

## Analisis Kekuatan Sambungan Hybrid Komposit Serat Buah Lontar yang Diberi Beban Tarik

Kristomus Boimau<sup>1\*</sup>, Frits R.A.Pandango<sup>2</sup>, Jefri S. Bale<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>)Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana

Jl. Adi Sucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380)881597

\* Corresponding author: kristomus.boimau@staf.undana.ac.id

### ABSTRAK

Penggunaan material komposit pada suatu struktur harus memenuhi kriteria kemampuan dan keamanan. Termasuk dalam hal ini adalah sambungan tetap. Jenis sambungan tetap yang paling sering digunakan pada material komposit matrik adalah sambungan keling dan sambungan adhesif. Tahapan pembuatan spesimen Perlakuan awal menggunakan *chemical treatment*. Kemudian serat dipotong menjadi ukuran 5 cm. selanjutnya spesimen dibentuk menjadi sambungan *hybrid* (kelling dan *adhesive*) dan menggunakan tipe sambungan *single lab joint* dan *double strap butt joint* dengan ukuran tebal 4 mm, panjang 240 mm (*single lab joint*), 270 mm (*double strap butt joint*), dan lebar 34 mm. kemudian dilakukan pengujian tarik dan *bending*. Dari hasil pengujian tarik diketahui bahwa sambungan *hybrid* komposit serat buah lontar dengan jenis sambungan *single lab joint* memiliki tegangan tarik terbesar 7.36 Mpa, regangan tarik 0.42 %, modulus elastisitas tarik 25.4 Gpa. Pada jenis sambungan *double strap butt joint* tegangan tarik 8.08 Mpa, regangan tarik 0.48 %, dan modulus elastisitas tarik sebesar 18 Gpa. Sedangkan untuk pengujian *bending*, jenis sambungan *single lab joint* memiliki tegangan *bending* sebesar 0.050 Mpa, modulus elastisitas *bending* 25.01 Gpa, dan momen *bending* sebesar 4.8 Nmm. Pada jenis sambungan *double strap butt joint* memiliki tegangan *bending* sebesar 0.021 Mpa, modulus elastisitas *bending* sebesar 12.40 Gpa, dan momen *bending* sebesar 5.85 Nmm. Spesimen mengalami patah getas.

### ABSTRACT

*The use of composite materials in a structure must meet the capability and safety criteria. Included in this case is a fixed connection. The fixed type of connection that is most often used in matrix composite materials is the rivet connection and the adhesive connection. Stages of making specimens Initial treatment using chemical treatment. Then the fiber is cut into a size of 5 cm. then the specimens were formed into hybrid joints (kelling and adhesive) and used single lab joint and double strap butt joint types with a thickness of 4 mm, length 240 mm (single lab joint), 270 mm (double strap butt joint), and width 34 mm. then tensile and bending tests are carried out. From the results of the tensile test, it was found that the hybrid joints of palm leaf fibers with single lab joint joints had the largest tensile stress of 7.36 Mpa, tensile strain 0.42%, tensile elastic modulus of 25.4 Gpa. In the type of double strap butt joint connection the tensile stress is 8.08 MPa, the tensile strain is 0.48%, and the tensile modulus is 18 Gpa. Whereas for bending testing, the single lab joint joint type has a bending stress of 0.050 Mpa, a bending modulus of elasticity of 25.01 Gpa, and a bending moment of 4.8 Nmm. In the type of double strap butt joint connection has a bending voltage of 0.021 Mpa, bending elastic modulus of 12.40 Gpa, and bending moment of 5.85 Nmm. The specimen has a brittle fracture.*

*Keywords: Lontar Fiber, Composite, hybrid joint, Tensile Strength, Bending Strength*

### PENDAHULUAN

Dengan semakin besarnya tuntutan pasar industry saat ini membuat banyak perusahaan berlomba – lomba untuk menciptakan suatu produk yang berkualitas sehingga banyak dikembangkan material komposit sebagai

bahan pengganti logam. Komposit yang paling luas dikembangkan adalah komposit yang berpenguat serat alam. Serat alam merupakan serat yang berasal dari alam. Serat alam dapat dikelompokkan berdasarkan sumbernya yaitu berasal dari tanaman, binatang atau mineral. Salah satu serat alam yang sering

dimanfaatkan sebagai penguat pada komposit polimer adalah serat yang berasal dari tanaman, dalam penelitian ini serat yang digunakan adalah serat dari buah lontar.

