

REKAYASA KOMPOSIT SANDWICH BERPENGUAT SERAT KELAPA BERMATRIK *EPOXY* DAN *GYP SUM*

Agus Hariyanto¹

¹Dosen Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Muhammadiyah Surakarta.

E-mail : agus_hariyanto @Ums.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh ketebalan skin dan ketebalan core terhadap peningkatan kekuatan bending komposit sandwich berpenguat serat kelapa bermatrix epoxy pada skin dan bermatrix gypsum pada core. Pola kegagalannya diamati dengan photo makro. Bahan utama penelitian adalah serat kelapa acak, resin epoxy dan serbuk gypsum. Hardener yang digunakan adalah epoxy type general purpose dengan perbandingan 1:1. Komposit dibuat dengan metode cetak tekan hidrolis. Komposit sandwich tersusun terdiri dari dua skin (lamina) dengan core ditengahnya. Lamina komposit sebagai skin terdiri dari lamina serat kelapa. Fraksi volume serat komposit sebagai skin adalah 30, 40, dan 50%. Skin yang digunakan ada 5 macam variasi ketebalan yaitu 1, 2, 3, 4, dan 5 mm. Core yang digunakan adalah komposit berpenguat serat kelapa bermatrix gypsum dengan fraksi volume serat 30 dan 40%. Core yang digunakan ada 4 macam variasi ketebalan yaitu 5, 10, 15 dan 20 mm. Spesimen dan prosedur pengujian bending mengacu pada standart ASTM C 393. Penampang patahan dilakukan foto makro untuk mengidentifikasi pola kegagalannya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kemampuan menahan momen bending komposit sandwich meningkat seiring dengan penambahan ketebalan core pada komposit sandwich. Kekuatan bending komposit sandwich meningkat seiring dengan penambahan ketebalan pada skin. Tegangan (kekuatan) bending komposit sandwich memiliki harga yang paling optimum pada tebal skin 5mm dengan V_f 50% beserta dengan tebal core 5 mm dengan V_f 40%. Tahapan pola kegagalan komposit sandwich adalah kegagalan tarik skin komposit sisi bawah, kegagalan geser core, delaminasi skin komposit sisi atas dengan core, kegagalan skin komposit sisi atas.

Kata kunci: komposit sandwich, kekuatan bending, pola kegagalan..

Pendahuluan

Serat alam telah dicoba untuk menggeser penggunaan serat sintetis, seperti E-Glass, Kevlar-49, Carbon/ Graphite, Silicone Carbide, Aluminium Oxide, dan Boron. Walaupun tak sepenuhnya menggeser, namun penggunaan serat alam menggantikan serat sintesis adalah sebuah langkah bijak dalam menyelamatkan kelestarian lingkungan dari limbah yang dibuat dan keterbatasan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Berbagai jenis tanaman serat tumbuh subur di Indonesia, seperti serat buah kelapa. Lahan produksi serat buah kelapa di Indonesia, mencapai luas 2,841 juta ha pada tahun 2003. Di Indonesia, serat buah kelapa tersebut biasanya hanya dipakai sebagai bahan bakar, keset, tali, matras sehingga nilai ekonominya rendah.

Ketersediaan gypsum sangat berlimpah di Indonesia contohnya di daerah Cidapad Ja-bar gipsium ditambang dimana rata-rata per tahun 4.700 ton, namun nilai jualnya sangat murah. Sifat ringan gypsum ini selaras dengan filosofi rekayasa bahan komposit, yaitu menghasilkan disain ringan. Keberhasilan aplikasi gypsum dan serat kelapa ini sebagai material core pada rekayasa bahan komposit diharapkan dapat menggantikan penggunaan bahan core sintetis impor dari luar negeri, seperti core polyurethane foam (PUF) dan core Divynil cell (PVC).

Inovasi teknologi dengan memanfaatkan bahan alam merupakan langkah bijak menuju kemandirian bangsa yang bertumpu sumber daya alam lokal. Salah satu solusi kreatif terhadap banyaknya material impor yang masuk di Indonesia adalah memberdayakan material alam lokal yang bertumpu pada budaya riset yang berkelanjutan.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka penggunaan serat kelapadan gypsum sebagai bahan komposit sandwich merupakan solusi kreatif untuk mendukung perkembangan teknologi komposit yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh ketebalan skin dan ketebalan core terhadap peningkatan kekuatan bending komposit sandwich berpenguat serat kelapa bermatrix epoxy pada skin dan bermatrix gypsum pada core. dan mengidentifikasi Pola kegagalannya..

