

REKAYASA BAHAN KOMPOSIT HYBRID SANDWICH BERPENGUAT SERAT KENAF DAN SERAT GELAS DENGAN CORE KAYU PINUS

Agus Hariyanto

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartosura
email : agus_haryanto @ums.ac.id

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh ketebalan core melintang dan core membujur terhadap peningkatan kekuatan Impak komposit hibrid sandwich kombinasi serat kenaf dan serat gelas bermatrix Polyester dengan core kayu pinus. Mekanisme perpatahan 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 (press mold). Komposit hibrid sandwich tersusun terdiri dari dua skin (lamina komposit hibrid) dengan core ditengahnya. Lamina komposit hibrid sebagai skin terdiri dari beberapa lamina serat gelas anyam dan lamina serat kenaf anyam. Fraksi volume serat komposit hibrid sebagai skin adalah 30%. Core yang digunakan adalah kayu pinus yang dipotong pada arah melintang dan arah membujur. Core yang digunakan ada 4 macam variasi ketebalan yaitu 5, 10, 15 dan 20 mm. Spesimen dan prosedur pengujian impak charpy mengacu pada standart ASTM D 5942. Penampang patahan dilakukan foto makro untuk mengidentifikasi pola kegagalannya.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan ketebalan core melintang menurunkan energi serap dan kekuatan impak secara signifikan komposit hibrid sandwich. Seiring dengan peningkatan ketebalan core membujur juga menurunkan energi serap dan kekuatan impak secara signifikan pula. Namun, energi serap dan kekuatan impak pada core membujur meningkat secara signifikan dibandingkan dengan core melintang . Mekanisme patahan diawali oleh kegagalan komposit skin bagian tarik, core gagal geser, dan diakhiri oleh kegagalan skin sisi tekan. Pada bagian daerah batas core dan komposit skin menunjukkan adanya kegagalan delaminasi.

Kata Kunci: *komposit hibrid sandwich, kekuatan impak , energi serap, mekanisme patahan.*

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 (Eichorn, 2001). 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 (Siswamartana, 2002). 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* sintesis impor dari luar negeri, seperti *core polyurethane foam (PUF)* dan *core Divynil cell (PVC)* (diabgroup).

Hal lain yang ironis adalah masuknya *core* kayu balsa yang diimpor dari Australia (diabgroup). 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 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 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 dan *core* membujur terhadap peningkatan kekuatan bending komposit *sandwich* kombinasi serat kenaf dan serat gelas (hibrid) bermatrik *Polyester* dengan *core* kayu pinus dan mengidentifikasi Pola kegagalannya.

TINJAUAN PUSTAKA

Yanuar, (2002), melakukan pengujian kekuatan bending dan impak pada komposit *GFRP 3 layer*. Dari hasil pengujian didapatkan

bahwa komposit *GFRP 3 layer* dengan menggunakan serat *E-Glass chopped strand mats* 300 gr/m² mempunyai kekuatan bending 18 % lebih besar dari pada dengan menggunakan serat *E-Glass chopped strand mats* 450 gr/m². Komposit *GFRP 3 layer* dengan menggunakan serat *E-Glass chopped strand mats* 450 gr/m² mempunyai kekuatan impak 46 % lebih besar dari pada dengan menggunakan serat *E-Glass chopped strand mats* 300 gr/m². Pada pengujian bending, komposit tersebut mengalami kegagalan pada bagian bawah spesimen. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan tarik material komposit *GFRP* lebih besar dibandingkan kekuatan tekannya.

Wahyanto dan Diharjo (2004) men-substitusi penggunaan *core PUF* dan *PVC* dengan kayu sengon laut (KSL) yang dipotong melintang dan dikenai perlakuan *borac* 5%, untuk mengeluarkan glukosa / sari pati kayu agar tahan terhadap serangan hama bubuk dan jamur. Warna kayu berubah dari putih kemerahan menjadi kuning kecoklatan. Pada kadar air rata-rata 5,77 %, berat jenis kayu adalah 0,3 gr/cm³. Dengan dimensi yang hampir sama, komposit *sandwich GFRP* dengan *core* KSL memiliki kekuatan bending 108.87 MPa atau 25.23% di atas kekuatan bending komposit *GFRP sandwich* dengan *core PVC H 200*. Namun, kekuatan impak komposit *sandwich* inti *PVC H 200* lebih tinggi karena *core PVC* bersifat lebih lentur sehingga lebih tahan terhadap beban impak. Usaha menggeser penggunaan serat gelas dengan serat alam, maka Febriyanto dan Diharjo (2004) meneliti kinerja bending dan impak komposit hibrid *sandwich* serat kenaf dan gelas dengan inti KSL. Kinerja bending komposit ini (100.44 MPa) lebih rendah 7.74% di bawah kekuatan komposit *sandwich GFRP* inti KSL (108.87 MPa). Namun, ketahanan impak komposit hibrid *sandwich* tersebut lebih tinggi dibanding komposit *GFRP sandwich* inti KSL, yaitu 0.0628 J/mm² dan 0.058 J/mm². Salah satu faktor pendukung meningkatnya ketahanan impak ini adalah sifat alam serat kenaf yang lebih lentur/elastis. Pada panel komposit *sandwich*, penggunaan *core* KSL potongan membujur

