, sedangkan motif A unggul pada arah lusi, Sehingga motif B diambil untuk dibandingkan dengan kekuatan sobek tenunan serat sutra 100% imitasi dan 50% imitasi.



Gambar 4. 4 Perbandingan kekuatan sobek dan variasi motif dengan tenunan lusi dan pakan

Hasil uji sobek tenunan serat sutra dengan variasi kualitas serat tenun Sutra 100% imitasi, 50% imitasi, dan 100% asli diperlihatkan pada tabel berikut:

**Tabel 4. 2** Hasil kekuatan uji sobek tenunan serat sutra dengan variasi kualitas.

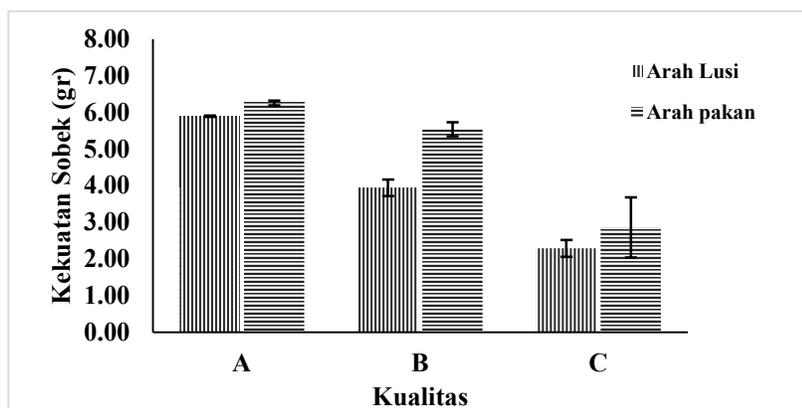
Sample	Uji Ke	Nilai Uji Kekuatan Sobek Kain Motif			
		Arah Pakan ( $10^{-2}$ N)	STDEV ( $10^{-2}$ N)	Arah Lusi ( $10^{-2}$ N)	STDEV ( $10^{-2}$ N)
Kain Motif Imitasi 100%	1	6.24		5.90	
	2	6.34		5.92	
	3	6.21		5.89	
<b>Rata-rata</b>		<b>6.26</b>	<b>0.07</b>	<b>5.90</b>	<b>0.02</b>
Kain Motif Imitasi 50%	1	5.44		3.71	
	2	5.43		4.16	
	3	5.76		3.97	
<b>Rata-rata</b>		<b>5.54</b>	<b>0.19</b>	<b>3.95</b>	<b>0.22</b>
Kain Motif Sutra 100% Motif B	1	4.42		1.92	
	2	3.81		2.30	
	3	4.32		1.86	
<b>Rata-rata</b>		<b>4.18</b>	<b>0.33</b>	<b>2.03</b>	<b>0.24</b>

Data uji sobek untuk tenunan serat sutra 100% imitasi menunjukkan bahwa pada arah pakan, rata-rata kekuatan sobek adalah  $(6,26 \pm 0,07) \times 10^{-2}$  N menunjukkan konsistensi yang sangat tinggi dalam hasil pengujian. Sementara itu, pada arah lusi, rata-rata kekuatan sobek adalah  $(5,90 \pm 0,02) \times 10^{-2}$  N yang juga menunjukkan tingkat konsistensi yang luar biasa. Secara keseluruhan, tenunan serat sutra 100% imitasi menunjukkan kekuatan sobek yang sangat tinggi dan sangat konsisten pada kedua arah, baik pakan maupun lusi, dengan variasi hasil yang minimal.

Data uji sobek untuk tenunan serat sutra 50% imitasi menunjukkan bahwa pada arah pakan, rata-rata kekuatan sobek adalah  $(5,54 \pm 0,19) \times 10^{-2}$

N menunjukkan hasil yang cukup konsisten. Sementara itu, pada arah lusi, rata-rata kekuatan sobek adalah  $(3,95 \pm 0,22) \times 10^{-2}$  N yang juga menunjukkan konsistensi yang baik meskipun dengan sedikit lebih banyak variabilitas dibandingkan arah pakan. Secara keseluruhan, tenunan serat sutra 50% imitasi menunjukkan kekuatan sobek yang lebih tinggi pada arah pakan dibandingkan arah lusi, dengan kedua arah menunjukkan tingkat konsistensi yang baik dalam hasil pengujian.

Secara keseluruhan, tenunan serat sutra 100% imitasi memiliki kekuatan sobek terbaik dan paling konsisten pada kedua arah, pakan dan lusi. Tenunan serat sutra 50% imitasi menunjukkan performa yang baik tetapi sedikit di bawah serat 100% imitasi. Tenunan serat sutra 100% motif B memiliki kekuatan sobek yang paling rendah dan variabilitas yang lebih besar dibandingkan serat imitasi. Hasil perbandingan tersebut diperlihatkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Perbandingan kekuatan sobek dan variasi tenunan serat sutra dengan arah tenunan lusi dan pakan

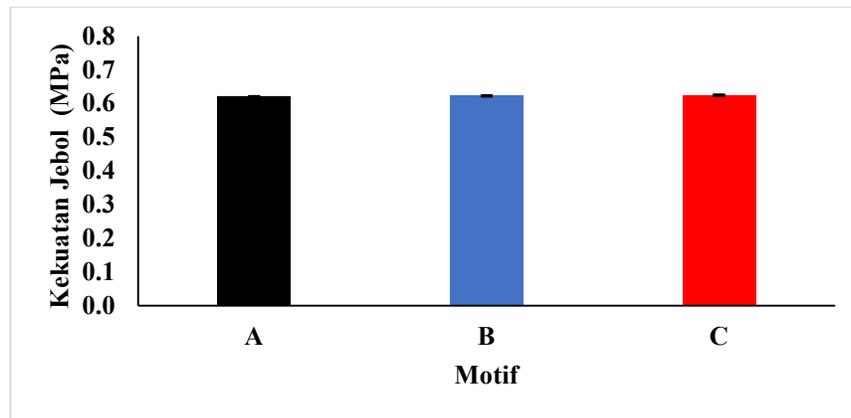
### Kekuatan Jebol

Berdasarkan data kekuatan jebol tenunan serat sutra dengan tiga motif berbeda, terdapat beberapa poin utama yang dapat diambil. Nilai rata-rata kekuatan jebol adalah 0,621 MPa untuk sutra hitam dengan standar deviasi 0,00080, 0,623 MPa untuk sutra biru dengan standar deviasi 0,0011, dan 0,625 MPa untuk sutra merah dengan standar deviasi 0,0011. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa sutra merah memiliki kekuatan jebol tertinggi, diikuti oleh sutra biru dan sutra hitam. Nilai standar deviasi menunjukkan bahwa sutra hitam memiliki pengukuran kekuatan yang paling konsisten, sedangkan sutra biru dan merah memiliki sedikit lebih banyak variasi. Meskipun perbedaan kekuatan jebol antara motif-motif tersebut minimal (sutra merah 0,004 MPa lebih kuat dari sutra hitam dan 0,002 MPa lebih kuat dari sutra biru), ini menunjukkan area potensial untuk optimalisasi. Data tersebut dapat dilihat pada TABEL 4.3

**Tabel 4. 3** Data Kekuatan Jebol Tenunan Serat Sutra dengan variasi motif

Sample	Uji Ke	Nilai Uji Kekuatan Jebol Kain Motif			
		<i>Psi</i>	<i>STDEV</i>	<i>MPa</i>	<i>STDEV</i>
Kain Motif	1	90.20		0.622	
Sutra 100%	2	90.00		0.621	
Hitam	3	90.00		0.621	
<b>Rata-rata</b>		<b>90.07</b>	<b>0.12</b>	<b>0.621</b>	<b>0.00080</b>
Kain Motif	1	90.20		0.622	
Sutra 100%	2	90.40		0.623	
Biru	3	90.50		0.624	
<b>Rata-rata</b>		<b>90.37</b>	<b>0.15</b>	<b>0.623</b>	<b>0.0011</b>
Kain Motif	1	90.60		0.625	
Sutra 100%	2	90.80		0.626	
Merah	3	90.50		0.624	
<b>Rata-rata</b>		<b>90.63</b>	<b>0.15</b>	<b>0.625</b>	<b>0.0011</b>

Untuk perbandingan tiap motif tenunan serat sutra dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 4. 6 Grafik Kekuatan jebol tenunan serat sutra dengan variasi jenis motif

Kekuatan yang lebih tinggi pada tenunan serat sutra merah menjadikannya cocok untuk aplikasi yang memerlukan daya tahan lebih tinggi. Sementara itu, konsistensi kekuatan pada tenunan serat sutra hitam dapat menguntungkan untuk penggunaan yang membutuhkan kinerja seragam dan andal di berbagai kondisi. Ini menjadikan sutra hitam sebagai pilihan yang baik untuk aplikasi menyeluruh di mana performa yang konsisten sangat penting. Tenunan serat sutra hitam dapat digunakan dalam berbagai industri komposit yang memerlukan kestabilan dan keandalan material, seperti dalam pembuatan komponen struktur ringan dan kuat.

Setelah ditemukan data kekuatan jebol yang optimum yaitu tenunan serat sutra selanjutnya membandingkan kekuatan jebol antara serat 100% asli, 50% asli, dan 100% imitasi. Data hasil uji jebol dapat dilihat pada TABEL 4.4 berikut:

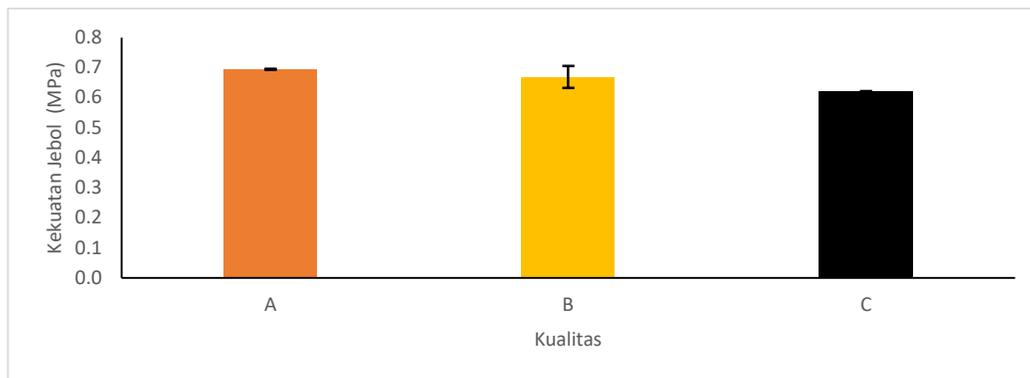
Tabel 4. 4 Data kekuatan jebol tenunan serat sutra dengan variasi kualitas

Sample	Uji Ke	Nilai Uji Kekuatan Jebol Kain Motif			
		<i>Psi</i>	<i>STDEV</i>	<i>MPa</i>	<i>STDEV</i>
Kain Motif Imitasi 100%	1	100.90		0.696	
	2	100.80		0.69	
	3	100.50		0.69	
<b>Rata-rata</b>		<b>100.73</b>	<b>0.21</b>	<b>0.69</b>	<b>0.0014</b>
Kain Motif Imitasi 50%	1	100.30		0.69	
	2	100.00		0.69	
	3	90.90		0.63	
<b>Rata-rata</b>		<b>97.07</b>	<b>5.34</b>	<b>0.67</b>	<b>0.037</b>
Kain Motif Sutra 100% Hitam	1	90.20		0.62	
	2	90.00		0.62	
	3	90.00		0.62	
<b>Rata-rata</b>		<b>90.06667</b>	<b>0.12</b>	<b>0.621</b>	<b>0.0008</b>

Berdasarkan data kekuatan jebol tenunan serat sutra, kain motif 100% imitasi memiliki kekuatan jebol tertinggi yaitu 0,69 MPa dengan standar deviasi 0,0014, diikuti oleh kain motif 50% imitasi dengan kekuatan jebol 0,67 MPa dan standar deviasi 0,037, serta kain motif hitam 100% asli dengan kekuatan jebol 0,62 MPa dan standar deviasi 0,0008. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa serat tenunan imitasi, baik 100% maupun 50%, memiliki kekuatan jebol yang lebih tinggi dibandingkan dengan tenunan serat sutra asli. Namun, variasi dalam kekuatan jebol pada kain motif 50% imitasi lebih tinggi dibandingkan dengan yang lain, seperti ditunjukkan oleh standar deviasi yang lebih besar, mengindikasikan kurangnya konsistensi dalam performa. Konsistensi yang tinggi pada kain motif hitam 100% asli, meskipun kekuatan jebolnya lebih

rendah, membuatnya cocok untuk aplikasi yang memerlukan kestabilan performa material.

Untuk perbandingan jenis kualitas tenunan serat sutra pada tabel di atas diperlihatkan pada grafik berikut:



Gambar 4. 7 Grafik kekuatan jebol tenunan serat sutra dengan variasi kualitas

Serat tenunan imitasi dengan kekuatan jebol yang lebih tinggi berpotensi digunakan dalam aplikasi yang memerlukan daya tahan tinggi dan dapat diandalkan, seperti dalam pembuatan komponen-komponen struktur yang membutuhkan kekuatan mekanis yang unggul. Selain itu, peningkatan dalam konsistensi kekuatan jebol pada kain motif 50% imitasi dapat memberikan peluang untuk optimalisasi lebih lanjut dalam proses produksi, memastikan produk akhir yang lebih seragam dan dapat diandalkan.

#### 4.5 Kesimpulan

Tenunan serat sutra 100% imitasi menunjukkan kekuatan sobek dan konsistensi yang paling tinggi baik pada arah pakan maupun lusi dibandingkan

dengan tenunan serat sutra 100% asli dengan motif B dan tenunan serat sutra 50% imitasi. Motif B pada serat sutra asli unggul dalam kekuatan sobek pada arah pakan, sedangkan motif A unggul pada arah lusi. Penelitian ini menunjukkan bahwa serat imitasi menawarkan keandalan dan performa mekanis yang superior dibandingkan serat asli, meskipun serat asli tetap memiliki keunggulan estetika dan nilai tradisional yang signifikan. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami sepenuhnya pengaruh pemotifan dan arah tenunan terhadap kekuatan sobek serta aplikasi potensial dari serat sutra imitasi dalam industri tekstil dan komposit.

Pada kekuatan jebol menunjukkan bahwa kain motif imitasi, baik 100% maupun 50%, menawarkan kekuatan jebol yang lebih unggul dibandingkan kain motif sutra asli, dengan potensi aplikasi yang luas dalam berbagai industri komposit.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Fuji, "Analysis of wild silk dyeing by the measurement of attenuated total reflection," *J. Seric, Sci. Japan*, vol. 54, pp. 374–376, 1985.
- A. Géczy et al., "Filtering Efficiency of Sustainable Textile Materials Applied in Personal Protective Face Mask Production during Pandemic," *Materials*, vol. 16, no. 3, Feb. 2023, doi: 10.3390/ma16030903.
- A. M. Seddek, M. H. Elrashidy, and S. F. El-Hawari, "Experimental and clinical evaluation of a new intra-lingual suture pattern for management of lingual wounds in farm animals," *SVU-International Journal of Veterinary Sciences*, vol. 4, no. 3, pp. 38–50, Sep. 2021, doi: 10.21608/svu.2021.75493.1126.
- C. Pang, F. Li, X. Hu, K. Meng, H. Pan, and Y. Xiang, "Degradable silk fibroin based piezoresistive sensor for wearable biomonitoring," *Discover Nano*, vol. 19, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1186/s11671-024-04001-z.
- D. Obed et al., "In Vitro Differentiation of Myoblast Cell Lines on Spider Silk Scaffolds in a Rotating Bioreactor for Vascular Tissue Engineering," *J Pers Med*, vol. 12, no. 12, Dec. 2022, doi: 10.3390/jpm12121986.
- Das, S. (2022). Abrasion Resistance and Tensile Behavior of Woven Bi-voltine Silk Fabrics. *Journal of Natural Fibers*, 19(8), 2799 – 2804. <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1821294>
- E. Sterenzon, V. K. Vadivel, Y. Gerchman, T. Luxbacher, R. Narayanan, and H. Mamane, "Effective Removal of Acid Dye in Synthetic and Silk Dyeing Effluent: Isotherm and Kinetic Studies," *ACS Omega*, vol. 7, no. 1, pp. 118–128, Jan. 2022, doi: 10.1021/acsomega.1c04111.
- Fang, X., Wyatt, T., Wu, J., & Yao, D. (2015). An effective and simple process for obtaining high strength silkworm (*Bombyx mori*) silk fiber. *Fibers and Polymers*, 16(12), 2609 – 2616. <https://doi.org/10.1007/s12221-015-5170-8>
- Fukashi Shimizu, "Studies on the mordanting with metallic salts for silk dyeing II Influence of postmordanted metallic salts on the hue and color fastness of silk habutae dyed with acid mordant dye," *J. Sericult. Sci Japan*, vol. 50, pp. 29–35, 1981.
- Gaither, L. N., & Riedel, C. (2017). Using a multivariate Gaussian Mixture Model with Expectation Maximization to identify characteristic bursting strength in woven hemp fabrics. *ASME International Mechanical Engineering Congress and*

- Exposition, Proceedings (IMECE), 14. <https://doi.org/10.1115/IMECE2017-70784>
- Greco, G., Mirbaha, H., Schmuck, B., Rising, A., & Pugno, N. M. (2022). Artificial and natural silk materials have high mechanical property variability regardless of sample size. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07212-5>
- H. F. Schiefer, R. S. Cleveland, J. W. Porter, and J. Miller, "EFFECT OF WEAVE ON THE PROPERTIES OF CLOTH 1," 1933.
- H. O. Mokaya et al., "Silkmoth pupae: potential and less exploited alternative source of nutrients and na antioxidants," *J Insects Food Feed*, vol. 9, no. 4, pp. 491–501, 2023, doi: 10.3920/JIFF2021.0134.
- H. Wang, L. Cao, H. Yuan, Y. Li, R. Wen, and G. Xu, "Development and characterization of kapok/waste silk nonwoven as a multifunctional bio-based material for textile applications," *Journal of Industrial Textiles*, vol. 53, Jan. 2023, doi: 10.1177/15280837231198014.
- I. Iachina, J. Fiutowski, H. G. Rubahn, F. Vollrath, and J. R. Brewer, "Nanoscale imaging of major and minor ampullate silk from the orb-web spider *Nephila Madagascariensis*," *Sci Rep*, vol. 13, no. 1, Dec. 2023, doi: 10.1038/s41598-023-33839-z.
- J. von Byern et al., "Biomechanical properties of fishing lines of the glowworm *Arachnocampa luminosa* (Diptera; Keroplatidae)," *Sci Rep*, vol. 9, no. 1, Dec. 2019, doi: 10.1038/s41598-019-39098-1.
- L. Lemetti, J. Tersteegen, J. Sammaljärvi, A. S. Aranko, and M. B. Linder, "Recombinant Spider Silk Protein and Delignified Wood Form a Strong Adhesive System," *ACS Sustain Chem Eng*, vol. 10, no. 1, pp. 552–561, Jan. 2022, doi: 10.1021/acssuschemeng.1c07043.
- Luftinor, N. Herlina, and A. Santika Kurniati, "Coffee bean skin waste extraction for silk dyeing," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Jun. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/801/1/012075.
- N. Brockmann, A. Sicken, and J. Krüger, "Effects of laser cleaning on the condition of different silk model samples using varying wavelengths and pulse durations," *Herit Sci*, vol. 12, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1186/s40494-024-01152-1.

- N. Kono et al., "Multicomponent nature underlies the extraordinary mechanical properties of spider dragline silk", doi: 10.1073/pnas.2107065118/-/DCSupplemental.
- Özdemir, H., & Mert, E. (2013). The effects of fabric structural parameters on the breaking, bursting and impact strengths of diced woven fabrics. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 23(2), 113 – 123. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84880060986&partnerID=40&md5=90d0418bbb87f1c994cf5fc9bcf1344b>
- P. Ferruti, J. Alongi, E. Barabani, A. Manfredi, and E. Ranucci, "Silk/Polyamidoamine Membranes for Removing Chromium VI from Water," *Polymers (Basel)*, vol. 15, no. 8, Apr. 2023, doi: 10.3390/polym15081871.
- R. Sudhakar, K. N. N. Gowda, and G. Venu2, "Mitotic Abnormalities Induced by Silk Dyeing Industry Effluents in the Cells of *Allium cepa*," 2001.
- S. Urtgam, T. Sumpradit, and N. Thurnkul, "The antibacterial activity and silk dyeing of the crude pigment extract from J4 actinobacteria strain," *J Curr Sci Technol*, vol. 13, no. 2, pp. 455–464, May 2023, doi: 10.59796/jcst.V13N2.2023.262.
- S. Yang, H. Xiang, Y. Wang, K. Chen, and W. Gao, "Effect of Fabric Substrate and Introduction of Silk Fibroin on the Structural Color of Photonic Crystals," *Polymers (Basel)*, vol. 15, no. 17, Sep. 2023, doi: 10.3390/polym15173551.
- T. S. Kumar, M. R. Kumar, D. Raja, C. Prakash, and V. Thirumurugan, "Thermal comfort properties of silk knitted denim fabrics," *Indian J Fibre Text Res*, vol. 49, no. 1, pp. 91–95, Mar. 2024, doi: 10.56042/ijftr.v49i1.9541.
- T. Toprak, M. Akgun, and P. Anis, "Effects of environmentally friendly degumming methods on some surface properties, physical performances and dyeing behaviour of silk fabrics," *Industria Textila*, vol. 71, no. 4, pp. 380–387, 2020, doi: 10.35530/IT.071.04.1675.
- Tang, J.-Y., Wang, Y.-P., Chen, X., & Yang, R. (2019). Analysis of the tensile property of silk filament yarn. *Textile Bioengineering and Informatics Symposium Proceedings*, TBIS, 777 – 783. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85073803952&partnerID=40&md5=81f6ec767a7acee30944a273d6984d3f>
- V. V. Rodin and P. S. Belton, "Changes in Natural Silk Fibres by Hydration, Tensile Loading and Heating as Studied by 1H NMR: Anisotropy in NMR Relaxation Times," *Polymers (Basel)*, vol. 14, no. 17, Sep. 2022, doi: 10.3390/polym14173665.

- Y. Du et al., "Hydrophobic Silk Fibroin–Agarose Composite Aerogel Fibers with Elasticity for Thermal Insulation Applications," *Gels*, vol. 10, no. 4, Apr. 2024, doi: 10.3390/gels10040266.
- Y. Gong, G. Zhou, C. Qiao, and Y. Pan, "Study on the photodegradation behaviors of thermal-aged silk," *Herit Sci*, vol. 12, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1186/s40494-024-01270-w.
- Y. S. Bae and I. C. Um, "Effects of fabrication conditions on structure and properties of mechanically prepared natural silk web and non-woven fabrics," *Polymers (Basel)*, vol. 13, no. 10, May 2021, doi: 10.3390/polym13101578.
- Y. Wu, R. Wang, L. Lou, L. Wang, and J. Wang, "Local Characterisation and Detection of Woven Fabric Texture Based on a Sparse Dictionary," *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, vol. 151, no. 3, pp. 33–40, Oct. 2022, doi: 10.2478/ftce-2022-0020.
- Z. Yang et al., "Injectable Bombyx mori (B. mori) silk fibroin/MXene conductive hydrogel for electrically stimulating neural stem cells into neurons for treating brain damage," *J Nanobiotechnology*, vol. 22, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1186/s12951-024-02359-x.

## **BAB V**

### **PENELITIAN TOPIK III**

#### **ANALISIS KEKUATAN MEKANIS KOMPOSIT DIPERKUAT TENUNAN SUTRA DENGAN MATRIKS EPOXY RESIN**

##### **5.1 Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi motif dan kualitas tenunan serat sutra terhadap sifat mekanis komposit yang diperkuat dengan resin epoxy. Serat sutra dipilih karena keunggulannya dalam hal kekuatan mekanis dan kemampuan biodegradabilitas, sehingga dapat menjadi alternatif yang ramah lingkungan untuk menggantikan serat sintetis. Uji mekanis yang dilakukan meliputi uji tarik, uji bending, dan uji dampak. Variasi motif yang digunakan terdiri dari tiga jenis, yaitu motif A (2 corak motif), motif B (3 corak motif), dan motif C (4 corak motif). Selain itu, penelitian juga mengkaji kualitas tenunan serat sutra dalam tiga kategori: imitasi (0%), campuran (50%), dan asli (100%). Hasil uji tarik menunjukkan bahwa motif B memiliki kekuatan tarik tertinggi (41,73 MPa) dibandingkan dengan motif A dan C, dengan nilai regangan tertinggi pada motif A (7,34%). Pada uji bending, motif B juga menunjukkan kekuatan bending tertinggi (90,52 MPa), sementara motif C memiliki kekuatan terendah (78,73 MPa). Untuk uji dampak, motif B kembali menunjukkan performa terbaik dengan nilai kekuatan dampak tertinggi (6735,42 Joule/m<sup>2</sup>), sedangkan motif A memiliki nilai terendah. Secara keseluruhan, peningkatan jumlah corak motif pada motif tenunan serat sutra cenderung menurunkan kekuatan mekanis komposit. Penelitian ini juga menemukan bahwa kualitas serat sutra sangat mempengaruhi sifat mekanis komposit. Serat sutra asli (100%) menunjukkan

performa tertinggi pada semua uji mekanis dibandingkan serat imitasi dan campuran. Dengan demikian, tenunan serat sutra berkualitas tinggi memberikan hasil komposit yang lebih kuat dan tahan terhadap beban mekanis. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan material komposit berbasis serat alami, khususnya untuk aplikasi material teknik yang ramah lingkungan.

