

**PENGARUH VARIASI KETEBALAN CORE TERHADAP KARAKTERISTIK  
BENDING KOMPOSIT SANDWICH SERAT CANTULA DENGAN CORE  
HONEYCOMB KARDUS TIPE A-FLUTE**

**Hasbu Rida Mutasiana, Yuyun Estriyanto, S.T., M.T., Suharno, S.T., M.T.**

Prodi. Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Pendidikan Teknik Kejuruan, FKIP, UNS

Kampus UNS Pabelan JL. Ahmad Yani 200, Surakarta, Tlp/Fax 0271 718419

Email :hasbu.ridam@gmail.com

**ABSTRACT**

*The purpose of this research was to determine the bending characteristics of composite sandwich cantula fiber using a cardboard core thickness variation of type BC - flute. This research uses descriptive quantitative method. The research began with the manufacture of sandwich composite material then the material given bending test using a Universal Testing Machine (UTM). Bending testing refers to ASTM C-393 which would result in another calculation, the bending stress and shear stress core face. Face is composed of a fiber composite cantula as filler, Unsaturated Polyester resin as a binder BQTN-EX Yucalac 157, and Metyl Etyl Ketone Peroxide (MEKPO) as a catalyst. Core uses cardboard type BC - Flute compiled by PV Ac - Fox with a thickness variation of 10 mm, 20 mm, 30 mm, and 40 mm. Epoxy adhesive using Versamid 140. The results showed that the thickness variation affects the bending stress composites, core shear stress and bending stress face. The addition of the composite thickness resulting impairment the composite bending stress, core shear stress and facing bending stress. The highest average value occurs at a thickness of 10 mm with a core voltage of 17,47 MPa composite bending, shear cores of 0,75 MPa, and face bending stress of 18,84 MPa.*

**Keywords:** *composite sandwich, bending stress, type BC-flute cardboard, fiber cantula.*

**PENDAHULUAN**

Kemajuan teknologi di bidang teknik telah mengalami peningkatan yang pesat. Penelitian tentang berbagai rekayasa material yang memiliki sifat-sifat unggul dan ramah lingkungan telah ditemukan. Material-material tersebut memiliki kelebihan yang tidak dimiliki material lainnya atau memiliki sifat-sifat unggul dari material-material penyusunnya.

Bimawan menyatakan (mengutip simpulan Antonia dkk, 2005) bahwa komposit dirancang guna mendapatkan karakteristik baru dari sebuah material untuk mendapatkan hasil yang terbaik dari berbagai sisi, baik kekuatan, maupun sisi ekonomisnya. Salah satu alternatif material komposit yang sedang dikembangkan adalah komposit menggunakan bahan serat alam (2007: 13).

Teknologi material komposit dengan menggunakan serat alam sebagai

penguat (*composite reinforced fiber*) mempunyai banyak keunggulan diantaranya sebagai pengganti serat buatan, harga murah, mampu meredam suara, ramah lingkungan, mempunyai densitas rendah, dan kemampuan mekanik yang tinggi.

Contoh serat alam yaitu serat ijuk, serat eceng gondok, serat rami, serat *cantula* atau tanaman kayu sebagai bahan sandang, bahkan serat alam yang dapat digunakan untuk membuat tambang. Dari berbagai serat alam tersebut, serat *cantula* merupakan salah satu alternatif serat alam yang dapat digunakan. Serat ini berasal dari daun tanaman *Agave Cantula Roxb* yang mengandung *selulose* sekitar 64,23 %, sehingga berpotensi sebagai bahan penguat komposit. (Raharjo, 2003). Serat *cantula* memiliki sifat kuat, kaku, ringan (mempunyai berat rata-rata 40% lebih ringan dari pada serat gelas), berlimpah, *non abrasive*, tidak beracun, murah, dapat

diperbaharui dan mempunyai biaya produksi yang rendah serta memiliki kekuatan tarik 1058,660 MPa dan elongasi sebesar 8,199% pada perendaman alkali (NaOH) dengan dengan kadar 2% selama 6 jam.

Salah satu jenis komposit adalah komposit *sandwich* yaitu jenis komposit yang terdiri dari tiga lapisan yaitu dua lapisan *face* yang ditambah dengan *adhesive*, dan lapisan *core*. *Face* pada struktur komposit *sandwich*, terbuat dari material komposit yang sudah jadi dan berfungsi sebagai penahan beban aksial serta *bending*. Sedangkan *core* berfungsi untuk mendistribusikan beban aksial menjadi beban geser pada seluruh permukaan yang terjadi akibat pembebanan dari luar. Banyak jenis *core* yang digunakan mulai dari alumunium, kertas, atau *non metal*, dan bentuk *honeycomb* (*hexagonal*). *Core* dengan bahan dari kertas (kardus) dengan bentuk *honeycomb* menjadi alternatif untuk digunakan sebagai *core* karena sifatnya yang kuat, ringan, dan mampu didaur ulang oleh alam. Sedangkan pada penelitian kali ini dipilih kardus (*corrugated cardboard*) tipe *BC-Flute* sebagai material *core* karena memiliki beberapa keunggulan yaitu lebih hemat dalam pemakaian kertas medium (sebagai gelombang) dan memiliki ketahanan tekan datar (*flat crush*) yang cukup tinggi. *Adhesive* berfungsi sebagai pengikat antara *face* dan *core* serta meneruskan beban yang diterima *face* pada *core*.

