

## **Analisis Kekuatan Tarik Pada Jenis Sambungan Hybrid Tipe Lap Joint Komposit Serat Widuri**

Esau Hule<sup>1</sup>, Yeremias M. Pell<sup>2</sup>, Erich U.K Maliwemu<sup>3\*</sup>

<sup>1-3</sup>) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana  
Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp. (0380)881597

\*Corresponding author: esauhule2016@gmail.com

### **ABSTRAK**

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kekuatan sambungan hybrid tipe lap joint komposit serat widuri akibat pembebanan tarik. Jenis sambungan hybrid yang digunakan yaitu sambungan baut dan adhesif. Komposit serat widuri mempunyai fraksi volume 30 % dan panjang serat adalah 5 mm. Untuk menghasilkan sambungan baut maka komposit dilubangi dengan cara dibor. Selanjutnya disambung dengan perekat menjadi sambungan hybrid. Ukuran spesimen mengikuti standar ASTM D5961. Selain jenis sambungan hybrid diatas, juga divariasikan jarak lubang dalam sambungan ini. Dari hasil pengujian tarik diperoleh pada jarak lubang 16 mm memiliki tegangan 5,9 MPa, regangan 0,088 % dan modulus elastisitas 7,959 GPa. Pada komposit dengan jarak lubang 36 mm memiliki tegangan 7,2 MPa, regangan 0,126 % dan modulus elastisitas 6,068 GPa. Pada komposit dengan jarak lubang 56 mm memiliki tegangan 5,6 MPa, regangan 0,064 %, dan modulus elastisitas 10,136 GPa. Spesimen mengalami patah getas, yang ditandai dengan bentuk patahan yang cenderung tegak lurus dengan arah tegangannya yang disebut tension failure..

### **ABSTRACT**

*This research was conducted to analyze the strength of this hybrid lap joint type of thistle fiber composite due to tensile loading. The hybrid connection types used are bolted and adhesive connections. Thistle fiber composite has a volume fraction of 30 % and fiber length is 5 mm. To produce a bolted connection, the composite is perforated by drilling. Then it is connected with adhesive to become a hybrid connection. Specimen sizes follow ASTM D5961 standards. In addition to the type of hybrid connection above, the distance of the holes in this connection also varies. From the tensile test results obtained at a hole spacing of 16 mm has a stress of 5.9 MPa, a strain of 0.088 % and a modulus of elasticity of 7.959 GPa. The composite with a hole spacing of 36 mm has a stress of 7.2 MPa, a strain of 0.126 % and a modulus of elasticity of 6.068 GPa. The composite with a hole spacing of 56 mm has a stress of 5.6 MPa, a strain of 0.064 %, and a modulus of elasticity of 10.136 GPa. Specimens experience brittle fracture, which is characterized by the shape of the fracture which tends to be perpendicular to the direction of the stress, which is called tension failure.*

**Keywords:** *Widuri, Composite, Hole Spacing, Hybrid Connection, Tensile Strength*

### **PENDAHULUAN**

Komposit merupakan penggabungan dua macam bahan yang mempunyai sifat yang berbeda menjadi satu material baru dengan sifat yang berbeda pula dari material pembentuknya. Komposit terdiri dari 2 bagian utama yaitu komposit matriks dan filler. Komposit dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu komposit polimer, komposit logam, dan komposit keramik, komposit ini diklasifikasikan berdasarkan matriksnya. Adapun kegunaan bahan komposit dalam kehidupan sehari-hari tampak dalam berbagai

aplikasi antara lain auto mobile untuk komponen mesin, komponen kereta. Dalam olahraga dan rekreasi untuk sepeda, stik golf, raket tenis, dan sepatu olahraga, dalam industri pertahanan untuk komponen jet tempur, dan komponen kapal selam, dalam industri pembinaan untuk jembatan, terowongan, dan rumah, dalam kesehatan untuk kaki palsu, dan sambungan sendi pada punggung. Dan diharapkan dalam penelitian ini komposit yang berasal dari serat widuri ini dapat menjadi alternatif material komposit yang lainnya.

Salah satu jenis komposit yang dikembangkan yaitu komposit serat, yang terdiri dari komposit serat sintesis dan komposit serat alam. Sebagian serat alam yang juga sudah diteliti dan berpotensi baik untuk material komposit antara lain serat rami, jute, sabaca, sisal, waru, lontar, ijuk, kelapa, widuri dan lain-lain (Mengga et al., 2015).

