

## Pengaruh Fraksi Volume Serat Pelepah Gebang (*Corypha Utan Lamarck*) Terhadap Sifat Mekanik Pada Komposit Bermatrik Epoksi

Jufra Daud Johanis Abanat <sup>1)</sup>, Anindito Purnowidodo <sup>2)</sup>, Yudy Surya Irawan <sup>2)</sup>

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Kupang<sup>1)</sup>

Jl. Adi Sucipto Panfui PO.BOX 139, Kupang

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang <sup>2)</sup>

Jl. MT. Haryono 167 Malang 65145, Indonesia

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

### Abstract

*Buri Palm trees (Corypha Utan Lamarck) is one of the many types of flora in Indonesia that has not been used optimally. At the leaf midrib of buri palm has fibers that have not been developed from the engineering side. There for in this study used buri palm leaf midrib fiber as an alternative reinforcement material for manufacturing of epoxy composites that can be useful for manufacturing the body of boat, the interior of boat and also for helmets. Thus, this study aims to determine the tensile strength and impact strength of the material in accordance with the desired application. Before being used the fiber from the buri palm leaf midrib should be tested of the tensile strength and the data obtained at 182,24 MPa. Then also tested Alkali treated fiber NaOH 5% and a maximum tensile strength obtained is 212,29 MPa on the sample by treatment for 2 hours. Base on these preliminary data then manufacturing of composite samples using fibers of alkaline NaOH 5% treatment for 2 hours. Variations of fiber volume fraction are from 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% and 70%. The tensile testing sample based on the ASTM D638-3 standard and impact test samples according to ISO 179-1 standard. From the test results is known that the tensile strength of composites increases with increasing fiber volume fraction up to 70% of fiber that is equal to 51,993 MPa. Impact strength also increased up to 70% fiber volume fraction and the maximum impact strength occurred is 6,953 J.*

**Keywords:** composite, buri fiber, epoxy, volume fraction

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Pohon gebang (*Corypha Utan Lamarck*) merupakan jenis palma yang sangat bermanfaat dalam menunjang kehidupan manusia. Sekalipun berstatus liar dimata masyarakat dan tumbuh menjadi hutan kawasan, namun potensinya yang cukup besar tanpa disadari telah dimanfaatkan oleh masyarakat NTT khususnya dan Indonesia umumnya seperti; bahan bangunan, makanan, minuman, peralatan rumah tangga, kerajinan, ramuan obat-obatan.[1].

Berdasarkan data yang dilaporkan [2] bahwa luas padang penggembalaan alam di Pulau Timor adalah 24.382.04 ha dan diperkirakan sekitar 5–10% dari luasan tersebut ditumbuhi pohon gebang. Karena

itu salah satu upaya untuk meningkatkan kegunaan pohon gebang adalah melalui penelitian ini yaitu dengan memanfaatkan serat pelepah gebang sebagai bahan baku komposit yang diharapkan dapat digunakan pada berbagai bidang aplikasi.

Alasan pemilihan serat pelepah gebang sebagai bahan baku komposit adalah bernilai ekonomis, mudah diperoleh dalam jumlah banyak dan merupakan bahan tidak termanfaatkan, berkualitas, ramah lingkungan, meminimalisasi peluang pemanfaatan bahan baku berpotensi korosi.

Dengan adanya kemajuan teknologi yang semakin pesat sekarang ini, maka penelitian juga tidak kalah berkembang dalam segala bidang, baik yang bersifat penemuan baru maupun pengembangan dari yang sudah ada. Salah satunya adalah

tentang komposit berbasis serat yang sangat beragam, baik itu dari variasi matrik sebagai pengikat maupun serat sebagai bahan penguat, jenis anyaman hingga bahan dasar matrik maupun serat. Penelitian juga berkembang dengan penggunaan bahan serat alam untuk beberapa variasi matrik sintesis dan alami. Komposit berpenguat serat alam semakin intensif dikembangkan sehubungan dengan penggunaannya dalam berbagai bidang kehidupan serta tuntutan pemakaian material yang murah, mudah diperoleh, ringan, memiliki sifat mekanik yang kuat, tahan korosi dan ramah lingkungan, sehingga dapat menjadi bahan alternatif selain logam. [3].

Sebagai bukti dapat dilihat pada beberapa penelitian terdahulu [4] tentang analisa sifat mekanik komposit epoksi dengan penguat serat pohon aren (ijuk) model lamina berorientasi sudut acak (*random*). Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa orientasi sudut acak sangat berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik dan impact komposit.

