PENGARUH VARIASI ARAH SERAT PADA SUSUNAN LAMINA KOMPOSIT SERAT *GLASS* DENGAN MATRIK *POLYESTER* TERHADAP SIFAT MEKANIK HASIL PENGUJIAN *BENDING*

Hendra Wibowo
S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: hendrawibowo@mhs.unesa.ac.id

Tri Hartutuk Ningsih
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: trihartutukningsih@unesa.ac.id

Abstrak

Material telah mejadi simbol kemajuan peradapan, kebutuhan material komposit sangat tinggi untuk menggantikan logam konvensional sehingga dibutuhkan metode terbaik guna mendapatkan material komposit polimer terbaik. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi arah serat pada susunan lamina komposit serat *glass* dengan matrik *polyester* terhadap pengujian *bending*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan variabel bebas berupa variasi arah serat pada susunan lamina. Metode pengujian *bending* sesuai standar ASTM D 6272 M. Hasil penelitian ini adalah kekuatan *bending* terbesar terdapat pada variasi arah serat 0°/30°/45°/60°/90° yaitu 381.15 MPa. Hasil modulus elastisitas *bending* terbesar terdapat pada variasi arah serat 0°/30°/45°/60°/90° yaitu 89362.20 MPa, Dari hasil pengujian *bending* dapat disimpulkan bahwa variasi arah serat pada susunan lamina sangat berpengaruh terhadap hasil pengujian *bending*.
Kata kunci: Komposit, Serat Glass, Arah Serat, Uji *Bending*

Abstract

Material has become a symbol of the success of civilization, the need for composite materials is very high to replace conventional metal materials, so the best method is needed to obtain the best polymer composite material. The purpose of study was to determine effect variations in fiber direction on laminate composition fiberglass composite with polyester matrices on bending test. The research method used is an experiment, with independent variable is variation in fiber direction on laminate composition. using bending testing according to standards ASTM D 6272. The largest results bending strength of variation in fiber direction 0°/30°/45°/60°/90° is 277.2 MPa. The largest results modulus elasticity bending of variation in fiber direction 0°/30°/45°/60°/90° is 34228.62 MPa,. From the results of bending test it can be concluded that the variation in fiber direction on laminate compotition is very influential on the results of bending test.
Keywords: Composite, Fiber Glass, Fiber Direction, Bending Test.

PENDAHULUAN

Material telah menjadi simbol kemajuan peradapan dan menjadi tonggak peradapan manusia. Plastik dan komposit berpeforma tinggi yang muncul pada abad ke-20 telah menyusup ke ekonomi nasional dan kehidupan masyarakat di berbagai bidang dengan tingkat perkembangan yang cepat. Saat ini dalam perkembangan pesat sains dan teknologi, Material baru menjadi salah satu dari tiga pilar ilmu pengetahuan dan teknologi (Ru-Min dkk,2011).

Berbagai macam material telah digunakan dan juga penelitian lebih lanjut terus dilakukan untuk mendapatkan material terbaik, salah satunya adalah material komposit polimer. Kemampuannya yang mudah dibentuk sesuai kebutuhan, baik dalam segi kekuatan maupun keunggulan sifat-sifat yang lain, mendorong penggunaan material komposit polimer sebagai bahan-bahan pengganti material logam konvensional pada berbagai produk yang dihasilkan oleh industri khususnya industri manufaktur. Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan dapat memperbaiki kelemahan sifat-sifat material penyusunnya, dalam hal ini yang diperbaiki adalah kekuatan, kekakuan, ketahanan korosi, ketahanan pemakaian, ketahanan gesek, insulasi panas, umur lelah, insulasi akustik dan pengaruh terhadap temperatur (Gugun,2017)

Dilihat dari segi aplikasinya, bila dibandingkan dengan material lainnya, misalnya logam, maka material komposit memiliki efisiensi yang lebih baik. Hal ini dikarenakan komposit memiliki beberapa kelebihan yang tidak dimiliki oleh bahan material lainnya, yang juga tidak terlepas dari adanya beberapa sifat kelemahan yang terdapat didalam bahan komposit.

