

Pembuatan Komposit Dari Serat Pelepah Daun Lontar Sebagai Aplikasi Lambung Kapal *Fibre Reinforced Plastics* (FRP)

Arisessy Maharani Mulananda^{1*}, Tristiandinda Permata¹, Alfi Hidayat¹

¹Jurusan Teknologi Kemaritiman, Politeknik Negeri Madura

Jl. Raya Camplong Km. 4, Sampang 69261, Indonesia

^{1*}arisessy@poltera.ac.id

Abstrak

Penelitian tentang komposit berbasis serat berkembang dengan penggunaan bahan serat alam untuk beberapa variasi jenis matrik sintesis dan alami. Komposit dengan penguat serat alam ini semakin intensif dikembangkan. Ini berkaitan dengan meluasnya penggunaan komposit pada berbagai bidang kehidupan serta tuntutan penggunaan material yang murah, ringan, sifat mekanik yang kuat dan tidak korosif, sehingga dapat menjadi bahan alternatif selain logam.

Lontar (*Borassus flabelifer*) adalah jenis palma yang bersifat serba guna. Salah satu aplikasi serat pangkal pelepah daun lontar adalah untuk pembuatan komposit dalam lambung kapal *fibre reinforced*. Pada penelitian ini akan dibuat komposit dari serat pangkal pelepah daun lontar. Spesimen komposit yang terbentuk dilakukan uji tegangan, regangan dan modulus elastisitas menggunakan 2 variasi komposisi. Hasilnya kemudian dibandingkan dengan nilai kekuatan yang disyaratkan/diizinkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) *volume XIV 2014 rules for nonmetallic material* sebagai acuan standar.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik, modulus tarik elastisitas dan kekuatan tekuk, modulus tekuk elastisitas komposit yang menggunakan serat pangkal pelepah daun lontar memenuhi standar BKI seperti berikut ini: pengujian tarik variasi 1 spesimen (2) dengan kekuatan 63.714 Mpa, spesimen (2) 436.09 N/mm² modulus elastisitas dan variasi 2 spesimen (4) dengan kekuatan tarik 70.035 Mpa, dengan modulus elastisitas spesimen (4) 1490.11 N/mm² untuk pengujian tekuk tidak memenuhi standar di kekutan tekuk di variasi 1 spesimen (1) 15.45 Mpa, variasi 2 spesimen (4) 16.27 Mpa. Tetapi di modulus tekuk elastisitasnya ada yang memenuhi standar dengan hasil di variasi 1 spesimen (1) 949.96 N/mm², dan modulus variasi 2 spesimen (4) 1534.47 N/mm². Hasil ini telah memenuhi syarat yang ditentukan oleh BKI FRP (*fiberglass reinforced plastics*) yaitu 55 N/mm².

Kata kunci: Komposit, Daun Lontar, Uji tarik, Serat Glass

Abstract

Research on fiber-based composites has developed with the use of natural fiber materials for several variations of synthetic and natural matrices. Composites with natural fiber reinforcement are increasingly being developed intensively. This is related to the widespread use of composites in various fields of life and the demands for the use of cheap, lightweight materials, strong mechanical properties and non-corrosive, so that they can be alternative materials other than metal.

Lontar (*Borassus flabelifer*) is a type of palm that is versatile. One application of lontar leaf stem fiber is for making composites in fiber reinforced ship hulls. In this study, a composite will be made from lontar leaf stem fiber. The composite specimens formed were tested for tension, strain and modulus of elasticity using 2 composition variations. The results were then compared with the strength values required/permitted by Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) *volume XIV 2014 rules for nonmetallic materials* as a standard reference.

The test results show that the tensile strength, tensile modulus of elasticity and bending strength, bending modulus of elasticity of the composite using palm leaf stem fibers meet the BKI standards as follows: tensile testing variation 1 specimen (2) with a strength of 63,714 Mpa, specimen (2) 436.09 N/mm² modulus of elasticity and variation 2 specimens (4) with a tensile strength of 70,035 Mpa, with modulus of elasticity of specimen (4) 1490.11 N/mm² for bending testing does not meet the standard in bending strength in variation 1 specimen (1) 15.45 Mpa, variation 2 specimens (4) 16.27 Mpa. But in the bending modulus of elasticity there are some that meet the standards with results in variation 1 specimen (1) 949.96 N/mm², and modulus of variation 2 specimens (4) 1534.47 N/mm². This result has met the requirements set by BKI FRP (*fiberglass reinforced plastics*), namely 55 N/mm².