Pengaruh perlakuan permukaan serat alam rami (*boehmeria nivea*) terhadap *wettability* dan kemampuan rekat matrik *epoxy* resin. Dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa baik antara sudut kontak dan daya serap basah berbanding terbalik, yaitu semakin besar sudut kontak maka kemungkinan serap basah semakin kecil sampai kepada tidak sama sekali. Lama waktu pencelupan serat rami di dalam pelarut *ethanol* juga berpengaruh terhadap ukuran sudut kontak permukaan serat dengan *droplet epoxy*. Dimana hasil sudut kontak cenderung bervariasi, hal ini disebabkan topografi permukaan serat yang sangat *irregular*. [5].

Penelitian tentang komposit juga dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik pada *properties of epoxy resin-fly ash composite*. [6] Penelitian tentang komposit juga dilakukan dengan eksperimen. *Experimental investigation of woven e-glass epoxy composite laminates subjected to low-velocity impact at different energy levels*. Dari hasil pengujian diperoleh nilai kekuatan kompresi *fly ash* dengan variasi berat 30%, 38%, 46% dan 54% adalah

berturut-turut 84,3 N/mm<sup>2</sup>, 88,2 N/mm<sup>2</sup>, 96,2 N/mm<sup>2</sup>, 102,3 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan pada uji impact dengan variasi berat yang sama diperoleh kekuatan impact berturut-turut sebesar 0,92 J, 0,72 J, 0,52 J dan 0,52 J. Pada kekuatan impact terlihat ada sedikit penurunan energi disebabkan karena berkurangnya ketersediaan bahan epoksi untuk mengikat semua partikel *fly ash* dalam matrik [7].

Dengan mengacu pada penelitian diatas penulis termotifasi meneliti dengan menggunakan serat pelepah gebang sebagai penguat pada komposit epoksi. Penelitian ini dititik beratkan untuk mengetahui kekuatan tarik dan kekuatan impact material sehingga dapat digunakan sesuai dengan aplikasi yang diinginkan. Adapun arah dan proyeksi aplikasi dari penelitian ini yaitu memperoleh material baru yang nantinya berfungsi sebagai alternatif pengganti dalam pembuatan berbagai komponen seperti pada badan perahu dan interior dalam perahu, interior dalam lemari dan meja, cangkang helm dan lain sebagainya.

Komposit didefinisikan sebagai struktur dalam skala makro atau mikro yang dibuat dari bahan-bahan yang berbeda, ciricirinya pun tetap terbawa setelah komponen terbentuk sepenuhnya. Karena itu selalu ada antarmuka diantara dua bahan, dan sifat-sifat antarmuka ini mempunyai pengaruh yang jelas terhadap sifat-sifat komposit

Ada pendapat lain tentang komposit yaitu paduan dari dua atau lebih material untuk mendapatkan material baru dengan sifat-sifat tertentu sesuai yang diinginkan, baik dari sifat mekanik maupun sifat ketahanan terhadap korosi [8].

Komposit terdiri dari matrik sebagai pengikat dan filler sebagai pengisi komposit. Keunggulan dan keuntungan bahan komposit diantaranya yaitu dapat memberikan sifat-sifat mekanik terbaik yang dimiliki oleh komponen penyusunnya, bobotnya yang ringan, kemudian tahan korosi, ekonomis dan tidak sensitif terhadap bahan-bahan kimia.

NaOH merupakan larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi

dengan sempurna. Menurut teori Arrhenius basa adalah zat yang dalam air menghasilkan ion OH<sup>-</sup> dan ion positif. Larutan basa memiliki rasa pahit, dan jika mengenai tangan terasa licin (seperti sabun). Sifat licin terhadap kulit itu disebut sifat kaustik basa.

Berdasarkan tinjauan penelitian sebelumnya diatas maka penelitian ini menggunakan serat alam yaitu serat pelepah gebang dengan perlakuan alkali NaOH 5% selama 2 jam. Perbedaan dari penelitian sebelumnya adalah komposit dibuat dengan penguat serat pelepah gebang, dengan metode variasi fraksi volume dan susunan memanjang. Diharapkan dalam penelitian ini didapatkan kekuatan tarik dan impak yang maksimal. Pemilihan serat pelepah gebang sebagai penguat pada komposit karena memiliki struktur serat yang kontinyu kuat dan banyak tetapi tidak dimanfaatkan. Oleh karena itu dibutuhkan pemanfaatan yang lebih baik lagi sebagai alternatif untuk bahan dasar komposit, dan secara tidak langsung nilai tambah (*added value*) dari tanaman ini bisa ditingkatkan menjadi tanaman industri.

