

Karakterisasi Sifat Mekanik Biokomposit Berpenguat Serat Rumput Laut sebagai Bahan Teknik Alternatif yang Ramah Lingkungan

I Wayan Surata^{1,*}, Tjokorda Gde Tirta Nindhia², I Ketut Adi Atmika³, I Nyoman Wirawan⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Bali-80361, Indonesia

*email: iwasura@gmail.com

Abstrak

Penggunaan komposit saat ini cenderung bergeser dari komposit berpenguat serat sintetis menjadi komposit berpenguat serat alam. Hal ini karena komposit serat alam memiliki keunggulan dibandingkan serat sintetis yaitu lebih ringan, dapat dibudidayakan dan ramah terhadap lingkungan. Serat alam yang akan digunakan sebagai penguat pada produk biokomposit ini adalah serat yang berasal dari rumput laut jenis *euchema spinosum*. Budidaya rumput laut ini sangat mudah, tidak memerlukan pupuk, tidak memerlukan pestisida seperti tanaman padi atau tanaman lainnya, serta umur panen yang pendek, sehingga ketersediaannya bisa berkelanjutan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat-sifat mekanis bahan biokomposit berpenguat serat rumput laut jenis *euchema spinosum* dengan matriks polyester. Bahan biokomposit belakangan ini telah diaplikasikan untuk mendukung teknik biomedis seperti pembuatan kaki tiruan (*socket prosthesis*) atau merancang tiruan tubuh lainnya. Aplikasi pada otomotif dapat dilihat pada bagian interior kendaraan seperti panel pintu, sandaran tempat duduk, bumper dan *dashboard*. Sedangkan pada bangunan rumah aplikasinya untuk konstruksi ringan seperti plafon, partisi, serta dinding. Matriks yang digunakan dalam penelitian ini adalah *unsaturated polyester* jenis Yukalac 157 BQTN, dan *hardener* MEKPO 1% (v/v). Serat *euchema spinosum* mengalami perlakuan alkali NaOH 5%. Komposit dicetak dengan teknik *press hand lay-up*, dengan variasi fraksi volume serat 10%, 15%, 20%, 25% dan 30%, yang disusun secara acak. Komposit hasil cetakan mengalami *post curing* pada suhu 70 °C selama 2 jam. Sifat mekanis biokomposit yang diuji meliputi kekuatan tarik, dan kekuatan lentur. Spesimen uji tarik dibuat mengikuti standar ASTM D3039, dan uji lentur mengikuti standar ASTM D790M. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik universal, dan pengujian lentur dengan metode tiga titik pembebanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi terjadi pada fraksi volume serat 20% yaitu sebesar 11,237 MPa, dengan modulus elastisitas 1,503 GPa. Demikian juga kekuatan lentur maksimum terjadi pada komposit dengan fraksi volume serat 20% sebesar 39,27 MPa, dengan modulus elastisitas 1,33 Gpa, dan telah memenuhi standar JIS A 5905 sebagai satandard board S35. Data sifat mekanis yang diperoleh pada penelitian ini dapat dijadikan referensi dalam pemanfaatan biokomposit sebagai bahan teknik.

Kata kunci: perlakuan serat, *euchema spinosum*, *unsaturated polyester*, fraksi volume, kekuatan tarik, kekuatan lentur

Pendahuluan

Perkembangan teknologi manufaktur yang pesat serta dikaitkan dengan isu lingkungan menuntut adanya pengembangan material baru yang ramah terhadap lingkungan namun memenuhi persyaratan kekuatan sebagai bahan teknik. Saat ini material yang dipakai dalam bidang manufaktur dan konstruksi masih didominasi oleh material logam. Akan tetapi belakangan ini penggunaan material logam

sudah mulai berkurang dan digantikan dengan material non-logam seperti komposit. Komposit adalah material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih bahan melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat-sifat mekanik dari masing-masing bahan pembentuknya berbeda. Kelebihan material komposit jika dibandingkan dengan logam adalah memiliki sifat mekanik yang baik, tahan korosi, dan massa jenis yang lebih

rendah. Secara umum serat yang sering digunakan sebagai penguat adalah serat sintetis (mineral) seperti serat gelas, karbon, dan grafit. Serat sintetis ini memiliki keunggulan dalam sifat mekanis (kekuatan) tetapi tidak ramah lingkungan serta harganya mahal. Hal ini mendorong peneliti menggunakan serat alam untuk membuat komposit yang ramah lingkungan. Komposit jenis ini dikenal dengan biokomposit.

