

STUDI FRAKSI VOLUME SERAT TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT *POLYESTER* BERPENGUAT SERAT POHON AREN (IJUK)

Fatkhurrohman

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail : fatkhurhero@gmail.com

Mochammad Arif Irfa'i

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: irfaiunesa@gmail.com

Abstrak

Komposit merupakan bahan yang terdiri dari matriks, serat dan katalis. Dalam penelitian ini digunakan matriks *polyester* BQTN 157, serat pohon aren (ijuk) dan katalis *methyl ethyl keton peroxide*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kekuatan tarik pada bahan komposit berpenguat serat pohon aren (ijuk) dan mekanisme kegagalan dan bentuk penampang patahan setelah dilakukan pengujian tarik. Dalam penelitian ini serat pohon aren (ijuk) direndam didalam larutan alkali 5% NaOH selama 2 jam, lalu serat pohon aren (ijuk) dibuat bahan komposit dengan variasi fraksi volume serat 20%, 30%, 40%, 50%, dan 60%. Metode pembuatan bahan komposit dilakukan dengan metode *hand lay-up* dan metode *press mold*, untuk spesimen pengujian tarik mengacu pada standart ASTM D-638. Dari data hasil pengujian tarik diperoleh kekuatan tarik tertinggi terdapat pada fraksi volume serat 40% yaitu sebesar 24,65 MPa, sedangkan untuk kekuatan tarik terendah terdapat pada fraksi volume serat 20% yaitu sebesar 17,55 MPa. Untuk bentuk penampang dari bahan komposit setelah dilakukan pengujian tarik terdapat dua jenis, yaitu *fiber pull out* dan *delamination*.

Kata kunci : *komposit polyester, serat ijuk, fraksi volume serat, kekuatan tarik*

Abstract

Composite is a material composed of a matrix, fiber and catalyst. This study used 157 BQTN polyester matrix, palm tree fibers (fibers) and methyl ethyl ketone peroxide catalyst. The purpose of this study is to determine the tensile strength of the material Composite palm tree fibers (fibers) and failure mechanisms and fracture cross-sectional shape after tensile testing. In this study the fiber palm trees (palm fiber) soaked in an alkaline solution of 5% NaOH for 2 hours, then the fiber palm trees (palm) is made of composite materials with a variety of fiber volume fraction of 20%, 30%, 40%, 50%, and 60% , The method of making composite materials is by hand lay-up methods and press mold methods, for the tensile test specimens refer to the standard ASTM D-638. From the test data obtained tensile strength tensile highest in fiber volume fraction of 40% amounting to 24.65 MPa, while the lowest for the tensile strength fiber volume fraction of 20% amounting to 17.55 MPa. For the cross-sectional shape of the composite material after tensile testing, there are two types, namely fiber pull out and delamination.

Keywords: *composite polyester, palm fibers, fiber volume fraction, tensile strength*

UNESA
Universitas Negeri Surabaya

PENDAHULUAN

Dewasa ini perkembangan teknologi bahan semakin pesat. Pemenuhan kebutuhan akan bahan dengan karakteristik tertentu juga menjadi faktor pendorongnya. Berbagai macam bahan telah digunakan dan juga penelitian lebih lanjut terus dilakukan untuk mendapatkan bahan yang tepat guna, salah satunya yaitu bahan komposit polimer. Kemampuannya yang mudah dibentuk sesuai kebutuhan, baik dalam segi kekuatan maupun keunggulan sifat-sifat yang lain, mendorong penggunaan bahan komposit polimer sebagai bahan alternatif atau bahan pengganti material logam konvensional pada berbagai produk yang dihasilkan oleh industri khususnya industri manufaktur. Bahan komposit polimer menggunakan suatu polimer berbahan resin sebagai matriksnya, dan serat sebagai penguatnya.

Serat sebagai elemen penguat sangat menentukan sifat mekanik dari bahan komposit karena meneruskan beban yang didistribusikan oleh matriks. Orientasi, ukuran dan bentuk serta material serat adalah faktor-faktor yang mempengaruhi property mekanik dari laminan. Dari pertimbangan-pertimbangan di atas maka penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan data kemampuan mekanis dan fisis berupa kekuatan tarik dari bahan komposit berpenguat serat pohon aren (ijuk) dengan arah orientasi serat disusun secara acak. Sedangkan untuk matriks menggunakan resin polyester BQTN 157.