#### Metode Penelitian

Dalam penelitian ini peneliti menginginkan pemanfaatan serat pelepah gebang sebagai bahan alternatif penguat komposit. Serat pelepah gebang yang merupakan serat alam akan dijadikan sebagai penguat matrik epoksi. Material alternatif komposit ini dibuat dengan penguat serat pelepah gebang yang diberi perlakuan alkali NaOH 5% selama 2 jam dan layerisasi serat kontinyu serta orientasi serat searah pada matrik epoksi dengan katalis MEPOXI 1%. Komposit juga dibuat dengan variasi fraksi volume serat 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% dan 70%. Kekuatan mekanis dari komposit epoksi berpenguat serat pelepah gebang didapatkan dengan dua pengujian yaitu pengujian tarik dan pengujian impak dan diharapkan karakterisasi kekuatannya dapat digunakan dengan tepat pada pemanfaatannya.

Untuk mendapatkan serat yang baik maka pelepah diambil dari batang

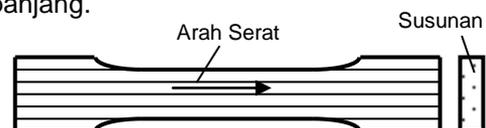
pohon gebang, dengan cara dipotong pada batas pangkal pelepah yang menempel pada batang. Selanjutnya dirol atau digiling hingga hancur, dengan tujuan mempermudah proses pemisahan serat dari pati. Proses penggilingan harus dilakukan pada kondisi pelepah masih utuh sehingga mengamankan serat dari cacat akibat kontak langsung dengan rol atau penggiling. Setelah pelepah hancur maka dilanjutkan dengan proses pengambilan serat yang dicabik-cabik dengan tangan. Pembersihan serat dari pati yang masih terbawa dilakukan secara manual yaitu dengan tangan. Ada alasannya yaitu untuk menghindari cacat pada serat. Serat dipotong dengan panjang 20 cm kemudian dikeringkan dengan diangin-anginkan tanpa terkena sinar matahari sampai kering.

Metode perlakuan serat yang dilakukan pada penelitian ini meliputi proses alkalisasi. Proses preparasi alkalisasi meliputi pembuatan larutan NaOH yaitu dengan menghitung perbandingan volume. Konsentrasi NaOH yang digunakan adalah larutan NaOH 5% per liter aquades.

Metode alkalisasi serat dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

- Serat yang telah dibersihkan dan siap pakai direndam selama 2 jam (120 menit) dalam larutan alkali NaOH 5%.
- Kemudian dikeluarkan dari larutan alkali dan dibilas terus-menerus selama ± 15 menit.
- Selanjutnya serat dikeringkan dengan cara diangin-anginkan tanpa harus dikenai sinar matahari.

Dalam pembuatan spesimen uji dilakukan variasi fraksi volume serat dari 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% dan 70% dengan orientasi serat sejajar dan panjang.



Gambar 1) a. Permukaan Komposit  
b. Penampang Melintang Komposit

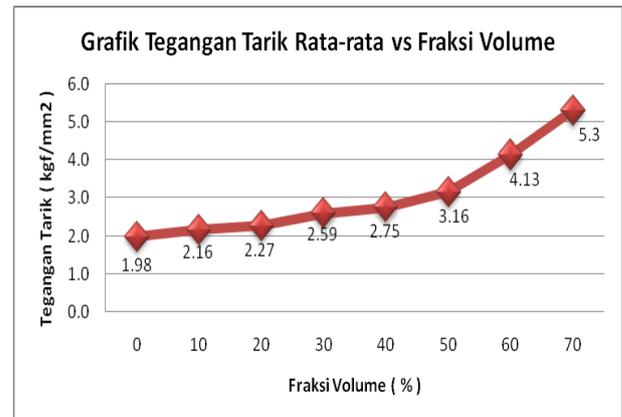
Pembuatan spesimen komposit dilakukan dengan metode *hand lay up* dengan langkah sebagai berikut :

