

# Pengaruh Perendaman Terhadap Sifat Mekanik Komposit Polyester Berpenguat Serat Buah Lontar

<sup>1)</sup>Murizal Matasina, <sup>2)</sup>Kristomus Boimau, <sup>3)</sup>Jahirwan U.t Jasron  
<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana  
Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang NTT  
Email: boimau\_mesinunc@yahoo.com

## ABSTRAK

Komposit merupakan material teknik yang dibuat melalui penggabungan dua macam bahan yang mempunyai sifat berbeda menjadi satu material baru dengan sifat yang berbeda pula. Serat alam sebagai penguat komposit yaitu lebih ramah lingkungan dan mudah terurai, selain itu komposit serat alam juga mempunyai daya redam lebih tinggi dibandingkan komposit serat glass dan serat karbon, serta serat alam lebih ekonomi dibanding serat glass dan serat karbon. Permasalahan dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh perendaman terhadap sifat mekanik komposit polyester berpenguat serat buah lontar dengan fraksi volume serat 40%. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui Pengaruh Perendaman Terhadap Sifat Mekanik Komposit Polyester Berpenguat Serat Buah Lontar. Arah orientasi serat adalah acak dengan perendaman pada air, air laut, dan dibiarkan pada udara bebas dengan variasi waktu 10, 20, dan 30 hari. Proses pencetakan menggunakan proses hand lay up. Proses pembentukan spesimen uji tarik menggunakan standar ASTM D638 sedangkan spesimen uji bending menggunakan standar ASTM D790. Kadar air komposit cenderung meningkat seiring dengan semakin lamanya waktu perendaman, kenaikannya 8,70 % untuk spesimen uji bending dan 7,021 % untuk spesimen uji tarik. Kekuatan tarik dan bending komposit serat lontar mengalami penurunan akibat bertambahnya kadar air. Lingkungan berair dan ruang terbuka memberikan pengaruh yang hampir sama terhadap penurunan kekuatan tarik dan bending komposit. dari hasil foto makro terdapat patah getas dan debonding.

**Kata Kunci:** Komposit, Serat buah lontar, Kekuatan Tarik, Kekuatan Bending, Perendaman

## ABSTRACT

*Composites are engineering materials made through the merger of two kinds of material's having different properties into a new material with different properties. Natural fibers as reinforcement composite is more environmentally friendly and easily biodegradable, natural fiber composites in addition it also has a higher damping power than glass fiber composites and carbon fiber, as well as natural fibers are more economical than glass fiber and carbon fiber. The problem of this study is how the effect of soaking on mechanical properties of lontar fiber reinforced polyester composite with 40% volume fraction of fiber. The aim of this study was to determine the effect of sub mergence on Mechanical Properties of Composite Polyester reinforced Papyrus Fiber. Direction of fiber orientation is random with immersion in water, sea water, and be left in free water with variation of 10.20, and 30 days. The process of printing by hand lay-up process. The process of forming of the tensile specimens with ASTM Standard D638 while bending specimens with ASTM Standard D790. The water content of the composite tends to increase with increasing duration of immersion time, the increase is 8.70 %. Specimen for bending test and 7.021 % for the tensile test specimen's Tensile strength and bending palm fiber composites decreased due to increasing water content. Aqueous environment and open spaces provide a similar effect to a decrease in tensile and bending strength of the composite. Macro picture of the results are brittle fracture and deboning.*

**Keywords:** Composites, palm fruit fiber, tensile strength, bending strength, immersion.

## PENDAHULUAN

Komposit merupakan material teknik yang dibuat melalui penggabungan dua macam bahan yang mempunyai sifat berbeda menjadi

satu material baru dengan sifat yang berbeda pula. Komposit dari bahan serat terus diteliti dan dikembangkan guna menjadi bahan alternatif pengganti bahan logam, hal ini disebabkan sifat komposit serat yang lebih kuat

dan ringan dibandingkan dengan logam.

Salah satu material komposit yang dikembangkan dan diminati dunia industri yaitu material komposit polyester dengan material pengisi (filler). Bahan komposit yang diperkuat dengan serat merupakan bahan teknik yang banyak digunakan karena kekuatan dan kekakuan spesifik yang jauh di atas bahan teknik pada umumnya, sehingga sifatnya dapat didesain mendekati kebutuhan. Jones, (1975).

Beberapa alasan menggunakan serat alam sebagai penguat komposit yaitu lebih ramah lingkungan dan mudah terurai. dibandingkan serat sintetik, berat jenisnya lebih kecil, dan pada beberapa jenis serat alam mempunyai rasio berat-modulus lebih baik dari serat E-glass, selain itu komposit serat alam juga mempunyai daya redam akustik lebih tinggi dibanding komposit serat glass dan serat karbon, sertaserat alam lebih ekonomis dibanding serat glass dan serat karbon. Mallick, (2007).

Salah satu serat alami yang dapat dimanfaatkan sebagai penguat komposit polimer 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. Tumbuhan jenis ini banyak tumbuh di wilayah Nusa Tenggara Timur, karena didukung oleh kondisi alam dan iklim, oleh karena itu perlu dilakukan kajian pengaruh perendaman terhadap sifat mekanik komposit polimer dengan penguatan serat alam (serat buah lontar), sehingga dapat diketahui perilaku mekanik yang akhirnya bermuara pada analisa kelayakan material komposit tersebut dan prediksi umur pakai sesuai dengan aplikasinya.

## TINJAUAN PUSTAKA

Di dalam dunia industri kata komposit dalam pengertian bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur menjadi satu. Menurut Kaw (1997) komposit adalah struktur material yang terdiri dari dua kombinasi bahan atau lebih, yang dibentuk pada skala makroskopik dan menyatu secara fisika.

Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari *fiber* didalam matrik. Secara alami

serat yang panjang mempunyai kekuatan yang lebih dibanding serat yang berbentuk curah (*bulk*). Serat panjang mempunyai struktur yang lebih sempurna karena struktur kristal tersusun panjang sumbu serat dan cacat internal pada serat lebih sedikit dari pada material dalam bentuk curah. Bahan pengikat atau penyatu serat dalam material komposit disebut matrik. Matrik secara ideal seharusnya berfungsi sebagai penyelubung serat dari kerusakan antar serat berupa abrasi, pelindung terhadap lingkungan (kelembaban), pendukung dan menginfiltrasi serat, transfer beban antar serat, dan perekat serta tetap stabil secara fisika dan kimia setelah proses manufaktur. Matrik dapat berbentuk polimer, logam, karbon, maupun keramik. Purboputro, (2006).

## Pengertian Bahan Komposit

Kata komposit dalam pengertian bahan berarti komposit terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda, yang berbeda atau dicampur secara makroskopis. *Composite* berasal dari kata kerja “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung, Jadi secara sederhana berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut matrik. Di dalam komposit bahan utamanya adalah serat, sedangkan bahan pengikatnya menggunakan bahan polimer yang mudah dibentuk dan mempunyai daya pengikat yang tinggi.

## Jenis Komposit

Secara garis besar komposit diklasifikasikan menjadi tiga jenis (Jones, 1975), yaitu:

- Komposit partikel (Particulate Composites)
- Komposit lapis (Laminates Composites)
- Komposit serat (Fibrous Composites)

## Serat Alam

Serat alam telah digunakan dalam berbagai sektor industri seperti automotif, tekstil, produksi kertas dan dalam material komposit. Terkait dengan penggunaan serat

alam sebagai penguat dalam komposit, serat alam mempunyai keuntungan antara lain kekuatan spesifik dan modulusnya yang tinggi, densitas rendah, harga rendah, melimpah di banyak negara, emisi polusi yang lebih rendah dan dapat di daur ulang. Joshi dkk, (2004).

Serat alam merupakan kelompok serat yang dihasilkan dari tumbuh-tumbuhan, binatang dan mineral. Penggunaan serat alam di industri tekstil dan kertas secara luas tersedia dalam bentuk sutera, kapas (*cotton*), kapuk, rami kasar (*flax*), goni (*jute*), rami halus (*hemp*) dan sisal.

### Serat Buah Lontar

Pohon Lontar (*Borassus Flabellifer*) termasuk tumbuhan monokotil yang tumbuh dan berkembang di daerah-daerah seperti di Nusa Tenggara Timur (NTT), Sulawesi Selatan, dan beberapa daerah lainnya di tanah air. Tidak hanya daun dan batang yang digunakan sebagai atap rumah dan bahan bangunan, nira yang dihasilkan oleh pohon lontar juga sangat besar manfaatnya. Di beberapa daerah, nira tidak hanya dimanfaatkan untuk membuat gula merah atau sekedar diminum sebagai tuak, namun nira juga bisa dimanfaatkan untuk pembuatan *bioetanol* untuk alkohol media.

### Perlakuan Alkali

Perlakuan alkali pada serat alam dilakukan dengan tujuan untuk membersihkan permukaan serat dari kotoran dan getah yang menempel serta mereduksi kandungan air pada serat sehingga ikatan *interfacial* antara serat dan matrik menjadi lebih baik. Pengaruh perlakuan alkali NaOH pada serat alam selulosa menunjukkan peningkatan mutu permukaan serat alami *hydrophilic*. Eichron, dkk, (2001), Mishra, dkk, (2002).

### Efek Hygrothermal

Joan Pere López, Dkk (2012), dua di antara kelemahan dalam penggunaan komposit-komposit berbasis alami di dunia perindustrian

adalah ketidak stabilan suhu dan penyerapan air. Pada penggunaannya, serbuk kayu digunakan untuk menguatkan polipropilena pada satu tingkat yaitu 20 sampai 50 % beratnya. Komposit dicampur dengan menggunakan alat pembengkok baja/besi dan menggabungkannya. *Kalorimeter Peninjau Diferensial* (DSC) dan *Analisis Termogravimeter* (TGA) digunakan untuk menentukan sifat-sifat termal dari komposit-komposit tersebut.

Penyerapan air dinilai dari pencelupan komposit ke dalam air hingga mencapai keadaan yang seimbang. Hasil dari pengujian penyerapan air adalah jumlah penyerapan air bergantung pada serat yang digunakan. Komposit yang diperkuat dengan serbuk kayu memiliki penyerapan air yang lebih rendah jika dibandingkan dengan komposit yang tidak diperkuat dengan serbuk kayu. Penyatuan serbuk kayu ke dalam komponen matrik polipropilena jelas-jelas memberikan efek yang sangat berarti dengan peningkatan derajat kristalinitas dari polimer dan juga diikuti dengan peningkatan suhu dari polimer.

### Resin Polyester

Resin polyester adalah resin cair dengan viscositas rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengetesan seperti banyak resin lainnya. Sifat resin ini kaku dan rapuh. Mengenai sifat termalnya, karena mengandung *monomer stiren*, maka suhu *deformasi termal* lebih rendah dari resin *thermoset* lainnya dan ketahanan panas jangka panjangnya kira-kira 110-140<sup>0</sup>C, ketahanan dingin adalah baik secara relatif, sifatnya lebih baik di antara resin *thermoset*.