Untuk mengetahui kondisi bahan komposit dan melakukan tindakan preventif sebelum terjadinya kegagalan fungsi bahan komposit pada saat diaplikasikan. Ada terdapat banyak metode pengujian yang bisa digunakan untuk menguji karakteristik dari bahan komposit salah satunya yaitu pengujian dengan merusak atau *Destructive Testing (DT)*. Dengan semakin berkembangnya teknologi di bidang *Destructive Testing (DT)* terutama dalam pengujian sifat mekanik suatu material diantaranya Pengujian tarik (*Tensile Strength Test*) Pengujian tarik yaitu pengujian yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang sifat-sifat dan keadaan dari suatu material. Pengujian tarik dilakukan dengan penambahan beban secara perlahan-lahan, kemudian akan terjadi pertambahan panjang yang sebanding dengan gaya yang bekerja.

Pada penelitian ini, serat pohon aren (ijuk) direndam didalam larutan alkali 5% NaOH selama 2 jam. Untuk variabel yang akan diteliti adalah variasi fraksi volume serat dalam membuat bahan komposit, yang terdiri dari Vf 20%, 30%, 40%, 50% dan 60%. Selanjutnya bahan komposit diuji tarik untuk

mengetahui kekuatan tarik maksimum dari variasi fraksi volume serat yang telah ditentukan.

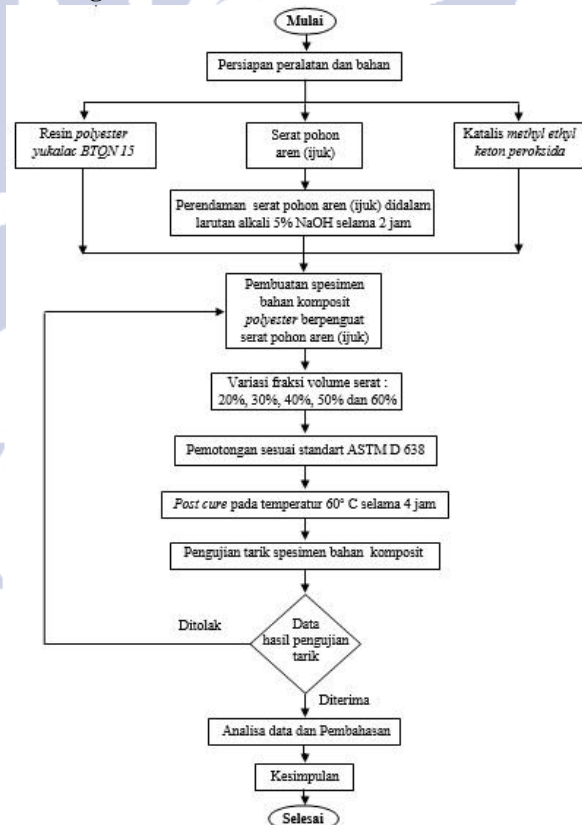
Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik bahan komposit dan mekanisme kegagalan dan bentuk penampang patahan akibat pengujian tarik.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik komposit *polyester* dengan penguat serat pohon aren (ijuk) dan Untuk mengetahui mekanisme kegagalan dan penampang patahan akibat beban tarik pada bahan komposit.

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah Sebagai bahan pertimbangan didalam membuat panel komposit *polyester* untuk diaplikasikan pada dunia industri otomotif dan perkapalan dengan penguat serat pohon aren (ijuk), Memperkaya data sifat bahan komposit *polyester* dengan penguat serat pohon aren (ijuk) guna memperkaya ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), Peningkatan nilai ekonomis produk pertanian serat konversi limbah menjadi suatu produk komersial bernilai tinggi, dan Membantu industri yang menggunakan bahan komposit dalam hal peningkatan teknologi akan bahan komposit yang digunakan.

METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Waktu dan tempat penelitian ini dilakukan di:

- Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan desember 2015 – mei 2016
- Proses pembuatan bahan komposit dilakukan di Laboratorium Fabrikasi Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.
- Pengujian Tarik dilakukan di Laboratorium bahan logam dan CNC Balai Latihan Kerja Industri (BLKI) surabaya.