Alasan utama dalam memilih serat alam sebagai penguat komposit menurut para peneliti antara lain: (1) serat alam sangat ramah lingkungan, mempunyai sifat mekanik yang baik (bisa bersaing dengan serat sintesis), relatif murah. Liu & Dai (2007); (2) berat jenis serat alam lebih kecil dalam kisaran 1,25 – 1,5gr/cm<sup>3</sup> di banding dengan Eglass (2,54gr/cm<sup>3</sup>) dan serat Carbon (1,8 – 2,1 gr/cm<sup>3</sup>). Mallik(2007); (3) selalu tersedia dialam (Belieu et al., 2016).

Dalam penelitian komposit berbasis serat alam, salah satu yang akan lagi diteliti yaitu serat widuri. Tanaman Widuri (*Calotropis gigantea*) merupakan salah satu jenis tumbuhan yang banyak tumbuh di daerah dengan curah hujan yang minim. Tumbuhan jenis ini banyak tumbuh diwilayah Nusa Tenggara Timur karena didukung oleh kondisi alam dan iklimnya (Mengga et al., 2015).

Dari penelusuran literatur diketahui bahwa metode penyambungan sering diterapkan pada komposit serat. Dalam hal ini penggunaan sambungan pada komposit harus memenuhi kriteria keamanannya. Salah satu metode penyambungan pada komposit adalah penyambungan 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. Selain sambungan tetap ini, ada juga sambungan tidak tetap atau sementara yang bisa juga diterapkan dalam komposit yaitu sambungan baut (Boimau et al., 2019).

Sambungan baut merupakan jenis sambungan tidak tetap yang menggunakan baut sebagai pengaitnya. Sambungan ini memerlukan lubang sebagai tempat dudukan baut. 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) (Diharjo, 2006).

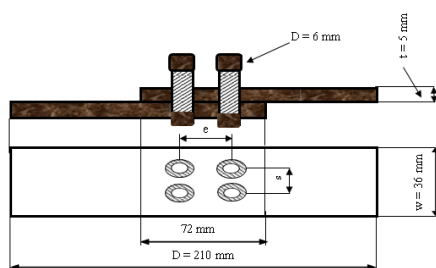
*Lap joint* adalah salah satu jenis sambungan suatu material dimana dua bahan yang berbeda atau dua bagian dari bahan yang sama digabungkan dengan cara menumpuk satu diatas yang lain sehingga menjadi sambungan yang kuat. Sambungan ini biasanya dibuat dengan menggunakan paku, baut, lem atau sejenis perekat lainnya untuk memperkuat sambungan. *Lap joint* dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam pembuatan meja, kursi, jendela, pintu, dan banyak lagi (Azwinur, Syukran, 2018).

Sambungan *hybrid* merupakan penggabungan dua atau lebih jenis sambungan agar menghasilkan sambungan yang kuat. Pada material komposit, jenis sambungan yang dapat digunakan adalah sambungan baut dan sambungan lem (*Adhesive*) (Boimau et al., 2019).

## METODE PENELITIAN

### Spesimen Uji

Pengujian tarik ini dilakukan untuk mengetahui besarnya kekuatan tarik dari bahan komposit. Spesimen pengujian kekuatan tarik matrik dan komposit memakai standar ASTM D 5961. Model spesimen pengujian terlihat pada Gambar dibawah ini (Boimau et al., 2019).



Gambar 1. Specimen uji Tarik

### Variabel Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Variabel-variabel yang akan diteliti pada penelitian ini dibedakan menjadi variabel bebas (*independent variabel*) dan variabel terikat (*dependent variabel*). Variabel bebas dari penelitian ini adalah jarak lubang dengan ukuran yaitu 16 mm, 36 mm, 56 mm, diukur dari sudut lubang lingkaran sedangkan variabel terikat dari penelitian ini adalah kekuatan tariknya dan fraksi volume 30% (ASTM D5961/D5961M-13, 2013).

### Pemisahan Serat

Proses pemisahan serat dilakukan secara manual dengan cara sebagai berikut:

- Siapkan batang widuri yang masih muda dan dibiarkan selama sehari.
- Batang pohon widuri yang diambil seratnya dengan memisahkan daging dengan kulitnya menggunakan pisau.
- Seratnya dicuci dan dikeringkan secara alami pada temperatur ruangan.
- Serat direndam dalam larutan alkali (NaOH) selama 1 jam dengan konsentrasi alkali 5%.
- Serat dicuci lagi hingga bersih dan dikeringkan lagi secara alami pada temperatur ruangan dan lembaran serat yang sudah diberi perlakuan itu siap untuk proses pencetakan spesimen.

