



# Analisis Kekuatan Tarik dan Lentur Komposit *Epoxy yang Diperkuat Serat Hybrid Sisal-Carbon Fiber*

( *Analysis of Tensile and Bending Strength Composites Hybrid  
Fiber Reinforced Epoxy Sisal-Carbon Fiber* )

Lies Banowati<sup>1\*</sup>, Ruslan Abdul Ghani<sup>2</sup>, Ridwan Rianto<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Teknik Penerbangan, Universitas Nurtanio Bandung

E-mail: [liesbano@gmail.com](mailto:liesbano@gmail.com)<sup>1</sup>, [ridwanrianto0007@gmail.com](mailto:ridwanrianto0007@gmail.com)<sup>2</sup>

**Abstract**— *Sisal fiber (Agave Sisalana) is a natural fiber that has good potential because it can be cultivated easily and inexpensively so that availability will be sustainable. At first, sisal fibre was used for rope only, then it is developed as raw material of paper and cars interior (dash board). Sisal fiber has low density, high strength and high modulus, currently sisal fibers has been developed as elements to produce composites. In this research, sisal fiber combined (hybrid) with carbon fiber, expected the mechanical properties will be better. The purpose of this study was to determine the tensile strength and flexural strength of composites reinforced with hybrid sisal- carbon fiber with variations in fiber orientation 0°, 0°/90°, and ±45°. sisal fibers was treated in 5% NaOH alkaline solution for 2 hours. The matrix used is epoxy resin. Composites are made by hand lay-up and vacuum bagging techniques. Tensile test specimens were made based on the standard ASTM D 3039/ D 3039M, and flexural test based on ASTM standards D 7264/ D 7264M. Based on the test results, the highest tensile strength value was found in the fiber orientation direction of 0° with an average tensile strength of 240.83 MPa, while the lowest tensile strength was in the fiber orientation direction of ±45° with an average tensile strength of 37.26 MPa. And the highest flexural strength results in the fiber orientation direction 0° with an average flexural strength of 111.98 MPa, while the lowest tensile strength in the fiber orientation direction is ±45° with an average flexural strength of 63.7 MPa*

**Keywords**— *Sisal Fiber (Agave Sisalana), Hybrid Sisal -Fiber Carbon Composite, Fiber Direction Orientation, Tensile Strength, Flexural Strength.*

**Abstrak**— *Serat sisal (Agave Sisalana) merupakan serat alam yang memiliki potensi baik karena dapat dibudidayakan dengan mudah dan murah sehingga ketersediaannya bisa berkelanjutan. Pada awalnya, penggunaan serat sisal terbatas hanya untuk tali-temali, kemudian berkembang sebagai bahan dasar pembuatan kertas dan interior mobil (dash board). Serat sisal memiliki densitas yang rendah, kekuatan dan modulus yang tinggi, sehingga belakangan ini serat sisal banyak dikembangkan sebagai penyusun komposit. dalam penelitian ini serat sisal digabungkan (hybrid) dengan serat carbon, diharapkan sifat mekaniknya menjadi lebih baik. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kekuatan tarik dan kekuatan lentur komposit berpenguat hybrid sisal - carbon fiber dengan variasi orientasi arah serat 0°, 0°/90°, dan ±45°. Serat sisal mengalami perlakuan dalam larutan alkali 5% NaOH selama 2 jam. Matriks yang digunakan adalah epoxy. Komposit dibuat dengan teknik hand lay-up dan vacuum bagging. Spesimen uji tarik dibuat berdasarkan ASTM D 3039/ D 3039M, dan uji lentur mengacu pada standar ASTM D 7264/ D 7264M. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai kekuatan tarik tertinggi pada arah orientasi serat 0° dengan rata-rata kekuatan tarik sebesar 240.83 MPa, sedangkan kekuatan tarik terendah pada arah orientasi serat ±45° dengan rata-rata kekuatan tarik sebesar 37.26 MPa. Dan hasil kekuatan lentur tertinggi pada arah orientasi serat 0° dengan rata-*

\*lies Banowati

E-mail: [liesbano@gmail.com](mailto:liesbano@gmail.com)

rata kekuatan lentur sebesar 111.98 MPa, sedangkan kekuatan tarik terendah pada arah orientasi serat  $\pm 45^\circ$  dengan rata-rata kekuatan tarik sebesar 63.7 MPa.

Kata Kunci— Serat Sisal (*Agave Sisalana*), Komposit Hybrid Sisal -Fiber Carbon, Orientasi Arah Serat, Kekuatan tarik, Kekuatan lentur

## I. PENDAHULUAN

Komposit adalah struktur material yang terbentuk dari gabungan dua atau lebih bahan yang bersifat makro dan tidak larut satu dengan yang lainnya. Satu unsur pembentuk disebut sebagai penguat dan satu unsur disebut pengikat. Bahan komposit biasa digunakan untuk mobil, kapal, pesawat terbang, barang olahraga dan sebagainya [1]

Material komposit dapat dibedakan berdasarkan jenis serat yang terdiri dari serat alam dan serat sintetis. Untuk memanfaatkan serat alami dan serat sintetis, kedua serat tersebut dapat digabungkan dalam matriks yang sama untuk menghasilkan komposit *hybrid* yang memanfaatkan sepenuhnya sifat-sifat terbaik. Hal ini dapat mengubah sifat mekanik komposit karena komposit *hybrid* menawarkan beberapa kelebihan dengan biaya yang rendah, modulus spesifik yang tinggi, kekuatan, ketahanan, korosi, dan termal yang baik dalam beberapa kasus [2].