Pohon Lontar (*Borassus flabellifer*) merupakan salah satu jenis tumbuhan palem yang banyak tumbuh di daerah dengan curah hujan yang minim. Buah lontar merupakan hasil alam yang buahnya mempunyai banyak serat hampir 30 % - 40 % dari bijinya. Tumbuhan jenis ini banyak tumbuh di wilayah Nusa Tenggara Timur, karena didukung oleh kondisi alam dan iklimnya.

Pada dunia industri, dilakukan penggabungan beberapa material dalam suatu produk agar menghasilkan kualitas dan harga jual yang tinggi. Penggunaan sambungan pada komposit harus memenuhi kriteria kemampuan dan keamanan. Salah satu metode penyambungan pada komposit adalah sambungan tetap. Sambungan tetap merupakan metode sambungan atau cara penyambungan yang dipakai untuk menghubungkan bagian-bagian dari sebuah konstruksi secara permanen (tetap). Sambungan tetap dilepas dengan cara merusak sambungan tersebut. Jenis sambungan tetap yang paling sering digunakan pada material komposit adalah sambungan keling dan sambungan adhesif.

Sambungan keling merupakan jenis sambungan tetap yang menggunakan paku keling sebagai pengaitnya. Sambungan ini memerlukan lubang sebagai tempat dudukan keling. Daerah sekitar lubang merupakan daerah kritis terhadap awal terjadinya kegagalan. Teknik pembuatan lubang dan variasi diameter lubang sangat menentukan kekuatannya, khususnya di daerah sekitar lubang. Kekuatan sambungan mekanik sangat dipengaruhi oleh tiga faktor utama yaitu faktor geometri spesimen, faktor material spesimen dan faktor cara pembuatan lubang. Sedangkan sambungan adhesif merupakan sambungan yang menggunakan zat perekat untuk membentuk ikatan permukaan antara bahan diskrit (terpisah/tidak saling berhubungan).

Adapun penelitian terdahulu yang dilakukan oleh [1] yang meneliti tentang Kekuatan Bending Prototype Mechanical

Joint Composite Serat Buah Lontar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tipe sambungan berpengaruh terhadap kekuatan bending prototype sambungan yang dipengaruhi oleh geometri sambungan dan distribusi tegangan yang terjadi pada masing-masing tipe sambungan. Hasil uji bending menunjukkan tegangan bending tertinggi terjadi pada tipe sambungan stepped lap joint yaitu, 0.275 MPa dan tegangan bending terendah terjadi pada tipe sambungan double lap joint yaitu, 0.041 MPa. Modulus elastisitas tertinggi terjadi pada tipe sambungan stepped lap joint yaitu, 4.354 MPa sedangkan terendah 0.027 MPa terjadi pada tipe sambungan double lap joint. Momen bending tertinggi sebesar 13.712 Nmm terjadi pada tipe sambungan single lap joint dan terendah sebesar 8.802 Nmm terjadi pada tipe sambungan stepped lap joint.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Timbangan digital untuk menimbang serat.
- Mesin uji bending dan uji tarik sebagai alat pengujian.
- Kikir untuk menghaluskan tepi spesimen.
- Gerinda listrik untuk meratakan permukaan spesimen.
- Kamera digital untuk dokumentasi.
- Jangka sorong untuk mengukur dimensi spesimen.
- Kuas untuk meratakan resin dalam cetakan.
- Cetakan untuk mencetak spesimen.
- Amplas untuk mengamplas spesimen.
- Gergaji untuk memotong spesimen.
- Kaca pembesar untuk melihat spesimen yang telah diuji.
- Gunting untuk memotong serat.

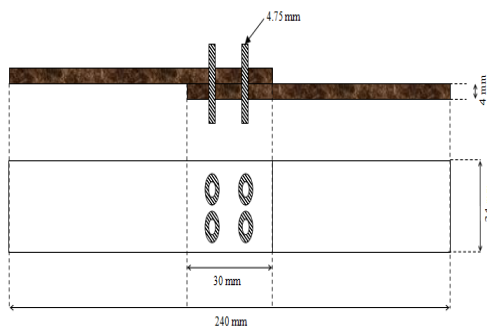
Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari :

- Resin Poliester dan Katalis.

