

## Pengaruh Rasio Epoksi-Serat Sabut Kelapa, Arah Susunan, Volume dan Konsentrasi *Vinyltrimethoxysilane* terhadap Kekuatan Tarik Komposit

FERA NUR PUSPITA SARI<sup>1\*</sup>, LUTFIA BUNGA FATIMAH<sup>1</sup>, HAMID ABDILLAH<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia

\*alamat e-mail korespondensi: [feranurps@gmail.com](mailto:feranurps@gmail.com)

### Informasi Artikel

### Abstrak/Abstract

Kata Kunci: serat sabut kelapa; resin epoksi; komposit; *silane coupling agent*; *vinyltrimethoxysilane* (VTMS); *hand lay up*.

Sabut kelapa merupakan salah satu limbah yang diperoleh dari tempat pengolahan buah kelapa yang menghasilkan jumlah limbah yang cukup besar, sehingga dalam upaya untuk mengurangi limbah sabut kelapa sekaligus meningkatkan nilai ekonominya yaitu dengan membuatnya menjadi material penguat komposit dengan mengambil serat sabut kelapa. Namun, ketahanan komposit polimer berpenguat serat alam memiliki ikatan yang lemah antara pengisi (*filler*) dengan matriks polimer, sehingga penggunaan agen pengikat juga dibutuhkan yaitu *vinyltrimethoxysilane* (VTMS). Pada penelitian ini, proses pembuatan komposit epoksi-serat sabut kelapa dibuat menggunakan metode cetakan terbuka (*Hand Lay Up*) dan pengujian sesuai dengan standar ASTM D638 menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Hasil pengujian kuat tarik komposit epoksi-serat sabut kelapa berdasarkan pengaruh rasio dan arah susunan epoksi-serat sabut kelapa mengalami kenaikan seiring dengan penambahan volume serat serta berpengaruh signifikan karena arah susunan serat. Diperoleh komposit yang memiliki kuat tarik tertinggi adalah pada variasi rasio 14%:86%/90° dengan nilai sebesar 18,619 MPa. Hasil pengujian kuat tarik komposit epoksi-serat sabut kelapa berdasarkan pengaruh konsentrasi dan volume *vinyltrimethoxysilane* (VTMS) mengalami peningkatan seiring dengan tinggi volume dan konsentrasi *vinyltrimethoxysilane* (VTMS). Diperoleh komposit yang memiliki kuat tarik tertinggi adalah pada spesimen dengan konsentrasi *vinyltrimethoxysilane* (VTMS) 8% dan volume 4 ml kuat dengan nilai sebesar 21,43 MPa. Dapat diketahui juga pengaruh penambahan larutan *vinyltrimethoxysilane* (VTMS) pada komposit epoksi-serat sabut kelapa mampu meningkatkan jumlah ikatan kovalen antara resin epoksi dan serat sabut kelapa sehingga dapat meningkatkan kuat tarik komposit yang dibentuk.

*Keywords: coco fiber; epoxy; composite; silane coupling agent; vinyltrimethoxysilane (VTMS); hand lay up method.*

*Coconut coir is one of the wastes obtained from coconut fruit processing which produces a large amount of waste, so in an effort to reduce coconut coir waste while increasing its economic value, namely by making it into composite reinforcement material by taking coconut coir fibers. However, the durability of natural fiber reinforced polymer composites has a weak bond between the filler and the polymer matrix, so the use of a binding agent is also needed, namely vinyltrimethoxysilane (VTMS). In this study, the process of making epoxy-coconut fiber composites was made using the open mold method (Hand Lay Up) and testing in accordance with ASTM D638 standards using a Universal Testing Machine (UTM) tool. The results of testing the tensile strength of epoxy-coir fiber composites based on the influence of the ratio and direction of the epoxy-coir fiber arrangement increased along with the addition of fiber volume and had a significant effect due to the direction of fiber arrangement. The composite with the highest tensile strength is obtained in the ratio variation of 14%: 86% / 90 ° with a value of 18.619 MPa. The tensile strength test results of epoxy-coconut fiber composites based on the effect of concentration and volume of vinyltrimethoxysilane (VTMS) increased along with the high volume and concentration of vinyltrimethoxysilane (VTMS). The composites that have the highest tensile strength are obtained in specimens with a concentration of 8% vinyltrimethoxysilane (VTMS) and a volume of 4 ml with a value of 21.43 MPa. It can also be seen that the effect of adding vinyltrimethoxysilane (VTMS) solution to the epoxy-coconut fiber composite is able to increase the number of covalent bonds between epoxy resin and coconut fiber so as to increase the tensile strength of the composite formed.*

