

Analisa Variasi Fraksi Volume *Filler* Terhadap Sifat Mekanik Komposit Laminat Matriks *Polyester* Berpenguat Serat Sisal

(Analysis Filler Variations Fraction Volume of Laminate Composite Mechanical Properties Matrix Polyester Strengthen Sisal Fiber)

Marta Bahtiar¹, Hary Sutjahjono², Dedi Dwilaksana²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jln. Kalimantan 37, Jember 68121
email: hary.teknik@unej.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi komposit saat ini mulai mengalami pergeseran dari bahan komposit berpenguat serat sintesis menjadi bahan komposit berpenguat serat alam. Pada penelitian ini, penulis membuat spesimen menggunakan serat alami berupa serat sisal (*Agave sisalana*) sebagai penguat komposit dengan *polyester* sebagai matriks dengan variasi volume serat. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kekuatan *bending* serta analisa bentuk patahan yang terjadi pada spesimen dengan menggunakan alat uji mikro. Variasi fraksi volume yang *filler* yang digunakan adalah 40%, 50% dan 60%. Dari hasil pengujian *bending* dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh variasi volume terhadap sifat mekanik komposit yang dihasilkan. Terjadi nilai rata-rata kekuatan *bending* tertinggi yaitu 3,72 Mpa pada variasi volume *filler* 50% dan kekuatan *bending* menurun drastis pada variasi volume *filler* 60%.

Kata kunci: sisal, variasi volume, komposit laminat, sifat mekanik.

Abstract

The development of composite technology has started to experience a shift from synthetic fiber Composite material into natural fiber Composite material. In this study, the authors make the specimen using natural fibers as reinforcement fibers in the form of fiber composites with polyester as a matrix with variations fiber volume. The purpose of this study to determine the bending strength and analysis form that occurs in the specimen by using a micro test. Filler volume variation used 40%, 50%, and 60%. From bending test results it can be concluded that there are significant variations in volume variation of the mechanical properties from the resulting composites. Occurs highest average value of bending strength is 3,72 Mpa in the variation filler volume 50% and bending strength drastic descend in filler volume fraction 60%.

Keywords: sisal, volume variation, laminate composite, mechanical properties.

Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang semakin pesat membuat industri-industri bersaing untuk mengembangkan inovasi-inovasi baru yang belum pernah ada sebelumnya. Inovasi yang dikembangkan yaitu inovasi yang ramah lingkungan, dimana saat ini energi yang ramah lingkungan dan terbaru menjadi alasan utama untuk menggantikan energi yang berasal dari tambang dan tidak dapat diperbarui. Salah satunya yaitu pengembangan inovasi dibidang material. Komposit mulai dikembangkan untuk menggantikan bahan logam. Komposit *fiberglass* dinilai lebih ramah lingkungan dibanding dengan logam atau barang mineral lain yang berasal dari tambang. Akan tetapi serat gelas masih dinilai kurang ramah lingkungan, sehingga muncullah komposit berpenguat serat alam.

Pada umumnya serat alam yang dipakai berupa serat bambu, serat rotan, serat batang pisang, serat sisal, sabut kelapa, serat nanas, serat tebu, dan serat alam yang lain yang masih bisa dimanfaatkan. selama ini pemanfaatan serat sisal kurang begitu dimanfaatkan. Selain itu serat sisal memiliki beberapa kelebihan diantaranya memiliki kekuatan yang baik, tahan lama, *stretch* dan afinitas terhadap zat warna yang baik [1].

