

# Pengaruh Berat Serat Kulit Pohon Waru Doyong Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Lentur Dari Komposit Serat

Dwiki Marsetio Widagdo, I Wayan Surata, Tjokorda Gde Tirta Nindhia  
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Komposit yaitu suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dapat menghasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Pada penelitian ini dipergunakan bahan serat kulit pohon waru dengan perlakuan alkali (NaOH) selama dua jam, perbedaan fraksi berat, dan menggunakan Resin Polyester BQTN tipe 157 dengan pengeras yaitu metil etil keton peroxide (MEKPO) 1%. Pembuatan yaitu dengan cara dicetak pada cetakan, dengan arah orientasi serat acak. Pengujian tarik dan lentur dilakukan dengan acuan standar ASTM D3090 dan ASTM D790 – 03. Tujuan Penulisan ini agar mengetahui kekuatan tarik, lentur dari komposit kulit pohon waru pada fraksi berat serat 0%, fraksi berat serat 10%, fraksi berat serat 20%, dan fraksi berat serat 30% dengan perlakuan alkali (NaOH) selama dua jam. Hasil pengujian tarik komposit serat kulit pohon waru didapat tegangan tarik rata-rata tertinggi pada fraksi berat 30% dengan nilai 13.328 Mpa, dengan rata-rata modulus elastisitas dengan nilai 1111.541 Mpa. Hasil pengujian lentur komposit serat kulit pohon waru didapat tegangan lentur rata-rata pada fraksi berat 30% dengan nilai 56.029 Mpa, dengan rata-rata modulus elastisitas rata-rata dengan nilai 2143.222 Mpa.

**Kata Kunci:** Komposit, serat kulit pohon waru, polyester, uji tarik, uji lentur.

## Abstract

Composite is a material formed from the combination of two or more materials to produce a composite material that has mechanical properties and characteristics different from the material forming. This research used hibiscus tree fiber as material with alkali (NaOH) treatment for two hours, weight fraction difference, and uses resin polyester BQTN type 157 as its matrix with metil etil keton peroxide (MEKPO) 1% as hardener. This composite was manufactured by molding, with random fiber orientation. Tensile and bending test was performed based on ASTM D3090 and ASTM D790 – 03 standard. The aim of this research is to obtain the tensile and bending strength of hibiscus tree fiber composite for weight fraction 10%, weight fraction 20%, and weight fraction 30% with alkali (NaOH) treatment for two hours. Based on the test result, the highest mean tensile stress at 30% weight fraction is 13.328 Mpa, with the mean modulus elasticity is 1111.541 Mpa. the highest mean bending stress of composite coconut fiber at 30% weight fraction is 56.029 Mpa, with the mean modulus elasticity is 2143.222 Mpa.

**Key word:** Composite, waru fiber, polyester, tensile test, bending test.

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi manufaktur yang pesat menuntut adanya pengembangan material baru yang dapat memenuhi persyaratan kekuatan untuk konstruksi. Pemilihan material merupakan langkah penting dalam perancangan komponen mesin. Saat ini material yang dipakai dalam bidang manufaktur dan konstruksi masih didominasi oleh material logam. Akan tetapi belakangan ini penggunaan material logam sudah mulai berkurang dan digantikan dengan material non-logam seperti komposit, tahan korosi, dan massa jenis yang lebih rendah. Secara umum serat yang sering digunakan sebagai filler adalah serat sintetis (mineral) seperti serat gelas, karbon, dan grafit. Serat sintetis ini memiliki keunggulan dalam sifat mekanis tetapi harganya mahal, hal ini mendorong peneliti untuk menggunakan serat alam [1] dan salah satunya menggunakan serat kulit batang pohon waru doyong daun lebar karena serat kulit waru memiliki

sruktur serat yang *continue* dan anyaman alami yang kuat tapi memanfaatkannya masih sangat terbatas. Oleh sebab itu dibutuhkan memanfaatkan yang lebih baik lagi terutama serat pohon waru sebagai alternative untuk bahan dasar komposit, dan secara tidak langsung nilai tambah (*added value*) dari tanaman ini bias ditingkatkan dan tanama waru bias dijadikan sebagai tanama industri.

