

## PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT KOMPOSIT *HYBRID* BERPENGUAT SERAT BAMBUCAK DAN SERAT *E-GLASS* ANYAM DENGAN RESIN *POLYESTER* TERHADAP KEKUATAN *BENDING*

**Adetya Riyanto**

S1 Teknik Mesin Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : [adetyariyanto@mhs.unesa.ac.id](mailto:adetyariyanto@mhs.unesa.ac.id)

**Mochamad Arif Irfa'I**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: [arifirfai@unesa.ac.id](mailto:arifirfai@unesa.ac.id)

### Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat komposit hybrid bambu acak dan serat e-glass anyam dengan resin polyester terhadap kekuatan bending. Dalam pembuatan komposit ini bahan yang digunakan adalah serat e-glass anyam, bambu acak, resin unsaturated polyester 157 BTQN, dan katalis MEKPO. Susunan serat selang-seling dimana bagian luar serat bambu. Variasi fraksi volume 20%, 30%, 40%, 50%, dan 60%. Pembuatan komposit menggunakan metode hand lay-up dan press mold. Pengujian bending menggunakan standar ASTM D790-02. Komposit diamati secara visual untuk mengetahui bentuk penampang patahan akibat pengujian bending. Pada pengujian bending diperoleh kekuatan bending rata-rata tertinggi pada fraksi volume serat 40% yaitu sebesar 102 MPa, sedangkan untuk kekuatan bending rata-rata terendah diperoleh pada fraksi volume serat 20% yaitu sebesar 39 MPa. Mekanisme kegagalan yang terjadi dari hasil pengujian bending secara makro menunjukkan hasil terbaik pada fraksi volume serat 40%. Pada fraksi volume 40% ikatan interface cukup baik hanya sedikit serat yang mengalami fiber pull out dan matrik crack juga berkurang menandakan ikatan interfacial sangat baik.

**Kata kunci:** Komposit Hybrid, Serat E-glass, Serat Bambu, Fraksi Volume, Kekuatan Bending.

### Abstract

*The purpose of this study was to determine the effect of fiber volume fraction and random hybrid composite bamboo fiber woven E-glass with polyester resin on the bending strength. In making this composite, the materials used are e-glass fiber, random bamboo, 157 BTQN unsaturated polyester resin, and MEKPO catalyst. Alternate fiber arrangement where the outer part of the bamboo fiber. Volume fraction variation of 20%, 30%, 40%, 50%, and 60%. Composite making using hand lay-up and press mold methods. Bending testing uses ASTM D790-02 standard. Composites were observed visually to determine the fracture section shape due to bending testing. In bending testing, the highest average bending strength is obtained at 40% fiber volume fraction, which is 102 MPa, while the lowest average bending strength is obtained at 20% fiber volume fraction which is 39 MPa. The mechanism of failure that occurs from the results of macro bending testing shows the best results in the fiber volume fraction of 40%. At a volume fraction of 40% the interface bond is good that only a few fibers experience fiber pull out and the crack matrix also decreases indicating an excellent interfacial bonding.*

**Keywords:** Hybrid Composite, E-Glass Fibre, Bamboo Fibre, Volume Fraction, Bending Strength.

### PENDAHULUAN

Industri dalam bidang material dan bahan saat ini telah berkembang pesat. Berbagai macam jenis bahan telah banyak dikembangkan dan juga diteliti demi mendapatkan material bahan baru yang tepat guna, biaya produksi yang rendah dan ramah lingkungan. Salah satu bahan yang sekarang ini banyak diteliti dan dikembangkan yaitu material bahan komposit. Komposit memiliki berbagai kelebihan. Kelebihan yang dimiliki

komposit yaitu ringan, tahan korosi, dan memiliki biaya yang lebih murah. Material komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda (Fatkhurrohman, 2016).