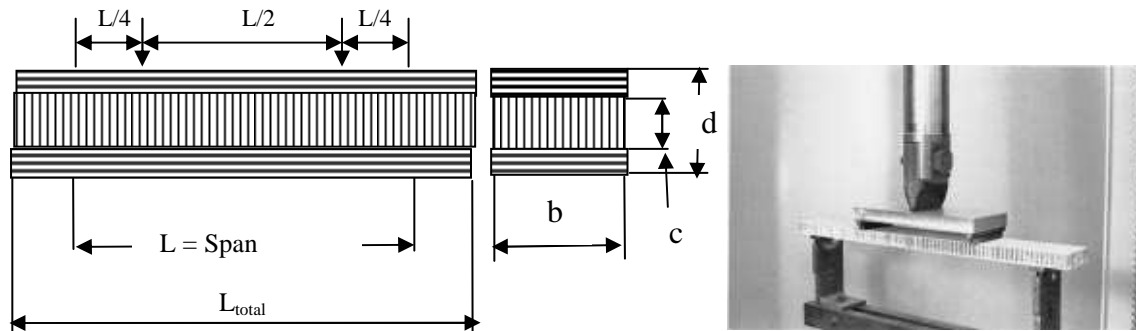
Bahan dan Metode Penelitian

Bahan utama penelitian adalah serat kelapa acak dengan resin epoxy dan hardener epoxy dengan rasio 1:1 untuk bahan skin. Serat kelapa acak dengan gypsum untuk bahan core. dan epoxy resin dan epoxy hardener dengan rasio 1:1 dengan density 0,45 ml/cm² sebagai adhesive. Serat kelapa yang digunakan tanpa perlakuan. Pembuatan komposit sandwich dilakukan dengan metode press mold. Fraksi volume serat komposit sebagai skin adalah 30, 40,

dan 50%. *Core* yang digunakan adalah komposit berpenguat serat kelapa bermatrix *gypsum* dengan fraksi volume serat 30 dan 40%. yang dikontrol dengan ketebalan komposit sandwich saat pencetakan.

Komposit *sandwich* tersusun dari dua lamina komposit (*skin*) dengan *core* di bagian tengahnya. Lamina komposit (*skin*) yang digunakan ada 5 macam variasi ketebalan yaitu 1, 2, 3, 4, dan 5 mm. Ketebalan *core* divariasikan 5, 10, 15, dan 20mm. Komposit *sandwich* yang sudah dicetak dipotong-potong menjadi spesimen uji.

Pengujian bending dilakukan dengan *four point bending method*, seperti ditunjukkan pada gambar 1. Spesimen dan metode pengujiannya mengacu pada standar ASTM C 393. Penampang patahan spesimen uji dilakukan foto makro untuk mengidentifikasi pola kegagalannya.



Gambar 1. Pengujian bending spesimen uji.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung pengujian bending adalah ASTM C-393 :

$$M_{max} = \frac{P}{2} \times \frac{L}{4} \tag{1}$$

$$\sigma_{b_{max}} = \frac{M \cdot z}{EI} (E_f + E_c) \tag{2}$$

$$D = EI = E_f \frac{bt_f d^2}{2} + E_c \frac{bt_c^3}{12} \tag{3}$$

$$\sigma_{b_{facing}} = \frac{PL}{4t(d+c)b} \tag{4}$$

$$\tau_{core} = \frac{P}{(d+c)b} \tag{5}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kekuatan Bending

Tabel . Hasil pengujian bending komposit sandwich.