Mengenai ketahanan kimianya, pada umumnya kuat terhadap asam kecuali asam pengoksid, tetapi lemah terhadap alkali. Bila dimasukkan ke dalam air mendidih untuk waktu yang lama (300 jam), bahan akan pecah dan retak-retak. Bahan ini mudah mengembang dalam pelarut, yang melarutkan polimer stiren. Kemampuan cuaca sangat baik. Tahan terhadap kelembapan dan sinar *ultraviolet* bila dibiarkan di luar, tetapi sifat tembus cahaya permukaan rusak dalam beberapa tahun, secara luas

digunakan untuk konstruksi sebagai bahan komposit, penggunaan resin dapat dilakukan dari proses *hand lay up* sampai dengan proses yang kompleks yaitu dengan proses mekanik, resin banyak digunakan dalam aplikasi komposit pada dunia industri dengan pertimbangan harga relatif murah, *curing* yang tepat, warna jernih, kestabilan dimensional, dan mudah penanganannya. Billmeyer, (1984).

### Karakteristik Material Komposit

Salah satu faktor yang sangat penting dalam menentukan karakteristik material komposit adalah kandungan atau persentase antara matriks dan serat. Sebelum melakukan proses pencetakan komposit, terlebih dahulu dilakukan penghitungan mengenai fraksi volume serat ( $V_p$ ), dan massa serat ( $m_{\text{serat}}$ ). (Mallick, 1962)

### Bahan Matrik

Dalam komposit terdapat dua atau lebih fase yang dipisahkan oleh lapisan pembatas, Lapisan ini penting untuk membedakan material penyusunnya. Material penyusun yang mempunyai sifat kontinyu dan sering memiliki jumlah yang lebih besar pada komposit disebut matriks. Sifat-sifat matriks inilah yang biasanya meningkat ketika digabungkan dengan material penyusun lain untuk membentuk komposit. Sebuah komposit bisa memiliki matriks dalam bentuk keramik, logam, maupun polimer, sedangkan material penyusun lainnya adalah material penguat (*reinforcement*) yang bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik dari matriks tersebut.

### Kekuatan Tarik Komposit

Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat mekanik bahan yang dapat diketahui melalui pengujian tarik. Dari pengujian ini dapat diketahui sifat mekanik material yang sangat dibutuhkan dalam desain rekayasa. Hasil pengujian ini dapat ditampilkan dalam grafik tegangan regangan. Perhitungan beban dan *elongation* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\dagger = \frac{F}{A_0} \quad (1)$$

dimana:

$\dagger$  = *Engineering Stress* (Tegangan) (MPa)

F = Beban (N)

$A_0$  = Luas penampang mula-mula diberikan pembebanan ( $\text{mm}^2$ ) *Engineering Strain* (Regangan)

$$= \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{L}{l_0} \quad (2)$$

dimana:

$\dagger$  = *Engineering Strain* (Regangan)

$l_0$  = Panjang mula-mula spesimen sebelum diberikan pembebanan (mm)

$l_1$  = Panjang spesimen setelah ditarik (mm)

L = Pertambahan panjang (mm)

### Kekuatan Bending

Uji lengkung (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan. Untuk mengetahui kekuatan bending satu komposit dapat dilakukan dengan pengujian bending terhadap material komposit tersebut. Kekuatan bending atau kekuatan lengkung adalah tegangan bending terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi atau kegagalan. Besar kekuatan bending tergantung pada jenis material dan pembebanan.

Kekuatan bending dapat dirumuskan sebagai berikut (Gibson, 1994):

$$\dagger_b = \frac{\frac{PL}{4} \cdot X \cdot \frac{1}{2} \cdot d}{b \cdot X \cdot d \cdot \frac{1}{12}} \quad (3)$$

$$b = \frac{12 \cdot P \cdot L \cdot d}{8 \cdot b \cdot d^3} \quad (4)$$

$$b = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} \quad (5)$$

Pada perhitungan kekuatan bending ini, digunakan persamaan yang ada pada standar ASTM D790. Sama seperti pada persamaan di atas yaitu :

$$S = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} \quad (6)$$

dimana:

S = Tegangan bending ( MPa )

d = Tebal / *Depth* ( mm )

P = Beban / *Load* ( N )

L = Panjang Span / *Support span* ( mm )

b = Lebar / *Width* ( mm )

### Fraksi Volum Komposit

Salah satu faktor penting yang menentukan karakteristik mekanik dari komposit yaitu perbandingan serat dan matriksnya. Umumnya perbandingan ini dapat ditunjukkan dalam bentuk fraksi volume serat ( $V_f$ ) atau fraksi berat serat ( $w_f$ ). Namun formulasi kekuatan komposit lebih banyak menggunakan fraksi volume serat. Menurut Gibson (1994), fraksi volume serat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut:

$$V_c = V_f + V_m + V_v \quad (7)$$

$$V_f + V_m + V_v = 1 \quad (8)$$

Dimana:

$V_f$  = Fraksi volume serat

$V_m$  = Fraksi volume matrik

$V_v$  = Fraksi volume *void*

jika diketahui densitas serat:

$$\rho_c V_c = \rho_f V_f + \rho_m V_m \quad (9)$$

Dalam bentuk volume (Ronald F. Gibson, 1994)

$$V_f = \frac{c}{f} \cdot W_f \quad (10)$$

$$V_m = \frac{c}{m} \quad (11)$$

Analisis teoritis tentang karakteristik mekanik komposit biasanya didasarkan pada asumsi bahwa ikatan antara serat dan matrik terjadi secara sempurna. Walaupun dalam kenyataannya tidak demikian, karena pergeseran antara muka dan deformasi pasti terjadi dalam komposit. Akibat diberi pembebanan maka akan terjadi pergeseran antara serat dan matrik akibat lunaknya ikatan *interfacial* serat-matriks.

### Penyerapan Uap Air (*Water Absorption*)

Ketahanan material komposit pada

lingkungan yang berair sangat ditentukan oleh kemampuan komposit untuk menyerap air dari lingkungan. Semakin banyak air yang diserap menunjukkan ikatan *interfacial* serat dan matriks yang kurang kuat, begitu juga sebaliknya.

