

PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT KOMPOSIT *HYBRID* BERPENGUAT SERAT BAMBU ANYAM DAN SERAT *E-GLASS* ACAK BERMATRIK *EPOXY* TERHADAP KEKUATAN *BENDING*

Fajar Subekti

S1 Teknik Mesin Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : fajarsubekti@mhs.unesa.ac.id

Mochamad Arif Irfa'I

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: arifirfai@unesa.ac.id

Abstrak

Kerusakan pada pipa air yang terbuat dari logam pada banyak kasus terjadi karena terjadinya korosi dan beban yang terjadi pada pipa karena massa pipa itu sendiri maupun faktor dari luar. Material sebagai bahan pembuat pipa air yang tahan terhadap korosi dan memiliki sifat mekanis yang baik diperlukan sebagai bahan alternatif pembuatan pipa air. Komposit merupakan alternatif material yang dapat digunakan sebagai bahan pembuat pipa air karena memiliki sifat tahan korosi dan sifat mekanik yang baik. Jenis komposit *hybrid* dapat digunakan sebagai bahan alternatif pembuat pipa karena memiliki ketahanan terhadap korosi dan sifat mekanik yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat komposit *hybrid* berpenguat serat bambu anyam dan serat *E-glass* acak bermatrik *epoxy* terhadap kekuatan *bending*. Dengan perbandingan serat bambu dan serat *E-glass* sama. Variasi fraksi volume serat komposit *hybrid* 20%, 30%, 40%, 50%, dan 60%. Kemudian dibuat sampel komposit *hybrid*. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian *bending* untuk mengetahui kekuatan *bending* komposit *hybrid*. Pengujian *bending* dilakukan pada alat uji *Universal Testing Machine* (UTM) dengan standar pengujian *bending* ASTM D 7264. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit *hybrid* berpenguat serat bambu anyam dan serat *E-glass* acak bermatrik *epoxy* menunjukkan kecenderungan peningkatan kekuatan seiring dengan peningkatan fraksi volume serat dan kekuatan yang optimal pada fraksi volume serat 60% dengan nilai kekuatan *bending* 62,051 MPa. Pengamatan secara makroskopis menunjukkan *fibre pullout* yang sedikit dan merata pada bidang patahan serat *E-Glass* dan serat bambu.

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

Abstract

Damage to water pipes made of metal in many cases occurs due to corrosion and the load that occurs on the pipe due to the mass of the pipe itself and external factors. Material as a material for making water pipes that are resistant to corrosion and has good mechanical properties is needed as an alternative material for making water pipes. Composite is an alternative material that can be used as a water pipe maker because it has corrosion resistance properties and good mechanical properties. Hybrid composite types can be used as alternative pipe makers because they have corrosion resistance and good mechanical properties. This study aims to determine the effect of hybrid composite fiber volume fraction with woven bamboo fiber and random *E-glass* fiber with epoxy matrix on bending strength. With the comparison of bamboo fiber and *E-glass* fiber the same. Variation of hybrid composite fiber volume fraction 20%, 30%, 40%, 50%, and 60%. Then a hybrid composite sample is made. The test is bending testing to determine the bending strength. Bending testing is carried out on *Universal Testing Machine* (UTM) test equipment with standard ASTM D 7264 bending testing. The results showed that hybrid composites with woven bamboo fiber and random *E-glass* fiber with epoxy matrix showed a tendency to increase strength along with the increase in fiber volume fraction and optimal strength in 60% fiber volume fraction with 62,051 MPa bending strength. Macroscopic observation shows that the pullout fibers are little and evenly distributed in the fracture fields of *E-Glass* fibers and bamboo fibers.

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

PENDAHULUAN

Kerusakan yang terjadi pada pipa air yang terbuat dari logam pada umumnya lebih disebabkan karena terjadinya korosi kemudian diikuti dengan beban *bending*

pada pipa maupun karena beban dari luar seperti pipa dalam tanah. Salah satu upaya untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan menggunakan alternatif material lain yang memiliki ketahanan terhadap reaksi lingkungan

dan air yang menyebabkan korosi, ketahanan terhadap beban *bending* yang baik.