### Proses Pencetakan Spesimen

- Siapkan alat dan bahan yang digunakan terlebih dahulu
- Serat dipotong menjadi 5 mm.

- Serat ditimbang menggunakan timbangan digital, sesuai dengan perbandingan fraksi volume serat dan resin yaitu 30%.
- Campuran resin polyester dan katalis sesuai perhitungan yang telah dihitung dengan gelas ukur dan diaduk hingga merata.
- Siapkan alat cetak yang sudah dioles wax mirroglass agar memudahkan pengambilan benda uji dari cetakan.
- Tuangkan campuran resin ke dalam mangkok dan diaduk dengan serat sampai merata lalu dipindahkan ke dalam cetakan kemudian dilakukan pengempresan dengan menggunakan alat press.
- Spesimen dibiarkan mengering selama sehari hingga kering, setelah itu komposit dikeluarkan dari cetakan untuk dibentuk menjadi benda uji.

### Prosedur Pembuatan Spesimen Uji

- Siapkan plat komposit yang sudah dicetak.
- Spesimen dipotong sesuai dengan ukuran standar pengujian tarik.
- Spesimen dibor sebanyak 4 lubang sesuai dengan ukuran standar pengujian tarik.
- Kemudian spesimen yang sudah dibor disambungkan dengan metode single lap dan dilem setelah itu diberi baut pada lubang yang dibor.
- Spesimen siap diuji.

### Prosedur Pengujian Tarik

- Ukur penampang spesimen yang belum diuji.
- Siapkan mesin uji tarik yang digunakan.
- Masukkan dan setting spesimen uji.
- Pasang spesimen tarik dan pastikan terjepit dengan benar.
- Jalankan mesin uji tarik dan catat pertambahan panjang serta pembebanan yang diberikan oleh mesin. Setelah putus, hentikan proses penarikan secepatnya.

### Metode Analisis Data

Data hasil pengujian diambil berdasarkan spesimen yang mengalami kerusakan secara menyeluruh pada pengujian tarik spesimen

yang mengalami defleksi reaksi. Data yang diperoleh adalah:

- Nilai perubahan beban dan pertambahan panjang hasil pengujian tarik.
  - Kerusakan spesimen.
- Analisis yang diharapkan dari pengujian tarik adalah:
- Kurva tegangan (*stress*) dan tegangan (*strain*). Tegangan merupakan perbandingan antara gaya (F) tarik atau tekan yang bekerja terhadap luas penampang (A) benda dan regangan (*strain*) adalah perbandingan antara pertambahan panjang ( $\Delta L$ ) terhadap panjang awal (L).
  - Nilai UTS (ultimate tensile straight)
  - Nilai modulus elastisitas merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan pada spesimen uji.
  - Karakteristik kerusakan (lokasi dan tipe kerusan)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Tarik

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

Tabel 1 Data Hasil Pengujian Tarik

Tipe	Kode	Tebal (mm)	Lebar (mm)	A <sub>0</sub> (mm <sup>2</sup> )	L <sub>0</sub> (mm)	L <sub>1</sub> (mm)	$\Delta L$ (mm)	F (N)
Jarak Lubang (16 mm)	A1	10	36	360	210	210,1	0,1	1980
	A2	10	36	360	210	210,1	0,1	2000
	A3	10	36	360	210	210,2	0,2	2100
	A4	10	36	360	210	210,25	0,25	2220
	A5	10	36	360	210	210,25	0,25	2260
Jarak Lubang (36 mm)	B1	10	36	360	210	210,2	0,2	2500
	B2	10	36	360	210	210,2	0,2	2500
	B3	10	36	360	210	210,25	0,25	2560
	B4	10	36	360	210	210,3	0,3	2580
	B5	10	36	360	210	210,35	0,35	2860
Jarak Lubang (56 mm)	C1	10	36	360	210	210,1	0,1	1880
	C2	10	36	360	210	210,1	0,1	1940
	C3	10	36	360	210	210,1	0,1	1960
	C4	10	36	360	210	210,1	0,1	1980
	C5	10	36	360	210	210,25	0,25	2320

Dari pengujian yang dilakukan terhadap spesimen uji tarik, diperoleh data beban pengujian untuk setiap komposit polyester berpenguat serat kulit batang widuri. Pada tabel terlihat bahwa spesimen uji komposit dengan masing-masing tipe spesimen yaitu 15 spesimen dengan sambungan hibrid tipe jarak lubang 16 mm beban tertinggi ada pada spesimen A5 sebesar 2260 N, sedangkan untuk sambungan hibrid tipe jarak lubang 36 mm beban tertinggi ada pada spesimen B5 sebesar 2860 N, Sedangkan untuk sambungan hibrid tipe jarak lubang 56 mm beban tertinggi ada pada spesimen C5 sebesar 2320 N.