- Melakukan penimbangan serat pelepah gebang sesuai variasi fraksi volume yang ditentukan.
- Menyiapkan cetakan
- Melapisi permukaan dan dinding cetakan dengan wax
- Pencampuran resin dan hardener dengan perbandingan 1% hardener per berat resin epoxy. Kemudian diaduk selama 5 menit agar resin dan hardener tercampur dengan merata.
- Tuangkan adonan resin dan hardener dengan merata pada cetakan yang telah ditata serat pelepah gebang sesuai fraksi volumenya.
- Pembersihan terhadap void hingga berkurang dan diharapkan tidak terdapat void yang secara visual diameternya tidak lebih dari 1 mm.
- Pengeringan komposit (*curing*) pada suhu kamar selama ± 24 jam .Setelah benar-benar kering, keluarkan komposit dari cetakan.
- Memanaskan komposit (*post curing*) dalam oven dengan temperatur 60°C selama 24 jam .
- Lakukan pengamatan pada komposit terhadap ada tidaknya void yang terjadi dengan cara menerawang lembaran komposit. Diameternya tidak lebih dari 1 mm. Void tidak boleh mengumpul pada satu tempat (radius jarak antar void yang diizinkan adalah 1 cm).
- Memanaskan spesimen komposit dalam oven dengan temperatur 60°C selama 24 jam.
- Bentuklah spesimen uji sesuai dengan standar uji tarik (ASTM D638-03) dan uji impak (ISO 179-1).

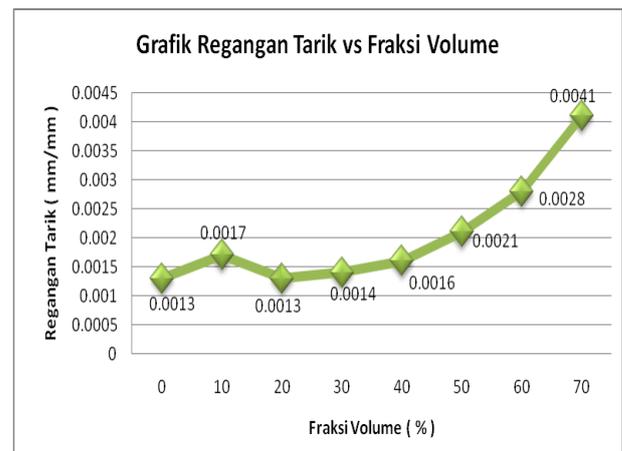
**Hasil Dan Pembahasan**

**Kekuatan Tarik Komposit**

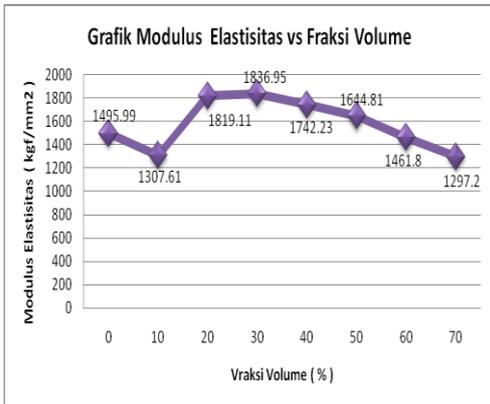
Berdasarkan data hasil pengujian maka diperoleh kekuatan tarik komposit sebagai berikut :



Gambar 2. Grafik Hubungan Tegangan Tarik rata-rata dan Fraksi Volume Serat



Gambar 3. Grafik Hubungan Regangan Tarik dan Fraksi Volume Serat



Gambar 4. Grafik Hubungan Regangan Tarik dan Fraksi Volume Serat

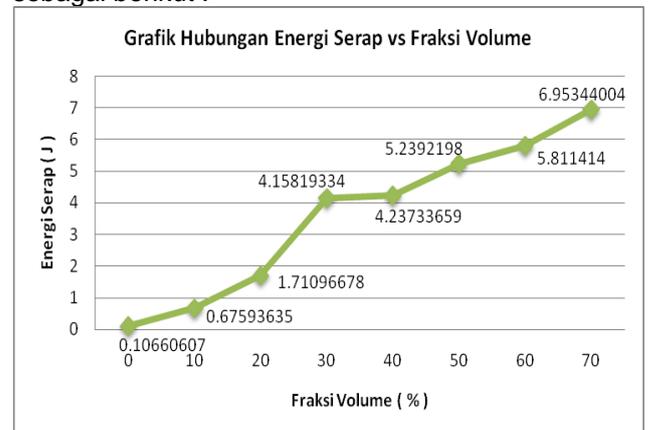
Gambar 2. menunjukkan grafik hubungan kekuatan tarik dan fraksi volume serat. Dimana terlihat terjadi peningkatan tegangan tarik komposit yang seiring dengan pertambahan fraksi volume serat yaitu semakin tinggi fraksi volume serat maka tegangan tarik juga ikut meningkat. Tegangan tarik tertinggi ada pada komposit fraksi volume serat 70 % yaitu sebesar 5,3 kgf/mm<sup>2</sup>. Sampai pada fraksi volume serat tertinggi, komposit tidak mengalami penurunan kekuatan tarik. Ini menunjukkan bahwa matrik masih bekerja baik menerima beban dan diteruskan ke serat.