Keywords: Composite, Palm Leaf, Tensile Test, Glass Fiber

I. PENDAHULUAN

Penelitian tentang komposit berbasis serat sangat beragam, mulai dari variasi jenis matrik dan serat, jenis anyaman hingga bahan dasar matrik maupun serat. Penelitian juga berkembang dengan penggunaan bahan serat alam untuk beberapa variasi jenis matrik sintetis dan alami. Komposit dengan penguat serat alam ini semakin intensif dikembangkan. Hal ini berkaitan dengan meluasnya penggunaan komposit pada berbagai bidang kehidupan serta tuntutan penggunaan material yang murah, ringan, memiliki sifat mekanik yang kuat, dan tidak korosif, sehingga dapat menjadi bahan alternatif selain logam. Didukung oleh beberapa keunggulan yang dimiliki oleh serat alam, diantaranya adalah massa jenisnya rendah, terbarukan, produksi memerlukan energi yang rendah, proses lebih ramah, serta mempunyai sifat insulasi panas dan akustik yang baik [1]. Penggunaannya mulai dari alat-alat rumah tangga hingga sektor industri besar seperti pesawat terbang, otomotif, alat-alat olahraga, dan pembuatan kapal [2].

Serat alami, hampir semuanya dapat digunakan sebagai bahan baku komposit yang ramah lingkungan karena sifat seratnya *biodegradable*, penggunaan zat kimia yang rendah dalam proses serta produk komposit yang *biodegradable* [3]. Penggunaan serat alami telah memberikan dampak positif pada berbagai bidang kehidupan manusia. Seperti serat buatan, serat alami juga mampu digunakan sebagai modifikasi dari serat buatan. Kelebihan serat alam sebagai penguat komposit selain lebih ramah lingkungan dan *biodegradable* dibandingkan serat sintetis, juga memiliki sifat mekanik yang baik terutama kekuatan tarik, berat jenis lebih rendah, aman bagi kesehatan karena bebas dari bahan kimia sintetis, serta lebih ekonomis dibandingkan serat kaca dan serat karbon. Namun, serat alam juga memiliki kekurangan seperti kualitas yang bervariasi tergantung cuaca, temperatur proses yang terbatas karena mudah terbakar, dan kemampuan rekat yang lebih rendah karena kandungan minyak yang mengurangi kekuatan rekat serat dengan matrik [4].

Penelitian ini menggunakan serat alam sebagai bahan komposit dalam pembuatan lambung kapal karena fiberglass membutuhkan waktu hingga 50 tahun untuk terurai. Walaupun produk fiberglass tahan lama dan cocok untuk aplikasi profesional, dampaknya terhadap lingkungan negatif karena waktu penguraiannya yang lama. Sebaliknya, kain dengan serat alami seperti sutera membutuhkan waktu 2-20 tahun untuk terurai tergantung jenisnya. Oleh karena itu, penambahan bahan komposit serat alam pada fiberglass diharapkan dapat mempercepat proses penguraian dan menjadi bahan yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini sangat diharapkan dapat menghasilkan inovasi dan pengembangan lebih lanjut dalam teknologi dan ilmu pengetahuan tentang material komposit berpenguat serat alami di Indonesia, khususnya pada industri perkapalan dan perikanan. Umumnya, industri yang menggunakan serat sintetis masih tergantung pada serat gelas (*fiberglass*) sebagai bahan baku untuk komposit FRP (*Fiberglass Reinforced Plastic*). Hasil penelitian menunjukkan variasi spesimen uji dengan kekuatan tarik dan tekuk yang maksimal. Pemilihan bahan material serat pelepah daun siwalan/lontar sebagai penguat pada komposit diharapkan dapat menjadi alternatif bahan dasar komposit dan

meningkatkan nilai tambah tanaman ini sebagai tanaman industri [5].

Menurut Agustinus Deka Betan, data hasil penelitian menunjukkan bahwa serat pangkal pelepah daun lontar memiliki kekuatan tarik yang sangat baik, yaitu 195,03 MPa, lebih tinggi dibandingkan dengan serat bambu yang memiliki kekuatan tarik 192,7 MPa, dan serat pisang yang hanya 94 MPa (Betan, 2020). Sedangkan menurut Melsiani dan Fransisko Piri Niron, nilai kekuatan tekuk yang telah diuji pada komposit serat lontar mencapai 140,235 MPa [6].