## **5.2 Pendahuluan**

### **Analisis kekuatan mekanik komposit tenunan serat sutra terhadap jenis motif yang diperkuat resin epoxy**

Jenis material yang digunakan pada penelitian ini adalah material komposit yang diperoleh dari perpaduan resin epoxy dan hardener dengan bahan penguat serat sutra dalam lembaran serat tenunan. Spesimen benda uji memiliki variasi berupa jenis motif pada masing-masing spesimen berupa motif A (2 corak motif), motif B (3 corak motif) dan motif C (4 corak motif). Adapun data yang diperoleh dari penelitian ini meliputi hasil pengujian mekanik Tarik, Bending dan Impak untuk mengetahui pengaruh variasi pewarnaan pada komposit serat sutra. Data-data yang diperoleh dari pengujian ini adalah sebagai berikut.

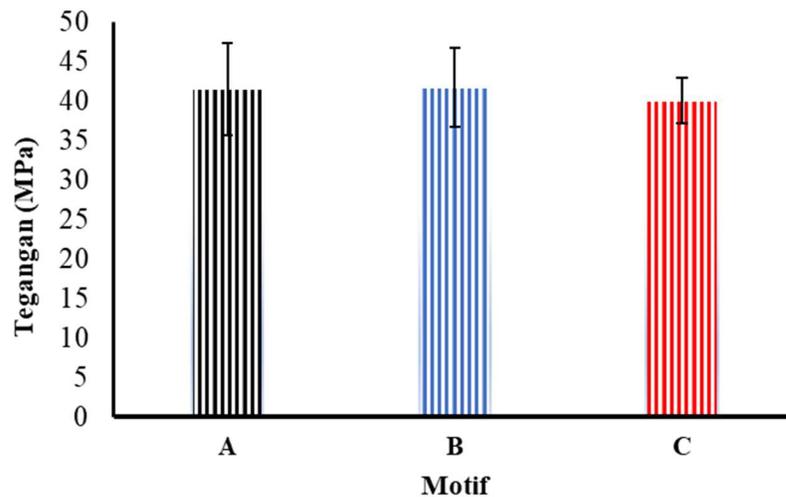
## **5.3 Hasil Pengujian tarik**

Dalam pengujian ini diperoleh data sifat material yang meliputi ; Beban maksimum Kekuatan Tarik, dan Regangan pada material komposit serat sutra.

Pengujian tarik dilakukan dengan metode memberikan beban gaya yang berlawanan arah secara terus-menerus, sehingga bahan mengalami perpanjangan yang meningkat dan teratur sampai putus. Data yang disajikan merupakan hasil rata-rata dari spesimen sampel uji yang terdiri dari tiga motif, yaitu motif A (2 corak motif), motif B (3 corak motif), dan motif C (4 corak motif).

Tabel 5. 1 Hasil data uji tarik komposit tenunan sutra dengan 3 motif

Motif	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Beban (N)	Kekuatan Tarik (MPa)	Regangan (%)
A	12,97	4,20	54,46	2260,77±304,22	41,53 ±5,78	7,34±1,34
B	13,00	4,10	53,30	2224,23±266,82	41,73±5,01	6,49±0,54
C	12,93	4,20	54,32	2179,96±174,35	40,12±40,12	5,99±0,77



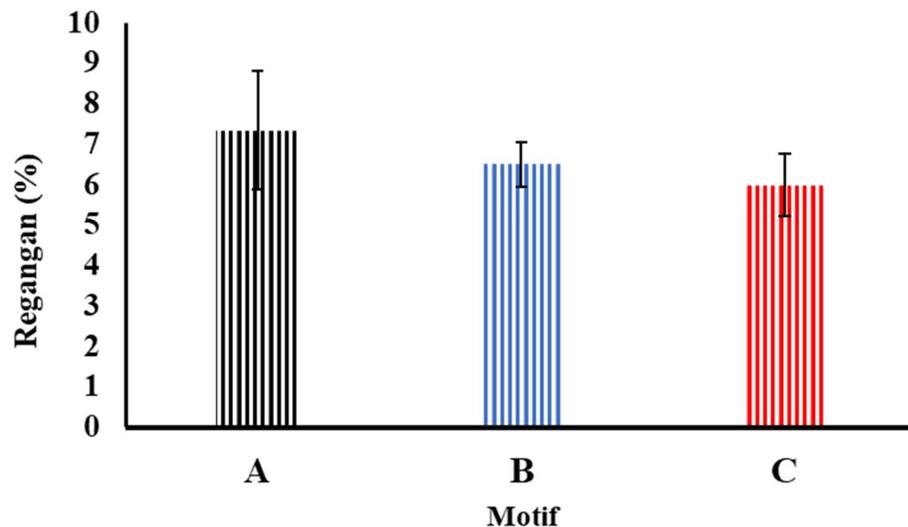
Gambar 5. 1 Grafik hubungan antara kekuatan tarik dengan jenis motif

Gambar tersebut menunjukkan diagram batang yang menggambarkan tegangan (dalam MPa) untuk tiga kelompok dengan label A, B, dan C pada sumbu horizontal, yang diidentifikasi sebagai "Motif". Sumbu vertikal menunjukkan nilai tegangan dengan rentang dari 0 hingga 50 MPa. Dilihat bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi didapat pada motif B dengan nilai  $41,73 \pm 5,01$  MPa dan nilai terendah pada motif C  $40,12 \pm 40,12$  Mpa.

Berdasarkan diagram ini, terlihat bahwa ketiga kelompok (A, B, dan C) memiliki nilai tegangan yang relatif serupa, berkisar antara sekitar 35 MPa hingga sedikit di atas 40 MPa. Meskipun terdapat sedikit variasi antara kelompok, variasi ini tidak terlalu signifikan, mengindikasikan bahwa motif tidak memiliki pengaruh yang besar terhadap nilai tegangan. Selain itu, setiap batang dilengkapi dengan *error bar* (error bar), yang menunjukkan bahwa ada variasi atau ketidakpastian dalam pengukuran tegangan. *Error bar* ini relatif pendek, menandakan bahwa data tegangan untuk setiap kelompok cukup konsisten.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan dalam tegangan antara kelompok A, B, dan C. Hal ini mungkin menunjukkan bahwa faktor motif tidak berdampak besar pada nilai tegangan dalam konteks eksperimen atau pengujian yang dilakukan. Jika motif merupakan variabel yang diuji untuk melihat pengaruhnya terhadap tegangan, maka hasil ini menyiratkan bahwa motif tidak memberikan pengaruh signifikan.

Namun, analisis lebih lanjut dan pengujian statistik diperlukan untuk memastikan validitas dari kesimpulan ini.



Gambar 5. 2 Grafik hubungan antara regangan Tarik komposit serat sutra dengan jenis motif

Grafik tersebut menunjukkan persentase regangan (%) untuk tiga motif yang berbeda, yang diberi label sebagai A, B, dan C pada sumbu horizontal (motif). Sumbu vertikal menunjukkan nilai persentase regangan, dengan kisaran dari 0% hingga 10%. Pada motif A memiliki persentase regangan tertinggi di antara ketiga motif, yaitu sebesar  $7,34 \pm 1,34$  %. Nilai ini ditunjukkan oleh puncak batang yang paling tinggi. Kesalahan standar (ditunjukkan oleh garis vertikal pada puncak batang) menunjukkan sedikit variasi, namun tetap dalam rentang yang dapat diterima. Pada motif B, Persentase regangan untuk motif B sedikit lebih rendah dibandingkan dengan motif A, yaitu  $6,49 \pm 0,54$  %

.Pada motif C, memiliki persentase regangan terendah di antara ketiga motif, yaitu  $5,99 \pm 0,77$  %. Meskipun nilai regangannya lebih rendah, kesalahan standar tetap ada, menunjukkan konsistensi yang relatif baik dalam pengukuran.

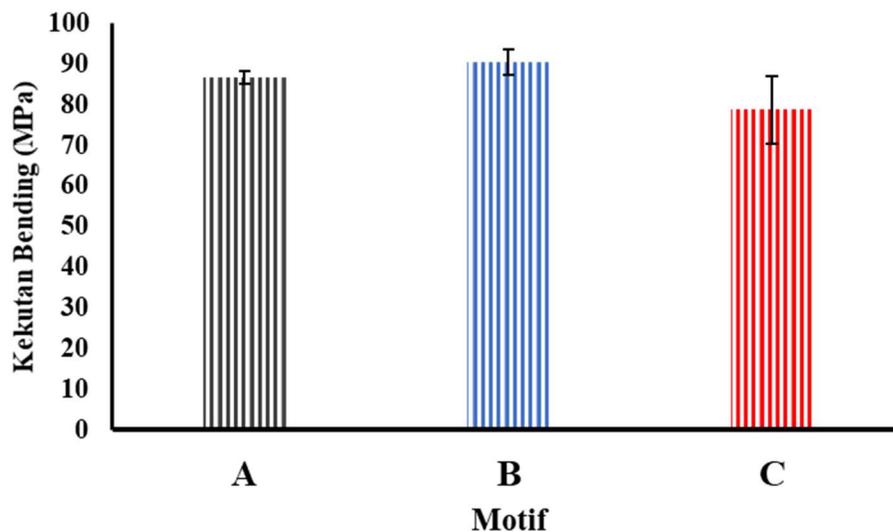
Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa motif A menghasilkan regangan tertinggi, diikuti oleh motif B, dan kemudian motif C dengan regangan terendah. Kesalahan standar untuk ketiga motif menunjukkan bahwa meskipun terdapat variasi, hasilnya cukup konsisten.

### **Pengujian Bending**

Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah variasi pearnan pada serat dengan sampel uji 3 buah spesimen per variasi .Pengujian bending dilakukan untuk mengetahui kemampuan sebuah bahan dalam menahan beban lentur hingga terjadi deformasi atau keretakan. Data yang disajikan merupakan hasil rata-rata dari spesimen sampel uji yang terdiri dari tiga motif, yaitu motif A (2 corak warna), motif B (3 corak warna), dan motif C (4 corak warna).

Tabel 5. 2 Hasil data uji bending komposit tenunan sutra dengan 3 motif

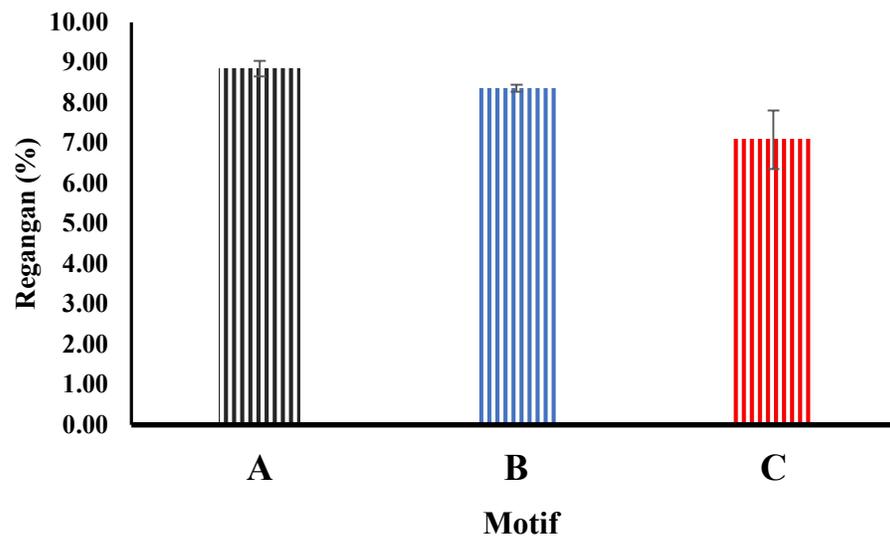
Motif	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm)	Daya (N)	Kekuatan Bending (MPa)	Regangan (%)
A	16,03	3,87	61,99	216,13±8,96	86,69±1,52	8,85±0,20
B	16,13	4,13	66,68	257,57±3,23	90,52±3,12	8,36±0,09
C	16,20	4,37	70,74	252,61±47,02	78,73±8,23	7,49±0,91



Gambar 5. 3 Grafik hubungan antara kekuatan bending dengan jenis motif

Grafik tersebut menampilkan diagram batang yang menggambarkan kekuatan beding (dalam MPa) dari tiga kelompok motif pada sumbu horizontal. Berdasarkan grafik ini, terlihat bahwa ketiga kelompok material memiliki nilai tegangan lentur yang berbeda-beda. Motif B menunjukkan kekuatan bending yang paling tinggi, sebesar 90,52±3,12 MPa, diikuti oleh motif A dengan nilai tegangan sedikit di bawahnya, sebesar 86,69±1,52 MPa. Sementara itu, motif C memiliki tegangan bending yang paling rendah di antara ketiga kelompok,

yaitu sebesar  $78,73 \pm 8,23$  MPa. Setiap batang dilengkapi dengan *error bar* (error bar), yang menunjukkan variasi atau ketidakpastian dalam pengukuran tegangan lentur. *Error bar* ini cukup pendek, yang mengindikasikan bahwa data tegangan untuk setiap kelompok cukup konsisten dan tidak terdapat variasi yang besar di dalam masing-masing kelompok.



Gambar 5. 4 Grafik hubungan antara regangan bending dengan jenis motif

Grafik di atas menunjukkan nilai regangan dalam persentase, dengan skala dari 0% hingga 10% dengan membandingkan jenis motif yaitu motif A (2 corak warna), motif B (3 corak warna), dan motif C (4 corak warna). Dilihat pada motif menunjukkan persentase regangan tertinggi di antara ketiga motif, dengan nilai yang mencapai  $8,85 \pm 0,20$  pada motif B memiliki persentase regangan yang sedikit lebih rendah dibandingkan motif A, yaitu sebesar

8,36±0,09 %. Sedangkan pada motif memiliki persentase regangan yang lebih rendah dibandingkan dengan motif A dan B, sebesar 7,49±0,91 %. Berbeda dengan motif A dan B, motif C memiliki kesalahan standar yang lebih besar, ditandai dengan garis vertikal yang lebih panjang. Ini menunjukkan bahwa terdapat lebih banyak variasi dalam pengukuran regangan untuk motif C.

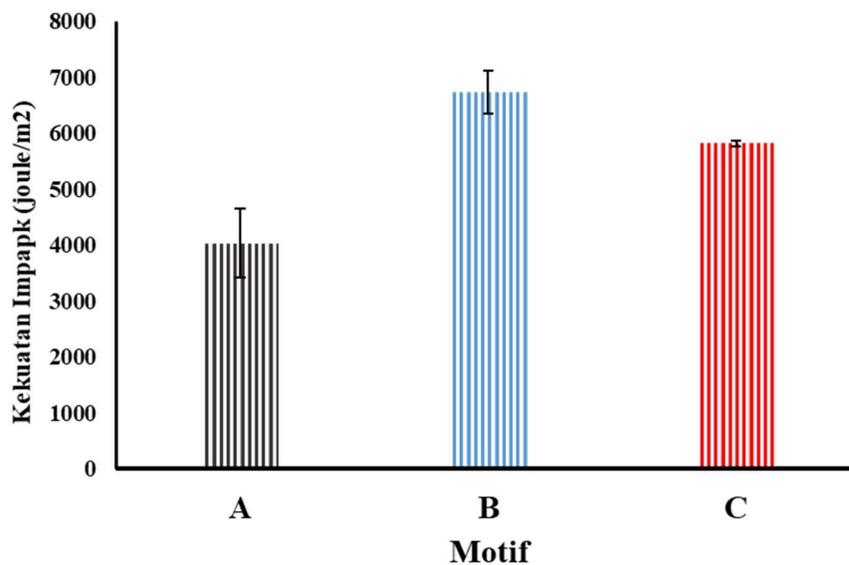
Grafik ini menunjukkan bahwa motif A dan B memiliki regangan yang hampir sama, dengan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan motif C. Namun, meskipun regangan untuk motif C lebih rendah, kesalahannya lebih besar, yang mungkin menunjukkan bahwa motif ini memiliki lebih banyak ketidakpastian dalam hasil pengukurannya. Secara keseluruhan, motif A dan B tampaknya lebih stabil dan dapat diandalkan dalam hal regangan, sementara motif C menunjukkan hasil yang lebih bervariasi.

### **Pengujian Impak**

Dari hasil pengujian Impak yang telah dilakukan, diperoleh besarnya energi yang diserap oleh spesimen hingga patah, kemudian dari data tersebut akan didapat nilai ketangguhan impak dari masing-masing spesimen tenunan serat sutra. Data yang ditampilkan berikut merupakan hasil rata-rata dari spesimen sampel uji yang terdiri dari 3 jenis motif yaitu motif A (2 corak warna), motif B (3 corak warna), dan motif C (4 corak warna).

Tabel 5. 3 Hasil data uji impak komposit tenunan sutra dengan 3 motif

Motif	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm)	Tenaga Patahan (Joule)	Kekuatan Impak (Joule /m <sup>2</sup> )
A	9,93	4,20	41,72	0,17±0,03	4031,84±615,40
B	10,00	4,20	42,00	0,28±0,01	6735,42±377,66
C	9,93	4,20	42,42	0,25±0,01	5815,49±57,58



Gambar 5. 5 Grafik hubungan antara kekuatan impak dengan jenis motif

Grafik yang ditampilkan menunjukkan perbandingan kekuatan impak (dalam satuan Joule/m<sup>2</sup>) untuk tiga motif berbeda, yaitu A, B, dan C. Sumbu vertikal mewakili nilai kekuatan impak, sedangkan sumbu horizontal menunjukkan kategori motif. Berdasarkan grafik, motif A memiliki nilai kekuatan impak sebesar 4031,84±615,40 Joule/m<sup>2</sup>, yang merupakan nilai terendah di antara ketiga motif tersebut. Motif B memiliki nilai kekuatan impak tertinggi, sebesar 6735,42±377,66 Joule/m<sup>2</sup>, sementara motif C menunjukkan

kekuatan impact sebesar  $5815,49 \pm 57,58$  Joule/m<sup>2</sup>, sedikit lebih rendah dari motif B tetapi lebih tinggi dari motif A.

Setiap batang pada grafik juga dilengkapi dengan *error bar*, yang menunjukkan rentang variasi atau ketidakpastian dalam pengukuran. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa motif B adalah yang paling kuat dalam hal impact, diikuti oleh motif C, dan kemudian motif A. Secara keseluruhan untuk perbedaan kekuatan impact di semua motif tidak terlalu signifikan dilihat dari nilai kekuatan tertinggi dan terendah dari ketiga motif tersebut.

Berdasarkan hasil penelitian di atas, pengaruh jumlah motif tenunan serat sutra terhadap kekuatan mekanis komposit tenunan serat sutra sutra mempengaruhi kekuatan mekanisnya. Semakin banyak motif atau pewarnaan maka kekuatan mekanisnya cenderung menurun, penelitian ini didukung oleh (Fang et al., 2024) yang meneliti bahwa pencelupan sutra berdampak negatif pada sifat mekanik komposit serat sutra. Proses pencelupan mengganggu struktur  $\beta$ -lembaran sutra, menyebabkan penurunan kekuatan lentur. Selain itu penelitian (Ganguly et al., 2018) juga menemukan hal serupa bahwa efek pewarna pada tenunan serat sutra mempengaruhi kekuatan sutra sehingga mengakibatkan penurunan performa pada aplikasi komposit. Selain itu hasil penelitian tersebut juga didukung oleh penelitian yang dilakukan (Jiang & Tang, 2024) yang meneliti tentang pengaruh pewarnaan tenunan serat sutra pada kondisi rendaman temperature rendah, semakin banyak perendaman atau

motif warna yang diberikan mempengaruhi kekuatan lentur tenunan serat sutra sehingga dapat mengurangi kekuatan mekanis pada aplikasi komposit. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh (Sun et al., 2012) yang meneliti tentang pemberian pewarna asam terhadap tenunan serat sutra mengurangi kekuatan mekanisnya sehingga dapat berdampak pada aplikasi kompositnya.

### **Analisis pengaruh kualitas tenunan komposit serat sutra terhadap uji mekanis yang diperkuat resin epoxy**

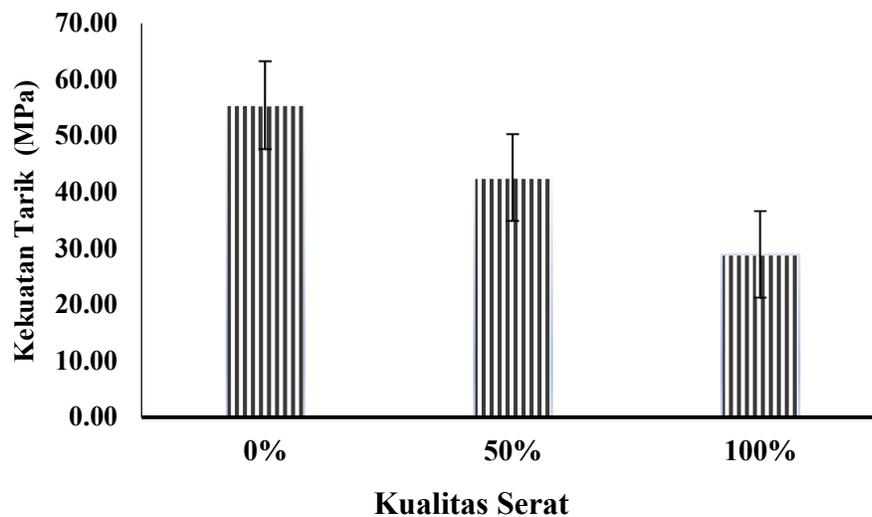
Pada bab ini, akan disampaikan hasil-hasil pengujian mekanik yang telah dilakukan pada material komposit yang menggunakan bahan penguat serat sutra dan tenunan sutra dengan variasi kualitas imitasi 0%, campuran 50%, dan asli 100%. Data yang disajikan mencakup hasil pengujian tarik, bending, dan impak, dengan tujuan untuk memahami pengaruh kualitas tenunan terhadap kekuatan komposit serat sutra.

### **Pengujian Tarik Komposit Kualitas Serat**

Analisa kekuatan tarik dengan variasi kualitas tenunan pada 46 masing-masing komposit serat sutra. Perbedaan bahan dasar penguat ini memiliki pengaruh yang cukup signifikan dalam hal kekuatan tarik. Pada tabel di bawah memuat hasil pengujian tarik dengan variasi kualitas imitasi (0%), campuran (50%) dan asli (100%) pada komposit serat sutra yang digunakan.

Tabel 5. 4 hasil data uji tarik kuliatas sutra

Sampel	Tegangan (MPa)	Regangan (%)
0%	$55.44 \pm 1.58$	$8.54 \pm 0.46$
50%	$42.51 \pm 12.05$	$6.02 \pm 1.52$
100%	$28.93 \pm 5.69$	$4.02 \pm 1.27$

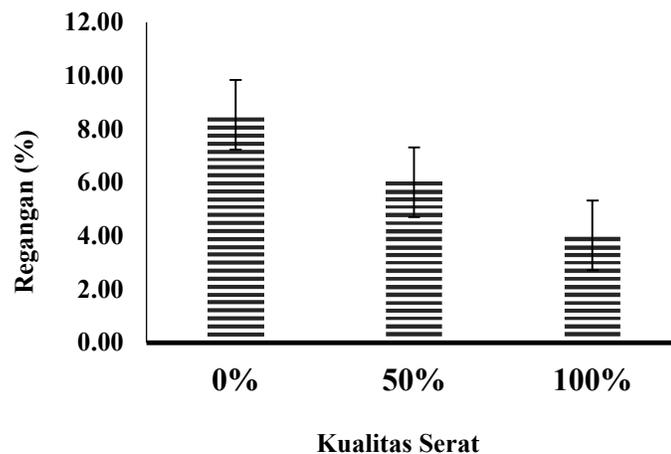


Gambar 5. 6 Grafik perbandingan kekuatan tarik terhadap kualitas tenunan serat sutra

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa ada hubungan terbalik antara kualitas tenunan serat sutra dan kekuatan tarik dari komposit. Dengan kata lain, semakin tinggi kualitas serat asli dalam komposit, kekuatan tarik cenderung menurun. Berdasarkan data, komposit dengan serat imitasi (0% serat asli) menunjukkan kekuatan tarik yang paling tinggi, yaitu  $55.44 \pm 1.58$  MPa, sementara komposit dengan serat asli (100% serat asli) memiliki

kekuatan tarik paling rendah, yaitu  $28.93 \pm 12.05$  MPa. Selisih antara nilai kekuatan tarik tertinggi dan terendah ini adalah 47,82%.

Meski serat sutra alami memiliki keunggulan dalam hal keberlanjutan dan manfaat ekologis, serat sutra imitasi dapat menawarkan kekuatan mekanis yang lebih konsisten dan lebih tinggi, yang membuatnya lebih unggul dalam aplikasi yang membutuhkan daya tahan mekanis tinggi.