Pada tahun 1960an material komposit polimer mulai dipakai pada pipa dan tangki tahan korosi. Peningkatan umur pakai yang mengakibatkan rendahnya *cycle-cost* dari pemakaian material ini membuat perkembangan konstruksi tahan korosi yang terbuat dari material ini berkembang dengan pesat. Di Amerika pada tahun 2000 pemakaian komposit polimer pada konstruksi yang membutuhkan ketahanan korosi mencapai 12% dari seluruh pemakaian material tersebut. Persentase ini lebih tinggi dari penggunaan pesawat terbang (1%), kelautan (10%), atau kelistrikan (10%). Pada tahun 1995, di Amerika, Battele Institute memperkirakan pemakaian komposit polimer dapat menghemat 100 miliar dolar Amerika pertahun dari 300 miliar dolar Amerika yang biasanya diperlukan untuk permasalahan korosi pada konstruksi logam. Ketahanan korosi yang tinggi serta umur pakai yang lama dari komposit polimer ini telah di dokumentasikan dengan hasil yang sangat memuaskan sampai saat ini. Sebagai contoh, suatu konstruksi tangki komposit di industri kertas Alabama bekerja dengan baik selama 30 tahun pemeliharaan. Contoh lain adalah komposit polimer dengan penguat serat gelas yang digunakan pada tangki penyimpanan bahan bakar bawah tanah di Chicago yang tetap berada dalam kondisi baik setelah 25 tahun. Dua contoh ini membuktikan bahwa jika pemeliharaan material dan proses manufaktur telah dikerjakan dengan baik, komposit polimer dengan penguat serat dapat memiliki kekuatan tinggi dengan berat yang jauh lebih rendah dari baja tanpa dibebani masalah biaya korosi seperti pada konstruksi logam (Rio Sanjaya, 2015). Komposit memiliki beberapa keunggulan daripada logam yaitu lebih tahan terhadap korosi sehingga *lifetime* pipa lebih panjang dan tidak perlu *corrosion inhibitor* dan *cathodic protection*, tingkat kekasarannya lebih bagus sehingga menyebabkan friksi yang kecil akibatnya *pressure drop* menjadi lebih kecil, dan pemilihan metode penyambungan yang lebih variatif yaitu dapat menggunakan *mechanical joint* (menggunakan *screw* atau *flange*) atau *adhesive joint* (menggunakan *lock* dan *taper*). Komposit *hybrid* dapat digunakan yaitu adalah komposit hasil dari hibridisasi yang menggunakan dua atau lebih jenis bahan yang berbeda untuk meningkatkan sifat mekanis maupun kimia dari komposit dengan memperbaiki kekurangan dari bahan yang lain. Serat bambu dapat digunakan dengan serat yang diperoleh dari potongan batang bambu yang dibelah sehingga menjadi serat. Berdasarkan hasil penelitian Agustinus Purna Irawan dan I Wayan Sukania (2013) diperoleh kekuatan tekan sebesar 41,44 MPa, kekuatan *flexural* sebesar 98,32 MPa, sehingga serat bambu dapat berpotensi untuk menjadi bahan pembuat pipa. Untuk meningkatkan

kekuatan mekanik pada serat bambu maka ditambahkan dengan serat sintetis yaitu serat *E-glass*.

Serat *E-glass* memiliki komposisi berupa kalsium, aluminium hidroksida, borosilikal, pasir silika serta memiliki kandungan alkali yang rendah. Selain itu serat *E-glass* didapatkan dengan harga yang relatif murah. Serat *E-glass* merupakan isolator yang baik akan tetapi merupakan material yang cukup getas tetapi memiliki mampu bentuk yang baik. Matrik *epoxy* digunakan karena memiliki beberapa keunggulan yaitu kekuatan yang tinggi, viskositas, dan tingkat alirnya rendah, yang memungkinkan membasahi serat dengan baik dan dapat mencegah ketidakberaturan serat ketika proses pembuatan juga memiliki sifat dengan tingkat penyusutan rendah yang mengurangi kecenderungan mendapatkan tegangan yang besar pada ikatan antara *epoxy* dengan serat. Jumlah serat dalam komposit dapat disebut dengan fraksi volume serat yang mempengaruhi sifat mekanik dari komposit. Berdasarkan latar belakang diatas menghasilkan pemikiran mengenai komposit *hybrid* dengan penguat serat bambu anyam dan serat *E-glass* acak dengan matrik *epoxy* dengan menggunakan variasi dari fraksi volume serat untuk mendapatkan fraksi volume serat yang optimal sebagai bahan pembuat pipa. Pada penelitian ini digunakan pengujian *bending*. Dengan melakukan pengujian *bending* dapat diketahui karakteristik kekuatan mekanik komposit *epoxy* dengan serat bambu anyam dan serat *E-glass* acak.