Di dunia industri pengujian *bending* sangat penting, untuk mengetahui kekuatan bending suatu material dapat dilakukan pengujian *bending* terhadap material tersebut. Material komposit pada umumnya mempunyai nilai modulus elastisitas *bending* yang berbeda dengan nilai modulus elastisitas tariknya.

Polyester merupakan jenis polimer termoset yang memiliki sifat tidak bisa terurai dan tidak bisa didaur ulang (Jones, 1975). Karateristik dan sifat polimer termoset mempunyai beberapa kelebihan sehingga polimer banyak dimanfaatkan dalam berbagai sektor industri. Sifat karateristik polimer termoset memiliki kekuatan *bending* yang baik namun memiliki kelemahan yaitu sifat sensitif menyerap air dan getas (Rincon, dkk, 2009). Maka dari itu diperlukan campuran serat sebagai penguat dalam pembuatan bahan komposit polimer. Perbandingan komposisi antara matriks dan serat merupakan penentu dalam memberikan karateristik kekuatan bahan komposit yang dihasilkan. Perbandingan matrik dengan serat dapat ditunjukan dalam bentuk perhitungan fraksi volume (Vf).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh lapisan serat serta karateristik mekanik dari serat *glass* maupun resin *polyester*. Pada penelitian Istyawan & Izza (2017) fraksi volume 40% serat mempunyai nilai kekuatan *bending* dan modulus elastisitas paling tinggi dibanding fraksi volume yang lain. Pada penelitian Yosep (2017) Jumlah lapisan serat menentukan kekuatan tarik yang dihasilkan. Semakin banyak lapisan serat yang disusun kekuatan tariknya semakin tinggi. Pada penelitian Widyanto, dkk (2013) pembuatan komposit serat *glass* dengan dua matriks yaitu *epoxy* dan *polyester* menggunakan metode *hand lay up*. Tegangan tarik yang dihasilkan menggunakan resin *epoxy* sebesar 112,8 MPa dengan modulus elastisitas 2,2 GPa. Sedangkan komposit menggunakan resin *polyester* menghasilkan tegangan tarik sebesar 118,8 Mpa dengan modulus elastisitas 1,3 GPa. Dengan demikian tegangan tarik yang dihasilkan akan lebih baik bila menggunakan resin *polyester* dibandingkan resin *epoxy*.

Sedangkan Beberapa penelitian terkait orientasi serat dan susunan lamina komposit berpenguat serat *glass* yaitu Pada penelitian Carli, dkk (2012) hasil uji kekuatan tarik diperoleh kekuatan tarik dan mudulus elastisitas terbesar terdapat pada komposit dengan orientasi serat 0/90˚ dan defleksi terbesar terjadi pada serat dengan orientasi serat 45^0. Pada penelitian Munasir (2011) kekuatan tarik terbesar terdapat pada bahan komposit dengan orientasi serat searah dibanding komposit tanpa serat (1,06:1). Dalam penelitian tersebut disarankan agar dapat dilakukannya untuk bahan komposit *multilayer* dengan perbedaan orientasi serat pada tiap lapisnya.

Dari masalah-masalah pada penelitian diatas penulis tertarik untuk membuat penelitian yang membahas terkait pengaruh variasi arah serat pada sususan lamina komposit serat *glass* dengan matrik *polyester* terhadap sifat mekanik hasil pengujian *bending*, dimana terdapat perbedaan orientasi serat pada tiap lapisnya.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diambil dari batasan peneltian diatas adalah:

- Bagaimana pengaruh variasi arah serat pada susunan lamina terhadap hasil pengujian *bending* material komposit serat *glass* dengan matrik polyester?

Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk memberikan salah satu solusi material komposit yang tepat guna dalam industri manufaktur. Sedangkan tujuan khususnya adalah:

- Untuk mengetahui pengaruh variasi arah serat dan susunan lamina terhadap hasil pengujian *bending* material komposit serat *glass* dengan matrik *polyester*?