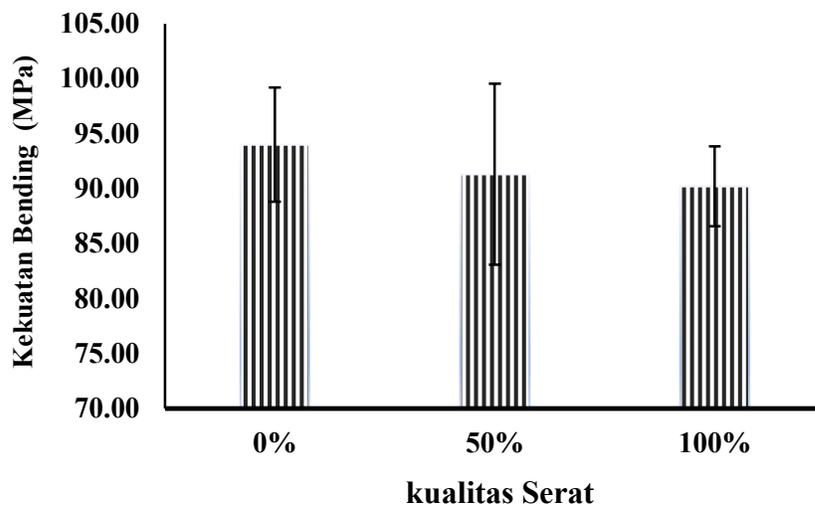
Gambar 5. 7 Grafik perbandingan regangan tarik terhadap kualitas tenunan serat sutra

### Pengujian Bending Komposit Kualitas Serat

Untuk melanjutkan pembahasan tentang pengujian bending pada material komposit epoxy berpenguat serat sutra dengan perbandingan 60%:40%, serta berdasarkan standar ASTM D790-2, silakan berikan data hasil pengujian bending tersebut. Data ini akan membantu dalam analisis kekuatan lentur material komposit yang telah dibuat.

Tabel 5. 5 Uji bending pada komposit tenunan kualitas serat

Sampel	Tegangan	Regangan
0%	94.01 ± 5.20	0.07
50%	91.30 ± 8.23	0.07 ± 0.01
100%	90.21 ± 3.64	0.09

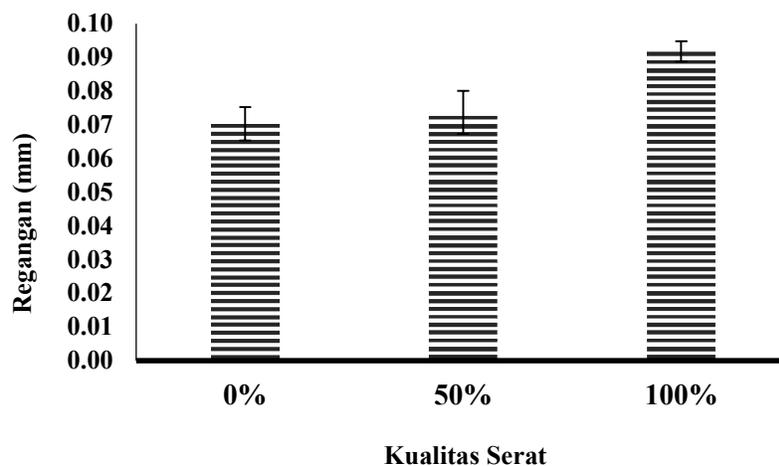


Gambar 5. 8 Grafik perbandingan kekuatan bending terhadap kualitas tenunan serat sutra

Dari data pada Tabel 8 diketahui bahwa komposit dengan variasi serat kualitas imitasi (0%) memiliki nilai kekuatan bending sebesar  $94.01 \pm 5.20$  MPa, sedangkan komposit dengan variasi serat kualitas asli (100%) memiliki nilai kekuatan bending sebesar  $90.21 \pm 3.64$  MPa dimana nilai tersebut merupakan nilai terendah di antara variasi kualitas serat sutra yang lain. Hal ini mengidentifikasi bahwa kualitas serat sutra dapat mempengaruhi kekuatan bending komposit. Dengan meningkatnya kualitas serat sutra sebagai bahan

penguat komposit cenderung menurunkan kekuatan bending suatu material komposit.

Berdasarkan hasil pengujian bending, nilai kekuatan bending tertinggi dicapai oleh variasi tenunan serat sutra dengan kualitas imitasi (0%), yaitu sebesar  $94.01 \pm 5.20$  MPa. Sebaliknya, kekuatan bending terendah terdapat pada variasi serat tenunan dengan kualitas asli (100%), dengan nilai sebesar  $90.21 \pm 8.23$  MPa. Selisih antara kekuatan bending tertinggi dan terendah ini adalah sebesar 4.21%.



Gambar 5. 9 Grafik perbandingan regangan bending terhadap kualitas tenunan serat sutra

Pada grafik diatas diperoleh nilai regangan sebesar 0.09 mm pada kualitas serat asli (100%), dan diperoleh nilai regangan sebesar  $0.07 \pm 0.01$  mm pada kualitas serat campuran (50%) kemudian diperoleh nilai regangan sebesar 0.07 mm pada kualitas imitasi (0%). Selisih antara regangan tertinggi

dengan terendah sebesar 50%. Hal ini dikarenakan serat sintesis seringkali memiliki permukaan yang dirancang untuk meningkatkan adhesi dengan matriks komposit, sehingga transfer beban lebih efisien dan meningkatkan tegangan maksimum yang dapat dicapai sedangkan sutra asli memiliki adhesi yang kurang optimal dengan matriks komposit karena permukaan alami yang tidak dirancang spesifik ini bisa menyebabkan pelepasan lokal dibawah beban tinggi, yang meningkatkan regangan tetapi mengurangi tegangan maksimum.

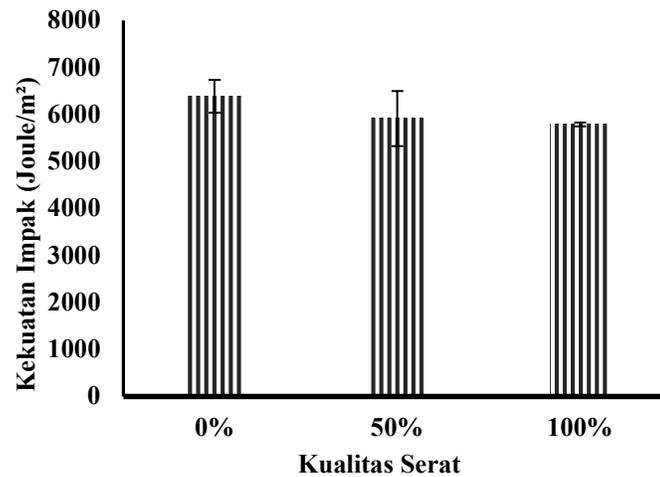
### **Pengujian Impak Komposit Tenunan Kualitas Sutra**

Pengujian impak dilakukan untuk mengetahui besarnya sebuah pendulum yang menghantam spesimen dari material komposit yang telah dibuat. Hasil material komposit *epoxy* berpenguat serat sut

ra dengan perbandingan 60% : 40%, menghasilkan data kekuatan impak sebagai berikut:

Tabel 5. 6 hasil data uji impak kuliatas sutra

Sample	Kekuatan Impak (Joule/m <sup>2</sup> )	STDEV
0%	6386.96	347.50
50%	5912.25	586.60
100%	5786.61	40.31



Gambar 5. 10 Grafik perbandingan kekuatan terhadap kualitas serat tenunan sutra

Pada grafik di atas, yang menunjukkan grafik hubungan antara kualitas tenunan serat sutra dengan kekuatan impak, terlihat bahwa kekuatan impak menurun seiring dengan meningkatnya kualitas tenunan serat sutra. Spesimen komposit dengan nilai kekuatan impak tertinggi terdapat pada komposit dengan kualitas serat imitasi (0%), yang memiliki nilai rata-rata sebesar  $6386.96 \pm 347.50$  Joule. Sebaliknya, kekuatan impak terendah ditemukan pada komposit dengan kualitas serat asli (100%), dengan nilai rata-rata sebesar  $5786.61 \pm 40.31$  Joule. Selisih antara kekuatan impak tertinggi dan terendah ini adalah 9.85%.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut di atas, pengaruh kualitas tenunan serat sutra terhadap kekuatan mekanis komposit tenunan serat sutra begitu signifikan. Kekuatan mekanis komposit tenunan serat sutra imitasi lebih menonjol. Penelitian ini sejalan oleh penelitian yang dilakukan oleh (Zhao et

al., 2018) bahwa memiliki sifat ledakan, kekakuan, pemulihan lentur, pemulihan kompresi, dan tarik yang lebih baik dibandingkan dengan komposit berpenguat sutra asli. Selain itu penelitian ini juga di dukung hasil penelitian (Wu et al., 2019) dan (Hamidi et al., 2019) yang menemukan bahwa kekuatan komposit tenunan serat sutra imitasi lebih unggul dibanding komposit berpenguat serat sutra asli.

### **Analisis pengaruh variasi arah tenunan serat komposit serat sutra terhadap uji mekanis yang diperkuat resin epoxy**

#### **Hasil Data Pengujian Tensil**

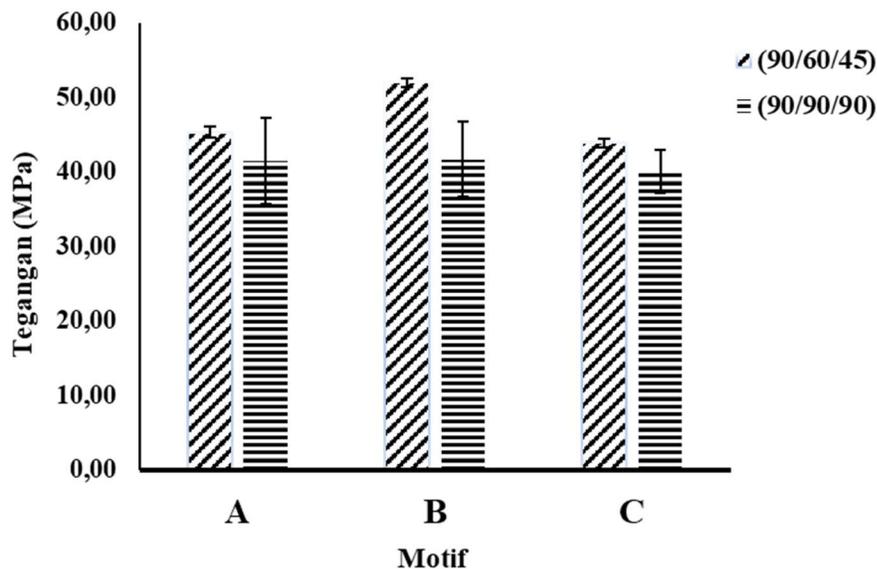
Berikut adalah hasil penelitian pengujian tensil pada komposit serat sutra, berdasarkan pengujian terhadap tiga spesimen. Data yang disajikan merupakan rata-rata dari hasil pengujian tersebut, menggunakan tiga jenis sampel serat sutra, yaitu motif A (dengan 2 corak warna), motif B (dengan 3 corak warna), dan motif C (dengan 4 corak warna).

Tabel 5. 7 Hasil data uji tarik variasi arah (90/60/45)

Motif	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm)	Beban (N)	Kekuatan Tarik (MPa)	Regangan (%)
A	13,47	4,20	56,56	2564,46±43,48	45,34±0,79	7,81±0,35
B	13,23	3,70	48,96	2547,20±64,29	52,02±1,01	9,89±1,08
C	13,50	3,90	52,65	2313,80±30,15	43,95±0,57	7,74±0,29

Tabel 5. 8 Hasil data uji tarik tanpa variasi arah (90/90/90)

Motif	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm)	Beban (N)	Kekuatan Tarik (MPa)	Regangan (%)
A	12,97	4,20	54,46	2260,77±304,22	41,53±5,78	7,34±1,47
B	13,00	4,10	53,30	2224,23±266,82	41,73±5,01	6,49±0,54
C	12,93	4,20	54,32	2179,96±174,35	40,12±2,88	5,99±0,77

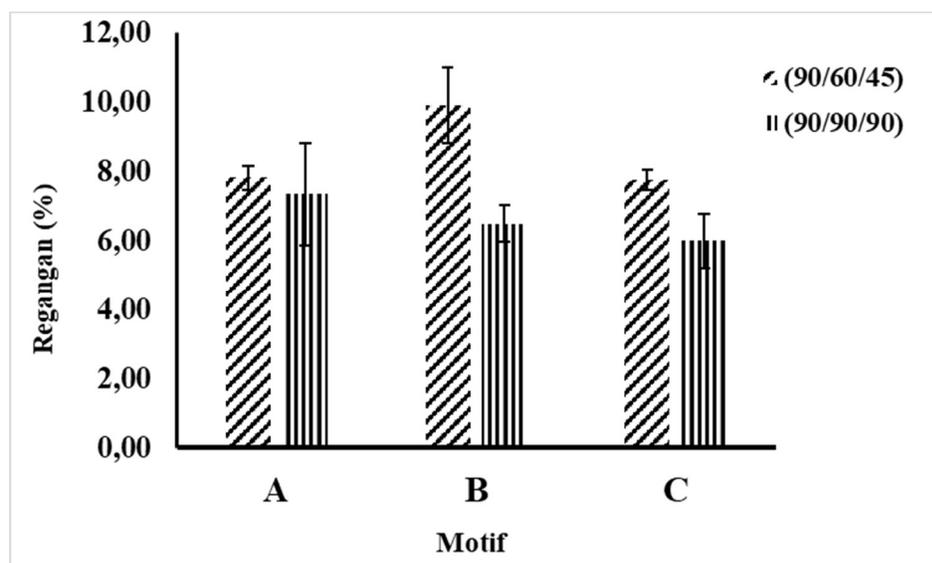


Gambar 5. 11 Grafik perbandingan kekuatan tarik serat komposit terhadap variasi arah serat

Grafik tersebut membandingkan kekuatan tarik dua set data di tiga kategori berbeda, yang diwakili oleh batang dengan pola garis miring (serat komposit dengan variasi arah 90/60/45) dan garis vertikal (serat komposit tanpa variasi arah 90/90/90). Pada kategori A, kekuatan tarik set data pertama adalah  $45,34 \pm 0,79$  MPa, lebih tinggi dari set data kedua yang bernilai  $41,53 \pm 5,78$  MPa. Kategori B menunjukkan tren serupa, dengan set data pertama mencapai

52,02 ± 0,54 MPa, sementara set data kedua hanya 41,73 ± 5,01 MPa. Pada kategori C, meskipun perbedaannya lebih kecil, set data pertama tetap lebih tinggi dengan 43,95 ± 0,57 MPa dibandingkan dengan 40,12 ± 2,88 MPa pada set data kedua.

Secara keseluruhan, serat komposit dengan variasi arah (90/60/45) consistently memiliki nilai kekuatan tarik lebih tinggi di semua kategori dibandingkan serat komposit tanpa variasi arah (90/90/90). Standar deviasi yang kecil menunjukkan konsistensi data di seluruh kategori.



Gambar 5. 12 Grafik perbandingan regangan tarik serat komposit terhadap variasi arah serat

Grafik tersebut memperlihatkan hubungan antara jenis motif dan regangan (dalam persentase) pada tiga jenis sampel, yaitu A, B, dan C. Setiap sampel mengalami dua perlakuan yang berbeda (variasi arah (90/60/45) dan tanpa

variasi arah (90/90/90), yang ditampilkan dengan pola berbeda pada batang grafik). Pada sampel A, perlakuan dengan variasi arah (90/60/45) menghasilkan regangan sebesar 7,81%, sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa variasi arah (90/90/90) yang menghasilkan regangan sebesar 7,34%. Pada sampel B, perbedaan antara kedua perlakuan lebih mencolok. Perlakuan (90/60/45) menghasilkan regangan lebih tinggi sebesar 9,89%, Sebaliknya, perlakuan (90/90/90) menghasilkan regangan yang lebih rendah, yaitu 6,49%. Untuk sampel C, perlakuan dengan variasi arah (90/60/45) menghasilkan regangan sebesar 7,74%, sedangkan perlakuan tanpa variasi arah (90/90/90) menghasilkan regangan yang lebih rendah, sekitar 5,99%.

Secara keseluruhan, perlakuan (90/60/45) cenderung menghasilkan regangan yang lebih tinggi pada semua sampel dibandingkan dengan perlakuan (90/90/90). Penelitian oleh Wahyu Tanoto dan Mochammad Arif (2021) menunjukkan bahwa orientasi serat  $90^\circ$  menghasilkan kekuatan tarik terendah, sementara orientasi  $45^\circ$  menghasilkan kekuatan tarik tertinggi. Penelitian oleh Agung dan Diah juga menegaskan bahwa orientasi serat mempengaruhi kekuatan tarik komposit, di mana komposisi antara serat dan matriks memainkan peran penting. Matriks berfungsi untuk memegang serat dan mendistribusikan tegangan, sementara serat meningkatkan kekuatan

mekanik. Hasil penelitian ini menunjukkan pentingnya pemilihan arah serat yang tepat untuk aplikasi yang membutuhkan kekuatan tarik tinggi.

### Hasil Data Pengujian Bending

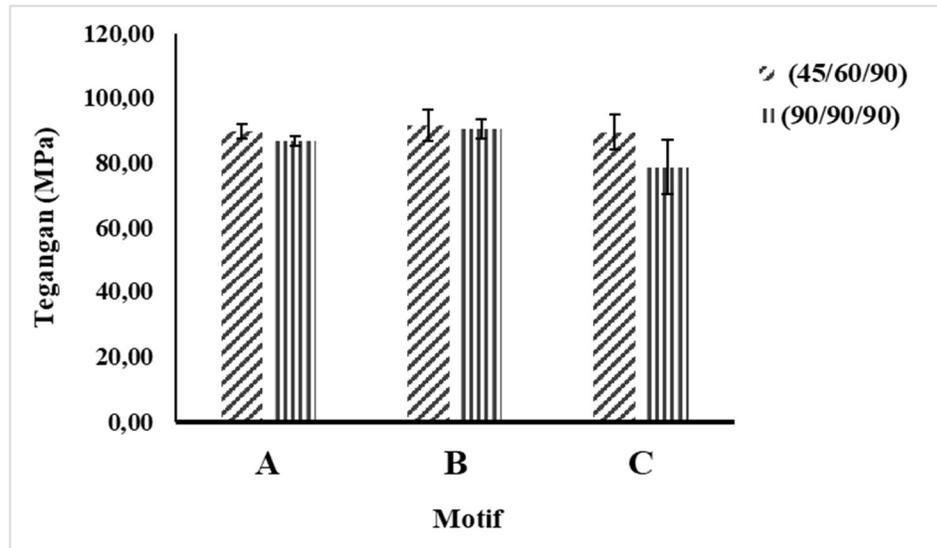
Berikut adalah hasil penelitian pengujian bending pada komposit serat sutra, yang didasarkan pada rata-rata pengujian terhadap tiga spesimen. Pengujian ini melibatkan tiga jenis sampel tenunan serat sutra dengan motif A (2 corak warna), motif B (3 corak warna), dan motif C (4 corak warna).

Tabel 5. 9 Hasil data uji bending variasi arah (90/60/45)

Motif	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Daya (N)	Kekuatan Bending (MPa)	Regangan (%)
A	16,07	4,13	66,41	255,59±10,06	89,73±2,31	7,32±0,17
B	16,07	3,77	60,52	216,68±12,68	91,63±4,83	9,33±0,14
C	15,93	4,03	64,26	243,62±	89,44±	8,44±0,49

Tabel 5. 10 Hasil data uji bending tanpa variasi arah (90/90/90)

Motif	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Daya (N)	Kekuatan Bending (MPa)	Regangan (%)
A	16,03	3,87	61,99	216,13±8,96	86,69±1,52	8,85±0,20
B	16,13	4,13	66,68	257,57±3,23	90,52±3,12	8,36±0,09
C	16,20	4,37	70,74	252,61±47,02	78,73±8,23	7,49±1,29

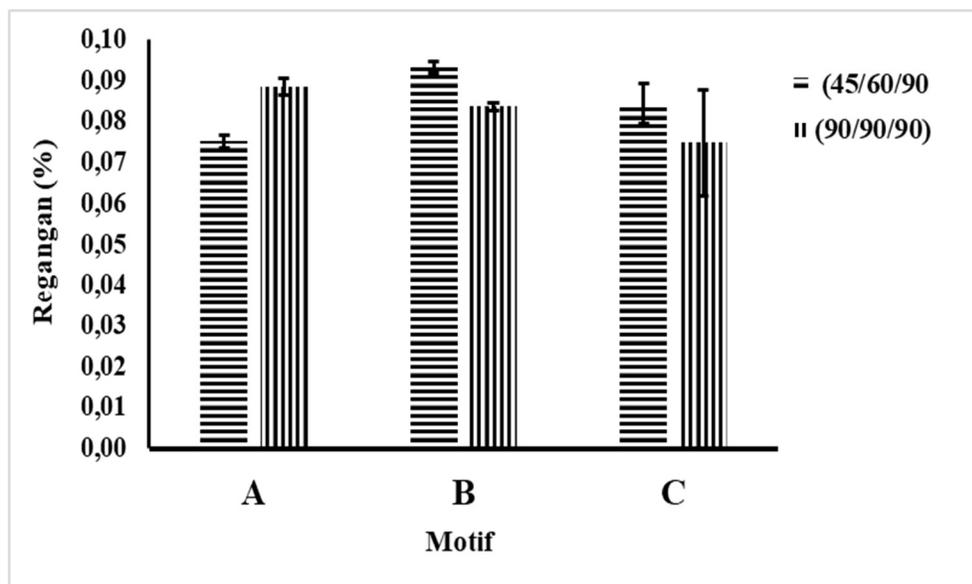


Gambar 5. 13 Grafik perbandingan tegangan bending serat komposit tenunan serat sutra terhadap variasi arah serat

Grafik tersebut menampilkan perbandingan kekuatan bending (dalam MPa) untuk tiga motif serat sutra (A, B, dan C), dengan sumbu vertikal (y) menunjukkan tegangan dan sumbu horizontal menunjukkan jenis motif. Grafik ini membandingkan dua set data, di mana garis miring mewakili perlakuan dengan variasi arah (45/60/90) dan garis vertikal mewakili perlakuan tanpa variasi arah (90/90/90).

Pada motif A, kedua set data menunjukkan tegangan yang hampir sama, dengan set data variasi (45/60/90) sedikit lebih tinggi pada  $89,73 \pm 2,31$  MPa dibandingkan  $86,69 \pm 1,52$  MPa. Pada motif B menunjukkan hasil yang serupa, dengan tegangan yang hampir identik antara kedua set data, yakni  $91,63 \pm 4,83$  MPa untuk set data variasi dan  $90,52 \pm 3,12$  MPa untuk set data tanpa variasi. Pada motif C, terjadi penurunan nilai tegangan dibandingkan

motif A dan B, dengan tegangan  $89,44 \pm 5,44$  MPa untuk set data variasi dan  $78,73 \pm 8,23$  MPa untuk set data tanpa variasi. Secara keseluruhan, motif A dan B menunjukkan tegangan yang lebih tinggi dan konsisten dibanding motif C, dengan tegangan pada set data variasi (45/60/90) sedikit lebih tinggi dibandingkan set data tanpa variasi (90/90/90) untuk semua motif, meskipun perbedaannya tidak signifikan.



Gambar 5. 14 Grafik perbandingan regangan bending serat komposit tenunan sutra terhadap variasi arah serat

Grafik di atas menunjukkan tiga motif berbeda (A, B, dan C) dalam dua kondisi perlakuan orientasi serat yang berbeda: perubahan orientasi serat (45/60/90) dan tidak ada perubahan orientasi (90/90/90). Sumbu vertikal menunjukkan nilai eksposur dalam persentase (%), dan sumbu horizontal menunjukkan jenis motif. Untuk motif A, nilai regangan pada perlakuan tanpa

perubahan orientasi (45/60/90) sebesar 0,08%, sedangkan nilai regangannya sedikit lebih tinggi pada perlakuan tanpa perubahan orientasi (90/90/90), yaitu sebesar 0,09%. Untuk motif B regangan mencapai nilai sebesar 0,09% pada perlakuan variasi (45/60/90) dan sedikit menurun menjadi 0,08% pada kondisi (90/90/90). Motif C menunjukkan nilai regangan sekitar 0,08% dengan variasi arah (45/60/90) dan nilai regangan sekitar 0,07% untuk perlakuan tanpa variasi arah (90/90/90).

Lebih lanjut terlihat bahwa pembebanan cenderung meningkat dengan adanya perlakuan perubahan orientasi (90/60/45) pada motif A dan motif C. kesalahan yang ditampilkan menunjukkan rentang kesalahan atau variasi data, yang umumnya kecil, yang menunjukkan bahwa data sangat konsisten di setiap perlakuan dan subjek.

Uji lentur adalah uji pembebanan bertahap yang memungkinkan penentuan nilai kekuatan lentur (MPa) sampel hingga titik maksimum sebelum terjadi keruntuhan. Pada penelitian ini (Ainun dan Arif, 2018). melakukan penelitian dengan pembebanan pada sudut 45°. Struktur makroskopis dalam material memiliki kekuatan lentur (MPa) yang lebih tinggi dibandingkan arah serat 90°. Hal ini karena pada arah ini (45°) matriks (resin) terkena beban yang lebih besar akibat adanya rongga antar serat penguat. Arah 90° Karena arah serat memanjang dari kiri ke kanan, serat penguat dan resin matriks memikul beban secara merata.