Serat sintetik masih menjadi bahan utama dalam pembuatan material komposit. Serat sintetik adalah serat anorganik yang telah diperlakukan dengan bahan kimia tertentu seperti serat karbon, serat gelas, dan serat aramid. Komposit perlu dikembangkan untuk mencari bahan

pengganti komposit selain gelas, karbon, dan aramid sebagai alternatif serat komposit. Bahan alternatif tersebut nantinya harus berorientasi pada harga yang terjangkau, mudah didapat, ramah lingkungan, dan memiliki sifat mekanik yang baik. Bahan alternatif penguat komposit yang cocok adalah dari serat alam karena sifatnya yang ramah lingkungan. Selain harganya yang relatif murah, serat alam juga dinilai lebih mudah didapat dibandingkan dengan serat sintetis. Serat alam yang banyak digunakan sebagai bahan penguat komposit yaitu: serat bambu, serat nanas, serat tebu, serat batang pisang, serat ijuk, dan serat eceng gondok (Machmudi, 2016).

Bambu merupakan tanaman yang banyak ditemui di Indonesia. Bambu adalah tanaman dengan laju pertumbuhan tertinggi di dunia, dilaporkan dapat tumbuh 100 cm (39 in) dalam 24 jam (David Farrelly, 1984 dalam Wikipedia). Penggunaan bambu sebagai penguat bahan komposit sangat cocok karena jumlahnya sangat melimpah dan memiliki pertumbuhan yang sangat cepat. Selain itu bambu memiliki sifat yang kuat, lentur, ramah lingkungan dan murah. Bilah bambu yang diambil dari buluh berusia 3 tahun yang dikeringkan di udara (kadar air 15,1%) memiliki sifat-sifat mekanis, berturut-turut untuk bilah dengan buku dan tanpa buku, sbb.: kekuatan tekan sejajar arah serat 37,5 N/mm<sup>2</sup> dan 33,9 N/mm<sup>2</sup>; kekuatan geser 7,47 N/mm<sup>2</sup> dan 7,65 N/mm<sup>2</sup>; serta kekuatan tarik sebesar 299 N/mm<sup>2</sup> (Widjaja, 1995 dalam Wikipedia).

Serat gelas ada beberapa macam salah satunya serat *e-glass*. Serat *e-glass* adalah salah satu jenis serat yang dikembangkan sebagai penyekat atau bahan isolasi. Jenis ini mempunyai kemampuan bentuk yang baik dan harganya terjangkau. Serat *e-glass* anyam sering digunakan untuk bahan penguat material komposit. Material komposit akan lebih baik menggunakan *e-glass* anyam karena adanya ikatan yang terjadi dari anyaman yang dapat memperkuat material komposit tersebut. Dengan menggunakan serat *e-glass* yang dianyam material komposit akan memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan serat acak (Rusman, 2015).

Komposit *hybrid* merupakan komposit gabungan antara dua atau lebih serat yang berbeda jenis dan karakteristiknya. Gabungan antara serat yang berbeda jenis dan karakteristik dapat meningkatkan sifat mekanik dari material komposit sesuai yang diinginkan. Herlina Sari (2011) melakukan penelitian komposit *hybrid* serat batang kelapa dengan serat gelas. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan bending tertinggi komposit hybrid serat batang kelapa/serat gelas pada fraksi volume serat batang kelapa/fiber glass 10:20 % yaitu 22,7 N/mm<sup>2</sup>, kemudian berturut-turut 15:15 dan 20:10 yaitu 19,6 N/mm<sup>2</sup> dan 17,37 N/mm<sup>2</sup>. Sehingga

dengan penambahan serat gelas akan menambah kekuatan *bending* komposit *hybrid*.