Kajian Teoritik

- Material Komposit
  Material komposit adalah dua atau lebih bahan yang berbeda secara fisik dan mekanik yang dicampur dengan mekanisme tertentu sehingga penyebaran bahan yang satu terhadap lainnya dapat dijaga untuk mendapatkan sifat-sifat yang lebih unggul dari sifat penyusunnya. (Schwartz, 1984).
- Resin *Polyester*
  Polyester merupakan resin cair dengan viskositas yang relatif rendah. Resin ini memiliki sifat mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan. Selain itu, karakteristik dari resin ini adalah kaku dan rapuh.. *Polyester* juga memiliki ketahanan dingin dan sifat listrik yang lebih baik diantara resin *thermoset* (Wicaksono, 2006).
- Serat Gelas
  Serat gelas terbuat dari silica, alumina, lime, magnesia dan lain-lain. Serat gelas mempunyai karakteristik yang berbeda antara satu dengan yang lain. Pada penggunaannya, serat gelas disesuaikan dengan sifat atau karakteristik yang dimilikinya..
- Metode *Hand Lay Up*
  hand lay up merupakan metode yang paling sederhana. Proses *hand lay up* merupakan proses secara manual yang pertama digunakan pada pembuatan komposit. Matrik langsung berkontak

dengan udara, biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar.

- Uji *Bending*
  Pengujian *bending* digunakan untuk mengetahui kekuatan *bending* material komposit. Pada proses pengujian *bending*, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Pengujian dilakukan menggunakan metode *four point bending*.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen.

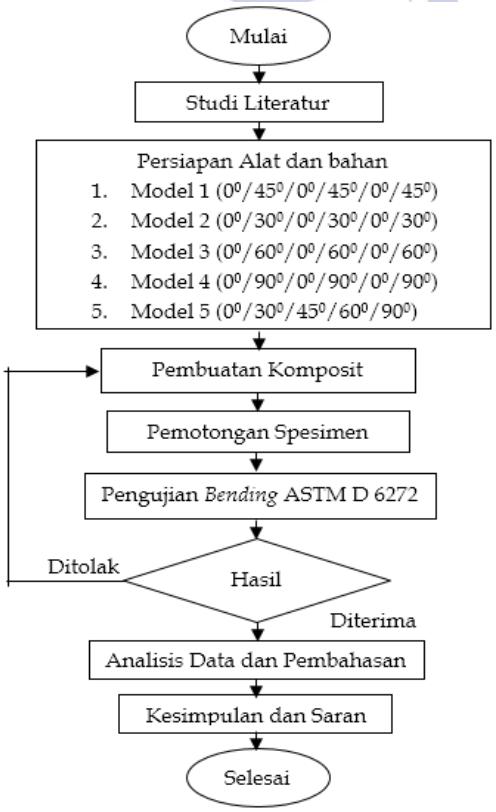
Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium Fabrikasi Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Negeri Surabaya. Sedangkan untuk pengujian spesimen bahan komposit dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.

Obyek Penelitian

Obyek penelitian ini adalah resin sebagai matrik, menggunakan resin *polyester* yukalac BQTN 157, sedangkan katalisnya menggunakan *Methyl Ethyl Keton Peroxide* (MEKPO) dan sebagai seratnya yaitu serat *glass* dengan tipe *E-Glass.*

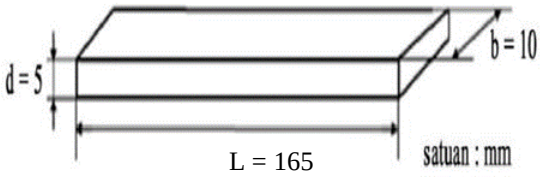
Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Desain Eksperimen

Prosedur Eksperimen

- Desain Spesimen Benda Uji *Bending*



Gambar 2. Desain Uji *Bending* ASTM D6272

Perhitungan Kabutuhan Serat, Matrik dan Katalis

- Menghitung volume cetakan
  Dengan asumsi yang dipakai volume cetakan = volume komposit
  Sehingga perhitungannya adalah :
  Volume cetakan = volume komposit (1)
  $V_{cet} = V_{Komp}$
  Sehingga volume komposit :
  V komposit = 20 cm x 20 cm x 5 cm = 200 cm^3
- Komposisi cetakan
  Cetakan terdiri dari 40% serat + 59,4% resin + 0.6% katalis = 100% (2)
- Menghitung volume serat
  Volume serat (V_{serat}) = 40% x V komposit (3)
  = 40% x 200 cm^3 = 80 cm^3
- Menghitung massa serat
  $M_{serat} = \rho_{serat} \times V_{serat}$ (4)
  = 2,54 gr/cm^3 x 80 cm^3
  = 203,2 gr
- Menghitung jumlah resin
  Volume resin = 59,4% x $V_{komposit}$ (5)
  = 59,4% x 200 cm^3
  = 118,8 cm^3
- Menghitung Jumlah Katalis
  Volume katalis = 0,6% x $V_{komposit}$ (6)
  = 0,6% x 200cm^3 = 12 cm^3