## KAJIAN PUSTAKA

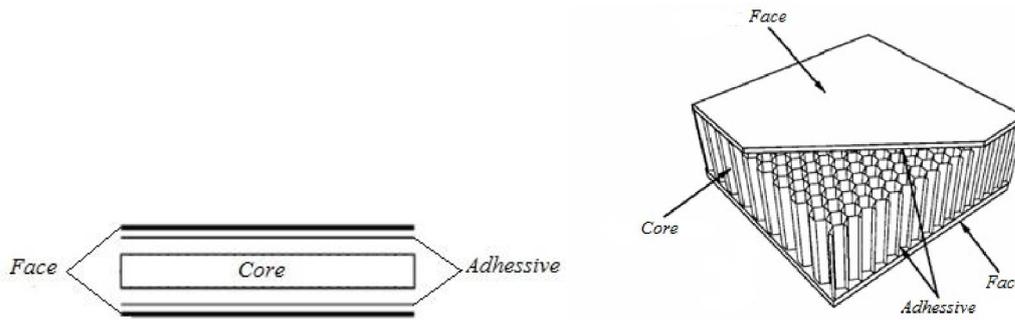
### Komposit

Schwartz (1984) menyatakan bahwa komposit yaitu material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda di dalam bentuk dan atau komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat dipisahkan (Masruri, 2011 : 21). Berdasarkan bentuk *filler* komposit diklasifikasikan menjadi tiga jenis utama yaitu komposit *particle reinforced* (berpenguat partikel), *fiber reinforced* (berpenguat serat), dan *structural* (gabungan dari dua jenis sebelumnya dengan bentuk berpenguat struktur). Untuk klasifikasi secara menyeluruh, dijelaskan pada Gambar 2.1 yang mencakup tipe dan jenis dari tiap-tiap klasifikasi utama (Satriyo, 2011: 7).

### Komposit Sandwich

Menurut M. Reis (2006), komposit *sandwich* merupakan komposit yang terdiri dari dua lapisan tipis (*face*) dan kaku. Kekuatan *face* dipisahkan suatu ketebalan bersifat ringan yaitu inti (*core*). Material inti dan lapisan tipis *face* terikat bersama-sama dengan suatu *adhesive* (pengikat) untuk memudahkan mekanisme perpindahan beban antar komponen dan secara efektif memanfaatkan semua material itu. Kedua *face* ditempatkan dengan tebal tertentu satu sama lain untuk meningkatkan momen inersia dan akibat kekakuan *bending*, berkenaan dengan sumbu netral dari struktur (Bimawan, 2007: 20).

Bimawan menyatakan bahwa komponen penyusun komposit *sandwich* secara umum terdiri atas tiga bagian utama, yaitu *core*, *face*, dan *adhesive* (2007: 20).



Gambar 1. Komposit *Sandwich*

### **Core**

*Core* adalah inti dari komposit *sandwich*. Tujuan dari penambahan *core* adalah agar terjadi penambahan ketebalan tanpa terjadi penambahan berat yang berarti, sehingga didapatkan kekakuan yang relatif tinggi. *Core* komposit *sandwich* dibuat dengan berat yang ringan, harga yang murah, mempunyai modulus geser tinggi, mampu meredam suara dan

panas, harus mampu menjamin permukaan yang didukung serta dapat bekerja sebagai satu kesatuan.

Pada penelitian kali ini akan digunakan *corrugated cardboard type BC-flute* sebagai *core honeycomb* dengan arah susunan Horizontal Gelombang Dua arah (HGD).



Gambar 2. *Core Honeycomb* dengan Arah Susunan Horizontal Gelombang Dua Arah (HGD)

### **Face**

*Face* adalah bagian yang paling luar dari struktur komposit *sandwich*, material dibuat lembaran yang penyusunnya terbuat dari berbagai macam bahan. *Face* terbuat dari material komposit yang sudah jadi (Lukkassen dan Meidel, 2003).

### **Adhesive**

*Adhesive* adalah zat perekat yang digunakan untuk mengikat *face* dengan *core*. Kekuatan tarik *adhesive* harus lebih tinggi daripada kekuatan tarik *core*, hal ini dimaksudkan agar antara *face* dan *core* sulit terjadi delaminasi. *Adhesive* juga harus memiliki ketahanan terhadap bahan kimia dan panas, supaya dalam keadaan tersebut daya *adhesive*-nya tidak mudah rusak.

### **Penggunaan Kardus sebagai Core**

Kardus atau *Corrugated cardboard* sebagai sebuah bahan dasar kemasan memiliki daur hidup yang sangat singkat, dihargai hanya selama proses distribusi produk dari produsen ke konsumen berlangsung. Material kardus untuk saat ini dipandang sebagai kebutuhan sekunder dalam suatu proses produksi industri. Kenyataannya kardus sangat rasionil dan potensial dalam satu rekayasa desain, memenuhi kriteria untuk digunakan sebagai bahan baku utama (Willy dan Yahya, 2001).

