

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

Wirawan Yogi Panuti, Yuyun Estriyanto, Budi Harjanto.

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

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

Email : wyogi90@yahoo.co

ABSTRACT

The purpose of this research is to investigate the effect of the variation of core thickness on strength bending characteristic of cantulas' fiber sandwich composite with the type combination C-Flute and A-Flute of cardboard honeycomb core. Cantulas' fiber is used to make the skin by applied it in the same way and get alkali (2% NaOH) in 6 hours. Hand lay up method is used in the production process by using fraction 40:60 resin BQTN 157 with the thickness of skin 4 mm. in making the combination between C-Flute and A-Flute core honeycomb used Horizontal Gelombang Dua arah (HGD) method with the variation of the core thickness 10 mm, 20mm, and 40 mm. then , adhesive epoxy versamid 140 is used to glue between skin and core. the mechanical test is conducted using bending test according to ASTM C 393 standart. the failure observation of the bending test is done by makro photo. The result shows that the variation of core thickness influence the strength of bending sandwich cantulas' fiber sandwich composite with the type combination C-Flute and A-Flute of cardboard honeycomb core . the maximum weight of the bending sandwich composite is in the 10 mm of the core thickness with the value 14,800 MPa, on core shear stress and facing bending stress is in the 10 mm of the core thickness with the value 0,634 MPa and 14,271 MPa. the pattern of failure is in the core failure, delaminasi, deformasi and in the skin is causes of load tensile.

keywords : sandwich composite, cantulas' fiber, core thickness, bending, cardboard type C-Flute and A-Flute

PENDAHULUAN

Komposit *sandwich* merupakan salah satu jenis komposit struktur yang sangat potensial untuk dikembangkan

dalam industri manufaktur. Komposit *sandwich* merupakan gabungan dua lembar *skin* yang disusun pada sisi luar dan terdapat *core* di tengahnya.

Banyak penelitian yang menggunakan *natural composite* sebagai bahan kajian. Serat alam memiliki keunggulan dibandingkan dengan serat gelas, diantaranya : Memiliki kekuatan spesifik yang sesuai, murah, densitas rendah, ketangguhan tinggi, sifat termal yang baik, mengurangi keausan alat, mudah dipisahkan, meningkatkan *energy recovery*, dan dapat terbiodegradasi.

Serat *cantula* merupakan salah satu alternatif serat alam yang dapat digunakan. Serat ini berasal dari daun tanaman *Agave Cantula Roxb* yang mengandung *cellulose* sekitar 64,23 %, sehingga berpotensi sebagai bahan penguat komposit.

Banyak jenis *core* yang digunakan mulai dari aluminium, kertas, atau non metal (*polymer, fibre reinforced, balsa wood, cellular foams*), dengan bentuk *honeycomb* (*hexagonal, persegi*) atau *corrugated*. *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. *Core honeycomb corrugated cardboard* tipe *C-Fluted* dan *A-Fluted* dipilih sebagai material *core* karena memiliki beberapa keunggulan yaitu mudah didapat, murah, ringan dan memiliki kekuatan yang cukup tinggi.

Penggunaan *adhesive Versamid* 140 memberikan kekuatan mekanik

tertinggi pada komposit *sandwich* cantula dengan *core honeycomb* kardus *C-Flute* dengan nilai kekuatan geser sebesar 0,34 MPa dan kekuatan bending sebesar 7,98 MPa.

Oleh karena itu peneliti tertarik dari hasil penelitian sebelumnya yang sudah menunjukkan hasil dari pengujian dimana penggunaan *adhesive Versamid* 140 memberikan kekuatan mekanik yang tinggi pada komposit *sandwich* serat *cantula* dan pengaruh ketebalan *core*. Peneliti akan menggunakan kardus kombinasi *C-Flute* dan *A-Flute* sebagai *core*, serat *cantula* sebagai bahan *Skin* dan *adhesive Epoxy versamid* 140 sebagai perekat antara *core* dan *skin*.

KAJIAN PUSTAKA

Komposit

Komposit adalah struktur material yang terjadi dari dua kombinasi bahan atau lebih, yang dibentuk pada skala makroskopik dan menyatu secara fisika. Unsur pembentuk komposit disebut penguat (serat atau partikel) dan pengisi (matrik). Matrik bertugas mengikat serat agar tetap pada posisinya dan menjaga serat dari pengaruh lingkungan luar.