Pembuatan Spesimen

Langkah–langkah pembuatan komposit sebagai berikut :

- Menyiapkan alat dan bahan.
- Menyiapkan cetakan komposit dari Loyang.
- Cetakan dan penutupnya dibersihkan.
- Selanjutnya seluruh luasan alas cetak dan penutup diolesi dengan *mirror wax glaze*. Hal ini berguna agar benda tidak lengket dengan cetakan.
- Setelah dilakukan pengolesan dengan *mirror wax glaze* maka komposit sudah bisa dicetak.
- Serat ditimbang dengan jumlah sesuai dengan fraksi volumenya terhadap cetakan.
- Matrik juga ditimbang sesuai jumlah fraksi volume terhadap cetakan.

- Serat dan matrik yang sudah sesuai takaran dicampur ke dalam gelas lalu diaduk pelan-pelan dengan sendok hingga merata.
- Tambahkan katalis dengan perbandingan sesuai fraksi volume resin.
- Aduk pelan-pelan hingga tercampur rata kira-kira selama 2 menit.
- Tuangkan campuran bahan tersebut ke dalam cetakan yang sudah disiapkan.
- Ratakan permukaan campuran pada cetakan.
- Tunggu hingga kering selama kurang lebih 24 jam.
- Spesimen yang sudah kering dilepas dari cetakan kemudian dihaluskan bagian-bagian permukaannya dengan alat kikir dan amplas.
- Spesimen komposit yang telah dihaluskan dan diukur geometri awalnya dikatakan sebagai spesimen siap uji.

Uji Karakterisasi Komposit

Langkah-langkah uji *bending* sebagai berikut:

- Menyiapkan alat dan spesimen uji *bending*.
- Memberi tanda garis pada komposit untuk menentukan titik tengahnya.
- Menentukan besarnya beban yang digunakan.
- Memasang spesimen pada meja mesin sesuai dengan jarak tumpuan dan titik tengah yang telah ditentukan.
- Putar tuas hingga beban menyentuh benda uji dan manometer indikator menunjukkan angka 0.
- Tentukan putaran jarum penentu waktu untuk pencatatan beban selanjutnya.
- Catat hasil pengujian *bending* setiap putaran yang telah ditentukan.

Metode Analisa Data

Langkah-langkah menganalisa data sebagai berikut :

- Data yang diperoleh hasil pengujian *bending* digunkan untuk mencari kekuatan *bending* dan momen lentur.
- Data hasil eksperimen yang sudah dilakukan akan dibandingkan satu sama lain agar diketahui model variasi serat yang terbaik.
- Selanjutnya menganalisa hasil perbandingan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh variasi arah serat pada susunan lamina komposit serat *glass.*
- Menyimpulkan hasil eksperimen.

Teknik Analisa Data

Penelitian yang dilakukan ini termasuk metode penelitian deskriptif kuantitatif. Metode penelitan deskriptif kuantitatif merupakan penelitian dasar yang menggambarkan fenomena baik yang bersifat alamiah ataupun rekayasa manusia. Penelitian ini termasuk deskriptif kuantitatif yang bersifat eksperimental, yaitu suatu penelitian dimana peneliti sengaja membangkitkan timbulnya suatu kejadian atau keadaan, kemudian diteliti bagaimana akibatnya. Tujuan dari penggunaan metode kuntitatif deskriptif adalah untuk memperlihatkan hasil pengujian dari penelitian yang dilakukan dan selanjutnya untuk menarik kesimpulan dari penelitian.