Jenis Komposit	Momen Bending Mb(N.m)	Bending Strength σ_b (MPa)	Flexural rigidity Db (Nm ²)	Facing Bending Stress σ_f (MPa)	Core Shear Stress τ_c (MPa)
Skin 1mm V_f 50% dengan tebal core 5 mm V_f 40%	13.9	25	8	12	11
Skin 1mm V_f 50% dengan tebal core 10 mm V_f 30%	17.3	17	10.2	13	9
Skin 1mm V_f 50% dengan tebal core 15 mm V_f 30%	24.6	13.7	21	14	8
Skin 1mm V_f 50% dengan tebal core 20 mm V_f 40%	18.2	16	23	19	5

Jenis Komposit	Momen Bending Mb(N.m)	Bending Strength σ_b (MPa)	Flexural rigidity Db (Nm ²)	Facing Bending Stress σ_f (MPa)	Core Shear Stress τ_c (MPa)
Skin 2mm V _f 50% dengan tebal core 5 mm V _f 40%	18.6	27	12.8	18.5	14
Skin 2mm V _f 50% dengan tebal core 10 mm V _f 30%	21.8	15	13.7	23	10
Skin 2mm V _f 50% dengan tebal core 15 mm V _f 30%	26	13	19.3	25	9
Skin 2mm V _f 50% dengan tebal core 20 mm V _f 40%	23.5	23	27	29	6

Jenis Komposit	Momen Bending Mb(N.m)	Bending Strength σ_b (MPa)	Flexural rigidity Db (Nm ²)	Facing Bending Stress σ_f (MPa)	Core Shear Stress τ_c (MPa)
Skin 3mm V _f 30% dengan tebal core 5 mm V _f 40%	41.4	31	30	20	24
Skin 3mm V _f 30% dengan tebal core 10 mm V _f 30%	87	43	62	29	35
Skin 3mm V _f 30% dengan tebal core 15 mm V _f 30%	104	37	77	32	33
Skin 3mm V _f 30% dengan tebal core 20 mm V _f 40%	139	36	95	35	35

Jenis Komposit	Momen Bending Mb(N.m)	Bending Strength σ_b (MPa)	Flexural rigidity Db (Nm ²)	Facing Bending Stress σ_f (MPa)	Core Shear Stress τ_c (MPa)
Skin 4mm V _f 40% dengan tebal core 5 mm V _f 40%	57	32	35	21	29
Skin 4mm V _f 40% dengan tebal core 10 mm V _f 30%	126	51	92	32	47
Skin 4mm V _f 40% dengan tebal core 15 mm V _f 30%	206	63	154	37	62
Skin 4mm V _f 40% dengan tebal core 20 mm V _f 40%	262	54	168	43	63

Jenis Komposit	Momen Bending Mb(N.m)	Bending Strength σ_b (MPa)	Flexural rigidity Db (Nm ²)	Facing Bending Stress σ_f (MPa)	Core Shear Stress τ_c (MPa)
Skin 5mm V _f 50% dengan tebal core 5 mm V _f 40%	118	74	59	28	6
Skin 5mm V _f 50% dengan tebal core 10 mm V _f 30%	155	63	97.5	34	5.8
Skin 5mm V _f 50% dengan tebal core 15 mm V _f 30%	241	64	197.3	42	7
Skin 5mm V _f 50% dengan tebal core 20 mm V _f 40%	384	72	197.7	48	8.9

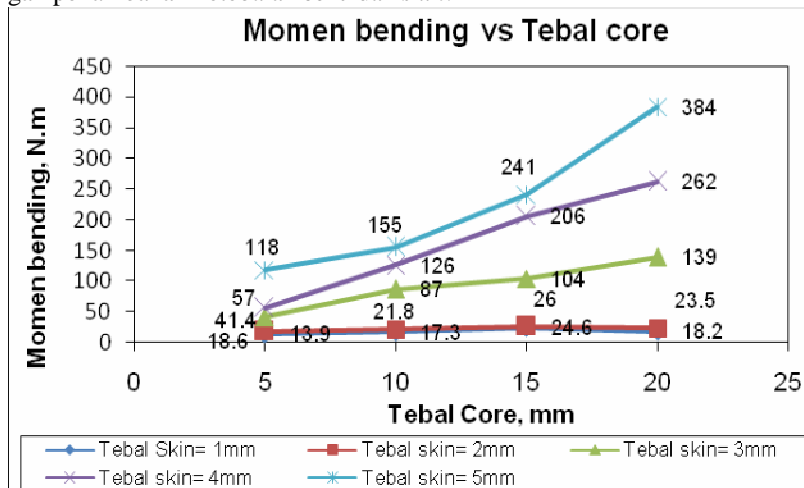
Komposit *sandwich* yang diperkuat serat kelapa bermatrix *epoxy* pada *skin* dan diperkuat serat kelapa bermatrix *gypsum* pada *core* mampu menahan momen bending yang lebih tinggi, seperti ditunjukkan pada tabel. Momen bending meningkat seiring dengan penambahan ketebalan *core* dan penambahan ketebalan *skin*, seperti ditunjukkan pada gambar 2. Dengan demikian, penambahan bagian inti struktur *sandwich* menunjukkan secara signifikan peningkatan kemampuan menahan momen bending. Sifat material yang lebih lunak (*core* diperkuat serat kelapa bermatrix *gypsum*) dan penambahan ketebalan menyebabkan memiliki kemampuan menahan momen bending yang lebih tinggi.