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 terkendali 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

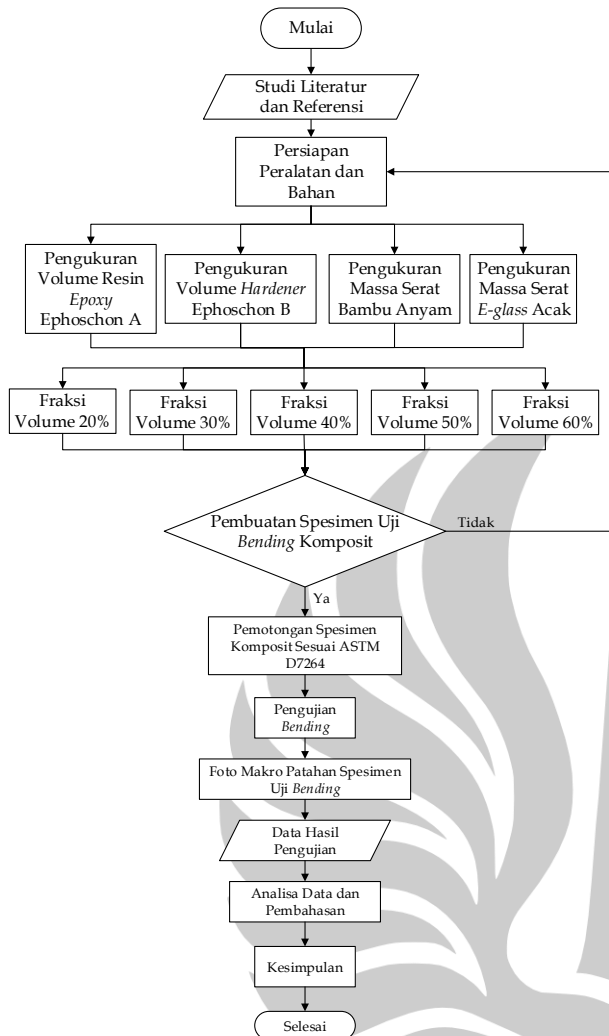
Penelitian ini dilaksanakan di dua tempat, pembuatan spesimen komposit *hybrid* di Laboratorium Fabrikasi, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya dan pengujian *bending* di Laboratorium Material, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.

- Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan membutuhkan waktu selama 3 bulan dilaksanakan pada bulan Februari 2018 hingga April 2018

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 :

σ = 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 di ruangan 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*
- Hasil patahan spesimen

- Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah :

- Perbandingan antara serat bambu anyam dan *E-glass* acak adalah sama.
- Perbandingan matrik antara resin dengan *hardener* 1 : 1.
- Proses pembuatan.
- Susunan serat anyam acak.
- Ukuran cetakan komposit.