Sementara itu, hasil penelitian yang lain menyebutkan bahwa serat nanas memiliki kekuatan tarik 58,29901 MPa dan kekuatan tekuk 149,5854 MPa. Hasil ini diperoleh dari pengujian tarik dan tekuk komposit serat nanas yang dilakukan oleh Lesiana Yanuari Ningrum [7]. Selain itu, Aditya Alrosyid melaporkan bahwa serat rami memiliki nilai kekuatan tekuk tertinggi pada sudut 0° sebesar 55,06 MPa, dan nilai terendah pada sudut 45° sebesar 24,42 MPa [8]. Penelitian lainnya menggunakan serat ampas tebu menunjukkan bahwa prosentase serat ampas tebu sangat berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan bending komposit. Peningkatan volume fraksi serat ampas tebu berdampak terhadap terbentuknya rongga-rongga di dalam komposit yang berakibat pada penurunan kekuatan [9]. Pada penelitian lain yang menggunakan rami sebagai penguat komposit, didapatkan hasil bahwa jumlah lapisan rami anyaman dan berat serat rami dalam komposit sangat mempengaruhi kekuatan tarik dan kuat lentur komposit. Kekuatan tarik dan lentur tertinggi terdapat pada lima lapis komposit rami anyaman, sedangkan pada serat rami pada komposit tersebut, kekuatan tarik dan lentur tertinggi terdapat pada tipe E [10].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil kekuatan dari material komposit polimer serat pelepah daun lontar dalam menerima beban tarik seperti tegangan, regangan dan modulus elastisitas sesuai standar. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui standar kekuatan mekanis yang disyaratkan atau diizinkan BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) *Volume XIV 2014 Section 2.5.2* berdasarkan hasil penelitian ini. Tujuan penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan material komposit berpenguat serat alam di industri perkapalan dan perikanan di Indonesia.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan bahan

Bahan-bahan kimia yang diambil yang menjadi bahan dasar untuk membuat *fiberglass* antara lain: resin, katalis, *woven roving*, dan serat pangkal pelepah daun lontar.

Bahan penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu: *Chopped strand matt* (CSM), *woven roving* (WR), Serat pangkal pelepah daun lontar, resin, katalis, *wax*. Adapun alat-alat yang akan digunakan pada penelitian ini yang perlu disiapkan antara lain: Silet/Cutter, gerinda, penggaris, jangka sorong, spidol, masker, kuas *roll* dan gayung.

B. Perhitungan Perbandingan Komposisi Spesimen Uji Variasi 1 dan Variasi 2

Berikut Tabel 1 menunjukkan perbandingan komposisi specimen untuk variasi 1 pada *matt*, *woven roving*, serat pangkal pelepah daun lontar.

Tabel 1.
Perbandingan komposisi spesimen variasi 1

Spesimen	Berat
<i>Matt</i>	17 gram
<i>Woven roving</i>	22gram
Serat pangkal daun lontar	8 gram

Sehingga menghasilkan perbandingan komposisi pembuatan spesimen uji variasi 1 adalah:

Matt : 17 / 8 : 2.13

Woven roving : 22 / 8 : 2.75

Serat pangkal pelepah daun lontar : 8 / 8 : 1

Perbandingan yang didapatkan 2.13 : 2.75 : 1.

Pada Tabel 2 menunjukkan perbandingan komposisi specimen untuk variasi 1 pada *matt*, serat pangkal pelepah daun lontar, *matt*.