Peralatan, Bahan, dan Instrumen Penelitian

- Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

 - Kuas - Kain majun
 - Rol aluminium - Gerinda
 - Gelas ukur - Cutter
 - Jarum suntik - Dongkrak hidrolis
 - Kertas amplas - Oven
 - cetakan - Timbangan digital
- Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

 - Serat pohon aren (ijuk)
 - Resin *Unsaturated Polyester Yukalac BQTN Type 157*
 - Katalis jenis *Methyl Ethyl Keton Peroksida (MEKPO)*
- Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

 - *Universal Testing Machine (UTM)*

Teknik Pengumpulan Data

- Metode Eksperimen

Metode eksperimen digunakan dalam penelitian ini karena dapat memberikan data yang valid dan dapat dipertanggung jawabkan. Dalam penelitian ini dilakukan eksperimen bahan komposit benda uji dengan variasi fraksi volume serat yang berbeda.
- Metode Literatur

Metode Literatur merupakan suatu acuan atau pedoman dalam melaksanakan kegiatan penelitian agar penelitian dapat sesuai dengan dasar ilmu yang melatar belaknginya dan tidak menyimpang dari azaz-azaz yang telah ada. Dalam metode literatur ini dilakukan pengumpulan data berupa teori, gambar dan tabel yang diperoleh dari buku-buku yang berkaitan dengan penelitian ini.

Variabel Penelitian

- Variabel bebas

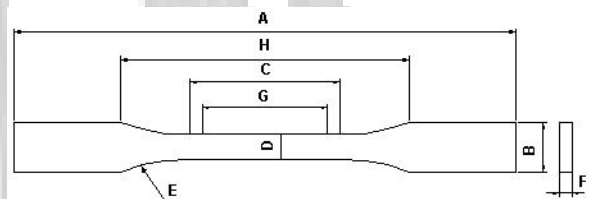
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pengaruh fraksi volume serat bahan komposit (20%, 30%, 40%, 50%, 60%).

- Variabel control Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah Proses *pressmold* pada bahan komposit dilakukan selama 24 jam dan temperatur setelah *press mold* (proses *post cure*) 60⁰ C selama 4 jam
- Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai kekuatan tarik bahan komposit.

Ukuran Spesimen

Ukuran dan profil spesimen disesuaikan seperti bentuk spesimen uji tarik dengan menggunakan standart ASTM D-638



Gambar 2. Spesimen Uji Tarik

Keterangan :

- A = Length overall (LO) 165 mm
- B = Width overall (WO) 19 mm
- C = Length of narrow section (L) 57 mm
- D = Width of narrow section (Wo) 13 mm
- E = Radius of fillet (R) 76 mm
- F = Thickness (T) = variabel (mm)
- G = Gage length (G) 50 mm
- H = Distance beetwen grips (D) 115 mm

Prosedur Penelitian

- Persiapan Penelitian
 - Persiapan Bahan
 - Persiapan Alat-alat
- Proses pembuatan komposit *polyester*

Pada penelitian ini proses pembuatan bahan komposit *polyester* berpenguat serat pohon aren (ijuk) dilakukan menggunakan dua metode, yaitu metode *hand lay-up* dan metode *press mold*. Proses *press mold* dilakukan selama 24 jam. Proses ini dilakukan pada setiap variasi fraksi volume serat yang telah ditentukan yaitu 20%, 30%, 40%,50%, dan 60%.

$$v_f = \frac{m_f / \rho_f}{m_f / \rho_f + m_m / \rho_m} \dots\dots\dots(1)$$

$$m_f = \frac{\rho_f V_f}{\rho_f V_f + \rho_m V_m} \dots\dots\dots(2)$$

- Proses pemotongan bahan komposit
Setelah bahan komposit selesai di *press mold* (bahan komposit sudah jadi) maka bahan komposit dipotong menggunakan gerinda sesuai dengan dimensi standart uji tarik ASTM D-638.
- Proses *post curing*
Proses *post curing* bertujuan untuk mempercepat proses reaksi rantai ester di dalam bahan komposit. Proses *post cure* dilakukan pada temperatur 60^o C selama 4 jam. Setelah proses *post cure* selesai maka spesimen uji bahan komposit siap untuk diuji tarik.
- Tahap Uji Akhir
Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinue dan pelan – pelan bertambah berat, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan regangan.