Dalam penulisan jurnal ini terdapat beberapa hal yang dapat dikaji, antara lain:

1. Bagaimana memproduksi biokomposit berpenguat serat kulit pohon waru dengan matriks polyester?
2. Bagaimana pengaruh fraksi berat serat kulit pohon waru dalam biokomposit berpenguat serat serabut kelapa dengan matriks polyester terhadap sifat-sifat mekanisnya?

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Serat Kulit Batang Pohon Waru

Pohon waru merupakan tanaman yang berjenis pohon besar, tanaman ini sering ditanam di halaman rumah maupun di pinggir jalan sebagai tanaman peneduh. Pohon waru merupakan tanaman tropis yang berbatang sedang dan tanaman ini tumbuh secara liar di antara hutan, lading dan semak-semak blukar.

Tanama waru mempunyai batang yang berbentuk berkayu, bulat, dan berwarna coklat. Tanaman ini termasuk golongan pohon besar yang tingginya bisa mencapai 5-15 meter dan memiliki pertulangan daun menjari dan memiliki panjang sekitar 20cm

### 2.2 Serat Alam

Terdapat beberapa keuntungan yang dimiliki dari serat alam jika dibandingkan dengan serat sintesis, yaitu murah, dapat dibudidayakan, lebih ringan dan ramah lingkungan [2]. Keuntungan lainnya adalah serat alam dapat diproses secara alami dan tidak dapat menyebabkan kulitiritasi membandingkan keunggulan dan kekurangan antara serat alam dan serat gelas [3].

Fungsi utama dari serat adalah:

1. Sebagai pembawa beban. Dalam struktur komposit 70% - 90% beban dibawa oleh serat.
2. Memberikan sifat kekakuan, kekuatan, stabilitas panas dan sifat-sifat lain dalam komposit .
3. Memberikan insulasi kelistrikan [4].

### 2.3 Komposisi kimia serat alam

Pengambilan serat kulit batang pohon waru (*HibiscusTiliaceus*) dari kulit nya (*fibre extraction*) dapat dilakukan dengan tangan (manual) maupun dengan peralatan *decorticator*. Cara yang paling umum dan praktis adalah dengan proses *waterretting* dan *scrapping*. *Waterretting* adalah proses yang dilakukan oleh mikroorganisme untuk memisahkan atau membuat busuk zat-zat perekat (gummy substance) yang berada di sekitar serat agar lebih mudah dalam pengambilan seratnya

Degumming atau ekstraksi serat merupakan proses pemisahan serat selulosa dari gum yang berupa pektin, hemiselulosa dan lignin. Zat tersebut harus dihilangkan agar serat memiliki daya pinal. Degummings merupakan proses awal dalam pengambilan serat yang menghasilkan serat menjadi semakin [5].

### 2.4 Klasifikasi material komposit berdasarkan bentuk komponen strukturalnya

Menurut [6], secara garis besar komposit diklasifikasikan menjadi tiga macam, yaitu: komposit serat (*Fibrous Composites*). Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari fiber dalam matriks. Secara alami serat yang panjang mempunyai kekuatan yang lebih dibanding

serat yang berbentuk curah (*bulk*) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat/*fiber*. Kebutuhan akan penempatan serat dan arah serat yang berbeda menjadikan komposit diperkuat serat komposit ini terdiri dari bermacam-macam lapisan material dalam satu matriks [7].

### 2.5 Metode Ekstraksi Serat Alam

Serat alam yang terdapat pada batang, daun, biji tanaman perlu dilakukan proses pemisahan sebelum dapat digunakan sebagai penguat untuk komposit. Pemisahan serat yang dapat dilakukan adalah dengan proses *water retting* dan *chemical retting*, *microbe retting*. Proses *water retting* dilakukan yaitu dengan cara merendam batang, kulit, daun, ataupun biji tanaman dalam air selama periode tertentu sehingga serat akan terlepas, selanjutnya serat dibersihkan dan dikeringkan. Proses *chemical retting* dilakukan dengan cara merendam batang, kulit, daun, biji tanaman dalam larutan kimia selama periode tertentu sehingga serat dapat terlepas.

