



Terbit online pada laman web jurnal : <http://metal.ft.unand.ac.id>

## METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal

| ISSN (Print) 2598-1137 | ISSN (Online) 2597-4483 |



Artikel Penelitian

# Kaji Eksperimental Sifat Mekanik Pipa Material Komposit Polyester Berpenguat Serat Daun Nanas

*Hendery Dahlan, Islahuddin, Meifal Rusli, Mulyadi Bur*

*Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang, 25133, Indonesia*

### INFORMASI ARTIKEL

#### Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 07 Februari 2018

Revisi Akhir: 22 Maret 2018

Diterbitkan Online: 26 April 2018

### KATA KUNCI

komposit

kekuatan lentur

modulus elastisitas

serat

nanas

### KORESPONDENSI

E-mail: [henderydahlan@ft.unand.ac.id](mailto:henderydahlan@ft.unand.ac.id)

### A B S T R A C T

Bending stress of a pipe made of natural fiber composite is investigated in this paper. Pineapple leaf which is very potential to be developed as an alternative reinforcement in composite materials is used for this investigation. The effects of layer number and fiber orientation to the bending strength and elastic modulus are investigated. The experiments are conducted based on ASTM D790-03. The results show that the composite pipe with two layers and fiber orientation of 90°/90° has the highest bending strength. On other hand, the composite material having one layer and fiber orientation of 45°/45° produce the highest elastic modulus.

## 1. PENDAHULUAN

Permasalahan lingkungan hidup yang terkait dengan limbah non organik menjadi perhatian yang sangat penting dalam penggunaan material komposit berserat karbon atau gelas sebagai penguat. Oleh karena itu perlu dilakukan inovasi pengembangan material komposit yang menggunakan serat alam sebagai penguat seperti rami, *sisal*, *jute*, bambu, serat daun nanas dan lain-lain. Penggunaan material komposit berserat alam

mempunyai beberapa keunggulan antara lain ramah lingkungan, ringan, kuat dan biaya produksi yang kecil. Hal tersebut telah menjadikan material komposit jenis ini sebagai bahan alternatif yang digunakan di berbagai komponen otomotif oleh beberapa industri mobil terkemuka di dunia seperti *Audi*, *BMW*, *Mercedes*, *Ford*, *Peugeot*, *Volkswagen*, *Volvo*, dan sebagainya [1]. Material ini pada umumnya dipergunakan pada bagian *interior*. Selain itu komposit serat alam juga digunakan untuk pipa bawah tanah [2].

Pemanfaatan serat alam sebagai bahan penguat pada material komposit dapat meningkatkan nilai tambah pada bahan atau komoditas serat alam tersebut. Beberapa serat alam banyak terdapat di Indonesia seperti serat daun nanas, serat daun pandan, serat bambu, serat sabut kelapa dan lain-lainnya. Pada penelitian ini serat yang akan digunakan sebagai bahan penguat komposit adalah serat daun nanas. Pemilihan serat daun nanas sebagai bahan penguat material komposit dinilai tepat, karena mempunyai sifat mekanik yang sangat baik. Sifat mekanik yang baik dari serat ini disebabkan oleh kandungan *cellulose* (70-82%) nya yang tinggi [3]. Selain itu, penyebaran tumbuhan ini sangat banyak di Indonesia dan belum banyak dimanfaatkan.

Pengujian dan penelitian material komposit serat daun nanas yang pernah dilakukan adalah pengujian tarik dan pengujian lentur (*bending*) [3]. Pada pengujian tersebut dilakukan analisis pengaruh fraksi volume serat terhadap sifat mekanik seperti modulus elastisitas, tegangan luluh dan tegangan *ultimate* pada material komposit campuran antara serat daun nanas dengan *polypropylene* [3].