Serat alam *agave sisalana* merupakan serat alam yang dipilih pada penelitian ini. *Agave sisalana* menjadi tanaman yang unggul, karena dapat tumbuh pada kondisi tanah yang ekstrim. Indonesia merupakan negara yang memiliki luas 50% dari tanaman *agave sisalana* dunia, dan 85% diantaranya berada di Papua [3]. Serat sisal juga banyak digunakan untuk pembuatan benang, tali, bahan pelapis, tikar, jala ikan, serta barang kerajinan seperti dompet, hiasan dinding dan table mat. Aplikasi terbaru serat sisal yaitu pada pembuatan panel atap yang kuat dan murah serta tahan api [4]. Dan serat sisal memiliki keunggulan kekuatan dari serat lain, serat sisal memiliki kekuatan tarik sebesar 511-635 MPa, densitas 1.5 gr/cm<sup>3</sup>, dan modulus elastisitas sebesar 9.4-22 GPa [5].

Adapun serat sintetis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *carbon fiber*. *Carbon fiber* merupakan material yang mempunyai spesifikasi modulus tinggi, seperti kekuatan tarik sebesar 4000 MPa, modulus elastisitas 230-240 Gpa dengan densitas sebesar 1.6 gr/cm<sup>3</sup> [6].

Pada penelitian kali ini penulis akan melakukan judul analisis komposit *epoxy* yang diperkuat dengan serat *hybrid* sisal - *fiber carbon* menggunakan metode *hand lay-up* dan *vaccum bagging*. sedangkan jenis pengujian yang dilakukan yaitu uji tarik dan uji lentur dengan menggunakan standard ASTM, dan uji densitas komposit.

## II. LANDASAN TEORI

Komposit didefinisikan suatu material yang terdiri dua atau lebih material penyusun yang berbeda. Komposit umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu bahan pengikat (matriks) dan serat sebagai penguat (*reinforcement*). Matriks adalah bagian dari komposit yang berfungsi sebagai pengikat yang satu dengan yang lain serta mendistribusikan beban dengan baik yang diterima oleh komposit ke penguat. Sedangkan penguat (*reinforcement*) adalah komponen yang dimasukkan ke dalam matriks yang berfungsi sebagai penerima atau penahan beban utama yang dialami oleh komposit dan memiliki sifat lebih kuat dari matriks serta sebagai tempat melekatnya matriks. Maka dalam pemilihan bahan serat digunakan bahan yang kuat, kaku dan getas, sedangkan untuk matriks menggunakan bahan yang lunak dan tahan dalam perlakuan kimia yang dipilih.

Jumlah kandungan serat dalam struktur komposit merupakan hal yang menjadi perhatian khusus pada komposit berpenguat serat. Besarnya kekuatan komposit diperoleh dengan

distribusi serat dan matrik yang merata pada proses pencampuran. Proses pencampuran yang dimaksud adalah fraksi volume. Jika fraksi volume material penguat lebih besar dari fraksi volume material pengikat, maka struktur komposit yang dihasilkan akan memiliki kekuatan dan kekakuan yang tinggi. Namun, akibat dari lebih rendahnya fraksi volume material pengikat juga menyebabkan lebih tingginya kemungkinan kegagalan seperti *delamination* dan *debonding* pada struktur komposit tersebut. Sebaliknya, jika fraksi volume material penguat lebih sedikit dari fraksi volume material pengikat, maka kekuatan ikatan struktur komposit yang dihasilkan akan besar, namun sebagai gantinya kekuatan dan kekakuan struktur komposit tersebut akan cenderung lemah [7].

Volume dari material komposit ( $V_c$ ) sama dengan penjumlahan volume serat ( $V_f$ ), volume matriks ( $V_m$ ) penyusunnya, dan ( $V_v$ ) volume *voids*. Maka dari itu, sebelumnya massa dari masing-masing volume dapat ditentukan dengan Persamaan (1) dan (2) [8].

$$V = \frac{m}{\rho}, \quad (1)$$

Keterangan :

$m$  = Massa serat ( $gr$ ),

$\rho$  = Densitas serat ( $gr/cm^3$ ).

$$V_c = V_f + V_m + V_v \quad (2)$$

Untuk menghitung volume *void* ( $V_v$ ) dengan cara Persamaan (3)[6]

$$V_v = V_c - (V_f + V_m) \quad (3)$$

Setelah semua volume material dari bagian-bagian komposit selanjutnya, menghitung fraksi volume *reinforcement* dan matriks. Dalam perhitungan fraksi volume, seperti Persamaan (4) ,(5) dan (6) [8].