### 2.6 Fraksi Berat Serat

Dalam mencetak komposit terdapat perbandingan antara matriks dan serat. Perbandingan ini dapat diwujudkan dalam bentuk fraksi volume (v/v) atau fraksi berat (w/w).

$$W_f = \frac{W_f}{W_c}$$

$W_f$  = Fraksi berat serat (%)

$W_f$  = berat serat (gram)

$W_c$  = Berat Komposit (gram)

### 2.7 Uji Tarik

Uji tarik (*tensile test*) bertujuan untuk mendapatkan data kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas bahan. Pembuatan spesimen uji tarik mengikuti standar ASTM D3090.

$$\sigma = \frac{P}{A_0}, \epsilon = \frac{(L-L_0)}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0}, E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon} \quad (1)$$

$\sigma$  = tegangan tarik (MPa)

$P$  = beban (N)

$A_0$  = luas penampang spesimen mula-mula (mm<sup>2</sup>)

$E$  = regangan (%)

$L_0$  = panjang spesimen mula-mula (mm)

$L$  = panjang spesimen saat menerima beban (mm)

$E$  = modulus elastisitas (MPa)

$\Delta \sigma$  = selisih tegangan tarik di daerah elastis (MPa)

$\Delta \epsilon$  = selisih regangan di daerah elastis

### 2.8 Uji Lentur

Uji lentur (*flexural test*) bertujuan untuk mendapatkan data lentur, dan modulus elastisitas lentur bahan. Uji lentur akan dilaksanakan dengan metode pembebanan tiga titik (*a three points loading system*), mengikuti standar ASTM D790.

$$\sigma = \frac{3 P L}{2 b d^2}, E_b = \frac{L^2 m}{4 b d^2}, \epsilon = \frac{6 D d}{L^2} \quad (2)$$

$\sigma$  = tegangan pada tengah-tengah batang (MPa)

$P$  = beban (N)

$L$  = jarak tumpuan (mm)

b = lebar batang (mm)  
d = ketebalan (mm)  
Eb = modulus elastisitas lentur (MPa)  
m = slop tangen pada kurva beban-defleksi (N/mm)  
 $\epsilon$  = regangan maksimum  
D = defleksi maksimum di tengah batang (mm)

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1 Penyiapan bahan

##### 1. Serat kulit Batang Pohon Waru

Dalam pengujian yang akan dilakukan yaitu menggunakan pohon waru sebagai bahan dasar komposit yang diambil seratnya untuk proses pengujian. Serat kulit batang pohon waru (*Hibiscus Tiliaceus*) yang di pilih untuk proses pengambilan serat adalah batang yang berukuran minimal 20cm kemudian direndam kurang lebih 5-7 hari menggunakan air murni (H<sub>2</sub>O) dan perlakuan NaOH untuk menghilangkan lapisan lignin dengan kandungan 5% dengan durasi perendaman selama 2 jam sehingga akan mempermudah dalam proses pengambilan serat, setelah itu dijemur sampai benar-benar sudah kering dan di potong 3cm sesuai ukuran yg ditentukan gambar 1 serat kulit batang pohon waru

##### 2. Polyester

Resin *polyester-Mekpo (methyl ethyl ketone peroxid)* berperan sebagai matrik pada komposit dan serat kulit batang pohon waru berperan sebagai *filler* pada matrik polimer resin *polyester*.

#### 3.2 Persiapan Alat

##### 1. Timbangan Digital

Untuk menimbang serat dan *polyester* digunakan timbangan yang berupa digital .

##### 2. Cetakan Benda Uji

Dalam mencetakan benda uji cetakan yang digunakan yaitu baja dengan ketebalan 3mm, kaca bening dan beban pemberat. Kaca bening digunakan sebagai landasan dan penutup, baja dengan ketebalan 3mm sebagai alat cetakan komposit serta beban sebagai pembera.

##### 3. Alat bantu lain

Alat bantu lain yang digunakan meliputi gunting, sendok, penggaris, kuas ampelas, sikat paku dan pemberat batu batako.

#### 3.3 Peralatan dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas peralatan membuat (pencetak) komposit dan alat uji mekanis. Peralatan pencetak yang dipakai adalah alat cetak manual dengan teknik *hand lay-up*, tempat pencetak, dan pemberat. Alat uji terdiri mesin uji tarik dan alat uji lentur.

Serat kulit batang pohon waru seperti yang sudah dipaparkan pada proses penyiapan bahan, Setelah dipotong sesuai ukuran panjang yaitu 3cm. Matriks polyester, dicampur *hardener metil etil keton peroxide* (MEKPO) 1 % ( v/v ) untuk mempercepat proses pengerasan dalam komposit.