Bahan, Alat, dan Instrumen Penelitian

- Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :
 - Serat Bambu Anyam
 - Epoxy Hardener B
 - Serat E-Glass Acak
 - Mirror Glaze
 - Epoxy A
- Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
 - Gunting
 - *Universal Testing Machine*
 - Kuas
 - Timbangan Digital
 - Gergaji
 - Cetakan Komposit
 - Gelas Ukur
 - Mistar Sorong
 - Oven Listrik
 - Kamera DSLR

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, 2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

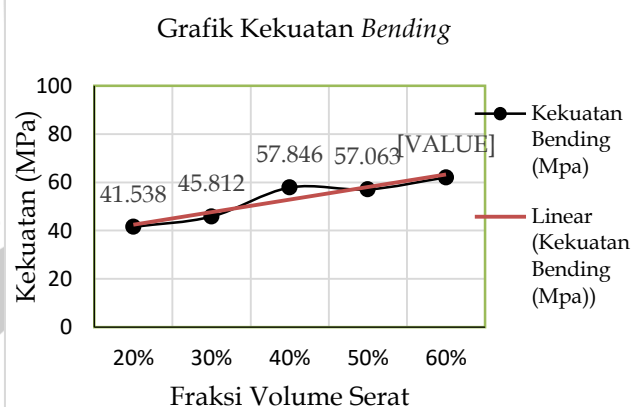
- Hasil Pengujian *Bending*

Tabel 1 Hasil Uji *Bending* Komposit Hybrid

Fraksi Volume	Kode Spesimen	Beban (P)	Kekuatan (σ)	
20%	20B1	160 N	36,923 MPa	376,512 kg/cm ²
	20B2	180 N	41,538 MPa	423,576 kg/cm ²
	20B3	200 N	46,153 MPa	470,64 kg/cm ²
	$\bar{x}$		41,538 MPa	423,576 kg/cm ²
30%	30B1	220 N	45,128 MPa	460,181 kg/cm ²
	30B2	230 N	47,179 MPa	481,098 kg/cm ²
	30B3	220 N	45,128 MPa	460,181 kg/cm ²
	$\bar{x}$		45,812 MPa	467,154 kg/cm ²
40%	40B1	320 N	59,076 MPa	602,419 kg/cm ²
	40B2	320 N	59,076 MPa	602,419 kg/cm ²

Fraksi Volume	Kode Spesimen	Beban (P)	Kekuatan (σ)	
	40B3	300 N	55,384 MPa	564,768 kg/cm ²
	$\bar{x}$		57,846 MPa	589,869 kg/cm ²
50%	50B1	360 N	60,419 MPa	616,110 kg/cm ²
	50B2	330 N	55,384 MPa	564,768 kg/cm ²
	50B3	330 N	55,384 MPa	564,768 kg/cm ²
	$\bar{x}$		57,063 MPa	581,882 kg/cm ²
60%	60B1	400 N	61,538 MPa	627,52 kg/cm ²
	60B2	420 N	64,615 MPa	658,896 kg/cm ²
	60B3	390 N	60 MPa	611,832 kg/cm ²
	$\bar{x}$		62,051 MPa	632,749 kg/cm ²

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 *Servo Hydraulic Universal Testing Machine* dengan merk SANS buatan Swiss dengan tipe SHT 4106 dengan spesifikasi beban maksimal 1000 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 *Servo Hydraulic Universal Testing Machine* berupa data beban/load dan *displacement*. Data juga disajikan dalam bentuk grafik *load* dan *displacement*.

Dari gambar 3 diatas dapat diamati bahwa pada fraksi volume serat 60% diperoleh komposit *hybrid* yang memiliki kekuatan *bending* tertinggi yaitu 62,051 MPa. Sedangkan dapat diamati pada gambar 3 diatas bahwa kekuatan *bending* terendah ada pada fraksi volume serat 20% sebesar 41,538 MPa. Pada grafik diatas ditunjukkan kecenderungan hasil kekuatan *bending* komposit *hybrid* berpenguat serat bambu anyam dan serat *E-glass* acak mengalami kenaikan. Kekuatan *bending* komposit pada masing-masing fraksi volume serat 30%, 40%, dan 50% adalah 45,812 Mpa, 57,846 MPa, dan 57,063 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* $\pm 45^\circ$ 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. Karakteristik sifat mekanis untuk uji geser adalah fraksi volume 60% serat mempunyai nilai *first ply failure* dan modulus elastisitas paling tinggi dibanding fraksi volume lainnya. Fraksi 60% serat mempunyai *first ply failure* rata-rata sebesar 27.62 MPa, lebih tinggi dari fraksi 50% serat sebesar 24.59 MPa dan fraksi 40% serat sebesar 19.22 MPa.