Tabel 2.
Perbandingan komposisi spesimen variasi 2

Spesimen	Berat
<i>Matt</i>	10.5gram
Serat pangkal daun lontar	12 gram
<i>Matt</i>	10.5gram

Sehingga menghasilkan perbandingan komposisi pembuatan spesimen uji variasi 2, yaitu

Matt : 10.5/ 10.5 : 1

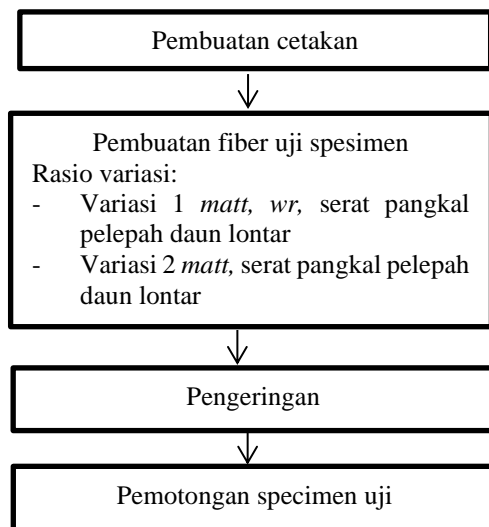
Serat pangkal pelepah daun lontar : 12 / 10.5 : 1.5

Matt : 10.5/ 10.5 : 1

Perbandingan yang didapatkan 1 : 1.5 : 1.

C. Proses pembuatan spesimen

Bahan-bahan kimia yang menjadi bahan bakar dasar atau men jadi bahan dasar atau bahan baku untuk membuat *fibreglass* antar lain: resin, katalis, *met*, *woven roving*, serat pangkal pelepah daun lontar.



Gambar 1. Diagram Alir tahapan pembuatan specimen uji

Pembuatan spesimen uji coba pada Gambar 1, dilakukan kurang lebih 1,5 bulan dan meliputi tahapan sebagai berikut:

1) Pembuatan cetakan

Cetakan *fiber* dibuat menggunakan kaca yang yang dibuat tempat. Cetakan yang telah selesai dioleskan *wax* agar *fiber* tidak lengket pada cetakan hingga mudah dilepaskan kembali.

2) Pembuatan *fiber*

Spesimen uji *fiber* yang akan diuji terdiri dari 7 lapis serabut *glass* dalam penelitian ini, terdapat 4 contoh spesimen uji yang akan digunakan untuk mengetahui kekuatannya dengan menggunakan 4 macam variasi yaitu sebagai berikut:

a) Yaitu lapisan *matt*, *woven roving*, serat pangkal pelepah daun lontar.

b) Yaitu lapisan *matt*, serat pangkal pelepah daun lontar, *matt*.

Pada pembuatan *fiber* uji spesimen tersebut *matt* sebagai lapisan pertama kemudian diolesi resin yang sudah dicampur dengan katalis, setelah itu dilapisi dengan serat pangkal pelepah daun lontar sebagai lapisan ke-2 kemudian diolesi kembali resin dan katalis, setelah itu pada lapisan ke-3 adalah *woven roving*. Lalu penambahan resin dengan katalis kembali sampai mencapai 7 lapis yang dilakukan dalam satu ukuran cetakan pembuatan uji spesimen selanjutnya, jika sudah mencapai 7 lapis maka tahap ke-4 pengeringan pada spesimen untuk melakukan proses seterusnya. Perbandingan katalis yang digunakan yaitu Resin : Katalis = 1,5 gelas air mineral resin : 15 tetes katalis.

3) Pengeringan

Spesimen uji yang telah dibuat kedalam cetakan, dan dikeringkan selama +24 jam. Waktu pengeringan sangat dipengaruhi oleh jumlah katalis yang ditambahkan.

4) Pemotongan Spesimen Uji

Setelah proses pengeringan selesai dan dilepaskan dari cetakan, selanjutnya dilakukan pemotongan spesimen uji sesuai standar yang telah ditentukan. Maka contoh uji yang telah dibuat dapat dilakukan pengujian kekuatan mekanis contoh uji tarik tersebut sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan sesuai standar ASTM D638.

Hasil spesimen uji yang dibuat bisa dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Spesimen uji tarik dan tekuk variasi 1



Gambar 3. Spesimen uji tarik dan tekuk variasi 2

D. Pengujian

Setelah pembuatan spesimen selesai akan dilakukan pengujian tegangan, regangan dan modulus elastisitas. Peneliti mengambil 5 spesimen uji penelitian dengan membuat spesimen dengan ukuran dan bentuk spesimen berdasarkan standard ASTM D368.

Hasil pengujian tegangan, regangan dan modulus elastisitas sampel variasi 1 *matt, woven roving*, serat pangkal pelepah daun lontar yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Pengujian Tegangan, Regangan dan Modulus Elastisitas variasi 1

Sedangkan Gambar 5 merupakan hasil pengujian pengujian tegangan, regangan dan modulus elastisitas variasi 2 *matt, woven roving*, serat pangkal pelepah daun lontar.