#### 3.4 Range pengujian

Fraksi berat serat kulit batang pohon waru yang dipakai pada pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. 10% serat , 20gram
2. 20% serat , 40gram
3. 30% serat , 60gram

#### 3.5 Langkah Penelitian

1. Kulit batang pohon waru direndam dalam air setelah itu dipisahkan serat seratnya, sebagian serat direndam di air murni (H<sub>2</sub>O) dan NaOH dengan kadar 5 % dan sebagian serat direndam dalam air biasa, setelah itu dikeringkan sampai benar-benar kering.
2. NaOH digunakan untuk mengilangkan kotoran atau lignin pada serat kadar 5 % NaOH merupakan larutan basa dan terkesanlicin .
3. Pemotongan serat sesuai ukuran panjang yaitu 3cm.
4. Ukur matriks *unsaturated polyester* jenis Yukalac 157 BQTN, sesuai dengan berat komposit yang akan dicetak.
5. Tambahkan *hardener* jenis *metil etil keton peroxide* (MEKPO) 1 % (v/v).
6. Campuran *polyester* dan *hardener* kemudian tambahkan serat kulit batang pohon waru.
7. Campuran *polyester*, *hardener* dan partikel serat kulit batang pohon waru dituang pada cetakan sesuai dengan ketebalan spsimen.
8. Cetakan ditutup dan diberi beban pemberat sekitar 5 kg, selama 24 jam.
9. Keluarkan komposit, dan masukkan ke dalam oven 65 °C selama 2 jam.
10. Potong komposit sesuai dengan ukuran spesimen untuk uji tarik, dan uji lentur, dan uji ketangguhan.

#### 3.6 Prosedur Penelitian

##### 3.6.1 Pembentukan Komposit

- A. Komposit dengan 10%,20%,30% fraksi berat serat.
  - i. Timbang serat kulit batang pohon waru seberat 20,40,60 gram.
  - ii. Pasang bingkai kaca setebal 3 mm.
  - iii. Paparkan serat kulit batang pohon waru pada permukaan yang rata dengan panjang 25x25 cm hingga merata.
  - iv. Buat campuran resin dan 1% *hardener* seberat 180,160,140 gram.
  - v. Tuang campuran resin dan 1% *hardener* sedikit ratakan hingga permukaan cetakan tertutup rata.
  - vi. Letakan serat kulit batang pohon waru dengan orientasi acak.
  - vii. Setelah selesai penuangan lalu ditutup dan diatasnya di beri beban (5 kg). dan didiamkan selama 24 jam.

##### 3.6.2 Pengamatan void

Komposit yang telah berhasil dicetak, diamati apakah ada void atau tidak dengan cara menerawang lembaran komposit. Bila ada void,

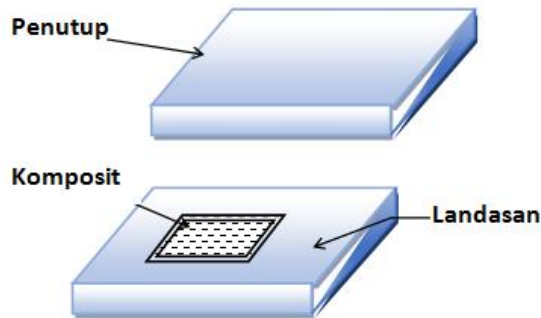
maka specimen dibentuk menghindari void dan harus dipastikan bahwa specimen uji tidak memiliki void.

### 3.6.3 Proses *post curing*

komposit dimasukkan kedalam oven dengan temperature 65°C selama 2 jam. Langkah ini bertujuan untuk mempercepat terjadinya *cross-linking* dan untuk mengetahui apakah komposisi sudah *homogen* yaitu jika lembaran komposit tidak melengkung. Kelengkungan komposit masih dapat diterima apabila defleksi yang terjadi hanya 2 cm. komposit yang tidak cacat, ditimbang dan catat beratnya (Wc).

### 3.7 Pencetakan Komposit

Rancangan skematik alat cetak komposit manual dapat dilihat pada Gambar 3.4 Setelah alat selesai dibuat dilakukan uji-coba untuk mengetahui kepresisian, bila dianggap sudah memenuhi standar, dilanjutkan dengan mencetak komposit untuk pembuatan specimen.