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian sifat mekanik sebuah pipa yang terbuat dari material komposit campuran antara serat daun nanas sebagai penguat dengan *polyester* sebagai matriks. Ada pun penggunaan material komposit pada pipa sejauh ini telah dilakukan untuk pipa yang melengkung dimana material komposit berpenguat gabungan serat *glass* dan serat rami [4]. Selain itu, pada penelitian ini pengaruh variasi jumlah lapisan dan orientasi serat terhadap sifat mekanik pipa juga akan dianalisis. Sifat mekanik yang dimaksud pada penelitian ini adalah kekuatan lentur (*bending*) dan modulus elastisitas.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Serat Daun Nanas

Serat daun nanas adalah salah satu serat yang berasal dari tumbuhan yang diperoleh dari daun-daun tanaman nanas. Tanaman nanas dengan nama lain *Ananas Comosus* mempunyai bentuk daun menyerupai pedang yang meruncing pada bagian ujungnya dengan warna hijau kehitaman dan pada tepi daun terdapat duri yang tajam seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tanaman nanas dewasa [1]

Komponen atau unsur kimia yang utama dari serat daun nanas ini adalah *cellulose* (70-82%), *lignin* (5-12%) dan *ash* (1.1%) [3]. Sifat mekanik yang baik dari serat ini disebabkan oleh kandungan *cellulose* nya yang tinggi dengan kekuatan tarik sebesar 400-627 MPa serta modulus *Young* sebesar 1.44 GPa [5].

### 2.2. Resin Thermoset Jenis Polyester

Matriks (resin) dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik. Matrik *polyester* paling banyak digunakan terutama untuk aplikasi konstruksi ringan. Selain harganya murah, resin ini mempunyai karakteristik yang khas yaitu dapat diwarnai, transparan, dapat dibuat kaku dan fleksibel, tahan air, tahan cuaca dan bahan kimia. *Polyester* dapat digunakan pada suhu kerja mencapai 79°C atau lebih tinggi tergantung partikel resin dan keperluannya [6].

Katalis *Metyl Etyl Keton Peroksida* (MEKPO) adalah bahan pengeras untuk jenis resin *polyester*. Penambahan katalis dalam jumlah banyak menimbulkan panas yang berlebihan pada saat proses *curing*. Hal ini dapat menurunkan kualitas atau merusak produk komposit. Oleh karena itu pemakaian *hardener* dibatasi maksimum 1% sampai 2% dari volume resin [7].

## 3. METODOLOGI

### 3.1. Bahan Pembuatan Bahan Spesimen Uji

Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 3.1.1 Serat Daun Nanas

Serat daun nanas yang digunakan pada penelitian ini adalah serat daun nanas yang berasal dari industri kecil ALFIBER yang ada di Subang, Jawa Barat. Serat daun nanas sebelum dianyam terlebih dahulu dipintal secara manual dengan tangan yang mempunyai diameter 1 mm. Serat daun nanas sebelum dilakukan pemintalan sebagai bahan pembuatan pipa komposit dapat diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Serat daun nanas yang berasal dari Subang, Jawa Barat.

### 3.1.2 Matriks

Matriks merupakan salah satu pembentuk dari material komposit. Matriks berfungsi sebagai pengikat, pelindung, transfer beban, dan pendukung serat. Matrik yang digunakan adalah jenis resin *polyester* tipe bening *bacth original C1001C008* sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Resin bening (*polyester*) dan *hardener*

### 3.1.3 Hardener atau Katalis

Katalis adalah suatu bahan kimia yang digunakan untuk meningkatkan laju suatu reaksi tanpa ikut terpakai dan setelah reaksi berakhir, bahan tersebut akan kembali ke bentuk awal tanpa terjadi perubahan kimia. Katalis merupakan bahan kimia

yang ditambahkan pada matrik resin *polyester* yang bertujuan untuk proses pembekuan matrik.