### Hasil Data Pengujian Impak

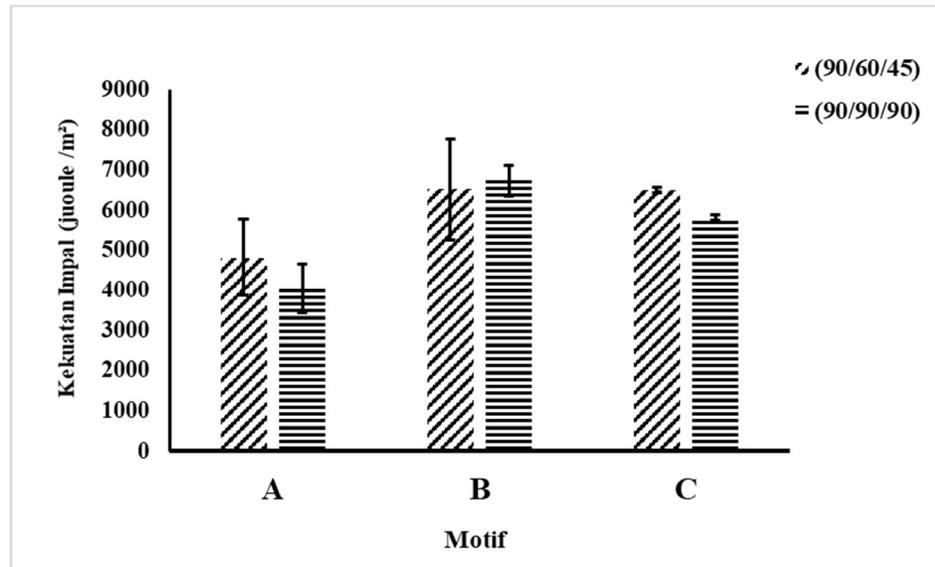
Data berikut merupakan hasil penelitian pengujian impak pada komposit serat sutra yang telah dilakukan. Data yang disajikan merupakan hasil rata-rata dari pengujian terhadap tiga spesimen. Menggunakan tiga jenis sampel tenunan serat sutra, yaitu motif A (2 corak warna), motif B (3 corak warna), dan motif C (4 corak warna).

Tabel 5. 11 Hasil data uji impak variasi arah (90/60/45)

Motif	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Tenaga Patahan (Joule)	Kekuatan Impak (Joule /m <sup>2</sup> )
A	10,10	4,17	42,08	0,20±0,04	4820,49±952,42
B	9,93	3,97	39,39	0,26±0,04	6522,29±1257,17
C	10,00	3,80	38,00	0,25±001	6491,93±64,92

Tabel 5. 12 Hasil data uji impak tanpa variasi arah (90/90/90)

Motif	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Tenaga Patahan (Joule)	Kekuatan Impak (Joule /m <sup>2</sup> )
A	9,93	4,20	41,72	0,17±0,03	4031,84±615,40
B	10,00	4,20	42,00	0,28±0,01	6735,42±377,66
C	9,93	4,20	42,42	0,25±0,01	5815,49±57,58



Gambar 5. 15 Grafik perbandingan kekuatan impact serat komposit tenunan sutra terhadap variasi arah serat

Grafik tersebut menggambarkan kekuatan impact dari tiga jenis motif, yaitu A, B, dan C, dengan dua orientasi serat yang berbeda, yaitu (90/60/45) dan (90/90/90). Sumbu y menunjukkan kekuatan impact dalam satuan Joule per meter persegi ( $\text{Joule}/\text{m}^2$ ), sementara sumbu x menampilkan jenis motif yang diuji. Pada motif A, orientasi serat (90/60/45) menunjukkan kekuatan impact yang lebih tinggi, yaitu  $4820 \pm 952,42 \text{ J}/\text{m}^2$ , dibandingkan dengan orientasi (90/90/90) yang memiliki kekuatan impact  $4031 \pm 615,40 \text{ J}/\text{m}^2$ . Pada motif B, kedua orientasi serat menunjukkan kekuatan impact yang lebih tinggi dibandingkan motif A, dengan orientasi (90/60/45) mencapai  $6522 \pm 1257,17 \text{ J}/\text{m}^2$  dan orientasi (90/90/90) sebesar  $6735,42 \pm 377,66 \text{ J}/\text{m}^2$ . Sementara itu, pada motif C, orientasi serat (90/60/45) juga menunjukkan kekuatan impact

yang sedikit lebih tinggi, yaitu  $6491,93 \pm 64,92 \text{ J/m}^2$ , dibandingkan dengan orientasi (90/90/90) yang memiliki nilai  $5815,49 \pm 57,58 \text{ J/m}^2$ .

Secara keseluruhan, motif B menunjukkan kekuatan impak tertinggi di antara ketiga motif, untuk kedua orientasi serat. Orientasi serat (90/60/45) secara umum menghasilkan kekuatan impak yang lebih tinggi dibandingkan orientasi (90/90/90), yang menunjukkan bahwa pemilihan orientasi serat dan motif yang tepat dapat mempengaruhi kekuatan impak material secara signifikan.

## HASIL TAGUCHI DAN ANOVA

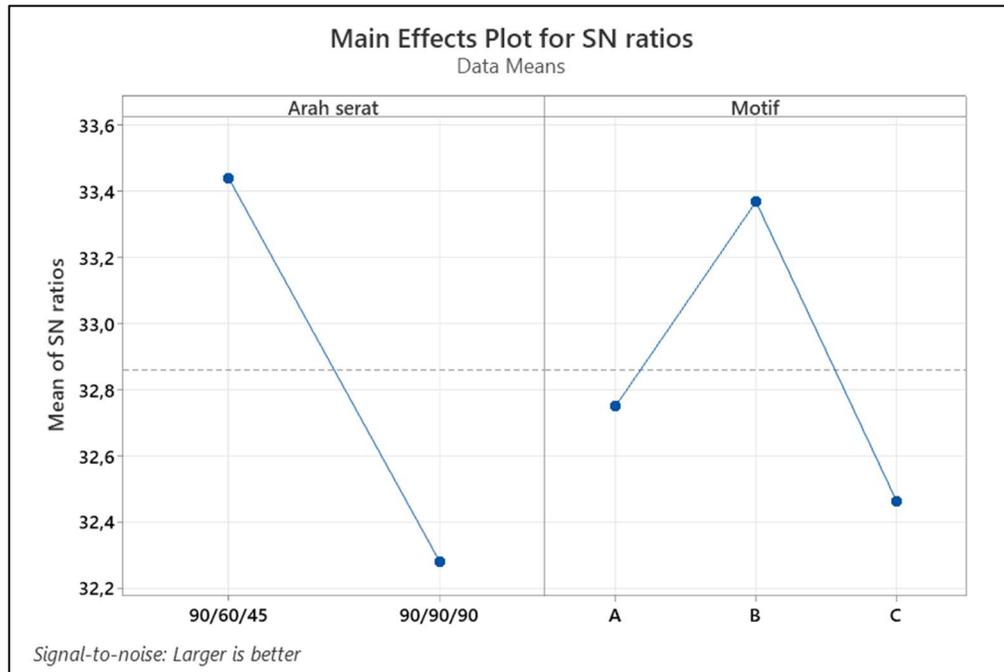
### UJI TARIK

Response Table for Signal to Noise Ratios		
Larger is better		
Level	Arah serat	Motif
1	33,44	32,75
2	32,28	33,37
3		32,46
Delta	1,16	0,90
Rank	1	2

Gambar 5. 16 Response table hasil Analisa Taguchi nilai kekuatan tarik terhadap arah serat dan motif

Ditunjukkan pada tabel berdasarkan tabel response untuk signal to noise ratios pada metode taguchi dengan menggunakan "larger is better"

terdapat dua faktor utama yang memengaruhi kekuatan tarik, yaitu arah serat dan motif. Arah serat menunjukkan pengaruh terbesar dengan Level 1 (33,44) sebagai nilai tertinggi, diikuti oleh Level 3 (32,46) dan Level 2 (32,28). Delta sebesar 1,16 mengindikasikan perbedaan signifikan antara level tersebut, dan arah serat menempati peringkat pertama dalam hal pengaruh terhadap kekuatan tarik. Sementara itu, motif juga memengaruhi kekuatan tarik, di mana Level 2 (33,37) memiliki nilai tertinggi, diikuti oleh Level 3 (32,46) dan Level 1 (32,75), dengan Delta 0,90 yang menunjukkan pengaruh yang lebih kecil dibandingkan arah serat. Oleh karena itu, arah serat merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kekuatan tarik, sedangkan motif memiliki dampak yang lebih rendah.



Gambar 5. 17 Hubungan antara faktor dengan respon pada nilai kekuatan tarik

Pada gambar diperlihatkan berdasarkan Main Effects Plot untuk rasio signal-to-noise, dua faktor utama yaitu arah serat dan motif menunjukkan pengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik material. Arah serat 90/60/45 menghasilkan nilai SN tertinggi, sekitar 33,4, dan menunjukkan nilai lebih baik dalam meningkatkan kekuatan tarik, sedangkan arah serat 90/90/90 memiliki nilai yang lebih rendah, sekitar 32,2. Ini menunjukkan bahwa arah serat merupakan faktor penting dalam kekuatan tarik material. Selain itu, motif B juga memberikan hasil terbaik dengan nilai SN tertinggi, diikuti oleh motif A dan motif C dengan nilai yang lebih rendah. Perbedaan yang signifikan antara motif B dan C menunjukkan bahwa motif juga berperan dalam mempengaruhi kekuatan tarik. Oleh karena itu, kombinasi arah serat 90/60/45 dan motif B

adalah yang paling optimal untuk menghasilkan kekuatan tarik maksimal pada komposit tersebut.

Analysis of Variance							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Arah serat	1	160,742	58,02%	160,742	160,742	53,76	0,000
Motif	2	74,438	26,87%	74,438	37,219	12,45	0,001
Error	14	41,861	15,11%	41,861	2,990		
Lack-of-Fit	2	41,861	15,11%	41,861	20,931	*	*
Pure Error	12	0,000	0,00%	0,000	0,000		
Total	17	277,042	100,00%				

Gambar 5. 18 Analysis of Variance pada hasil uji tarik terhadap faktor arah serat dan motif

Gambar tersebut menunjukkan hasil analisis varians (ANOVA) untuk menguji pengaruh dua faktor: yaitu Arah Serat dan Motif terhadap variabel respon tertentu. Pada tabel, DF menunjukkan derajat kebebasan, Adj SS adalah jumlah kuadrat yang disesuaikan, Adj MS adalah mean square atau rata-rata kuadrat, F-Value menunjukkan nilai statistik F untuk setiap sumber variasi, dan P-Value memberikan probabilitas untuk menentukan pengaruh signifikan.

Faktor Arah Serat dengan nilai F sebesar 53,76 dan P-Value 0,000, yang menunjukkan bahwa faktor ini sangat signifikan secara statistik terhadap variabel respon karena P-Value < 0,05. Hal yang sama berlaku untuk faktor motif, F-Value sebesar 12,45, dan P-Value 0,001, juga menunjukkan pengaruh yang signifikan secara statistik. Kedua faktor ini berperan penting dalam variasi

yang terjadi pada data respon. Dari tabel diperlihatkan, nilai Lack-of-Fit tidak diberikan F-Value dan P-Value secara langsung, yang kemungkinan menunjukkan bahwa model yang digunakan tidak memiliki penyimpangan yang besar dari data yang diharapkan. Keseluruhan, hasil ANOVA ini menunjukkan bahwa baik arah Serat maupun motif memiliki pengaruh signifikan terhadap respon yang dihasilkan.

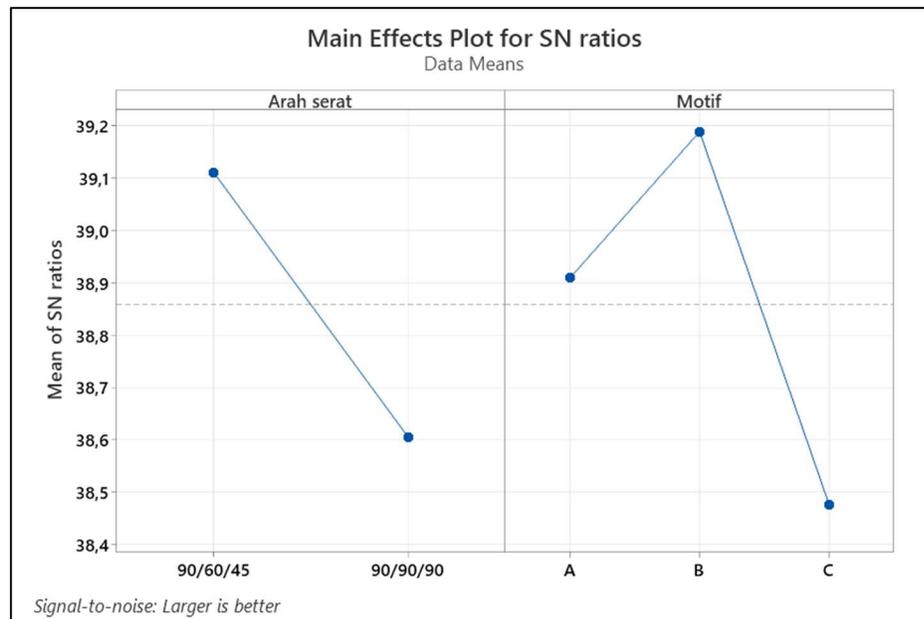
### UJI BENDING

Response Table for Signal to Noise Ratios		
Larger is better		
Level Arah serat Motif		
1	39,11	38,91
2	38,61	39,19
3		38,48
Delta	0,50	0,71
Rank	2	1

Gambar 5. 19 Response table hasil Analisa Taguchi nilai kekuatan bending terhadap arah serat dan motif

Berdasarkan analisis tabel response untuk rasio signal-to-noise dengan menggunakan larger is better pada kekuatan bending, terdapat dua faktor utama yang memengaruhi hasil, yaitu arah serat dan motif. Pada faktor arah serat, Level 1 memiliki nilai SN tertinggi, diikuti oleh Level 2, dengan delta sebesar 0,50 yang menunjukkan perbedaan pengaruh antar level tidak terlalu besar. Arah serat menempati peringkat kedua dalam memengaruhi kekuatan bending. Sementara itu, motif Level 2 memiliki nilai SN tertinggi dengan delta

sebesar 0,71, yang lebih besar dibandingkan delta arah serat, menunjukkan pengaruh motif lebih signifikan. Motif berada di peringkat pertama sebagai faktor yang paling memengaruhi kekuatan bending. Oleh karena itu, motif adalah faktor utama yang memengaruhi kekuatan bending, sedangkan arah serat juga berperan namun dengan pengaruh yang lebih kecil jika dibandingkan dengan arah serat.



Gambar 5. 20 Hubungan antara faktor dengan respon pada nilai kekuatan bending

Hasil uji metode Taguchi pada grafik Main Effects Plot for SN ratios menunjukkan bahwa untuk faktor Arah Serat, level 90/60/45 memiliki nilai Signal-to-Noise yang lebih tinggi dibandingkan 90/90/90, yang berarti 90/60/45 lebih optimal dalam mengurangi variasi dan menghasilkan hasil kekuatan uji bending yang lebih baik. Untuk faktor motif, motif B memberikan nilai SN tertinggi, menunjukkan nilai

lebih baik di antara ketiga motif yang diuji. Sebaliknya, motif C memiliki nilai SN terendah, menunjukkan performa yang kurang optimal. Secara keseluruhan, kombinasi arah serat 90/60/45 dan motif B adalah yang terbaik untuk menghasilkan rasio SN yang lebih tinggi, sesuai dengan larger is better pada hasil optimisasi tersebut.

Analysis of Variance							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Arah serat	1	110,410	32,87%	110,410	110,410	19,98	0,001
Motif	2	148,168	44,11%	148,168	74,084	13,41	0,001
Error	14	77,357	23,03%	77,357	5,525		
Lack-of-Fit	2	77,357	23,03%	77,357	38,678	*	*
Pure Error	12	0,000	0,00%	0,000	0,000		
Total	17	335,935	100,00%				

Gambar 5. 21 Analysis of Variance pada hasil uji bending terhadap faktor arah serat dan motif

Hasil analisis varians (ANOVA) dalam tabel menunjukkan evaluasi pengaruh dua faktor utama, yaitu Arah Serat dan Motif, terhadap variabel respon. Berdasarkan hasil ini, nilai F yang diperoleh untuk arah serat adalah 19,98 dengan P-Value sebesar 0,001. Ini menunjukkan bahwa pengaruh arah serat terhadap variabel respon signifikan secara statistik karena P-Value lebih kecil dari 0,05.

Faktor motif juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon, memberikan P-Value sebesar 0,001. Dengan nilai P-Value ini, dapat disimpulkan bahwa motif juga merupakan faktor yang signifikan dalam

mempengaruhi variabel respon. Besaran jumlah kuadrat motif lebih besar dibandingkan dengan arah serat, yang mengindikasikan bahwa motif mungkin memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap variasi total dalam model ini.

Hasil ANOVA ini menunjukkan bahwa baik arah serat maupun motif pada hasil uji bending merupakan faktor yang signifikan dalam mempengaruhi variabel respon. Pengaruh motif, dengan nilai F yang lebih tinggi dan jumlah kuadrat yang lebih besar, mungkin lebih kuat dibandingkan dengan arah serat, namun kedua faktor tersebut sama-sama penting dalam menjelaskan variasi yang ada pada data yang diteliti.

#### UJI IMPAK

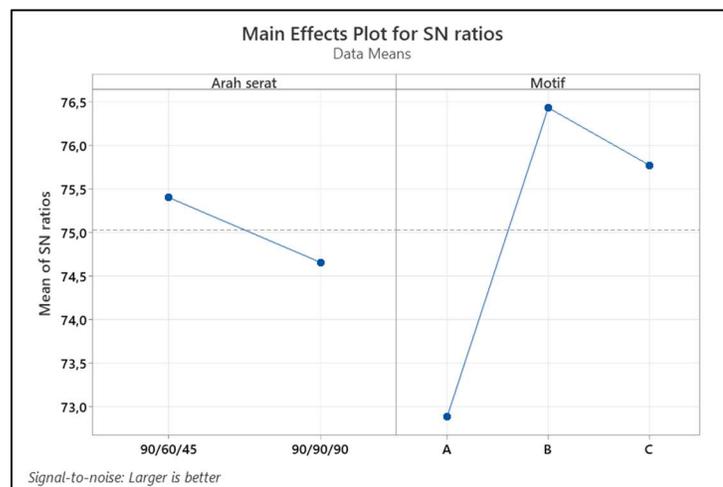
<b>Response Table for Signal to Noise Ratios</b>		
Larger is better		
<u>Level</u>	<u>Arah serat</u>	<u>Motif</u>
1	75,40	72,89
2	74,66	76,43
3		75,77
Delta	0,74	3,54
Rank	2	1

Gambar 5. 22 Response table hasil Analisa Taguchi nilai kekuatan bending terhadap arah serat dan motif

Berdasarkan tabel Response Table for Signal to Noise Ratios dengan larger is better, terlihat bahwa untuk faktor Arah Serat, level 3 memberikan nilai rasio sinyal terhadap noise tertinggi, diikuti oleh level 1 dan level 2. Hal ini

menunjukkan bahwa level 3 pada faktor arah serat memberikan performa yang paling optimal dalam mengurangi variasi dan meningkatkan kualitas produk dalam uji bending. Namun, perbedaan antara level tertinggi dan terendah untuk faktor ini hanya 0,74.

Untuk faktor motif, level 2 memberikan hasil paling optimal dengan nilai SN tertinggi, diikuti oleh level 3 dan level 1. Selisih antara level tertinggi dan terendah pada faktor motif lebih besar, yaitu 3,54, yang menunjukkan bahwa motif memiliki pengaruh yang lebih signifikan terhadap hasil uji impak dibandingkan arah serat. Berdasarkan peringkat, motif berada pada posisi pertama sebagai faktor yang paling mempengaruhi performa, sementara arah serat berada di peringkat kedua. Kombinasi motif B dan arah serat 90/60/45 menjadi kombinasi paling optimal akan menghasilkan hasil terbaik untuk hasil uji impak.



Gambar 5. 23 Hubungan antara faktor dengan respon pada nilai kekuatan impak

Berdasarkan grafik Main Effects Plot for SN ratios dari metode Taguchi ini, terlihat dua faktor utama yang memengaruhi hasil uji, yaitu Arah Serat dan Motif. Pada faktor arah serat, terdapat dua level yang diuji: 90/60/45 dan 90/90/90. Dari grafik terlihat bahwa level 90/60/45 memiliki nilai rasio sinyal terhadap noise yang lebih tinggi, yaitu sekitar 75,5, dibandingkan dengan 90/90/90 yang hanya menghasilkan nilai SN sekitar 74,5. Ini menunjukkan bahwa arah serat 90/60/45 lebih unggul dalam meningkatkan hasil paling optimal, sesuai dengan *larger is better* pada metode Taguchi.

Pada faktor motif, terlihat bahwa motif B memberikan performa terbaik dengan nilai SN, jauh lebih tinggi dibandingkan motif lainnya. Motif A memiliki nilai SN terendah sekitar, sementara motif C berada di posisi menengah. Hal ini menunjukkan bahwa motif B sangat berpengaruh dalam meningkatkan hasil paling optimal pada spesimen uji, sehingga dapat dianggap sebagai pilihan optimal dalam kondisi pengujian ini. Perbedaan yang signifikan antara motif B dan motif lainnya menunjukkan bahwa motif merupakan faktor yang sangat berpengaruh dalam meningkatkan hasil uji dampak.

Secara keseluruhan, dari kedua faktor yang dianalisis. Motif memiliki pengaruh yang lebih signifikan terhadap performa dibandingkan dengan arah serat, yang terlihat dari perbedaan nilai SN yang lebih besar di antara level motif. Dengan demikian, untuk mendapatkan nilai optimal dalam uji dampak, kombinasi arah serat 90/60/45 dan motif B disarankan sebagai solusi terbaik

untuk mendapatkan hasil yang sesuai larger is better, yang memperoleh kualitas dan kekuatan yang lebih baik dalam uji bending.

Analysis of Variance							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Arah serat	1	783702	4,40%	783702	783702	12,14	0,004
Motif	2	16124035	90,53%	16124035	8062018	124,89	0,000
Error	14	903745	5,07%	903745	64553		
Lack-of-Fit	2	903745	5,07%	903745	451872	*	*
Pure Error	12	0	0,00%	0	0		
Total	17	17811482	100,00%				

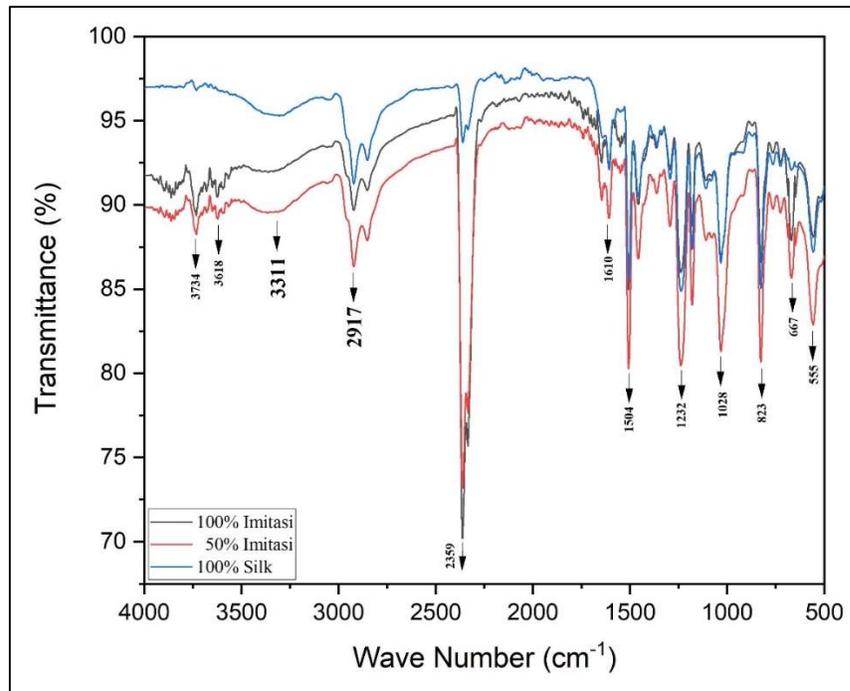
Gambar 5. 24 Analysis of Variance pada hasil uji impact terhadap faktor arah serat dan motif

Hasil analisis varians (ANOVA) pada tabel di atas mengevaluasi pengaruh dua faktor utama, yaitu Arah Serat dan Motif, terhadap variabel respon tertentu. Faktor arah serat memiliki P-Value sebesar 0,004. Karena P-Value lebih kecil dari 0,05, dapat disimpulkan bahwa arah serat memberikan pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap variabel respon.