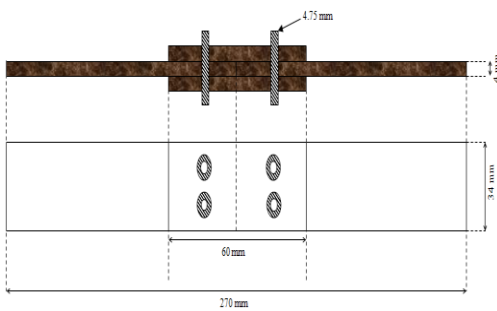
- Serat alam (*biofiber*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat dari buah lontar (*Borassus Flabellifer*).
- Aquades dan NaOH.
- Wax Miror Glass dan Isolasi.
- Paku keling dan epoxy sebagai pengikat sambungan.

#### Spesimen Uji

Pengujian tarik dan *bending* menggunakan standar uji ASTM D5961 (*Standard test method for bearing response of polymer matrix composite laminates*). Dimensi spesimen uji *bending* dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 1 Single Lab Joint



Gambar 2 Double Strap Butt Joint

#### Diagram Alir Penelitian

Alur penelitian dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Tarik

Dari hasil pengujian yang dilakukan, maka telah diperoleh data besar beban uji tarik. Data mentah pengujian tarik dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Tarik

No	Jenis Sambungan	Kode Spesimen	% Load (%)	Beban (Kgf)	$\Delta L$ (mm)
1	Single Lap Joint	A <sub>1</sub>	3,9	156	0,8
		A <sub>2</sub>	5,1	204	0,7
		A <sub>3</sub>	4,3	172	1
		A <sub>4</sub>	4,4	176	0,9
		A <sub>5</sub>	4,7	188	0,9
2	Double Strap Butt Joint	B <sub>1</sub>	7,5	300	1,1
		B <sub>2</sub>	8,2	328	1,3
		B <sub>3</sub>	8,4	336	1,3
		B <sub>4</sub>	7,2	288	1,1
		B <sub>5</sub>	8,1	324	1,3

Kemudian data tersebut dihitung secara matematis menggunakan rumus dan hasilnya didistribusikan ke tabel di bawah ini.

Tabel 2. Data Pengujian Tarik Yang Dilakukan Pada Spesimen Uji

No	Jenis Sambungan	Kode Spesimen	Beban Putus (N)	Beban Rata Rata (N)	ΔL (mm)	ΔL Rata Rata (mm)
1	Single Lap Joint	A <sub>1</sub>	1530.36	179.2	0.8	0,86
		A <sub>2</sub>	2001.24		0.7	
		A <sub>3</sub>	1687.32		1	
		A <sub>4</sub>	1726.56		0.9	
		A <sub>5</sub>	1844.28		0.9	
2	Double Strap Butt Joint	B <sub>1</sub>	2943	315.2	1.2	1.23
		B <sub>2</sub>	3217.68		1.3	
		B <sub>3</sub>	3296.16		1.3	
		B <sub>4</sub>	2825.28		1.05	
		B <sub>5</sub>	3178.44		1.3	

Dari pengujian tarik yang dilakukan terhadap spesimen uji tarik, diperoleh data beban pengujian untuk setiap komposit polyester berpenguat serat buah lontar.

Dari pengujian tarik yang dilakukan terhadap spesimen uji tarik, diperoleh data beban pengujian untuk setiap komposit polyester berpenguat serat buah lontar. Pada tabel 1 terlihat bahwa spesimen uji komposit untuk masing- masing tipe spesimen yaitu untuk spesimen *single lap joint* beban tertinggi ada pada spesimen A<sub>2</sub> sebesar 2001.24 N, sedangkan untuk spesimen *Double Strap Butt Joint* beban tertinggi ada pada spesimen B<sub>3</sub> sebesar 3296.16 N. Dari data ini, kemudian dimasukkan dalam persamaan-persamaan untuk menghitung kekuatan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas tarik, yang selanjutnya ditampilkan dalam bentuk grafik.

**Perhitungan Tegangan Tarik**

Tegangan (*stress*) merupakan perbandingan antara gaya (F) tarik atau tekan yang bekerja terhadap luas penampang (A<sub>0</sub>) benda. Sebagai contoh perhitungan tegangan tarik digunakan data dari spesimen A<sub>1</sub> pada Tabel 1.