Metode Penelitian

Komposit yang dibuat yaitu komposit serat, dimana resin *polyester* (UPR) merk Yukalac tipe 226 sebagai matriks dan serat yang digunakan sebagai penguat yaitu serat tanaman sisal (*Agave sisalana*). Serat sisal memiliki kekuatan tarik sebesar 55 Mpa sedangkan resin *polyester* memiliki kekuatan tarik 30 Mpa [2]. Proses pembuatan komposit

dilakukan menggunakan metode *hand lay up*. Komposit yang dibuat yaitu komposit laminat 4 lapis dengan orientasi serat 0 dan 90 derajat. Sebelum pembuatan komposit pertama kali penyediaan bahan yaitu *polyester* dan serat sisal. Perbandingan volume yang digunakan dalam penelitian ini yaitu variasi volume *filler* 40%, 50%, dan 60%. Perhitungan volume serat dilakukan dengan menggunakan gelas ukur dan menggunakan bantuan air untuk mengukur volume serat. Pembuatan komposit dimulai dengan pembuatan cetakan, dilanjutkan dengan penataan serat pada cetakan. Pencampuran resin dengan katalis pada wadah dan kemudian penuangan campuran resin dan katalis ke cetakan yang telah diberi serat, kemudian dilanjutkan dengan pemberian penutup pada bagian atas cetakan dan menunggu sampai komposit mengeras selama 24 jam. Selanjutnya proses pelepasan komposit dari cetakan dan pemotongan komposit sesuai dengan standar ASTM D2344 [3]. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian *bending* dan alat yang digunakan yaitu *Universal Testing Machine*.



Gambar 1. Resin polyester

Gambar 2. Serat sisal (*Agave sisalana*)

Hasil Dan Pembahasan

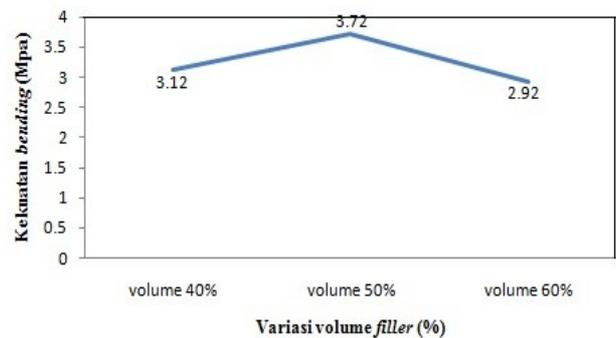
A. Data Perhitungan Komposisi Komposit.

Cetakan komposit yang digunakan memiliki volume 60 cm^3 . Perhitungan volume serat dilakukan menggunakan gelas ukur dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{volume} = \frac{\text{persentase serat}}{100} \times \text{volume cetakan}$$

B. Hasil Pengujian pada Spesimen Uji Bending

Dari pengujian *bending* pada komposit laminat dengan variasi fraksi volume *filler* 40%, 50%, dan 60% diperoleh kekuatan seperti pada gambar dibawah ini.

Gambar 3. Grafik kekuatan uji *bending* terhadap variasi volume *filler* komposit laminat

Pada Gambar 3 terlihat kekuatan *bending* maksimum diperoleh pada variasi volume *filler* 50%. Pada variasi volume *filler* 40% memiliki kekuatan rata-rata 3,12 Mpa. Kemudian kekuatan naik menjadi 3,72 Mpa pada variasi volume *filler* 50%, kemudian kekuatan menurun drastis pada variasi volume *filler* 60%.

Gambar 4. Patahan Spesimen uji *bending* dengan variasi volume *filler* 40%

Pada patahan spesimen dengan variasi volume *filler* 40% seperti gambar 4 tidak tampak adanya regangan pada daerah patahan spesimen ini menunjukkan patah yang terjadi adalah patah getas. Banyak terdapat *fiber brake* pada fraksi volume ini, hal ini disebabkan karena serat dapat terikat dengan baik oleh matriks sehingga serat mengalami *fiber brake*. Selain *fiber brake* serat juga mengalami *fiber pull out*. Panjang serat yang mengalami *pull out* memiliki panjang rata-rata 2 mm. Patah getas dengan permukaan patahan yang luas mendominasi patahan pada variasi volume ini. Ini disebabkan lebih sedikitnya volume serat dibandingkan volume matriks daripada variasi volume *filler* 50% dan 60%.



