

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI TEKAN DAN IMPAK KOMPOSIT  
HYBRID SERAT IJUK ACAK/SERAT GELAS ANYAM BERMATRIKS  
EPOKSI**

**Yodya Fadillah Hamzah**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

e-mail: yodyafadillah@gmail.com

**INTISARI**

Perkembangan material maju saat ini telah mengalami berbagai kendala seperti penyediaannya yang terbatas, tingginya biaya produksi, dampak penggunaannya pada lingkungan, dan limbahnya yang sulit terdegradasi oleh alam. Oleh karena itu diperlukan suatu material baru yang dapat dibuat sesuai dengan kebutuhan seperti komposit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi lapisan serat gelas terhadap karakteristik tekan dan impak komposit *hybrid* serat ijuk acak/serat gelas anyam bermatrik epoksi.

Pembuatan komposit *hybrid* serat ijuk acak/serat gelas anyam bermatrik epoksi dicetak dengan metode *press mold*. Spesimen uji dibuat dengan standar ASTM D3410 untuk spesimen tekan dan ASTM D256 untuk spesimen impak. Fraksi volume serat total dibuat tetap 0,40 dengan lima variasi lapisan serat gelas yaitu: tanpa lapis, lapis 1, lapis 2, lapis 3, lapis 4 dan variasi pengujian tekan dan impak.

Dari hasil pengujian tekan didapatkan bahwa kuat tekan terbesar diperoleh pada variasi dengan 4 lapisan serat gelas yaitu sebesar 29,80 MPa dan kuat tekan terkecil diperoleh pada tanpa lapis serat gelas yaitu sebesar 18,86 MPa, regangan tekan terbesar diperoleh pada variasi lapisan serat dengan 1 lapisan serat gelas yaitu sebesar 0,464 mm/mm dan regangan tekan terkecil diperoleh pada lapisan serat gelas tanpa lapis yaitu sebesar 0,311 mm/mm, modulus elastisitas terbesar diperoleh pada variasi dengan 4 lapisan serat gelas yaitu sebesar 2875,55 MPa dan modulus elastisitas terkecil diperoleh pada variasi tanpa lapisan serat gelas yaitu sebesar 915,015 MPa. Sedangkan dari pengujian impak didapatkan hasil Ketangguhan impak terbesar diperoleh pada variasi dengan 3 lapisan serat gelas yaitu sebesar 0,1008 J/mm<sup>2</sup> dan kemudian menurun pada variasi dengan 4 lapisan serat gelas yaitu sebesar 0,882 J/mm<sup>2</sup>. Ketangguhan impak komposit optimum pada 3 lapisan serat gelas.

**Kata kunci** : Komposit *hybrid*, serat ijuk aren, serat gelas anyam, variasi lapisan

**ABSTRACT**

*The application of advanced materials has been facing many problems, such as limitation at supplies, high manufacturing cost, environment impact and difficulty in decomposition. Therefore, it needs new materials that can be made in accordance with the requirement. The aims of this study is to determine the effect of the number of glass*

*fiber layers on compressive and impact properties of randomly oriented palm fiber /woven glassfiber hybrid-reinforced epoxy of composites.*

*The hybrid composition of randomly oriented palm and woven glass fiber reinforced epoxy matrix was produced by means press mold technique. The compressive test specimens were made according to the ASTM D3410 standard and ASTM D256 standard for impact specimens. The fiber total volume fraction ratio was 0.40 with five glass fiber layer variations, including: zero-layered, 1-layered, 2-layered, 3-layered, and 4-layered of glass fiber for both compressive and impact test.*

*The highest compressive strength was obtained at the 4-layered glass fiber variation, which is 29,796 MPa, while the lowest compressive strength was found at the zero-layered glass fiber variation, which is 18,861 MPa. The highest compressive strain was found at the 1-layered fiber glass variation, which is 0,464 mm/mm, while the lowest one is 0,311 mm/mm as found at the zero-layered variation. The highest compressive elastic modulus was obtained on the 4-layered glass fiber variation, which is 2875,55 MPa, while the lowest one was found on the zero-layered glass fiber variation, which is 915,015 MPa. From the impact test, it is shown that the glass fiber variation tends to improve the impact toughness. The highest impact toughness was found at the 3-layered fiber glass variation, which is 0,1008 J/mm<sup>2</sup> but it goes down to 0,882 J/mm<sup>2</sup> at the 4-layered fiber glass variation. This is proving that the optimum composite impact toughness was obtained on the 3-layered fiber glass.*

**Key Words:** *Hybrid Composite, randomly oriented palm fiber, Woven Glass Fiber, Layered Variation, Compressive test, Impact test*

## **PENDAHULUAN**

Perkembangan teknologi saat ini tidak hanya bertujuan untuk umat manusia, namun juga harus mempertimbangkan aspek lingkungan. Material yang ramah lingkungan, mampu didaur ulang, serta mampu dihancurkan oleh alam merupakan tuntutan teknologi sekarang ini.