Penggunaan komposit saat ini cenderung bergeser dari komposit berpenguat serat sintetis menjadi komposit berpenguat serat alam. Hal ini karena komposit dengan serat sintetis seperti serat gelas tidak ramah lingkungan, menyebabkan munculnya masalah limbah serat gelas, yang tidak dapat diurai secara alami [1]. Komposit dengan serat alam memiliki keunggulan yaitu ramah terhadap lingkungan dan harganya murah karena tersedia baik berupa tanaman maupun berupa limbah pertanian. Serat alam dapat dibudidayakan sehingga ketersediaannya dapat berkelanjutan. Keuntungan lainnya dibandingkan dengan serat sintetis adalah beratnya lebih ringan, dapat diolah secara alami, dan tidak menyebabkan iritasi kulit [2].

Dalam penelitian ini rumput laut jenis *euchema spinosum* akan digunakan sebagai serat untuk membuat biokomposit dengan matriks polyester sebagai pengikat. Pemilihan serat alam jenis rumput laut ini dengan pertimbangan produksinya melimpah, mudah dibudidayakan, dan harganya murah. Biokomposit ini diharapkan dapat berperan sebagai bahan pendukung teknik biomedis seperti pembuatan kaki tiruan (*socket prosthesis*) atau merancang tiruan bagian tubuh lainnya. Aplikasi pada teknik otomotif dapat dilihat pada bagian interior kendaraan seperti panel pintu, sandaran tempat duduk, bampor dan *dashboard*. Sedangkan pada bangunan rumah aplikasinya untuk bahan interior seperti plafon, dinding dan papan partisi. Agar dapat dimanfaatkan sebagai bahan teknik maka diperlukan data sifat-sifat mekanis bahan yang terdiri atas kekuatan tarik, dan kekuatan lentur.

Urgensi penelitian ini adalah mencari solusi untuk mendapatkan bahan baru yang ramah lingkungan, namun memiliki sifat mekanis

yang cukup baik sehingga layak dipakai sebagai bahan teknik. Beberapa penelitian yang relevan dan berkaitan dengan penggunaan rumput laut dalam pembentukan biokomposit ditunjukkan dalam Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Beberapa penelitian biokomposit serat rumput laut

Peneliti	Judul	Hasil
Luan et al. [3]	Seaweed as Novel Biofiller in Polypropylene Composites	Seaweed was successfully incorporated in polypropylene.
Hassan et al. [4]	Effect of γ -Rad. on Mechanical Performance of Hybrid Rice Straw/Seaweed-Polypropylene	Enhanced mechanical properties
Chitra and Kumari [5]	Studies on Polypropylene Bio Composite with Sea Weeds	Tensile strength decreases with increase filler content
Ferrero et al. [6]	Fully bio-based composites from gluten and seaweed waste fibers	Improved the composites' mechanical response and stability
Jang et al. [7]	Pretreatment effects of seaweed on thermal and mechanical properties of polypropylene	Sulfuric acid-treated improved thermal and mechanical properties
Dove [8]	The development of unfired earth bricks using seaweed biopolymers	Improved both the compressive and flexural strength

Sifat mekanis serat alam dapat diperbaiki dengan perlakuan kimia seperti dengan larutan NaOH, KMnO₄, silane dan peroksida [9]. Perlakuan alkali meningkatkan proses penyatuan atau pengikatan antara matriks dan serat. Pengikatan yang buruk pada *interface*, menghasilkan sifat mekanis yang buruk pula.

Mwaikambo and Ansell [10] melaporkan perlakuan alkali NaOH dengan konsentrasi antara 4-6% menghasilkan kekakuan dan tegangan maksimum pada serat hemp. Waktu perendaman selama 2 jam pada perlakuan serat kelapa sawit dengan NaOH 5% menghasilkan kekuatan tarik tertinggi [1]. Panjang dan diameter serat juga mempengaruhi kekuatan mekanis komposit. Kekutan tarik tertinggi pada komposit serat pisang/phenol diperoleh pada panjang serat pisang 30 mm [11].