Pengujian *water absorption* dilakukan untuk mengetahui penyerapan air optimum yang dimiliki komposit yang seratnya mengalami perlakuan alkali maupun serat komposit yang tidak mengalami perlakuan. Dengan merendam komposit dalam air dengan waktu tertentu, dapat diketahui besaran jumlah air yang terserap ke dalam komposit. Selanjutnya pertambahan berat komposit dicatat kemudian dihitung persentasenya dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$WA = \frac{Ba - Bm}{Bm} \times 100\%$$

Dimana :

Wa = *Water Absorption* (%)

Ba = Berat akhir (gram)

Bm = Berat mula-mula (gram)

## METODOLOGI PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah : Serat buah lontar, *Resin Polyester*, Katalis atau *hardener*, *Wax mirrorglass*. Peralatan pendukung lainnya.

### Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen, yaitu suatu metode yang dilakukan dengan melakukan percobaan terhadap objek bahan penelitian.

### Spesimen Uji

#### *Spesimen Uji Tarik*

Pengujian kekuatan tarik matriks dan komposit biasanya memakai standar ASTM D638.

#### *Spesimen Uji Bending*

Pengujian bending menggunakan standar uji ASTM D790.

## Prosedur Penelitian

### Langkah- Langkah Pembuatan Komposit Serat Buah Lontar

Sebelum memulai proses pencetakan komposit terlebih dahulu dibuatkan alat cetaknya. Selanjutnya dilakukan penimbangan serat buah lontar dengan fraksi volume 40%. Matriks yang digunakan adalah resin polyester dan katalis atau *hardener*. Langkah selanjutnya siapkan alat cetak spesimen yang sudah dibaluti dengan isolasi dan diolesi *wax mirrorglass* agar pada saat proses pencetakan *resin polyester* tidak melekat pada cetakan. Kemudian campurkan resin *polyester* dan katalis atau *Hardener*. Oleskan campuran resin *polyester* dan katalis hingga merata kedalam cetakan dengan menggunakan kuas. Serat dan *resin polyester* yang sudah dicampur katalis dimasukkan kedalam cetakan yaitu dengan cara resin- serat, resin- serat. Lakukan pengepresan dengan mengencangkan baut pengikat yang terdapat pada alat cetak secara merata agar tidak terjadi pengelembungan udara yang mengakibatkan penurunan kekuatan bahan.

Biarkan spesimen mengering selama sehari, kemudian bentuk spesimen uji sesuai dengan standart ASTM D 638 (untuk uji *tarik*) dan standart ASTM D790 (untuk uji *bending*).

## Prosedur Pengujian

### Prosedur Pengujian Bending

Uji lengkung (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji *bending* digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan dari spesimen.

Mesin yang digunakan dalam pengujian *bending* adalah *Torse Universal Testing Machine* tipe AMU-5-DE di Laboratorium Ilmu Bahan S1 Teknik Mesin UGM.

Pada penelitian ini pengujian dilakukan dengan metode pembebanan tiga titik (*three point bending*). Untuk persiapan spesimen uji *bending* dapat dilakukan sama dengan cara persiapan uji *tarik*, tahapan pengujian adalah sebagai berikut :

- Mengukur dimensi spesimen meliputi

panjang, lebar dan tebal.

- Mengeset lebar span tumpuan sesuai dengan benda specimen.
- Mengeset tumpuan tepat pada tengah-tengah indenter.
- Pemasangan specimen uji pada tumpuan.
- Mengeset indenter hingga menepel pada specimen uji dan mengeset skala beban dan dial indicator pada posisi nol.
- Pembebanan *bending* dengan kecepatan konstan
- Mencatat besarnya penambahan beban yang terjadi pada specimen setiap kali terjadi penambahan defleksi sampai terjadi kegagalan.

### Prosedur Pengujian Tarik

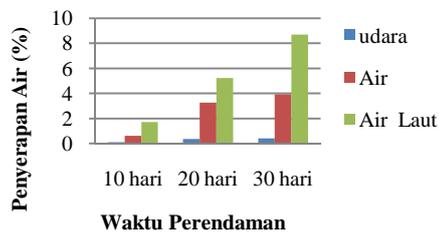
Pada penelitian ini mesin uji yang digunakan adalah mesin Pengujian tarik dengan menggunakan mesin uji tarik servopulser. Tahapan yang dilakukan pada saat melakukan pengujian tarik :

- Ukur panjang uji dan penempang uji sebelum diuji.
- Siapkan mesin uji tarik yang digunakan.
- Masukkan dan seting kertas milimeter-blok diatas mesin plotter.
- Pasang spesimen tarik dan pastikan terjepit dengan betul.
- Jalankan mesin uji tarik.
- Setelah patah, hentikan proses penarikan secepatnya, catat gaya tarik maksimum dan pertambahan panjangnya.
- Ambil hasil rekaman mesin plotter dari proses penarikan yang tertuang dalam kertas milimeter-blok.

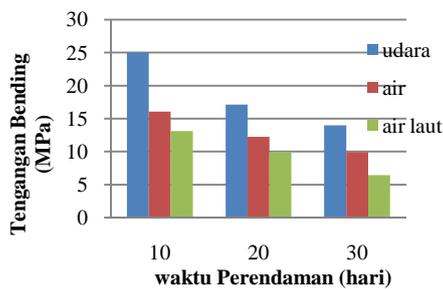
## PEMBAHASAN

### Pengaruh perendaman terhadap Kekuatan Bending Pada Spesimen Uji Bending

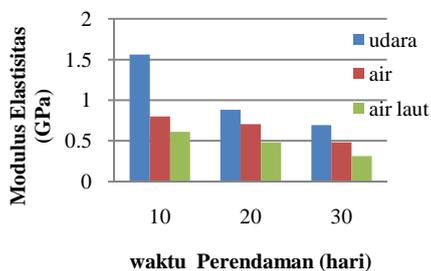
Dari hasil perhitungan penyerapan air dan uap air pada spesimen uji *bending* kemudian di tampilkan dalam bentuk grafik, seperti pada gambar di bawah ini.