mampu meningkatkan kekuatan bending yang sangat tinggi, namun kekuatan impaknya hampir sama dengan potongan melintang. Kelemahan penggunaan *core* kayu potongan membujur adalah geometri panel dapat berubah (*ngulet*).

Hillger (1998) mengemukakan bahwa ada beberapa macam tipe kerusakan pada pengujian dampak yang dapat dideteksi, seperti :retak dan delaminasi pada *skin*, *debonding* antara *skin* dan *core* serta kerusakan didalam *core*.

Luas kerusakan dampak pada struktur *sandwich* dipengaruhi oleh material *core* dari tumpukan laminasi permukaan *sandwich*, ukuran, massa, kecepatan pendulum dan kemampuan dari komponen *sandwich* untuk menyerap beban kejut. Pada struktur *sandwich* dengan *core foam* delaminasi dapat dideteksi, yaitu daerah yang terdampak, yang berada di antara *skin* dan *core* (Gaedke, 2001).

METODE PENELITIAN

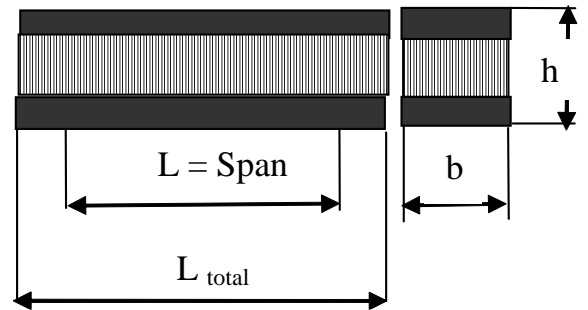
Bahan utama penelitian adalah serat *E-glass* anyam dengan *density* 2,42 gr/cm³, serat kenaf anyam dengan *density* 1,45 gr/cm³, *core* kayu pinus dengan *density* 0,45 gr/cm³.

unsaturated polyester type 157 BQTN, hardener O dengan kadar 1%, dan adhesive resin dan epoxy hardener dengan rasio 1:1 dengan $\rho = 1,25 \text{ gr/cm}^3$ dan $\eta = 0,45 \text{ ml/cm}^2$. Serat kenaf yang digunakan tanpa perlakuan. Pembuatan komposit dilakukan dengan metode *prepreg* dengan metode *laminasi komposit hibrid (skin)* ditentukan 30%, yang dikontrol dengan ketebalan komposit *sandwich* saat pemasangan Pendulum

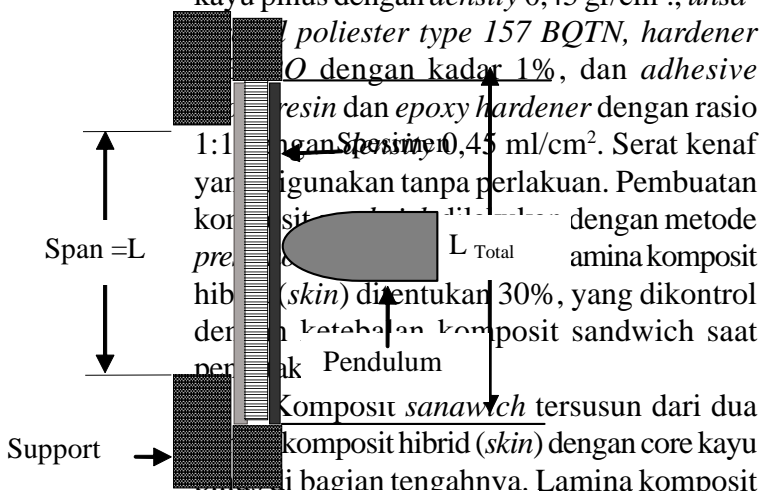
Komposit *sandwich* tersusun dari dua komposit hibrid (*skin*) dengan *core* kayu pinus di bagian tengahnya. Lamina komposit lamina serat gelas kenaf anyam. Serat a perlakuan. *Core*