- Pengujian tarik

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3)$$

Analisis Data

Setelah data pengujian tarik diperoleh selanjutnya adalah menganalisa data dengan menggunakan metode statistik deskriptif. Dilanjutkan dengan pengujian hipotesis dengan menggunakan analisis varians dan uji-t.

- Anava tunggal

$$F_{hitung} = \frac{MK_{antar}}{MK_{dalam}} \dots\dots\dots(4)$$

- Independent sample test

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{s\sqrt{1/n_1 + 1/n_2}} \dots\dots\dots(5)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

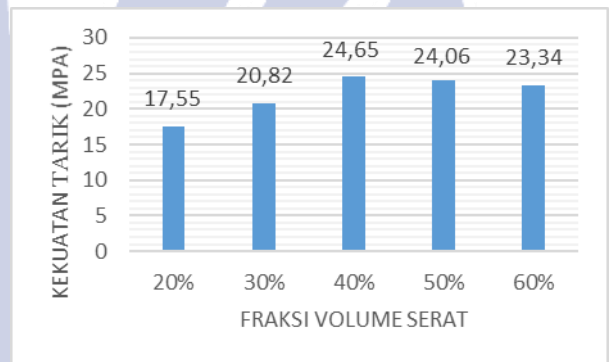
Pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik komposit polyester berpenguat serat pohon aren (ijuk)

Setelah dilakukan proses pengujian *destructive test* berupa pengujian tarik, maka didapatkan nilai pengujian Tarik yang ditampilkan pada tabel 1. dibawah ini :

Tabel 1. Data uji tarik

No.	Sampel Uji tarik	Peak Load (Kgf)	Ultimate Tensile (Kg/mm ²)	Ultimate Tensile (MPa)	Elongation (%)
1.	20%	1	332.92	1.94	19.02
		2	287.29	1.68	16.47
		3	299.96	1.75	17.16
		Σ		1.79	17.55
2.	30%	1	367.56	2.15	21.08
		2	341.37	2.00	19.61
		3	380.24	2.22	21.77
		Σ		2.12	20.82
3.	40%	1	487.55	2.85	27.95
		2	371.79	2.17	21.28
		3	430.09	2.52	24.71
		Σ		2.51	24.65
4.	50%	1	440.23	2.57	25.20
		2	354.89	2.07	20.30
		3	465.58	2.72	26.67
		Σ		2.45	24.06
5.	60%	1	396.29	2.31	22.65
		2	392.91	2.29	22.45
		3	435.16	2.54	24.91
		Σ		2.38	23.34

Dengan hasil uji tarik yang diperoleh seperti pada tabel 1. Selanjutnya data diolah dan ditampilkan dalam bentuk diagram seperti ditampilkan pada gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh fraksi volume serat Terhadap Kekuatan Tarik komposit polyester

Dari diagram diatas dapat dilihat rata-rata kekuatan tarik dari masing-masing fraksi volume serat, mulai dari fraksi volume serat 20% mempunyai rata-rata kekuatan tarik sebesar 17,55 MPa, fraksi volume serat 30% mempunyai rata-rata kekuatan tarik sebesar 20,82 MPa, fraksi volume serat 40% mempunyai rata-rata kekuatan tarik sebesar 24,65 MPa, fraksi volume serat 50% mempunyai rata-rata kekuatan tarik sebesar 24,06 MPa dan fraksi volume serat 60% mempunyai rata-rata kekuatan tarik sebesar 23,34 MPa.

Berdasarkan dukungan dari penelitian terdahulu (Nurdin dan Erna : 2010) dengan judul “Pengaruh Fraksi Volume Serat Ijuk dan Sabut Kelapa Sebagai Bahan Komposit Hybrid” dihasilkan kesimpulan untuk kekuatan tarik maksimum pada bahan komposit dengan serat acak terdapat pada fraksi volume serat 40% sebesar 12,62 MPa. Disebutkan pula dalam penelitian ini bahwa jenis susunan serat, fraksi volume serat, dan perlakuan kimia yaitu perendaman serat dengan NaOH

(larutan alkali) dapat meningkatkan kekuatan tarik dari bahan komposit.