### **Penggunaan Serat *Cantula* sebagai Filler**

Serat *cantula* (nanas sabrang) diperoleh lewat ekstraksi daun tanaman *Agave cantula Roxb.* Tanaman ini tidak memiliki batang yang jelas, dan memiliki

daun yang kaku dengan panjang 100-175 cm dengan duri di sepanjang tepi daunnya. Dari hasil penelitian Badan Penelitian dan Pengembangan Industri Departemen Perindustrian Yogyakarta (1994), diketahui bahwa kandungan atau komposisi rata-rata serat *cantula* yang

dijelaskan pada data dalam Tabel 1 (Bimawan, 2007: 25). Tanaman *cantula* memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, yakni 64,23%, hal ini menunjukkan bahwa serat ini berpotensi sebagai bahan penguat komposit.

Tabel 1. Sifat Serat Nanas Sabrang (*Cantula*)

Komposisi	Persen (%)
<i>Hemiselulosa</i>	9,45
<i>A-selulosa</i>	64,23
<i>Lignin</i>	5,91
Abu	4,98
<i>Ekstrakting Alkohol Benzena</i>	3,38
Kadar Air <i>Alkohol Benzena</i>	11,95

### Penggunaan Resin *Polyester* sebagai Matrik Face

Diantara jenis matrik yang ada, matrik polimer adalah yang paling luas penggunaannya. Berdasarkan ikatan antar penyusunnya, polimer dibedakan menjadi dua macam, yaitu resin *thermoplastic* dan resin *thermoset*. Polimer *thermoplastic* adalah jenis polimer yang dapat mencair apabila mengalami pemanasan dan akan mengeras kembali setelah didinginkan dan perilakunya bersifat *reversible* atau bisa kembali ke kondisi awal, sedangkan polimer *thermoset* bersifat lebih stabil terhadap panas, dan tidak mencair pada suhu tinggi serta perilakunya bersifat *irreversible* atau tidak bisa kembali ke kondisi awal.

Salah satu jenis resin *thermoset* adalah resin *unsaturated polyester*. Resin *Unsaturated polyester* merupakan resin cair dengan viskositas rendah, dan akan mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis. Keunggulan dari resin ini antara lain pengerjaannya mudah, proses pengerasan atau *curing* cepat tanpa menimbulkan gas, warnanya terang, dimensinya stabil, dan memiliki sifat fisik serta tahanan listrik yang bagus.

### Penggunaan MEKPO sebagai Katalis

Katalis berfungsi untuk mempercepat proses pengeringan (*curing*)

pada bahan matriks suatu komposit. Semakin banyak katalis yang dicampurkan pada cairan matriks akan mempercepat proses laju pengeringan, tetapi akibat mencampurkan katalis terlalu banyak adalah membuat komposit menjadi getas.

Penggunaan katalis sebaiknya diatur berdasarkan kebutuhannya. Pada saat mencampurkan katalis ke dalam matriks maka akan timbul reaksi panas (60°-90°C) (Harbian, 2007). Proses pengerasan resin diberi bahan tambahan yaitu, katalis jenis *Metyl Etyl Keton Peroksida (MEKPO)*, katalis digunakan untuk mempercepat proses pengerasan cairan resin pada suhu yang lebih tinggi. Pemakaian katalis dibatasi sampai 1% dari volume resin (P.T. Justus Sakti Raya, 2001).

### Fraksi Volume

Gibson (1994), penempatan serat harus mempertimbangkan geometri serat, arah, distribusi dan fraksi *volume*, agar dapat dihasilkan komposit berkekuatan tinggi. Untuk suatu lamina *undirectional*, dengan serat kontinu dengan jarak antar serat yang sama, dan direkatkan secara baik oleh matrik, seperti ditunjukkan pada gambar 3. Fraksi *volume* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) dan persamaan (2) berikut ini (Shackelford, 1992):

$$V_{\text{serat}} = \frac{m_f / \rho_f}{m_f / \rho_f + m_m / \rho_m} \times 100\% \dots\dots (1)$$

$$V_{\text{matrik}} = \frac{m_m / \rho_m}{m_f / \rho_f + m_m / \rho_m} \times 100\% \dots\dots (2)$$

Dimana:

$V_{\text{serat}}$  = volume serat ( $\text{mm}^3$ )

$V_{\text{matrik}}$  = volume matrik ( $\text{mm}^3$ )

$m_f$  = massa serat (gr)

$m_m$  = massa matrik (gr)

$\rho_f$  = massa jenis serat (gr/mm)

$\rho_m$  = massa jenis matrik (gr/mm).