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal spesimen (T)} &= 8 \text{ mm} \\
 \text{Lebar spesimen (W)} &= 34 \text{ mm} \\
 \text{Luas (A}_0\text{)} &= W \times T \\
 &= 34 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\
 &= 272 \text{ mm}^2 \\
 \text{Beban (F)} &= 1530.36 \text{ N} \\
 \text{Penyelesaian:} &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{F}{A_0} \\
 \sigma &= \frac{1530.36 \text{ N}}{272 \text{ mm}^2} \\
 &= 5,63 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama, digunakan untuk menghitung A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> dan seterusnya. Setelah diperoleh besar tegangan tarik untuk masing-masing spesimen, kemudian dicari besar tegangan tarik rata-rata untuk masing-masing panjang serat. Sebagai contoh perhitungan tegangan tarik rata-rata digunakan spesimen *single lap joint* (A<sub>1</sub>).

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{rata-rata}} &= \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5}{\sigma_n} \\
 \sigma_{\text{rata-rata}} &= \frac{5,63 + 7,36 + 6,20 + 6,35 + 6,78}{5} \\
 &= \frac{32,32}{5} \\
 &= 6,46 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama, digunakan untuk menghitung data yang lain. Selanjutnya data-data hasil perhitungan ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 3 hasil Perhitungan Tegangan Tarik

Jenis Sambungan	Kode Spesimen	F (N)	A <sub>0</sub> mm <sup>2</sup>	Tegangan (Mpa)	Tegangan Rata-Rata (Mpa)
Single Lap Joint	A <sub>1</sub>	1530,36	272	5,63	6,46
	A <sub>2</sub>	2001,24		7,36	
	A <sub>3</sub>	1687,32		6,20	
	A <sub>4</sub>	1726,56		6,35	
	A <sub>5</sub>	1844,28		6,78	
Double Strap But Joint	B <sub>1</sub>	2943	408	7,21	7,58
	B <sub>2</sub>	3217,68		7,89	
	B <sub>3</sub>	3296,16		8,08	
	B <sub>4</sub>	2825,28		6,92	
	B <sub>5</sub>	3178,44		7,79	

**Perhitungan Regangan Tarik**

Regangan (*strain*) adalah perbandingan antara pertambahan panjang ( ΔL ) terhadap panjang awal (L). Berikut adalah contoh perhitungan regangan tarik dengan menggunakan data dari spesimen A<sub>1</sub> pada tabel 1.

$$\begin{aligned}\Delta L &= 0.8 \text{ mm} \\ L_0 &= 240 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka nilai  $\varepsilon$  dapat dihitung:

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \% \\ \varepsilon &= \frac{0.8 \text{ mm}}{240 \text{ mm}} \times 100 \% \\ &= 0.33 \%\end{aligned}$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama, digunakan untuk menghitung spesimen A2, A3 dan seterusnya. Setelah diperoleh besar regangan tarik untuk masing-masing spesimen, kemudian dicari besar regangan tarik rata-rata untuk masing-masing spesimen. Sebagai contoh perhitungan regangan tarik rata-rata digunakan spesimen *single lap joint*.

$$\begin{aligned}\varepsilon_{rata-rata} &= \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4 + \varepsilon_5}{\varepsilon_n} \\ \varepsilon_{rata-rata} &= \frac{0.33 + 0.29 + 0.42 + 0.37 + 0.37}{5} \\ \varepsilon_{rata-rata} &= \frac{1.8}{5} \\ &= 0.36 \%\end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama, digunakan untuk menghitung data yang lain. Selanjutnya data-data hasil perhitungan di atas ditampilkan dalam tabel 4.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Regangan Tarik

Jenis Sambungan	Kode Spesimen	$\Delta L$ (mm)	$L_0$ (mm)	Regangan (%)	Regangan Rata-Rata (%)
<i>Single Lap Joint</i>	A <sub>1</sub>	0.8	240	0.33	0,36
	A <sub>2</sub>	0.7		0.29	
	A <sub>3</sub>	1		0.42	
	A <sub>4</sub>	0.9		0.37	
	A <sub>5</sub>	0.9		0.37	
<i>Double Strap Butt Joint</i>	B <sub>1</sub>	1.2	270	0.44	0,45
	B <sub>2</sub>	1.3		0.48	
	B <sub>3</sub>	1.3		0.48	
	B <sub>4</sub>	1.05		0.39	
	B <sub>5</sub>	1.3		0.48	