Gambar 5. Hasil Pengujian Tegangan, Regangan dan Modulus Elastisitas variasi 2

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Tegangan variasi ke 1 *Matt, woven roving, serat pangkal pelepah daun lontar*

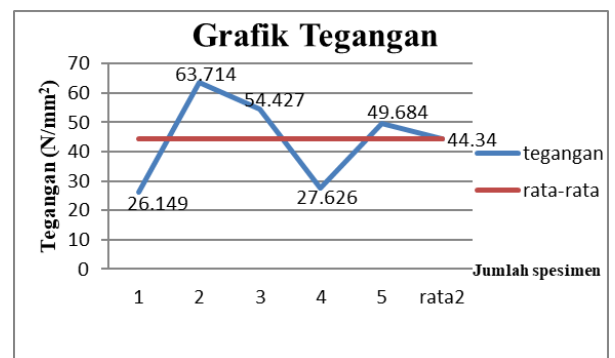
Pengujian tarik komposit serat pangkal pelepah daun lontar dengan matriks *polyster* dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik untuk menguji sebanyak 2 variasi dengan masing-masing variasi adalah sebanyak 5 spesimen. Hasilnya uji tarik kemudian dibandingkan dengan standar ASTM D 638.

Hasil uji tarik variasi 1 dengan komposisi *Matt, woven roving*, serat pangkal pelepah daun lontar untuk ditunjukkan pada Tabel 3. Sedangkan grafik hasil pengujian tegangan dari sampel variasi 1 ditunjukkan pada Gambar 6.

Tabel 3.

Hasil tegangan *Matt, woven roving*, serat pangkal pelepah daun lontar

Spesimen	F (N)	A0 (mm ²)	σ (N/mm ²)
1	2491	94.9	26249
2	5926	93.01	63.714
3	4985	91.59	54.427
4	2719	98.42	27.626
5	4722	95.04	49.684
Rata-rata Tegangan			44.340



Gambar 6. Grafik hasil perhitungan tegangan spesimen sampel variasi 1.

Hasil perhitungan nilai regangan sampel variasi 1 ditunjukkan pada Tabel 4. Berdasarkan tabel tersebut diperoleh nilai rata-rata pengujian regangan dari kelima spesimen yaitu sebesar 0,113.

Tabel 4.

Hasil regangan *Matt, woven roving*, serat pangkal pelepah daun lontar

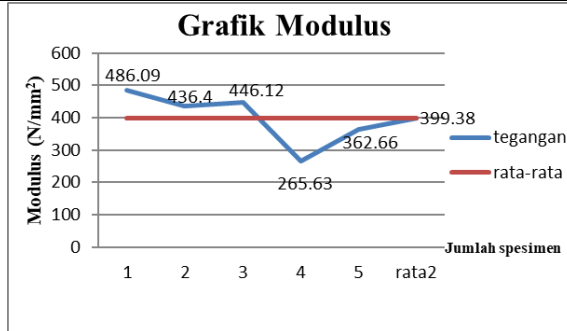
Specimen	L0 (mm)	L1(mm)	L1-L0 (mm)	ϵ
1	165.2	174.1	8.9	0.054
2	166	190.3	24.3	0.146
3	165.8	186.1	20.3	0.122
4	165.4	182.6	17.2	0.104
5	166	188.7	22.7	0.137
Rata-rata				0.113

Hubungan antara tegangan dan regangan dinamakan modulus yang mana hasil perhitungan menggunakan modulus elastisitas ditunjukkan pada Tabel 5. Hasil rata-rata pengujian modulus elastisitas diperoleh sebesar 399,38

N/mm². Sedangkan grafik pengujian modulus elastisitas ditunjukkan pada Gambar 7.

Tabel 5.
Hasil Modulus manual *Matt, woven roving*, serat pangkal pelepah daun lontar.