### Fraksi Berat

Fraksi berat merupakan perbandingan antara berat material penyusun dengan berat komposit yang dapat dihitung dengan persamaan (3).

$$w_i = \frac{w_i}{w_c} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

$w_i$  = fraksi berat

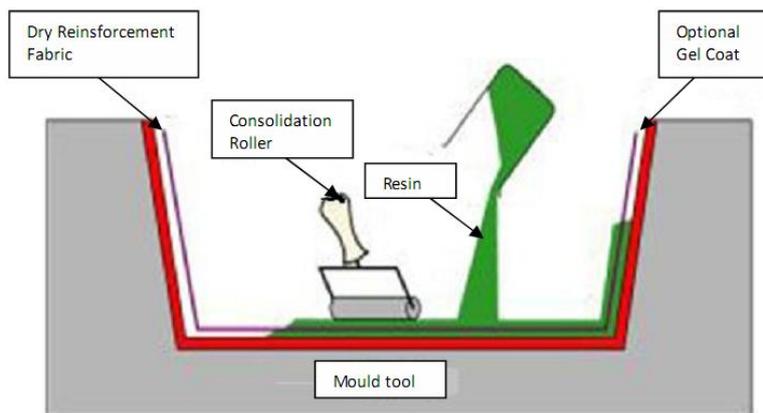
$W_i$  = berat material penyusun (gr)

$W_c$  = berat komposit (gr).

### Metode Hand Lay-Up

Proses pembuatan komposit sangat beraneka ragam dari yang paling sederhana sampai dengan yang kompleks dengan sistem komputerisasi. Tiap proses memiliki kelebihan masing-masing. Ada berbagai macam proses yang dapat digunakan untuk membuat komposit antara lain metode *hand lay-up*, metode *spray-up*, metode *vacuum bagging* (Gibson, 1994). Proses *hand lay-up* merupakan proses laminasi serat secara manual, dimana merupakan metode pertama yang digunakan pada pembuatan komposit. Metode *hand lay-up* lebih ditekankan untuk pembuatan produk yang sederhana dan hanya menuntut satu sisi saja yang memiliki permukaan halus.

Fraksi serat yang tinggi dapat diperoleh dengan cara mengkombinasikan metode *hand lay up* dengan cetak tekan (*press molding*). Pada metode cetak tekan pengontrolan fraksi volume dapat dilakukan dengan menggunakan *stopper* (Rusmiyatno, 2007).



Gambar 3. Proses *Hand lay-up* (Gibson, 1994)

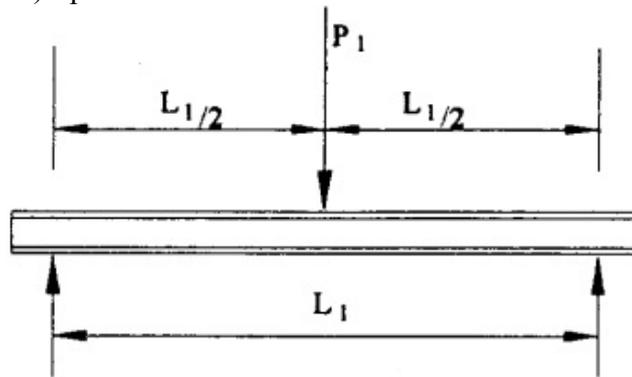
### Pengujian Bending Komposit Sandwich

Dalam aplikasinya komposit *sandwich* tak pernah lepas dari proses pembebanan mekanik terutama beban *bending*. Pada umumnya kelemahan komposit *sandwich* terhadap beban

*bending* terletak pada bagian yang belum merata pemampatannya antara serat dan matrik dibagian bawah pada spesimen. Pada lapisan ini mempunyai kekuatan tarik maksimum dan akan mengalami kegagalan paling awal karena tidak mampu menahan

tegangan tarik pada bagian bawah komposit, sehingga akan terjadi retak lebih awal (Rusmiyatno 2007).Spesimen dan

metode pengujiannya mengacu pada standar ASTM C 393.



Gambar 4. Skema Pengujian *Three Point Bending* Komposit *Sandwich*

Berdasarkan percobaan ini akan diperoleh nilai tegangan *bending* komposit *sandwich*, nilai tegangan *bending* face, dan nilai tegangan geser *core*.

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots (6)$$

$$\sigma_f = \frac{PL}{2t(d+c)b} \dots\dots\dots (7)$$

$$\tau = \frac{P}{(d+c)b} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

$\sigma$  = tegangan *bending* komposit (MPa)

$\sigma_f$  = *facing bending stress* (MPa)

$\tau$  = *core shear stress* (MPa)

M = momen *bending* maksimum (Nmm)

P = beban maksimum (N)

L = panjang *span* (mm)

d = tebal komposit *sandwich* (mm)

b = lebar komposit *sandwich* (mm)

c = tebal *core* (mm)

t = tebal *face* (mm).

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini diadakan untuk mengetahui pengaruh variasi ketebalan *core honeycomb BC-Flute* terhadap karakteristik komposit *sandwich* serat *cantula*. Jumlah dan variasi spesimen serta pengujian yang dilakukan dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi Penelitian

Pengujian	Variasi Ketebalan <i>Core</i>				Jumlah
	10 mm	20 mm	30 mm	40 mm	
<i>Bending</i>	5 buah	5 buah	5 buah	5 buah	20 buah

**HASIL PENELITIAN**

**Tegangan *Bending***

Pada pengujian *bending*, bagian atas spesimen akan mengalami tegangan tekan dan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Tegangan *bending* komposit dapat ditentukan dengan persamaan (6).