Faktor motif memiliki P-Value sebesar 0,000, yang menunjukkan bahwa motif juga memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap variabel respon. Dalam hal ini, kontribusi motif terhadap variasi total lebih besar dibandingkan dengan arah serat, yang terlihat dari besarnya jumlah kuadrat yang lebih tinggi. Secara keseluruhan, total variasi yang dijelaskan oleh model ini adalah 17,811,482 dengan total DF sebesar 17. Hasil ANOVA ini menunjukkan bahwa

baik arah serat maupun motif merupakan faktor yang sangat signifikan dalam mempengaruhi variabel respon, dengan motif memberikan pengaruh yang lebih besar.

### Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier (FTIR)



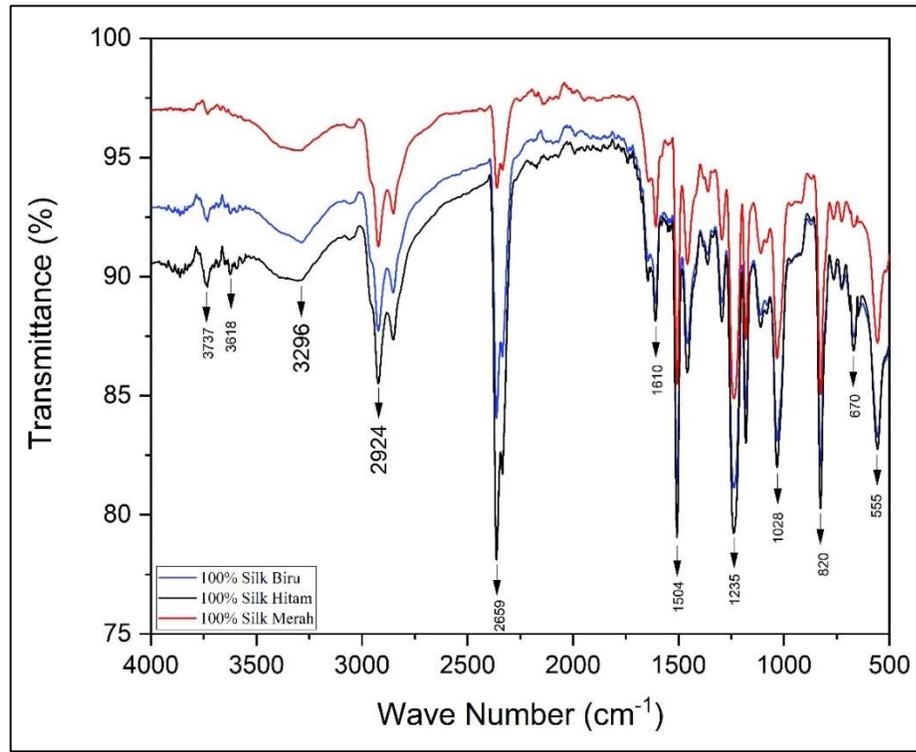
Gambar 5. 25 FTIR kualitas serat komposit tenunan sutra

Pada gambar diatas menunjukkan spektrum yang dihasilkan pada variasi 100% imitasi, 50% imitasi, dan 100% silk. Pada gambar tersebut, daerah yang akan dibahas adalah daerah serapan antara bilangan gelombang pada 1500-4000 cm<sup>-1</sup>, yang merupakan daerah vibrasi terlokasi. Dapat dilihat bahwa terbentuknya gugus fungsi O-H pada daerah serapan 3600-3300 cm<sup>-1</sup> dan terbentuknya juga gugus fungsi N-H pada daerah serapan 2500-4000 cm<sup>-1</sup> Pada daerah serapan N-H mengindikasikan bahwa terdapat senyawa organik asam amino yang memiliki gugus fungsi amina atau biasanya disebut dengan -NH<sub>2</sub>, asam amino merupakan senyawa organik yang terdapat pada benang

sutra yang membuat tekstur pada bahannya menjadi terasa sangat lembut saat bersentuhan dengan kulit, terlihat pada bilangan gelombang 2917  $\text{cm}^{-1}$  memberikan penampilan fisik yang lebih tajam dan lebih lebar pada variasi 100% Silk jika dibandingkan dengan 50% imitasi dan 100% imitasi, bahwa semakin lebar dan semakin tajam peak pada gelombang yang dihasilkan, maka kandungan senyawa organik asam amino semakin menjadikan tekstur bahan semakin lembut. Terbentuknya juga gugus fungsi O-H pada bilangan gelombang 3300-3500  $\text{cm}^{-1}$  dengan penampilan fisik yang lebar dan kuat pada variasi 100% silk jika dibandingkan dengan variasi 50% imitasi, dan 100% imitasi, yang terindikasi bahwa semakin lebar dan kuat peka yang ditampilkan maka semakin mudah bahan tersebut untuk memantulkan penyerapan sinar matahari.

Tabel 5. 13 tabel korelasi antara jenis vibrasi gugus fungsional dan frekuensi pada komposit tersebut;

<b>Gugus</b>	<b>Jenis Vibrasi</b>	<b>Bilangan Gelombang (<math>\text{cm}^{-1}</math>)</b>	<b>Intensitas</b>
C-H	Alkana	1028	Tajam - Kuat
C-N	Amina	823	Tajam - Kuat
C-O	Alkohol, eter, eseter, asam karboksilat	1028	Tajam - Kuat
C=C	Cincin Aromatic	1232	Tajam - Kuat
C≡N	Nitril	1504	Tajam - Kuat
C-H	Alkana alifatik dan aromatic	2800-3100	Tajam - Kuat
N-H	Amida	2500-4000	Medium
O-H	Fenol terikat hidrogen	3300-3500	Lebar - Kuat
H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O dari kristalisasi	1640-1615	Kuat



Gambar 5. 26 FTIR motif tenunan serat sutra

Gambar di atas menunjukkan spektrum yang dihasilkan dari variasi 100% silk biru, 100% silk hitam, dan 100% silk merah. Pada gambar tersebut, daerah serapan—dengan bilangan gelombang antara 1500 - 4000  $\text{cm}^{-1}$ , yang merupakan daerah vibrasi yang dialokasikan—akan dibahas. Daerah serapan N-H berada pada 2500–4000  $\text{cm}^{-1}$ , dan gugus fungsi O-H terbentuk pada 3300-3600  $\text{cm}^{-1}$ . Daerah serapan N-H menunjukkan adanya senyawa organik asam amino dengan gugus fungsi amina atau  $-\text{NH}_2$ . Asam amino adalah senyawa organik yang terdapat pada benang sutra dan membuatnya sangat lembut saat bersentuhan dengan kulit.

Terlihat pada gambar tersebut bahwa 100% silk hitam terbentuk gugus fungsi N-H pada bilangan gelombang dengan peak  $2924\text{ cm}^{-1}$  dengan tampilan fisik yang lebih lebar dan lebih tajam jika dibandingkan dengan 100% silk biru dan 100% silk merah, bahwa semakin lebar dan tajam peak bilangan gelombang yang dihasilkan maka semakin menjadikan tekstur pada bahan tersebut terasa sangat lembut saat bersentuhan dengan kulit, terdapat senya organik asam amino pada daerah serapan gugus fungsi N-H. Terbentuknya juga gugus fungsi O-H pada bilangan gelombang  $3296\text{ cm}^{-1}$  dengan penampilan fisik peak yang diberikan oleh variasi 100% silk merah lebih lebar dan lebih kuat jika dibandingkan dengan penampilan fisik pada variasi 100% silk biru dan 100% silk hitam, semakin lebar dan semakin kuat penampilan peak bilangan gelombang yang dihasilkan maka penyerapan air semakin semakin besar, dan memudahkan bahan dalam memantulkan penyerapan sinar matahari.

Tabel 4. 5. tabel korelasi antara jenis vibrasi gugus fungsional dan frekuensi pada komposit tersebut;

Gugus fungsi	Jenis Vibrasi	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Intensitas
C-H	Alkana	1028	Tajam - Kuat
C-N	Amina	820	Tajam - Kuat
C-O	Alkohol, eter, eseter, asam karbolsilat	1028	Tajam – Kuat
C=C	Cincin Aromatic	1235	Tajam - Kuat
C≡N	Nitril	1504	Tajam - Kuat

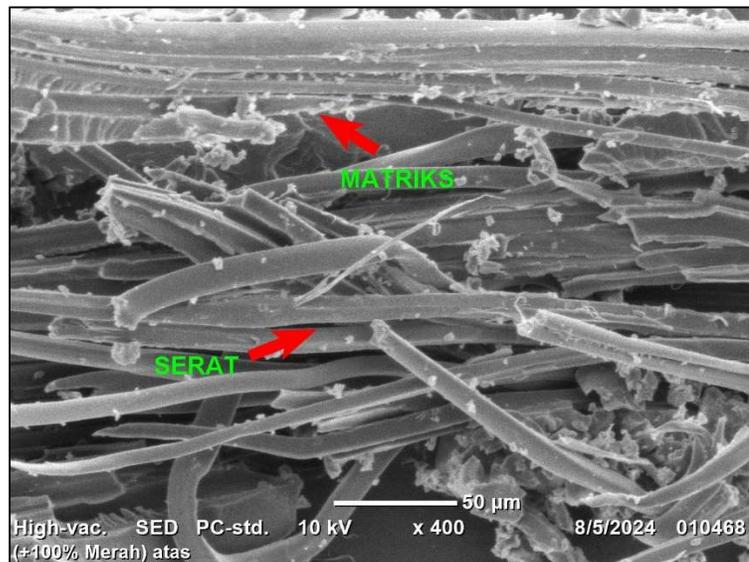
C-H	Alkana alifatik dan aromatic	2800-3100	Tajam - Kuat
N-H	Amida	2500-4000	Medium
O-H	Fenol terikat hidrogen	3300-3500	Lebar - Kuat
H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O dari kristalisasi	1640-1615	Kuat

### **SEM (*Scanning Electron Microscopy*)**

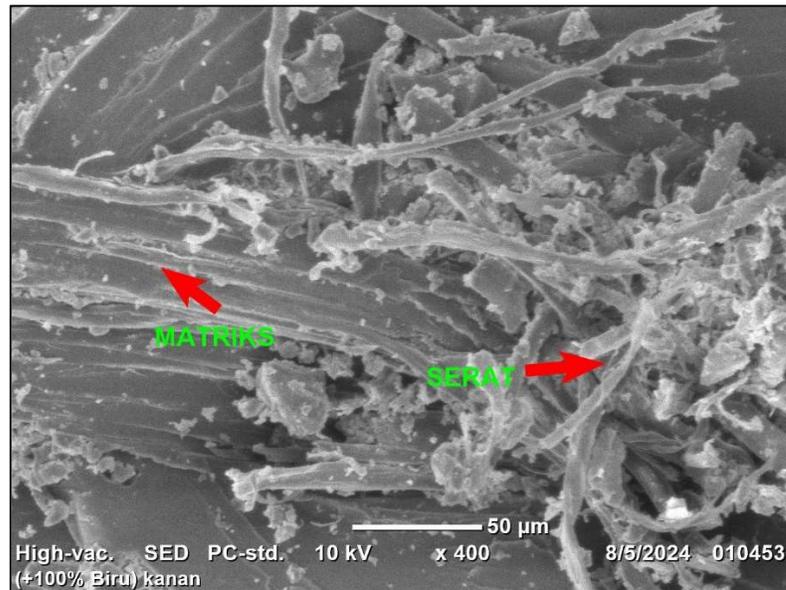
#### **SEM (*Scanning Electron Microscopy*) maksimum**

Pada gambar di bawah, ditampilkan hasil foto SEM komposit serat sutra pada nilai maksimum untuk setiap variasi yaitu 100% silk motif A (2 corak warna), 100% silk B (3 corak warna), 100% silk C (4 corak warna), 50% imitasi, dan 100% imitasi, dengan hasil nilai maksimum tersebut masing-masing memperoleh nilai kekuatan tarik sebesar 53,99 Mpa, MPa, 53,36 MPa, 53,50 MPa, 52,02 MPa, dan 56,72 Mpa. Setiap gambar memperlihatkan struktur hasil dari nilai maksimum dari serat sutra, pada gambar terlihat adanya fiber braking yang disebabkan oleh ikatan matriks dan serat yang mengikat dengan baik, sehingga menyebabkan patahan getas. Namun, terdapat beberapa lubang kecil akibat pull out, di mana serat terlepas dari matriks karena tidak saling mengikat (de bonding), serta beberapa rongga porositas yang terlihat pada gambar tersebut.

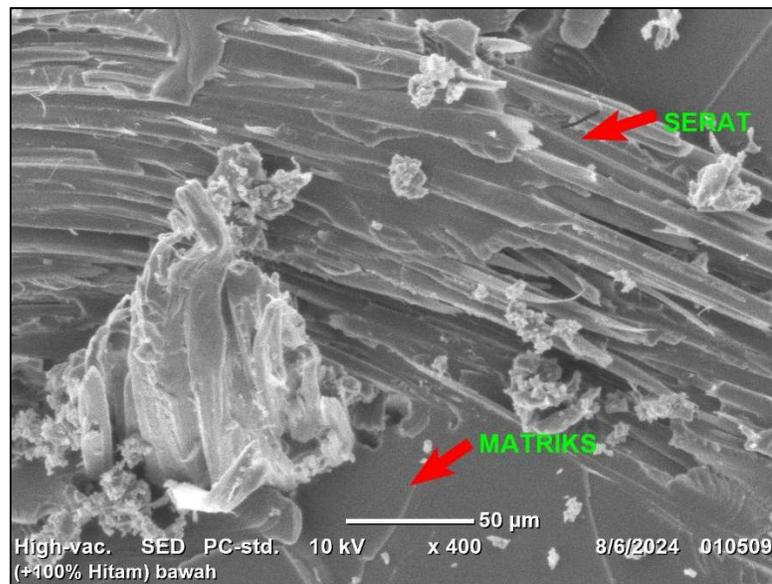
Hal ini selaras dalam studi yang dilakukan oleh Sindhushree Muralidhar et al., Analisis SEM menunjukkan bahwa serat sutra tersebar dengan baik di dalam matriks komposit, menunjukkan interaksi serat-matriks yang efektif. Gambar menyoroti permukaan halus serat sutra, yang berkontribusi pada kekuatan mekanik komposit dengan meningkatkan efisiensi transfer beban antara serat dan matriks, Hasil SEM menunjukkan adhesi matriks serat yang kuat, berkontribusi pada peningkatan ketahanan benturan komposit dan kinerja mekanik secara keseluruhan (Ahmed 2011).



Gambar 5. 27 SEM (Scanning Electron Microscopy) maksimum pada sutra motif C



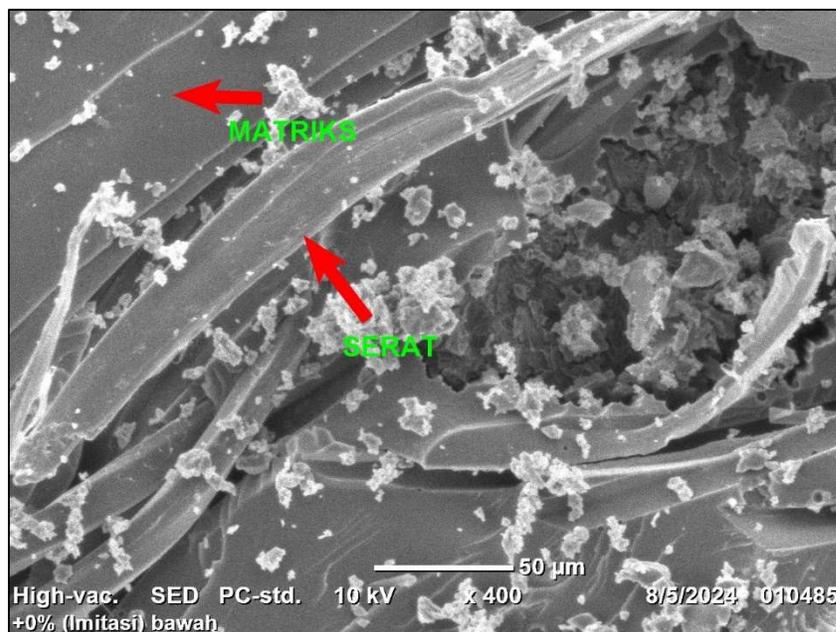
Gambar 5. 28 SEM (Scanning Electron Microscopy) maksimum pada sutra motif B



Gambar 5. 29 SEM (Scanning Electron Microscopy) maksimum pada sutra motif A



Gambar 5. 30 SEM (Scanning Electron Microscopy) maksimum pada sutra kimitasi 50%



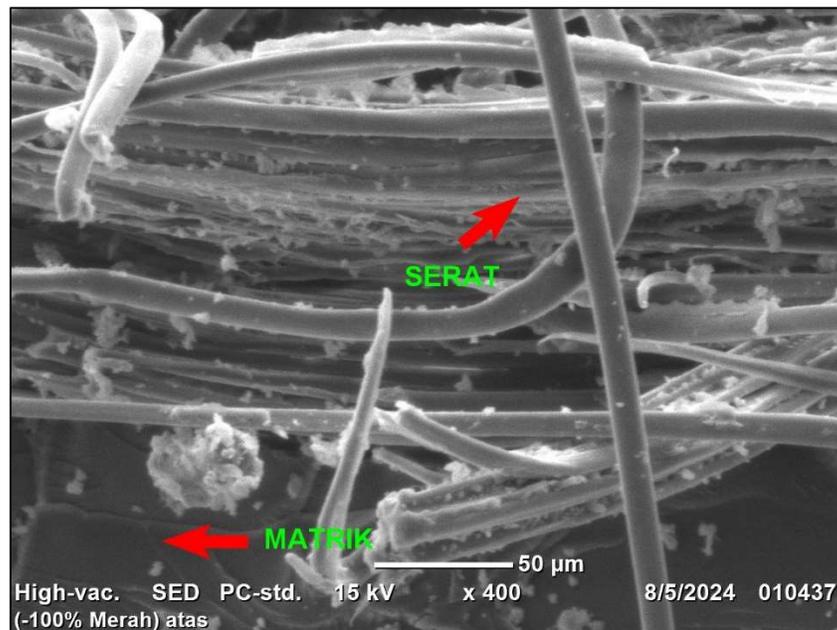
Gambar 5. 31 SEM (Scanning Electron Microscopy) maksimum pada sutra imitasi 100%

### **SEM (*Scanning Electron Microscopy*) minimum**

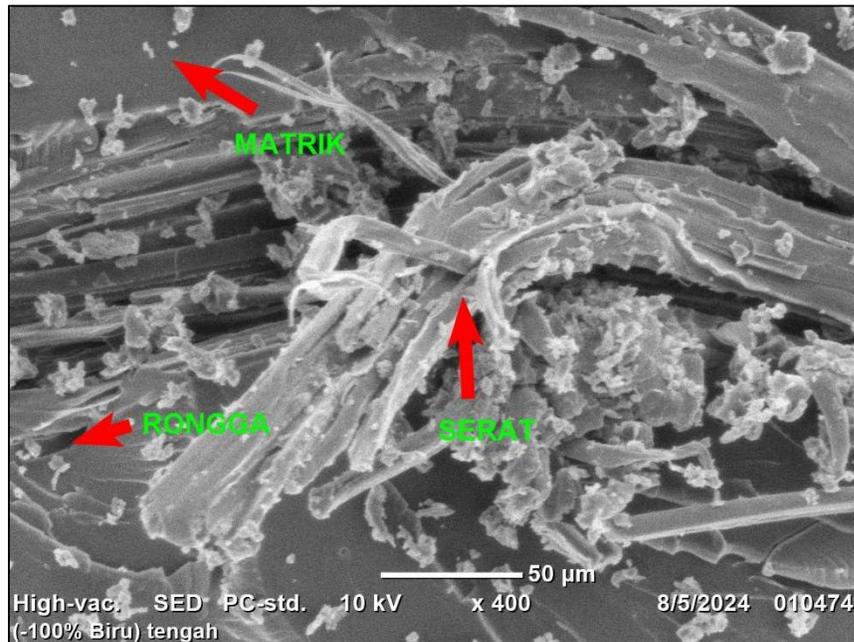
Pada gambar di bawah, ditampilkan hasil foto SEM komposit serat sutra pada nilai minimum untuk setiap variasi yaitu 100% silk motif A (2 corak warna), 100% silk B (3 corak warna), 100% silk C (4 corak warna), 50% imitasi, dan 100% imitasi, dengan hasil nilai maksimum tersebut masing-masing memperoleh nilai kekuatan tarik sebesar 37,13 Mpa, 30,81 MPa, 36,77 MPa, 25,51 MPa, dan 44,96 Mpa. Dalam setiap gambar, terlihat bahwa pada nilai minimum setiap variasi menunjukkan adanya banyak pull out, yaitu serat yang tercabut atau terlepas dari matriksnya. Hal ini disebabkan oleh terjadinya de-bonding, yaitu kondisi di mana serat dan matriks tidak terikat dengan baik. Selain itu, terdapat juga beberapa rongga porositas pada gambar tersebut. Karena banyaknya pull out pada serat, kekuatan mekanisnya menjadi semakin rendah dan patahannya tidak getas jika dibandingkan dengan serat yang mengalami fiber breaking.

Hal ini selaras dengan Kehadiran porositas pada komposit serat sutra, seperti yang diamati melalui Scanning Electron Microscopy (SEM), dapat dikaitkan dengan beberapa faktor yang terkait dengan sifat yang melekat pada serat sutra dan proses fabrikasi komposit. Serat sutra, yang dikenal karena biokompatibilitas dan sifat mekaniknya, sering menunjukkan porositas alami karena struktur proteinnya, yang dapat mempengaruhi porositas keseluruhan komposit ketika digunakan sebagai bahan penguat (Cao 2016). Kompatibilitas

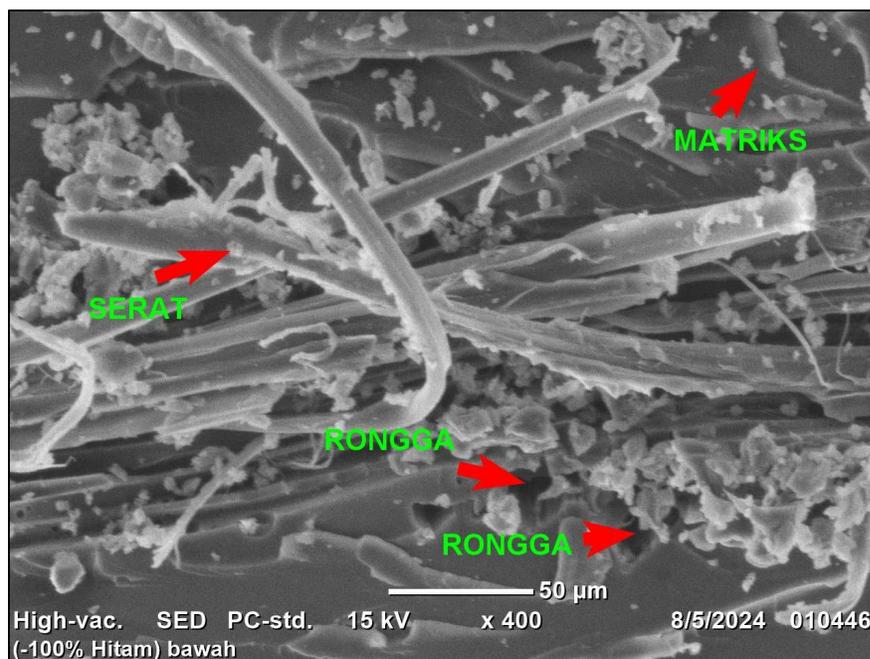
dan adhesi antara serat sutra dan matriks sangat penting; ikatan antarmuka yang buruk dapat menyebabkan rongga dan peningkatan porositas dalam komposit (Lu 2007). Tingkat porositas juga dapat dipengaruhi oleh asal dan perlakuan serat sutra, karena jenis sutra dan kondisi pemrosesan yang berbeda dapat menghasilkan tingkat porositas yang bervariasi (Ramadhianti 2020).