Setelah volume fiber, volume matriks, dan volume *void* sudah dibagi dengan volume komposit, selanjutnya masing-masing volume di kali 100% untuk mengetahui Fraksi volume dari masing-masing material pada komposit.

Keterangan :

$V_v$  = Volume *void*( $cm^3$ ),

$V_f$  = Volume serat ( $cm^3$ ),

$V_m$  = Volume matriks( $cm^3$ ),

$V_c$  = Volume komposit ( $cm^3$ ),

$v_f$  = Fraksi volume serat (%),

$v_m$  = Fraksi volume matriks (%),

$v_v$  = Fraksi volume *void* (%).

Dalam proses pembuatan komposit terdapat beberapa metode manufaktur, pada penelitian ini metode manufaktur yang digunakan yaitu metode *hand lay-up* dan disempurnakan dengan metode *vacuum bagging*. Proses *vacuum bagging* dapat meminimalisir terjadinya *void* dan juga pengendalian yang lebih terhadap rasio resin/*fiber*.

### A. Uji Tarik

Uji tarik merupakan salah satu dari metode untuk mengetahui sifat mekanik suatu bahan. Didapatkan hasil dari pengujian berupa grafik beban dalam skala perpanjangan. Kekuatan tarik material adalah gaya persatuan luas penampang yang mampu menahan tegangan sampai batas kekuatan tarik, sehingga bahan akan mengalami kegagalan. *Ultimate strength* merupakan batas kekuatan tarik hingga material mengalami kegagalan. Hal ini dapat dilihat dari Persamaan (7) di bawah ini [9].

$$\sigma^{tu} = \frac{P^{max}}{A} \quad (7)$$

Keterangan :

$\sigma^{tu}$  = Ultimate tensile strength (MPa)  
 $P^{max}$  = Maximum load before failure (N)  
 $A$  = Average cross-sectional area (mm<sup>2</sup>)

Pada proses pengujian tarik ini menggunakan peralatan yaitu mesin uji tarik universal. Pembebanan diberikan pada arah vertikal pada arah yang berlawanan mengacu pada ASTM D 3039/D 3039 M.

### B. Uji Lentur

Sifat dan karakteristik mekanik pada suatu material dapat diketahui dengan melakukan pengujian lentur terhadap material komposit tersebut. Sifat-sifat tersebut berupa perilaku terhadap defleksi pada material, *flexural strength*, dan kekakuan. Metode *three point bending* adalah jenis metode yang dipakai pada penelitian ini, dengan cara memberikan dua tumpuan sederhana pada kedua sisi spesimen dan diberikan satu pembebanan diantara dua tumpuan tersebut sampai spesimen terdefleksi hingga rusak. Bila material yang diuji memiliki sifat ulet (*ductile*) maka kegagalan yang akan terjadi lengkung, sedangkan untuk material dengan sifat getas (*brittle*) maka akan mengalami kegagalan pada material tersebut yaitu patah. Prinsip pada pengujian yang dilakukan yaitu mengacu pada ASTM D 7264/ D 7264M.

Maka tegangan maksimum didapatkan dari perhitungan dengan Persamaan (8) berikut [10]:

$$\sigma_B = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (8)$$

Keterangan :

$\sigma_B$  = Bending strength (MPa)  
 $P$  = Beban (N)  
 $L$  = Panjang span (mm)  
 $b$  = Lebar batang uji (mm)  
 $h$  = Tebal batang uji (mm)

### C. Uji Densitas

Tujuan dari pengujian densitas ini adalah untuk mengetahui nilai massa jenis suatu material dari beberapa spesimen yang menjadi sampel percobaan. Mengacu pada ASTM 792-07 yang berjudul “*Standard Test Method for Density and Specific Gravity (Relative Density) of plastic by Displacement*” didapatkan nilai *specific gravity* atau *relative density* pada Persamaan (9) [11].

$$\text{Specific gravity} = \frac{a}{(a+c-b)} \quad (9)$$

Setelah *specific gravity* didapat, maka massa jenis ( $\rho$ ) dari spesimen dapat dihitung dengan Persamaan (10) [11]

$$\rho = \rho_{\text{water}} \times \text{specific gravity} \quad (10)$$

Keterangan :

$\rho$  = densitas (gr/cm<sup>3</sup>),  
 $a$  = massa spesimen di ruang tertutup (gr),  
 $b$  = massa spesimen di dalam gelas dan air (gr),  
 $c$  = massa gelas dan air (gr).

## III. METODE/MODEL YANG DIUSULKAN

Serat sisal yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan perlakuan terlebih dahulu dengan direndam dalam larutan alkali 5% (NaOH) selama 2 jam, selanjutnya dikeringkan dengan

bantuan sinar matahari. Tujuan dari perlakuan NaOH ini adalah untuk melarutkan lapisan yang menyerupai lilin di permukaan serat, seperti lignin, hemiselulosa, dan kotoran lainnya. Dengan hilangnya lapisan lilin tersebut, maka ikatan antara serat dan matrik menjadi lebih kuat.