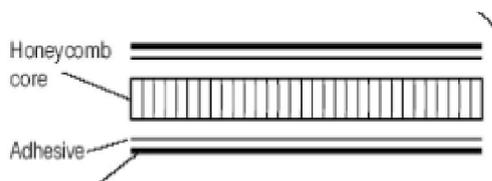
Komposit Sandwich

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.

Komponen penyusun komposit *sandwich* secara umum terdiri atas tiga bagian utama, yaitu :

- a. *Face (skin)*
- b. *Adhesive*
- c. *Core*



Gambar 1. Komposit *Sandwich*

Serat *Cantula*

Serat *cantula* diperoleh lewat ekstraksi daun tanaman *Agave cantula Roxb.* Tanaman *cantula* tidak memiliki batang yang jelas, dan memiliki daun yang kaku dengan panjang 100 s/d 175 cm dengan duri di sepanjang tepi daunnya.

Tabel 1. Sifat Serat *Cantula*

Hemiselulosa (%)	9,45
A-selulosa (%)	9,46
Lignin (%)	9,47
Abu (%)	9,48
Ekstrakting Alkohol Benzena (%)	9,49
Kadar Air Alkohol Benzena (%)	9,50

Perlakuan Alkali

NaOH adalah larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. Menurut teori Arrhenius, basa adalah zat yang dalam air menghasilkan ion OH negatif dan ion positif. Larutan basa memiliki rasa pahit, dan jika mengenai tangan terasa licin (seperti sabun). Sifat licin terhadap kulit itu disebut sifat kaustik basa.

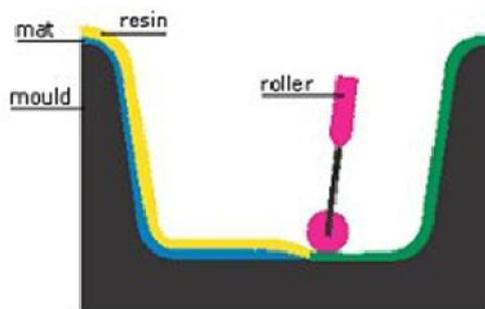
Perlakuan NaOH ini bertujuan untuk melarutkan lapisan yang menyerupai lilin di permukaan serat, seperti lignin, hemiselulosa, dan kotoran lainnya. Dengan hilangnya lapisan lilin ini maka ikatan antara serat dan matrik menjadi lebih kuat, sehingga kekuatan tarik komposit menjadi lebih tinggi. Namun, perlakuan NaOH yang lebih lama dapat menyebabkan kerusakan pada unsur selulosa. Padahal, selulosa itu sendiri sebagai unsur utama pendukung kekuatan serat. Akibatnya, serat yang dikenai perlakuan alkali terlalu

lamamengalami degradasi kekuatan yang signifikan.

Proses Pembuatan Komposit

Proses pembuatan komposit sangat beraneka ragam dari yang palingsederhana sampai dengan yang kompleks dengan sistem komputerisasi. Tiapproses memiliki kelebihanannya masing-masing. Ada berbagai macam proses yangdapat digunakan untuk membuat komposit antara lain metode *hand lay-up*.

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 dua sisi saja yang memiliki permukaan halus.



Gambar 2. Proses *Hand lay-up* (Gibson, 1994)

Fraksi Volume

penempatan serat harus mempertimbangkangeometri serat, arah, distribusi dan fraksi *volume*, agar dapat dihasilkan kompositberkekuatan tinggi.

Untuk suatu lamina *unidirectional*, dengan serat kontinyudengan jarak antar serat yang sama, dan direkatkan secara baik oleh matrik. Fraksi *volume* dapat dihitung denganmenggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_f = \frac{\text{Volume serat}}{\text{Volume komposit}} \times 100\% = \frac{m_f / \rho_f}{m_f / \rho_f + m_m / \rho_m} \times 100\%$$

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

$$V_{\text{matrik}} = \frac{\text{Volume matrik}}{\text{Volume komposit}} \times 100\% = \frac{m_m / \rho_m}{m_f / \rho_f + m_m / \rho_m} \times 100\%$$

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

Dengan catatan :

m_f = massa serat (gr)

m_m = massa matrik (gr)

ρ_f = massa jenis serat (gr/mm)

ρ_m = massa jenis matrik (gr/mm)

Fraksi Berat

Fraksi berat adalah perbandingan antara berat material penyusun denganberat komposit. Fraksi berat material penyusun dapat dihitung dengan persamaan:

$$w_i = \frac{W_i}{W_c}$$

dimana:

w_i = fraksi berat, i, material penyusun.