Gambar 5. Patahan Spesimen uji *bending* dengan variasi volume *filler* 50%

Pada variasi fraksi volume *filler* 50% terjadi peningkatan kekuatan *bending* dari 3,12 Mpa menjadi 3,72 Mpa karena lebih besarnya volume *filler* yang dapat terikat oleh matriks.

Dapat dilihat pada Gambar 5 dimana terlihat terjadi patah ulet yang disebabkan oleh ikatan serat dengan matriks yang baik. Pada patahan spesimen terdapat *fiber break* dan *fiber pull out*. Serat mengalami *fiber brake* karena serat dapat terikat dengan baik oleh matriks, sedang serat yang tidak terikat dengan baik dengan matriks maka akan mengakibatkan *fiber pull out*. Patahan serat yang mengalami *pull out* pada variasi volume ini memiliki panjang rata-rata 4 mm, ini membuktikan bahwa luasan matriks yang mengikat serat semakin kecil.

Pada patahan tampak adanya *stretch* atau rengangan ini menunjukkan jika spesimen pada variasi volume *filler* 50% memiliki sifat yang ulet karena pengaruh ikatan serat dengan matriks. Patahan yang terjadi pada variasi volume ini tidak tepat ditengah spesimen, ini disebabkan adanya ikatan yang kurang baik pada bagian spesimen yang mengalami patahan sehingga patahan tidak terjadi pada area pembebanan.



Gambar 6. Patahan Spesimen uji *bending* dengan variasi volume *filler* 60%

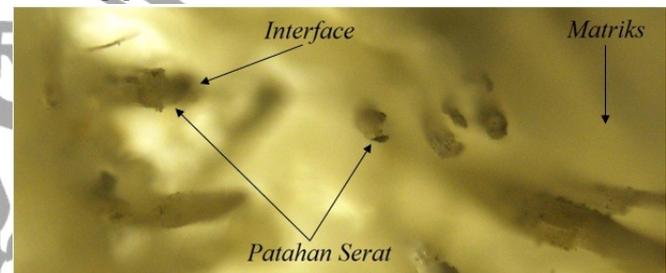
Penurunan kekuatan *bending* terjadi pada variasi fraksi volume *filler* 60%. Dimana kekuatan *bending* turun dari 3,72 Mpa menjadi 2,92 Mpa. Terjadinya penurunan kekuatan dikarenakan serat tidak terikat dengan baik oleh matriks. Dapat dilihat pada Gambar 6 dimana banyak terdapat *fiber pull out* yang menandakan bahwa tidak terjadi ikatan yang baik antara serat dan matriks. Pada variasi volume ini serat yang mengalami *pull out* memiliki panjang rata-rata 7 mm, hal ini membuktikan bahwa luasan matriks yang mengikat serat pada variasi volume *filler* 60% ini lebih kecil dibanding dengan variasi volume *filler* 40% dan 50%.

Pada matriks juga terjadi patah getas. Dengan semakin banyaknya serat yang ada, menjadikan luasan permukaan

patah getas semakin besar yang menyebabkan kekuatan *bending* menjadi menurun.

Pada patahan di variasi volume *filler* 60% ini juga tampak adanya rengangan, ini menunjukkan jika spesimen memiliki sifat yang ulet karena pengaruh ikatan serat dengan matriks. Pada spesimen dengan variasi volume *filler* 60% ini patahan terjadi ditengah atau diarea pembebanan.

Ikatan antara matriks dan serat dapat dilihat pada fenomena *fiber break* dan *fiber pull out* setelah spesimen diuji tarik maupun uji *impact* seperti pada pengamatan di atas menggunakan struktur makro. Serat yang memiliki kekuatan lebih besar dan mempunyai ikatan lebih baik akan terjadi *fiber breaking* dan serat yang memiliki kekuatan tarik dan ikatan dengan matrik lebih kecil akan terjadi *pull out* atau terlepasnya serat dari matrik[3]. Terlihat juga terdapat *void* pada patahan, *void* yang terjadi mengakibatkan penurunan kekuatan sifat mekanik yang dimiliki oleh material tersebut karena *void* merupakan cacat pada material[4].