Bahan matriks yang digunakan dalam penelitian adalah resin *Epoxy BAKELITE EPR 174*, dan campuran Hardener dengan perbandingan resin dan hardener adalah 2 : 1, sedangkan pembuatan sampel uji menggunakan metode *hand lay-up* yang disempurnakan dengan metode *vacuum bagging*.

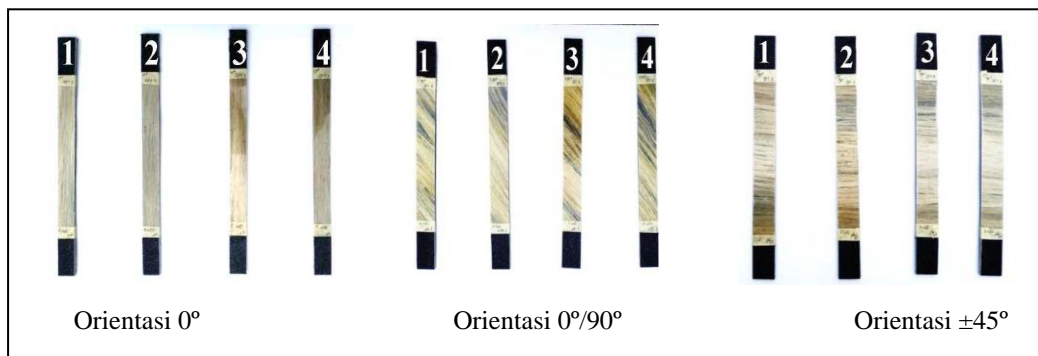
Dimensi spesimen uji tarik mengacu pada ASTM D 3039. Kemudian untuk dimensi spesimen uji lentur mengacu pada ASTM D 7264. Serta untuk dimensi uji densitas mengacu pada ASTM 792-07.

Uji tarik komposit mengacu pada ASTM D 3039 dengan jumlah masing-masing sampel uji sebanyak 4 buah dan arah serat spesimen uji divariasikan menjadi tiga yaitu  $0^\circ$ ,  $0^\circ/90^\circ$ , dan  $\pm 45^\circ$ . Kemudian uji lentur mengacu pada ASTM D 7264 dengan jumlah masing-masing sampel uji sebanyak 4 buah dan arah serat spesimen uji divariasikan menjadi tiga yaitu  $0^\circ$ ,  $0^\circ/90^\circ$ , dan  $\pm 45^\circ$ .

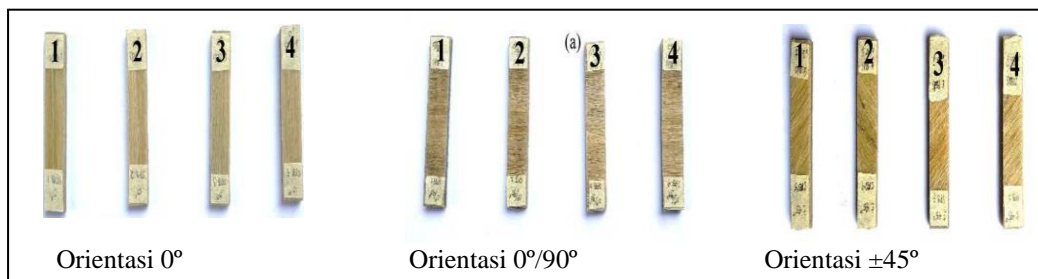
#### IV. HASIL/IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

##### A. Spesimen Komposit Epoxy Serat Hybrid Sisal-carbon Fiber

Pada Gambar 1 dapat dilihat bentuk spesimen uji tarik yang akan diuji, dan pada Gambar 2 dapat dilihat bentuk spesimen uji lentur.



Gambar 1. Spesimen uji tarik komposit *epoxy* serat hybrid sisal-carbon fiber



Gambar 2. Spesimen uji lentur komposit *epoxy* serat hybrid sisal-carbon fiber

##### B. Pembahasan

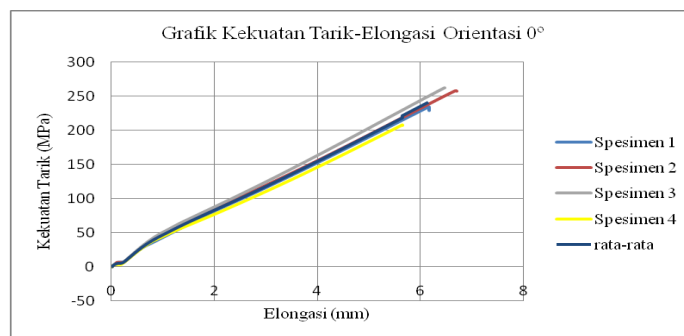
Tujuan dari pengujian tarik adalah untuk mengetahui kekuatan tarik pada komposit *epoxy* yang diperkuat dengan serat hybrid sisal -fiber carbon berdasarkan variasi arah orientasi serat.

Pada tabel 1,2, dan 3 masing-masing menunjukkan hasil dari pengujian tarik pada komposit epoxy yang diperkuat dengan serat hybrid sisal-carbon fiber dengan variasi arah orientasi serat 0°, 0°/90°, dan ±45°.