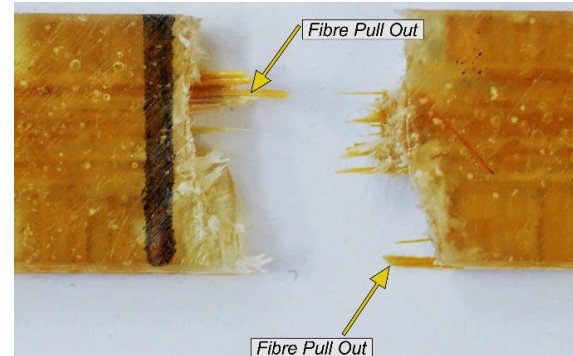
Komposit *hybrid* ini menggunakan campuran dari dua jenis serat yaitu serat alam dan serat sintetis, serat alam yang digunakan adalah serat bambu memiliki dimensi yang tidak dapat dikontrol yang meliputi panjang serat, diameter serat, densitas, dan tebal serat. Tidak seperti serat sintetis yang dibuat melalui proses manufaktur pabrik sehingga dimensi dapat dikontrol. Dimensi serat bambu yang tidak dapat dikontrol ini menyebabkan adanya kecenderungan perbedaan tebal dari komposit *hybrid*. Pada pengukuran serat bambu menggunakan massa serat yang mana densitas serat bambu tidak terkontrol. Pada saat proses manufaktur komposit *hybrid* tidak melakukan perlakuan alkali pada serat bambu sehingga ikatan antar serat dan matrik kurang sempurna.

Kekuatan *bending* komposit *hybrid* berpenguat serat bambu anyam dan serat *E-glass* acak dengan variasi fraksi volume serat menunjukkan hasil yang mengalami peningkatan dan penurunan. Hal ini dikarenakan adanya faktor pengganggu yang berupa *void*. *Void* merupakan suatu ruang kosong yang terjadi karena gelembung udara yang terjadi pada matrik tetapi tidak dapat keluar pada saat proses manufaktur komposit sehingga *void* berada

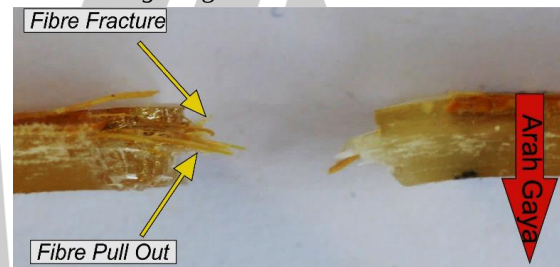
dalam komposit yang menyebabkan munculnya konsentrasi tegangan pada komposit yang mengakibatkan pendistribusian tegangan yang tidak merata pada seluruh bagian komposit.

- Hasil Pengamatan Makro Patahan Spesimen Uji *Bending*

Fraksi Volume Serat 20%



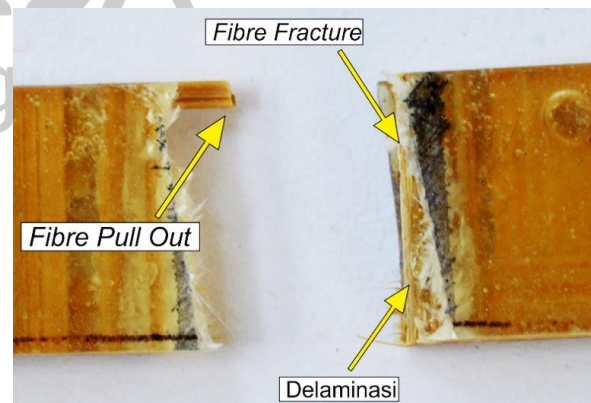
Gambar 4 Foto makro tampak atas patahan spesimen uji *bending* dengan fraksi volume serat 20%



