

PENGARUH KETEBALAN CORE MELINTANG PADA REKAYASA DAN MANUFAKTUR BAHAN KOMPOSIT *HYBRID SANDWICH* TERHADAP PENINGKATAN KEKUATAN BENDING

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 core terhadap peningkatan kekuatan bending komposit hibrid sandwich berpenguat serat kenaf dan serat gelas bermatrix Polyester dengan core kayu pinus pada posisi melintang. Pola kegagalannya diamati dengan photo makro.

Bahan utama penelitian adalah serat kenaf anyam dan serat E-Glass anyam, resin unsaturated polyester 157 BQTN, kayu pinus. Hardener yang digunakan adalah MEKPO dengan konsentrasi 1%. Komposit dibuat dengan metode cetak tekan hidrolis. Komposit sandwich tersusun terdiri dari dua skin (lamina komposit hibrid) dengan core ditengahnya pada posisi melintang. Lamina komposit hibrid sebagai skin terdiri dari beberapa lamina serat gelas anyam dan lamina serat kenaf. Fraksi volume serat komposit hibrid sebagai skin adalah 30%. Core yang digunakan adalah kayu pinus yang dipotong pada arah melintang. 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 melintang pada komposit hibrid sandwich. Kekuatan bending komposit hibrid sandwich meningkat seiring dengan penambahan ketebalan pada core melintang. Tegangan (kekuatan) bending komposit hibrid sandwich memiliki harga yang paling optimum pada ketebalan core 5 mm. 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 hibrid sandwich; kekuatan bending; core melintang; 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 kenaf (*hibiscus cannabinus*). Produksi serat kenaf dunia menduduki posisi mencapai 970.000 ton/tahun. Di Indonesia, serat kenaf tersebut biasanya hanya dipakai sebagai bahan karung goni sehingga nilai ekonominya rendah.

Ketersediaan kayu pinus (*Pinus Merkusii*) sangat berlimpah, namun nilai jualnya sangat murah. Sifat ringan kayu ini selaras dengan filosofi rekayasa bahan komposit, yaitu menghasilkan disain ringan. Keberhasilan aplikasi kayu 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).

Hal lain yang ironis adalah masuknya core kayu balsa yang di import dari Australia. Padahal, Indonesia sebagai negara tropis menghasilkan aneka kayu hasil hutan termasuk kayu balsa di Indonesia Timur dan kayu pinus di Pulau Jawa. 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 import yang masuk di Indonesia adalah memberdayakan material alam lokal yang bertumpu pada budaya riset yang berkelanjutan.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka penggunaan serat kenaf dan kayu pinus sebagai bahan komposit sandwich merupakan solusi kreatif untuk mendukung perkembangan teknologi komposit yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh ketebalan core melintang terhadap peningkatan kekuatan

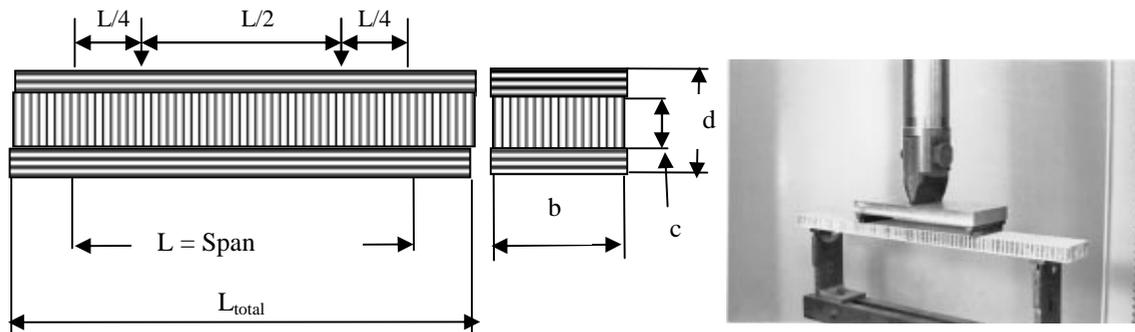
bending komposit *sandwich* kombinasi serat kenaf dan serat gelas (hibrid) bermatrix *Polyester* dengan *core* kayu pinus dan mengidentifikasi Pola kegagalannya.