### Pengolahan Data

#### Perhitungan Tegangan Tarik

Untuk melakukan perhitungan tegangan Tarik diterapkan rumus

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

$$\varepsilon = \frac{0,1 \text{ mm}}{210 \text{ mm}} \times 100\%$$

$$= 0,05 \%$$

Setelah diperoleh besar tegangan tarik untuk masing-masing spesimen, kemudian dicari besar tegangan tarik rata-rata dengan rumus

$$\varepsilon_{rata-rata} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4 + \varepsilon_5}{5} \%$$

$$= \frac{0,05 + 0,05 + 0,10 + 0,12 + 0,12}{5} \%$$

$$= \frac{0,44}{5} = 0,088 \%$$

Hasil perhitungan tegangan tarik dapat dilihat dalam tabel berikut

Tabel 2 Hasil Perhitungan Tegangan Tarik

Tipe	Kode	Beban (N)	A <sub>0</sub> (mm <sup>2</sup> )	Tegangan( $\sigma$ ) (MPa)	$\sigma$ Rata-Rata (MPa)
Jarak Lubang (16 mm)	A1	1980	360	5,5	5,9
	A2	2000	360	5,6	
	A3	2100	360	5,8	
	A4	2220	360	6,2	
	A5	2260	360	6,3	
Jarak Lubang (36 mm)	B1	2500	360	6,9	7,2
	B2	2500	360	6,9	
	B3	2560	360	7,1	
	B4	2580	360	7,2	
	B5	2860	360	7,9	
Jarak Lubang (56 mm)	C1	1880	360	5,2	5,6
	C2	1940	360	5,4	
	C3	1960	360	5,4	
	C4	1980	360	5,5	
	C5	2320	360	6,4	

**Perhitungan Regangan Tarik**

Untuk melakukan perhitungan regangan tarik digunakan rumus

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{2000 \text{ N}}{360 \text{ mm}^2} = 5,6 \text{ MPa}$$

Setelah diperoleh besar tegangan tarik untuk masing- masing spesimen, kemudian dicari besar regangan tarik rata-rata dengan rumus

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{rata-rata}} &= \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5}{5} \\ &= \frac{5,5 \text{ Mpa} + 5,6 \text{ Mpa} + 5,8 \text{ Mpa} + 6,2 \text{ Mpa} + 6,3 \text{ Mpa}}{5} \\ &= \frac{29,4}{5} = 5,9 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan regangan tarik dapat dilihat dalam tabel berikut

**Tabel 3 Hasil Perhitungan Regangan Tarik**

Tipe	Kode	ΔL (mm)	L <sub>0</sub> (mm)	Regangan(ε) (%)	eRata-Rata (%)
Jarak Lubang (16 mm)	A1	0,1	210	0,05	0,088
	A2	0,1	210	0,05	
	A3	0,2	210	0,10	
	A4	0,25	210	0,12	
	A5	0,25	210	0,12	
Jarak Lubang (36 mm)	B1	0,2	210	0,10	0,126
	B2	0,2	210	0,10	
	B3	0,25	210	0,12	
	B4	0,3	210	0,14	
	B5	0,35	210	0,17	
Jarak Lubang (56 mm)	C1	0,1	210	0,05	0,064
	C2	0,1	210	0,05	
	C3	0,1	210	0,05	
	C4	0,1	210	0,05	
	C5	0,25	210	0,12	

**Perhitungan Modulus Elastisitas**

Untuk melakukan perhitungan Modulus Elastisitas diterapkan rumus

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{5,6 \text{ MPa}}{0,05 \%} = 11,66667 \text{ GPa}$$

Setelah diperoleh Modulus Elastisitas untuk masing- masing spesimen, kemudian dicari besar Modulus Elastisitas rata-rata dengan rumus

$$\begin{aligned} E_{\text{rata-rata}} &= \frac{E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5}{5} \\ &= \frac{11,55000 + 11,66667 + 6,12500 + 5,18000 + 5,27333}{5} \\ &= \frac{39,795}{5} = 7,959 \text{ GPa} \end{aligned}$$