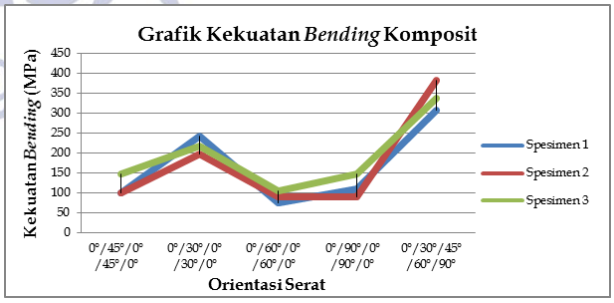
Setelah data atau hasil pengujian *bending* sudah diperoleh, maka selanjutnya dilakukan analisis data. Analisis data dari angka-angka yang berasal dari hasil pengujian *bending* metode deskriptif kuantitatif, untuk menerjemahkan dalam bentuk deskripsi, hasil penelitian ditafsirkan melalui perbandingan nilai hasil pengujian *bending*. Sehingga ditemukan komposisi komposit yang sesuai dengan yang diharapkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian *Bending*

Tabel 1. Hasil Pengujian *Bending*

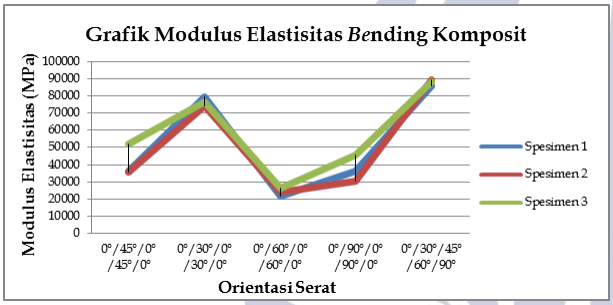
Model	Spesimen	Beban Maksimal (KN)	Defleksi (mm)
0°/45°/0°/45°/0°	1	0,2	6,88
	2	0,2	6,95
	3	0,3	7,14
0°/30°/0°/30°/0°	1	0,49	7,61
	2	0,4	6,64
	3	0,44	7,12
0°/60°/0°/60°/0°	1	0,15	8,68
	2	0,18	9,28
	3	0,21	10,03
0°/90°/0°/90°/0°	1	0,22	7,53
	2	0,18	7,34
	3	0,3	8,14
0°/30°/45°/60°/90°	1	0,62	8,94
	2	0,77	10,69
	3	0,68	9,55



Gambar 3. Grafik Kekuatan *Bending* Komposit

Nilai kekuatan *bending* dari model variasi arah serat 0°/45°/0°/45°/0° pada sampel 1 adalah 99 MPa, sampel 2 adalah 99 MPa dan sampel 3 adalah 148.5 MPa. Nilai kekuatan *bending* dari model variasi arah serat 0°/30°/0°/30°/0° pada sampel 1 adalah 242.55 MPa,

sampel 2 adalah 198 MPa dan sampel 3 adalah 217.8 MPa. Nilai kekuatan *bending* dari model variasi arah serat 0°/60°/0°/60°/0° pada sampel 1 adalah 74.25 MPa, sampel 2 adalah 89.1 MPa dan sampel 3 adalah 103.95 MPa. Nilai kekuatan *bending* dari model variasi arah serat 0°/90°/0°/90°/0° pada sampel 1 adalah 108.9 MPa, sampel 2 adalah 89.1 MPa dan sampel 3 adalah 148.5 MPa. Nilai kekuatan *bending* model variasi arah serat 0°/30°/45°/60°/90° pada sampel 1 adalah 306.9 MPa, sampel 2 adalah 381.15 MPa dan sampel 3 adalah 336.6 MPa. Jadi dapat disimpulkan bahwa model variasi arah serat 0°/30°/45°/60°/90° memiliki kekuatan *bending* terbesar dan model variasi arah serat 0°/60°/0°/60°/0° memiliki kekuatan *bending* terkecil. Hal itu membuktikan bahwa semakin banyak sudut variasi arah serat dapat meningkatkan kekuatan *bending* material komposit.