Material komposit terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat dari masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik dari sifat fisik maupun kimianya (Surdia dan Saito, 1992).

Salah satu bahan pengisi pada material komposit adalah serat ijuk. Serat ijuk yang ketersediaanya melimpah di alam berpotensi untuk

diolah menjadi bahan pengisi material komposit.

Widodo (2008) menganalisa sifat mekanik komposit epoksi dengan penguat serat pohon aren (ijuk) model lamina acak (*random*). Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan kekuatan tarik komposit tertinggi sebesar 5,538 kgf/mm<sup>2</sup> pada fraksi volume serat ijuk 40% dan rata-rata kekuatan tarik tertinggi sebesar 5,128 kgf/mm<sup>2</sup> pada fraksi volume serat ijuk 40%. Kekuatan impak komposit tertinggi sebesar 33,395 Joule/mm<sup>2</sup> dengan kekuatan impak rata-rata 11,132 Joule/mm<sup>2</sup> pada fraksi volume serat ijuk 40%.

Agustinus (2013) meneliti tentang uji tekan (*compressive strength*) dan uji *flexural* (*flexural strength*) komposit serat bambu dengan matriks epoksi yang akan diimplementasikan pada produk socket prosthesis. Dari hasil pengujian diperoleh data sebagai berikut: pada pengujian tekan diperoleh kekuatan tekan sebesar 41,44 MPa dan pada pengujian *flexural* diperoleh kekuatan sebesar 98,32 MPa.

Wijoyo, dkk (2013) mengkaji ketangguhan impak komposit sandwich serat aren bermatrik polyester dengan core gedebog pohon pisang dengan penambahan jumlah lamina dan menggunakan metode *Hand lay up*, jumlah lamina pada lapisan atas yaitu 1, 2 dan 3 layer serat aren, sedangkan lapisan bawah 1 layer serat aren. Struktur lapisan komposit *sandwich* dan *fabrikasi* yang direncanakan  $0,5\text{ m} \times 0,5\text{ m}$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah lamina (*layer*) semakin besar ketangguhan impak komposit *sandwich*. Ketangguhan komposit *sandwich* serat aren 1 layer-gedebog-serat aren 3 layer adalah  $0,143\text{ J/mm}^2$ , meningkat sebesar 14,69% dibandingkan dengan komposit *sandwich* serat aren 1 layer-gedebog-serat aren 1 layer sebesar  $0,0122\text{ J/mm}^2$ . Semakin banyak jumlah lamina juga mengakibatkan semakin besar energi serap komposit *sandwich*.

Harsi, dkk (2015) menganalisa kekuatan bending dan kekuatan tekan komposit serat hybrid kapas/gelas, pembuatan komposit dilakukan dengan metode *hand lay-up* dengan variasi fraksi volume kapas dan gelas: 30% : 0%, 25% : 5%, 20% : 10%, 15% : 15%,

10% : 20%, 5% : 25%, 0% : 30%. Dan menggunakan matriks epoxy 70% dimana orientasi kapas acak dengan panjang 2 cm. Dari beberapa pengujian didapatkan harga kekuatan *bending* rata-rata semua variasi fraksi volume komposit serat *hybrid* kapas/gelas, memiliki harga kekuatan *bending* yang jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan harga kekuatan *bending* sampel kayu mahoni yang digunakan sebagai pembanding. Harga kekuatan tekan rata-rata khususnya pada variasi fraksi volume 20% : 10% dan 0% : 30% yakni dengan harga berturut-turut sebesar 37,74 MPa dan 47,53 MPa lebih tinggi dibandingkan dengan harga kekuatan tekan dari sampel kayu mahoni yang digunakan sebagai pembanding yaitu sebesar 36,78 MPa.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah lapisan serat gelas anyam terhadap kekuatan tekan, kekuatan impak, serta karakteristik patahan pada uji tekan dan impak.