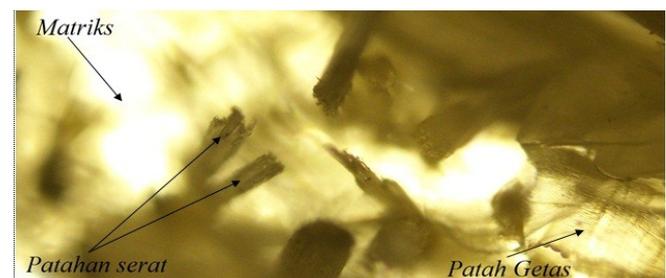
(a) Patahan serat pada volume 40%



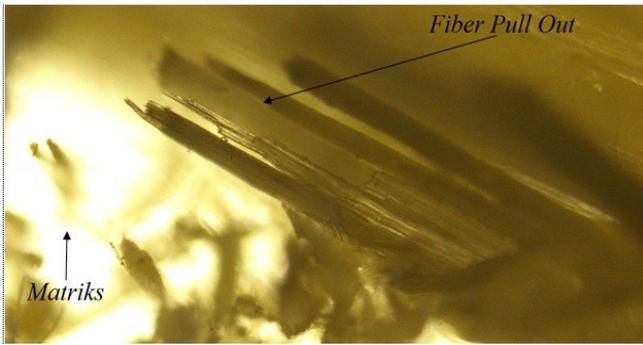
(b) Patah getas pada volume 40%

Gambar 7. Struktur mikro patahan uji *bending* dengan variasi volume *filler* 40% dengan perbesaran 40x

Pada variasi fraksi volume *filler* 40% rata-rata kekuatan *bending* 3,12 Mpa. Patahan permukaan relatif rata, tidak terdapat celah atau rongga pada *interface* yang menandakan terjadi ikatan yang baik antara matriks *polyester* dengan serat sisal . Pada matriks juga terdapat patah getas, patah getas mendominasi pada variasi volume ini, patah getas yang terjadi memiliki luasan permukaan yang cukup besar.



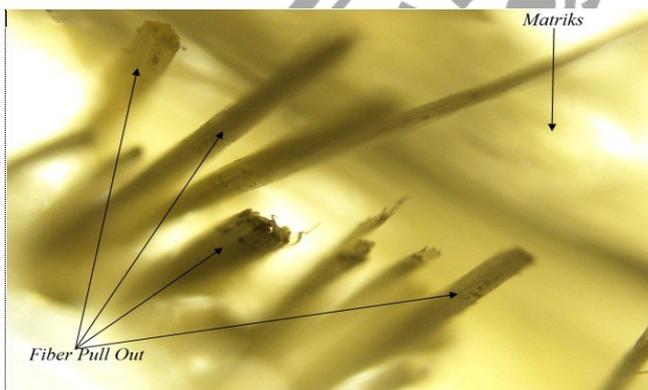
(a) Patahan serat pada volume 50%



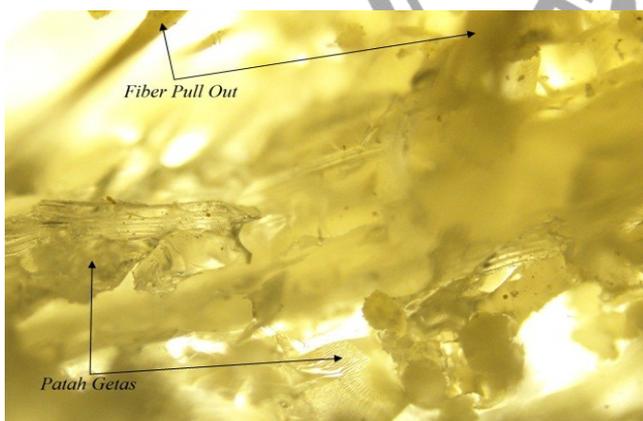
(b) Fiber pull out pada volume 50%

Gambar 8 Struktur mikro patahan uji *bending* dengan variasi volume *filler* 50% dengan perbesaran 40x

Pada spesimen dengan variasi volume *filler* 50% mengalami peningkatan kekuatan dari 3,12 Mpa menjadi 3,72 Mpa. Hal ini dikarenakan lebih banyak serat yang berikatan dengan matriks dan semakin sedikit matriks yang mengalami patah getas. Pada gambar 4.5 terlihat ikatan yang baik antara serat dan matriks dengan tidak adanya rongga atau celah pada *interface*. Pada variasi volume ini juga terdapat lebih banyak *fiber pull out* dari pada variasi volume *filler* 40%.