Penggunaan serat bambu sebagai produk socket prosthesis telah menggantikan serat sintetis. Berdasarkan hasil penelitian Agustinus Purna Irawan dan I Wayan Sukania (2013) diperoleh kekuatan tekan sebesar 41,44 MPa, kekuatan *flexural* sebesar 98,32 MPa, dan kegagalan tekan prototipe socket prosthesis berbahan komposit serat bambu epoksi menunjukkan bahwa kekuatan tekan yang dihasilkan ( $87,1 \pm 4,3$  kN) dengan pengujian standar ISO 10328. Kekuatan yang dihasilkan komposit serat bambu epoksi berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai bahan socket prosthesis. Untuk meningkatkan kekuatan mekanik pada serat bambu maka ditambahkan dengan serat sintetis yaitu serat *e-glass*. Serat *e-glass* yang dipakai adalah tipe anyam. Dengan adanya perpaduan antara serat bambu acak dan serat *e-glass* anyam memungkinkan dapat meningkatkan sifat mekanis dari komposit tersebut.

Berdasarkan latar belakang diatas menghasilkan pemikiran mengenai komposit *hybrid* dengan penguat serat bambu acak dan serat *e-glass* anyam dengan matrik *polyester* dengan menggunakan variasi dari fraksi volume serat untuk mendapatkan fraksi volume serat yang optimal sebagai socket prosthesis. Pada penelitian ini menggunakan pengujian bending tiga titik sesuai standar ASTM D790-02. Bentuk dari kegagalan pengujian *bending* akan diamati secara foto makro.

## METODE

### Jenis Penelitian

Jenis dari penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang berarti metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dengan kondisi yang terkendalikan dengan pembuatan spesimen komposit *hybrid* yang memvariasikan fraksi volume serat komposit kemudian dilakukan pengujian *bending* pada spesimen komposit *hybrid* setelah itu melakukan pengamatan patahan spesimen melalui foto makro.

### Tempat dan Waktu Penelitian

- Tempat penelitian  
Penelitian ini dilaksanakan di dua tempat, pembuatan spesimen komposit *hybrid* di Laboratorium Fabrikasi, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya dan pengujian *bending* di Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang.

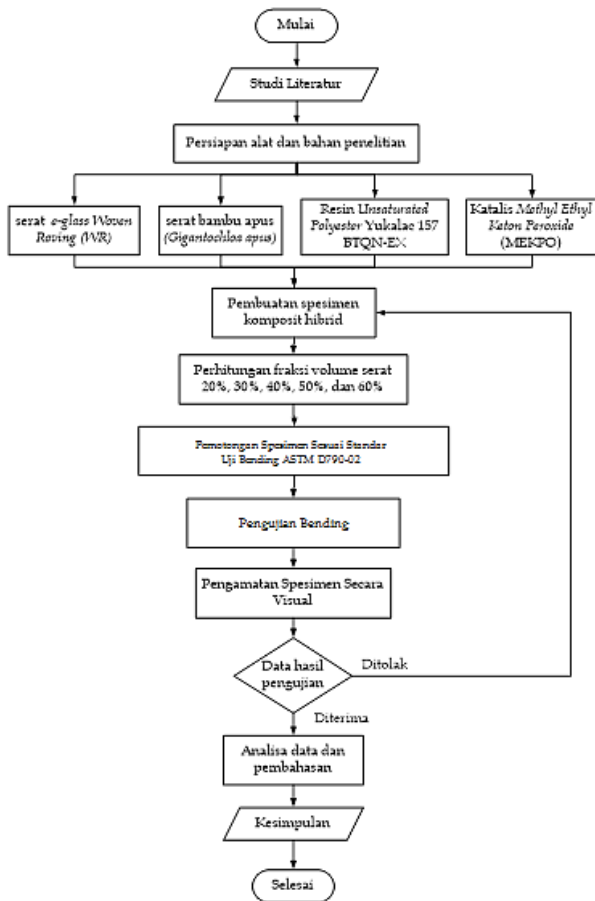
- Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan membutuhkan waktu selama 6 bulan dilaksanakan pada bulan Maret 2018 hingga Agustus 2018

Pengaruh Fraksi Volume Serat Komposit *Hybrid* Berpenguat Serat Bambu Acak dan Serat *E-Glass* Anyam dengan Resin *Polyester* terhadap Kekuatan *Bending*

**Rancangan Penelitian**

• *Flowchart* Penelitian



Gambar 1 *Flowchart* Penelitian

• *Pengujian Bending*



Gambar 2 Spesimen Uji *Bending*

➤ Proses pengambilan data.