## METODE PENELITIAN

### 1. Persiapan Bahan

Bahan utama pada penelitian ini adalah serat ijuk acak dan serat gelas anyam, *eposchon* A dan *eposchon* B. Serat ijuk yang digunakan diberikan perlakuan alkali (NaOH) 5% selama dua jam.

### 2. Pembuatan Komposit

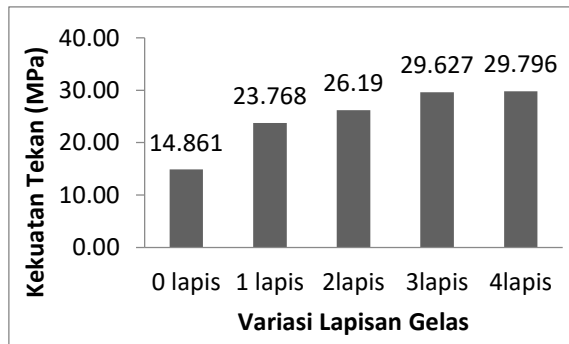
Pembuatan komposit *hybrid* dilakukan dengan metode cetak tekan (*press mold*). Fraksi volume serat yang digunakan adalah 40% dengan variasi lapisan serat gelas anyam (0, 1, 2, 3, 4)

lapis. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tekan dan impak. Metode pengujian mengacu pada standar ASTM D3410 untuk pengujian tekan dan ASTM D256 untuk pengujian impak..

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari hasil pengujian tekan dan impak didapatkan nilai kekuatan tekan, regangan tekan, modulus elastisitas tekan, energi terserap, ketangguhan impak, dan foto makro penampang patahan tekan dan impak.

**1. Kekuatan Tekan**



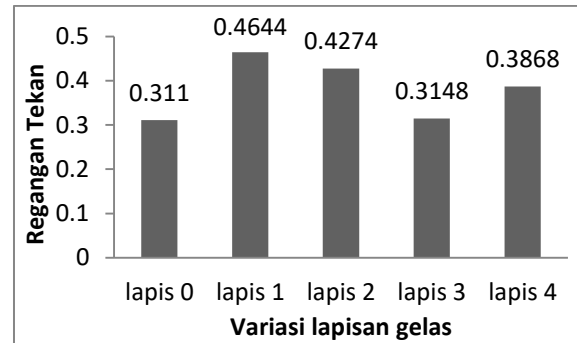
Gambar 1. Grafik hubungan antara lapisan serat gelas terhadap kekuatan tekan

Gambar 1. menunjukkan bahwa semakin bertambahnya lapisan serat gelas meningkatkan nilai kekuatan tekan. Nilai kekuatan tekan tertinggi diperoleh pada spesimen lapis 4 yaitu sebesar 29,796 MPa dan nilai kekuatan tekan terendah diperoleh pada variasi lapisan tanpa gelas yaitu sebesar 14,861 MPa, hal tersebut membuktikan bahwa variasi lapisan serat gelas mampu meningkatkan kekuatan tekan pada komposit *hybrid*.

Kenaikan kekuatan tekan pada lapis 4 tidak terlalu signifikan dibandingkan pada lapis 3, dikarenakan pada variasi lapis 4 matrik tidak mampu mengisi keseluruhan pada bagian serat gelas sehingga serat gelas lebih dahulu

mengalami kerusakan sebelum menerima beban tekan maksimal selain itu keberadaan *void* pada area patahan juga mempengaruhi kekuatan tekan.