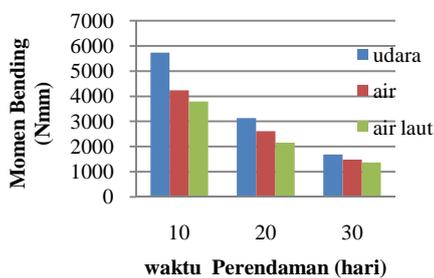
**Gambar 1.** Grafik Hubungan Antara Penyerapan Air Terhadap Lamanya Perendaman



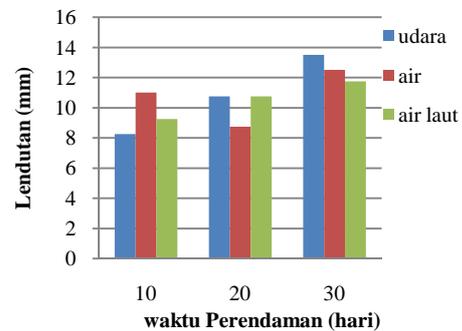
**Gambar 2.** Grafik Hubungan Antara Waktu Perendaman Dengan Tegangan Bending Komposit Serat Buah Lontar.



**Gambar 3.** Grafik Modulus Elastisitas Bending Komposit Serat Buah Lontar



**Gambar 4.** Grafik Hubungan Antara Waktu Perendaman Dengan Momen Bending Komposit Serat Buah Lontar



**Gambar 5.** Grafik Hubungan Antara Waktu Perendaman Dengan Lendutan Bending Komposit Serat Buah Lontar

Dari Gambar 1 di atas dapat dijelaskan bahwa persentase pengaruh penyerapan air pada komposit polimer yang diperkuat serat buah lontar yang diberi perlakuan perendaman dalam air dan air laut mengalami penambahan berat, sedangkan yang dibiarkan pada udara terbuka mengalami penurunan berat. Penambahan berat tersebut disebabkan oleh karena adanya void pada spesimen sehingga air terdifusi ke dalam spesimen, namun persentase penyerapan air pada air laut meningkat tinggi yakni 8,70 % dan untuk air, tidak terlalu besar yakni hanya 3,91 %. Sebaliknya untuk spesimen yang dibiarkan di udara ternyata mengalami dehidrasi. Hal ini disebabkan karena kadar air atau minyak yang terkandung dalam spesimen berkurang akibat panas matahari pada siang hari, keragaman data penyerapan air disebabkan karena ketidakteraturan kerapatan spesimen saat dicetak, sehingga tingkat penyerapan pun berbeda. Namun dari gambar terlihat bahwa semakin lama waktu perendaman maka penyerapan air pun semakin tinggi.

Gambar 2 di atas tampak bahwa nilai kekuatan bending dibiarkan pada udara bebas selama 10 hari sebesar 25.0149 MPa, namun setelah 30 hari direndam dalam air menurun menjadi 9,8992 MPa dan pada air laut menurun menjadi 6,4576 MPa. Pada gambar di atas menunjukkan bahwa, pengaruh perendaman membuat nilai kekuatan bending untuk semua jenis perlakuan 10, 20 dan 30 hari terjadi penurunan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena terdifusinya air ke dalam komposit

sehingga ikatan *interfacial* serat matriks menjadi lemah dan juga ketidakseragaman spesimen uji dari berbagai aspek terutama hasil cetakan.

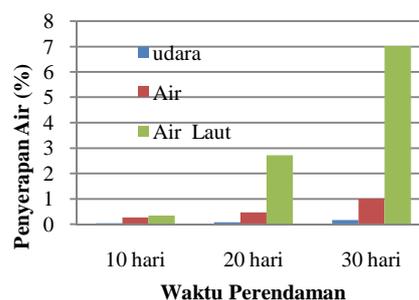
Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin cepat waktu perendaman, maka modulus elastisitas bending juga semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena nilai modulus berbanding lurus dengan nilai beban sehingga dengan meningkatnya besar beban pengujian seperti terlihat pada table maka modulus pun ikut meningkat. Selain itu semakin lama perendaman maka, modulus elastisitas bending semakin menurun, hal ini disebabkan karena terdifusinya air kedalam komposit sehingga ikatan *interfacial* serat matriks menjadi lemah. Sedangkan pada komposit yang dibiarkan di udara terbuka, menyebabkan komposit semakin berkurang kadar airnya sehingga mudah retak saat dikenai beban.

Gambar 4, menunjukkan bahwa pada komposit serat buah lontar dibiarkan pada udara bebas selama 10 hari memiliki nilai momen paling tinggi yaitu: 5730,675 Nmm, sedangkan yang terendah terjadi pada perlakuan perendaman air laut selama 30 hari dengan nilai sebesar 1373,4 Nmm dan juga tampak bahwa momen bending cenderung naik seiring dengan semakin singkatnya waktu perendaman. Hal ini diakibatkan oleh semakin sedikit penyerapan air maupun semakin sedikit komposit terkena sinar matahari, sehingga beban yang dibutuhkan untuk melendutkan specimen uji pun semakin besar. Akibat Pembebanan yang diberikan terhadap specimen uji dengan metode pembebanan *three point bending*, maka specimen uji mengalami lendutan yang besarnya berbeda-beda, seperti pada Gambar 5, terlihat bahwa komposit dengan perlakuan selama 30 hari memiliki lendutan yang lebih besar dibandingkan dengan komposit dibiarkan pada udara bebas selama 10 hari. Hal ini disebabkan karena komposit yang dibiarkan pada udara bebas selama 10 hari memiliki nilai modulus elastisitas yang lebih tinggi sehingga lendutannya lebih kecil, dari gambar juga dapat dilihat selisih nilai kekuatannya ada yang tinggi dan ada juga yang rendah nilainya, hal ini terjadi karena pada waktu pencetakan komposit campuran serat dan matriks tidak tercampur secara merata dan