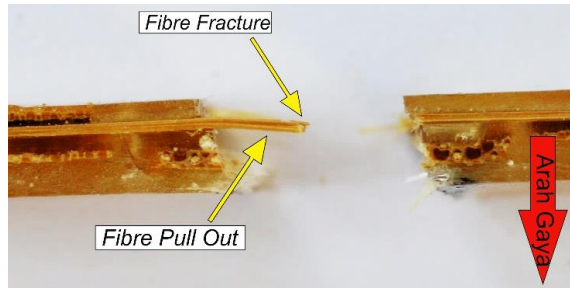
Gambar 5 Foto makro tampak samping patahan spesimen uji *bending* dengan fraksi volume serat 20%

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* kemudian terjadi *fibre pullout* yang terpusat pada serat bambu dan terjadi *fibre fracture* yang tidak menyebar. Adanya pembengkokan pada spesimen mengindikasikan keuletan dari komposit *hybrid*.

Fraksi Volume Serat 30%



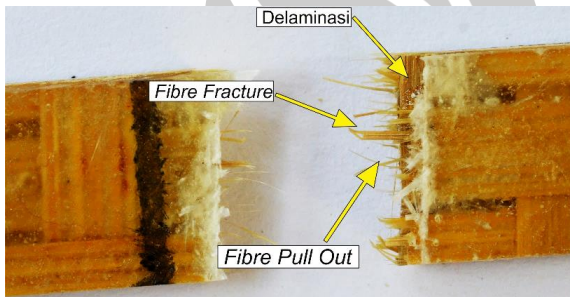
Gambar 6 Foto makro tampak atas patahan spesimen uji *bending* dengan fraksi volume serat 30%



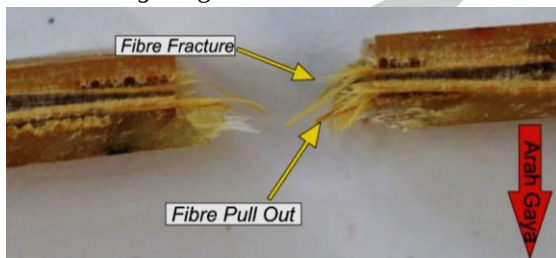
Gambar 7 Foto makro tampak samping patahan spesimen uji *bending* dengan fraksi volume serat 30%

Dapat diamati pada gambar 6 dan 7 menunjukkan penampang patahan pada sampel komposit *hybrid* dengan fraksi volume serat 30% bahwa terjadi kegagalan yang diawali dengan retaknya matrik/*matrik crack* kemudian terjadi *fibre pullout* pada sedikit serat bambu kemudian terjadi *fibre fracture* yang merata pada bidang patahan serat bambu yang mengindikasikan ikatan yang baik antara serat bambu dan matrik *epoxy*. Pada serat *E-Glass* mengalami sedikit *fibre pullout* dan *fibre fracture* yang merata mengindikasikan ikatan antara serat *E-Glass* dan matrik *Epoxy* sangat baik.

Fraksi Volume Serat 40%



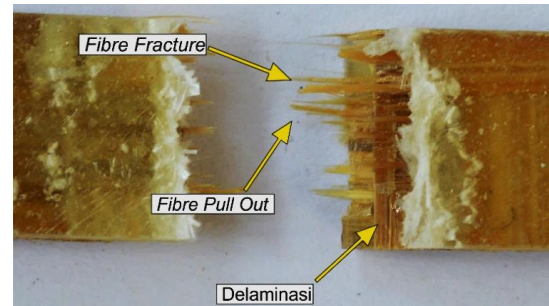
Gambar 8 Foto makro tampak atas patahan spesimen uji *bending* dengan fraksi volume serat 40%



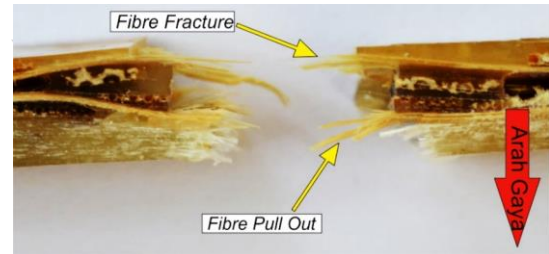
Gambar 9 Foto makro tampak samping patahan spesimen uji *bending* dengan fraksi volume serat 40%