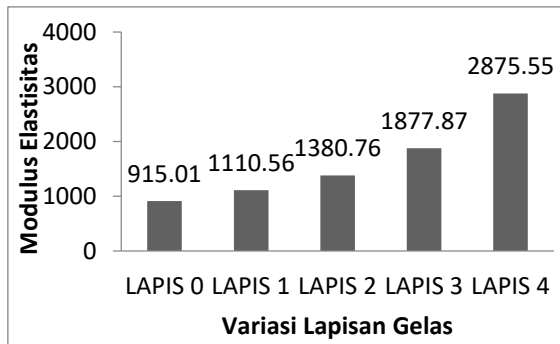
**2. Regangan Tekan**



Gambar 2. Grafik hubungan antara lapisan serat gelas terhadap regangan tekan

Gambar 2. menunjukkan nilai rata-rata regangan tekan tertinggi diperoleh pada variasi lapis 1 yaitu sebesar 0,4644 dan nilai rata-rata regangan tekan terendah diperoleh pada variasi tanpa lapis yaitu sebesar 0,311. Hal ini disebabkan oleh kuat ikatan *interface* antara serat dengan matrik berbeda pada setiap spesimen, sehingga deformasi yang terjadi semakin besar. Dimana deformasi ( $\Delta L$ ) berbanding lurus dengan regangan ( $\epsilon$ ). Selain itu, keberadaan void juga mempengaruhi besar kecilnya regangan, karena dengan adanya void, kuat ikatan *interface* antar serat dengan matriknya menjadi kurang sehingga memperbesar nilai regangannya.

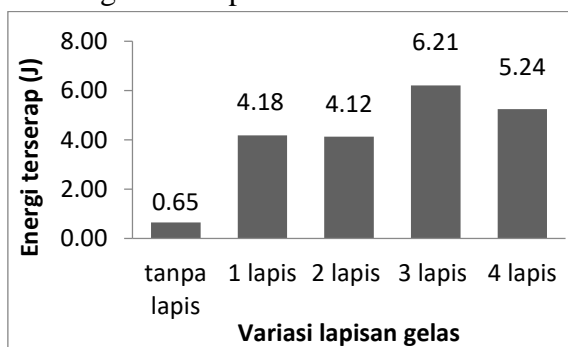
### 3. Modulus Elastisitas Tekan



Gambar 3. Grafik hubungan antara lapisan serat gelas terhadap modulus elastisitas tekan

Gambar 3. menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas tekan tertinggi diperoleh pada lapis 4 yaitu sebesar 2875,55 dan nilai modulus elastisitas tekan terendah diperoleh pada variasi tanpa lapis yaitu sebesar 915,01. Hal ini membuktikan bahwa seiring bertambahnya variasi lapisan serat gelas secara kontinyu menaikkan nilai rata-rata modulus elastisitas tekan dan meningkatkan kekuatan komposit, selain itu membuat spesimen komposit semakin kaku.

### 4. Energi Terserap

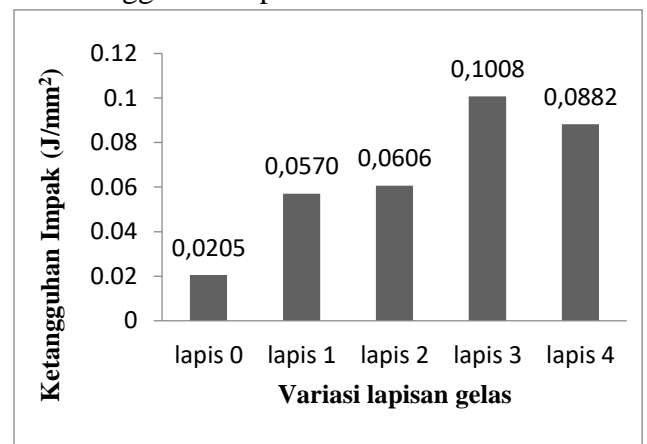


Gambar 4. Grafik hubungan antara lapisan serat gelas terhadap energi terserap

Gambar 4. menunjukkan nilai rata-rata energi terserap dampak pada setiap

variasi lapisan gelas. Nilai rata-rata energi terserap dampak meningkat seiring bertambahnya lapisan serat gelas, energi terserap dampak tertinggi diperoleh pada variasi lapisan 3 yaitu sebesar 6,21 J dan rata-rata energi terserap dampak terendah diperoleh pada variasi lapisan serat gelas tanpa lapis yaitu sebesar 0,65 J. Nilai rata-rata energi terserap pada variasi lapis gelas 2 lebih rendah dibandingkan variasi lapis serat gelas 1 dan variasi lapis serat gelas lapis 4 lebih rendah dibandingkan variasi lapis gelas 3, Hal ini disebabkan luas area penampang mempengaruhi nilai energi terserap pada setiap spesimennya dan keberadaan void juga mempengaruhi terhadap kekuatan serap pada spesimen terhadap beban kejut yang diberikan.