### Perhitungan Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas adalah besarnya gaya yang bekerja pada luas penampang tertentu

untuk meregangkan benda. Dengan kata lain, modulus elastisitas merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan pada benda. Sebagai contoh perhitungan modulus elastisitas tarik digunakan data dari spesimen A<sub>1</sub> pada tabel 3 dan tabel 4.

$$\begin{aligned}\sigma &= 5.63 \text{ Mpa} \\ \varepsilon &= 0.33 \%\end{aligned}$$

Maka nilai E dapat dihitung sebagai berikut

$$\begin{aligned}E &= \frac{\sigma}{\varepsilon} \\ E &= \frac{5.63 \text{ Mpa}}{0.33 \%} \\ &= 17 \text{ Gpa}\end{aligned}$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama, digunakan untuk menghitung spesimen A2, A3 dan seterusnya. Setelah diperoleh besar modulus elastisitas tarik untuk masing-masing spesimen, kemudian dicari besar modulus elastisitas tarik rata-rata untuk masing-masing ukuran spesimen. Sebagai contoh perhitungan modulus elastisitas tarik rata-rata digunakan spesimen *single Lap Joint*.

$$\begin{aligned}E_{rata-rata} &= \frac{E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5}{5} \\ E_{rata-rata} &= \frac{17 + 25.4 + 15 + 17 + 18.3}{5} \\ &= \frac{92.7}{5} \\ &= 18.54 \text{ Gpa}\end{aligned}$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama, digunakan untuk menghitung data yang lain. Selanjutnya data-data hasil perhitungan ditampilkan dalam tabel 5. Dari hasil perhitungan pengujian tarik komposit serat buah lontar yang sudah dilakukan maka hasil perhitungan didistribusikan ke dalam tabel seperti pada tabel 5.

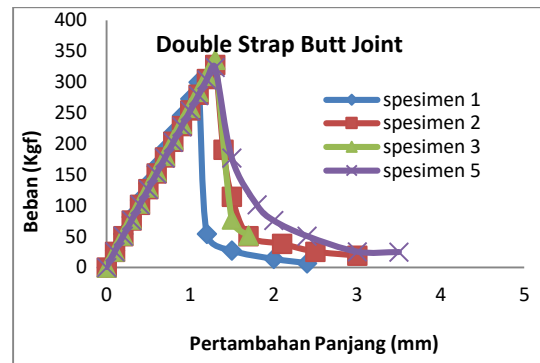
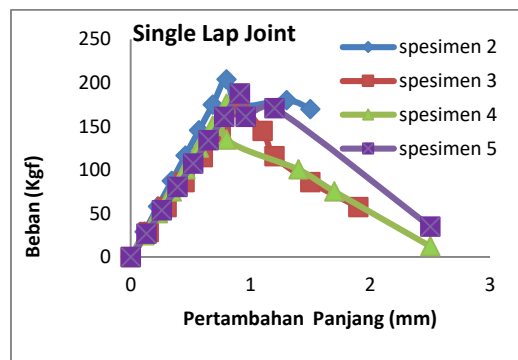
Tabel 5. Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas Tarik

Jenis Sambungan	Kode Spesimen	Tegangan (mm)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (Gpa)	Modulus Elastisitas Rata-Rata (Gpa)
Single Lap Joint	A <sub>1</sub>	5.63	0.33	17	18.54
	A <sub>2</sub>	7.36	0.29	25.4	
	A <sub>3</sub>	6.20	0.42	15	
	A <sub>4</sub>	6.35	0.37	17	
	A <sub>5</sub>	6.78	0.37	18.3	
Double Strap Butt Joint	B <sub>1</sub>	7.21	0.44	16.4	17
	B <sub>2</sub>	7.89	0.48	16.4	
	B <sub>3</sub>	8.08	0.48	18	
	B <sub>4</sub>	6.92	0.39	18	
	B <sub>5</sub>	7.79	0.48	16.2	

Dari tabel hasil perhitungan uji tarik sambungan *hybrid* komposit serat buah lontar di atas menunjukkan bahwa jenis sambungan mempengaruhi nilai tegangan, dimana nilai tegangan-regangan dan modulus elastisitas tertinggi dari material komposit serat buah lontar untuk sambungan *hybrid* diperoleh pada sambungan dengan tipe *single lap joint*.