Dari hasil dan diagram diatas dapat diambil kesimpulan bahwa bahan komposit dengan fraksi volume serat 40% memiliki kekuatan tarik yang paling tinggi yaitu sebesar 24,65 MPa dan bahan komposit dengan fraksi volume serat 20% memiliki kekuatan tarik yang paling rendah yaitu sebesar 17,55 MPa. Sehingga dapat dikatakan bahwa terjadi pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik komposit *polyester* berpenguat serat pohon aren (ijuk), hal ini juga didukung dengan analisis data menggunakan metode *one way anova*.

One way Anova

Tabel 2. Hasil perhitungan *one way anova*

ANOVA					
kekuatan_tarik	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,066	4	,266	4,732	,021
Within Groups	,563	10	,056		
Total	1,629	14			

Nilai F hitung pada tabel diatas adalah 4,732 dengan nilai signifikansi 0,021 sementara nilai statistik tabel dapat ditemukan pada tabel F, dalam uji anava ini menggunakan tingkat signifikansi (α) sebesar 5%. Untuk menentukan nilai F tabel dibutuhkan dk pembilang dan dk penyebut, dk pembilang didapatkan dengan menghitung jumlah varisbel kelompok - 1 maka $5-1 = 4$; sedangkan dk penyebut adalah jumlah seluruh sampel - jumlah variabel kelompok maka $15 - 5 = 10$. Dengan nilai dk pembilang 4 dan dk penyebut 10 maka didapatkan nilai F tabel yaitu 3,48.

Berdasarkan uraian diatas maka dapat disimpulkan bahwa nilai F hitung lebih besar dari pada nilai F tabel ($4,732 > 3,48$) dan nilai signifikansi kurang dari 0,05 ($0,021 < 0,05$) maka H_a diterima dan H_o ditolak atau dengan kata lain Ada pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik komposit *polyester* berpenguat serat pohon aren (ijuk).

Independent Sample Test

Independent sample test digunakan untuk mengetahui adanya perbedaan yang signifikan atau tidak antara masing-masing fraksi volume serat. Untuk perhitungan *Independent sample test* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. *Independent sample test*

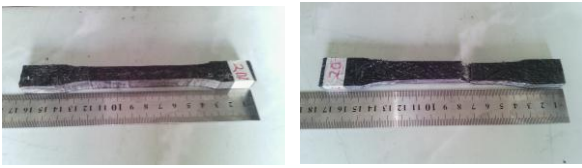
Perbandingan	t Hitung	t Tabel	Analisa	Kesimpulan
20% dengan 30%	-3,293	1,761	t hitung > t tabel	Ada perbedaan
20% dengan 40%	-3,426	1,761	t hitung > t tabel	Ada perbedaan
20% dengan 50%	-3,139	1,761	t hitung > t tabel	Ada perbedaan
20% dengan 60%	-5,284	1,761	t hitung > t tabel	Ada perbedaan
30% dengan 40%	-1,886	1,761	t hitung > t tabel	Ada perbedaan
30% dengan 50%	-1,595	1,761	t hitung < t tabel	Tidak ada perbedaan
30% dengan 60%	-2,488	1,761	t hitung > t tabel	Ada perbedaan
40% dengan 50%	0,216	1,761	t hitung < t tabel	Tidak ada perbedaan
40% dengan 60%	0,629	1,761	t hitung < t tabel	Tidak ada perbedaan
50% dengan 60%	0,346	1,761	t hitung < t tabel	Tidak ada perbedaan

Untuk menentukan nilai t tabel terlebih dahulu ditentukan nilai dk, nilai dk didapatkan dari jumlah semua sampel - 1 atau $15 - 1 = 14$, jadi t tabel dengan dk = 24, dan taraf kesalahan 5% untuk uji satu fihak maka nilai t tabel didapatkan 1,761.