- Memasang spesimen uji pada alat uji *bending*.
- Menyiapkan lembar pengambilan data pengujian.
- Atur beban dan berikan beban secara kontinu.
- Amati dan catat hasil pengujian pada lembar pengujian yang berupa beban dan pergeseran hingga spesimen terjadi kegagalan.

- Matikan alat uji.
- Lepas spesimen.
- Pasangkan spesimen uji yang selanjutnya pada alat uji *bending*.
- Ulangi langkah diatas hingga seluruh spesimen teruji.

➤ Proses perhitungan.

Dari data yang diperoleh tiap spesimen yang menunjukkan beban dan pergeseran dari spesimen setelah dilakukan pengujian. Dilakukan perhitungan dari data hasil pengujian berupa beban untuk mendapatkan tegangan dengan perhitungan sebagai berikut :

Tegangan *Bending*

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Keterangan :

$\sigma$  = Tegangan *Bending* (Mpa)

P = Beban (N)

L = Panjang benda uji (mm)

b = Lebar benda uji (mm)

d = Tebal benda uji (mm)

• *Pengamatan Foto Makro*

Pengambilan data visual untuk foto makro patahan specimen menggunakan kamera DSLR Nikon D3200 dengan spesifikasi 24.2MP DX-Format CMOS Sensor, EXPEED 3 Image Processor, 3.0" 921k-Dot LCD Monitor, Full HD 1080p Video Recording at 30 fps, Multi-CAM 1000 11-Point AF Sensor, Native ISO 6400, Extended to ISO 12800, Continuous Shooting Up to 4 fps, 420-Pixel RGB Sensor Exposure Metering, 12-Bit RAW Files. Menggunakan lensa makro Nikon 55mm f2.8 dengan perbesaran 5x. Pengambilan gambar dilakukan diruangan terbuka pada pukul 10.00 pagi sehingga menghasilkan pencahayaan yang cukup dengan jarak objek dan kamera sepanjang 30 cm.

**Variabel Penelitian**

“Variabel penelitian adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya” (Sugiyono, 2016)

- Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi fraksi volume serat komposit yaitu 20%, 30%, 40%, 50%, dan 60%.
- Variabel terikat yang dilakukan pada penelitian ini diantaranya:
  - Kekuatan *Bending*
- Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah :
  - Proses manufaktur pembuatan bahan komposit dalam cetakan.
  - Proses *press mold* pada bahan komposit berlangsung selama 4 jam.
  - Proses *curing* dioven dengan temperatur 100 C selama 3 jam.
  - Pembuatan komposit pada penelitian ini menggunakan resin *polyester* yukalac 157 BTQN.

### Bahan, Alat, dan Instrumen Penelitian

- Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :
  - Serat Bambu Acak
  - Serat *e-glass* WR 600
  - Resin *Unsaturated Polyester* Yukalac 157 BTQN-EX
  - *Methyl Ethyl Keton Peroxide* (MEKPO)
- Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
  - *Universal Testing Machine*
  - Kuas
  - Timbangan Digital
  - Gerinda
  - Cetakan Komposit
  - Gelas Ukur
  - Dongkrak Hidrolis
  - Oven Listrik

### Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan untuk menganalisa data pada penelitian ini adalah statistika deskriptif kuantitatif. "Teknik analisis data ini, dilakukan dengan cara menelaah data yang diperoleh dari eksperimen, dimana hasilnya berupa data kuantitatif yang akan dibuat dalam bentuk tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafis. Langkah selanjutnya adalah mendeskripsikan atau menggambarkan data tersebut sebagaimana adanya dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca, dipahami, dan dipresentasikan sehingga pada intinya adalah sebagai upaya memberi jawaban atas permasalahan yang diteliti" (Sugiyono, 2016).