Dapat diamati pada gambar 8 dan 9 menunjukkan penampang patahan pada sampel komposit *hybrid* dengan fraksi volume serat 40% bahwa terjadi kegagalan yang diawali dengan retaknya matrik/*matrik crack* kemudian terjadi *fibre pullout* pada serat bambu yang tidak merata dan cenderung halus sehingga mengindikasikan ikatan yang baik antara serat bambu dan matrik *epoxy*. Pada serat *E-Glass* terjadi sedikit *fibre pullout* kemudian mengalami *fibre fracture* yang mengindikasikan serat *E-Glass* yang memiliki elastisitas rendah.

Fraksi Volume Serat 50%



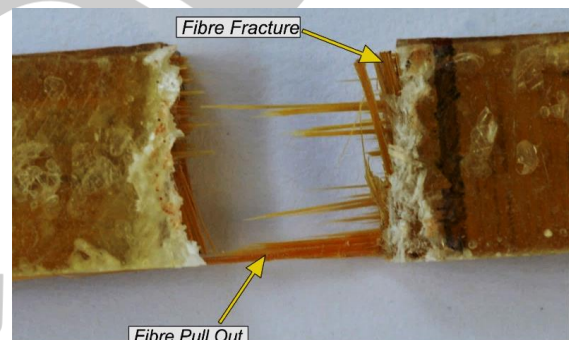
Gambar 10 Foto makro tampak atas patahan spesimen uji *bending* dengan fraksi volume serat 50%



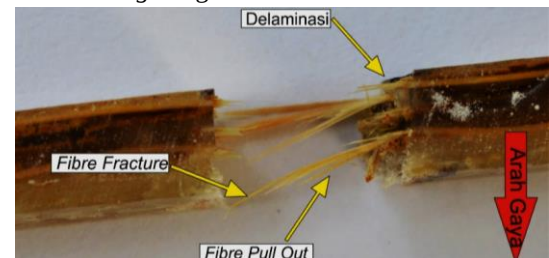
Gambar 11 Foto makro tampak samping patahan spesimen uji *bending* dengan fraksi volume serat 50%

Dapat diamati pada gambar 10 dan 11 menunjukkan penampang patahan pada sampel komposit *hybrid* dengan fraksi volume serat 50% bahwa terjadi kegagalan yang diawali dengan retaknya matrik/*matrik crack* kemudian terjadi *fibre pullout* pada serat bambu yang memanjang dan merata pada seluruh bidang patahan sehingga mengindikasikan ikatan antara serat dan matrik cukup baik. Pada serat *E-Glass* terjadi *fibre fracture* pada seluruh sisi patahan dan menyebar yang mengindikasikan ikatan lapisan antar serat dan matrik yang kurang baik.

Fraksi Volume Serat 60%



Gambar 12 Foto makro tampak atas patahan spesimen uji *bending* dengan fraksi volume serat 60%



Gambar 13 Foto makro tampak samping patahan spesimen uji *bending* dengan fraksi volume serat 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 *fibre pullout* pada serat bambu yang cenderung panjang sehingga dapat dianalisis bahwa ikatan antara serat bambu dan matrik *epoxy* kurang maksimal. Pada serat *E-Glass* terjadi *fibre fracture* yang cenderung merata pada sisi patahan sehingga mengindikasikan ikatan antara serat dan matrik sangat baik.

Pada fraksi volume serat 60% menunjukkan kekuatan *bending* yang paling tinggi dengan patahan spesimen pengujian *bending* terjadi *fibre pullout* sebagian pada serat bambu dan sedikit delaminasi, pada serat *E-Glass* terjadi patahan yang merata dan sedikit *fibre pullout* yang mengindikasikan ikatan antara matrik dan serat yang kuat. Hal ini menunjukkan ikatan antara matrik dan serat yang kuat dan kekuatan tertinggi ada pada serat *E-Glass*, karena setelah serat *E-Glass* mengalami *fibre fracture* maka kekuatan *bending* sudah menurun. Penggunaan komposit *hybrid* ini dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan pipa, maka ketika komposit telah mengalami kegagalan berupa matrik *crack* maka mengakibatkan kebocoran pada pipa sehingga membutuhkan material yang ulet sehingga tidak mudah mengalami keretakan yang menyebabkan kebocoran pipa.