### 3.1.4 Larutan NaOH 20%

Larutan NaOH ini digunakan sebagai proses perlakuan pada permukaan serat untuk menghilangkan zat-zat hemi selulosa, *lignin* dan *waxes* yang bisa mengurangi kekuatan serat daun nanas dan daya ikat serat daun nanas dengan matrik. Proses perlakuan ini dilakukan dengan cara merendam serat dalam larutan NaOH 20% selama 30 menit, kemudian diikuti dengan pembersihan serat dengan air bersih. Untuk mendapatkan larutan NaOH 20% ini adalah dengan cara melarutkan serbuk NaOH sebanyak 200 gr dalam 1 liter *aquadest*.

## 3.2. Tahapan Proses Pengujian Bending

### 3.2.1 Penyiapan Serat

Proses penyiapan serat dalam pembuatan spesimen dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut.

1. Serat dianyam secara manual dengan orientasi 45° dan 90°.
2. Serat yang telah dianyam kemudian dilakukan perlakuan alkali (*alkali treatment*) dengan cara direndam dalam larutan alkali NaOH 20% selama 30 menit.
3. Serat anyaman yang telah direndam kemudian dibersihkan dengan air bersih dan dikeringkan di udara terbuka.

### 3.2.2 Pembuatan Spesimen Uji

Pembuatan spesimen uji untuk penelitian ini dapat dilakukan sesuai dengan prosedur di bawah ini.

1. Menyiapkan cetakan yang berbentuk pipa dengan diameter dalam 1.5 inci dan diameter luar 2.5 inci (uji bending dan uji modal analisis) yang telah diberi *wax* diseluruh permukaannya. Pemberian *wax* ini bertujuan agar komposit tidak menempel jika dikeluarkan dari cetakan.
2. Menyiapkan anyaman serat dengan orientasi tertentu, kemudian disusun dalam cetakan yang telah diisi *polyester*. Jumlah lapisan anyaman serat divariasikan sesuai orientasi untuk mendapatkan model pipa yang diinginkan antara serat dengan *polyester*.
3. Mencampurkan resin *polyester* dengan *hardener* sampai merata, kemudian tuang

- ke dalam cetakan berbentuk pipa yang telah ada seratnya.
4. Keringkan spesimen dalam ruangan udara terbuka, setelah itu spesimen bisa diambil dalam cetakan.
  5. Selanjutnya dilakukan pengujian bending berdasarkan ASTM D790-3.

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa variasi pada specimen uji yaitu orientasi serat 45°/-45° dan 90°/-90° dan susunan serat yaitu 1 lapis dan 2 lapis.

### 3.2.3 Pengujian Kekuatan Lentur (Bending)

Pengujian kekuatan lentur (*bending*) merupakan salah satu bentuk pengujian mekanik untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Pembuatan spesimen dilakukan secara manual seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Spesimen pengujian kekuatan lentur

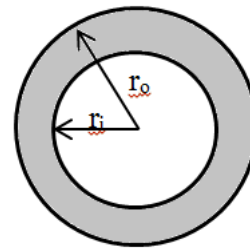
Pada perhitungan kekuatan lentur  $\sigma$  dapat digunakan persamaan:

$$\sigma = \frac{PL}{4Z} \quad (1)$$

dimana P adalah beban yang diberikan, L adalah panjang pipa dan Z dinyatakan pada Pers. (2).

$$Z = \frac{0.78 (r_o^4 - r_i^4)}{r_o} \quad (2)$$

Pada penelitian ini, pipa *hollow* komposit mempunyai bentuk profil penampang diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Profil pipa komposit

dimana  $r_o$  adalah jari-jari pipa luar dan  $r_i$  adalah jari jari pipa dalam. Untuk menghitung inersia penampang seperti terlihat pada Gambar 5 dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