## PENDAHULUAN

Sabut kelapa (*Cocos nucifera L.*) merupakan salah satu limbah organik hasil samping dari pengolahan buah kelapa yang masih melimpah ketersediaannya karena belum dimanfaatkan secara maksimal di Indonesia dan menjadi perhatian yang signifikan. Di Indonesia rata-rata produksi buah kelapa per tahun adalah 15,5 miliar butir atau sama dengan 3,75 juta ton air, 3,02 juta ton kopra, 0,75 juta ton arang tempurung, 1,8 juta ton serat sabut, dan 3,3 juta ton debu sabut [1]. Dengan demikian, pengolahan buah kelapa menghasilkan limbah sabut kelapa dalam jumlah yang cukup besar. Adapun cara untuk mengolah limbah sabut kelapa sekaligus meningkatkan nilai ekonominya yaitu dengan membuatnya menjadi material penguat komposit dengan mengambil serat sabut kelapa (*Cocos nucifera L.*).

Komposit merupakan material baru hasil dari rekayasa antara dua atau lebih jenis bahan penyusun dengan sifat serta karakteristik yang berbeda [2]. Bahan penyusun komposit biasanya terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut matriks. Unsur utama penyusun komposit adalah serat, sedangkan bahan pengikatnya merupakan bahan polimer yang mudah dibentuk dan memiliki daya ikat yang tinggi [3].

Komposit yang mengandung serat alami memiliki ikatan yang lemah antara matriks dan serat yang digunakan sebagai pengisi (*filler*). Hal ini disebabkan oleh sifat hidrofobik dari polimer sebagai matriks dan sifat hidrofilik dari serat alami sebagai pengisi (*filler*). Kekuatan ikatan antara serat dan matriks polimer akan berkurang akibat perbedaan karakteristik tersebut [4].

Resin epoksi merupakan polimer termoset yang memiliki sifat hidrofobik. Keunggulan yang dimiliki resin epoksi ini adalah ketahanannya terhadap panas dan kelembaban, sifat mekanik yang baik, tahan terhadap bahan-bahan kimia, mudah diproses dan memiliki daya rekat yang bagus terhadap berbagai bahan. Dengan menggunakan resin epoksi ini komposit yang dihasilkan memiliki stabilitas termal yang tinggi, meningkatkan ketahanan terhadap sensitivitas dan ketangguhan, takik serta mengurangi penyerapan air [5].

*Vinyltrimethoxysilane* (VTMS) merupakan senyawa *organosilikon* yang sering digunakan

sebagai *coupling agent* dalam komposit serat alam. VTMS memiliki rumus senyawa  $(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiCH}=\text{CH}_2$  berbentuk cairan tak berwarna. Senyawa ini dapat membentuk ikatan kimia dengan permukaan serbuk sabut kelapa dan matriks polimer, sehingga meningkatkan adhesi antara keduanya. Senyawa ini merupakan bahan yang berfungsi untuk meningkatkan ikatan kimia antara bahan anorganik (*fiber*) serta organik (*matriks*) sehingga menghasilkan reaksi kimia yang dapat meningkatkan kekuatan fleksural [6].

Kemajuan komposit membutuhkan pendekatan inovatif untuk menciptakan material unggul yang ditandai dengan kualitas tinggi, kerapatan rendah, kemudahan pengadaan, fleksibilitas, ketahanan terhadap korosi, kelestarian lingkungan, dan kemampuan terurai secara hayati. Material komposit terdiri dari komponen penguat dan matriks. Oleh karena itu, penggunaan material komposit yang diperkuat dengan serat alami merupakan alternatif yang optimal, yang menawarkan banyak manfaat seperti pengurangan berat, biaya produksi yang lebih rendah, proses yang alami, dan ramah lingkungan. Komposit serat alami banyak digunakan di berbagai sektor, termasuk otomotif, maritim, industri transportasi, dan bidang biomedis [7].

## EKSPERIMEN

### Material

Material yang digunakan antara lain adalah serat sabut kelapa, resin epoksi beserta *hardener* Avian, *vinyltrimethoxysilane* (VTMS), metanol, dan aquades.