Selain itu, efek *core* yang diperkuat serat kelapa bermatrix *gypsum* meningkatkan momen bending. Hal ini dapat disebabkan oleh perubahan kekuatan *core* lebih tinggi dengan peningkatan penambahan ketebalan *core*. Bila ditinjau dari segi kekuatan bending, kekuatan bending komposit sandwich optimum pada ketebalan *core* sekitar 5 mm dan pada ketebalan *skin* sekitar 5 mm seperti ditunjukkan pada gambar 3.

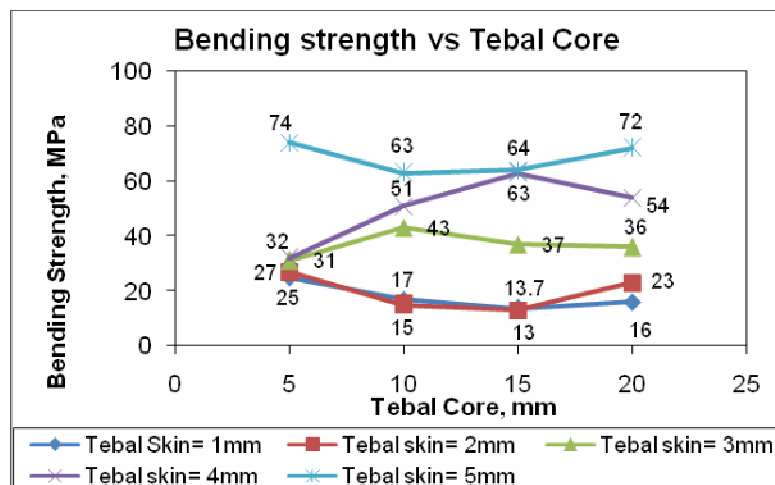
Efek *core* yang diperkuat serat kelapa bermatrix *gypsum* juga meningkatkan *flexural rigidity*. Hal ini disebabkan oleh perubahan peningkatan penambahan ketebalan *core* dan *skin* sehingga *flexural rigidity* lebih tinggi. Bila ditinjau dari segi *flexural rigidity* komposit sandwich optimum pada ketebalan *core* 20 mm dan pada ketebalan *skin* 5 mm seperti ditunjukkan pada gambar 6.

Berdasarkan analisis yang dihitung dengan standar ASTM D 393, komposit *sandwich* yang diperkuat serat kelapa bermatrix *epoxy* pada *skin* dan diperkuat serat kelapa bermatrix *gypsum* pada *core* juga memiliki kekuatan bending *facing* yang lebih tinggi, seperti ditunjukkan pada gambar 4. Hal yang sama menunjukkan bahwa kekuatan bending *facing* yang paling optimum terjadi pada komposit sandwich dengan ketebalan *core* 20 mm dan pada ketebalan *skin* 5 mm seperti ditunjukkan pada gambar 4.