PENUTUP

Simpulan

Setelah dibuat spesimen komposit *hybrid* berpenguat serat bambu anyam dan serat *E-glass* acak bermatrik *epoxy* dengan fraksi volume serat 20%, 30%, 40%, 50%, dan 60%. Kemudian dilakukan pengujian *bending* dan dilakukan pengamatan secara makroskopis. Dari hasil pengujian dan pengamatan dilakukan analisis data kemudian diperoleh beberapa kesimpulan antara lain:

- Pengaruh fraksi volume serat komposit *hybrid* terhadap kekuatan *bending* menunjukkan kekuatan *bending* tertinggi pada fraksi volume 60% sebesar 62,051 MPa. Nilai kekuatan *bending* menunjukkan kekuatan *bending* komposit meningkat seiring dengan meningkatnya fraksi volume serat komposit.
- Fraksi volume serat komposit *hybrid* yang optimal terhadap kekuatan *bending* ada pada fraksi volume 60% Karena memiliki kekuatan yang paling mendekati ideal terhadap kekuatan *bending*.
- Hasil pengamatan makro pada fraksi volume serat 60% menunjukkan kekuatan *bending* yang paling tinggi dengan patahan spesimen pengujian *bending* terjadi *fibre pullout* sebagian pada serat bambu dan sedikit delaminasi, pada serat *E-Glass* terjadi patahan

yang merata dan sedikit *fibre pullout* yang mengindikasikan ikatan antara matrik dan serat yang kuat. Hal ini menunjukkan ikatan antara matrik dan serat yang kuat dan kekuatan tertinggi ada pada serat *E-Glass*, karena setelah serat *E-Glass* mengalami *fibre fracture* maka kekuatan *bending* sudah menurun.

Saran

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

- Untuk menghasilkan data yang mudah dibaca dan dianalisa maka sebaiknya menggunakan alat uji dengan ketelitian yang tinggi dan sudah menggunakan teknologi digital.
- Untuk menghasilkan spesimen komposit yang baik sesuai standar pengujian maka harus memperhatikan proses pembuatan dari awal sampai dengan tahap pengujian terutama pada proses pembuatan menggunakan metode yang lebih baik daripada metode *hand lay up* seperti menggunakan metode *vaccum bagging* untuk meminimalisir adanya *void* yang menyebabkan data menjadi kurang baik.
- Pemotongan spesimen komposit *hybrid* hendaknya dilakukan dengan peralatan yang presisi sehingga menghasilkan ukuran yang seragam sehingga menghasilkan data yang baik dan mudah dianalisis.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. D 7264. 2007. “Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials”. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials.
- Irawan, Agustinus Purna. 2013. “Kekuatan Tekan dan Flexural Material Komposit Serat Bambu Epoksi”. Jakarta : Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara.
- Kumar, Rakesh. 2014. “Polymer Matrix Composite Types, Applications and Performance”. New York : Nova Science Publisher Inc.
- Mallick, P.K. 2007. “Fibre Reinforced Composite Materials, Manufacturing and Design”. Boca Raton : Taylor & Francis Group.
- Priyahapsara, Istyawan. 2017. “Pengaruh Variasi Fraksi Volume Komposit Serat *E-glass* $\pm 45^\circ$ Polyester 157 Bqtn Terhadap Kekuatan Bending Dan Geser”. Yogyakarta : Teknik Penerbangan, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjpto..
- Sanjaya, Rio. 2015.” Perkembangan Material Komposit Polimer Perkembangan Material Komposit Polimer Konstruksi Pipa Dan Tangki Tahan Korosi”.<https://vdocuments.com.br/2perkembangan-material-komposit-polimer.html> diakses 3 Januari 2018.

Sugiyono. 2016. "Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D". Bandung : Alfabeta.

Syngellakis. 2015. "*Natural Filler and Fibre Composites*". Boston : WITPress.