Gambar 1. Bagian-Bagian Cetakan

### 3.8 Pengujian Komposit

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini antara lain pengujian tarik, pengujian lentur, dan impak.

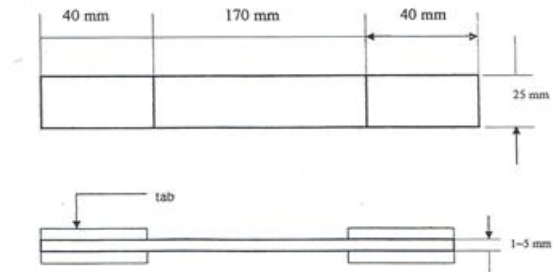
#### 3.8.1 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui besarnya kekuatan tarik dari bahan komposit. Pengujian dilakukan dengan mesin uji “*Universal Testing Machine*” buatan jepang. Specimen pengujian tarik di bentuk menurut standar ASTM D3090 yang ditunjukkan pada gambar 2.

Langkah-langkah pengujian tarik dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengukur penempeng uji dan panjang uji sebelum melakukan pengukuran.
2. Mempersiapkan mesin uji tarik yang digunakan.
3. Masukkan dan *seting* kertas milimeter-blok diatas mesin *plotter*.
4. Memasang alat spesimen tarik dan memastikan terjepit dengan benar.
5. Menjalankan mesin uji tarik.
6. Setelah patah, hentikan proses penarikan secepatnya, catat gaya tarik maksimum dan pertambahan panjangnya.

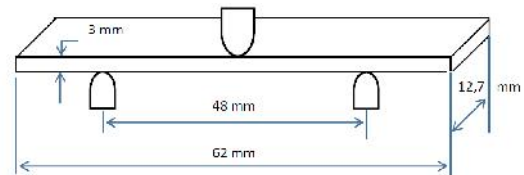
7. Mengambil hasil rekaman mesin *plotter* dari proses penarikan yang tertuang dalam kertas milimeter-blok.



Gambar 2. Spesimen Uji Tarik Standar ASTM D3090

#### 3.8.2 Pengujian Lentur

Material komposit mempunyai sifat tekan yang lebih baik disbanding sifat tariknya. Kekuatan tarik dipengaruhi oleh ikatan molekul material penyusunnya. Pengujian dilakukan dengan jalan memberi beban lentur secara perlahan-lahan sampai specimen mencapai titik leleh. Pada perlakuan uji bending bagian atas specimen mengalami proses penekanan dan bagian bawah mengalami proses tarik sehingga akibatnya specimen mengalami patah bagian bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik. Specimen uji bending dibuat sesuai standar ASTM D790-02.



ASTM D 790-03  
 Tebal : 3 mm  
 Lebar : 12,7 mm  
 Jarak span : 48 mm  
 Panjang specimen: 62 mm

Gambar 3. Spesimen Uji Bending Standar ASTM D790 – 02

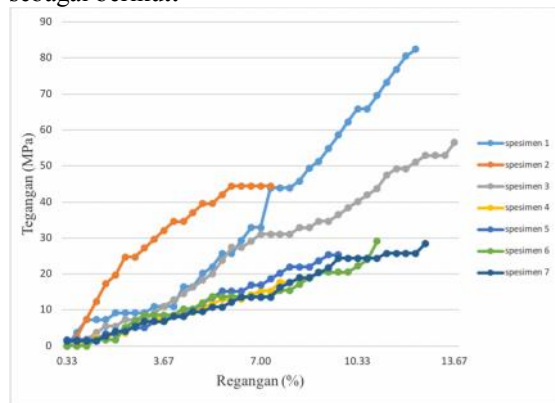
Berikut ini beberapa langkah dalam pengujian lentur yaitu:

1. Menyiapkan benda uji
2. Memberikan tanda garis untuk menentukan titik tumpuan dan titik tengah benda uji.
3. Menetapkan besarnya beban yang digunakan.
4. Menaruh baha specimen pada meja mesin pengujian bending dengan jarak tumpuan dan titik tengah yang telah ditentukan.
5. Memutar handle hingga beban dapat menyentuh bendasuji dan manometer akan menunjukkan angka nol.

6. Menentukan putaran jarum penentu waktu untuk mencatat beban selanjutnya.
7. Mencatat hasil pengujian banding dalam setiap putaran yang ditentukan.
8. Menentukan harga bending.