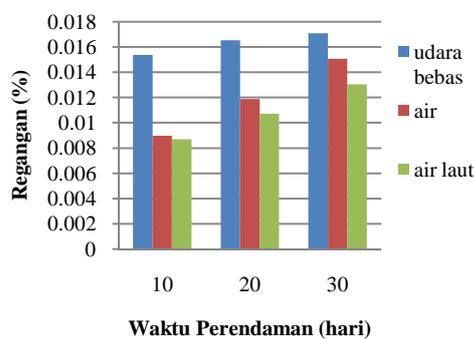
ukuran tebal dan lebar spesimen tidak sama sehingga menyebabkan kekuatan komposit bervariasi.

### Pengaruh perendaman terhadap Kekuatan tarik Pada Spesimen Uji Tarik

Dari hasil perhitungan penyerapan air dan uap air pada spesimen uji tarik kemudian di tampilkan dalam bentuk grafik, seperti pada gambar di bawah ini.



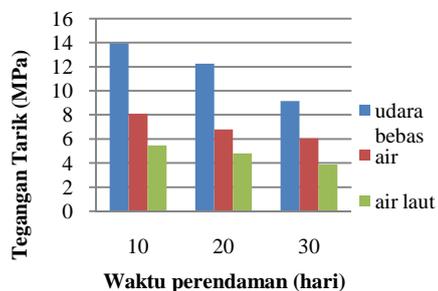
Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Penyerapan Air Terhadap Lamanya Perendaman



Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Waktu Perendaman Dengan Regangan Tarik Komposit Serat Buah Lontar.

Dari gambar 6 di atas dapat dijelaskan bahwa persentase penyerapan air pada komposit polimer yang diperkuat serat lontar yang diberi perlakuan perendaman terhadap air dan air laut mengalami penambahan berat, sedangkan yang dibiarkan pada udara bebas mengalami penurunan berat. Penambahan berat tersebut disebabkan oleh karena adanya void pada spesimen sehingga air terdifusi ke dalam spesimen, persentase penyerapan air komposit serat lontar, yakni 1,00 % untuk air dan 7,021

% untuk spesimen yang direndam dalam air laut. Sebaliknya untuk spesimen yang dibiarkan di udara terbuka ternyata mengalami dehidrasi. Hal ini disebabkan karena kadar air atau minyak yang terkandung dalam spesimen berkurang akibat panas matahari pada siang hari. Keragaman data penyerapan air disebabkan karena ketidakseragaman kerapatan spesimen saat dicetak, sehingga tingkat penyerapan pun berbeda. Namun dari gambar terlihat bahwa semakin lama waktu perendaman maka penyerapan air pun semakin tinggi.



**Gambar 8.** Grafik Hubungan Antara Waktu Perendaman Dengan Regangan Tarik Komposit Serat Buah Lontar.

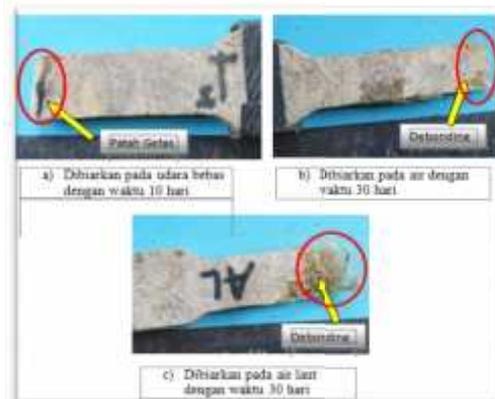
Gambar 7 terlihat bahwa komposit yang direndam dalam air biasa dan air laut mengalami penurunan kekuatan tarik sebesar yakni dari 13,969 Mpa menurun hingga 2,556 MPa sedangkan komposit yang dibiarkan pada udara terbuka menurun dari 13,969 Mpa menjadi 9,145 Mpa.

Gambar 8, terlihat bahwa nilai regangan tarik yang tertinggi terdapat pada perlakuan penyerapan pada air laut yaitu dengan waktu 10 hari dengan regangan tariknya sebesar 0,782 %, sedangkan yang paling rendah dibiarkan pada udara bebas selama waktu 10 hari dengan regangan tariknya sebesar 0,031 %. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu perendaman atau semakin tinggi penyerapan air yang digunakan maka regangan komposit akan semakin meningkat atau berbanding terbalik dengan tegangan, akibat gaya yang diterima atau beban yang diterima sehingga membuat komposit menjadi getas dan mudah untuk patah.

Data ini menggambarkan bahwa

lingkungan air dapat menyebabkan kekuatan tarik menurun akibat terdifusinya air ke dalam komposit sehingga ikatan *interfacial* serat matriks menjadi lemah. Sedangkan pada komposit yang dibiarkan di udara terbuka, menyebabkan komposit semakin berkurang kadar airnya sehingga mudah retak saat dikenai beban. Dan dari gambar juga dapat dilihat selisih nilai kekuatannya ada yang tinggi dan ada juga yang rendah nilainya, hal ini terjadi karena pada waktu pencetakan komposit campuran serat dan matriks tidak tercampur secara merata dan ukuran tebal dan lebar spesimen tidak sama sehingga menyebabkan kekuatan komposit bervariasi.