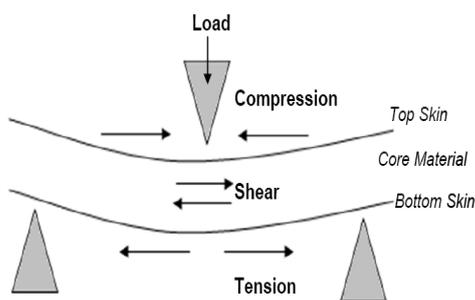
W_i = berat material penyusun (gr)

W_c = berat komposit(gr)

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.

Spesimen dan metode pengujiannya mengacu pada standar ASTM C 393. Penampang patahan spesimen uji dilakukan foto makro untuk mengidentifikasi pola kegagalannya.



Gambar 3. Skema Uji *Bending*

Pada pengujian kali ini dilakukan dengan metode *3-point bend* (*bending* 3 titik). Dari percobaan ini akan diperoleh harga beban *bending* maksimum yang

dapat diterima komposit *sandwich*. Persamaan untuk mencari tegangan *bending* pada *face* komposit *sandwich* :

$$\sigma = \frac{PL}{2t(d+c)b}$$

Dimana

σ = *Core Shear Stress* (MPa)

P = beban maksimum (N)

L = panjang *span* (mm)

t = tebal *face* (mm)

d = tebal dari *sandwich* (mm)

c = tebal dari *core* (mm)

b = lebar dari komposit *sandwich*, (mm)

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

Dimana

τ = *Facing Bending Stress* (MPa)

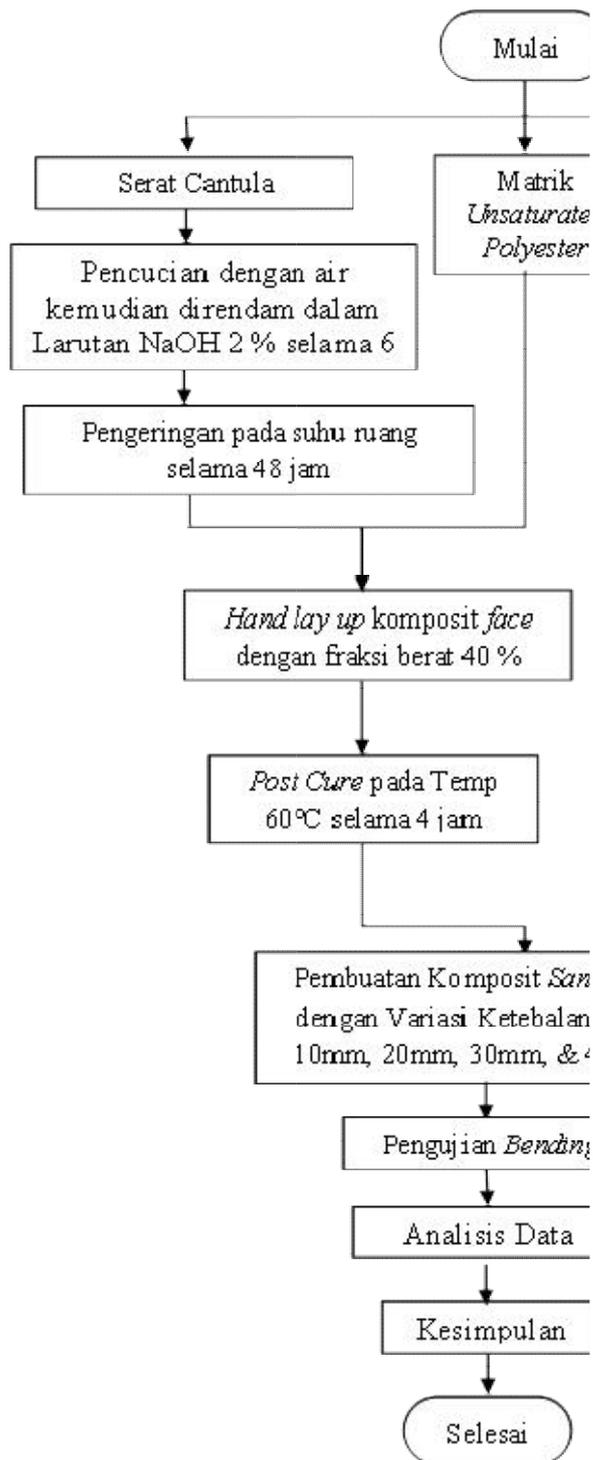
$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Dimana