Pada gambar 3. menunjukkan grafik hubungan regangan tarik dan fraksi volume serat. Dimana regangan tarik juga mengalami trend peningkatan seiring pertambahan fraksi volume serat, sehingga regangan tarik tertinggi ada pada komposit dengan fraksi volume serat tertinggi pula yaitu 0.0041 mm/mm. Regangan meningkat akibat respon perlawanan dari komposit terhadap beban tarik yang diterima sehingga komposit mengalami tegangan sekaligus terjadi regangan sebagai efek pergeseran internal di tingkat atom pada partikel-partikel yang menyusun komposit, sehingga komposit mengalami pertambahan panjang atau mulur. Keadaan ini sangat berdampak pada nilai regangan tarik komposit ketika dibandingkan dengan panjang daerah ukur (*gauge length*) atau (L<sub>0</sub>). Semakin besar nilai pertambahan panjang (ΔL) maka regangan tarik akan bertambah besar.

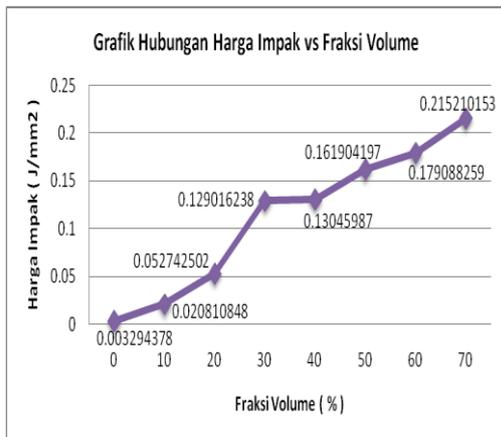
Pada gambar 4. menunjukkan grafik hubungan modulus elastisitas dan fraksi volume serat. Dimana modulus elastisitas mengalami kenaikan sampai pada komposit dengan fraksi volume serat 30% yaitu 1836,95 kgf/mm<sup>2</sup> kemudian, mengalami penurunan sampai yang terendah pada komposit dengan fraksi volume serat 70% yaitu 1297,2 kgf/mm<sup>2</sup>. Penyebab menurunnya nilai modulus elastisitas pada komposit dengan fraksi volume serat 40% sampai 70% adalah karena terjadi peningkatan selisih nilai regangan tarik antar fraksi yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan nilai tegangan tarik komposit. Keadaan ini mengakibatkan regangan tidak berbanding lurus dengan tegangan sehingga grafik yang ada menunjukkan laju tegangan mengecil, perpanjangan bertambah sehingga modulus elastisitas menjadi menurun.

**Kekuatan Impak Komposit**

Berdasarkan data hasil pengujian maka diperoleh kekuatan tarik komposit sebagai berikut :



Gambar 5. Grafik Hubungan Energi Serap Rata-rata dan Fraksi Volume Serat



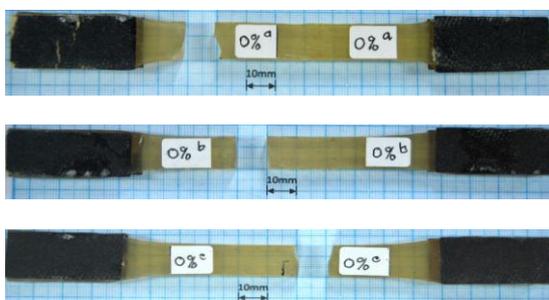
Gambar 6. Grafik Hubungan Harga Impak Rata-rata dan Fraksi Volume Serat

Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada gambar (5.) dan (6.) energi serap dan harga Impak mengalami peningkatan seiring pertambahan fraksi volume serat. Dimana energi serap dan harga impact tertinggi berada pada komposit dengan fraksi volume serat tertinggi 70% yaitu (6,95344004 J dan 0,215210153 J/mm<sup>2</sup>). Sedangkan nilai energi serap dan harga impact terendah ada pada komposit dengan fraksi volume 0% yaitu (0,10660607 J dan 0,003294378 J/mm<sup>2</sup>).