### Instrumentasi

Instrumentasi yang digunakan antara lain adalah neraca massa, kaca arloji, sendok, gelas ukur, gelas beker, corong, pengaduk kaca, cetakan komposit, dan alat uji tarik sesuai dengan ASTM D360.

### Prosedur

#### *Persiapan Bahan Baku*

Tahap pertama yaitu pencucian bahan baku serat sabut kelapa menggunakan air mengalir hingga bersih untuk membuang pengotor pada serat, kemudian dikeringkan sampai kadar airnya rendah. Setelah itu, pisahkan setiap helaian serat

kemudian lapisan dengan larutan *vinyltrimethoxysilane* (VTMS) dengan cara disemprotkan. Serat disusun rapi sesuai dengan perbandingan variabel yang telah ditentukan.

#### Pembuatan Komposit

Pembuatan komposit dimulai dengan memberi pelumas pada cetakan agar komposit mudah untuk diambil. Selanjutnya, resin epoksi dimasukkan ke dalam cetakan, kemudian menyusun rapi serat lalu menuang kembali resin epoksi hingga merata. Seterus itu, dilakukan pengepresan agar menjadi padat dan diamkan hingga kering dengan suhu udara. Setelah benar-benar kering dan padat, komposit dapat diuji.

#### Pengujian Tarik Komposit

Pengujian tarik komposit ini menggunakan alat *Universal Testing Machine* dengan mengikuti standar ASTM D638 yang tersedia pada Laboratorium Teknik Kimia UMS. Proses pengujian kekuatan tarik komposit dimulai dengan mengatur seberapa tinggi komposit kemudian komposit dijepit pada kedua sisi yaitu atas dan bawah. Setelah itu, komposit diberi gaya tarik maksimal dengan kecepatan tertentu hingga terjadi perpatahan pada komposit dan merekam gaya yang mampu ditahan oleh komposit.

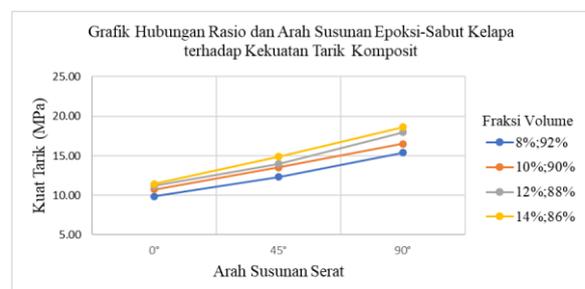
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Rasio dan Arah Susunan Epoksi-Sabut Kelapa terhadap Kekuatan Tarik Komposit

Dari grafik hubungan rasio dan arah susunan epoksi-sabut kelapa terhadap kekuatan tarik komposit dapat diketahui bahwa setiap penambahan volume serat hasil nilai kekuatan tarik yang didapat mengalami kenaikan. Komposit yang memiliki kuat tarik paling tinggi adalah pada variasi rasio 14%:86% dengan nilai sebesar 18,619 MPa, dan komposit yang memiliki kuat tarik paling rendah adalah pada variasi rasio 8%:92% dengan nilai sebesar 9,879 MPa.

**Tabel 1** Hasil Pengujian Rasio dan Arah Susunan Epoksi-Serat Sabut Kelapa terhadap Kekuatan Tarik Komposit

Rasio Serat dan Epoksi	Arah Susunan Serat	Kuat Tarik (MPa)
Cocofiber 8%: Epoksi 92%	0°	9,879
	45°	12,321
	90°	15,405
Cocofiber 10%: Epoksi 90%	0°	10,726
	45°	13,536
	90°	16,512
Cocofiber 12%: Epoksi 88%	0°	11,202
	45°	13,976
	90°	17,964
Cocofiber 14%: Epoksi 86%	0°	11,429
	45°	14,893
	90°	18,619



**Gambar 1** Grafik Hubungan Rasio dan Arah Susunan Epoksi-Serat Sabut Kelapa terhadap Kekuatan Tarik Komposit

Peningkatan nilai kekuatan tarik terjadi karena semakin banyak serat yang berfungsi sebagai penguat, sehingga beban yang diterima oleh masing-masing serat semakin kecil. Selain itu, dengan jumlah serat yang banyak maka matriks mendapat tumpuan yang lebih banyak dari serat yang menyebabkan matriks tidak mudah putus. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa meningkatnya kekuatan tarik komposit seiring dengan meningkatnya jumlah serat karena beban yang diterima oleh serat semakin kecil.