### 5. Ketangguhan Impak

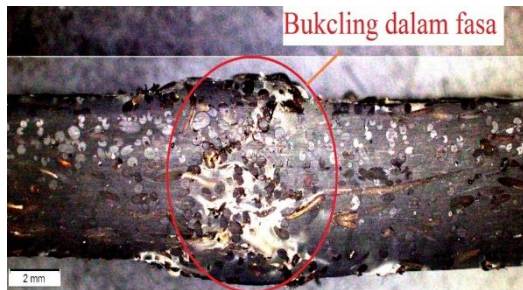


Gambar 5. Grafik hubungan antara lapisan serat gelas terhadap ketangguhan dampak

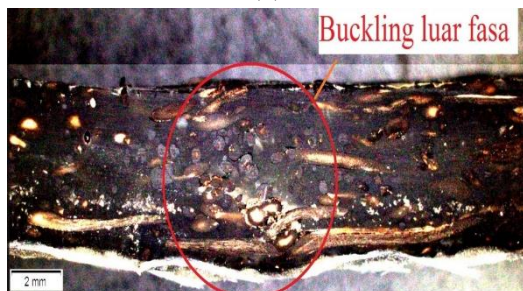
Dari Gambar 5. tampak bahwa nilai ketangguhan dampak meningkat seiring bertambahnya lapisan gelas dan kemudian menurun pada lapis gelas 4. Nilai ketangguhan dampak tertinggi diperoleh pada variasi lapisan serat gelas lapis 3 yaitu sebesar 0,1008 J/mm<sup>2</sup>

dan nilai ketangguhan komposit terendah diperoleh pada variasi gelas tanpa lapis yaitu sebesar  $0,0205 \text{ J/mm}^2$ . Menurunnya ketangguhan impak pada variasi serat gelas 4 lapis diduga karena matrik tidak mengikat serat secara sempurna dan terjadi kekosongan serat ijuk pada daerah pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa ketangguhan impak komposit optimum pada variasi 3 lapis. Penambahan jumlah serat gelas menyebabkan peningkatan ketahanan komposit terhadap beban kejut pendulum. Hal ini sesuai dengan prinsip dasar komposit bahwa serat berfungsi sebagai penguat, selama matrik mengikat secara baik. Selain itu nilai ketangguhan impak dipengaruhi oleh nilai energi terserap dan luas penampang komposit yang diuji.

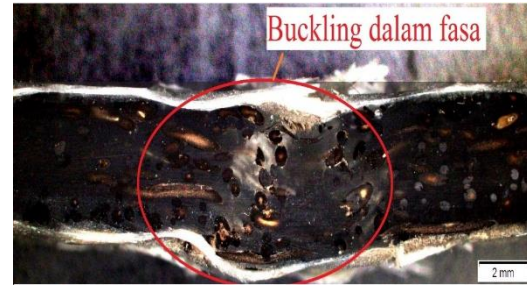
#### 6. Pengamatan Penampang Patahan Tekan



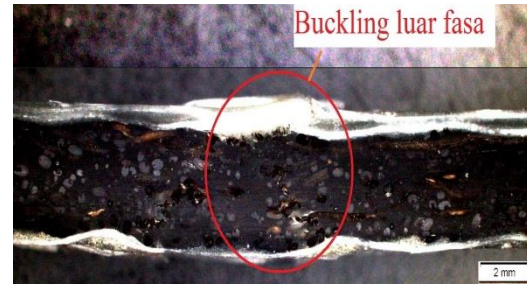
(a)



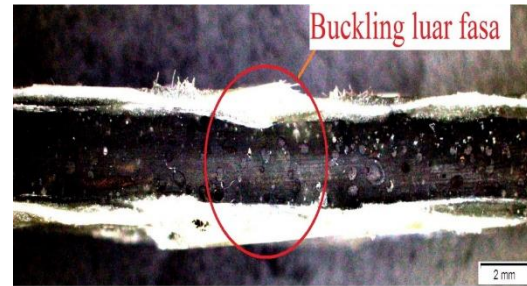
(b)



(c)



(d)



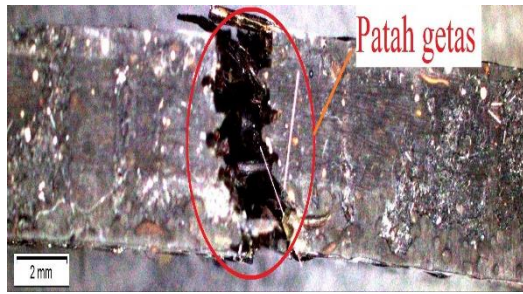
(e)