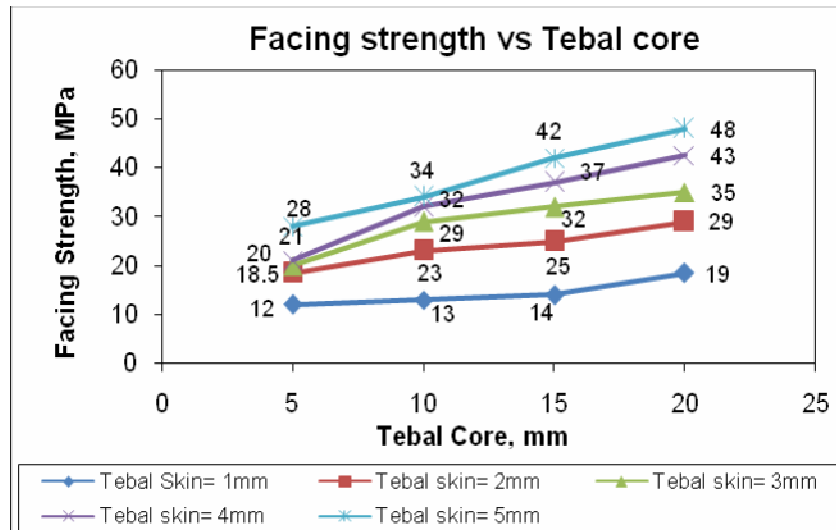
Analisis kekuatan geser *core* menunjukkan bahwa tegangan geser *core* komposit dengan serat kelapa bermatrix *epoxy* pada *skin* dan diperkuat serat kelapa bermatrix *gypsum* pada *core* meningkat seiring dengan penambahan ketebalan *core* dan *skin*. Namun, komposit yang pada penambahan ketebalan *core* dan penambahan ketebalan *skin* 5 mm menurun secara signifikan. Efek penambahan ketebalan *skin* mengindikasikan penurunan kekuatan geser *core* komposit sandwich. Analisis *flexural rigidity* (kekakuan) komposit sandwich yang diperkuat serat kelapa bermatrix *epoxy* pada *skin* dan diperkuat serat kelapa bermatrix *gypsum* pada *core* mempunyai kekakuan yang lebih tinggi pada ketebalan *core* 20 mm dan pada ketebalan *skin* 5 mm seperti ditunjukkan pada gambar 6, serta meningkat seiring dengan penambahan ketebalan *core* dan *skin*.



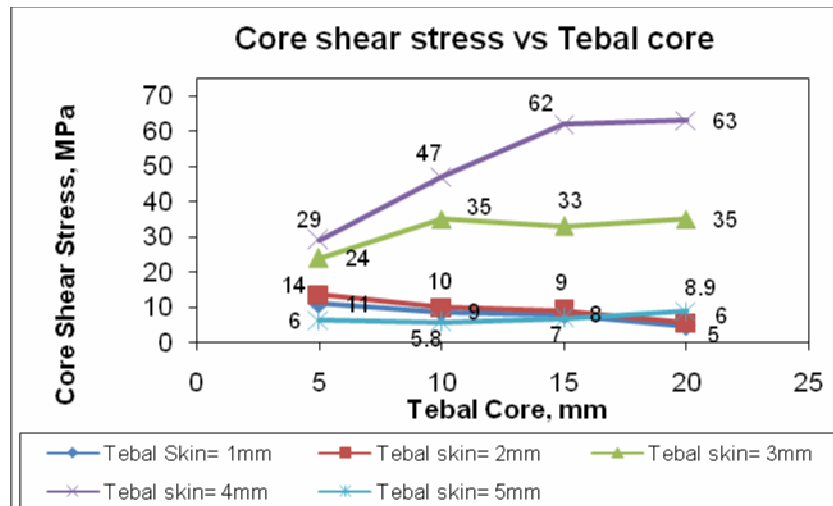
Gambar 2. Kurva momen bending komposit sandwich.



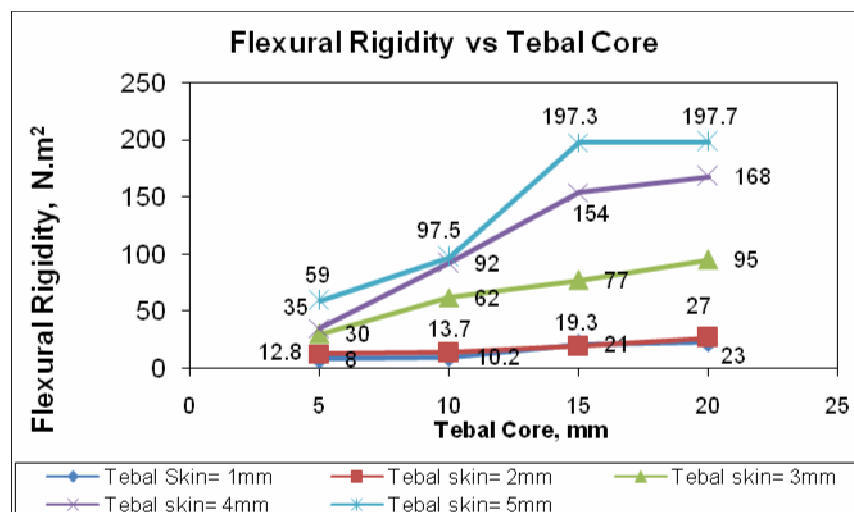
Gambar 3. Kurva kekuatan bending komposit sandwich.