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat biokomposit berpenguat serat rumput laut jenis *euchema spinosum* dengan matriks polyester yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pendukung teknik biomedis, teknik otomotif dan bahan interior bangunan yang ramah lingkungan.

Metode Penelitian

Rumput laut jenis *Euchema spinosum* diperoleh dari lokasi perairan laut di daerah sekitar Pulau Nusa Penida, Kabupaten Klungkung, Provinsi Bali. Penelitian dimulai dari memilih rumput laut yang sudah tua dengan umur panen 42 hari. Rumput laut dicuci bersih kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Selanjutnya rumput laut direndam dengan larutan NaOH 5% dalam bak air selama 2 jam. Rumput laut kemudian dibersihkan dengan air tawar untuk menetralsisir efek NaOH, lalu dikeringkan di bawah sinar matahari, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Rumput laut kering dipotong dengan ukuran panjang 30 mm, yang siap dijadikan *filler* dalam pembuatan biokomposit.



Gambar 1. *Euchema spinosum* kering

Matriks yang digunakan dalam penelitian ini adalah *unsaturated polyester* jenis Yukalac 157 BQTN, dengan data teknis seperti ditunjukkan pada Tabel 2. *Hardener* yang digunakan adalah jenis *metil etil keton peroxide* (MEKPO) 1% (v/v).

Tabel 2. Data teknis resin polyester

No.	Parameter	Nilai
1	Densitas, ρ	1,20 g/cm ³
2	Kekuatan tarik, σ	12,07 MPa
3	Modulus elastisitas, ϵ	1,18 GPa
4	Poision ratio, ν	0,33

Komposit dibuat dengan teknik *press hand lay-up*, dengan variasi fraksi volume serat 10%, 15%, dan 20%, 25%, dan 30% yang disusun secara acak. Komposit hasil cetakan mengalami *post curing* pada suhu 70 °C selama 2 jam. Spesimen uji tarik dibuat berdasarkan standar ASTM D3039, dan uji lentur mengacu pada standar ASTM D790M. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik universal, dan pengujian lentur dengan metode tiga titik pembebanan.

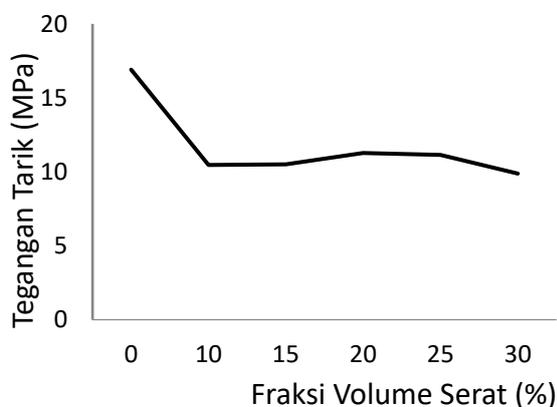
Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengujian kekuatan tarik biokomposit serat *Euchema spinosum* dengan matriks polyester dalam variasi fraksi volume serat disajikan pada Tabel 3. Nilai numerik yang tercantum adalah dalam kondisi maksimum. Kekuatan tarik matriks polyester (tanpa serat) pada penelitian ini mencapai 16,90 MPa, jauh melampaui data spesifikasi teknisnya yaitu 12,07 MPa. Perbedaan ini disebabkan oleh karena pada penelitian ini matriks telah dicampur dengan *hardener* MEKPO 1 % v/v, dan mengalami *post curing* 70 °C selama 2 jam.

Tabel 3. Sifat tarik komposit serat rumput laut

Volume serat (%)	Tegangan tarik σ (MPa)	Regangan ϵ (%)	Modulus Elastisitas E (GPa)
0	16,90	1,307	1,32
10	10,46	0,948	1,10
15	10,50	0,826	1,23
20	11,27	0,760	1,50
25	11,14	0,749	1,49
30	9,88	0,618	1,61

Kekuatan tarik pada fraksi volume 10% mencapai 10,46 MPa, terus meningkat sampai kondisi tertinggi dicapai pada komposisi fraksi volume serat 20% dengan kekuatan tarik 11,27 MPa, dan modulus elastisitas 1,503 GPa. Selanjutnya kekuatannya menurun sampai pada kekuatan terendah terjadi pada fraksi volume 30% yaitu 9,88 MPa. Perbedaan nilai kekuatan tarik tertinggi dengan nilai terendah hanya 5,5%, yang artinya penambahan volume serat tidak berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik. Melalui Grafik pada Gambar 2 dapat dilihat kecenderungan kurva menyerupai lengkungan pada daerah fraksi volume serat antara 10%-30%, dengan titik puncak pada volume serat 20%. Kecenderungan hasil yang sama dilaporkan oleh Yusoff et al. [12] dimana kekuatan tarik komposit epoxy serat kelapa sawit tidak banyak berbeda dengan bertambahnya volume serat. Perbedaan nilai kekuatan tarik tertinggi dengan terendah hanya berkisar 21%.