**PEMBAHASAN**

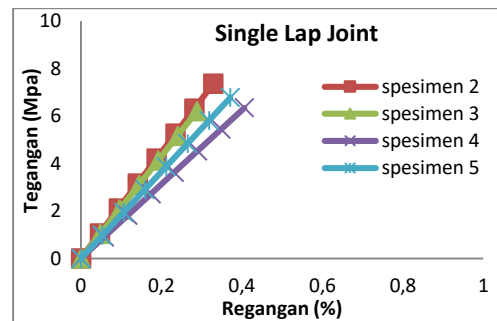
Berdasarkan tabel data mentah dari pengujian tarik di atas diperoleh kekuatan tarik seperti pada gambar di bawah ini. Kekuatan tarik sambungan *Hybrid* komposit serat buah lontar pada Gambar 4 ditampilkan dalam bentuk grafik perubahan bentuk berikut ini:

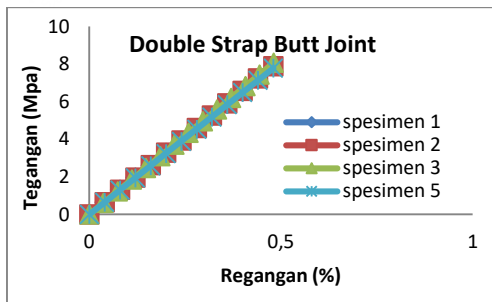


Gambar 4. Perubahan Bentuk Akibat Beban Tarik

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa pertambahan panjang yang terjadi akibat pembebanan yang diberikan pada spesimen. Dimana pertambahan panjang terbesar terjadi pada spesimen dengan tipe sambungan *double strap joint* (B<sub>3</sub>) sebesar 130 mm dengan beban yang diberikan sebesar 336 N. Dari data mentah di atas kemudian dianalisis lebih lanjut agar dapat mengetahui pengaruh kekuatan tarik terhadap sambungan *hybrid*.

Sifat kekuatan tarik hubungan antara tegangan-regangan tarik sebagai parameter kekuatan mekanis dari sambungan *hybrid* komposit serat buah lontar dapat dilihat pada gambar 5 berikut. Dari data hasil pengujian, tipe kurva tegangan-regangan spesimen serat buah lontar untuk sambungan *hybrid* Komposit serat buah lontar, dapat dilihat pada gambar berikut ini





Gambar 5 Hubungan Antara Tegangan Dan Regangan Tarik

Dari gambar 5 di atas, dapat dilihat bahwa sambungan *Hybrid* komposit serat buah lontar memiliki sifat sebagai material getas, hal ini dapat dilihat dari bentuk kurva tegangan-regangan yang tidak memiliki daerah yang terbentuk dari *yield* / luluh dan daerah plastis. Hubungan tegangan-regangan menunjukkan garis lurus sebagai daerah elastis yang merupakan ciri khas material getas. Dimana tidak terjadinya deformasi plastis atau perubahan bentuk. Jika dibandingkan dari presentasi nilai tegangan-regangan pada pengujian terdahulu yang dilakukan oleh Jhon [4] dimana nilai tegangan tertinggi sebesar 8.90 Mpa dengan regangan sebesar 0.44 % untuk tipe sambungan *single lap joint* dan nilai tegangan terbesar 6.02 Mpa dengan nilai regangan sebesar 0.36% untuk tipe sambungan *butt joint*, sedangkan sambungan *hybrid* komposit serat buah lontar memiliki nilai tegangan-regangan yang lebih kecil, dilihat dari kurva tegangan-regangan pada gambar 5 nilai tegangan-regangan tertinggi dari sambungan komposit tipe *Single lap joint* dimana nilai tegangan tertinggi diperoleh pada spesimen A2 dengan nilai tegangan sebesar 7.36 Mpa dan memiliki nilai regangan sebesar 0.29%. Pada material komposit *Double Strap Butt joint* dimana nilai tegangan tertinggi diperoleh pada spesimen B3 dengan nilai tegangan sebesar 8,08 Mpa dan memiliki nilai regangan sebesar 0.48%. Dari perbandingan diatas menunjukan bahwa sambungan *hybrid* komposit serat buah lontar memiliki sifat yang sangat getas.