Mekanisme Kegagalan dan Penampang Patahan

Tujuan dilakukan foto makro adalah untuk mengetahui kegagalan yang terjadi pada komposit. Selain itu, foto makro juga dilakukan untuk melihat karakteristik patahan hasil pengujian tarik pada komposit. Pada penampang patahan komposit *polyester* serat pohon aren (ijuk) yang diakibatkan beban tarik terlihat serabut serat yang tertarik keluar (*fiber pull out*). Hal ini dikarenakan adanya pelepasan serat dari matrik sebelum komposit patah pada waktu pengujian tarik. Pada daerah yang mempunyai ikatan adhesi paling lemah antara serat dan matrik dalam komposit menyebabkan serat terlepas dari matriknya sehingga mengakibatkan *fiber pull out*. Selain bentuk penampang *fiber pull out*, terdapat pula bentuk penampang patahan berupa *delamination*, yaitu antar lapisan serat dan matriks komposit mengalami kerusakan berupa pecahan kecil dan pecahan tersebut terlepas dari serat. Hal ini dikarenakan ikatan antara matrik dan serat yang homogen, sehingga matrik tidak terlepas dari serat, namun matrik mengalami pecah karena beban tarik yang diterimanya melampaui batas kekuatan tariknya, dan pecahan yang dihasilkan berupa pecahan-pecahan kecil.

a. Fraksi Volume Serat 20%

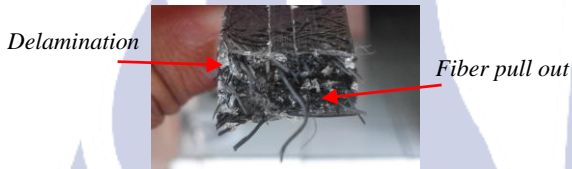


(a) (b)

Gambar 5. (a) spesimen sebelum diuji (b) spesimen setelah diuji tarik

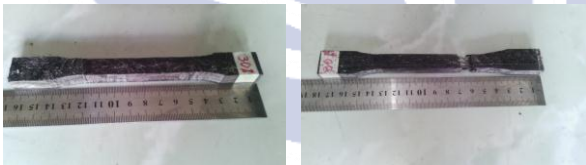


Gambar 6. Mekanisme kegagalan Vf 20%



Gambar 7. Bentuk penampang patahan Vf 20%

b. Fraksi Volume Serat 30%



(a) (b)

Gambar 8. (a) spesimen sebelum diuji (b) spesimen setelah diuji tarik

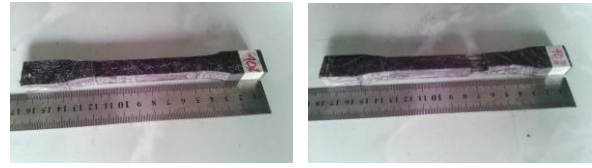


Gambar 9. Mekanisme kegagalan Vf 30%



Gambar 10. Bentuk penampang patahan Vf 30%

c. Fraksi Volume Serat 40%

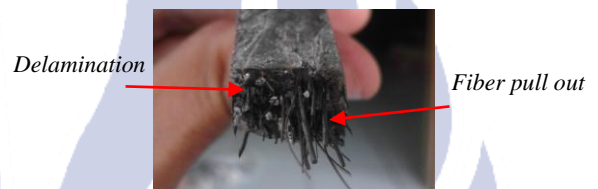


(a) (b)

Gambar 11. (a) spesimen sebelum diuji (b) spesimen setelah diuji tarik

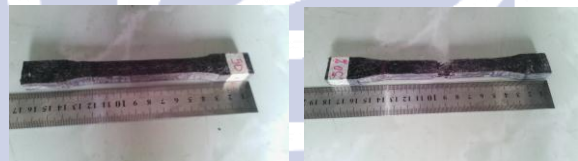


Gambar 12. Mekanisme kegagalan Vf 40%



Gambar 13. Fraksi volume serat 40%

d. Fraksi Volume Serat 50%

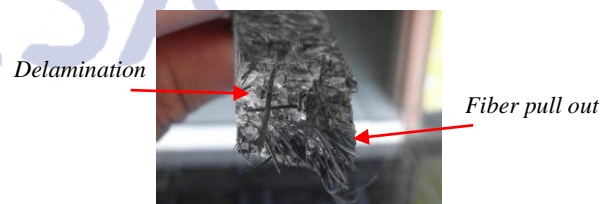


(a) (b)