Spesimen	σ (N/mm ²)	ϵ	E (N/mm ²)
1	26,249	0.054	486.09
2	63.714	0.146	436.40
3	54.427	0.122	446.12
4	27.626	0.104	265.63
5	49.684	0.137	362.66
Rata – Rata			399.38



Gambar 7. Grafik hasil perhitungan modulus specimen sampel variasi 1

Berdasarkan data hasil uji tegangan, regangan dan modulus elastisitas di atas diketahui bahwa dengan komposit yang memiliki kekuatan tegangan tertinggi ini merupakan perbandingan antara serat dan resin yang mengikat dengan baik, ini terlihat dari uji tarik yang dilakukan mempunyai nilai tertinggi dibandingkan dengan fraksi berat lainnya.

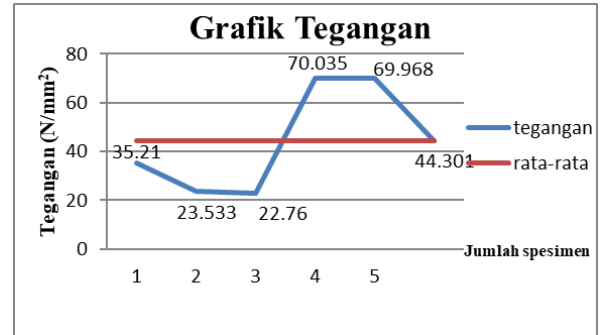
Jadi nilai modulus elastisitas tertinggi dengan komposit *matt, woven roving* dan serat pangkal pelepah daun lontar adalah $E = 486.09$ N/mm² sedangkan nilai *tegangan tertinggi* berdasarkan data diatas diperoleh sebesar $\sigma = 63.714$ N/mm². Sehingga serat komposit ini bisadigunakan untuk pembuatan kulit lambung kapal *fiber*. Dikarenakan nilai yang dihasilkan memenuhi syarat yang telah ditentukan oleh BKI FRP (*fiberglass reinforced plastics*) yaitu 55 MPa.

B. Pengujian Tarik Variasi Ke 2 *Matt, Serat Pangkal Pelepah Daun Lontar, Matt*

Hasil pengujian tegangan dari sampel dengan variasi 2 ditunjukkan pada Tabel 6. Sedangkan grafik pengujian tegangan ditunjukkan pada Gambar 8.

Tabel 6. Hasil tegangan variasi 2 *matt, serat pangkal pelepah daun lontar, matt*.

Spesimen	F (N)	A0 (mm ²)	σ (N/mm ²)
1	3352	95.20	35.210
2	2302	97.82	23.533
3	2243	98.55	22.760
4	6514	93.01	70.035
5	6514	93.1	69.968
Rata-rata Tegangan			44.301



Gambar 8. Grafik hasil perhitungan tegangan specimen sampel variasi 2

Hasil Regangan dari sampel variasi 2 ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7.
Hasil regangan variasi 2 *Matt, serat pangkal pelepah daun lontar, matt*.

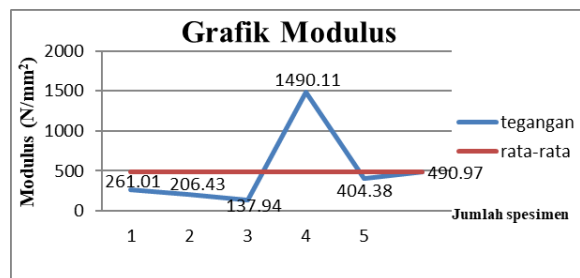
Specimen	L0(mm)	L1(mm)	L1-L0(mm)	ϵ
1	165.3	192.3	27	0.163
2	165.7	184.6	18.9	0.114
3	165.5	192.8	27.3	0.165
4	165.7	173.5	7.8	0.047
5	165.2	193.7	28.5	0.173
Rata – Rata				0.132

Perhitungan regangan dan tegangan digunakan untuk perhitungan modulus elastisitas yang dapat dilihat pada Tabel 8. Sedangkan grafik dari hasil modulus elastisitas sampel variasi 2 ditunjukkan pada Gambar 9.

Tabel 8.
Hasil Modulus manual variasi *Matt, serat pangkal pelepah daun lontar, matt*.