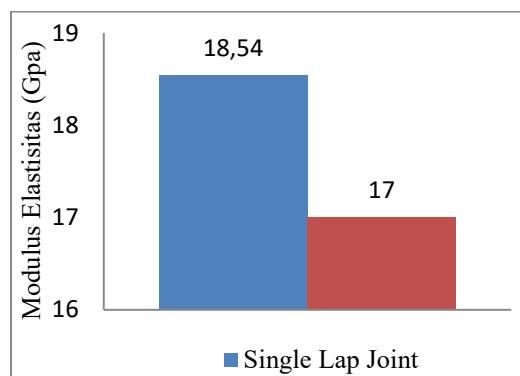


Gambar 6. Bentuk Kerusakan Spesimen Akibat Pembebanan Tarik

Dari kondisi di atas dapat diasumsikan bahwa spesifikasi hasil akhir dari kerusakan spesimen yang memiliki pola empat lubang terjadi propagasi regangan yang lebih kecil yang disebabkan banyaknya daerah tegangan tarik yang lebih rendah. Gambar 6 di atas menunjukkan kegagalan akhir dari kerusakan material komposit serat lontar dengan pembebanan tegak lurus pada sumbu. Kehadiran lubang meningkatkan konsentrasi tegangan tertinggi yang menyebabkan degradasi kekuatan dan memicu kerusakan. Selama pengujian ditemukan bahwa kerusakan dimulai dalam bentuk retak yang timbul karena matriks retak di sekitar lubang dan disebarkan sepanjang luasannya. Daerah kerusakan disebarkan oleh *debonding* serat dan matriks pada penghubung yang terletak di sekitar lubang. Ketika titik kritis tercapai, daerah kerusakan mencapai ujung sisi lebar spesimen dan spesimen pada akhirnya gagal

terutama karena kerusakan serat. Artinya, pada tahap akhir kegagalan spesimen, serat tidak mampu lagi menahan peningkatan beban dan kerusakan yang diberikan telah tersebar secara tuntas.

Berdasarkan parameter lain dari sifat kekuatan tarik modulus elastisitas, hasil pengujian menunjukkan hasil perhitungan modulus tarik komposit diperoleh dengan metode diagram, dimana nilai elastisitas merupakan gradien garis (m) yang diperoleh dari persamaan garis hubungan antara tegangan dan regangan yang dapat dilihat pada gambar 7 berikut ini:



Gambar 7 Besar Modulus Elastisitas Dari Kekuatan Tarik

Modulus elastisitas menunjukkan kekakuan (stiffness) atau ketahanan terhadap deformasi elastis, semakin besar modulus elastisitas maka spesimen komposit akan semakin kaku. Pada gambar di atas menunjukkan bahwa modulus elastisitas tertinggi yang dimiliki oleh sambungan hybrid komposit serat buah lontar tipe single lap joint sebesar 18.54 GPa, sedangkan modulus elastisitas terendah dimiliki oleh tipe sambungan double strap butt joint sebesar 17 GPa. Jika dibandingkan dengan hasil pengujian terdahulu [4] sambungan hybrid komposit memiliki modulus elastisitas sangat besar yang mana menunjukkan bahwa sambungan hybrid memiliki sifat yang sangat getas.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian tarik pada material komposit serat lontar dengan konfigurasi tipe sambungan yang berbeda dengan pembebanan statis, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Tegangan tarik tertinggi terdapat pada tipe sambungan double strap butt joint sebesar 8.08 Mpa, sedangkan nilai tegangan terendah terdapat pada tipe sambungan single lap joint sebesar 5.63 Mpa.
- Nilai regangan tertinggi adalah tipe sambungan double strap butt joint sebesar 0.48% dan nilai regangan terendah terdapat pada tipe sambungan single lap joint sebesar 0.29%. Selanjutnya untuk nilai modulus elastisitas, sambungan single lap joint memiliki modulus elastisitas tertinggi sebesar 25.4 Gpa, Sedangkan Modulus elastisitas terendah adalah tipe sambungan Single lap joint sebesar 15 Gpa.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Charles Bin Anderias (2017), Analisis Kekuatan Bending *Prototype Mechanical Joint Composite* Serat Buah Lontar.
- [2]. Kristomus Boimau, Pengaruh Perendaman Terhadap Sifat Mekanik Komposit Polyester Berpenguat Serat Buah Lontar.
- [3]. Marsianus M.F. Hanmina (2016). Analisa Kuat Tekan Balok Komposit Serat Buah Lontar.
- [4]. Jhon Purnomo S. Sairo (2018), Kekuatan Tarik *Prototype* Sambungan Keling 4 Lubang Komposit Serat Buah Lontar.
- [5]. Bayu Sugiarto, (2016). Analisa Pengaruh Sambungan Mekanik Tipe *Double Lap* Terhadap Kekuatan Tarik Pada Komposit *Polyester* Serat Batang Pisang, Pengertian Serat Alam, Sejarah dan Jenisnya, google.
- [6]. Gibson, R. F., 1984, "Principle of Composite Material Mechanics", McGraw-Hill Book Co., Singapore.