Gambar 6. Foto makro patahan tekan variasi lapisan gelas (a) tanpa lapis, (b) lapis 1, (c) lapis 2, (d) lapis 3, (e) lapis 4

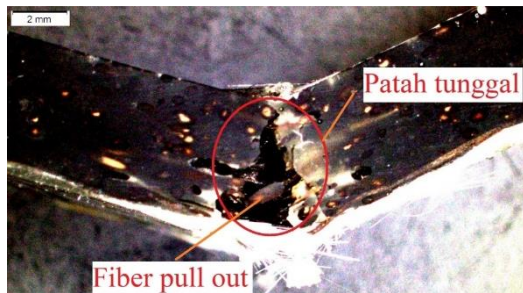
Gambar 6. menunjukkan *rosen* yang berbeda pada spesimen dari soesimen tekan. Spesimen a dan c mengalami tekuk dalam fasa dimana serat pada spesimen tertekuk pada arah yang sama. Hal ini disebabkan tegangan tekan serat berbanding lurus (proporsional) dengan tegangan geser matriknya. Sedangkan spesimen b,d dan e mengalami tekuk diluar fasa dimana serat pada spesimen tertekuk pada arah yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan oleh perbedaan tegangan tekan serat dan tegangan geser matriknya.



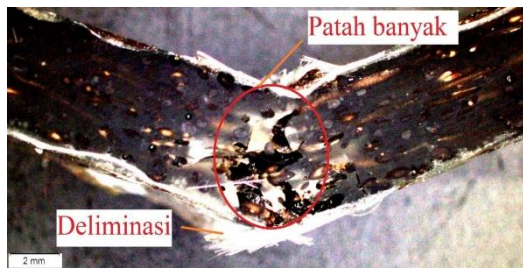
### 7. Pengamatan Penampang Patahan Impak



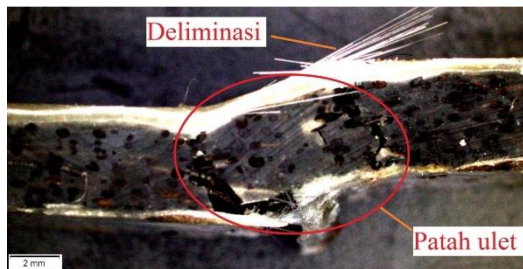
(a)



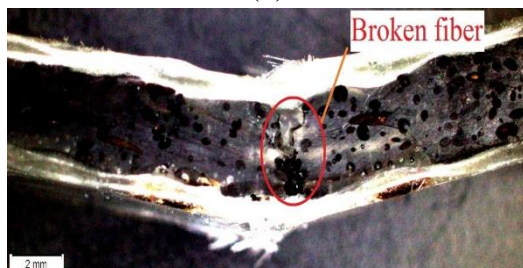
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 7. Foto makro patahan impak variasi lapisan gelas (a) tanpa lapis, (b) lapis 1, (c) lapis 2, (d) lapis 3, (e) lapis 4

Dari Gambar 7. dapat diketahui bahwa patahan yang terjadi pada setiap spesimen yaitu: patah getas, patah tunggal, patah banyak, patah ulet dan broken fiber. Selain itu spesimen juga mengalami *fiber pull out* dan deliminasi, *Fiber pull out* yang terjadi dikarenakan permukaan pada serat ijuk masih terdapat lapisan lignin sehingga ikatan serat ijuk ke matriks tidak sempurna. Masih terdapatnya lapisan lignin karena dalam proses alkalisasi yang kurang tepat, hal ini mengakibatkan kekuatan pada komposit tidak maksimal. Delaminasi terjadi akibat terlepasnya lapisan serat gelas terhadap matriks yang disebabkan gaya adhesi antara penguat dan matriks yang lemah.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Variasi lapisan serat gelas mempengaruhi nilai kuat tekan, regangan tekan dan modulus elastisitas tekan komposit *hybrid* serat ijuk acak/gelas anyam bermatrik epoksi. Kuat tekan terbesar diperoleh pada variasi dengan 4 lapisan serat gelas yaitu sebesar 29,796 MPa dan kuat tekan terkecil diperoleh pada lapisan serat gelas tanpa lapis yaitu sebesar 18,861 MPa. Regangan tekan terbesar diperoleh pada variasi dengan 1 lapisan serat gelas yaitu sebesar