Bahan dan Metoda Penelitian

Bahan utama penelitian adalah serat *E-glass* anyam dengan massa jenis 2,42 gr/cm³, serat kenaf anyam dengan *density* 1,45 gr/cm³, *core* kayu pinus, *unsaturated poliester type 157 BQTN*, *hardener MEKPO* dengan kadar 1%, dan *adhesive epoxy resin* dan *epoxy hardener* dengan rasio 1:1 dengan *density* 0,45 ml/cm². Serat kenaf yang digunakan tanpa perlakuan. Pembuatan komposit *sandwich* dilakukan dengan metode *press mold*. Fraksi volume serat lamina komposit hibrid (*skin*) ditentukan 30%, yang dikontrol dengan ketebalan komposit *sandwich* saat pencetakan.

Komposit *sandwich* tersusun dari dua lamina komposit hibrid (*skin*) dengan *core* kayu pinus di bagian tengahnya. Lamina komposit hibrid (*skin*) tersusun dari 3 lamina serat gelas anyam dan 2 lamina serat kenaf anyam. Serat kenaf yang digunakan tanpa perlakuan. *Core* kayu pinus dibuat dengan pemotongan pada arah melintang (tegak lurus serat kayu). Ketebalan *core* divariasi 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* :

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

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

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

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

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

**Hasil dan Pembahasan
Analisis Kekuatan Bending**

Tabel 1. Hasil pengujian bending komposit sandwich

Komposit Sandwich Core Melintang					
Tebal Core (c) mm	Average Bending Moment (M) N.m	Average Bending Strength (b) MPa	Average Facing Strength (b_{facing}) MPa	Average Core Shear Strength ($core$) MPa	Average Flexural Rigidity; (D) N.m ²
5	33,3	20	21	9	25,95
10	53,9	36	26	8	68,81
15	88	23	23	7	145,44
20	141	22	22	5	246

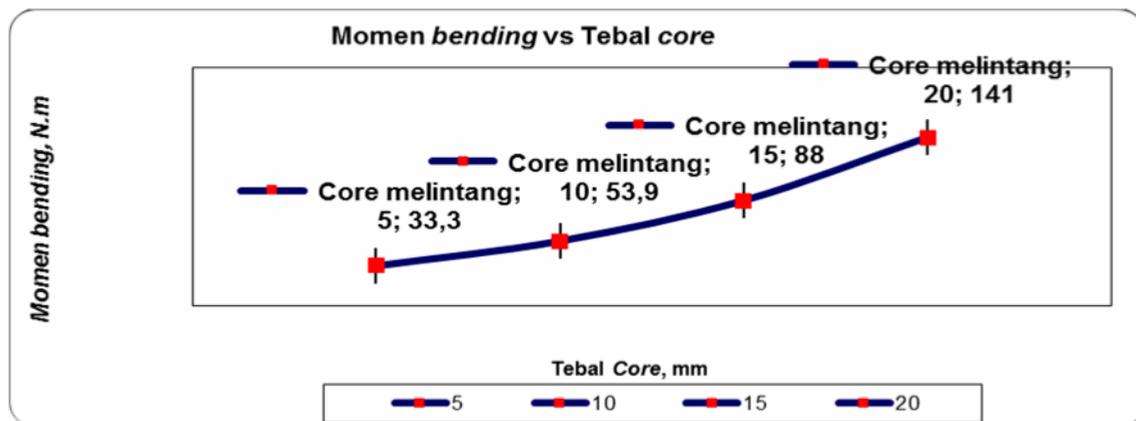
Komposit *sandwich* yang diperkuat serat kenaf dan serat *E-glass* dengan posisi *core* kayu pinus melintang (tegak lurus serat kayu) mampu menahan momen bending yang tinggi, seperti ditunjukkan pada tabel. Momen bending meningkat seiring dengan penambahan ketebalan *core*, seperti ditunjukkan pada gambar 2. Dengan demikian, penambahan bagian inti struktur *sandwich* menunjukkan secara signifikan peningkatan kemampuan menahan momen bending. Sifat material yang lebih lunak (*core* kayu pinus) dan penambahan ketebalan *core* menyebabkan memiliki kemampuan menahan momen bending yang lebih tinggi.