Gambar 2. Tegangan tarik biokomposit

Tegangan maksimum komposit bergantung pada beberapa faktor, salah satu faktor tersebut adalah fraksi volume serat [9]. Sifat mekanis serat seperti tegangan tarik maksimum tidak hanya berkaitan dengan komposisi kimia serat tapi juga dengan struktur internal.

Sebaliknya regangan tarik menurun dengan bertambahnya fraksi volume serat. Regangan tarik tertinggi terjadi pada fraksi volume serat 10% yaitu 0,948%, dan terendah pada fraksi volume serat 30% yaitu 0,618%. Disini berlaku hubungan semakin meningkat kekuatan bahan maka semakin kaku bahan

tersebut. Data dalam Tabel 3 menunjukkan modulus elastisitas tarik meningkat seiring dengan bertambahnya fraksi volume serat. Hal ini terjadi karena tegangan tarik meningkat, sementara regangan menurun dengan bertambahnya fraksi volume serat. Modulus elastisitas tertinggi terjadi pada fraksi volume serat 30% yaitu 1,609 GPa, dan terendah 1,10 GPa pada fraksi volume serat 10%.

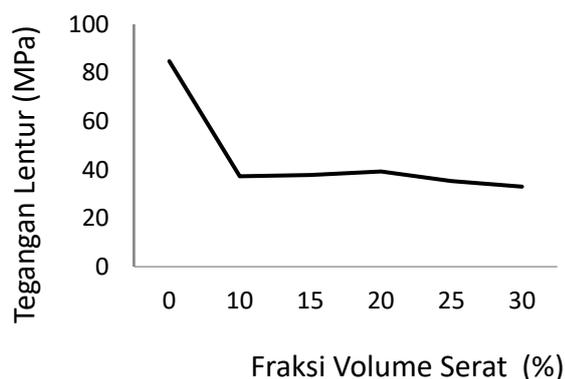
Data hasil pengujian kekuatan lentur biokomposit serat *Euchema spinosum* dengan matriks polyester dalam variasi fraksi volume serat disajikan pada Tabel 4. Nilai numerik yang tercantum adalah dalam kondisi rata-rata maksimum.

Tabel 4. Sifat lentur komposit serat rumput laut

Volume serat (%)	Tegangan lentur σ (Mpa)	Regangan ϵ (%)	Modulus Elastisitas E (Gpa)
0	84,75	5,66	1,54
10	37,28	2,22	1,64
15	37,83	2,35	1,61
20	39,27	2,94	1,33
25	35,31	2,49	1,41
30	33,02	2,47	2,47

Kekuatan lentur pada fraksi volume serat 10% adalah sebesar 37,28 MPa dan terus meningkat sampai mencapai kekuatan lentur tertinggi sebesar 39,27 MPa pada fraksi volume serat 20%. Selanjutnya kekuatan lentur menurun sampai pada kekuatan terendah yaitu 33,02 MPa pada fraksi volume serat 30%. Perbedaan nilai kekuatan lentur tertinggi dan terendah sekitar 11,4%, yang artinya penambahan volume serat dalam komposit tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan lentur.

Grafik pada Gambar 3 memperlihatkan kecenderungan perubahan kekuatan lentur dengan bertambahnya fraksi volume serat.



Gambar 3. Tegangan lentur biokomposit

Kecendrungan grafik kekuatan lentur mengikuti kurva melengkung di daerah fraksi volume serat antara 10%-30% dengan puncak tertinggi terjadi pada fraksi volume serat 20%. Menurut klasifikasi JIS A 5905 [13] berdasarkan kekuatan lentur biokomposit ini termasuk dalam *Standard Board Type 35* dengan simbol S35 yang memiliki kekuatan lentur 35 MPa atau lebih.