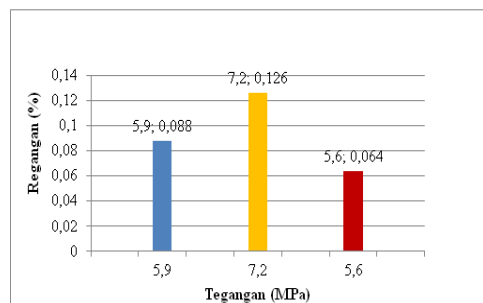
Hasil perhitungan Modulus Elastisitas dan Modulus Elastisitas rata-rata pada tabel berikut

**Tabel 3 Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas**

Tipe	Kode	Tegangan (MPa)	Regangan (%)	Elastisitas(E) (GPa)	E Rata-Rata (GPa)
Jarak Lubang (16 mm)	A1	5,5	0,05	11,55000	7,959
	A2	5,6	0,05	11,66667	
	A3	5,8	0,10	6,12500	
	A4	6,2	0,12	5,18000	
	A5	6,3	0,12	5,27333	
Jarak Lubang (36 mm)	B1	6,9	0,10	7,29167	6,068
	B2	6,9	0,10	7,29167	
	B3	7,1	0,12	5,97333	
	B4	7,2	0,14	5,01667	
	B5	7,9	0,17	4,76667	
Jarak Lubang (56 mm)	C1	5,2	0,05	10,96667	10,136
	C2	5,4	0,05	11,31667	
	C3	5,4	0,05	11,43333	
	C4	5,5	0,05	11,55000	
	C5	6,4	0,12	5,41333	

**PEMBAHASAN**

Berdasarkan tabel hasil pengujian diatas didapatkan regangan rata-rata dari komposit material yang digunakan, ditampilkan seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2. Grafik hubungan tegangan rata-rata dan regangan rata-rata

Pada perbandingan tegangan dan regangan dari sambungan hibrid dengan jarak lubang 16mm, 36mm, dan 56mm, terlihat adanya pola

yang menarik dalam hubungan antara tegangan dan regangan dalam bahan yang dites. Dari data mentah diatas kemudian dianalisis lebih lanjut agar dapat mengetahui pengaruh kekuatan tarik terhadap sambungan hibrid. Sifat kekuatan tarik hubungan antara tegangan-regangan tarik sebagai parameter kekuatan mekanis dari sambungan hibrid komposit serat widuri.

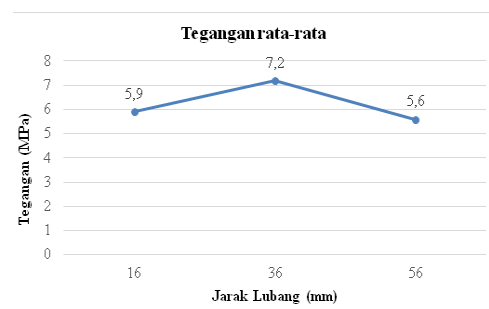
Pertama, untuk sambungan hibrid dengan jarak lubang 36mm dengan tegangan 7,2 MPa dan regangan 0,126 % tegangan yang diberikan relatif lebih tinggi (7,2 MPa) dibandingkan dengan regangan (0,126 %). Hal ini menunjukkan bahwa komposit yang diuji pada sambungan hibrid dengan jarak lubang 36 mm memiliki kecenderungan untuk menjadi lebih kaku dan sulit mengalami deformasi. Dalam kondisi ini, tegangan yang diberikan sangat berpengaruh dalam meningkatkan regangan, sehingga bahan mengalami perubahan bentuk yang signifikan.

Kedua, pada sambungan hibrid dengan jarak lubang 16 mm dengan tegangan 5,9 MPa dan regangan 0,088 %, tegangan yang diberikan sedikit lebih rendah (5,9 MPa) dibandingkan dengan sambungan hibrid pada jarak lubang 36 mm. Namun, regangan yang terjadi juga lebih rendah (0,088 %) dibandingkan dengan sambungan hibrid pada jarak lubang 36 mm. Hal ini menunjukkan bahwa bahan yang diuji pada sambungan hibrid dengan jarak lubang 16 mm memiliki karakteristik yang lebih elastis dan mampu mengembalikan bentuk aslinya setelah tegangan diberikan.

Ketiga, pada sambungan hibrid dengan jarak lubang 56 mm dengan tegangan 5,6 MPa dan regangan 0,064 %, tegangan yang diberikan lebih rendah (5,6 MPa) dibandingkan dengan sambungan hibrid pada jarak lubang 36 mm dan 16 mm. Regangan yang terjadi juga lebih rendah (0,064 %) dibandingkan dengan sambungan hibrid kedua jarak lubang sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa komposit yang diuji pada sambungan hibrid dengan jarak lubang 56 mm memiliki karakteristik yang lebih lentur dan fleksibel, dengan kemampuan untuk mengalami

deformasi yang lebih sedikit ketika tegangan diberikan.