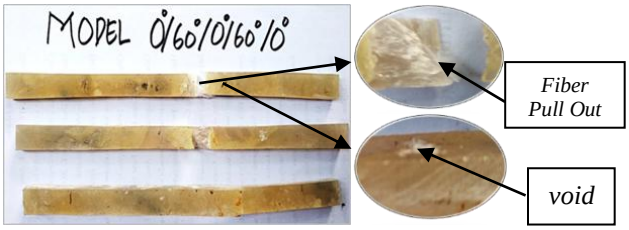


Gambar 4. Grafik Modulus Elastisitas *Bending* Komposit

Nilai modulus elastisitas *bending* dari model variasi arah serat 0°/45°/0°/45°/0° pada sampel 1 adalah 36009.88 MPa, sampel 2 adalah 35648.19 MPa dan sampel 3 adalah 52053.31 MPa. Nilai kekuatan *bending* dari model variasi arah serat 0°/30°/0°/30°/0° pada sampel 1 adalah 79784.45 MPa, sampel 2 adalah 74615.73 MPa dan sampel 3 adalah 76558.69 MPa. Nilai kekuatan *bending* dari model variasi arah serat 0°/60°/0°/60°/0° pada sampel 1 adalah 21422.19 MPa, sampel 2 adalah 24050.33 MPa dan sampel 3 adalah 25968.38 MPa. Nilai kekuatan *bending* dari model variasi arah serat 0°/90°/0°/90°/0° pada sampel 1 adalah 36201.01 MPa, sampel 2 adalah 30383.40 MPa dan sampel 3 adalah 45676.79 MPa. Nilai kekuatan *bending* model variasi arah serat 0°/30°/45°/60°/90° pada sampel 1 adalah 85978.85 MPa, sampel 2 adalah 89362.20 MPa dan sampel 3 adalah 88297.58 MPa. Jadi dapat disimpulkan bahwa model variasi arah serat 0°/30°/45°/60°/90° memiliki modulus elastisitas *bending* terbesar dan model variasi arah serat 0°/60°/0°/60°/0° memiliki modulus elastisitas *bending* terkecil.

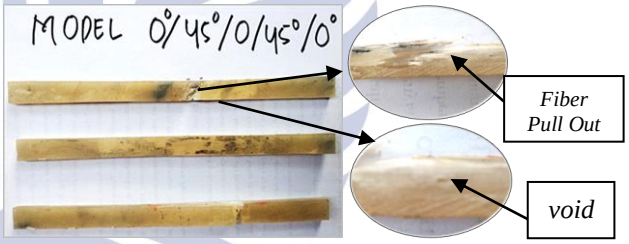
Analisis Fisis Patahan Spesimen Uji *Bending*

Pada pengujian *bending* komposit dengan model variasi arah serat 0°/60°/0°/60°/0 yaitu pada spesimen 1 dengan nilai 74.25 MPa, hal ini dikarenakan terdapat banyak *void* yang terjebak dalam komposit sehingga kekuatan bending kecil. Nilai modulus elastisitasnya kecil yaitu pada spesimen 1 dengan nilai 21422.19 Mpa



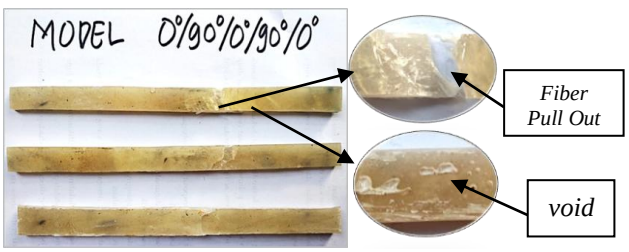
Gambar 5. Hasil 0°/60°/0°/60°/0° Setelah Diuji *Bending*

Pada pengujian bending komposit dengan model variasi arah serat 0°/45°/0°/45°/0° memiliki nilai yang rendah yaitu pada spesimen 1 sebesar 99 MPa. Hal ini dikarenakan ditemukannya banyak *void* yang terjebak dalam komposit sehingga kekuatan bending kecil dan terdapat *fiber pull out* pada patahan. Nilai modulus elastisitas dari model variasi arah serat 0°/45°/0°/45°/0° tergolong besar yaitu pada spesimen 3 sebesar 52053.31 MPa. Modulus elastisitas yang tinggi mengakibatkan spesimen sulit untuk mengalami deformasi elastis.