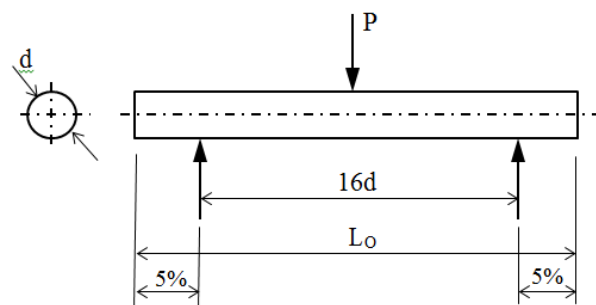
$$I = 0.78 (r_o^4 - r_i^4) \quad (3)$$

sedangkan modulus elastisitas (E) didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut

$$E = \frac{PL^3}{48\delta I} \quad (4)$$

dimana P adalah beban yang diberikan, L adalah panjang pipa,  $\delta$  adalah perpindahan pipa saat beban diberikan dan I adalah momen inersia penampang yang persamaannya diberikan pada Pers. 1.

Standard pengujian kekuatan lentur yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan ASTM D790-03. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *three point bending*. Adapun geometri spesimen pengujian menurut standar ASTM D790-03 diperlihatkan pada Gambar 6.

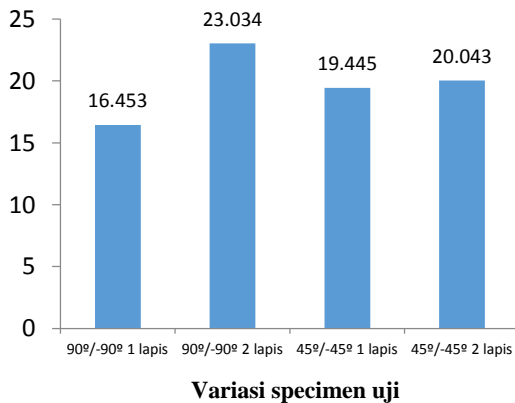


Gambar 6. Dimensi spesimen uji lentur (*bending*) menurut Standar ASTM D790-03

Pada Gambar 6 terlihat bahwa spesimen pengujian adalah panjang dimensi spesimen pengujian ( $L = 16 d$ ), panjang total ( $L_0 = L + 10\%$ ) dimana  $d$  adalah diameter pipa. Diameter luar spesimen pipa adalah 2.5 inci (63.5 mm), dengan ketebalan yang digunakan yaitu  $\pm 6$  mm.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kekuatan lentur (*bending*) material pipa komposit serat daun nanas dengan matriks *unsaturated polyester* dilakukan dengan mesin *Universal Testing Machine SHIMADZU servo pulser*. Hasil Pengujian kekuatan lentur dengan beberapa variasi jumlah layer dan orientasi serat dapat dilihat pada Gambar 7.

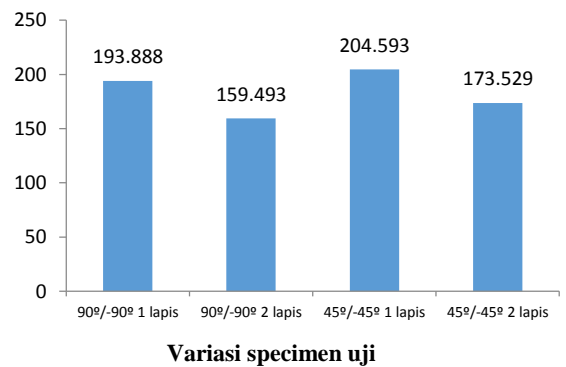


Gambar 7. Kekuatan lentur dengan variasi susunan dan orientasi serat

Pada Gambar 7 terlihat bahwa kekuatan lentur komposit serat orientasi 90°/-90° dengan susunan 2 lapis serat mempunyai kekuatan lentur paling tinggi dibanding yang lainnya. Disamping itu komposit dengan serat 2 lapis mempunyai kekuatan lebih besar dibanding komposit dengan 1 lapis serat. Hal ini disebabkan karena susunan serat 2 lapis memiliki serat yang lebih rapat serta ketebalan serat akan mempengaruhi kekuatan bending pipa komposit yang dihasilkan. Semakin besar jumlah susunan lapisan serat maka kekuatan lentur yang dihasilkan juga semakin besar. Sementara itu, dari hasil pengujian untuk komposit orientasi 45°/-45° memiliki kekuatan lentur yang lebih tinggi untuk spesimen 2 lapis dari pada susunan serat 1 lapis.