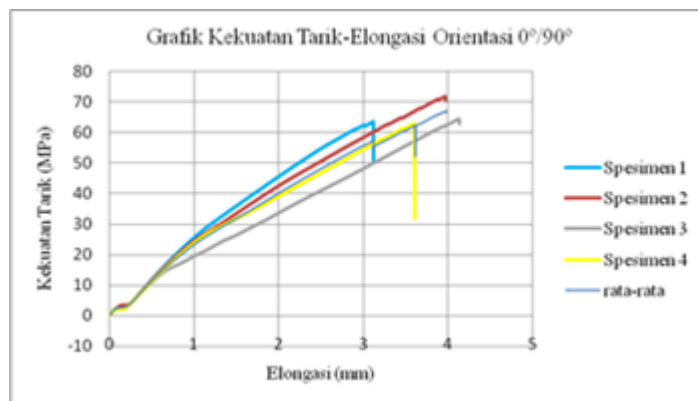
TABEL I  
KEKUATAN TARIK KOMPOSIT EPOXY  
YANG DIPERKUAT SERAT HYBRID SISAL - CARBON FIBER VARIASI ARAH ORIENTASI

| Spesimen  | Kekuatan Tarik Orientasi 0° (MPa) | Kekuatan Tarik Orientasi 0°/90° (MPa) | Kekuatan Tarik Orientasi 0°/90° (MPa) |
|-----------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| UT 1      | 235.17                            | 63.56                                 | 38.35                                 |
| UT 2      | 257.86                            | 71.96                                 | 36.39                                 |
| UT 3      | 262.19                            | 64.33                                 | 36.28                                 |
| UT 4      | 208.1                             | 63.01                                 | 38.01                                 |
| Rata-rata | 240.83                            | 65.71                                 | 37.26                                 |

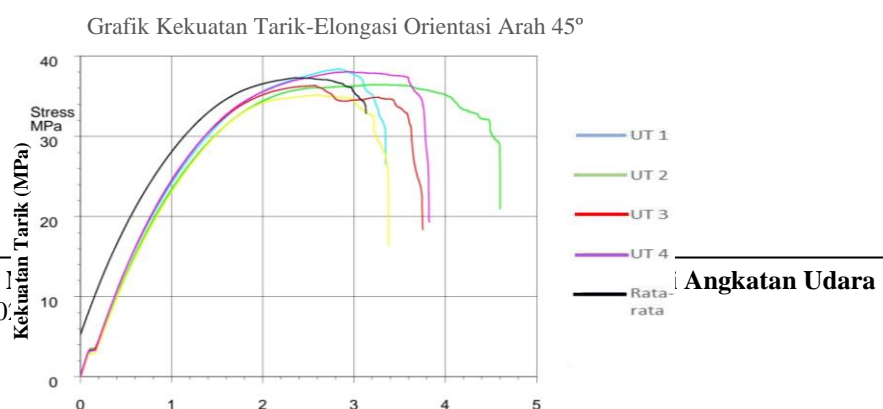
Pada Gambar 3, 4, dan 5 masing-masing menunjukkan grafik hasil pengujian tarik komposit epoxy yang diperkuat dengan serat hybrid sisal-carbon fiber dengan variasi arah orientasi 0°, 0°/90°, dan ±45°.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik dan Elongasi Serat Hybrid Sisal - Fiber Carbon variasi Arah Orientasi 0°

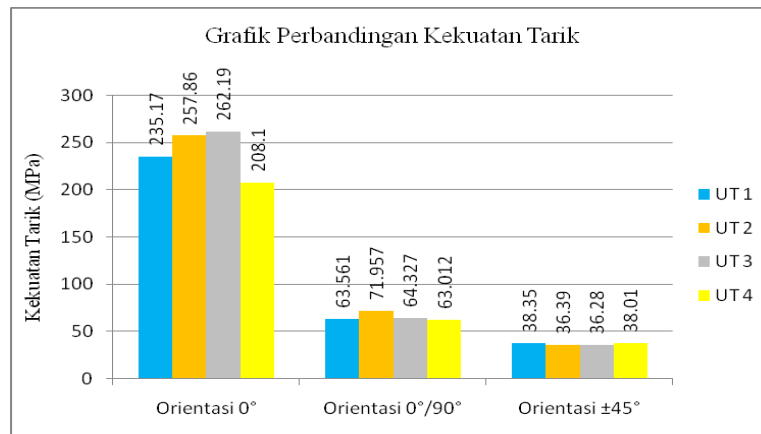


Gambar 1. Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik dan Elongasi Serat Hybrid Sisal - Fiber Carbon variasi Arah Orientasi 0°/90°



Gambar 4. Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik dan Elongasi Komposit *Epoxy* Diperkuat Serat *Hybrid Sisal - Fiber Carbon* variasi Arah Orientasi  $\pm 45^\circ$

Pada Gambar 6 untuk grafik perbandingan kekuatan tarik komposit *epoxy* yang diperkuat serat *hybrid sisal-fiber carbon* berdasarkan variasi arah orientasi serat.