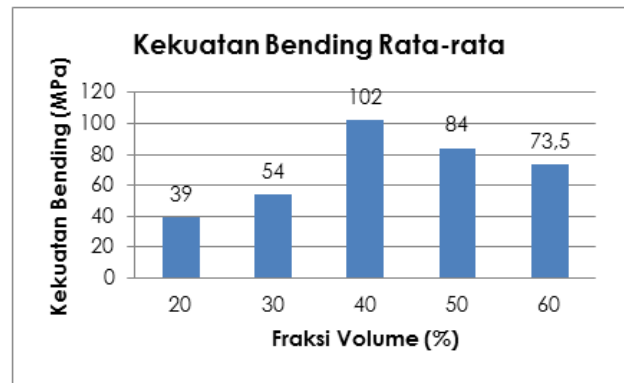
### HASIL DAN PEMBAHASAN

- Hasil Pengujian *Bending*

Tabel 1 Hasil Uji *Bending* Komposit *Hybrid*

Fraksi Volume	Sampel	Beban Maksimum (kN)	Momen Bending (Nmm)	Kekuatan Bending Maksimum (MPa)
20%	1	0,2	6000	36
	2	0,25	7500	45
	3	0,2	6000	36
	Σ			39
30%	1	0,25	7500	45
	2	0,35	10500	63
	3	0,3	9000	54
	Σ			54
40%	1	0,55	16500	99
	2	0,6	18000	108
	3	0,55	16500	99
	Σ			102
50%	1	0,45	13500	81
	2	0,5	15000	90
	3	0,45	13500	81
	Σ			84
60%	1	0,4	12000	72
	2	0,425	12750	76,5
	3	0,4	12000	72
	Σ			73,5

Data hasil pengujian *bending* ditampilkan pada grafik dibawah ini untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi volume serat komposit *hybrid*.



Gambar 3 Grafik Kekuatan *Bending* Komposit *Hybrid*

Pengujian *bending* dilaksanakan menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* dengan spesifikasi beban maksimal 100 kN. Untuk melakukan pengujian *bending* ini diperlukan jig khusus yang digunakan untuk pengujian *bending*. Spesimen yang digunakan pada pengujian *bending* memiliki dimensi panjang 115 mm, lebar 13 mm dan tebal sesuai fraksi volume serat. Menggunakan rasio *thickness to span* 1 : 16

Pengujian dilakukan dengan alat *Servo Hydraulic Universal Testing Machine* menggunakan kecepatan 2 mm/menit kemudian data akan ditampilkan pada layar monitor. Data yang didapat dari *Universal Testing Machine* berupa data beban/load.

Dari gambar 3 diatas dapat diamati bahwa pada fraksi volume serat 40% diperoleh komposit *hybrid* yang memiliki kekuatan *bending* tertinggi yaitu 102 MPa. Sedangkan dapat diamati pada gambar 3 diatas bahwa kekuatan *bending* terendah ada pada fraksi volume serat 20% sebesar 39 MPa. Pada grafik diatas ditunjukkan kecenderungan hasil kekuatan *bending* komposit *hybrid* berpuangat serat bambu acak dan serat *E-glass* anyam mengalami kenaikan namun mengalami penurunan pada fraksi 50% dan 60%. Kekuatan *bending* komposit pada masing-masing fraksi volume serat 30%, 50%, dan 60% adalah 54 Mpa, 84 MPa, dan 73,5 MPa.

Menurut jurnal penelitian ilmiah oleh Istyawan Priyahapsara dan Izza Rizky Assihhaly (2017) yang melakukan penelitian mengenai Pengaruh Variasi Fraksi Volume Komposit Serat *E-glass* ±45° Polyester 157 Bqtn Terhadap Kekuatan *Bending* Dan Geser. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa Karakteristik sifat mekanis untuk uji *bending* adalah fraksi volume 40% serat mempunyai nilai *flexural strength* dan modulus elastisitas paling tinggi dibanding fraksi volume lainnya. Fraksi 40% serat mempunyai *flexural strength* rata-rata sebesar 100.45 MPa, lebih tinggi dari fraksi 50% serat sebesar 77.90 MPa dan fraksi 60% serat sebesar 49.32 MPa. Hal ini disebabkan karena distribusi tegangan terserap oleh resin dan serat secara maksimal. Dalam hal perbandingan volume komposit akan ada nilai batas dimana volume resinnya maksimal, setelah melewati titik maksimal