σ_b = Tegangan *Bending* (MPa)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diadakan untuk mengetahui pengaruh variasi ketebalan *core honeycomp* kombinasi tipe *C-Fluted* dan *A-Flute* pada komposit *sandwich* serat *cantula*. Secara umum metodologi penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN

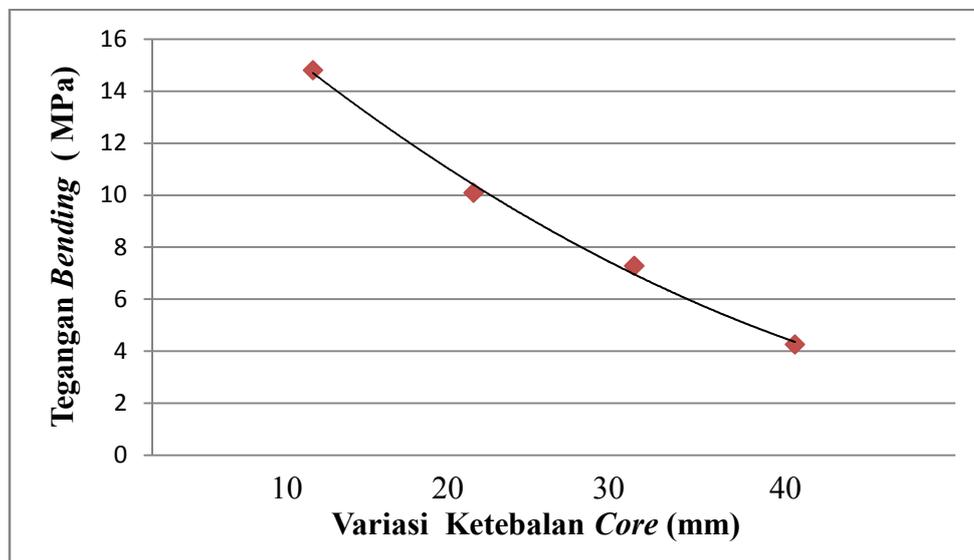
Tegangan *Bending*

Tegangan *bending* komposit *sandwich* dapat dilakukan dengan pengujian *bending*. Pengujian *bending* dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* dengan metode *Three Point Bending*. Tegangan *Bending* rata-rata untuk masing-masing tebal *core* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Bending* Komposit *Sandwich* Serat *Cantula* dengan *Core Honeycomb* Kardus Tipe *C-Flute* dan *A-Flute*

Variasi Ketebalan <i>core</i>	Dimensi			Pmax Rata2 (N)	Tegangan <i>Bending</i> $\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2}$ (MPa)
	d (mm)	b (mm)	L (mm)		
<i>core</i> 10 mm	18	100	180	1776	14,800
<i>core</i> 20 mm	28	100	180	2928	10,084
<i>core</i> 30 mm	38	100	180	3892	7,277
<i>core</i> 40 mm	48	100	180	3632	4,256

Keterangan :
 P = Gaya Maksimum
 L = Panjang *Span*
 b = Lebar *Sandwich*
 d = Tinggi *Sandwich*
 σ_b = Kekuatan *Bending*



Gambar 1. Grafik *Core Shear Stress* Komposit *Sandwich* Variasi Tebal *Core*

Berdasarkan analisis hasil uji *bending* komposit *sandwich* berpenguat serat *cantula* dengan *core honeycomb* kardus

tipe kombinasi *C-Flute* dan *A-Flute* kekuatan *bending* tertinggi terdapat pada

ketebalan *core* 10 mm dengan *skin* 4 mm yaitu sebesar 14,800 MPa.