Spesimen komposit dengan variasi susunan arah serat 90° memiliki nilai kekuatan tarik yang paling tinggi dengan nilai kuat tarik sebesar 18,619 MPa. Hal ini terjadi karena pada arah serat 90°, serat diorientasikan searah dan tanpa dilakukan pemotongan sehingga serat mampu

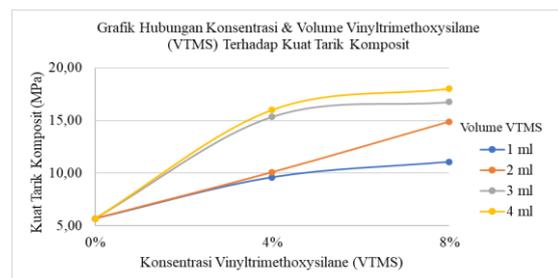
menahan gaya tarik dengan lebih baik. Nilai kuat tarik pada variasi arah serat 45° sebesar 14,893 MPa, dimana pada arah serat ini dilakukan pemotongan serat untuk menyesuaikan ukuran dari cetakan. Nilai kekuatan tarik yang paling rendah adalah pada variasi arah serat 0° dengan nilai sebesar 11,429 MPa. Hal ini terjadi karena pada arah serat ini dilakukan pemotongan serat yang menyebabkan ukuran serat menjadi kecil-kecil dan sulit untuk disusun, sehingga terdapat celah / ruang kosong yang tidak terisi oleh serat dan struktur serat menjadi rusak. Persentase peningkatan kuat tarik komposit serat sabut kelapa berdasarkan pengaruh rasio dan arah susunan epoksi-serat sabut kelapa diperoleh nilai sebesar 88,47%.

### **Pengaruh Konsentrasi dan Volume VTMS terhadap Kuat Tarik Komposit Epoksi-Serat Sabut Kelapa**

**Tabel 2** Hasil Pengujian Volume dan Konsentrasi *Vinyltrimethoxysilane* terhadap Kekuatan Tarik Komposit

Kuat Tarik (N/mm <sup>2</sup> )	Volume	Konsentrasi		
		0%	4%	8%
	1 ml	5,68	9,60	11,06
	2 ml	5,68	10,09	14,89
	3 ml	5,68	15,36	16,76
	4 ml	5,68	15,99	18,00

Dari grafik hubungan konsentrasi & volume VTMS terhadap kuat tarik komposit epoksi-serat sabut kelapa, dapat dilihat bahwa konsentrasi dan volume VTMS berbanding lurus dengan kuat tarik komposit semakin tinggi konsentrasi dan volume VTMS maka semakin tinggi pula kuat tariknya. Spesimen komposit yang memiliki kuat tarik tertinggi adalah spesimen dengan konsentrasi vinyltrimethoxysilane (VTMS) 8% dan volume 4 ml kuat tariknya sebesar 21,43 MPa. Komposit yang memiliki kuat tarik terendah adalah komposit dengan penambahan pelarut metanol dan aquades (konsentrasi VTMS 0%) dan volume 1ml yaitu sebesar 5,68 MPa.



**Gambar 2** Hubungan Konsentrasi dan Volume VTMS Terhadap Kuat Tarik Komposit Epoksi-Serat Sabut Kelapa

Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa meningkatnya kekuatan tarik komposit seiring dengan meningkatnya kandungan silane *coupling agent* karena terbentuk ikatan yang lebih baik antara matriks dan serat. Ketika larutan silane terhidrolisis bercampur dengan serat sabut kelapa, gugus silanol reaktif mempunyai afinitas tinggi terhadap gugus hidroksil serat sabut kelapa dan gugus tersebut terserap ke gugus hidroksil melalui ikatan hidrogen pada permukaan serat sabut kelapa. Pada saat yang sama, gugus silanol bebas bereaksi satu sama lain untuk membentuk struktur jaringan -Si-O-Si- yang terhubung, yang berfungsi sebagai *coupling agent* [8]. Persentase peningkatan kuat tarik komposit serat sabut kelapa berdasarkan pengaruh volume dan konsentrasi *Vinyltrimethoxysilane* pada hasil tertinggi (konsentrasi 8% dan volume 4 ml) diperoleh nilai sebesar 217,05%.