Selain itu, efek posisi *core* kayu pinus pada arah melintang (tegak lurus serat kayu) desainnya dapat dibentuk *curva* pada bidang lengkung dalam konstruksi ruangan. Hal ini dapat disebabkan oleh perubahan posisi *core* melintang dibandingkan dengan *core* membujur (posisi *longitudinal* lebih sulit dengan posisi *lateral*). Bila ditinjau dari segi kekuatan bending, kekuatan bending komposit *sandwich optimum* pada ketebalan *core* sekitar 10 mm seperti ditunjukkan pada gambar 3. Komposit *sandwich* yang diperkuat serat kenaf dan serat *E-glass* dengan posisi *core* kayu pinus melintang (tegak lurus serat kayu) memiliki tingkat kemampuan kemudahan dibentuk (*forming*) yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit *sandwich* yang diperkuat serat kenaf dan serat *E-glass* dengan posisi *core* kayu pinus membujur (sejajar serat kayu).

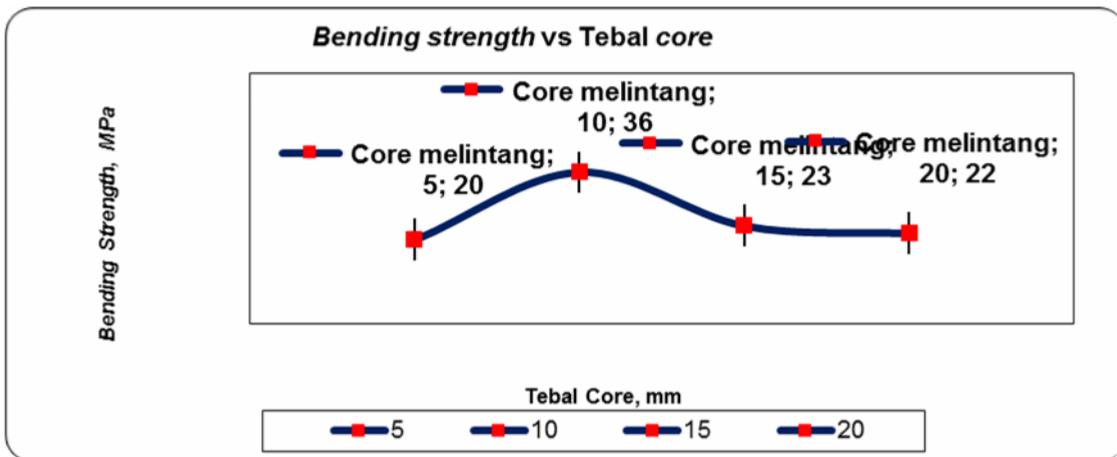
Berdasarkan analisis yang dihitung dengan standar ASTM D 393, komposit *sandwich* yang diperkuat serat kenaf dan serat *E-glass* dengan posisi *core* kayu pinus melintang (tegak lurus serat kayu) memiliki kekuatan bending *facing* yang tinggi, seperti ditunjukkan pada gambar 4, yang paling optimum terjadi pada komposit *sandwich* dengan ketebalan *core* 10 mm.

Analisis kekuatan geser *core* menunjukkan bahwa tegangan geser *core* komposit dengan serat kenaf dan serat *E-glass* dengan posisi *core* kayu pinus melintang (tegak lurus serat kayu) menurun seiring dengan penambahan ketebalan *core*. Efek posisi *core* kayu pinus melintang mengindikasikan menurunkan kekuatan geser *core* komposit hibrid *sandwich*. Namun, pada komposit yang posisi *core* kayu pinus melintang ini, memberikan *efek* stabilitas dimensi yang lebih baik (tidak mudah terjadi deformasi).