Gambar 4. Kurva tegangan facing/skin komposit sandwich.

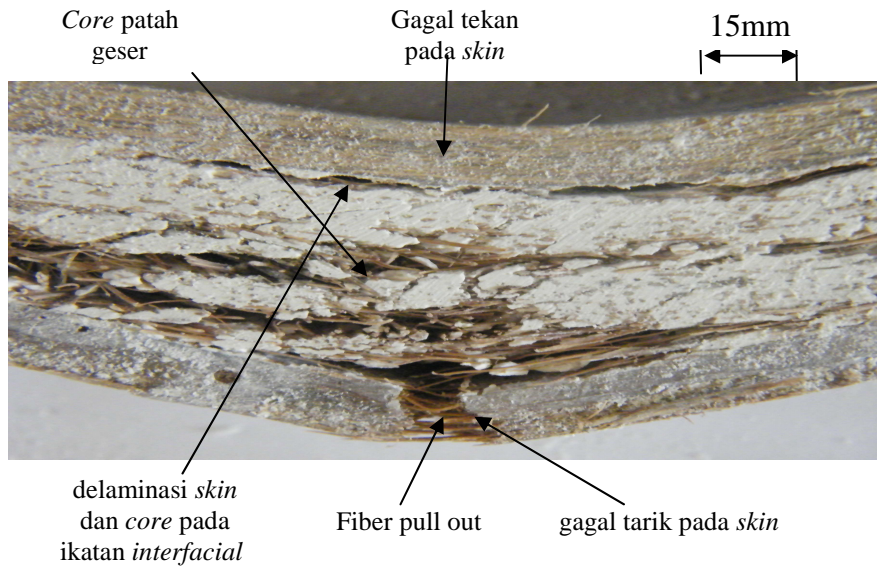


Gambar 5. Kurva tegangan geser core komposit sandwich.

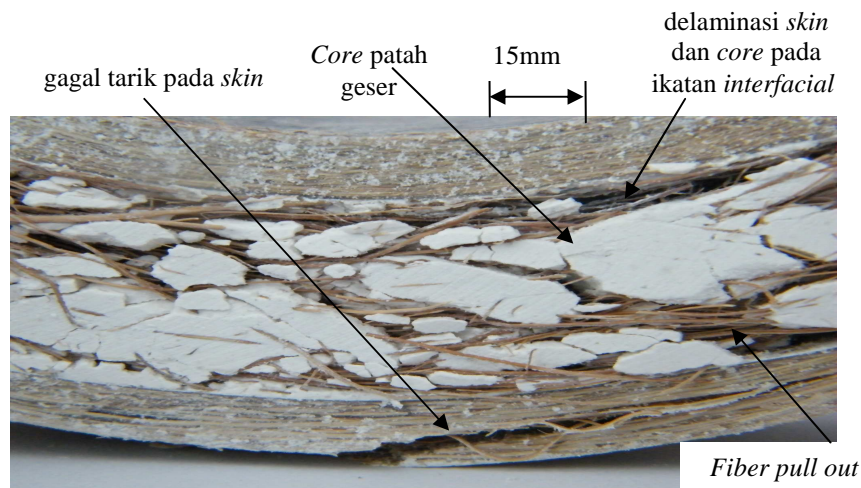


Gambar 6. Kurva flexural rigidity (kekakuan) komposit sandwich.

Analisis Pola Kegagalan Bending



Gambar 7. Penampang patahan *core* dan *skin* komposit *sandwich*.



Gambar 8. Penampang patahan *core* dan *skin* komposit *sandwich*.