Gambar 5. Grafik Kekuatan Tarik Komposit *Epoxy* Yang Diperkuat Serat *Hybrid Sisal - Fiber Carbon* variasi Arah Orientasi

Dapat dilihat dari grafik perbandingan besar nilai kuat tarik komposit cenderung mengalami penurunan seiring bertambah besar sudut arah serat. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan sudut arah serat memberikan pengaruh terhadap besar kuat tarik yang dihasilkan. Nilai kuat tarik terbesar terdapat pada komposit *epoxy* yang diperkuat dengan serat *hybrid sisal - fiber carbon* variasi arah orientasi  $0^\circ$ . Dikarenakan serat yang tersusun pada arah orientasi  $0^\circ$  lebih panjang dibandingkan dengan serat yang tersusun pada sudut lainnya. Sehingga pendistribusian beban pada komposit lebih merata. Sedangkan pada komposit *epoxy* yang diperkuat dengan serat *hybrid sisal - fiber carbon* variasi arah orientasi  $0^\circ/90^\circ$  dan  $\pm 45^\circ$  serat tidak sempurna dalam menyerap resin serta tidak meratanya susunan serat dikarena keterbatasan alat dalam proses manufaktur *hand lay-up* sehingga tidak dapat terkontrol dalam distribusi serat sehingga mengakibatkan penurunan kekuatan komposit, dikarenakan didalam matrik yang berkumpul tersebut tidak terdapat serat sehingga apabila dikenai gaya, matrik tidak dapat mentransfer gaya yang diterima kepada serat.

Kemudian pengujian berikutnya yaitu uji lentur. Tujuan dari pengujian lentur adalah untuk mengetahui kekuatan bending maksimum yang dapat ditahan oleh material komposit. Dari hasil pengujian bending, didapat nilai beban maksimum pada masing-masing spesimen. Didapat nilai rata-rata beban maksimum serta rata-rata kekuatan bending pada komposit *epoxy* yang diperkuat dengan serat *hybrid sisal - fiber carbon* berdasarkan variasi arah orientasi serat.

Pada tabel 4,5, dan 6 masing-masing menunjukan hasil dari pengujian tarik pada komposit epoxy yang diperkuat dengan serat hybrid sisal-carbon fiber dengan variasi arah orientasi serat  $0^\circ$ ,  $0^\circ/90^\circ$ , dan  $\pm 45^\circ$ .

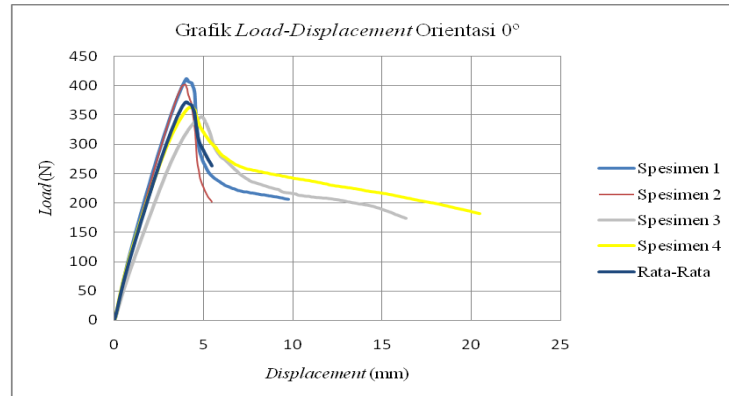
TABEL II  
KEKUATAN LENTUR KOMPOSIT *EPOXY*  
YANG DIPERKUAT SERAT *HYBRID SISAL - CARBON FIBER* VARIASI ARAH ORIENTASI  $0^\circ$

| Spesimen | Kekuatan Lentur (MPa) | Kekuatan Lentur (MPa) | Kekuatan Lentur (MPa) |
|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| UL 1     | 118.56                | 61.3                  | 64.11                 |
| UL 2     | 120.46                | 64.53                 | 62.81                 |
| UL 3     | 100.4                 | 66.03                 | 59.49                 |
| UL 4     | 108.48                | 64.44                 | 68.39                 |

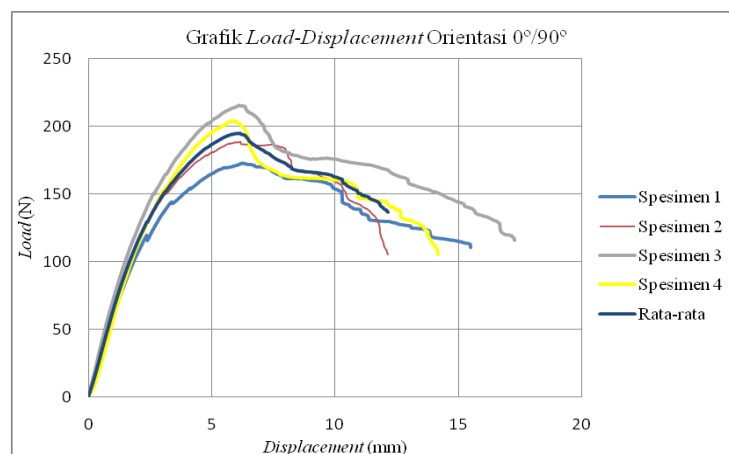


|           |        |       |      |
|-----------|--------|-------|------|
| Rata-rata | 111.98 | 64.08 | 63.7 |
|-----------|--------|-------|------|