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

$\sigma$  = tegangan *bending* (MPa)

P = beban maksimal (N)

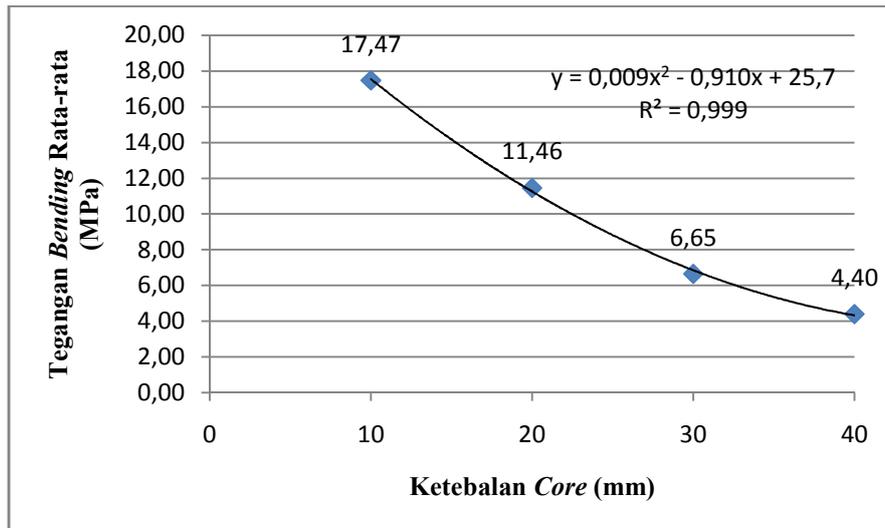
L = jarak tumpuan/panjang *span* (mm)

d = tebal spesimen (mm)

b = lebar spesimen (mm).

Tabel 3. Tegangan *Bending* pada Komposit *Sandwich* Serat *Cantula* dengan *Core Honeycomb* Kardus Tipe *BC-Flute*

No.	Dimensi				$P_{rata-rata}$ (N)	L (mm)	$\sigma_b$ rata-rata (MPa)
	d (mm)	b (mm)	c (mm)	t (mm)			
1	18	100	10	4	2096	180	17.47
2	28	100	20	4	3328	180	11.46
3	38	100	30	4	3556	180	6.65
4	48	100	40	4	3754	180	4.40



Gambar 5. Kurva Tegangan *Bending* pada Komposit *Sandwich* Serat *Cantula* dengan *Core Honeycomb* Kardus Tipe *BC-Flute*

Setelah diproses dengan persamaan (5), kurva tegangan *bending* menurun seiring dengan bertambahnya ketebalan *core*. Hal ini disebabkan oleh dimensi spesimen terutama ketebalan spesimen yang semakin bertambah. Semakin besar dimensi *core*, maka momen inersia ( $I = \frac{bd^3}{12}$ ) yang dihasilkan akan semakin besar. Sedangkan momen inersia terdapat dalam rumus dasar tegangan *bending* yaitu  $\sigma = \frac{M.y}{I}$ .

Dengan meningkatnya dimensi *core* maka akan menyebabkan meningkatnya kekuatan komposit *sandwich* (kemampuan komposit *sandwich* dalam menahan momen maksimum). Hal ini juga dapat disimpulkan bahwa semakin besar dimensi pada spesimen uji maka

tegangan *bending* yang diterima spesimen tersebut akan semakin kecil.

#### **Facing Bending Stress**

*Facing bending stress* yang dimaksud adalah tegangan *bending* dari *face* komposit *sandwich* serat *cantula* dengan *core honeycomb* kardus *BC-flute* pada yang didapat dengan persamaan (7).

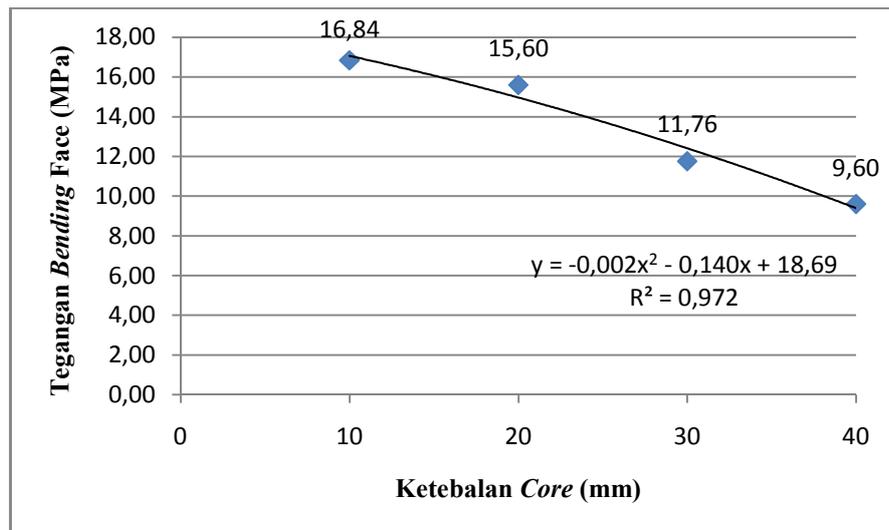
$$\sigma_f = \frac{PL}{2t(d+c)b} \dots \dots \dots (7)$$

Dimana:

- $\sigma_f$  = *facing bending stress* (MPa)
- P = beban maksimal (kN)
- L = panjang *span* (mm)
- t = ketebalan *face* komposit (mm)
- d = ketebalan komposit *sandwich* (mm)
- c = ketebalan *core* (mm)
- b = lebar komposit *sandwich* (mm).