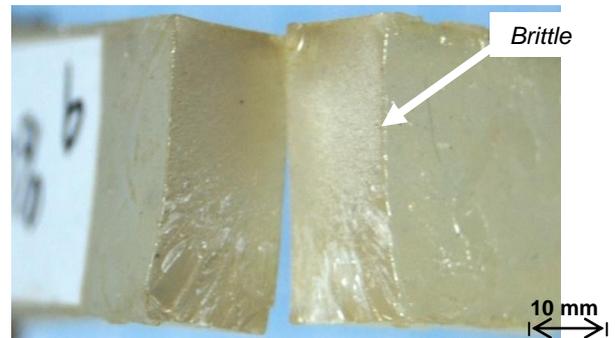
Hasil ini membuktikan bahwa variasi fraksi volume serat sangat berpengaruh terhadap nilai energi serap dan harga impact komposit. Disamping itu daya *interface* antara serat dan matrik juga sangat mendukung peningkatan kekuatan impact.

**Pola Patahan Komposit**

**Foto Makro Komposit Uji Tarik**



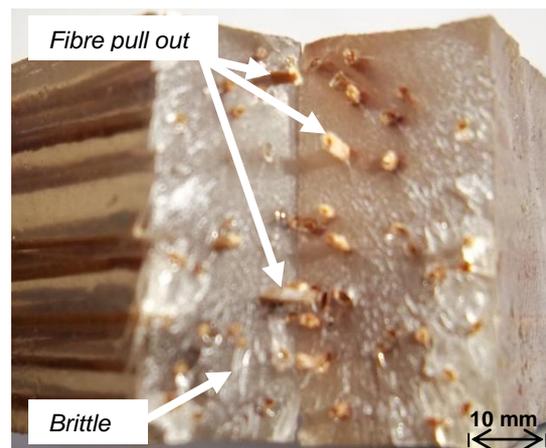
Gambar 7. Permukaan Patahan Komposit Tarik Fraksi Volume Serat 0%



Gambar 8. Penampang Melintang Komposit Tarik Fraksi Volume Serat 0%.



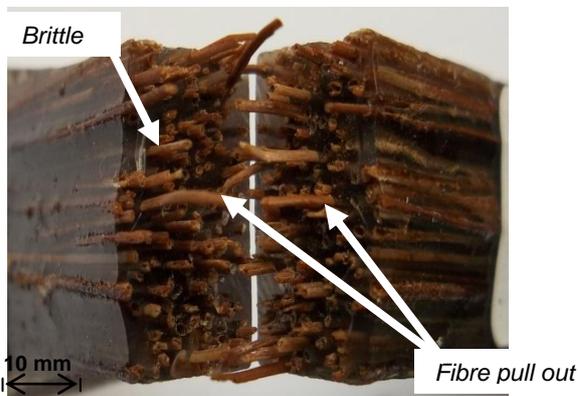
Gambar 9. Permukaan Patahan Komposit Tarik Fraksi Volume Serat 10%



Gambar 10. Penampang Melintang Komposit Tarik Fraksi Volume Serat 10%.



Gambar 11. Permukaan Patahan Komposit Tarik Fraksi Volume Serat 70%



Gambar 12. Penampang Melintang Komposit Tarik Fraksi Volume Serat 70%.

Berdasarkan pengamatan secara makroskopik pada penampang patahan komposit, kondisi patahan menunjukkan mekanisme *fibre pull out*, dimana pada ujung patahan terlihat ada pemutusan serat bahkan kondisi serat tercabut dari matriknya. Keadaan tersebut terjadi pada spesimen fraksi volume serat 10% sampai 70%.

Mekanisme *fibre pull out* terjadi akibat ikatan antar muka pada matrik epoksi dan serat kurang maksimal sehingga mengakibatkan serat tercabut ketika komposit diberi beban tarik. Pada penelitian ini seluruh komposit dari berbagai fraksi volume serat termasuk komposit serat 0 % menunjukkan sifat patah getas (*brittle*), artinya pengecilan penampang (*necking*) tidak dapat dilihat secara langsung. Pola

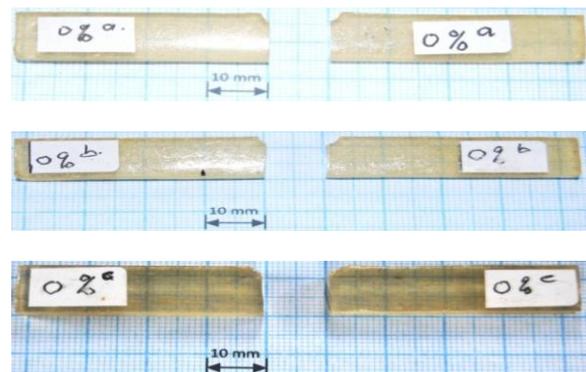
patahan hampir seragam dan dikategorikan sebagai *complete break*.