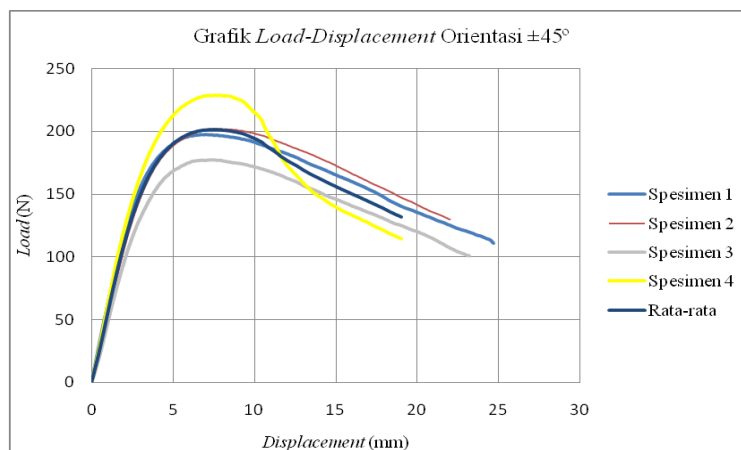
Pada Gambar 7, 8, dan 9 masing -masing menunjukkan grafik hasil pengujian lentur komposit *epoxy* yang diperkuat dengan serat *hybrid sisal-carbon fiber* dengan variasi arah orientasi  $0^\circ$ ,  $0^\circ/90^\circ$ , dan  $\pm 45^\circ$ .



Gambar 6. Grafik Perbandingan *Load* dan *Displacement* Serat Hybrid Sisal - Fiber Carbon variasi Arah Orientasi  $0^\circ$



Gambar 7. Grafik Perbandingan *Load* dan *Displacement* Serat Hybrid Sisal - Fiber Carbon variasi Arah Orientasi  $0^\circ/90^\circ$

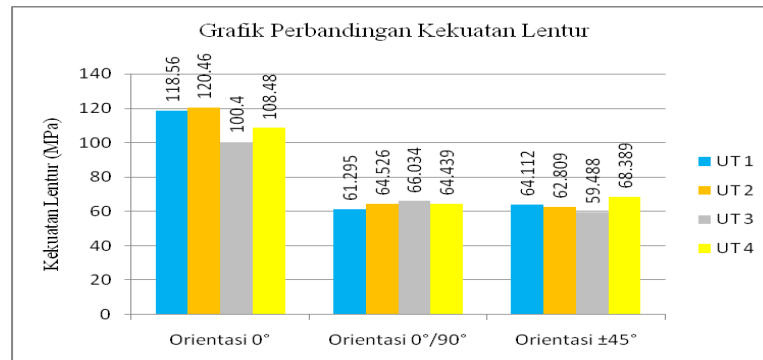


Gambar 8. Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik dan Elongasi Komposit *Epoxy* Diperkuat Serat



*Hybrid Sisal - Fiber Carbon variasi Arah Orientasi  $\pm 45^\circ$*

Pada Gambar 10 untuk grafik perbandingan kekuatan tarik komposit *epoxy* yang diperkuat serat *hybrid sisal-fiber carbon* berdasarkan variasi arah orientasi serat.



Gambar 9. Grafik Kekuatan Lentur Komposit *Epoxy* Yang Diperkuat Serat *Hybrid Sisal - Fiber Carbon* variasi Arah Orientasi

Dapat dilihat dari grafik perbandingan besar nilai kuat lentur komposit cenderung mengalami penurunan seiring bertambah besar sudut arah serat. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan sudut arah serat memberikan pengaruh terhadap besar kuat lentur yang dihasilkan. Nilai kuat lentur terbesar terdapat pada komposit *epoxy* yang diperkuat dengan serat *hybrid sisal - fiber carbon* variasi arah orientasi  $0^\circ$ . Dikarenakan serat yang tersusun pada arah orientasi  $0^\circ$  lebih panjang dibandingkan dengan serat yang tersusun pada sudut lainnya. Sehingga pendistribusian beban pada komposit lebih merata. Sedangkan pada komposit *epoxy* yang diperkuat dengan serat *hybrid sisal - fiber carbon* variasi arah orientasi  $0^\circ/90^\circ$  dan  $\pm 45^\circ$  serat tidak sempurna dalam menyerap resin serta tidak meratanya susunan serat karena keterbatasan alat dalam proses manufaktur *hand lay-up* sehingga tidak dapat terkontrol dalam distribusi serat sehingga mengakibatkan penurunan kekuatan komposit, dikarenakan didalam matrik yang berkumpul tersebut tidak terdapat serat sehingga apabila dikenai gaya, matrik tidak dapat mentransfer gaya yang diterima kepada serat.