Semakin menurunnya kekuatan *bending* ini dikarenakan dimensi komposit *sandwich* yang semakin besar. Semakin tebal *core* yang digunakan, dimensi komposit *sandwich*-nya akan semakin besar pula. Dimensi yang besar akan menyebabkan bertambah besar momen inersianya. Hal ini dapat ditunjukkan pada rumus momen inersia yaitu $1/12.b.d^3$ atau dalam rumus yang

digunakan yaitu $2.b.d^2$ dimana *b* adalah lebar *sandwich* dan *d* adalah tebal *sandwich*. Semakin tebal *core* yang digunakan, maka faktor *d* akan semakin besar pula, sedangkan rumus dasar tegangan *bending* adalah $(\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2})$ atau $(\sigma_b = \frac{M.y}{I})$ Jadi jika *I* semakin besar, maka tegangan (kekuatan) *bending*-nya akan semakin kecil karena berbanding terbalik dengan momen inersianya.

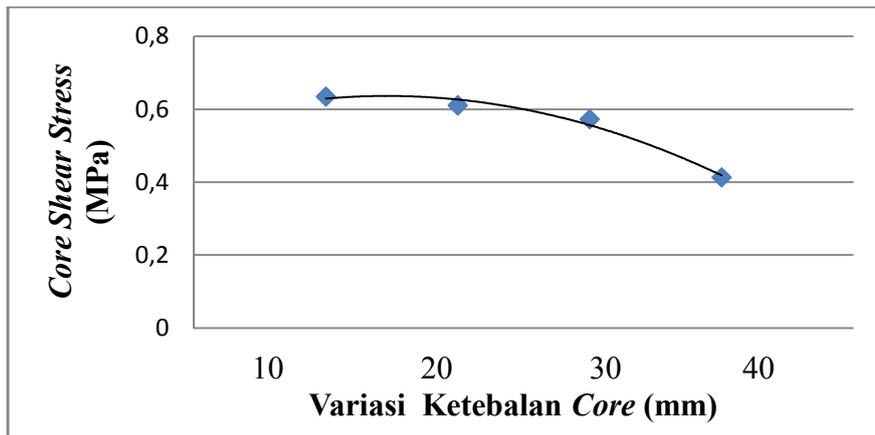
Variasi Ketebalan Core terhadap Core Shear Stress

Variasi ketebalan *core* terhadap *core shear stress* dari komposit *sandwich* serat *cantula* dengan *core honeycomb* kombinasi *C-Flute* dan *A-Flute* dapat dilihat dalam Tabel 2. dan Gambar 2. Nilai yang ditampilkan merupakan nilai rata-rata dari empat spesimen untuk tipe variasi *core*.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Bending* Komposit *Sandwich* Serat *Cantula* dengan *Core Honeycomb* Kardus Tipe *C-Flute* dan *A-Flute*

Variasi Ketebalan <i>core</i>	Dimensi				P _{max} Rata2 (N)	Core Shear Stress $\tau = \frac{P}{(d+c)b}$ (MPa)
	d (mm)	b (mm)	L (mm)	c (mm)		
core 10 mm	18	100	180	10	1776	0,634
core 20 mm	28	100	180	20	2928	0,610
core 30 mm	38	100	180	30	3892	0,572
core 40 mm	48	100	180	40	3632	0,413

Keterangan :
 P = Gaya Maksimum
 L = Panjang *Span*
 b = Lebar *Sandwich*
 d = Tinggi *Sandwich*
 τ = *Core Shear Stress*
 c = Tinggi *Core*



Gambar 2. Grafik *Core Shear Stress* Komposit *Sandwich* Variasi Tebal *Core*

Grafik tegangan geser *core* komposit *sandwich* serat *cantula* dengan *core honeycomb* kombinasi *C-Flute* dan *A-Flute* diatas menunjukkan bahwa tegangan geser yang paling tinggi berada pada ketebalan *core* 10 mm sebesar 0,634 Mpa, semakin tebal *core* nilai *core shear stress*-nya semakin kecil. Hal ini juga