- [7]. K. Van Rijswijk, M.Sc, et.al., 2001. Natural Fibre Composites Structures and Materials. Laboratory Faculty of Aerospace Engineering Delft University of Technology. Holland.
- [8]. Smallman, R. 2000. Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material (Edisi keenam ed.). (S. Djaprie, Penerj.) Jakarta: Erlangga.
- [9]. Van Vlack, 2005, Ilmu dan Teknologi Bahan, Erlangga Jakarta.
- [10]. Diharjo K. & Triyono T. 2000. Material Teknik, Buku Pegangan Kuliah, UNS Press, Surakarta.
- [11]. Jones, M. R., 1975, Mechanics of Composite Material, McGraw Hill Kogakusha, Ltd.
- [12]. Vlack, L. H. 2004. Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material. (S. Djaprie, Penerj.) Jakarta: Erlangga.
- [13]. Vlack, L. H. 1985. Ilmu dan Teknologi Bahan. Jakarta: Erlangga.
- [14]. [:http://www.scribd.com/doc/123780774/Elemen-Mesin-modul-1](http://www.scribd.com/doc/123780774/Elemen-Mesin-modul-1).
- [15]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Adhesive>.
- [16]. Miller, Robert S.1980. *Adhesives and Glues: how to choose and use them*. Columbus. Jakarta: Erlangga (dikutip dari e-book UNY).
- [17]. [:http://www.gorillaglu.com/ditulis kembali dixpertwannabe.blogspot.com](http://www.gorillaglu.com/ditulis_kembali_dixpertwannabe.blogspot.com).
- [18]. Dieter George E. Metalurgi Mekanik 1. Jakarta: Penerbit Erlangga,
- [19]. Widyastuti. 2009. Rekayasa Proses Laminasi Komposit Laminat Hibrid Al/Sic-Al/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Dalam Fasa Padat. Disertasi., Universitas Indonesia, Jakarta.
- [20]. Hallet S.R, Green. B.G, Jiang W.G, Wisnom. M.R., 2009, An Experimental and Numerical into the Damage Mechanisms in Notched Composites, Composites : Part A 40. pp.613-624.
- [21]. Widodo, Basuki. 2008. Analisa Sifat Mekanik Komposit Epoksi Dengan Penguat Serat Pohon Aren (Ijuk) Model Lamina Berorientasi Sudut Acak (*Random*). Jurusan Teknik Mesin ITN Malang : Malang.
- [22]. “[https://ramatawa.wordpress.com/2008/11/23/komposit-part-definisi\\_klasifikasi\\_aplikasi/](https://ramatawa.wordpress.com/2008/11/23/komposit-part-definisi_klasifikasi_aplikasi/)”.
- [23]. Smith L.J Hart, 1986. Bonded Joint for Fibrous Composite Structures, Imperial Colellege, London.
- [24]. Prayoga, Riski. 2012. Uji Bending. Available at: [http:// reskioga.blogspot.com /2012/10/pengujian-lengkung-bend-test.html](http://reskioga.blogspot.com/2012/10/pengujian-lengkung-bend-test.html).
- [25]. Askeland., D. R., 1985, “The Science and Engineering of Material”, Alternate Edition, PWS Engineering, Boston, USA.
- [26]. Shigley, Mechanical Engineering Design
- [27]. R. Purwanto (2016), Elemen Mesin 1.
- [28]. Sugiyanto (2016), Pengaruh Jenis *Adhesive* Pada Sambungan Komposit Serat Nanas Terhadap Kekuatan Geser Dengan Matrik Polyester.
- [29]. Ahsanul Fikri Rosyidin (2015), Pengujian Kekuatan Sambungan Komposit Kuda-Kuda Bambu Dengan Perlakuan Sambungan Lem Epoxy-Resin Dalam Perencanaan Kuda-Kuda.
- [30]. Gibson, Ronald F. 1994, *Principles Of Composite Material Mechanics*. New York : Mc Graw Hill,Inc.
- [31]. Brown, H. P., A.J. Panshin And C.C. Forsaith. 1952. Text Book Of Wood Technology, Volume II. Mc Graw Hill Company, Inc. New York.