### Foto Makro Patahan Spesimen Uji Tarik



**Gambar 9.** Patahan Spesimen Akibat Pengujian Tarik

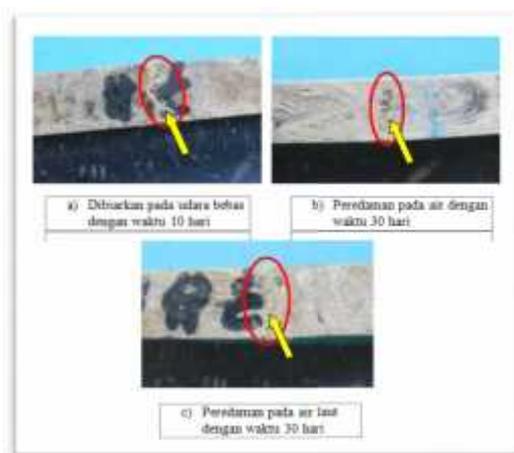
Dari foto penampang patahan pada gambar di atas, tampak bahwa patahan pada Gambar 9 a) dibiarkan pada udara bebas dengan waktu 10 hari terdapat patah getas, Ini dikarenakan ikatan antara serat dengan matriks yang kuat ditunjukkan dengan patahnya komposit secara rata pada permukaannya dengan tidak adanya serat. Ikatan yang terjadi antara serat dengan matriks memungkinkan terjadi penguatan oleh serat pada komposit, karena sifat matriks yang getas mampu direduksi oleh sifat serat yang kuat dan sifat serat yang elastis.

Pada Gambar 9 (b) dan (c) perendaman pada air dan air laut dengan waktu 30 hari terlihat adanya serat yang terlepas dari matriks (*debonding*). Ini dikarenakan akan terdapat void/

pori-pori yang menyebabkan resin *polyester* tidak biasa menempel pada serat dengan sempurna. Penambahan katalis pada komposit yang membuat reaksi berlangsung cepat sehingga resin *polyester* cepat mengental dan tegangan permukaan menjadi tinggi mengakibatkan *adhesi* (perkatan) dan *adsorpsi* (penyerapan) antara serat dan matriks kurang kuat. Hal ini disebabkan karena proses pencetakan komposit dibuat menyerupai lempengan (*Laminated*), sehingga terjadi delaminasi atau resin tidak sempurna membasahi serat saat proses pencetakan sehingga menyebabkan serat mudah terlepas dari matriksnya yang pada akhirnya memberikan dampak terhadap kekuatan mekanik komposit yang rendah pada spesimen uji.

#### Foto Makro Patahan Spesimen Uji Bending

Selain itu, foto makro juga dilakukan untuk melihat patahan spesimen hasil pengujian *bending*. Foto-foto makro tersebut dapat dilihat pada Gambar 10 di bawah ini:



Gambar 10 Patahan Spesimen Akibat Pengujian Bending

Gambar 10 (a) perlakuan yang dibiarkan pada udara bebas dengan waktu 10 hari tidak terjadi patahan atau rusaknya spesimen pada waktu dilakukan pengujian bending, ini dikarenakan rusak yang terjadi hanya pada bagian dalam dari spesimen tersebut. Maka dengan lebih besarnya tegangan yang terjadi

pada permukaannya, berarti kegagalan yang terjadi lebih besar kedalamnya, meskipun kerusakannya tidak begitu tampak pada spesimen.

Gambar 10 (b) dan (c), dibiarkan pada air dan air laut dengan waktu 30 hari menunjukkan bahwa kegagalan pada pengujian bending. Ketika diuji bending, semua titik pada spesimen akan mengalami tegangan yang besarnya berbeda. Pada umumnya kelemahan komposit terhadap beban bending terletak pada lapisan skin/ permukaan komposit serat bagian bawah pada spesimen.

Kekuatan menahan beban maksimum terjadi pada komposit skin bagian bawah pada komposit. Setelah skin bawah tidak mampu menahan beban, terjadi retakan pada skin bawah tersebut, dan merupakan retakan awal pada komposit. Setelah skin bagian bawah patah/retak, kekuatan menahan beban menurun drastis. Retak selanjutnya merambat ke bagian dalam komposit. Kemampuan menahan beban akan semakin menurun ketika retak sudah mencapai bagian dalam pada komposit. Pada pengujian bending bahan komposit, spesimen tidak patah seperti pada pengujian bending bahan logam, hal ini dikarenakan struktur bahan komposit tidak homogeny karena tersusun dari serat dan matriks.

Pada waktu dilakukan pengujian bending, defleksi yang ditunjukkan pada *dial indicator* akan terus naik bersamaan dengan besarnya beban yang diberikan pada spesimen, namun sebelum spesimen sampai patah atau pun rusak, defleksi pada *dial indicator* sudah menunjukkan penurunan beban, ini menunjukkan bahwa beban maksimal telah didapatkan dengan menurunnya grafik beban yang diberikan.

#### KESIMPULAN

Dari data-data hasil perhitungan yang diperoleh dari pengujian tarik dan bending komposit polyester berpenguat serat buah lontar, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Kadar air komposit cenderung meningkat seiring dengan semakin lamanya waktu perendaman, kenaikannya 8,70 % untuk spesimen uji bending dan 7,02 % untuk spesimen uji tarik

- Kekuatan tarik dan bending komposit serat lontar mengalami penurunan akibat bertambahnya kadar air.
- Lingkungan berair dan ruang terbuka memberikan pengaruh yang hampir sama terhadap penurunan kekuatan tarik dan bending komposit.