Komposit mengalami putus baik matrik maupun serat pada satu titik dan terjadi pada daerah tarik (*gauge length*). Hal ini mengindikasikan bahwa serat maupun matrik masih mampu bekerja sama menerima beban tarik. Bukti lain bahwa sepanjang permukaan komposit tidak mengalami retak.

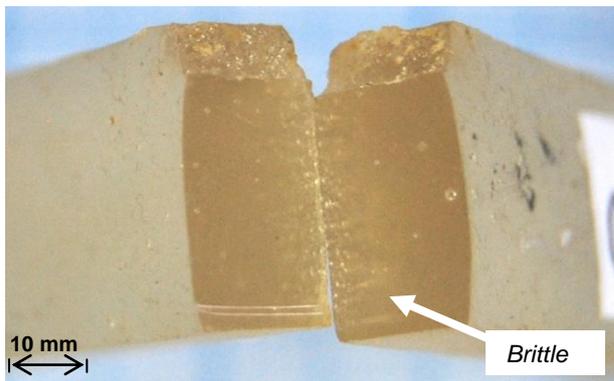
Susunan dan penyebaran serat juga sangat berpengaruh terhadap sifat mekanis komposit, seperti terlihat pada penampang melintang. Pada komposit fraksi volume serat 10%, 20% dan 30% terlihat merata susunan dan penyebarannya. Sedangkan pada komposit fraksi volume serat 40% sampai 70% terlihat susunan dan penyebarannya ada yang tidak merata, selain itu oleh karena jumlah serat semakin banyak sehingga lebih mendominasi penampang komposit, sementara volume matrik sedikit dan ditunjang dengan sifat matrik yang getas (*brittle*) sehingga memungkinkan tingkat elastisitas komposit menjadi menurun.

Pada penampang melintang nampak penyebaran serat yang tidak merata. Hal ini juga berpengaruh terhadap sifat mekanis serat.

#### Foto Makro Komposit Uji Impak



Gambar 13. Permukaan Patahan Komposit Impak Fraksi Volume Serat 0%



Gambar 14. Penampang Melintang Komposit Impak Fraksi Volume Serat 0%.



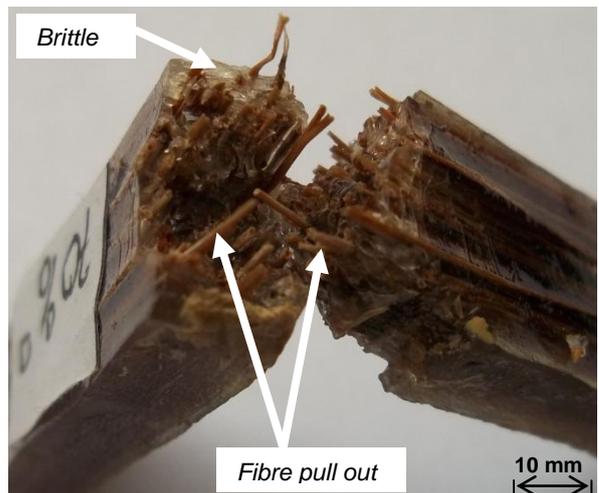
Gambar 15. Permukaan Patahan Komposit Impak Fraksi Volume Serat 10%



Gambar 16. Penampang Melintang Komposit Impak Fraksi Volume Serat 10%.



Gambar 17. Permukaan Patahan Komposit Impak Fraksi Volume Serat 70%



Gambar 18. Penampang Melintang Komposit Impak Fraksi Volume Serat 70%.

Berdasarkan pengamatan secara makroskopik pada penampang patahan komposit, kondisi patahan menunjukkan mekanisme *fibre pull out*, dimana pada ujung patahan terlihat ada pemutusan serat bahkan kondisi serat tercabut dari matriknya. Keadaan tersebut terjadi pada spesimen fraksi volume serat 10% sampai 70%.

Mekanisme *fibre pull out* terjadi akibat ikatan antar muka pada matrik epoksi dan serat kurang maksimal sehingga mengakibatkan serat tercabut ketika komposit diberi beban tarik. Pada penelitian ini seluruh komposit dari berbagai fraksi

volume serat termasuk komposit serat 0 % menunjukkan sifat patah getas (*brittle*), artinya pengecilan penampang (*necking*) tidak dapat dilihat secara langsung. Pola patahan hampir seragam dan dikategorikan sebagai *complete break*.