Spesimen	σ (N/mm ²)	ϵ	E (N/mm ²)
1	35.210	0.163	261.01
2	23.533	0.114	206.43
3	22.760	0.165	137.94
4	70.035	0.047	1490.11
5	69.968	0.173	404.38
Rata – Rata			490.97

Dari perhitungan modulus dibuat dalam bentuk grafik seperti yang terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik hasil perhitungan tegangan specimen uji tarik variasi 2

Berdasarkan data hasil tegangan, regangan dan modulus elastisitas diperoleh nilai modulus elastisitas dengan

komposit *matt, woven roving*, Serat pangkal pelepah daun lontar tertinggi yaitu sebesar $E = 1490.11 \text{ N/mm}^2$ sedangkan nilai tegangan tertinggi diperoleh sebesar $\sigma = 70.035 \text{ N/mm}^2$. Sehingga serat komposit ini bisa digunakan untuk pembuatan kulit lambung kapal *fiber*. Dikarenakan nilai yang dihasilkan memenuhi syarat yang telah ditentukan oleh BKI FRP (*fiberglass reinforced plastics*) yaitu 55 Mpa.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

a. Komposit dengan variasi komposisi yaitu variasi 1 adalah *matt : woven roving* : Serat pangkal pelepah daun lontar. Dengan perbandingan berat 2.13 : 2.75 : 1. Dan variasi 2 adalah *matt* : Serat pangkal pelepah daun lontar : *matt*. Dengan perbandingan berat 1 : 1.5 : 1 telah berhasil dibuat sebagai aplikasi Lambung Kapal *Fibre Reinforced Plastics* (FRP)

b. Sampel variasi 2 diperoleh nilai tegangan dan modulus elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel variasi 1 yaitu masing-masing sebesar $\sigma = 70.035 \text{ N/mm}^2$ dan $E = 1490.11 \text{ N/mm}^2$.

Sehingga serat komposit ini bisa digunakan untuk pembuatan kulit lambung kapal *fiber*. Dikarenakan nilai yang dihasilkan memenuhi syarat yang telah ditentukan oleh BKI FRP (*fiberglass reinforced plastics*) yaitu 55 Mpa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brower, W.D. 2020. Natural Fibre Composites In Structural Components, Alternative For Sisal. On ThOccasion Of The Joint FAD, CFC Seminar, Rome Italy.
- [2] S. Arief and A. Sidiq, "Pengaruh Variasi Panjang Serat Serat Kayu Gelam (Melaleuce Leucandendra) Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Bermatrik Polyester (1)," *J. Tek. Mesin UNISKA*, vol. 03, no. 01, pp. 42–48, 2017.
- [3] Habibie, S., Nandang Suhendre, Seto Ruseno, dkk, "Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan, Suatu Kajian Pustaka", *J. Inovasi dan Teknologi Material*, vol. 2, no. 2, 2021.
- [4] Syarif.A, "Uji Lentur Komposit Polyester - Serat Purun Tikus," *J. Info Tek.*, vol. 11, no. 2, pp. 10–18, 2011.
- [5] M. W. Prihantoro, H. Yudo, P. Manik, A. Selatan, and T. Di, "Analisa Teknis Penggunaan Serat Pelepah Siwalan (Borassus Flabellifer) Sebagai Alternatif Material Komponen Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tekuk Dan Impak," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 3, pp. 575–584, 2017.
- [6] M. R. F. Saduk and F. P. Niron, "Kajian Sifat Tarik Serat Pelepah Lontar dengan Singular Fiber Tensile Testing Methode," *J. METTEK*, vol. 4, no. 1, p. 8, 2018, doi: 10.24843/mettek.2018.v04.i01.p02.
- [7] Lesiana Yanuari Ningrum, "Potensi Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Komposit Pengganti Fiberglass Pada Pembuatan Lambung Kapal," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [8] A. Al Rosyid, "Analisa Kekuatan Tarik Dan Bending Komposit Resin Polyester Yang Diperkuat Serat Rami Tenun Dengan Orientasi Arah Sudut 0° Dan 45° Sebagai Alternatif Bumper Mobil," Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 2023. [Online]. Available: <https://eprints.untirta.ac.id/27281/>
- [9] Margono, B., Haikal, H., & Widodo, L. (2020). Analisis Sifat Mekanik Material Komposit Plastik Hdpe Berpenguat Serat Ampas Tebu Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Dan Bending. *AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 6(2), 55-61.
- [10] Djafar, Z., Renreng, I., & Jannah, M. (2021). Tensile and bending strength analysis of ramie fiber and woven ramie reinforced epoxy composite. *Journal of Natural Fibers*, 18(12), 2315-2326.