#### SARAN

Adapun beberapa saran yang perlu diperhatikan dari proses pencetakan komposit, antara lain :

- Proses pembuatan komposit serat harus benar-benar diperhatikan, sehingga dapat menghasilkan komposit dengan kekakuan dan kekuatan yang tinggi.
- Bagi mahasiswa yang ingin melakukan penelitian lanjutan sebaiknya memperhatikan jumlah katalis atau *hardener* yang akan dicampurkan bersama resin, karena jumlah katalis yang cukup menentukan kekuatan dari komposit.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdalla A. Ab. Rashdi, (2010), Perilaku Penyerapan Air Komposit Polyester diperkuat dan Kenaf Pengaruhnya Terhadap Sifat Mekanik, *Department of Mechanical and Manufacturing Engineering, Department of Biological and Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Universiti Putra Malaysia*
- [2] Boimau, K., 2009 "Karakterisasi Sifat Tarik dan Topografi Permukaan Serat Buah Lontar Yang Diberi Perlakuan Alkali", Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII, ISBN 978-979-704-722-6, Hal. 711-717, Universtas Diponegoro-Semarang
- [3] Boimau, K., dan Limbong, I., 2010 "Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Dengan Penggunaan Serat Buah Lontar" Prosiding Seminar Nasional Teknologi Ramah Lingkungan dalam Pembangunan Berkelanjutan, ISBN 978-979-3984-30-8, ITN- Malang.
- [4] Boimau, K., dan Rochardjo, Heru. S. B., (2006), Pengaruh kadar Air Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Geser *Interfacial* Serat Rami Yang Diberi Perlakuan Alkali, Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) V, Universitas Indonesia.
- [5] Clyne, T. W., and Jones, F. R., (2001), *Composites Interface, Encyclopedia of Materials: Science and Technology*", Elsevier
- [6] Diharjo, K., Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester. *Jurnal Teknik Mesin*, 2006, vol. 8, No. 1, hal. 8-13, Fak.Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra
- [7] Eichron, dkk, 2001, Mishra, dkk, (2002), Pengaruh Perlakuan Alkali NaOH Pada Serat Alam Selulosa Menunjukkan Peningkatan Mutu Permukaan Serat Alami *Hydrophilic*
- [8] Gibson, F, Ronald (1994). *Principle Of Composite Material Mechanics*, McGraw-Hill Inc.
- [9] Hartanto, Ludi, 2009. Study Perlakuan Alkali dan Fraksi Volume Serat Terhadap kekuatan Bending, Tarik, dan Impak Komposit Berpenguat Serat Rami Bermatriks *Polyester BQTN 157* Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Surakarta
- [10] Jones, M. R.,1975, *Mechanics of Composite Material*, Mc Graww Hill Kogakusha, Ltd.
- [11] Joshi dkk, 2004; Li dkk. 2008; Mukhopadhyay dkk. 2009, Serat Alam Mempunyai Keuntungan Antara Lain Kekuatan Spesifik dan Modulusnya Yang Tinggi, Densitas Rendah, Harga Rendah, Melimpah Di Banyak Negara, Emisi Polusi Yang Lebih Rendah dan Dapat Didaur Ulang
- [12] Lokantara, I Putu., (2012). Analisa Kekuatan Impak Komposit Polyester-Serat Tapis Kelapa Dengan Variasi Panjang Dan Fraksi Volum Serat Yang Diberi Perlakuan NaOH. *Jurnal Dinamika*

- Teknik Mesin. (15 Oktober 2012, 10.00 pm).
- [13] Lokantara, I.Putu, Suardana, P. G. N, Karohika, G.M., (2009) Efek Fraksi Volume Serat Dan Penyerapan Air Tawar Terhadap Kekuatan Bending Komposit Tapis Kelapa/*Polyester*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M Vol. 3 No.2. Oktober 2009 (12 Januari 2013, 11.00 pm)
- [14] Lokantara, P. I., I Made Gatot Karohika., dan Ari Pua Susanta. 2011, Pengaruh Variasi Fraksi Volume Dan Panjang Serat Terhadap Kekuatan Impact Komposit Polyester Serat Tapis Kelapa Dengan Perlakuan NaOH, Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) X, Universitas Udayana.
- [15] Purbobutro, Pramuko, (2006). Pengaruh Panjang Serat terhadap Kekuatan Impact Komposit Eceng Gondok dengan Matriks *Polyester*, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- [16] Putu Lokantara, dan Ngakan Putu Gede Suardana, dan Made Gatot Karohika, Nanda, (2010). Pengaruh Panjang Serat pada Temperatur Uji yang Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik Komposit *Polyester* Serat Tapis Kelapa.
- [17] Roe PJ. Dan Ansell MP, (1985) “*Jute Reinforced Polymer Composites*”, *Journal Of Materials Science* 20, pp. 4015 4020,
- [18] Rowell, R. M., dan Han, J.S., (2000), *Characterization and Factors Effecting Fiber Properties, Natural Polymer and Agrofiber Composite*, Brasil.
- [19] Rusmiyanto Fandhy, (2007), Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending Komposit *Nylon/Epoxy Resin Serat Pendek Random*. Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- [20] Thwe, M.M. and Kin, L. (2002). *Effects of environmental ageing on the mechanical properties of bamboo-glass fibre reinforced polymer matrix hybrid composites. Composites Part A*, 33, 43-52.
- [21] Wallenberger, F. T. and Weston, N. (2004). *Natural Fibers, Plastics and Composites Natural*. Materials Source Book from C.H.I.P.S. Texas
- [22] Wang, B., Panigrahi, S., Tabil, L., Crerar, W.J., Powell, T., Kolybaba, M., and Sokhansanj, S., 2003, *Flax Fiber-Reinforced Thermoplastic Composites*, Journal The Society for Eng. in Agricultural, Food, and Biological Systems, Dep. of Agricultural and Bioresource Eng. Univ. of Saskatchewan., 57 Campus Drive, Saskatoon, SK, Canada
- [23] Yang, G.C., Zeng, H.M., L.J., Jian, N.B. and Wb, Z. (1996). *Relation of modification and tensile properties of sisal fibre*. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 35, 53-57