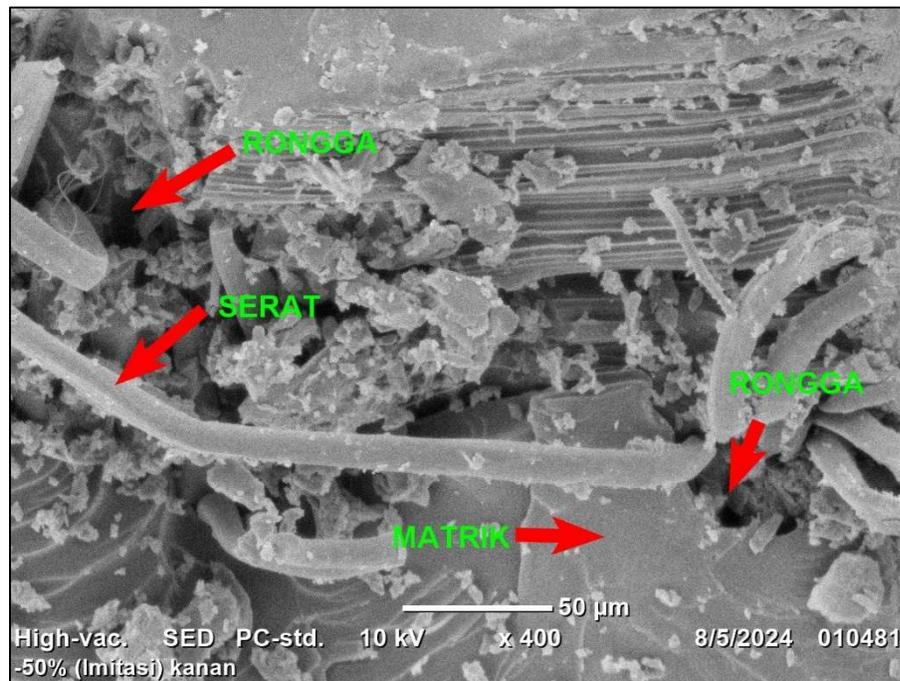
Gambar 5. 32 SEM (Scanning Electron Microscopy) minimum pada sutra motif C



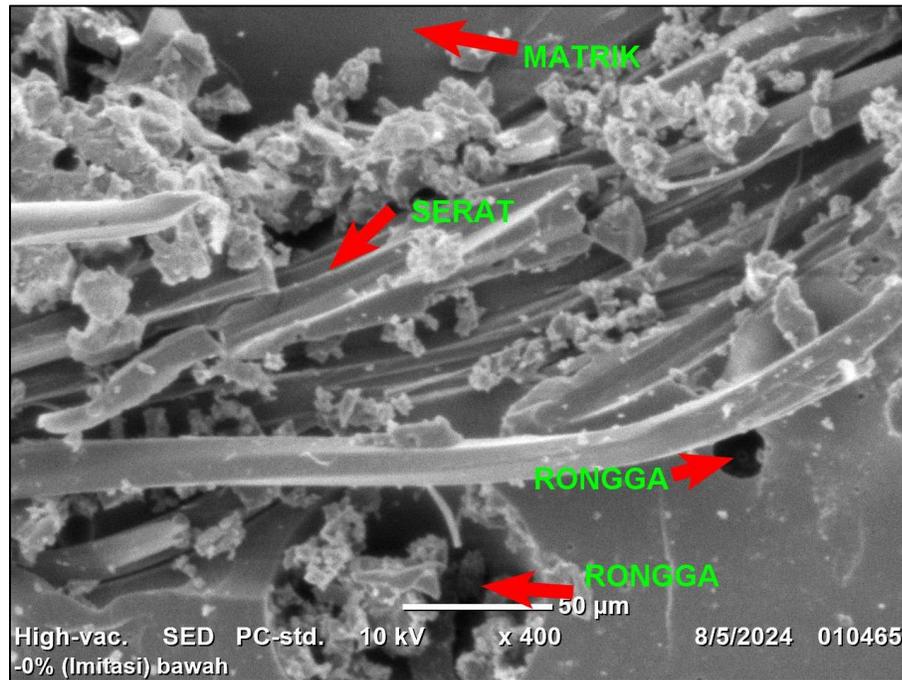
Gambar 5. 33 SEM (Scanning Electron Microscopy) minimum pada sutra motif B



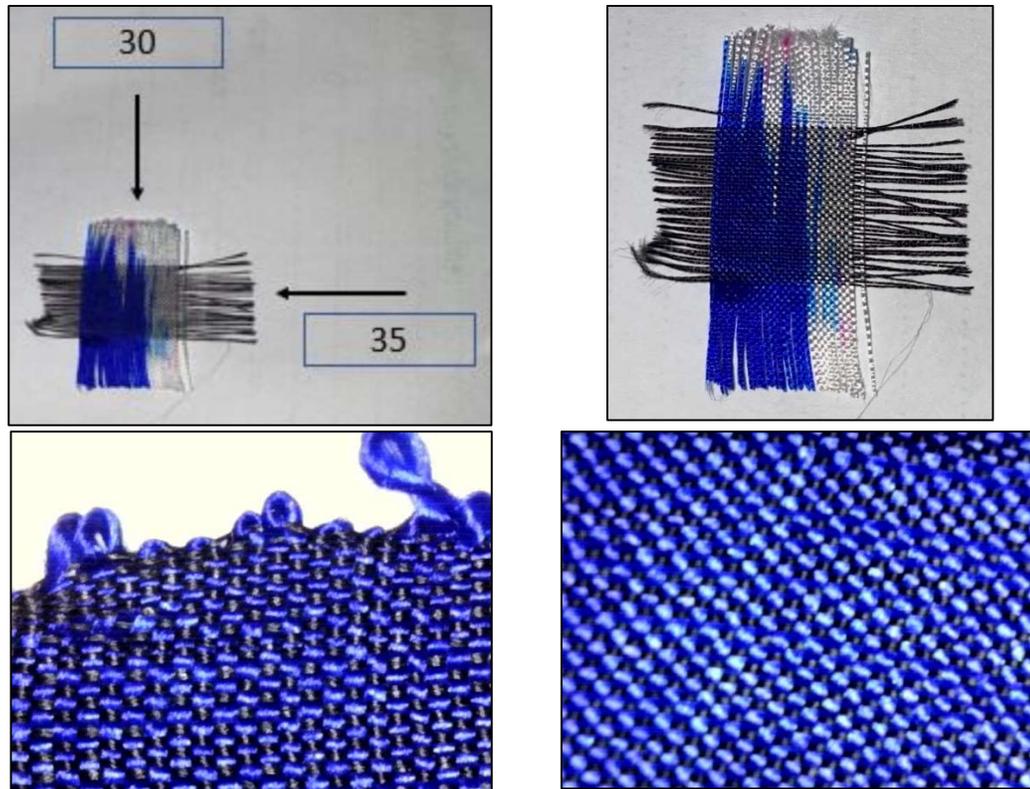
Gambar 5. 34 SEM (Scanning Electron Microscopy) minimum pada sutra motif A



Gambar 5. 35 SEM (Scanning Electron Microscopy) minimum pada sutra imitasi 50 %



Gambar 5. 36 SEM (Scanning Electron Microscopy) minimum pada sutra imitasi 100 %



Gambar 5. 37 Gambar foto makro arah lusi dan pakan pada tenunan serat sutra

Dalam tenunan, benang lusi merupakan serat yang tersusun secara vertikal sebagai kerangka dasar kain, sedangkan benang pakan merupakan benang serat yang disusun secara horizontal untuk mengisi dan menguatkan kain. Pada gambar tersebut diperlihatkan, arah lusi ditandai oleh panah vertikal dengan angka 30, sedangkan arah pakan ditunjukkan oleh panah horizontal dengan angka 35. Dengan demikian, kain ini memiliki kepadatan 30 benang per 1cm untuk lusi dan 35 benang per 1cm untuk pakan.

Kepadatan yang tinggi pada benang lusi dan pakan menunjukkan kualitas kain yang lebih kuat dan tahan lama. Benang lusi dengan jumlah 30 benang per cm memberikan stabilitas struktural, memungkinkan kain untuk menahan beban dan tekanan saat ditenun. Sementara itu, dengan jumlah 35 helai benang pakan per 1cm, kain ini memiliki pengisian yang rapat dalam arah horizontal. Kepadatan benang pakan yang lebih tinggi akan menciptakan permukaan kain yang lebih halus dan padat, yang tidak hanya memberikan daya tahan tetapi juga estetika yang lebih menarik.

Selain itu, dalam konteks tampilan visual, kepadatan serat yang tinggi pada kain sutra ini memungkinkan terciptanya pola dan warna yang lebih jelas dan kontras. Perbedaan warna pada serat lusi dan pakan, terutama warna biru yang terlihat di bagian tengah, menambah keunikan pada kain. Warna tersebut ditambahkan menggunakan teknik pewarnaan khusus atau variasi dalam proses tenun, yang membantu memberikan tampilan menarik dan khas pada permukaan kain.

Secara keseluruhan, dengan kombinasi kepadatan serat yang tinggi dan variasi warna dalam benang lusi dan pakan, kain sutra ini memiliki tekstur yang halus, ketahanan yang baik, dan estetika yang khas. Kekuatan kain diperkuat oleh kepadatan tenun yang tinggi, sementara pola dan warna yang kontras memberikan nilai tambah dari segi visual.

## 5.4 Kesimpulan

Disimpulkan bahwa dalam menilai pengaruh variasi motif dan kualitas tenunan terhadap kekuatan mekanis komposit. Motif B (dengan 3 corak warna) menunjukkan performa tertinggi dalam uji tarik, bending, dan impact, yang disebabkan oleh distribusi serat dan struktur motif yang lebih baik. Namun, motif dengan lebih banyak warna seperti motif C menunjukkan penurunan kekuatan mekanis karena pewarnaan yang berlebihan. Serat sutra asli juga terbukti memberikan performa mekanis terbaik dibandingkan dengan serat imitasi dan campuran, terutama dalam hal kekuatan tarik dan bending. Kualitas tenunan yang baik memberikan interaksi yang lebih kuat dengan resin, meningkatkan performa komposit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arista, F., Y., (2013). "Pengaruh Penambahan HGM terhadap sifat fisik dari komposit dengan matrix epoxy". Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Bello, S. A., Agunsoye, J. O., Hassan, S. E. A., and Kana, M. Z. (2015). "Epoxy resin based composites, mechanical and tribological properties": A review. *Tribology in Industry*, 37(4), 500.
- Brouwer, W. D. (Rik). (2000). "Natural Fibre Composites in Structural Components: Alternative Applications for Sisal?". *Alternative Applications for Sisal and Henequen*, 75–82.
- C. Wu, K. Yang, Y. Gu, J. Xu, R. O. Ritchie, and J. Guan, "Mechanical properties and impact performance of silk-epoxy resin composites modulated by flax fibres," *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.*, vol. 117, pp. 357 – 368, 2019, doi: 10.1016/j.compositesa.2018.12.003.
- C. Zhao, X. Liu, and G. Wang, "Performance test and analysis of common silk-like fabrics," *J. Silk*, vol. 55, no. 5, pp. 31 – 37, 2018, doi: 10.3969/j.issn.1001.7003.2018.05.006.
- Chen, X., Knight, D. P., Shao, Z., and Vollrath, F. (2001). "Regenerated Bombyx silk solutions studied with rheometry and FTIR". *Polymer*, 42(25), 09969-09974.
- D. Ganguly, C. Mondal, and A. K. Roy Choudhury, "Part 2: Optimization of syntan and sodium sulphate in wool-silk blends solid dyeing process by response surface methodology," *Res. J. Text. Appar.*, vol. 22, no. 1, pp. 26 – 45, 2018, doi: 10.1108/RJTA-05-2017-0017.
- Freddi, G., Mossotti, R., and Innocenti, R. (2003). Degumming of silk fabric with several proteases. *Journal of Biotechnology*, 106(1), 101-112.
- H.-C. Jiang and R.-C. Tang, "Low temperature reactive dyeing of silk: An investigation into dyeing conditions, and strength loss and friction damage of fabric," *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 134, pp. 207 – 216, 2024, doi: 10.1016/j.jiec.2023.12.051.
- Hartanto, L. (2009). Study Perlakuan ALKALI dan Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Bending. Tarik, dan Impak Komposit Berpenguat Serat Rami Bermatrik Polyester BQTN, 157.

- Istanta, D. (2020). Analisis Pengaruh Texture Serat Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Aramid Epoksi Prepreg. *Jurnal: Industri Elektro dan Penerbangan*, 3(1).
- J. F. Shackelford, *Materials Science for Engineers*, 6th ed. New Jersey USA: Pearson Prentice Hall, 2005.
- Jin, F. L., Li, X., and Park, S. J. (2015). "Synthesis and application of epoxy resins: A review". *Journal of industrial and engineering chemistry*, 29, 1-11.
- Khan, M. M. R., Tsukada, M., Gotoh, Y., Morikawa, H., Freddi, G., and Shiozaki, H. (2010). "Physical properties and dyeability of silk fibers degummed with citric acid". *Bioresource technology*, 101(21), 8439-8445.
- Kumar, R. (2016). "A review on epoxy and polyester based polymer concrete and exploration of polyfurfuryl alcohol as polymer concrete". *Journal of Polymers*, 2016.
- Lufti, F. (2018). "Pembuatan model papan selancar komposit serat bambu menggunakan metode vacum bagging".
- M. Fang et al., "Waste silk selvedge/glass fiber reinforced strip-shaped composite: A critical assessment of twisting and dyeing of silk on mechanical properties," *Compos. Commun.*, vol. 45, 2024, doi: 10.1016/j.coco.2023.101798.
- Murdiyanto, D. (2021). "Pengaruh penambahan serat kepompong ulat sutra (*bombyx moril*) terhadap kekuatan tarik diametral resin komposit fowable". *JIKG (Jurnal Ilmu Kedokteran Gigi)*, 3(2).\
- Naik, N. K., Shrirao, P., and Reddy, B. C. K. (2005). "Ballistic impact behaviour of woven fabric composites: Parametric studies". *Materials Science and Engineering: A*, 412(1-2), 104-116.
- Ok Han, S., Muk Lee, S., Ho Park, W., and Cho, D. (2006). "Mechanical and thermal properties of waste silk fiber-reinforced poly (butylene succinate) biocomposites". *Journal of Applied Polymer Science*, 100(6), 4972-4980.
- Padaki, N. V., Das, B., and Basu, A. (2015). "Advances in understanding the properties of silk". *Advances in silk science and technology*, 3-16.

- Porter, D., and Vollrath, F. (2009). "Silk as a biomimetic ideal for structural polymers". *Advanced Materials*, 21(4), 487-492.
- Priyandokohadi, S., & Rizeki, C. A. (2018). Analisa Pengaruh Orientasi Arah Serat terhadap Kekuatan Tarik dan Impact Material Komposit Serat Alam (Serat Agave dan Serat Sansivera). *Tek. Mesin*, 4(1).
- Pulungan, M. A. (2017). Analisis kemampuan rompi anti peluru yang terbuat dari komposit hgm-epoxy dan serat karbon dalam menyerap energi akibat impact peluru. *Jurnal Inotera*.
- Putranto, B. (2011). Perancangan Alat Uji Impak Charpy Untuk Material Komposit Berpenguat Serat Alam (Natural Fiber).
- Quintana, R., Choi, J. W., Puebla, K., and Wicker, R. (2010). "Effects of build orientation on tensile strength for stereolithography-manufactured ASTM D-638 type I specimens". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 46, 201-215.
- Ramon, E., Sguazzo, C., and Moreira, P. M. (2018). A review of recent research on bio-based epoxy systems for engineering applications and potentialities in the aviation sector. *Aerospace*, 5(4), 110.
- Rokhim, M. A., dan Irfa'i, M. A. (2021). "Pengaruh arah sudut dan lama perendaman serat rami pada larutan KOH terhadap kekuatan tarik dan kekuatan bending komposit dengan matrik epoxy". *Jurnal Teknik Mesin*, 9(01), 135-144
- S. Sun, N. Chen, F. Yao, and R. Tang, "Applying sytan to improve the solid effect of silk/wool blends dyed with acid dyes," *Adv. Mater. Res.*, vol. 441, pp. 342 – 345, 2012, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.441.342.
- Schwartz, M. (2002). *Encyclopedia of smart materials*, 2 volume set (p. 1176).
- Shao, Z., Vollrath, F., Sirichaisit, J., and Young, R. J. (1999). "Analysis of spider silk in native and supercontracted states using Raman spectroscopy". *Polymer*, 40(10), 2493-2500.
- Shubhra, Q. T., Alam, A. K. M. M., and Beg, M. D. H. (2011). "Mechanical and degradation characteristics of natural silk fiber reinforced gelatin composites". *Materials letters*, 65(2), 333-336.
- Syamsudin, A. A. N. (2021). "Perancangan Struktur Mekanik Mesin Uji Tarik dengan Kapasitas 150 kgf". *Technology* 2005;65(3e4):647e57

- Utama, F. Y., and Zakiyya, H. (2016). "Pengaruh variasi arah serat komposit berpenguat hibrida fiberhybrid terhadap kekuatan tarik dan densitas material dalam aplikasi body part mobil". *Mekanika*, 15(2).
- W. D. (Rik) Brouwer, "Natural Fibre Composites in Structural Components: Alternative Applications for Sisal?," in *Alternative Applications for Sisal and Henequen*, Rome, Italy: On the occasion of the joint FAO / CFC seminar, 2000, pp. 75–82.
- Y. K. Hamidi, M. A. Yalcinkaya, G. E. Guloglu, M. Pishvar, M. Amirkhosravi, and M. C. Altan, "Manufacturing silk/epoxy composite laminates: Challenges and opportunities," in *AIP Conference Proceedings*, L. S.--J., Ed., American Institute of Physics Inc., 2019. doi: 10.1063/1.5088283.
- Zainuri, A., Sinarep, S., Purwoko, A., and Nurkaliwantoro, N. (2019). Pengaruh jenis anyaman dan fraksi volume serat terhadap kekuatan bending dan impak kokomposit serat rami dengan matrik resin polyester". *Majalah Ilmiah Momentum*, 15(2).

## **BAB VI PEMBAHASAN UMUM**

### **6.1 Pembahasan Penelitian Tahap I**

Pada penelitian tahap satu difokuskan pada penelitian karakterisasi kekuatan tarik dan mulur tenunan serat sutra. Karakterisasi tenunan serat sutra, termasuk variasi asli dan imitasi, dalam hal sifat mekaniknya seperti kekuatan tarik dan elastisitas, sangat penting untuk menentukan kesesuaiannya dalam material komposit. Kekuatan mekanik yang unggul dari tenunan serat sutra 100% motif A, seperti yang dijelaskan, dapat dikaitkan dengan karakteristik struktural dan komposisi yang unik dari serat sutra termasuk protein pupa yang berasal dari ulat sutra (Li et al., 2023) dan (Ge et al., 2023). Selain itu tenunan serat sutra 100% motif A menunjukkan kekuatan tarik tertinggi pada kedua arah, pakan dan lusi, serta elastisitas yang cukup baik dan stabil. Tenunan serat sutra Imitasi 100% memang memiliki elastisitas yang sangat tinggi, namun kekuatan tariknya masih lebih rendah jika dibandingkan dengan tenunan serat sutra 100% motif A, yang menandakan bahwa meskipun sangat elastis, serat ini mungkin kurang mampu menahan beban yang lebih besar tanpa mengalami deformasi permanen (Tomeh et al., 2019). Di sisi lain, tenunan serat sutra Imitasi 50% menunjukkan performa yang lebih rendah baik dalam hal kekuatan tarik maupun elastisitas, dengan variabilitas hasil yang lebih besar, sehingga tidak optimal dibandingkan serat lainnya. Oleh karena itu, tenunan serat sutra 100% motif A menjadi pilihan

yang paling unggul untuk aplikasi yang membutuhkan kombinasi kekuatan dan elastisitas yang baik, memberikan keseimbangan optimal antara kedua sifat mekanik tersebut (Zhang et al., 2011). Pendekatan uji tarik dan uji mulur ini berhasil memberikan informasi tentang kecocokan karakter serat tenun sutra pada aplikasi material komposit (Bhowmik et al., 2023). Namun lebih lanjut perlu dibahas tentang faktor-faktor penunjang seperti interaksi serat dengan matriks dan faktor-faktor zat pengganggu pada tenunan serat sutra (Cranford, 2013).

## **6.2 Pembahasan Penelitian Tahap II**

Pada penelitian tahap dua difokuskan pada penelitian karakterisasi kekuatan sobek dan jebol tenunan serat sutra. Data menunjukkan variasi kekuatan sobek di antara tenunan serat sutra 100% motif A, B, dan C, dengan motif B menunjukkan kekuatan sobek tertinggi pada arah pakan. Hal ini mengindikasikan bahwa motif memang memiliki pengaruh terhadap kekuatan sobek, hasil ini dapat dikaitkan dengan beberapa faktor yang terkait dengan sifat struktural dan komposisi sutra. Misalnya, struktur hierarkis dan organisasi skala nano protein sutra, seperti yang diungkapkan oleh teknik pencitraan canggih, menunjukkan bahwa serat sutra terdiri dari beberapa fibril protein paralel skala nano dengan inti kristal yang berorientasi di sepanjang sumbu serat, yang dapat dipengaruhi oleh proses pemotifan (Iachina, Brewer, et al., 2023). Kehadiran daerah hidrofilik dan hidrofobik pada sutra, seperti yang

dipelajari menggunakan relaksasi NMR, juga menunjukkan bahwa interaksi sutra dengan air dan pelarut lain selama proses pewarnaan dapat mengubah sifat mekaniknya (Ferruti et al., 2023). Biokompatibilitas dan kekuatan mekanik yang kuat dari fibroin sutra, seperti yang disorot dalam aplikasinya di bidang biomedis, lebih lanjut mendukung gagasan bahwa sifat mekanik sutra sangat mudah beradaptasi dan dapat dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti pewarna (Rodin & Belton, 2022).

Selain itu, perbedaan kekuatan sobek antara arah pakan dan arah lusi pada masing-masing motif menunjukkan adanya interaksi antara motif dan arah tenunan yang mempengaruhi kekuatan sobek hasil ini sejalan dengan penelitian tentang pola tenunan yang secara signifikan mempengaruhi sifat mekanik kain, seperti kekuatan dan ketahanan sobek (Schiefer et al., 1933). Interaksi antara arah tenun dan faktor-faktor lain, seperti motif, dapat lebih mempengaruhi sifat-sifat ini. Misalnya, penelitian pada struktur kain yang berbeda, termasuk tenun polos, kepar, dan keranjang, telah menunjukkan bahwa orientasi tenunan berdampak pada kekuatan sobek, dengan tenun tertentu memberikan ketahanan yang lebih tinggi ke arah tertentu (Seddek et al., 2021).

Mengenai pengaruh kadar serat, data yang tenunan serat sutra 100% imitasi dan 50% imitasi menunjukkan bahwa kadar serat dan arah tenunan memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan sobek, dengan serat 100% imitasi menunjukkan kekuatan sobek yang lebih tinggi dibandingkan 50%

imitasi pada kedua arah. Pengamatan ini sejalan dengan temuan dari berbagai studi tentang sifat mekanik bahan komposit. Misalnya, perilaku mekanis membran komposit film tipis, yang dipengaruhi oleh struktur dan komposisi lapisannya, menunjukkan bahwa lapisan poliester memberikan kekuatan mekanik yang signifikan, menyoroti pentingnya kandungan serat dalam menentukan kekuatan material secara keseluruhan (Mokaya et al., 2023b). Ini menegaskan bahwa kadar serat dalam komposit tenunan memang mempengaruhi kekuatan sobek. Secara keseluruhan, meskipun pernyataan tersebut menyatakan ketidakpastian, data yang ada memberikan indikasi kuat bahwa motif, arah tenunan, dan kadar serat memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan sobek tenunan serat sutra. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami mekanisme di balik pengaruh-pengaruh ini secara detail.

Faktor kunci yang mempengaruhi kekuatan jebol serat tenun sutra meliputi proses penguatan baru yang melibatkan penarikan pada suhu lebih rendah dan pengaturan panas pada suhu lebih tinggi, yang menghasilkan kekuatan tarik dan modulus Young yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan serat sutra alami (Fang et al., 2015). Selain itu, sifat mekanik khususnya kekuatan jebol serat sutra dipengaruhi oleh lilitan, kualitas sutra, dan jumlah untaian, dengan lilitan berat menyebabkan kekuatan dan perpanjangan benang yang lebih rendah (Tang et al., 2019). Sifat mekanik serat sutra, termasuk kekuatan jebol, modulus Young, regangan putus, dan modulus

ketangguhan, menunjukkan variabilitas yang substansial, sehingga sulit untuk mengidentifikasi tren dan korelasi (Greco et al., 2022).

Hasil kekuatan jebol penelitian di atas di dukung oleh penelitian lain yang mengungkapkan perbandingan kekuatan jebol, serat sutra menunjukkan kekuatan tarik tinggi dengan nilai mencapai  $533 \pm 10,2$  MPa dan modulus Young mencapai  $12,9 \pm 0,57$  GPa, yang secara signifikan lebih tinggi daripada serat sutra alami (Fang et al., 2015). Sifat mekanik serat sutra dibandingkan dengan serat karbon komersial mengungkapkan variabilitas substansial dan menegaskan bahwa pengujian tarik 10 serat per jenis mewakili populasi serat sutra (Greco et al., 2022). Kain tenun polos mengungguli kain tenun seluler selama uji tarik, sedangkan kain tenun seluler berkinerja lebih baik selama uji jebol dan impak (Özdemir & Mert, 2013).

Implikasi untuk teknik tekstil dan ilmu material menunjukkan bahwa tenunan serat sutra, terutama yang diperkuat melalui proses baru, menjanjikan sebagai elemen penguat potensial dalam komposit untuk aplikasi dalam biomedis, ilmu material, dan nanoteknologi (Gaither & Riedel, 2017). Komposit yang diperkuat sutra menawarkan kinerja mekanis yang lebih baik, keberlanjutan, dan mengurangi dampak lingkungan dibandingkan dengan komposit tradisional, membuatnya cocok untuk aplikasi yang membutuhkan bobot ringan dan ketangguhan tinggi (Das, 2022).