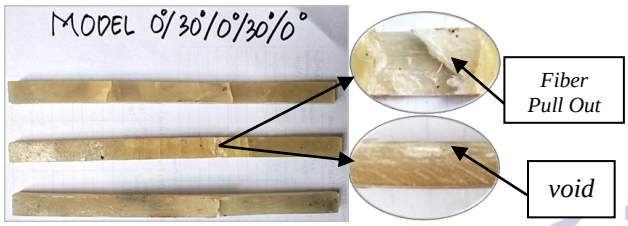
Gambar 6. Hasil 0°/45°/0°/45°/0° Setelah Diuji *Bending*

Pada pengujian *bending* komposit dengan model variasi arah serat 0°/90°/0°/90°/0° memiliki nilai yang rendah, kekuatan bendingnya hampir sama dengan model variasi arah serat 0°/45°/0°/45°/0°. permasalahnnya masih sama yaitu ditemukannya banyak *void* yang terjebak dalam komposit sehingga kekuatan bending kecil. Namun nilai modulus elastisitas dari model variasi arah serat 0°/90°/0°/90°/0° juga tergolong besar yaitu pada spesimen 3 sebesar 45676.79 MPa. hal ini dikarenakan model variasi arah serat 0°/90°/0°/90°/0° memiliki ikatan serat yang kuat terhadap matrik.



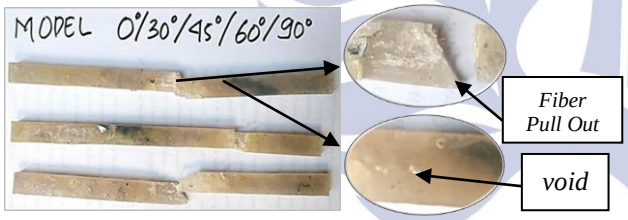
Gambar 7. Hasil 0°/90°/0°/90°/0° Setelah Diuji *Bending*

Pada pengujian *bending* komposit variasi arah serat 0°/30°/0°/30°/0° memiliki nilai yang tergolong tinggi yaitu pada spesimen 1 sebesar 242.55 MPa dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi yaitu pada spesimen 1 sebesar 79784.45 MPa. Hal ini dikarenakan *void* yang terdapat pada spesimen tergolong sedikit. Akan tetapi masih ditemukan adanya *fiber pull out* yang pendek.



Gambar 8. Hasil 0°/30°/0°/30°/0° Setelah Diuji *Bending*

Pada pengujian *bending* komposit dengan variasi arah serat 0°/30°/45°/60°/0° memiliki nilai yang paling tinggi yaitu pada spesimen 2 sebesar 381.15 MPa hal ini membuktikan variasi arah serat pada susunan lamina sangat berperan dalam kekuatan bending, semakin banyak variasi sudut pada susunan lamina maka kekuatan bending semakin tinggi. Nilai modulus elastisitas model variasi arah serat 0°/30°/45°/60°/0° memiliki nilai yang paling tinggi juga yaitu pada spesimen 2 sebesar 88297.58 MPa.



Gambar 9. Hasil 0°/30°/45°/60°/0° Setelah Diuji *Bending*

Pada variasi arah serat 0°/30°/45°/60°/0° masih terdapat *void* yang sifatnya minor hal ini disebabkan metode pengerjaan komposit menggunakan *hand lay up*. *Fiber pull out* yang terjadi sangat minim, patahan terlihat rata dan teratur.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka diperoleh simpulan sebagai berikut:

- Hasil kekuatan *bending* komposit terbesar terdapat pada variasi arah serat 0°/30°/45°/60°/90° yaitu 381.15 MPa. Sedangkan kekuatan *bending* terkecil terdapat pada variasi arah serat 0°/60°/0°/60°/0° yaitu 74.25 MPa. Hasil modulus elastisitas *bending* terbesar terdapat pada variasi arah serat 0°/30°/45°/60°/90° yaitu 89362,20 MPa. Sedangkan modulus elastisitas *bending* terkecil terdapat pada variasi arah serat 0°/60°/0°/60°/0° yaitu 21422,19 MPa. Hal ini membuktikan bahwa variasi arah serat pada susunan lamina sangat berpengaruh terhadap hasil pengujian *bending*.