Berdasarkan perbandingan tersebut, bahwa semakin besar jarak lubang pada sambungan hibrid yang diuji semakin rendah tegangan dan regangan yang terjadi. Sambungan hibrid dengan jarak lubang yang lebih besar cenderung menghasilkan bahan yang lebih elastis dan lentur, dengan kemampuan mengembalikan bentuk aslinya setelah tegangan diberikan. Sedangkan, sambungan hibrid dengan jarak lubang yang lebih kecil cenderung menghasilkan bahan yang lebih kaku dan sulit mengalami deformasi.



Gambar 3. Hubungan jarak lubang terhadap tegangan

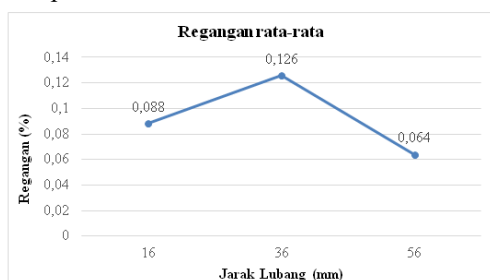
Pada sambungan hibrid dengan jarak lubang 16 mm, tegangan tarik rata-rata adalah 5,9 MPa. Ini berarti bahwa pada sambungan hibrid dengan jarak lubang 16 mm, komposit tersebut dapat menahan tegangan tarik rata-rata sebesar 5,9 MPa.

Pada sambungan hibrid jarak lubang 36 mm, tegangan tarik rata-rata adalah 7,2 MPa. Ini menunjukkan bahwa pada sambungan hibrid dengan jarak lubang 36 mm, komposit tersebut dapat menahan tegangan tarik rata-rata sebesar 7,2 MPa. Perlu diperhatikan bahwa nilai ini berbeda dari nilai pada sambungan hibrid dengan jarak lubang 16 mm, yang menunjukkan bahwa kekuatan komposit dapat berubah tergantung pada jarak lubang.

Pada sambungan hibrid dengan jarak lubang 56 mm, tegangan tarik rata-rata adalah 5,6 MPa. Nilai ini menunjukkan bahwa pada sambungan hibrid dengan jarak lubang 56

mm, komposit tersebut dapat menahan tegangan tarik rata-rata 5,6 MPa. Perlu diperhatikan bahwa nilai ini lebih rendah dari pada sambungan hibrid dengan jarak lubang 36 mm yang menunjukkan bahwa semakin jauh jarak lubang semakin kecil kekuatan komposit.

Dapat disimpulkan bahwa tegangan tarik rata-rata dari suatu komposit tergantung pada jarak lubang yang digunakan. Namun semakin jauh jarak lubang semakin rendah kekuatan komposit.



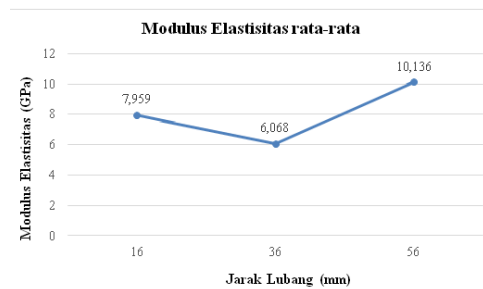
Gambar 4. Hubungan jarak lubang terhadap regangan

Pertama, pada sambungan hibrid dengan jarak lubang 16 mm dengan regangan tarik 0,088 % dapat disimpulkan bahwa komposit mengalami deformasi yang cukup signifikan saat diberi gaya tarik.

Kedua, pada sambungan hibrid dengan jarak lubang 36 mm dengan regangan tarik 0,126 %, regangan tarik yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan sambungan hibrid pada jarak lubang 16 mm. Hal ini menunjukkan bahwa komposit dapat menahan beban lebih besar, karena deformasi yang dihasilkan lebih besar. Namun, perlu diingat bahwa semakin besar beban yang diberikan semakin besar pula deformasi yang terjadi pada komposit.

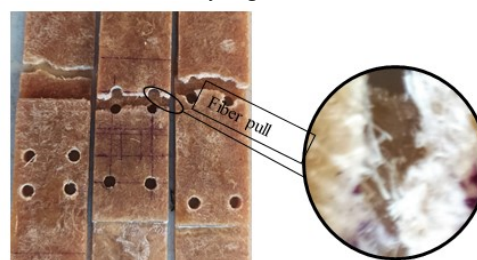
Ketiga, pada sambungan hibrid dengan jarak lubang 56 mm dengan regangan tarik 0,064 %, regangan tarik rata-rata yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan sambungan hibrid pada jarak lubang sebelumnya.