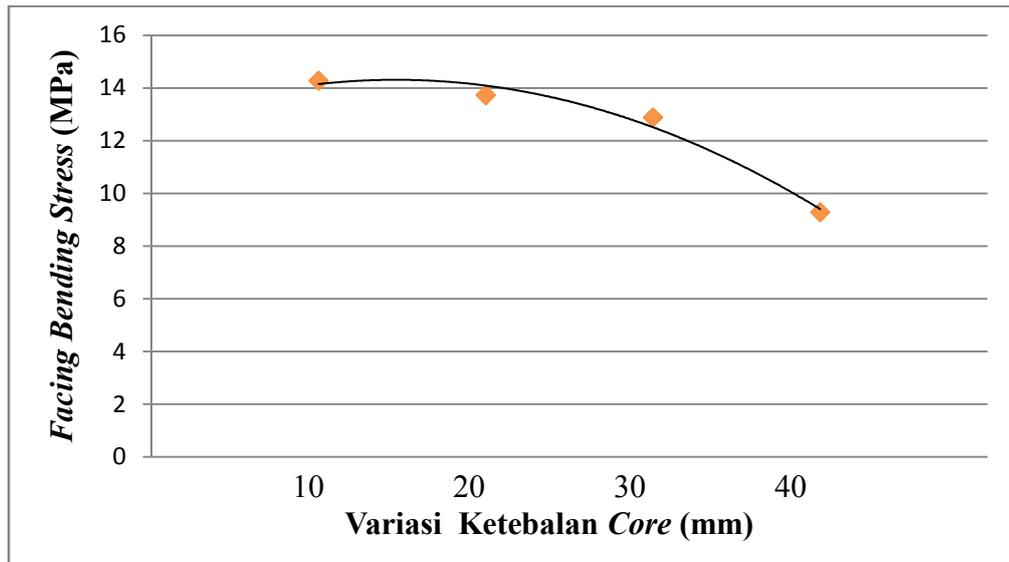
diakibatkan karena semakin besar dimensi pada suatu benda uji maka tegangan gesernyapun akan semakin kecil karena dimensi benda uji sebagai pembagi dari besarnya beban yang diberikan pada benda uji tersebut.

Pengaruh Tebal *Core* terhadap *Facing Bending Stress*

Variasi ketebalan *core* terhadap *facing bending stress* dari komposit *sandwich* serat *cantula* dengan *core honeycomb* kombinasi *C-Flute* dan *A-Flute* dapat dilihat dalam Tabel 3.dan Gambar3. Nilai yang ditampilkan merupakan nilai rata-rata dari empat spesimen untuk tipa variasi *core*.

Tabel 4.3. Hasil Pengujian *Bending* Komposit *Sandwich* Serat *Cantula* dengan *Core Honeycomb* Kardus Tipe *C-Flute* dan *A-Flute*

Variasi Ketebalan <i>core</i>	Dimensi				<i>Facing Bending Stress</i>		
	d (mm)	b (mm)	L (mm)	t (mm)	Pmax Rata2 (N)	$\sigma = \frac{PL}{2t(d+c)b}$ (MPa)	
core 10 mm	18	100	180	10	4	1776	14,271
core 20 mm	28	100	180	20	4	2928	13,725
core 30 mm	38	100	180	30	4	3892	12,878
core 40 mm	48	100	180	40	4	3632	9,286



Gambar 3. Grafik *Facing Bending Stress* Komposit *Sandwich* Variasi Tebal *Core*

Grafik *facing bending stress* komposit *sandwich* serat *cantula* dengan *core honeycomp* kombinasi *C-Flute* dan *A-Flute* diatas menunjukkan bahwa *facing bending stress* yang paling tinggi berada pada ketebalan *core* 10 mm sebesar 14,271 Mpa, kemudian diikuti dengan ketebalan *core* 20 mm sebesar 13,725 Mpa.

Semakin tebal *core* nilai *facing bending stress*-nya semakin kecil. Hal ini juga diakibatkan karena semakin besar dimensi pada suatu benda uji maka tegangan gesernyapun akan semakin kecil karena dimensi benda uji sebagai pembagi dari besarnya beban yang diberikan pada benda uji tersebut.

Kegagalan *Delaminasi*

Dari hasil uji *bending* komposit *sandwich* serat *cantula* dengan *core honeycomb* tipe kombinasi *C-Flute* dan *A-Flute* terdapat beberapa kegagalan

delaminasi pada setiap *skin* dengan variabel *core*, berikut beberapa gambar kegagalan *delaminasi*.