Saran

- Perlu adanya metode pengujian yang lain meliputi pengujian geser, impak, struktur mikro dan yang lain, agar data yang dihasilkan lebih valid.
- Perlu adanya penelitian lebih lanjut menggunakan jenis serat dan variasi arah serat yang lain, agar didapatkan nilai kekuatan komposit yang beragam.
- Perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait variabel pemberian katalis pada komposit agar didapatkan kajian keilmuan yang lebih mendalam terkait komposit serat *glass*.
- Perlu adanya penelitian lebih lanjut menggunakan metode pengerjaan komposit yang mampu meminimalisir keberadaan *void* yaitu *vaccum bagging*.

DAFTAR PUSTAKA

Annual Book of ASTM Standards. 2002. *Standars Test Methods for Tensile Properties.* American Society For Testing and Material: Philadelphia.

Arikunto, Suharsimi. 2010. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik.* PT. Rineka Cipta: Jakarta.

Carli, dkk. 2012. *Pengaruh Arah Serat Gelas Dan Bahan Matriks Terhadap Kekuatan Komposit Airfoil Profile Fan Blades.* Politeknik Negeri Semarang: Semarang

Crawford, R.J. 1989. *Platics Enginering 2nd Edition.* Pergamon Press: United Kingdom.

Diharjo, K., dan Triyono,T. 2000. *Buku Pegangan Kuliah Material Teknik Universitas Sebelas Maret*: Surakarta.

Dwi Nugroho, Yosep. 2016. *Karakteristik Komposit Serat Glass Dengan Variasi Jumlah Lapisan Serat*. Universitas Sanata Darma: Yogyakarta.

Gibson, F.R. 1994. *Principles of Composite material Mechanics International Edition.* McGraw-Hill Inc: New York.

Gundara, Gugun. 2017. *Analisis Sifat Fisis Dan Mekanis Serat Gelas Berlapis*. Universitas Muhamadiyah Tasikmalaya: Tasikmalaya.

Hull, Derek. 1981. *An Introduction To Composite Material*. Cambridge University Press: Cambridge.

Istanto, 2006. *Pengaruh Orientasi Serat dan Tebal Core terhadap Peningkatan Kekuatan Bending dan Impak Komposit Sandwich GFRP dengan Core PVC*. Universitas Negeri Surakarta: Surakarta.

UNESA Universitas Negeri Surabaya

Istyawan, P., dan Izza, R. 2017. *Pengaruh Variasi Fraksi Volume Komposit Serat E-Glass ±45º Polyester 157 BTQN Terhadap Kekuatan Bending dan Geser*. Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto: Yogyakarta.

Jones, R, M. 1975. *Mechanics Of Composite Materials*. Mc Graw Hill: New York.

Munasir. 2011. *Studi Pengaruh Orientasi Serat Fiber Glass Searah dan Dua Arah Single Layar terhadap Kekuatan Tarik Bahan Komposit Polypropylene.* Universitas Negeri Surabaya: Surabaya

Ru-Min dkk. 2016. *Polymer Matrix Composites and Technlogy*. Elsevier Science Technology: United Kingdom.

Schwarts, M. M. 1984. *Mechanics Of Material.* MC Graw Hill: New York.

Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D.* Alfabeta: Bandung.

Surdia, T, dan Saito S. 1985. *Pengetahuan Bahan Teknik.* Dainippon Gita Karya Printing: Jakarta.

Wicaksono, Arif. 2006. *Karakterisasi Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Kombinasi Serat Kenaf Acak dan Anyam, Skripsi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Semarang:* Universitas Negeri Semarang.

Widiarta, dkk. 2017. *Pengaruh Orentasi Serat Terhadap Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serat Alam Batang Kulit Waru (Hiibiscus Tiliaceust) Dengan Matrik Polyester.* Universitas Pendidikan Garnesa: Denpasar.

Widyanto dkk. 2012. *Analisa Kekuatan Tarik dan Lentur Komposit Serat Gelas Dengan Matriks Epoxy dan Polyester Berlapis Simetri Dengan Metoda Manufaktur Hand Lay Up*. Universitas Diponegoro: Semarang.

UNESA
Universitas Negeri Surabaya