Tabel 4. Tegangan *Bending Face* pada Komposit *Sandwich* Serat *Cantula* dengan *Core Honeycomb* Kardus Tipe *BC-Flute*

No.	Dimensi				P <sub>rata-rata</sub> (N)	L (mm)	σ <sub>f rata-rata</sub> (Mpa)
	d (mm)	b (mm)	c (mm)	t (mm)			
1	18	100	10	4	2096	180	16.84
2	28	100	20	4	3328	180	15.60
3	38	100	30	4	3556	180	11.76
4	48	100	40	4	3754	180	9.60



Gambar 6. Kurva Tegangan *Bending Face* pada Komposit *Sandwich* Serat *Cantula* dengan *Core Honeycomb* Kardus Tipe *BC-Flute*

Setelah diproses dengan persamaan (6), kurva *facing bending stress* menurun seiring dengan bertambahnya ketebalan *core*. Hal ini disebabkan oleh dimensi spesimen. Nilai tebal spesimen (d), tebal *core* (c), lebar spesimen (b), dan tinggi *face* (t) menjadi nilai pembagi untuk persamaan (6). Dari persamaan tersebut, tinggi spesimen berada dalam bilangan pembagi yaitu  $2t(d+c)b$ . Setelah diproses dalam persamaan pembagi tersebut, nilai untuk tiap variasi ketebalan *core* mulai dari 10 mm sampai 40 mm mempunyai rentang yang jauh yaitu 22400 mm, 38400 mm, 54400 mm, dan 74400 mm. Sedangkan untuk nilai pembilang tidak terlalu jauh perbedaannya.

Dengan meningkatnya dimensi *core* maka akan menyebabkan meningkatnya kekuatan spesimen uji (kemampuan *face* komposit dalam

menahan momen maksimum). Hal ini juga dapat disimpulkan bahwa semakin besar dimensi pada spesimen uji maka tegangan *bending face* yang diterima spesimen tersebut akan semakin kecil.

### Core Shear Stress

*Core shear stress* yang dimaksud adalah tegangan geser dari *core honeycomb* kardus *BC-flute* pada komposit *sandwich* serat *cantula* yang didapat dengan persamaan (8).

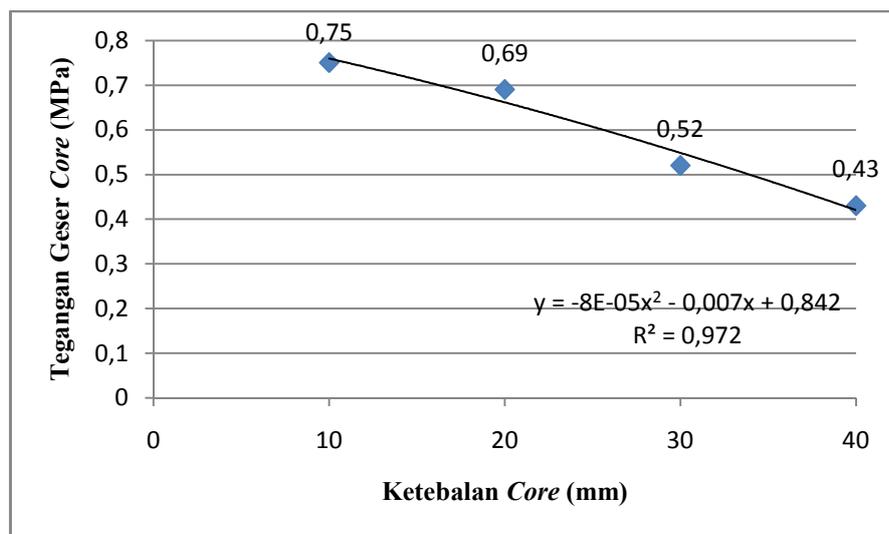
$$\tau = \frac{P}{(d+c)b} \dots \dots \dots (8)$$

Dimana:

- τ = *core shear stress* (MPa)
- P = beban maksimal (kN)
- d = ketebalan komposit *sandwich* (mm)
- c = ketebalan *core* (mm)
- b = lebar komposit *sandwich* (mm).