#### 4.1 Single Fiber Serabut Kelapa

Hasil Perhitungan uji Serat Tarik *Single Fiber* didapat Tegangan Maksimum, Regangan Maksimum dan Modulus Elastisitas dapat dilihat sebagai berikut:

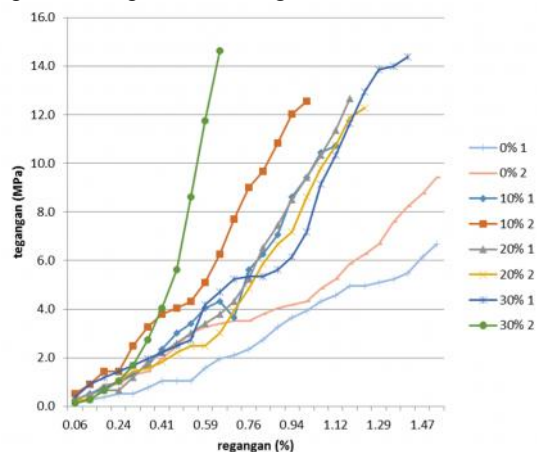


**Gambar 4. Grafik Tegangan Regangan Single Fiber**

Dari gambar 4 diatas di dapat kekuatan Tarik rata-rata sebesar 44.604 MPa dengan kekuatan tarik tertinggi pada *specimen 1* sebesar 82.369 Mpa dan terendah pada *specimen 4* sebesar 18.825 MPa dan meregang maksimal pada *specimen 2* sebesar 14.0 % dan terendah pada *specimen 4* sebesar 8.6 %.

#### 4.2 Hasil Perhitungan Uji Tarik Komposit.

Hasil Perhitungan uji tarik didapat kekuatan Tarik, regangan maksimum dan modulus elastisitas seperti ditampilkan dalam grafik berikut:



**Gambar 5. Grafik tegangan regangan tarik komposit**

Dari gambar 5 diatas menunjukkan kekuatan Tarik dengan Fraksi berat serat meningkat seiring bertambahnya fraksi berat serat, dimana terendah pada fraksi berat serat 0% (matrik murni) yaitu 17.553 MPa, meningkat pada fraksi berat 10% sebesar 11.635 MPa, meningkat pada fraksi berat

20% sebesar 12.479 MPa dan maksimum pada fraksi berat serat 30% yaitu 13.328 MPa.

#### 4.3 Hasil Perhitungan Uji Lentur Komposit.

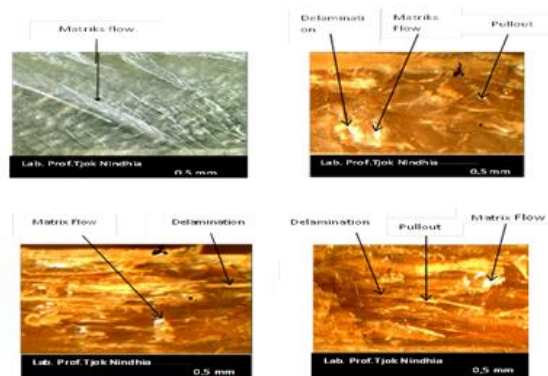
Setelah dilakukan pengujian kekuatan Bending. Tegangan bending, Regangan Maksimum dan Modulus Elastisitas seperti ditampilkan dalam grafik berikut:



**Gambar 6. Grafik Tegangan Regangan Lentur Komposit**

Dari gambar diatas menunjukkan tegangan bending, nilai tertinggi terjadi pada fraksi berat serat 0% (matrik murni) sebesar 75.910 MPa, dan terendah pada fraksi berat 10% sebesar 35.604 MPa, meningkat pada fraksi berat 20% sebesar 47.426 MPa, dan meningkat lagi pada fraksi berat 30% sebesar 56.029 MPa.