Pengaruh Fraksi Volume Serat Komposit *Hybrid* Berpenguat Serat Bambu Acak dan Serat *E-Glass* Anyam dengan Resin *Polyester* terhadap Kekuatan *Bending*

kekuatan komposit akan berkurang karena akan menghasilkan sifat komposit yang getas.

- Hasil Pengamatan Makro Patahan Spesimen Uji *Bending*

Fraksi Volume Serat 20%



Gambar 4 Spesimen fraksi volume 20% setelah diuji *bending*



Gambar 5 Foto makro spesimen fraksi volume 20%

Dapat diamati pada gambar 4 dan 5 menunjukkan penampang patahan pada sampel komposit *hybrid* dengan fraksi volume serat 20% bahwa terjadi kegagalan yang diawali dengan retaknya matrik/*matrik crack*. Terlihat dari banyaknya retakan matriks pada bagian yang terkena beban tekan, dan matriks tidak mampu untuk menerima beban. Adanya pembengkokan pada spesimen mengindikasikan keuletan dari komposit *hybrid*.

Fraksi Volume Serat 30%



Gambar 6 Spesimen fraksi volume 30% setelah diuji *bending*



Gambar 7 Foto makro spesimen fraksi volume 30%

Dapat diamati pada gambar 6 dan 7 menunjukkan penampang patahan pada sampel komposit *hybrid* dengan fraksi volume serat 30% adalah patah tunggal. Ikatan *interface* antara matriks dengan serat cukup baik karena patahan terjadi pada titik pembebanan *bending* tidak terlihat adanya *fiber pull out*. Pada fraksi volume 30% terjadi kegagalan yang diawali dengan retaknya matrik/*matrik crack* namun ikatan *interface* baik

mengindikasikan ikatan yang baik antara serat dan matrik *polyester*.

Fraksi Volume Serat 40%



Gambar 8 Spesimen fraksi volume 40% setelah diuji *bending*



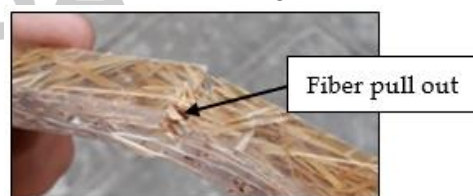
Gambar 9 Foto makro spesimen fraksi volume 40%

Dapat diamati pada gambar 8 dan 9 menunjukkan penampang patahan pada sampel komposit *hybrid* dengan fraksi volume serat 40% adalah patah tunggal. Hal ini dikarenakan matriks telah mencapai batas kemampuannya dalam menerima beban. Namun ikatan *interface* cukup baik ditandai dengan serat hanya sedikit yang mengalami *fiber pull out*, dan matriks yang retak di area pembebanan juga berkurang. Hal ini berarti beban terdistribusi merata didukung dengan ikatan *interface* yang cukup baik, sehingga menghasilkan spesimen dengan kekuatan *bending* rata-rata yang paling tinggi.

Fraksi Volume Serat 50%



Gambar 10 Spesimen fraksi volume 50% setelah diuji *bending*



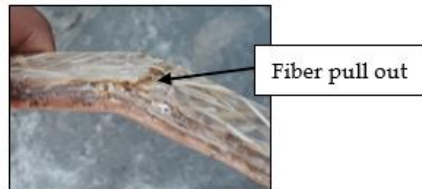
Gambar 11 Foto makro spesimen fraksi volume 50%

Dapat diamati pada gambar 10 dan 11 menunjukkan penampang patahan pada sampel komposit *hybrid* dengan fraksi volume serat 50% adalah *fiber pull out*. Hal ini terjadi akibat dari jumlah serat yang semakin bertambah dan *bonding* yang kurang sempurna. Sehingga bila dilakukan pembebanan ikatan antara serat dan matriks akan mudah terlepas.