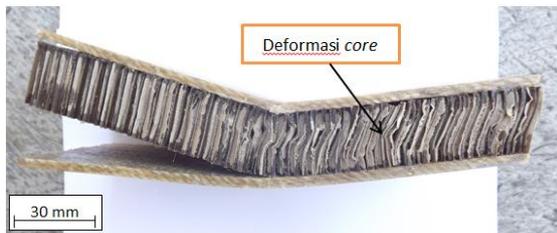
Gambar 4. *Delaminasi* Akibat Beban *Bending* pada Komposit *Sandwich*

Dari gambar diatas *delaminasi* yang paling besar yaitu komposit *sandwich* dengan ketebalan *core* 40 mm kemudian diikuti dengan ketebalan *core* 30 mm, 20 mm dan 10 mm.

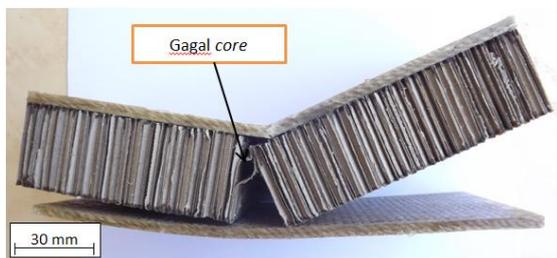
Kegagal *Core* dan *Deformasi Core*

Dari hasil uji *bending* komposit *sandwich* serat *cantula* dengan *core honeycomb* tipe kombinasi *C-Flute* dan *A-Flute* terdapat beberapa kegagalan *deformasi* pada setiap *skin* dengan variabel

core, berikut beberapa gambar kegagalan deformasi.



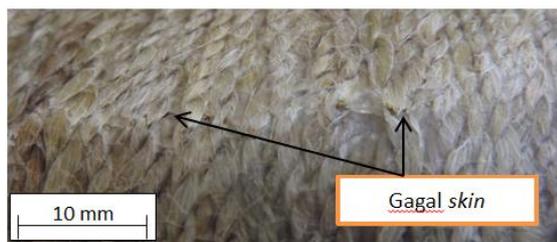
Gambar 5. Deformasi Core Akibat Beban Bending pada Komposit Sandwich



Gambar 6. Gagal Core Akibat Beban Bending pada Komposit Sandwich

Gagal skin

Dari hasil uji *bending* komposit sandwich serat cantula dengan core honeycomb tipe kombinasi *C-Flute* dan *A-Flute* terdapat beberapa kegagalan *skin*.



Gambar 4.17. Gagal Skin Bawah Akibat Terkena Beban Tarik Saat Uji Bending pada Komposit Sandwich.

Gagal *skin* diakibatkan oleh beban tekan dan tarik dari uji *bending*. Kegagalan *skin* dari masing-masing ketebalan core komposit sandwich

serat cantula dengan core honeycomb tipe kombinasi *C-Flute* dan *A-Flute* hampir semua mengalami gagal *skin*, *skin* paling atas mengalami kegagalan dikarenakan mengalami beban tekan pada saat uji *bending* dilakukan sedangkan *skin* paling bawah mengalami kegagalan dikarenakan mendapatkan beban tarik pada saat uji *bending* dilakukan, namun dari empat variasi ketebalan core tebal core 20 mm yang sering mengalami gagal core karena ketebalan core 20 mm lebih fleksibel ketika menerima beban tekan uji *bending* sehingga *skin* mendapatkan beban tarik paling besar.

KESIMPULAN

Kesimpulan

1. Variasi ketebalan core pada komposit sandwich serat cantula dengan core honeycomb tipe kombinasi *C-Flute* dan *A-Flute* menghasilkan tegangan *bending* yang berbeda, dengan nilai yaitu ketebalan core 10 mm sebesar 14,800 MPa, ketebalan core 20 mm sebesar 10,084 MPa, ketebalan core 30 mm sebesar 7,277 MPa dan ketebalan core 40 mm sebesar 4,256 MPa.
2. Variasi ketebalan core pada komposit sandwich serat cantula dengan core honeycomb tipe kombinasi *C-Flute* dan *A-Flute* menghasilkan core shear stress yang berbeda, dengan nilai

yaitu ketebalan *core* 10 mm sebesar 0,634 MPa, ketebalan *core* 20 mm sebesar 0,610 MPa, ketebalan *core* 30 mm sebesar 0,572 MPa dan ketebalan *core* 40 mm sebesar 0,413 MPa.