Gambar 14. (a) spesimen sebelum diuji (b) spesimen setelah diuji tarik

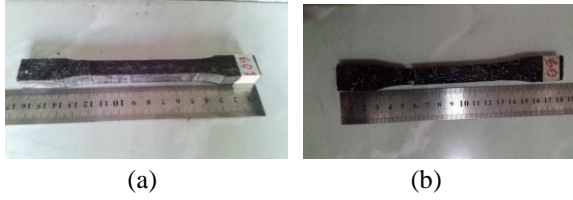


Gambar 15. Mekanisme kegagalan Vf 50%



Gambar 16. Fraksi volume serat 50%

e. Fraksi Volume Serat 60%



Gambar 17. (a) spesimen sebelum diuji (b) spesimen setelah diuji tarik



Gambar 18. Mekanisme kegagalan Vf 60%



Gambar 19. Fraksi volume serat 60%

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari pengujian tarik dan evaluasi data serta pembahasan pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik komposit *polyester* berpenguat serat pohon aren (ijuk), maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Kekuatan tarik bahan komposit *polyester* berpenguat serat pohon aren (ijuk) dengan fraksi volume serat 20%, 30%, 40% mengalami peningkatan seiring bertambahnya fraksi volume serat, namun pada fraksi volume serat 50% dan 60% kekuatan tarik komposit mengalami penurunan. Untuk kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada fraksi volume serat 40% yaitu sebesar 24,65 MPa, sedangkan untuk kekuatan tarik terendah diperoleh pada fraksi volume serat 20% yaitu sebesar 17,55 MPa. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik komposit *polyester* berpenguat serat pohon aren (ijuk) didukung pula dengan pengujian anava (*one way anova*) menggunakan software SPSS 23 yang menunjukkan bahwa nilai F hitung lebih besar dibandingkan dengan nilai F tabel atau bisa dikatakan bahwa fraksi volume serat mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik

komposit *polyester* berpenguat serat pohon aren (ijuk).

- Bentuk penampang patahan pada bahan komposit *polyester* berpenguat serat pohon aren (ijuk) setelah dilakukan pengujian *destruktif* dengan melakukan uji tarik dengan melakukan foto *makro* diketahui bentuk kegagalannya yaitu berupa *fiber pull out* atau serat lepas dari komposit dan *delamination* atau matriks mengalami kerusakan berupa pecahan kecil-kecil karena matriks tidak mampu menahan beban tarik yang diberikan.

Saran

Saran yang diberikan oleh peneliti sehubungan dengan penelitian pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik komposit *polyester* berpenguat serat pohon aren (ijuk) :

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, agar lebih dapat melihat secara detail angka dan nilai dari pengujian *Non destruktif* untuk digunakan sebagai pembandingan.
- Meminimalkan keberadaan rongga udara (*void*) pada komposit yang akan dibuat sehingga akan menaikkan kekuatan komposit dengan menggunakan alat tekan yang lebih baik.
- Dalam melakukan pembuatan spesimen uji bahan komposit hendaknya memakai alat pengaman, karena bahan komposit merupakan campuran bahan kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Annual Book of ASTM Standards. 2002. D 638. *Standard Test Methods for Tensile Properties*. American Society for Testing and Material: Philadelphia, PA.
- Gibson, F.R. 1994. *Principles of Composite material Mechanis*. International Edition. McGraw-Hill Inc: New York.
- Jones, Robert M. 1999. *Mechanic Of Composite Material-2nd Edition*. Taylor & Francis: USA.
- Nurdin Bukit, Erna Frida. 2010. "Pengaruh fraksi volume serat ijuk dan serat sabut kelapa sebagai bahan komposit hibrid". *Jurnal Saintech*. Vol. 02. No.03.
- Morozov, evgeny & Vasiliev, valery. 2001. *Mechanics and Analysis of Composite Materials*. Elsevier science Ltd: United Kingdom.
- Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta: Bandung.

Sugiyono. 2012. *Statistika Untuk Penelitian*. Alfabeta: Bandung.

Suharjo, Bambang. 2008. *Analisis Regresi Terapan Dengan SPSS*. Graha Ilmu: Yogyakarta.

Suherman, W. 1987. *Pengetahuan Bahan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya: Surabaya.