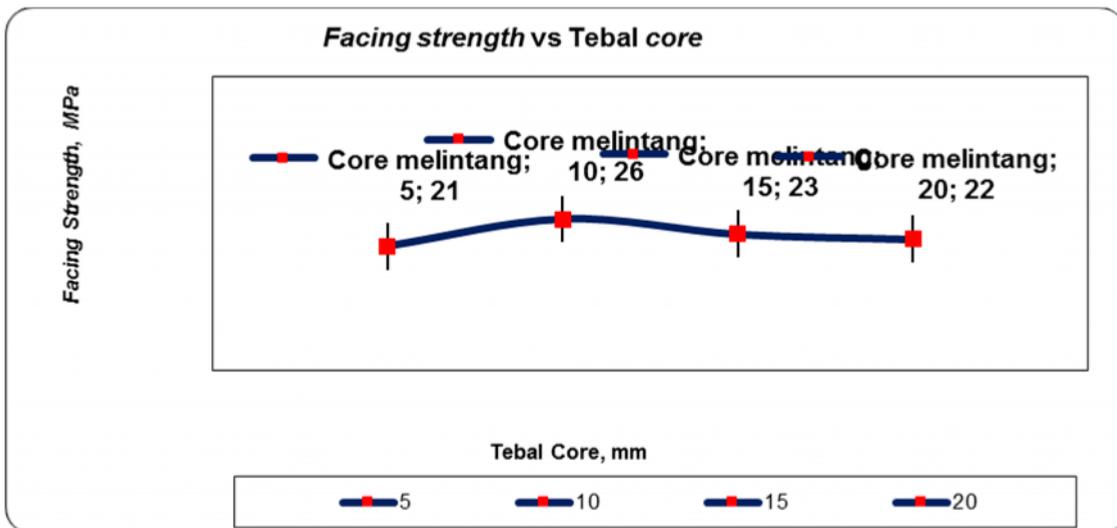
Analisis *flexural rigidity* (kekakuan) komposit *sandwich* yang diperkuat serat kenaf dan serat *E-glass* dengan posisi *core* kayu pinus melintang (tegak lurus serat kayu) mempunyai kekakuan yang cukup tinggi. Kekakuan meningkat seiring dengan penambahan ketebalan *core*, seperti ditunjukkan pada gambar 6.



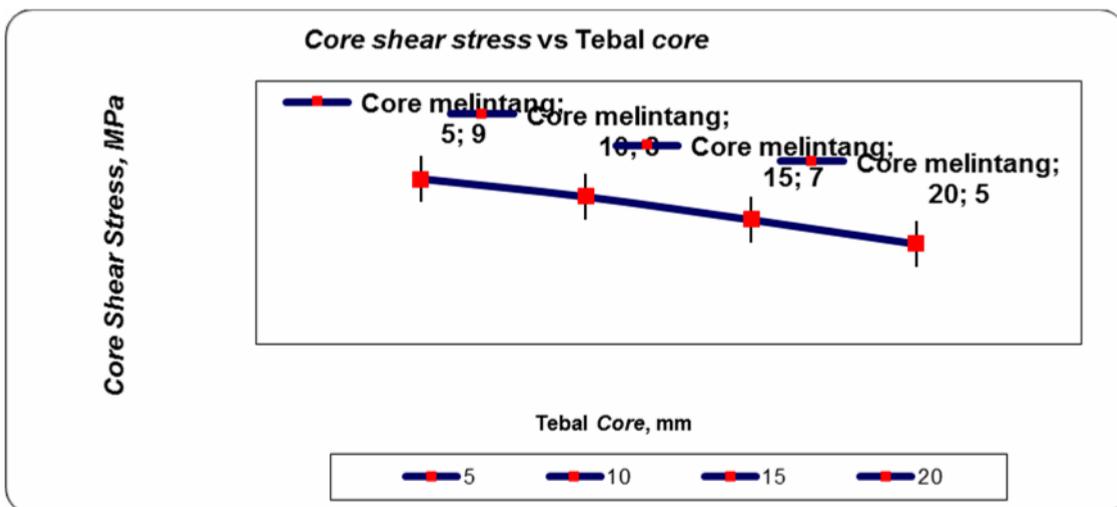
Gambar 2. Kurva momen bending komposit sandwich



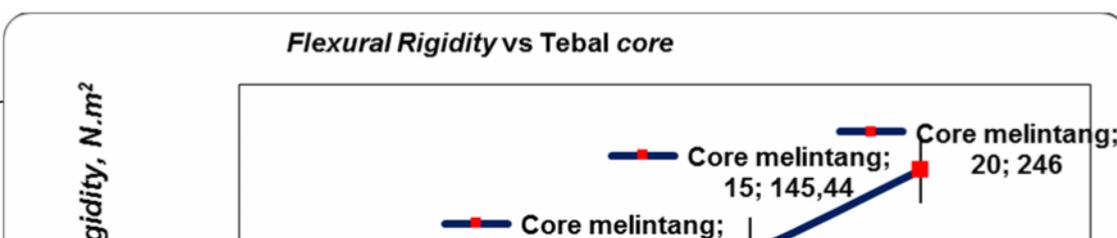
Gambar 3. Kurva kekuatan bending komposit sandwich