Dalam kesimpulannya, regangan tarik rata-rata dapat memberikan gambaran tentang kemampuan komposit untuk menahan beban tertentu.



Gambar 5. Hubungan jarak lubang terhadap modulus elastisitas

Modulus elastisitas menunjukkan kekakuan (stiffness) atau ketahanan terhadap deformasi elastis, semakin besar modulus elastisitas maka spesimen komposit akan semakin kaku. Pada grafik diatas menunjukkan bahwa modulus elastisitas tertinggi yang dimiliki oleh komposit dengan sambungan hibrid tipe jarak lubang 56 mm dengan modulus elastisitas rata-rata 10,136 GPa, sedangkan modulus elastisitas terendah dimiliki oleh komposit dengan sambungan hibrid tipe jarak lubang 36 mm sebesar 6,068 GPa. Hal ini disebabkan karena komposit dengan sambungan hibrid tipe jarak lubang 36 mm menghasilkan kekuatan tegangan yang besar dan tidak jauh berbeda dengan komposit sambungan hibrid tipe jarak lubang 16 mm sebesar 7,959 GPa, sehingga menghasilkan modulus elastisitas yang lebih baik.



Gambar 6. Penampang Patahan Spesimen Komposit Penguat Serat

Dimana semakin kecil regangan maka akan menghasilkan kemampuan yang lebih rendah sehingga spesimen semakin kaku untuk mempertahankan beban yang diberikan sehingga elastisitas spesimen semakin besar. Sebaliknya semakin besar regangan maka

spesimen semakin ulet sehingga elastisitas spesimen semakin kecil.

Dari Gambar di atas dapat dilakukan pengamatan terhadap spesimen yang terjadi menunjukkan bahwa patahan yang terjadi setelah pengujian secara umum pada komposit serat kulit batang widuri yang diteliti adalah patahan getas. Hal ini ditandai dengan bentuk patahan yang cenderung tegak lurus dengan arah tegangan yang diterima. Selain patahan getas, bentuk patahan yang terjadi pada spesimen uji adalah tipe kerusakan fiber pull-out. Jenis patahan ini adalah Tension Failure.

Patahan Tension Failure adalah jenis kegagalan atau kerusakan yang terjadi pada suatu material ketika terkena gaya tarik atau tegangan yang melebihi batas ketahanannya. Patahan ini umumnya terjadi pada material yang kuat terhadap tekanan, namun relatif lemah terhadap gaya tarik.

Ketika sebuah material diberi beban tarik yang melebihi batas ketahanannya, maka patahan Tension Failure dapat terjadi. Pada saat terjadi patahan ini, material akan retak dan akhirnya pecah. Patahan Tension Failure dapat terjadi secara tiba-tiba tanpa ada peringatan sebelumnya, karena material tidak menunjukkan tanda-tanda perubahan bentuk atau deformasi sebelum akhirnya pecah.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya patahan Tension Failure antara lain kualitas dan jenis material, bentuk dan ukuran benda, besarnya beban tarik, dan kondisi lingkungan dimana benda tersebut digunakan.

Ada patahan yang diluar sambungan itu terjadi karena pembebanan tarik yang sangat besar sehingga terjadi patahan diluar sambungan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Dengan menganalisis kekuatan sambungan hibrid tipe *lap joint* pada komposit serat widuri mencakup jenis serat, panjang serat, fraksi volume serat,

resin, orientasi serat, pengujian dan tipe sambungan dapat memberikan pemahaman lebih baik tentang karakteristik kekuatan tarik sambungan hibrid tipe *lap joint* pada komposit serat widuri dan memperluas aplikasi material komposit serat dalam industri. ada sambungan hibrid baut dan adhesif semakin jauh jarak lubang semakin rendah kekuatan komposit. Dari hasil pengujian tarik diketahui bahwa sambungan hibrid dengan jarak lubang 16 mm memiliki kekuatan tegangan tarik sebesar 5,9 Mpa, regangan tarik sebesar 0,088 % dan modulus elastisitas sebesar 7,959 Gpa. Pada sambungan hibrid dengan jarak lubang 36 mm memiliki tegangan tarik sebesar 7,2 Mpa, regangan tarik sebesar 0,126 % dan modulus elastisitas sebesar 6,068 Gpa.