### **6.3 Pembahasan Penelitian Tahap III**

Penelitian tahap tiga berfokus pada pengembangan komposit berbasis serat sutra yang diperkuat dengan resin epoxy, dengan menilai pengaruh variasi motif dan kualitas tenunan terhadap sifat mekanisnya. Penggunaan serat sutra sebagai bahan penguat komposit dipilih karena keunggulannya dalam hal kekuatan spesifik, sifat biodegradabilitas, serta ramah lingkungan, menjadikannya alternatif yang potensial untuk menggantikan serat sintesis seperti kaca, aramid, atau karbon yang lebih sulit terurai.

Pengaruh variasi motif tenunan serat sutra. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi motif serat mempengaruhi kekuatan mekanis komposit. Motif B (dengan 3 corak warna) memberikan performa tertinggi pada uji tarik, uji bending, dan uji impak. Hal ini dapat dikaitkan dengan distribusi serat dan keteraturan dalam struktur motif yang meningkatkan daya ikat antara serat dan resin. Namun, pada motif dengan lebih banyak corak warna (motif C), terdapat penurunan kekuatan mekanis. Penurunan ini mungkin disebabkan oleh gangguan pada struktur serat akibat pewarnaan yang berlebihan, yang melemahkan interaksi serat dengan resin. Penelitian sebelumnya mendukung temuan ini, di mana pewarnaan pada serat dapat mengurangi kekuatan mekanis komposit karena perubahan pada struktur serat alami.

Pengaruh Kualitas Serat Sutra Selain variasi motif, penelitian ini juga menunjukkan bahwa kualitas tenunan serat sangat mempengaruhi performa mekanis komposit. Serat sutra asli (100%) menghasilkan komposit dengan

kekuatan tarik, bending, dan impak yang paling tinggi dibandingkan dengan serat imitasi (0%) dan campuran (50%). Hal ini dapat dijelaskan oleh sifat mekanis yang unggul dari serat sutra alami, seperti modulus elastisitas yang tinggi dan daya regang yang baik, yang sulit dicapai oleh serat imitasi. Serat imitasi, meskipun lebih murah dan mudah diproduksi, tidak memiliki struktur mikroskopik yang sama, sehingga daya ikatnya dengan resin cenderung lebih lemah.

**Signifikansi Penggunaan Serat Sutra dalam Material Komposit**  
Penggunaan serat sutra dalam material komposit menawarkan berbagai keunggulan dibandingkan serat sintetis, terutama dalam konteks keberlanjutan. Serat alami seperti sutra memiliki densitas yang lebih rendah, lebih ramah lingkungan, dan dapat terdegradasi secara alami. Dalam aplikasi material teknik, kelebihan-kelebihan ini menjadikannya pilihan yang ideal untuk industri yang mencari alternatif hijau. Komposit berbasis serat alami juga cenderung lebih ringan, sehingga dapat mengurangi konsumsi energi dalam transportasi dan aplikasi lainnya. Penelitian ini membuktikan bahwa dengan pengolahan yang tepat, serat sutra dapat memberikan performa mekanis yang kompetitif.

**Keterbatasan dan Prospek Penelitian** Meskipun hasil penelitian menunjukkan potensi besar serat sutra sebagai penguat komposit, ada beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Salah satu masalah utama adalah sensitivitas serat sutra terhadap kelembaban, yang dapat

mempengaruhi performanya di kondisi lingkungan yang bervariasi. Di masa depan, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan proses pengolahan serat sutra agar dapat lebih tahan terhadap faktor eksternal, misalnya melalui perlakuan kimia atau fisik yang dapat meningkatkan stabilitas serat.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan wawasan penting tentang bagaimana variasi motif dan kualitas serat tenunan dapat mempengaruhi sifat mekanis komposit. Temuan-temuan ini dapat dijadikan dasar bagi pengembangan material komposit berbasis serat alami untuk aplikasi teknik yang lebih luas, khususnya dalam mendukung praktik industri yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

#### 6.4 Keterkaitan penelitian

Secara keseluruhan, setiap uji mekanik pada serat dan komposit memberikan wawasan spesifik namun saling berhubungan tentang performa serat dalam berbagai kondisi beban. Untuk aplikasi komposit, serat yang unggul pada uji tarik dan mulur, serta memiliki ketahanan terhadap sobek dan jebol, berperan dalam menciptakan material komposit dengan kekuatan mekanis yang baik pada uji tarik, bending, dan impact. Keterkaitan kuat antara serat asli yang memiliki kekuatan tarik tinggi dengan resin menghasilkan komposit yang unggul dalam menahan beban kompleks, sedangkan kualitas tenunan dan motif menentukan distribusi beban dan ketahanan terhadap benturan.

## **BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN**

### **7.1 Kesimpulan**

Setelah dilakukan penelitian dapat disimpulkan bahwa karakterisasi kekuatan tarik dan mulur tenunan serat sutra menunjukkan bahwa tenunan serat sutra 100% motif A memberikan performa terbaik dalam hal kekuatan tarik dan elastisitas. Serat ini menonjol dengan kekuatan mekanis yang lebih unggul dibandingkan dengan serat imitasi dan campuran, yang menjadikannya pilihan terbaik untuk aplikasi komposit yang membutuhkan kombinasi kekuatan dan elastisitas. Meskipun serat imitasi memiliki elastisitas yang baik, kekuatan tariknya jauh lebih rendah, menunjukkan bahwa kemampuan serat untuk menahan beban tanpa deformasi permanen lebih baik pada serat sutra asli. Pendekatan ini juga menegaskan pentingnya memahami sifat mekanik serat untuk aplikasi komposit yang lebih kuat dan elastis. Pada kekuatan sobek dan jebol tenunan serat sutra. Tenunan serat sutra 100% motif B menunjukkan kekuatan sobek tertinggi, terutama pada arah pakan. Hal ini mengindikasikan bahwa proses pewarnaan dapat mempengaruhi struktur internal serat sutra, sehingga memengaruhi sifat mekanisnya. Pewarnaan berlebihan juga dapat mengubah interaksi antara serat dan resin, yang berdampak pada performa mekanis. Penelitian ini juga menemukan bahwa serat imitasi 100% menunjukkan kekuatan sobek yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat campuran 50%, menekankan pentingnya kandungan serat dalam menentukan

kekuatan mekanis komposit. Selain itu, dalam menilai pengaruh variasi motif dan kualitas tenunan terhadap kekuatan mekanis komposit. Motif B (dengan 3 corak motif) menunjukkan performa tertinggi dalam uji tarik, bending, dan dampak, yang disebabkan oleh distribusi serat dan struktur motif yang lebih baik. Namun, motif dengan lebih banyak motif seperti motif C menunjukkan penurunan kekuatan mekanis karena pewarnaan yang berlebihan. Serat sutra asli juga terbukti memberikan performa mekanis terbaik dibandingkan dengan serat imitasi dan campuran, terutama dalam hal kekuatan tarik dan bending. Kualitas tenunan yang baik memberikan interaksi yang lebih kuat dengan resin, meningkatkan performa komposit.

## **7.2 Saran**

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa serat sutra asli dengan variasi motif tertentu memberikan performa mekanis terbaik untuk komposit berbasis serat alami. Pewarnaan berlebihan dapat mengurangi kekuatan serat, sementara serat sutra asli menawarkan kekuatan tarik dan elastisitas yang superior. Penelitian ini memberikan landasan yang kuat untuk pengembangan komposit ramah lingkungan dengan performa mekanis yang baik, khususnya dalam aplikasi teknik yang membutuhkan material yang kuat dan ringan. Namun, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengatasi tantangan seperti sensitivitas serat sutra terhadap kelembaban dan meningkatkan daya tahan dalam kondisi lingkungan yang beragam. Untuk itu disarankan:

- 1) Mengingat hasil penelitian menunjukkan bahwa pewarnaan berlebihan pada serat sutra dapat menurunkan kekuatan mekanis komposit, disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut terkait metode pewarnaan yang tidak mengganggu struktur serat. Uji pada berbagai teknik pewarnaan atau penggunaan pewarna ramah lingkungan yang tidak merusak sifat mekanis serat perlu dilakukan untuk mempertahankan kekuatan serat dalam komposit. Penelitian ini bisa diperluas dengan mengeksplorasi modifikasi permukaan serat sutra untuk meningkatkan daya ikat serat dengan resin. Teknik-teknik seperti *surface treatment* menggunakan bahan kimia atau plasma dapat diuji untuk memperbaiki adhesi antara serat dan resin, yang diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanik komposit.
- 2) Kelembaban diketahui dapat memengaruhi sifat mekanik serat alami seperti sutra. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut terkait pengaruh lingkungan, seperti kelembaban dan suhu ekstrem, terhadap performa komposit berbasis serat sutra. Studi ini penting untuk memahami bagaimana komposit tersebut bekerja dalam kondisi nyata di berbagai aplikasi industri.
- 3) Selain resin epoxy yang digunakan dalam penelitian ini, disarankan untuk mengeksplorasi resin berbasis alami atau resin biodegradable lainnya untuk membuat komposit yang lebih ramah lingkungan. Hal ini

akan semakin mendukung tujuan keberlanjutan dalam industri komposit.

- 4) Penelitian lebih lanjut bisa dilakukan untuk mengevaluasi potensi aplikasi komposit sutra ini di berbagai sektor industri seperti otomotif, kedirgantaraan, atau biomedis. Pengujian tambahan terhadap sifat-sifat seperti tahan api, tahan aus, dan biokompatibilitas perlu dilakukan untuk memperluas penggunaan komposit sutra dalam berbagai aplikasi teknik.
- 5) Diperlukan penelitian lanjutan yang mengevaluasi ketahanan jangka panjang komposit berbasis serat sutra, termasuk proses degradasi setelah paparan lingkungan selama periode waktu tertentu. Hal ini penting untuk memahami usia pakai material komposit dalam aplikasi nyata dan bagaimana sifat mekanisnya berubah seiring waktu.
- 6) Penelitian selanjutnya sebaiknya juga berfokus pada pengembangan teknologi produksi massal untuk komposit berbasis serat sutra. Studi mengenai efisiensi biaya produksi dan proses manufaktur yang optimal diperlukan untuk memastikan komposit ini dapat diproduksi secara komersial dengan biaya yang kompetitif.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- A. Fuji, "Analysis of wild silk dyeing by the measurement of attenuated total reflection," *J. Seric, Sci. Japan*, vol. 54, pp. 374–376, 1985.

- A. Géczy et al., "Filtering Efficiency of Sustainable Textile Materials Applied in Personal Protective Face Mask Production during Pandemic," *Materials*, vol. 16, no. 3, Feb. 2023, doi: 10.3390/ma16030903.
- A. M. Seddek, M. H. Elrashidy, and S. F. El-Hawari, "Experimental and clinical evaluation of a new intra-lingual suture pattern for management of lingual wounds in farm animals," *SVU-International Journal of Veterinary Sciences*, vol. 4, no. 3, pp. 38–50, Sep. 2021, doi: 10.21608/svu.2021.75493.1126.
- A. Volenikova et al., "Genome sequence and silkomics of the spindle ermine moth, *Yponomeuta cagnagella*, representing the early diverging lineage of the ditrysian Lepidoptera," *Commun Biol*, vol. 5, no. 1, Dec. 2022, doi: 10.1038/s42003-022-04240-9.
- Arista, F., Y., (2013). "Pengaruh Penambahan HGM terhadap sifat fisik dari komposit dengan matrix epoxy". Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Bello, S. A., Agunsoye, J. O., Hassan, S. E. A., and Kana, M. Z. (2015). "Epoxy resin based composites, mechanical and tribological properties": A review. *Tribology in Industry*, 37(4), 500.
- Brouwer, W. D. (Rik). (2000). "Natural Fibre Composites in Structural Components: Alternative Applications for Sisal?". *Alternative Applications for Sisal and Henequen*, 75–82.
- C. Holland, N. Hawkins, M. Frydrych, P. Laity, D. Porter, and F. Vollrath, "Differential Scanning Calorimetry of Native Silk Feedstock," *Macromol Biosci*, vol. 19, no. 3, Mar. 2019, doi: 10.1002/mabi.201800228.
- C. Li, X. Wang, D. Zhang, Y. Chen, X. Jiang, and D. Ni, "Study on the Variation Law of the Main Mechanical Properties in the Processing of Longjing Tea," *Foods*, vol. 12, no. 13, Jul. 2023, doi: 10.3390/foods12132587.
- C. Pang, F. Li, X. Hu, K. Meng, H. Pan, and Y. Xiang, "Degradable silk fibroin based piezoresistive sensor for wearable biomonitoring," *Discover Nano*, vol. 19, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1186/s11671-024-04001-z.
- C. Wu, K. Yang, Y. Gu, J. Xu, R. O. Ritchie, and J. Guan, "Mechanical properties and impact performance of silk-epoxy resin composites modulated by flax fibres," *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.*, vol. 117, pp. 357 – 368, 2019, doi: 10.1016/j.compositesa.2018.12.003.

- C. Zhao, X. Liu, and G. Wang, "Performance test and analysis of common silk-like fabrics," *J. Silk*, vol. 55, no. 5, pp. 31 – 37, 2018, doi: 10.3969/j.issn.1001.7003.2018.05.006.
- Chen, X., Knight, D. P., Shao, Z., and Vollrath, F. (2001). "Regenerated Bombyx silk solutions studied with rheometry and FTIR". *Polymer*, 42(25), 09969-09974.
- D. Ganguly, C. Mondal, and A. K. Roy Choudhury, "Part 2: Optimization of syntan and sodium sulphate in wool-silk blends solid dyeing process by response surface methodology," *Res. J. Text. Appar.*, vol. 22, no. 1, pp. 26 – 45, 2018, doi: 10.1108/RJTA-05-2017-0017.
- D. Obed et al., "In Vitro Differentiation of Myoblast Cell Lines on Spider Silk Scaffolds in a Rotating Bioreactor for Vascular Tissue Engineering," *J Pers Med*, vol. 12, no. 12, Dec. 2022, doi: 10.3390/jpm12121986.
- Das, S. (2022). Abrasion Resistance and Tensile Behavior of Woven Bi-voltine Silk Fabrics. *Journal of Natural Fibers*, 19(8), 2799 – 2804. <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1821294>
- E. Sterenzon, V. K. Vadivel, Y. Gerchman, T. Luxbacher, R. Narayanan, and H. Mamane, "Effective Removal of Acid Dye in Synthetic and Silk Dyeing Effluent: Isotherm and Kinetic Studies," *ACS Omega*, vol. 7, no. 1, pp. 118–128, Jan. 2022, doi: 10.1021/acsomega.1c04111.
- Fang, X., Wyatt, T., Wu, J., & Yao, D. (2015). An effective and simple process for obtaining high strength silkworm (*Bombyx mori*) silk fiber. *Fibers and Polymers*, 16(12), 2609 – 2616. <https://doi.org/10.1007/s12221-015-5170-8>
- Freddi, G., Mossotti, R., and Innocenti, R. (2003). Degumming of silk fabric with several proteases. *Journal of Biotechnology*, 106(1), 101-112.
- Fukashi Shimizu, "Studies on the mordanting with metallic salts for silk dyeing II Influence of postmordanted metallic salts on the hue and color fastness of silk habutae dyed with acid mordant dye," *J. Sericult. Sci Japan*, vol. 50, pp. 29–35, 1981.
- Gaither, L. N., & Riedel, C. (2017). Using a multivariate Gaussian Mixture Model with Expectation Maximization to identify characteristic bursting strength in woven hemp fabrics. *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)*, 14. <https://doi.org/10.1115/IMECE2017-70784>

- Greco, G., Mirbaha, H., Schmuck, B., Rising, A., & Pugno, N. M. (2022). Artificial and natural silk materials have high mechanical property variability regardless of sample size. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07212-5>
- H. F. Schiefer, R. S. Cleveland, J. W. Porter, and J. Miller, "EFFECT OF WEAVE ON THE PROPERTIES OF CLOTH 1," 1933.
- H. O. Mokaya et al., "Silkmoth pupae: potential and less exploited alternative source of nutrients and natural antioxidants," *J Insects Food Feed*, vol. 9, no. 4, pp. 491–501, 2023, doi: 10.3920/JIFF2021.0134.
- H. O. Mokaya et al., "Silkmoth pupae: potential and less exploited alternative source of nutrients and na antioxidants," *J Insects Food Feed*, vol. 9, no. 4, pp. 491–501, 2023, doi: 10.3920/JIFF2021.0134.
- H. Wang, L. Cao, H. Yuan, Y. Li, R. Wen, and G. Xu, "Development and characterization of kapok/waste silk nonwoven as a multifunctional bio-based material for textile applications," *Journal of Industrial Textiles*, vol. 53, Jan. 2023, doi: 10.1177/15280837231198014.
- H. Xu et al., "Comprehensive silk gland multi-omics comparison illuminates two alternative mechanisms in silkworm heterosis," *Zool Res*, vol. 43, no. 4, pp. 585–596, 2022, doi: 10.24272/j.issn.2095-8137.2022.065.
- H. Xu et al., "Comprehensive silk gland multi-omics comparison illuminates two alternative mechanisms in silkworm heterosis," *Zool Res*, vol. 43, no. 4, pp. 585–596, 2022, doi: 10.24272/j.issn.2095-8137.2022.065.
- H.-C. Jiang and R.-C. Tang, "Low temperature reactive dyeing of silk: An investigation into dyeing conditions, and strength loss and friction damage of fabric," *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 134, pp. 207 – 216, 2024, doi: 10.1016/j.jiec.2023.12.051.
- Hartanto, L. (2009). Study Perlakuan ALKALI dan Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Bending. Tarik, dan Impak Komposit Berpenguat Serat Rami Bermatrik Polyester BQTN, 157.
- I. Iachina, J. Fiutowski, H. G. Rubahn, F. Vollrath, and J. R. Brewer, " and minor ampullate silk from the orb-web spider *Nephila Madagascariensis*," *Sci Rep*, vol. 13, no. 1, Dec. 2023, doi: 10.1038/s41598-023-33839-z.
- I. Iachina, J. Fiutowski, H. G. Rubahn, F. Vollrath, and J. R. Brewer, "Nanoscale imaging of major and minor ampullate silk from the orb-web spider *Nephila*

- Madagascariensis,” *Sci Rep*, vol. 13, no. 1, Dec. 2023, doi: 10.1038/s41598-023-33839-z.
- Istanta, D. (2020). Analisis Pengaruh Texture Serat Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Aramid Epoksi Prepreg. *Jurnal: Industri Elektro dan Penerbangan*, 3(1).
- J. F. Shackelford, *Materials Science for Engineers*, 6th ed. New Jersey USA: Pearson Prentice Hall, 2005.
- J. von Byern et al., “Biomechanical properties of fishing lines of the glowworm *Arachnocampa luminosa* (Diptera; Keroplatidae),” *Sci Rep*, vol. 9, no. 1, Dec. 2019, doi: 10.1038/s41598-019-39098-1.
- J. Yu, B. Safarov, L. Yi, M. Buzrukova, and B. Janzakov, “The Adaptive Evolution of Cultural Ecosystems along the Silk Road and Cultural Tourism Heritage: A Case Study of 22 Cultural Sites on the Chinese Section of the Silk Road World Heritage,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 3, Feb. 2023, doi: 10.3390/su15032465.
- Jin, F. L., Li, X., and Park, S. J. (2015). “Synthesis and application of epoxy resins: A review”. *Journal of industrial and engineering chemistry*, 29, 1-11.
- Khan, M. M. R., Tsukada, M., Gotoh, Y., Morikawa, H., Freddi, G., and Shiozaki, H. (2010). “Physical properties and dyeability of silk fibers degummed with citric acid”. *Bioresource technology*, 101(21), 8439-8445.
- Kumar, R. (2016). “A review on epoxy and polyester based polymer concrete and exploration of polyfurfuryl alcohol as polymer concrete”. *Journal of Polymers*, 2016.
- L. Lemetti, J. Tersteegen, J. Sammaljärvi, A. S. Aranko, and M. B. Linder, “Recombinant Spider Silk Protein and Delignified Wood Form a Strong Adhesive System,” *ACS Sustain Chem Eng*, vol. 10, no. 1, pp. 552–561, Jan. 2022, doi: 10.1021/acssuschemeng.1c07043.
- Lufti, F. (2018). “Pembuatan model papan selancar komposit serat bambu menggunakan metode vacum bagging”.
- Luftinor, N. Herlina, and A. Santika Kurniati, “Coffee bean skin waste extraction for silk dyeing,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Jun. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/801/1/012075.

- M. A. Tomeh, R. Hadianamrei, and X. Zhao, "Silk fibroin as a functional biomaterial for drug and gene delivery," *Pharmaceutics*, vol. 11, no. 10. MDPI AG, Oct. 01, 2019. doi: 10.3390/pharmaceutics11100494.
- M. Fang et al., "Waste silk selvage/glass fiber reinforced strip-shaped composite: A critical assessment of twisting and dyeing of silk on mechanical properties," *Compos. Commun.*, vol. 45, 2024, doi: 10.1016/j.coco.2023.101798.
- M. H. An and A. R. Jang, "Development of textile pattern design by M. C. Escher's tessellation technique using chaekgeori icons," *Fashion and Textiles*, vol. 10, no. 1, Dec. 2023, doi: 10.1186/s40691-023-00336-w.
- M. Wang et al., "Genomic interrogation of a MAGIC population highlights genetic factors controlling fiber quality traits in cotton," *Commun Biol*, vol. 5, no. 1, Dec. 2022, doi: 10.1038/s42003-022-03022-7.
- Murdiyanto, D. (2021). "Pengaruh penambahan serat kepompong ulat sutra (*bombyx mori*) terhadap kekuatan tarik diametral resin komposit fowable". *JIKG (Jurnal Ilmu Kedokteran Gigi)*, 3(2).\
- N. Adly et al., "Printed Silk Microelectrode Arrays for Electrophysiological Recording and Controlled Drug Delivery (*Adv. Healthcare Mater.* 17/2023)," *Adv Healthc Mater*, vol. 12, no. 17, Jul. 2023, doi: 10.1002/adhm.202370088.
- N. Brockmann, A. Sicken, and J. Krüger, "Effects of laser cleaning on the condition of different silk model samples using varying wavelengths and pulse durations," *Herit Sci*, vol. 12, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1186/s40494-024-01152-1.
- N. Kono et al., "Multicomponent nature underlies the extraordinary mechanical properties of spider dragline silk", doi: 10.1073/pnas.2107065118/-/DCSupplemental.
- N. T. Ross, W. P. Katt, and A. D. Hamilton, "Synthetic mimetics of protein secondary structure domains," *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 368, no. 1914. Royal Society, pp. 989–1008, Mar. 13, 2010. doi: 10.1098/rsta.2009.0210.
- Naik, N. K., Shrirao, P., and Reddy, B. C. K. (2005). "Ballistic impact behaviour of woven fabric composites: Parametric studies". *Materials Science and Engineering: A*, 412(1-2), 104-116.
- Ok Han, S., Muk Lee, S., Ho Park, W., and Cho, D. (2006). "Mechanical and thermal properties of waste silk fiber-reinforced poly (butylene succinate) biocomposites". *Journal of Applied Polymer Science*, 100(6), 4972-4980.

- Özdemir, H., & Mert, E. (2013). The effects of fabric structural parameters on the breaking, bursting and impact strengths of diced woven fabrics. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 23(2), 113 – 123. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84880060986&partnerID=40&md5=90d0418bbb87f1c994cf5fc9bcf1344b>
- P. Bhowmik, R. Kant, and H. Singh, “Effect of Degumming Duration on the Behavior of Waste Filature Silk-Reinforced Wheat Gluten Composite for Sustainable Applications,” *ACS Omega*, vol. 8, no. 7, pp. 6268–6278, Feb. 2023, doi: 10.1021/acsomega.2c05963.
- P. Ferruti, J. Alongi, E. Barabani, A. Manfredi, and E. Ranucci, “Silk/Polyamidoamine Membranes for Removing Chromium VI from Water,” *Polymers (Basel)*, vol. 15, no. 8, Apr. 2023, doi: 10.3390/polym15081871.
- Padaki, N. V., Das, B., and Basu, A. (2015). “Advances in understanding the properties of silk”. *Advances in silk science and technology*, 3-16.
- Porter, D., and Vollrath, F. (2009). “Silk as a biomimetic ideal for structural polymers”. *Advanced Materials*, 21(4), 487-492.
- Priyandokohadi, S., & Rizeki, C. A. (2018). Analisa Pengaruh Orientasi Arah Serat terhadap Kekuatan Tarik dan Impact Material Komposit Serat Alam (Serat Agave dan Serat Sansivera). *Tek. Mesin*, 4(1).
- Pulungan, M. A. (2017). Analisis kemampuan rompi anti peluru yang terbuat ari komposit hgm-epoxy dan serat karbon dalam menyerap energi akibat impact peluru. *Jurnal Inotera*.
- Putranto, B. (2011). Perancangan Alat Uji Impak Charpy Untuk Material Komposit Berpenguat Serat Alam (Natural Fiber).
- Quintana, R., Choi, J. W., Puebla, K., and Wicker, R. (2010). “Effects of build orientation on tensile strength for stereolithography-manufactured ASTM D-638 type I specimens”. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 46, 201-215.
- R. Sudhakar, K. N. N. Gowda, and G. Venu2, “Mitotic Abnormalities Induced by Silk Dyeing Industry Effluents in the Cells of *Allium cepa*,” 2001.
- Ramon, E., Sguazzo, C., and Moreira, P. M. (2018). A review of recent research on bio-based epoxy systems for engineering applications and potentialities in the aviation sector. *Aerospace*, 5(4), 110.