Pengujian selanjutnya yaitu pengujian densitas komposit pada masing-masing arah orientasi serat, Berikut adalah hasil dari uji densitas pada spesimen uji tarik komposit *epoxy* diperkuat serat *hybrid sisal-fiber carbon* pada arah serat  $0^\circ$  sebesar  $1.2 \text{ g/cm}^3$ , pada arah serat  $0^\circ/90^\circ$  sebesar  $1.22 \text{ g/cm}^3$ , pada arah serat  $\pm 45^\circ$  sebesar  $1.15 \text{ g/cm}^3$ . Kemudian hasil uji densitas pada spesimen uji lentur pada arah serat  $0^\circ$  sebesar  $1.18 \text{ g/cm}^3$ , pada arah serat  $0^\circ/90^\circ$  sebesar  $1.2 \text{ g/cm}^3$ , pada arah serat  $\pm 45^\circ$  sebesar  $1.21 \text{ g/cm}^3$ .

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan, bahwa orientasi arah serat komposit *epoxy* yang diperkuat serat *hybrid sisal-fiber carbon* mempengaruhi besar kecilnya kekuatan tarik dan lentur karena setiap arah orientasi serat mempunyai ikatan yang berbeda sehingga mendapatkan nilai yang berbeda pada setiap pengujiannya. Diketahui bahwa arah serat  $0^\circ$  memiliki kekuatan maksimum rata rata tarik dan lentur yang tinggi dengan nilai kekuatan tarik sebesar  $240.83 \text{ MPa}$  dan kekuatan lentur sebesar  $111.98 \text{ MPa}$ , dibandingkan dengan variasi arah orientasi serat  $0/90^\circ$  dengan rata-rata nilai kekuatan tarik sebesar  $65.71 \text{ MPa}$  dan kekuatan lentur sebesar  $64.08 \text{ MPa}$ , dan  $\pm 45^\circ$  dengan rata-rata nilai kekuatan tarik sebesar  $37,26 \text{ MPa}$  dan kekuatan lentur sebesar  $63.7 \text{ MPa}$ . hasil dari uji densitas pada spesimen uji tarik komposit *epoxy* diperkuat serat *hybrid sisal-fiber carbon* pada arah serat  $0^\circ$  sebesar  $1.2 \text{ g/cm}^3$ , pada arah serat  $0^\circ/90^\circ$  sebesar  $1.22 \text{ g/cm}^3$ , pada arah serat  $\pm 45^\circ$  sebesar  $1.15 \text{ g/cm}^3$ . Kemudian hasil uji densitas pada spesimen uji lentur pada arah serat  $0^\circ$  sebesar  $1.18 \text{ g/cm}^3$ , pada arah serat  $0^\circ/90^\circ$  sebesar  $1.2 \text{ g/cm}^3$ , pada arah serat  $\pm 45^\circ$  sebesar  $1.21 \text{ g/cm}^3$ .

Adapun saran dari penulis yaitu perhatikan kerapian dan kerapatan dalam penyusunan serat pada pembuatan layer dan tekanan pada saat proses laminasi, karena kerapatan serat pada saat penyusunan layer agar tidak banyak menimbulkan rongga udara (*voids*) serta dapat mempengaruhi kekuatan tarik dan lentur komposit.

## REFERENSI

- [1] M. N. GuruRaja, et all, "Influence of Angle Ply Orientation on Tensile Properties of Carbon/Glass Hybrid Composite," *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 1, 231-235, 2013.
- [2] P. Khanam, et all, "Sisal/Carbon Fibre Reinforced Hybrid Composites," Tensile, Flexural and Chemical Resistance Properties, *J Polym Environ* 18:727-733, 2010.
- [3] S. Timbangan and S. Antonius Sutanto, "Effect of Mass Addition on Physical Properties and Mechanical Properties of Agave Sisalna Fiber Composites- Epoxy," *Journal of Technomaterial Physics*, vol. 4, no. 1, Hal. 10-17, 2022.
- [4] A. Kusumastuti, "Aplikasi Serat Sisal Sebagai Komposit Polimer," *Jurnal Kompetisi Teknik*, vol. 1, no. 1, Nov. 2009.
- [5] P. Govind, et all, "Mechanical Prperties Of Sisal/Glass Fiber Reinforced Hybrid Composites," *A Riview. International Journal of Students Research in Technology & Management*, Vol. 6, No. 2, 2018.
- [6] H. Azmi, "Kekuatan Tarik Serat Karbon Dibuat Menggunakan Proses No Oven No Autoclave Metode Ultraviolet Curing," Universitas Islam Indonesia, 2019.
- [7] P. Mallick, "Fiber-reinforced composites: materials, manufacturing, and design," Hong Kong: Taylor & Francis, 1993.
- [8] H. Judawisastra, "The Basics Composite Design & Micromechanics Materials Engineering Study Program" Mechanical Engineering Department, ITB, 2015
- [9] ASTM D 3039/3039 M, Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials. Annual Book of ASTM Standards. United State: ASTM International, 2002.
- [10] ASTM D 7264/ D 7264M, Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composites Materials. Annual Book of ASTM Standards. United State: ASTM International, 2007.
- [11] ASTM D792-08, Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastic by Displacement. Annual Book of ASTM Standards. United States: ASTM International, 2008.