- Pada sambungan hibrid dengan jarak lubang 56 mm memiliki tegangan tarik sebesar 5,6 Mpa, regangan tarik sebesar 0,064 %, dan modulus elastisitas sebesar 10,136 Gpa. Spesimen mengalami patahan getas. modulus elastisitas menunjukkan kekuatan atau ketahanan terhadap deformasi elastis, semakin besar modulus elastisitas maka spesimen komposit akan semakin kaku. Modulus elastisitas tertinggi terdapat pada komposit sambungan hibrid dengan jarak lubang 56 mm, sedangkan modulus elastisitas terendah terdapat pada komposit sambungan hibrid dengan jarak lubang 36 mm.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ASTM D5961/D5961M-13. (2013). Standard Test Method for Bearing Response of Polymer Matrix Composite Laminates. *American Society for Testing of Materials*, 1, 1–33. <https://doi.org/10.1520/D5961>
- [2]. Azwinur, Syukran, H. (2018). Kaji Sifat Mekanik Sambungan Las Butt Weld Dan. *Jurnal Sintek*, 12(1), 9–16.



- <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/sintek/article/view/2601>
- [3]. B. Maryanti, (2011). (2011). Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik. *Rekayasa Mesin*, 2(2), 123–129.
- [4]. Beliu, H. N., Pelle, Y. M., & Jarson, J. U. (2016). Analisa kekuatan tarik dan bending pada komposit widuri - polyester. *Lontar*, 03(02), 11–20.
- [5]. Boimau, K., Bale, J. S., Studi, P., & Mesin, T. (2019). Analisis Kekuatan Sambungan Hybrid Komposit Serat Buah Lontar yang Diberi Beban Tarik. 06(02), 1–9.
- [6]. Bonded, A., For, J., & Composite, F. (2003). *L. j. hart-smith*. 173–174.
- [7]. Cahyono, A. J. I. N. U. R., Teknik, J., Fakultas, M., & Surakarta, U. M. (2015). *Bolted Bonded Terhadap Kekuatan Tarik Pada*.
- [8]. Dantes, K. R., Pendidikan, J., Mesin, T., & Ganesha, U. P. (2017). Komposit Berpenguat Serat Alam Batang Kulit Waru (*Hibiscus Tiliaceust*) Dengan Matrik Polyester.
- [9]. Diharjo, K. (2006). Kajian Pengaruh Teknik Pembuatan Lubang Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Hibrid Serat Gelas Dan Serat Karung Plastik. *Teknoin*, 11(1), 55–64. <https://doi.org/10.20885/teknoin.voll1.i11.art4>
- [10]. Mahmuda, E., Savetlana, S., & Sugiyanto, -. (2013). Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 1, 79–84.
- [11]. Mengga, A. M., Pell, Y. M., & Jarson, J. U. (2015). Pengaruh Panjang Serat dan Fraksi Volume Terhadap Sifat Tarik Komposit Widuri Poliester. 02(02), 17–26. <http://ejournal-fst-unc.com/index.php/LJTMU>
- [12]. Sari, N. H., & Sinarep, S. (2011). Analisa Kekuatan Bending Komposit Epoxy Dengan Penguatan Serat Nilon. *Dinamika Teknik Mesin*, 1(1). <https://doi.org/10.29303/d.v1i1.130>
- [13]. Sugiarto, B. (2016). Analisa Pengaruh Sambungan Mekanik Tipe *Double Lap*.
- [14]. Sunardi, H., Zainuri, A., & Catur, A. D. (2013). Pengaruh Tahapan Proses Pelubangan dan Arah Serat Terhadap Kekuatan Tarik Material Komposit Polyester-Pandan Wangi. *Dinamika Teknik Mesin*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.29303/d.v3i1.82>
- [15]. Wang, B., Panigrahi, S., & Tabil, L. (2003). Application of Pretreated Flax Fibres in Composites. *CSAE/SCGR 2003 Meeting*, 03. <http://www.engr.usask.ca/societies/csae/PapersCSAE2003/CSAE03-357.pdf>
- [16]. Widodo, B. (2008). Analisa Sifat Mekanik Komposit Epoksi dengan Penguat Serat Pohon Aren (Ijuk) Model Lamina Berorientasi Sudut Acak (Random). *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 1(1), 1–5.
- [17]. Widodo, S., & Kristiantoro, T. (2014). Teknologi Micro Electro Mechanical Systems. *Prosiding Seminar Nasional ...*, 321–333. <http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/prosidingsnf/article/view/5541%0Ahttp://journal.unj.ac.id/unj/index.php/prosidingsnf/article/download/5541/4133>.