0,464 mm/mm dan regangan tekan terkecil diperoleh pada lapisan serat gelas tanpa lapis yaitu sebesar 0,311 mm/mm. Sedangkan untuk modulus elastisitas tekan terbesar diperoleh pada variasi dengan 4 lapisan serat gelas yaitu sebesar 2875,55 MPa dan modulus elastisitas tekan terkecil diperoleh pada variasi tanpa lapisan serat gelas yaitu sebesar 915,015 MPa. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa variasi lapisan serat gelas mampu menaikkan kekuatan dan modulus elastisitas tekan.

2. Variasi lapisan serat gelas mempengaruhi nilai ketangguhan impak komposit *hybrid* serat ijuk acak/gelas anyam bermatrik epoksi. Nilai ketangguhan impak meningkat seiring bertambahnya lapisan serat gelas, nilai ketangguhan impak terbesar diperoleh pada variasi dengan 3 lapisan serat gelas yaitu sebesar 0,1008 J/mm<sup>2</sup> dan kemudian menurun pada variasi dengan 4 lapisan serat gelas yaitu sebesar 0,882 J/mm<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa ketangguhan impak komposit optimum pada lapis 3. Semakin bertambahnya fraksi volume serat gelas cenderung meningkatkan nilai regangan *bending*. Namun pada L/d = 16 nilai regangan *bending* menurun pada *hybrid ratio* ( $r_h$ ) 0,1; 0,3; dan 0,4. Nilai regangan *bending* terendah didapat pada L/d = 32 dengan *hybrid ratio* ( $r_h$ ) 0,0 sebesar 0,050 mm/mm, sedangkan nilai regangan *bending* tertinggi diperoleh pada L/d = 16 dengan *hybrid ratio* ( $r_h$ ) 0,2 yaitu sebesar 0,125 mm/mm.

3. Hasil pengamatan dari foto makro pada patahan spesimen tekan menunjukkan bahwa pada spesimen tanpa lapis dan 3 lapis terjadi patahan tekuk dalam fasa dimana serat pada spesimen tertekuk pada arah yang sama dan pada spesimen dengan 1 lapis, 2 lapis dan 4 lapis serat gelas mengalami tekuk di luar fasa dimana serat pada spesimen tertekuk pada arah yang berbeda-beda. Sedangkan pada pengujian impak patahan yang terjadi pada setiap spesimen yaitu: patah getas, patah tunggal, patah banyak, patah ulet dan broken fiber. Selain itu spesimen juga mengalami *fiber pull out* dan deliminasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ASTM., 2002. *Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics*<sup>1</sup> (D 256 – 02). USA.
- ASTM., 2003. *Standard Test Method for Compressive Properties of Polymer Matrix Composite Materials with Unsupported Gage Section by Shear Loading* (D 3410-03) USA.
- Harsi., Sari. N.H, dan Sinarep., 2015. *Karakteristik Kekuatan Bending dan Kekuatan Tekan Komposit Serat Hybrid Kapas/Gelas sebagai Pengganti Produk Kayu*. Jurusan Teknik Mesin Universitas Mataram. Nusa Tenggara Barat, Vol-5:59-64.
- Irawan, A.P, dan Sukanla, I.W., 2013. *Kekuatan Tekan Komposit Serat Limbah Pisang dengan Matrik Epoksi sebagai Bahan Socket*



*Prosthesis. Jurnal Teknik Mesin,*  
Vol-5:291-295.

Surdia, T., dan Shinroku, S., 1992.  
*Pengetahuan Bahan Teknik.*  
PT Pradnya Paramitha. Jakarta.  
Edisi ke-4, hal 20-28.

Widodo, B., 2008. *Analisis Sifat Mekanik Komposit Epoksi dengan Penguat Serat Pohon Aren (Ijuk) Model Lamina Berorientasi Sudut Acak (Random).* Teknologi Technoscientia, Vol-1: 1-5.

Wijoyo., dan Nurhidayat, A., 2013.  
*Kajian Ketangguhan Impak Komposit Sandwich Aren-Polyester dengan Core Gedebog Pohon Pisang.* Simposium Nasional RAPI XII Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta, Vol 12:111-116.