Tabel 5. Tegangan Geser Core pada Komposit Sandwich Serat *Cantula* dengan Core *Honeycomb* Kardus Tipe *BC-Flute*

No.	Dimensi				P <sub>rata-rata</sub> (N)	τ <sub>rata-rata</sub> (Mpa)
	d (mm)	b (mm)	c (mm)	t (mm)		
1	18	100	10	4	2096	0.75
2	28	100	20	4	3328	0.69
3	38	100	30	4	3556	0.52
4	48	100	40	4	3754	0.43



Gambar 7. Kurva Tegangan Geser Core pada Komposit Sandwich Serat *Cantula* dengan Core *Honeycomb* Kardus Tipe *BC-Flute*

Setelah diproses dengan persamaan (7), kurva *core shearstress* menurun seiring dengan bertambahnya ketebalan *core*. Hal ini disebabkan oleh dimensi spesimen. Nilai tebal spesimen (d), tebal *core* (c), dan lebar spesimen (b) menjadi nilai pembagi untuk persamaan (7). Dari persamaan tersebut, tinggi spesimen berada dalam bilangan pembagi yaitu  $(d+c)b$ . Setelah diproses dalam persamaan pembagi tersebut, nilai untuk tiap variasi ketebalan *core* mulai dari 10 mm sampai 40 mm mempunyai rentang

yang jauh yaitu 2800 mm, 4800 mm, 6800 mm, dan 8800 mm. Sedangkan untuk nilai pembilang tidak terlalu jauh perbedaannya.

Dengan meningkatnya dimensi *core* maka akan menyebabkan meningkatnya kekuatan spesimen uji (kemampuan *core* dalam menahan momen maksimum). Hal ini juga dapat disimpulkan bahwa semakin besar dimensi spesimen uji maka tegangan geser *core* yang diterima spesimen tersebut akan semakin kecil.

## Kegagalan *Delaminasi*



Gambar 8. Delaminasi Spesimen Uji

Delaminasi terjadi ketika spesimen mendapatkan beban maksimal sehingga spesimen tersebut mencapai titik kritisnya. Delaminasi diakibatkan oleh ketidaksempurnaan ikatan antara *face* dan *core*, hal ini dikarenakan proses fabrikasi komposit *sandwich* yang dilakukan secara manual kurang teliti. Untuk pengujian

*bending* ini, spesimen untuk hampir semua variasi ketebalan *core* (10 mm, 20 mm, 30 mm, dan 40 mm) mengalami delaminasi.

*Delaminasi* yang paling besar terjadi pada komposit *sandwich* dengan ketebalan *core* 40 mm kemudian diikuti dengan ketebalan *core* 30 mm, 20 mm dan 10 mm.

## Gagalan *Core* dan *Deformasi Core*



Gambar 9. Gagal Geser *Core* dan *Deformasi core*

Adanya beban yang berhasil didistribusikan dengan baik menyebabkan *core* mendapat tegangan geser. *Core* menerima tegangan geser maksimal hingga mencapai titik kritisnya kemudian terjadi deformasi *core*. Beban terus diberikan kepada spesimen yang telah mengalami deformasi *core* tersebut. Beban hanya ditahan oleh bagian spesimen yang belum mengalami kerusakan sehingga terjadi gagal geser *core*. Spesimen-

spesimen yang mengalami jenis kerusakan ini adalah spesimen dengan ketebalan *core* 20 mm, 30 mm, dan 40 mm. Sedangkan spesimen dengan ketebalan *core* 10 mm tidak mengalaminya. Hal ini bisa disebabkan karena tidak adanya ruang untuk spesimen tersebut mengalami deformasi. Penyebab lain dari gagal geser *core* juga dapat dilihat dari tidak kuatnya ikatan antara bahan *core* itu sendiri (antara *corrugated* dengan *wall*-nya).

## Gagal Face Sheet



Gambar 10. Gagal Face Spesimen Uji dengan Ketebalan Core 40 mm

Kerusakan pada *face* terjadi ketika beban maksimal yang diterima spesimen gagal untuk didistribusikan kepada *core*. Hal ini bisa disebabkan oleh ketidaksempurnaan dari *face* itu sendiri. Ketidaksempurnaan tersebut adalah adanya gelembung-gelembung kecil pada *face* (*void*), pemilihan serat yang tidak seragam (usia serat), dan pemberian katalis yang berlebihan. Untuk pengujian *bending* ini, spesimen dengan ketebalan *core* 20 mm, 30 mm, dan 40 mm mengalami deformasi *face*. Kerusakan yang terjadi pada spesimen dengan ketebalan *core* 30 mm lebih besar daripada kerusakan pada spesimen dengan ketebalan *core* 20 mm. Sama halnya dengan spesimen dengan ketebalan *core* 40 mm, yang kerusakannya lebih besar daripada spesimen dengan ketebalan *core* 30 mm. Sedangkan untuk spesimen dengan ketebalan *core* 10 mm tidak kerusakan tersebut.

## PENUTUP

### Kesimpulan

1. Terdapat pengaruh variasi ketebalan *core* kardus tipe BC-Flute sebesar 10mm, 20mm, 30mm, dan 40mm terhadap karakteristik *bending* komposit serat *cantula*. Nilai tertinggi tegangan *bending* komposit sebesar 17,47 MPa pada ketebalan *core* 10 mm. Nilai tertinggi tegangan *bending face* sebesar 16,84 MPa pada ketebalan *core* 10 mm. Nilai tertinggi tegangan geser *core*

sebesar 0,75 Mpa pada ketebalan *core* 10 mm.

2. Kurva karakteristik *bending* menurun seiring dengan penambahan ketebalan *core* serta terdapat beberapa kegagalan pengujian *bending* untuk spesimen ini dengan variasi ketebalan sebesar 10 mm, 20 mm, 30 mm, dan 40 mm.