Selanjutnya pada Gambar 7 juga diperlihatkan bahwa pipa komposit serat orientasi 90°/-90° dengan susunan serat dua lapis mempunyai kekuatan lentur yang tertinggi yaitu sebesar 23.034 MPa. Sementara kekuatan lentur yang terkecil adalah 16.453 MPa untuk pipa komposit serat orientasi 90°/-90° dengan susunan serat satu lapis.

Modulus elastisitas untuk variasi susunan dan orientasi serat diperlihatkan pada Gambar 8. Pada gambar tersebut terlihat bahwa modulus elastisitas untuk variasi susunan dan orientasi serat dimana orientasi serat 45°/-45° satu lapis menghasilkan modulus elastisitas tertinggi, sedangkan modulus elastisitas terendah terdapat pada orientasi serat 90°/-90° 2 lapis dengan nilai berturut-turut 204.593 MPa dan 159.493 MPa.



Gambar 8. Modulus elastisitas terhadap susunan dan orientasi serat.

#### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa kekuatan lentur pipa komposit dipengaruhi oleh susunan serat dan orientasi serat di dalam matrik pipa komposit. Susunan serat dua lapis dengan orientasi 90°/-90° menghasilkan kekuatan lentur yang maksimum bila dibandingkan dengan variasi dan susunan serat yang lainnya yaitu sebesar 23.034 MPa, sedangkan kekuatan yang terendah diperoleh pada susunan serat satu lapis pada orientasi 90°/-90° sebesar 16.453 MPa. Sementara itu, modulus elastisitas untuk variasi susunan dan orientasi serat 45°/-45° satu lapis menghasilkan modulus elastisitas tertinggi, yaitu sebesar 204.593 MPa. Sedangkan modulus elastisitas terendah terdapat pada orientasi serat 90°/-90° 2 lapis, yaitu sebesar 159.493 MPa.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Teknik Universitas Andalas atas dana yang diberikan untuk penelitian ini berdasarkan surat kontrak perjanjian pelaksanaan penugasan kegiatan penelitian dosen Fakultas Teknik no.024/UN.16.09.D/PL/2016.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mohanty, K. Amar dkk. *Natural Fibers, Biopolymers and Biocomposites*. Taylor & Francis Group : Boca Raton. . (2005).
- [2] H.N.Yu, S.S. Kim, I. U. Hwang, D.G. Lee, *Application of natural fiber reinforced composites to trenchless rehabilitation of underground pipe*, *Composite Structures*, 86, (2008), pp. 285–290.
- [3] R.M.N. Arib et al., *Mechanical Properties of Pineapple Leaf Fibre Reinforced Polypropylene Composites*. *Materials and Design*. 27. (2006). pp. 391–396.
- [4] G. Cicala et al., *Properties and performances of various hybrid glass/natural fibre composites for curved pipes*, *Materials and Design*, 30, (2009), pp. 2538–2542.
- [5] F. Omar et al., *Biocomposites Reinforced with Natural Fibers*, *Progress in Polymer Science*, 37, 11, 2012, pp 1552-1596
- [6] I.M. Astika et al., *Sifat Mekanik Komposit Polyester dengan Penguat Serat sabut Kelapa*, 2013, Diakses pada 21 Juli 2016 dari <http://www.download.portalgaruda.org/article.php>.
- [7] Anonim, *Technical Data Sheet*, P.T. Justus Kimia Raya, Jakarta, 2001.