Gambar 4. Kurva tegangan facing/skin komposit sandwich

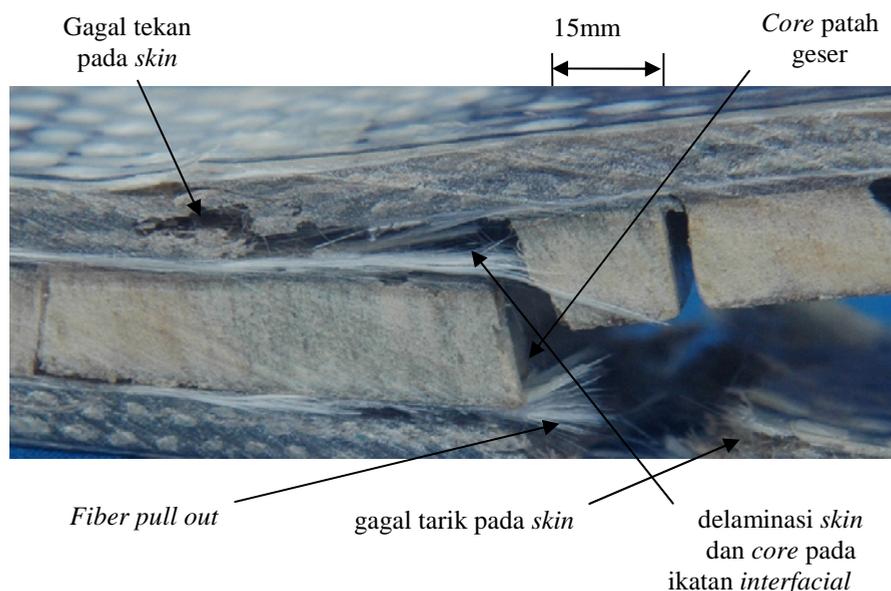


Gambar 5. Kurva tegangan geser core komposit sandwich



Gambar 6. Kurva flexural rigidity (kekakuan) komposit sandwich

Analisis Pola Kegagalan Bending



Gambar 7. Penampang patahan *core* kayu pinus melintang komposit *sandwich*

Kegagalan bending komposit sandwich *core* arah serat kayu melintang ditunjukkan pada gambar 7. 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 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. Momen bending meningkat seiring dengan penambahan ketebalan *core*. Efek posisi *core* melintang mengindikasikan desainnya dapat dibentuk *curva* pada bidang lengkung dalam konstruksi ruangan.

2. Tegangan bending komposit *sandwich* memiliki harga yang *optimum* pada ketebalan *core* 10 mm. Kemampuan menahan momen dan kekakuan komposit *sandwich* meningkat seiring dengan penambahan ketebalan *core*. Namun penambahan ketebalan *core* menurunkan kekuatan geser.
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 Persamaan

<i>b</i> : lebar spesimen (mm)	<i>core</i> : tegangan geser <i>core</i> (MPa)
<i>c</i> : tebal <i>core</i> (mm)	<i>b</i> : tegangan <i>bending</i> (MPa)
<i>d</i> : tebal spesimen (mm)	<i>b_{facing}</i> : tegangan <i>bending</i> <i>skin</i> (MPa)
<i>D</i> :kekakuan bending (N.mm ²)	<i>z</i> : Jarak 0,5 tinggi <i>skin</i> terhadap titik acuan sumbu netral (mm)
<i>E</i> : modulus bending (MPa)	
<i>I</i> : momen inersia (mm ⁴)	
<i>L</i> : panjang span (mm)	
<i>M</i> : momen bending (N-mm)	
<i>P</i> : beban bending(N)	
<i>t_f</i> : 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.
- Annual Book of Standards, ASTM D 790 – 02, "Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials", ASTM, 2002
- 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.
- David W.,1987 "Mechanical Properties of Wood,Wood Handbook, Wood as an Engineering Material" Forest Products Laboratory USDA Forest Service Madison, Wisconsin. <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr113ch04.pdf> , November 2007.
- 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
- Febrianto, B. dan Diharjo, K., 2004, Kekuatan Bending dan Impak Komposit Hibrid Sandwich kombinasi serat karung goni dan serat gelas polyester dengan core kayu sengon laut, Skripsi, UNS, Green,
- Hariyanto, A.,. 2006. "Studi Perlakuan Alkali dan Tebal Core Terhadap Sifat Bending dan Impak Komposit Hibrid Sandwich Serat Kenaf dan Gelas Bermatrik Polyester dengan Core Kayu Sengon Laut" Tesis. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Siswamartana., 2002."Hutan Pinus dan Hasil Air" Cepu: Pusat Pengembangan Sumber Daya Hutan Perhutani.