### Saran

1. Pengadukan resin beserta katalis hendaknya dilakukan dengan benar yaitu satu arah dengan kecepatan yang konstan. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir timbulnya *void* sehingga kekuatannya lebih besar.
2. Pada proses fabrikasi sebaiknya diperhatikan kerataan adhesive yang diberikan. Hal ini berpengaruh besar terhadap kekuatan komposit dan banyaknya tegangan yang diterima serta dapat menyebabkan proses delaminasi semakin besar.
3. Fabrikasi komposit *sandwich* hendaknya dilakukan dengan benar yaitu memberikan *adhesive* secara merata ke salah satu permukaan *face* komposit terlebih dahulu, diletakkan *core* di atasnya, diberikan beban, dan didiamkan sampai kering. Setelah kering, *adhesive* kembali diberikan secara merata ke permukaan *face* yang lain kemudian diletakkan di atas *face* dan *core* yang telah kering tersebut. Kemudian *spesimen* tersebut kembali diberikan beban dan didiamkan sampai kering.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adi.S.S., 2010. *Pengaruh Penggunaan Serat Agave Cantula Roxb terhadap Kekuatan Impak Material Komposit Matriks Polimer Menggunakan Metode Eksperimen Taguchi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Annual Book ASTM Standart, 1998, USA
- Arikunto, Suharsimi. 1996. *Prosedur Penelitian : Study Pendekatan Praktek*. Jakarta : PT. Rineka Cipta.
- Bimawan.Y.W., 2007. *Pengaruh Variasi Adhesive terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Sandwich Cantula 3d-Uprs dengan Core Honeycomb Kardus C-Flute*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Diharjo, K., 2006, *Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami Polyester*. Jurnal Teknik Mesin Vol. 8, No. 1. Petra Christian University. Jakarta.
- Gibson, R.F, 1994. *Principles of Composite Material Mechanics*. Mc Graw Hill Inc. New York United State of America.
- Harbian. 2007. *Pengaruh Ketebalan Inti (Core) terhadap Kekuatan Bending Komposit Sandwich Serat E-Glass Chopped Strand Mat-Unsaturatd Polyester Resin dengan Inti (Core) Spon*. Tugas Akhir Fakultas Teknik. Universitas Semarang.
- Hasan, E.N, 2009. *Pengaruh Variasi Jenis Core terhadap Kekuatan Impak Komposit Sandwich Cantula 3D*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Hexcel, 2000. *Honeycomb Sandwich Design Technology*. Hexcel Composite. Duxford.
- Justus Kimia Raya, PT, 2001. *Technical Data Sheet*. Jakarta.
- Lukkasen, D. & Meidel, A. 2003. *Advanced Materials and Structures and Their Fabrication Process*. Narvik University College.H; N.
- Masruri.Dwi., 2011. *Pengaruh Orientasi Sudut Anyaman Serat Cantula terhadap Sifat Mekanik (Bending, Tarik Paku, Daya Permesinan) dan Densitas Pada Komposit Semen Serbuk Aren-Cantula*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Nugroho, A.T, 2011. *Pengaruh Tebal Skin dan Core terhadap Serat Rami-Polyester dengan Core Sekam Padi- Urea Formaldehyde*. Universitas Sebelas Maret : Surakarta.
- Raharjo & Ariawan. 2003. *Penentuan Kekuatan Optimum Serat Agave Cantula dengan Menggunakan Perlakuan Thermal*. Mekanika. Teknik Mesin. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Rusmiyatno.F., 2007. *Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending Komposit Nylon/Epoxy Resin Serat Pendek Random*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Russell, B.P., T. Liu, N.A. Fleck, V.S. Deshpande, 2011. *The Soft Impact of Composite Sandwich Beams with A Square-Honeycomb Core*. Department of Engineering, University of Cambridge. UK.
- Setyawan. P. D., Sari. N. H., & Putra. D. G. P., 2012. *Pengaruh Orientasi dan Fraksi Volume Serat Daun Nanas (Ananas Comosus) Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Tak Jenuh (UP)*. Universitas Mataram. Nusa Tenggara Barat.
- Shackelford, 1992. *Introduction to Materials science for Engineer*. Third Edition. Mac Millan Publishing Company. New York. USA.

- Umbara.N.A.A., 2011.*Pengaruh Ketebalan Core dan Jumlah Siklus Beban Bending Dinamis terhadap Penurunan Kekakuan Komposit Sandwich Serat Aren dengan Core Serbuk Gergaji Kayu Sengon Laut*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Wijang W.R. dan Ariawan, D. 2006.*Pengaruh Modifikasi Serat terhadap Karakteristik Komposit UPRs-Cantula*.Jurnal Teknik Mesin Poros Vol. 9, No. 3.Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Willy, D., dan Yahya, M. 2001.*Kardus Sebagai Bahan Baku Furniture Murah*.[http://yayasanapikayu.org/kumpulan\\_tulisan/Furnitur%20Kardus.pdf](http://yayasanapikayu.org/kumpulan_tulisan/Furnitur%20Kardus.pdf). [16 Juli 2013].