Kegagalan bending komposit sandwich ditunjukkan pada gambar 7 dan gambar 8. Secara umum, pola kegagalan diawali dengan retakan pada komposit *skin* yang menderita tegangan tarik. Kemudian, beban bending tersebut didistribusikan pada *core* sehingga menyebabkan *core* mengalami kegagalan. *Skin* yang semula menderita beban tekan akhirnya mengalami kegagalan seiring dengan gagalnya *core*.

Gambar 7 dan 8 menunjukkan secara jelas adanya kegagalan tarik pada komposit *skin* bawah, gagal geser *core* dan kegagalan tekan pada *skin atas*. Mekanisme patahan terjadi karena kegagalan komposit *sandwich* akibat beban bending berawal dari *skin* komposit sisi belakang (bawah) dan dilanjutkan dengan kegagalan *core*, delaminasi *skin* dan *core* pada ikatan *interfacial*.

KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian tersebut maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Efek penambahan ketebalan *core* dan *skin* mengindikasikan peningkatan kekuatan bending komposit sandwich diperkuat serat kelapa bermatrix *epoxy* pada *skin* dan diperkuat serat kelapa bermatrix *gypsum* pada *core*.

2. Tegangan bending komposit sandwich memiliki harga yang optimum pada ketebalan *core* 5 mm dan pada ketebalan *skin* sekitar 5 mm . Kemampuan menahan momen, kekuatan geser dan kekakuan komposit sandwich meningkat seiring dengan penambahan ketebalan *core* dan *skin*
3. Tahapan pola kegagalan komposit hibrid sandwich adalah kegagalan tarik *skin* komposit sisi bawah, kegagalan geser *core*, delaminasi *skin* komposit sisi atas dengan *core* pada ikatan *interfacial.*, kegagalan tekan *skin* komposit sisi atas.

Notasi

b : lebar spesimen (mm)	τ_{core} : tegangan geser <i>core</i> (MPa)
c : tebal <i>core</i> (mm)	σ_b : tegangan <i>bending</i> (MPa)
d : tebal spesimen (mm)	$\sigma_{b\ facing}$:tegangan <i>bending skin</i> (MPa)
D :kekakuan bending (N.mm ²)	z : Jarak 0,5 tinggi <i>skin</i> terhadap titik acuan sumbu netral (mm)
E : modulus bending (MPa)	
I : momen inersia (mm ⁴)	
L : panjang span (mm)	
M : momen bending (N-mm)	
P : beban bending(N)	
t_j : tebal <i>skin sandwich</i> (mm)	

Daftar Pustaka

- Allen, H.G., 1969, *Analysis and Design of Structural Sandwich Panels*, Pergamon press.
- Anonim, 1994. "Annual Book of Standards, Section 15, C 393-94, Standard Test Methods for Flexural Properties of Sandwich Constructions", ASTM, 1994.
- Anonim. 2003. „DIAB Sandwich Handbook“ <http://www.diabgroup.com>, (3 Sptember 2008, jam 15.30 WIB)
- Anonim, 2001, *Technical data Sheet* ,PT Justus Sakti Raya Corporation, Jakarta.
- Anonim, gypsum, <http://id.wikipedia.org/w/index.php?title=Gypsum&oldid.>(30Maret 2012, jam 08.30 WIB).
- Anonim, *Gypsum Mineral Data*, (<http://webmineral.com/data/Gypsum.shtml>),(10September 2012 jam10.30
- Dept.Fisika FMIPA Universitas Sumatera Utara., 2011. Pengaruh orientasi serat sabut kelapa dengan resin polyester terhadap karakteristik papan lembaran. <http://sains-nur-maulita-fis.blogspot.com/2011/03/pengaruh-orientasi-serat-sabut-kelapa.html>. (28 juli 2012, jam 21.45 WIB).
- Eichorn, S.J., Zafeiropoulos, C.A.B.N., Ansel, L.Y.M.M.P., Entwistle, K.M., Escamilla, P.J.H.F.G.C., Groom,L, Hill, M.H.C., Rials, T.G. and Wild, P.M., 2001, *Review Current International Research into Cellulosic Fibers and Composites*, *Journal of Materials Science*, Vol. 36, pp. 2107-2131
- Schwartz M.M., 1984, "Composite Material Handbook", McGraw-Hill Inc, New York.