(a) Fiber pull out pada volume 60%



(b) Patah getas pada volume 60%

Gambar 4.10 Struktur mikro patahan uji *bending* dengan variasi volume *filler* 60% dengan perbesaran 40x

Pada spesimen dengan variasi volume *filler* 60% terjadi penurunan kekuatan *bending* dari 3,72 Mpa menjadi 2,92 Mpa. Hal ini disebabkan jumlah *filler* yang lebih banyak dari

pada matriksnya sehingga ikatan antara matriks dengan serat menjadi tidak maksimal. Terlihat pada gambar 4.10 banyak terdapat *fiber pull out*. pada variasi volume ini patah getas lebih mendominasi pada patahan spesimen, patah getas yang terjadi memiliki luasan permukaan yang kecil sehingga mengakibatkan tidak kuatnya matriks menahan penguat sehingga serat mengalami *pull out*. Dengan banyaknya *fiber pull out* kekuatan *bending* menjadi menurun.

Kesimpulan

1. Dari hasil pengujian *bending* komposit laminat dengan matriks *polyester* dan berpenguat serat sisal terjadi peningkatan kekuatan komposit dari fraksi volume 40% ke fraksi volume 50%. kekuatan komposit meningkat dari 3,12 Mpa menjadi 3,72 Mpa. Akan tetapi terjadi penurunan peningkatan dari fraksi volume 50% ke fraksi volume 60%. kekuatan komposit menurun dari 3,72 Mpa menjadi 2,92 Mpa.
2. Pada fraksi volume 50%, komposit memiliki kekuatan yang maksimum yaitu 3,72 Mpa.
3. Banyaknya *fiber pull out* mengakibatkan kekuatan *bending* menjadi menurun. *fiber pull out* terjadi karena tidak adanya ikatan yang baik antara matriks dengan serat. Banyaknya patah getas dengan luasan permukaan yang kecil yang menjadikan serat dengan matriks tidak saling mengikat dengan kuat, sehingga serat mudah terlepas menjadi *fiber pull out* ketika spesimen mendapat pengujian *bending*.
4. Terjadinya penurunan kekuatan spesimen dapat dikarenakan oleh beberapa faktor, faktor yang mempengaruhi antara lain: faktor dalam proses pembuatan spesimen, faktor bahan spesimen, dan faktor proses pengujian spesimen.

Daftar Pustaka

- [1] Kusumastuti, A. 2009. Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer. *Jurnal Kompetensi Teknik*. Vol. 1 (1): 27-32.
- [2] Mukherjee P. S. & Satyanarayana, K. G. 1984. *Structure and Properties of Some Vegetable Fibres*. *Journal of Materials Science*. Vol. 19 (12): 3925-3934.
- [3] ASTM (2000) D2344 *Standard Test Method for Short-Beam Strength of Polymer Matrix Composite Materials and Their Laminates*. ASTM International, USA.
- [4] Mahmuda, E., Savetlana, S., Sugiyanto. 2013. *Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Ijuk Dengan Matrik Epoxy*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik. Universitas Lampung. *Jurnal FEMA, Volume 1, Nomor 3*.
- [5] Taufik M. ikhsan, Sugiyanto, Zulhanif. 2013 *Perilaku Creep pada Komposit polyester dengan Serat Kulit Bambu Apus (Gigantochloa Apus (J.A & J. H. Schlustes) Kurz)*. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung. *Jurnal FEMA, Volume 1, Nomor 1*.