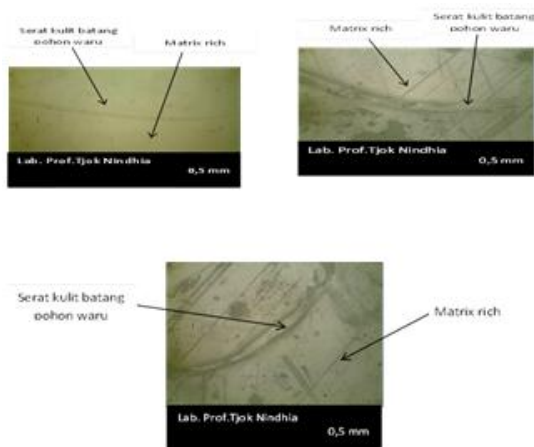
#### 4.4 Hasil Foto Makro



**Gambar 7. Foto makro komposit**

Dari gambar diatas, dapat diperhatikan patahan dari *specimen* uji Tarik komposit dengan variasi fraksi berat 5% terjadi karena adanya *crack deflection* yang diakibatkan karena retakan yang miring pada matrik mengikuti arah serat mengakibatkan komposit menerima pembebanan dan menjadi rapuh serta mudah patah. Hal ini terjadi karena kurang berlebihnya matrik, sehingga pada saat pencetakan matrik dan serat berkumpul secara terpisah, sehingga ruang kosong tanpa ikatan matrik dan serat masih banyak ditemui .

#### 4.5 Hasil Foto Micro



**Gambar 8. Foto Micro Perbesaran 40 Kali Komposit**

Dari gambar diatas dapat dilihat banyak terdapat renggang (matiks berlebih) sehingga dapat dikatakan bahwa komposit masih kekurangan serat.

#### 5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan pada bab-bab sebelumnya dapat diambil beberapa simpulan sebagai berikut:

1. Pembuatan komposit dengan teknik *hand lay up* diperlukan ketelitian dalam pengaturan serat untuk menghindari terjadinya area kosong yang terdapat pada komposit agar dapat mengurangi kekuatan pada komposit.
2. Semakin besar fraksi berat serat dalam komposit maka kekuatan Tarik semakin meningkat berlaku pada Fraksi berat 10% sampai fraksi berat 30%. Begitu pula pada kekuatan lentur komposit yang semakin meningkat dengan bertambahnya fraksi berat yang berlaku pada fraksi berat 10% sampai dengan fraksi berat 30%. Dari hasil diatas dapat dikatakan bahwa penambahan serat kulit batang pohon waru dapat mempengaruhi/meningkatkan tegangan tarik dan lentur komposit.
3. Dari foto micro terlihat patahan yang terjadi lebih diakibatkan karena, *Overload*, *debonding*, *pullout* dan *crack deflection*.

#### Daftar Pustaka

- [1] Ryan.I G., 2018, *Pengaruh Fraksi Berat Serat Serabut Kelapa Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan lentur Dari Komposit Serat*. Skripsi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana Badung 2018.

- [2] Joshi A.K., Mamun A.A., Faruk O., 2007, *Abaca Fibre Reinforced PP Composites and Comparison with Jute and Flax Fibre PP Composites*. *Express Polymer Letters*, Vol.1, No. 11, 755-762.
- [3] Jamasri, Diharjo, K., Handiko, G.W., 2005, *Studi Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Komposit Limbah Serat Sawit Poliester*. *Prosiding SNTTM-IV*, G3, 23-28
- [4] Surata I W., Lokantara. I P., Arimbawa A. P.,2016 . *Studi Sifat Mekanis Komposit Epoxy Berpenguat Serat Sisal Orientasi Cak Yang Di Cetak Dengan Teknik Hand Lay-up*. *Prosiding Konferensi National Engineering Perhotelan VII-2016* 22 September 2016.
- [5] Jones, M.R.,1975, *Mechanics of Composite Material*, Mc Graww Hill Kogakusha, Ltd.
- [6] Sudirsa IG.,2018, *Pengaruh Fraksi Berat Serat Daun Nanas Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Lentur Dari Komposit Serat*. Skripsi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana Badung 2018.
- [7] Muellerntao, S., 2001, *Fracture Properties of Bamboo*, Gunma University, Journal Composite Part B 32, pp 451-459

	<p><b>Dwiki Marsetio Widagdo</b> menyelesaikan studi program sarjana di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2013 sampai 2018. Telah menyelesaikan studi program sarjana S1 dengan topik penelitian "Pengaruh Berat Serat Kulit Pohon Waru Doyong Terhadap Kekuatan Trik Dan Kekuatan Lentur Dari Komposit".</p>
<p>Area penelitian yang diminatis adalah Rekayasa Material dan Pengujian</p>	