Fraksi Volume Serat 60%



Gambar 12 Spesimen fraksi volume 60% setelah diuji *bending*



Gambar 13 Foto makro spesimen fraksi volume 60%

Dapat diamati pada gambar 12 dan 13 menunjukkan penampang patahan pada sampel komposit *hybrid* dengan fraksi volume serat 60% bahwa terjadi kegagalan yang diawali dengan retaknya matrik/*matrik crack* kemudian terjadi *fiber pull out*. Hal ini terjadi akibat dari jumlah serat yang semakin bertambah dan *bonding* yang kurang sempurna. Sehingga bila dilakukan pembebanan ikatan antara serat dan matriks akan mudah terlepas.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil analisis data dari pengujian tarik dan pengujian *bending* komposit hibrid berpenguat serat bambu acak dan serat *e-glass* anyam dengan resin *polyester*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Kekuatan *bending* komposit hibrid dengan resin *polyester* berpenguat serat bambu acak dan *e-glass* anyam tertinggi diperoleh pada fraksi volume serat 40% yaitu sebesar 102 MPa, sedangkan untuk kekuatan *bending* terendah diperoleh pada fraksi volume serat 20% yaitu sebesar 39 MPa.
- Bentuk dari kegagalan hasil pengujian *bending* secara makro menunjukkan hasil terbaik pada fraksi volume serat 40%. Pada fraksi volume 40% ikatan *interface* cukup baik hanya sedikit serat yang mengalami *fiber pull out* dan *matrik crack* juga berkurang menandakan ikatan *interfacial* sangat baik.

### Saran

Ada beberapa perihal yang perlu diperhatikan pada kelanjutan penelitian ini, antara lain adalah :

- Pada saat proses *press mold* tekanan di kedua dongkrak harus sama agar ketebalan spesimen sama rata.

- Saat mengaduk dan menuang resin lakukan secara perlahan karena dapat memunculkan gelembung yang nantinya akan menimbulkan *void* pada komposit.
- Perlu kecermatan dan ketelitian pada saat proses pembuatan komposit untuk menghindari adanya *void* yang dapat mempengaruhi kekuatan komposit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Annual Book of ASTM Standards. D790-02. "Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials", Philadelphia, PA (2000).
- BS ISO 10328-3: 1996, Prosthetics, Structural Testing of Lower-Limb Prostheses, Principal Structural Tests. <http://www.iso.org>.
- Ichsan, Rusman Nur. 2015. Pengaruh Susunan Lamina Komposit Berpenguat Serat E-glass dan Serat Carbon Terhadap Kekuatan Tarik dengan Matrik Polyester. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Irawan, Agustinus Purna. 2013. "Kekuatan Tekan dan Flexural Material Komposit Serat Bambu Epoksi". Jakarta : Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara.
- Machmudi. 2016. Analisis Komposit Berpenguat Serat Pohon Aren Acak Anyam Acak Terhadap Kekuatan Bending dan Kekuatan Impak Dengan Resin Polyester. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Priyahapsara, Istyawan dan Assihhaly, Izza Risky. 2017. Pengaruh Variasi Fraksi Volume Komposit Serat *E-Glass ±45° Polyester* 157 BTQN Terhadap Kekuatan *Bending* dan Geser. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjpto.
- Sari, Nasmi Herlina. 2011. Ketahanan Bending Komposit *Hybrid* Serat Batang Kelapa/Serat Gelas Dengan Matrik *Urea Formaldehyde*. Mataram: Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Sugiyono. 2016. "Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D". Bandung : Alfabeta.
- Syngellakis. 2015. "Natural Filler and Fibre Composites". Boston : WITPress.
- Wikipedia. 15 Oktober 2018. <https://id.wikipedia.org/wiki/Bambu> diakses pada tanggal 15 Oktober 2018