Komposit mengalami putus baik matrik maupun serat pada satu titik dan terjadi pada daerah tarik (*gauge length*). Hal ini mengindikasikan bahwa serat maupun matrik masih mampu bekerja sama menerima beban tarik. Bukti lain bahwa sepanjang permukaan komposit tidak mengalami retak.

Susunan dan penyebaran serat juga sangat berpengaruh terhadap sifat mekanis komposit, seperti terlihat pada penampang melintang. Pada komposit fraksi volume serat 10%, 20% dan 30% terlihat merata susunan dan penyebaran seratnya. Sedangkan pada komposit fraksi volume serat 40% sampai 70% terlihat susunan dan penyebaran seratnya ada yang tidak merata, selain itu oleh karena jumlah serat semakin banyak sehingga lebih mendominasi penampang komposit, sementara volume matrik sedikit dan ditunjang dengan sifat matrik yang getas (*brittle*) sehingga memungkinkan tingkat elastisitas komposit menjadi menurun.

Pada penampang melintang nampak penyebaran serat yang tidak merata. Hal ini juga berpengaruh terhadap sifat mekanis serat.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Variasi fraksi volume serat mempengaruhi kekuatan tarik dan kekuatan impak komposit, dimana kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada komposit dengan fraksi volume serat 70% yaitu 5,3 kgf/mm<sup>2</sup> sedangkan harga impak tertinggi diperoleh pada komposit dengan fraksi volume serat 70% yaitu 0,215 J/mm<sup>2</sup>.
2. Diperkirakan kekuatan tarik maksimum dan kekuatan impak maksimum baru

akan diperoleh pada komposit dengan fraksi volume serat di atas 70%.

3. Pola patahan komposit tarik maupun impak dari fraksi volume serat 0% sampai 70% menunjukkan sifat getas (*brittle*) dan mekanisme (*fibre pull out*).

### Saran

1. Ketika mencetak sampel komposit perlu diperhatikan distribusi penempatan serat harus merata, kondisi serat harus lurus agar tidak kesulitan dan menghambat proses pencetakan karena akan sangat berpengaruh terhadap hasil cetakan terutama sifat mekanik dari komposit itu sendiri.
2. Perlu penelitian lanjutan tentang maksimum variasi fraksi volume serat untuk pengujian tarik dan impak agar dapat diketahui maksimum kekuatan tarik dan impak dari maksimum fraksi volume yang diperkenankan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] BP. Naiola dan N. Nurhidayat, 2009. Biologi Biji Gwang (*Corypha Utan Lamarck*): Keragaman Kandungan Embrio, Kimia dan Peranan Mikroba Dalam Proses Perkecambahan Biji. Berita Biologi 9 (6), NTT.
- [2] B Paul Naiola, 2006. Fluktuasi otensial Air Harian Gwang (*Corypha Utan Lamarck*), Jenis Tumbuhan Hijau Abadi di Savana NTT. Berita Biologi, Volume 8, No 1. Bidang Botani, Pusat Panalitian Biologi-LIPI.
- [3] Budinski, K. G. and M. K. Budinski,. 2005, *Engineering Materials, Properties and Selection*, Prentice-Hall, 8thed., USA.
- [4] Basuki Widodo, 2008. Analisa Sifat Mekanik Kompsit Epoksi Dengan Penguat Serat Pohon Aren (Ijuk) Model Lamina Berorientasi Sudut Acak (*Random*). Jurnal Teknologi Technoscientia.
- [5] Zulkifli Jafar dan Onny S. Sutresman, 2009. Pengaruh Perlakuan Permukaan Serat Alam Rami (*Boehmeria Nivea*) Terhadap Wettability dan Kemampuan Rekat

- Matrik *Epoxy Resin*. Jurnal Penelitian Enjiniring, Vol. 12, No.2., Makasar.
- [6] Manoj Singla and Vikas Chawla, 2010. *Mechanical Properties of Epoxy Resin – Fly Ash Composite*. *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*.
- [7] N. Rajesh Mathivanan and J. Jerald, 2010. *Experimental Investigation of Woven E-Glass Epoxy Composite Laminates Subjected of Low-Velocity Impact at Different Energy Levels*. *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*.
- [8] Ir. Ary Mustofa Ahmad, 2006. *Pengetahuan Bahan Teknik Pertanian*. Fak. Teknologi Pertanian UNIBRAW Malang.