Regangan juga mengalami perubahan yang sama, dimana kecendrungan regangan lentur mengikuti kurva dengan puncak tertinggi 2,94% pada fraksi volume serat 20%. Regangan lentur terendah pada fraksi volume serat 10% yaitu 2,22%. Modulus elastisitas lentur cenderung tidak berubah (datar) dengan meningkatnya fraksi volume serat, namun pada waktu volume serat 30% modulus elastisitas meningkat tajam dengan nilai tertinggi 2,47 GPa. Modulus elastisitas lentur terendah 1,33 GPa pada fraksi volume serat 20%.

Kesimpulan

Sifat-sifat tarik dan lentur biokomposit berpenguat serat *Euchema spinosum* dengan matriks polyester yang divariasi berdasarkan fraksi volume serat telah dapat diinvestigasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan fraksi volume serat dalam biokomposit tidak berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik biokomposit. Nilai kekuatan tarik maksimum terjadi pada fraksi volume serat 20%, yaitu 11,27 MPa dan modulus elastisitas 1,5 GPa, sementara

regangan tarik optimum terjadi pada fraksi volume serat 10 %, yaitu sebesar 0,948%.

Kekuatan lentur biokomposit tertinggi dicapai pada fraksi volume serat 20% yaitu sebesar 39,27 MPa, dan menurut JIS A 5905 termasuk klasifikasi *standard board S35*. Regangan lentur tertinggi juga terjadi pada fraksi volume serat 20%, yaitu sebesar 2,94%. Sementara modulus elastisitas lentur tertinggi tercapai pada fraksi volume serat 30% sebesar 2,47 GPa.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih Kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Udayana yang telah membiayai kegiatan penelitian ini melalui Skim Hibah Grup Riset Tahun Anggaran 2016.

Referensi

- Jamasri, Diharjo, K., Handiko, G.W. Studi Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Komposit Limbah Serat Sawit Poliester. Prosiding SNTTM-IV (2005). G3, 23-28
- Oksman, K., Skrifvars, M., Selin J.F. Natural fiber as reinforcement in Polylactic Acid (PLA) Composites. *Composite Science and Technology*. 63 (2003) 1317-1324.
- Luan, L., Wu, W., Wagner, M. H., Mueller, M.. Seaweed as Novel Biofiller in Polypropylene Composites. *Journal of Applied Polymer Science*. 118 (2010) 997-1005
- Hassan, M. M., Mueller, M., Tartakowska, D.J., Wagner, M.H., Khan, M.A. Effect of γ -Radiation on the Mechanical Performance of Hybrid Rice Straw/ Seaweed-Polypropylene Composites. *Journal of Adhesion Science and Technology*. 25 (2011) 1961-1971.
- Chitra, N. J., and Kumari, R. V. Studies on Polypropylene Bio Composite With Sea Weeds. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 3 (2012) 3. 1165-1170.
- Ferrero, B., Samper, M., D.. Fully bio-based composites from gluten and seaweed waste

- fibers. Society of Plastics Engineers, Plastics Research Online (2013).
- Jang, Y. H., Han, S. O., Sim, I N., Kim, H.,. Pretreatment effects of seaweed on the thermal and mechanical properties of seaweed/polypropylene biocomposites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. Vol 47, pp. 83-90.
- Dove, C., 2014. The development of unfired earth bricks using seaweed biopolymers. *Eco-Architecture V*. 142 (2013) 219-230
- Wambua, P., Ivens, J., Verpoest, I. Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics?. *Composite Science and Technology*. 63, (2003) 1259-1264.
- Mwaikambo, L.Y., Ansell, M.P. Hemp fibre reinforced cashew nut shell liquid composites. *Composite Science and Technology*. 63 (2003) 1297-1305.
- Joseph, S., Sreekala, M.S., Oommen, Z., Koshy, P., Thomas, S. A comparison of the mechanical properties of phenol formaldehyde composites reinforced with banana fibres and glass fibres. *Composites Science and Tech*. 62 (2002) 1857-1868
- Yusoff, M.Z.M, Salit, M.S., Ismail, N., Wirawan, R. Mechanical Properties of Short Random Oil Palm Fibre Reinforced Epoxy Composites. *Sains Malaysiana*. 39 (2010) 1, 87-92.
- JIS A 5905. Japanese Industrial Standard. Fibreboards. 2003.