3. Variasi ketebalan *core* pada komposit *sandwich* serat *cantula* dengan *core honeycomb* tipe kombinasi *C-Flute* dan *A-Flute* menghasilkan *facing bending stress* yang berbeda, dengan nilai yaitu ketebalan *core* 10 mm sebesar 14,271 MPa, ketebalan *core* 20 mm sebesar 13,725 MPa, ketebalan *core* 30 mm sebesar 12,878 MPa dan ketebalan *core* 40 mm sebesar 9,286 MPa.
4. Semua spesimen dengan variasi *core* 10 mm, 20 mm, 30 mm dan 40 mm terjadi *delaminasi* dikarenakan ikatan antara *skin* dan *core* tidak mampu menahan beban *bending*.
5. Komposit *sandwich* serat *cantula* dengan *core honeycomb* tipe kombinasi *C-Flute* dan *A-Flute* memiliki karakteristik kegagalan *core*, kegagalan *skin*, *deformasi core* dan *delaminasi*.

SARAN

1. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut tentang karakteristik mekanik komposit *sandwich* serat *cantula* dengan *core honeycomb* tipe

kombinasi *C-Flute* dan *A-Flute* variasi ketebalan lapisan *adhesive*.

2. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut tentang pengujian akustik komposit *sandwich* serat *cantula* dengan *core honeycomb* tipe kombinasi *C-Flute* dan *A-Flute*.
3. Meminimalkan keberadaan rongga udara (*void*) pada komposit yang akan dibuat, sehingga akan memiliki kekuatan komposit yang kuat.
4. Dalam pembuatan *skin* dengan fraksi 40 : 60 hendaknya menggunakan cetakan yang dapat menerima tekanan yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bismarck, A, Aranberri-Askargorta I, Springer J.(2002).“*Surface Characterization of Flax, Hemp and Cellulose Fibers; Surface Properties and TheWater Uptake Behavior*”. Polymer Composites. Vol:23. Pages:872-894.
- 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.
- 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.
- Lukkassen, D. & Meidel, A. (2003).*“Advanced Materials and Structures and Their Fabrication Process”*. Narvik University College.H; N.
- Karnani, R., Krishnan M., and Narayan R.(1997).*“Biofiber-reinforces Polypropylene Composites”*. Polymer engineering and Science, vol. 37 No. 2
- M.Reiss. (2006) .*“Composite Materials Science and Engineering”*. Springer Verlag, New York.
- Raharjo & Ariawan.(2003).*“Penentuan Kekuatan Optimum Serat Agave Cantula dengan Menggunakan Perlakuan Thermal”*.Mekanika. Teknik Mesin. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Russell, B.P., Liu, T., Fleck, N.A., Deshpande, V.S. (2012). *“The Soft Impact of Composite Sandwich Beams With a Square-Honeycomb Cor”*. International Journal of Impact Engineering 48, 65-81.University of Cambridge. United Kingdom.
- Setyo, Sulisty A. (2010). *“Pengaruh Penggunaan Serat Agave Cantula Roxb terhadap Kekuatan Impak Material Komposit Matriks Polimer Menggunakan Metode Eksperimen Taguchi”*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Sugiyono.(2007). *“Metode Penelitian Bisnis”*.Bandung : CV Alfabeta.
- Wijang W.R. (2006). *“Pengaruh Modifikasi Serat terhadap*
- Karakteristik Komposit UPRs-Cantula”*. Surakarta.
- Yudhi W.B. (2007). *“Pengaruh Variasi Adhesive Terhadap Karakteristik Kekuatan Mekanik Komposit Cantula 3D-UPRS Dengan Core Honeycomb Kardus Tipe C-Flute”*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Youngquist, J.A., Krzysik, A.M., Chow, P., Meimban, R. (1997).*“Properties of Composite Panels”*. Paper and Composites From Agro-Based Resources, Chapter 9.