### **Penggunaan Rumus ataupun Persamaan**

Analisis data dilakukan dengan menggunakan perhitungan kuat tarik komposit dengan rumus :

$$\alpha = \frac{\text{max load (kgf)}}{\text{luas (mm}^2\text{)}} \quad (1)$$

Keterangan:

$\alpha$  = Kekuatan tarik komposit (MPa)

Max load = Kemampuan tertinggi spesimen menahan tekanan

Luas = Luas penampang pada spesimen komposit

## SIMPULAN

Berdasarkan pada analisa dan perhitungan dari data yang diperoleh pada hasil pengujian didapat kesimpulan sebagai berikut:

- Setiap penambahan volume serat, hasil nilai kekuatan tarik komposit yang diperoleh mengalami kenaikan.
- Dengan susunan arah serat searah ( $90^\circ$ ) dan tanpa dilakukan pemotongan, komposit dapat menahan gaya tarik lebih baik.
- Semakin tinggi volume dan konsentrasi *vinyltrimethoxysilane*, maka semakin tinggi pula kekuatan tarik kompositnya.
- Penambahan larutan *vinyltrimethoxysilane* bisa meningkatkan jumlah ikatan kovalen antara serat sabut kelapa dan resin epoksi sehingga kuat tarik komposit yang terbentuk juga meningkat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas kerjasama yang telah dilakukan, sehingga menghasilkan artikel jurnal yang baik. Artikel jurnal ini ditulis oleh Fera Nur Puspita Sari, Lutfia Bunga Fatimah, dan Hamid Abdillah dari Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta berdasarkan hasil penelitian “Pengaruh Rasio Epoksi-Serat Sabut Kelapa, Arah Susunan, Volume dan Konsentrasi *Vinyltrimethoxysilane* terhadap Kekuatan Tarik Komposit”. Isi sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

## REFERENSI

- [1] T. Y. Hendrawati and S. AB, “Analisis Kelayakan Industri Kelapa Terpadu,” *J. Teknol.*, vol. 8, no. 2, p. 61, 2016, doi: 10.24853/jurtek.8.2.61-70.
- [2] A. Sabuin, K. Boimau, D. G. H. Adoe, and J. T. Mesin, “Pengaruh Temperatur Pengovenan terhadap Sifat Mekanik Komposit Hibrid Polyester Berpenguat Serat Glass dan Serat Daun Gwang,” *LONTAR J. Tek. Mesin Undana (LJTMU)*, vol. 2, no. 1, pp. 69–78, 2015.
- [3] M. Yani, B. Suroso, and R. Rajali, “Mechanical Properties Komposit

Limbah Plastik,” *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 2, no. 1, pp. 74–83, 2019, doi: 10.30596/rmme.v2i1.3071.

- [4] R. Oktaviana, B. Sitorus, and M. B. Malino, “Pengaruh 3-Aminopropyltriethoxysilane Terhadap Sifat Dan Morfologi Komposit Karet Alam-Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit,” *Jkk*, vol. 4, no. 4, pp. 94–100, 2015.
- [5] A. C. Pereira, S. N. Monteiro, F. S. de Assis, F. M. Margem, F. S. da Luz, and F. de O. Braga, “Charpy impact tenacity of epoxy matrix composites reinforced with aligned jute fibers,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 6, no. 4, pp. 312–316, 2017, doi: 10.1016/j.jmrt.2017.08.004.
- [6] F. Maulida, W. P. Sari, and D. Darmawangsa, “Pengaruh penambahan silane terhadap kekuatan fleksural reinforced composite yang diperkuat dengan glass fiber non-dental,” *The effect of silane addition on the flexural strength of non-dental glass fiber reinforced composite*,” *J. Kedokt. Gigi Univ. Padjadjaran*, vol. 31, no. 1, pp. 43–46, 2019, doi: 10.24198/jkg.v31i1.18095.
- [7] M. B. N. Rahman and H. Sosiati, “Pengaruh Perlakuan Sebelum Alkalisasi dan Waktu Alkalisasi terhadap Sifat Bending Komposit Serat Sisal / PMMA,” *Semesta Tek.*, vol. 23, no. 1, pp. 75–84, 2020, doi: 10.18196/st.231257.
- [8] S. Lv, H. Tan, J. Gu, and Y. Zhang, “Silane modified wood flour blended with poly(lactic acid) and its effects on composite performance,” *BioResources*, vol. 10, no. 3, pp. 5417–5425, 2015, doi: 10.15376/biores.10.3.5417-5425.