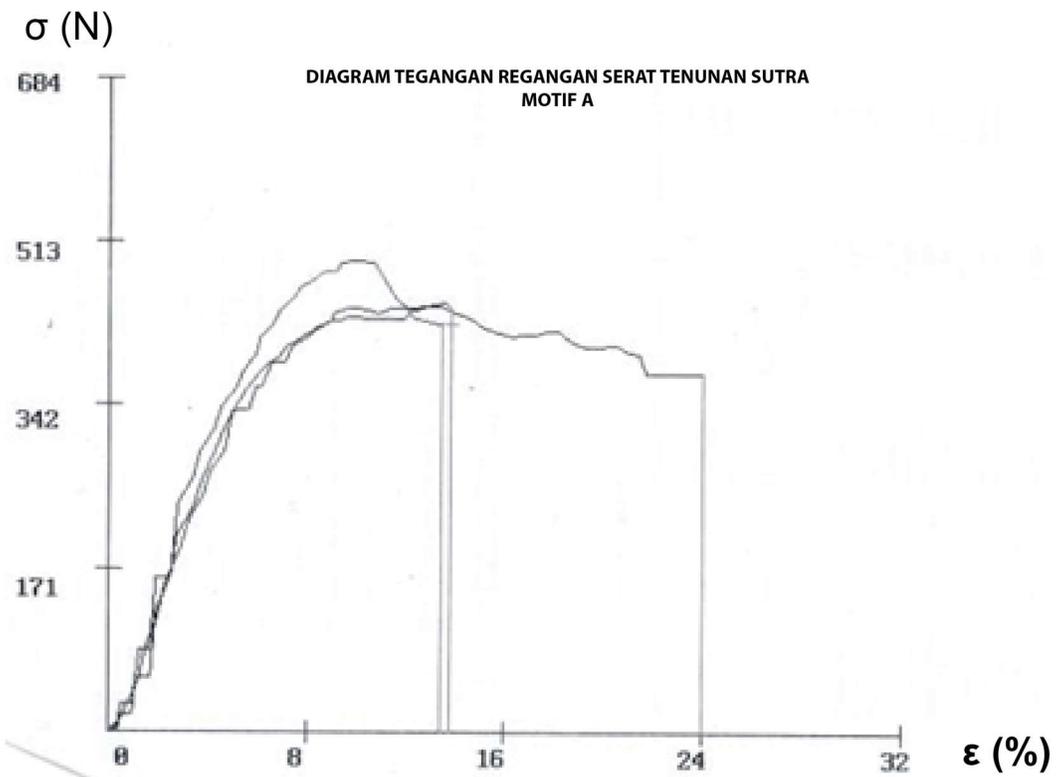
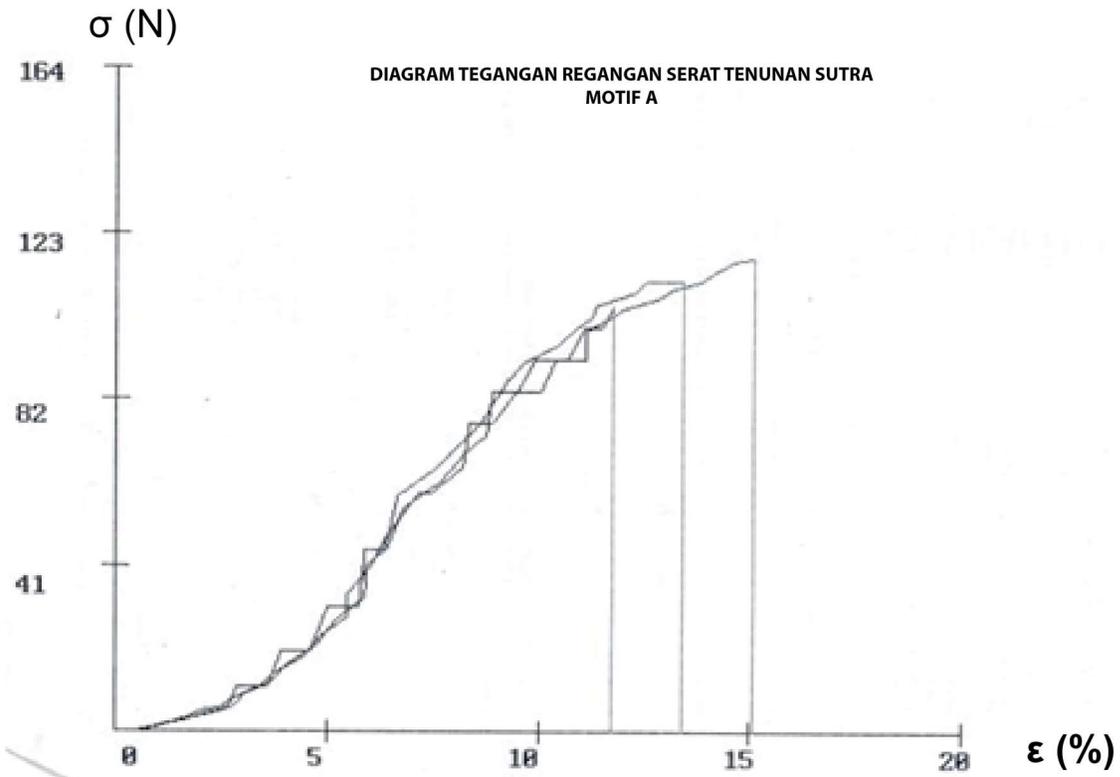
- Rokhim, M. A., dan Irfa'i, M. A. (2021). "Pengaruh arah sudut dan lama perendaman serat rami pada larutan KOH terhadap kekuatan tarik dan kekuatan bending komposit dengan matrik epoxy". *Jurnal Teknik Mesin*, 9(01), 135-144
- S. Ge et al., "Characteristics of enzymolysis of silkworm pupa protein after tri-frequency ultrasonic pretreatment: kinetics, thermodynamics, structure and antioxidant changes," *Front Bioeng Biotechnol*, vol. 11, 2023, doi: 10.3389/fbioe.2023.1170676.
- S. Sun, N. Chen, F. Yao, and R. Tang, "Applying syntan to improve the solid effect of silk/wool blends dyed with acid dyes," *Adv. Mater. Res.*, vol. 441, pp. 342 – 345, 2012, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.441.342.
- S. Urtgam, T. Sumpradit, and N. Thurnkul, "The antibacterial activity and silk dyeing of the crude pigment extract from J4 actinobacteria strain," *J Curr Sci Technol*, vol. 13, no. 2, pp. 455–464, May 2023, doi: 10.59796/jcst.V13N2.2023.262.
- S. W. Cranford, "Increasing silk fibre strength through heterogeneity of bundled fibrils," *J R Soc Interface*, vol. 10, no. 82, p. 20130148, May 2013, doi: 10.1098/rsif.2013.0148.
- S. Yang, H. Xiang, Y. Wang, K. Chen, and W. Gao, "Effect of Fabric Substrate and Introduction of Silk Fibroin on the Structural Color of Photonic Crystals," *Polymers (Basel)*, vol. 15, no. 17, Sep. 2023, doi: 10.3390/polym15173551.
- Schwartz, M. (2002). *Encyclopedia of smart materials*, 2 volume set (p. 1176).
- Shao, Z., Vollrath, F., Sirichaisit, J., and Young, R. J. (1999). "Analysis of spider silk in native and supercontracted states using Raman spectroscopy". *Polymer*, 40(10), 2493-2500.
- Shubhra, Q. T., Alam, A. K. M. M., and Beg, M. D. H. (2011). "Mechanical and degradation characteristics of natural silk fiber reinforced gelatin composites". *Materials letters*, 65(2), 333-336.
- Syamsudin, A. A. N. (2021). "Perancangan Struktur Mekanik Mesin Uji Tarik dengan Kapasitas 150 kgf". *Technology* 2005;65(3e4):647e57
- T. S. Kumar, M. R. Kumar, D. Raja, C. Prakash, and V. Thirumurugan, "Thermal comfort properties of silk knitted denim fabrics," *Indian J Fibre Text Res*, vol. 49, no. 1, pp. 91–95, Mar. 2024, doi: 10.56042/ijftr.v49i1.9541.
- T. Toprak, M. Akgun, and P. Anis, "Effects of environmentally friendly degumming methods on some surface properties, physical performances and dyeing

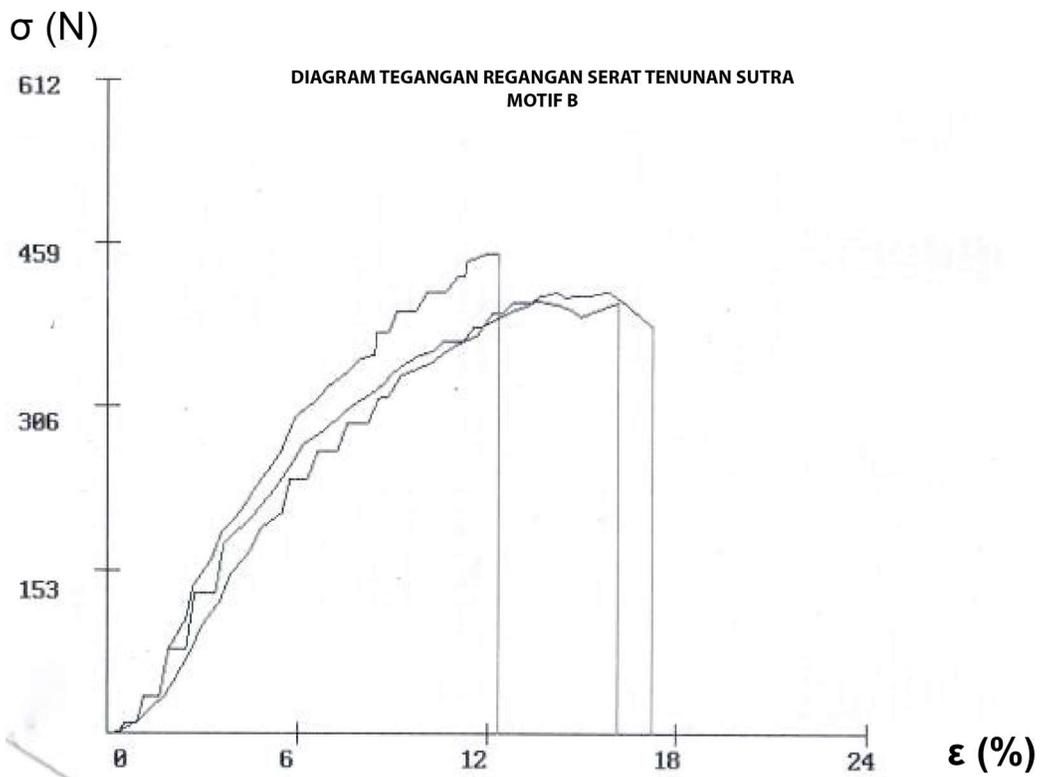
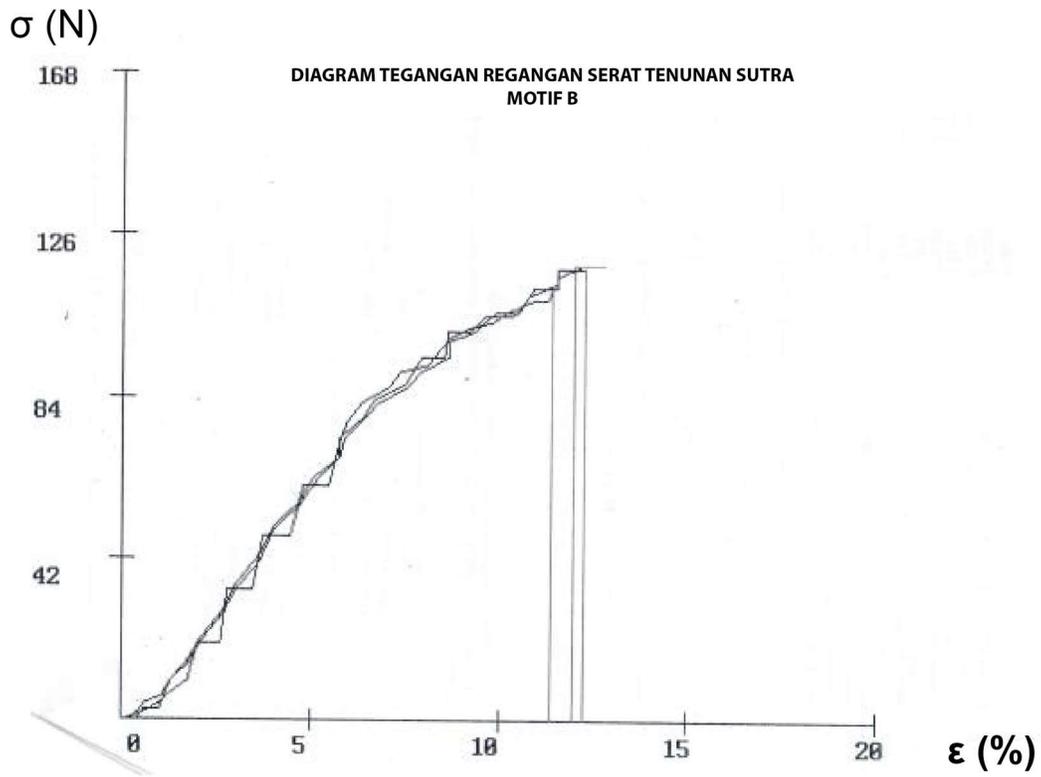
- behaviour of silk fabrics,” *Industria Textila*, vol. 71, no. 4, pp. 380–387, 2020, doi: 10.35530/IT.071.04.1675.
- Tang, J.-Y., Wang, Y.-P., Chen, X., & Yang, R. (2019). Analysis of the tensile property of silk filament yarn. *Textile Bioengineering and Informatics Symposium Proceedings*, TBIS, 777 – 783. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85073803952&partnerID=40&md5=81f6ec767a7acee30944a273d6984d3f>
- Utama, F. Y., and Zakiyya, H. (2016). “Pengaruh variasi arah serat komposit berpenguat hibrida fiberhybrid terhadap kekuatan tarik dan densitas material dalam aplikasi body part mobil”. *Mekanika*, 15(2).
- V. V. Rodin and P. S. Belton, “Changes in Natural Silk Fibres by Hydration, Tensile Loading and Heating as Studied by 1H NMR: Anisotropy in NMR Relaxation Times,” *Polymers (Basel)*, vol. 14, no. 17, Sep. 2022, doi: 10.3390/polym14173665.
- V. V. Rodin and P. S. Belton, “Changes in Natural Silk Fibres by Hydration, Tensile Loading and Heating as Studied by 1H NMR: Anisotropy in NMR Relaxation Times,” *Polymers (Basel)*, vol. 14, no. 17, Sep. 2022, doi: 10.3390/polym14173665.
- W. D. (Rik) Brouwer, “Natural Fibre Composites in Structural Components: Alternative Applications for Sisal?,” in *Alternative Applications for Sisal and Henequen*, Rome, Italy: On the occasion of the joint FAO / CFC seminar, 2000, pp. 75–82.
- X. Huang, Y. An, S. Yuan, C. Chen, H. Shan, and M. Zhang, “Silk fibroin carriers with sustained release capacity for treating neurological diseases,” *Frontiers in Pharmacology*, vol. 14. *Frontiers Media S.A.*, 2023. doi: 10.3389/fphar.2023.1117542.
- X. Zhang, M. Tsukada, H. Morikawa, K. Aojima, G. Zhang, and M. Miura, “Production of silk sericin/silk fibroin blend nanofibers,” *Nanoscale Res Lett*, vol. 6, pp. 1–8, 2011, doi: 10.1186/1556-276X-6-510.
- Y. Du et al., “Hydrophobic Silk Fibroin–Agarose Composite Aerogel Fibers with Elasticity for Thermal Insulation Applications,” *Gels*, vol. 10, no. 4, Apr. 2024, doi: 10.3390/gels10040266.
- Y. Gong, G. Zhou, C. Qiao, and Y. Pan, “Study on the photodegradation behaviors of thermal-aged silk,” *Herit Sci*, vol. 12, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1186/s40494-024-01270-w.

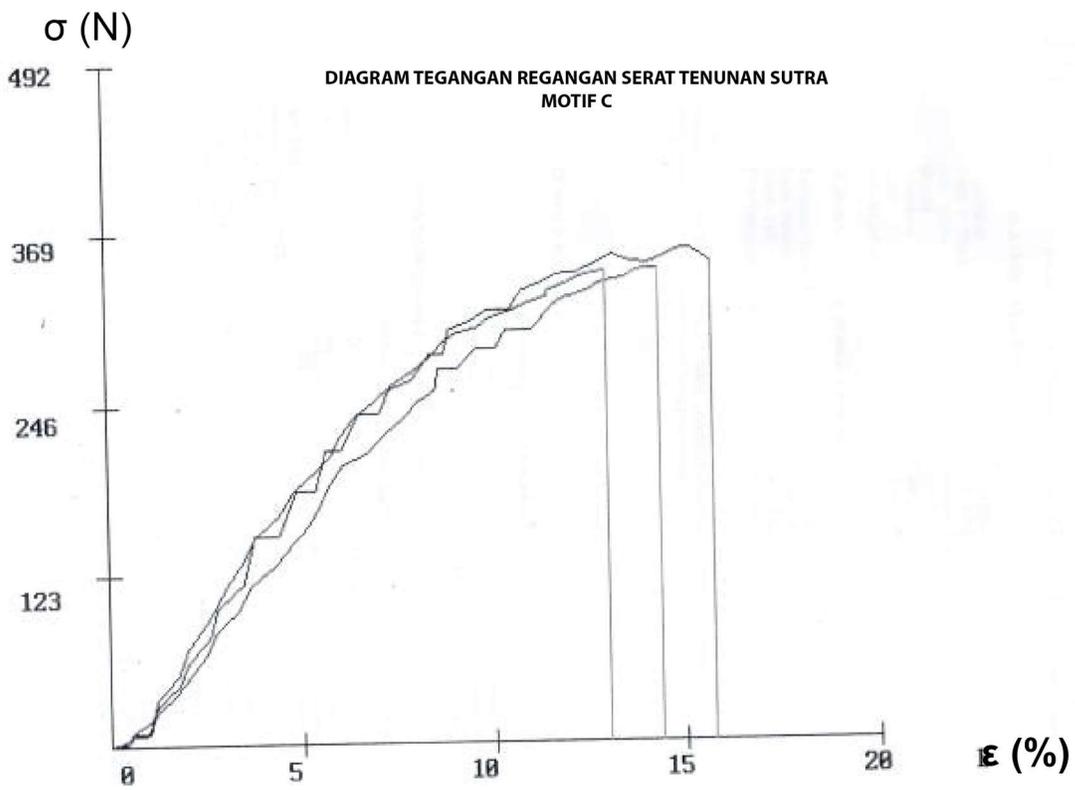
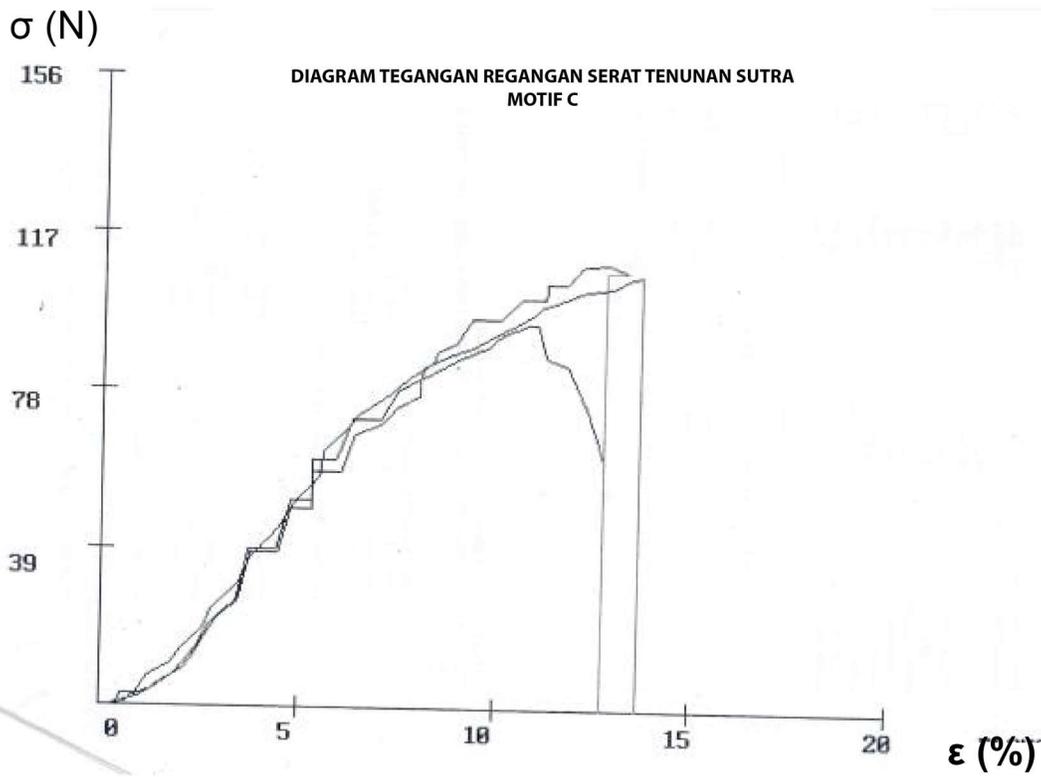
- Y. K. Hamidi, M. A. Yalcinkaya, G. E. Guloglu, M. Pishvar, M. Amirkhosravi, and M. C. Altan, "Manufacturing silk/epoxy composite laminates: Challenges and opportunities," in *AIP Conference Proceedings*, L. S.--J., Ed., American Institute of Physics Inc., 2019. doi: 10.1063/1.5088283.
- Y. S. Bae and I. C. Um, "Effects of fabrication conditions on structure and properties of mechanically prepared natural silk web and non-woven fabrics," *Polymers (Basel)*, vol. 13, no. 10, May 2021, doi: 10.3390/polym13101578.
- Y. Wu, R. Wang, L. Lou, L. Wang, and J. Wang, "Local Characterisation and Detection of Woven Fabric Texture Based on a Sparse Dictionary," *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, vol. 151, no. 3, pp. 33–40, Oct. 2022, doi: 10.2478/ftce-2022-0020.
- Y. Xu et al., "Vitellogenin receptor transports the 30K protein LP1 without cell-penetrating peptide, into the oocytes of the silkworm, *Bombyx mori*," *Front Physiol*, vol. 14, Jan. 2023, doi: 10.3389/fphys.2023.1117505.
- Z. Yang et al., "Injectable *Bombyx mori* (B. mori) silk fibroin/MXene conductive hydrogel for electrically stimulating neural stem cells into neurons for treating brain damage," *J Nanobiotechnology*, vol. 22, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1186/s12951-024-02359-x.
- Zainuri, A., Sinarep, S., Purwoko, A., and Nurkaliwantoro, N. (2019). Pengaruh jenis anyaman dan fraksi volume serat terhadap kekuatan bending dan impak kokmposit serat rami dengan matrik resin polyester". *Majalah Ilmiah Momentum*, 15(2).

# LAMPIRAN

### DATA UJI TARI SERAT TUNGGAL







# BUKTI PUBLIKASI

## ← Submissions Being Processed for Author

Page: 1 of 1 (1 total submissions)

Results per page 25

Action	Manuscript Number	Title	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status
<a href="#">View Submission</a> <a href="#">Author Status</a> <a href="#">Correspondence</a> <a href="#">Send E-mail</a>	FTEE-D-24-00024	Innovative Approach to Characterization of Silk Woven Fibers with Tensile and Creep Test Methods for Composite Material Applications	31.05.2024	26.11.2024	Under Review

Page: 1 of 1 (1 total submissions)

Results per page 25



**UMY**

UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH  
YOGYAKARTA



International Conference on Information Technology,  
Advanced Mechanical and Electrical Engineering

No : 1571035957/ICITAMEE/XI/2024

**Letter of Acceptance**

Dear Muhammad Yusuf Ali, Zulkifli Djafar, Muhammad Syahid Arsyad, and Lukmanul Hakim Arma ,

We acknowledge that your paper titled "Analysis of the Tear Strength of Original Silk Weaving Fibers and Imitation as Composite Materials: An Innovation Approach" (Paper ID # 1571035957) has been accepted and presented on the 7<sup>th</sup> to 8<sup>th</sup> of August, 2024 at The 5<sup>th</sup> International Conference on Information Technology, Advanced Mechanical dan Electrical Engineering (The 5<sup>th</sup> ICITAMEE). Your paper will be sent to the AIP Publisher for publication in the AIP Conference Proceedings. This publication process will take one year, more or less.

If you have further questions, please do not hesitate to contact us via email at [icitamee@umy.ac.id](mailto:icitamee@umy.ac.id) or via WhatsApp at +62 85155230225 (Admin).

Thank you for participating in The 5<sup>th</sup> ICITAMEE.

Yogyakarta, 06 November 2024,  
1571035957.

**ICITAMEE**

Dr. Teddy Nurcahyadi,  
Editor-in-Chief  
The 5<sup>th</sup> ICITAMEE