kayu pinus dibuat dengan pemotongan pada arah melintang (tegak lurus serat kayu) dan membujur (sejajar serat kayu). Ketebalan *core* divariasi 5, 10, 15, dan 20mm. Komposit *sandwich* yang sudah dicetak dipotong-potong menjadi

spesimen uji. Pengujian dilakukan dengan *flat impact method*. Spesimen dan metode pengujiannya mengacu pada standar ASTM D 5942. Penampang patahan spesimen uji dilakukan foto makro.



Gambar 1. Spesimen Uji Impact Charpy



Gambar 2. Pemasangan spesimen uji impact (Flat wise Impact)

Gambar 2. Pemasangan Spesimen Uji Impact (Flat wise Impact)

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan sesuai standar ASTM D 5942 – 96 *sandwich* sebagai berikut:

$$W = G \times R (\cos \beta - \cos \alpha) \tag{1}$$

$$a_{cu} = \frac{W}{h \times b} \times 10^3 = \frac{W}{h \times b} \tag{2}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Energi serap uji komposit hibrid.

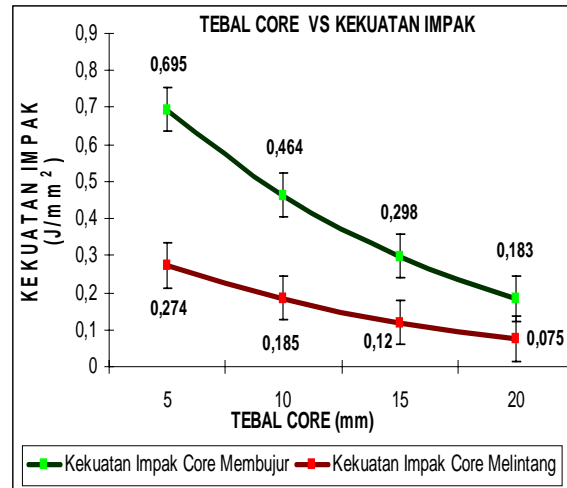
Tebal Core (mm)	Energi Serap, Joule	
	Core Melintang	Core Membujur
5	65	165,6
10	56,4	141
15	46,2	114,2
20	34,2	83,4

Tabel 2. Kekuatan impak komposit hibrid.

Tebal Core mm	Kekuatan Impak, J/mm ²	
	Core Melintang	Core Membujur
5	0,274	0,695
10	0,185	0,464
15	0,12	0,298
20	0,075	0,183

Komposit hibrid *sandwich* yang diperkuat serat kenaf anyam dan serat *E-glass* anyam menyerap energi impak lebih rendah, seperti ditunjukkan pada tabel 1. Pada Hal yang sama juga terjadi pada perhitungan kekuatan impak pada tabel 2.

Gambar 3. Energi Serap Uji Impak Komposit *Sandwich*.

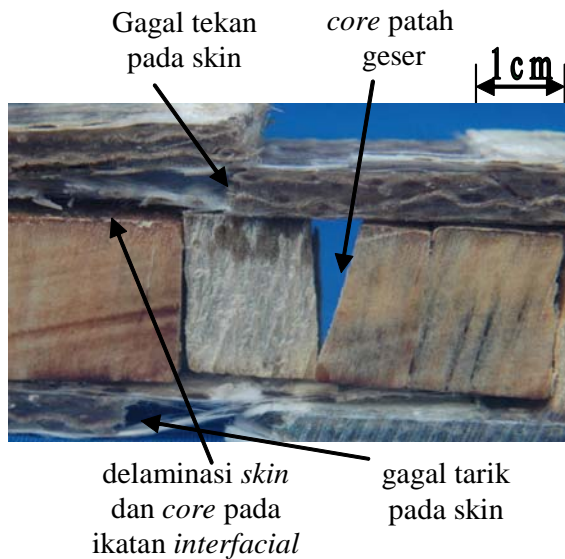


Gambar 4. Kekuatan Impak Komposit *Sandwich*.

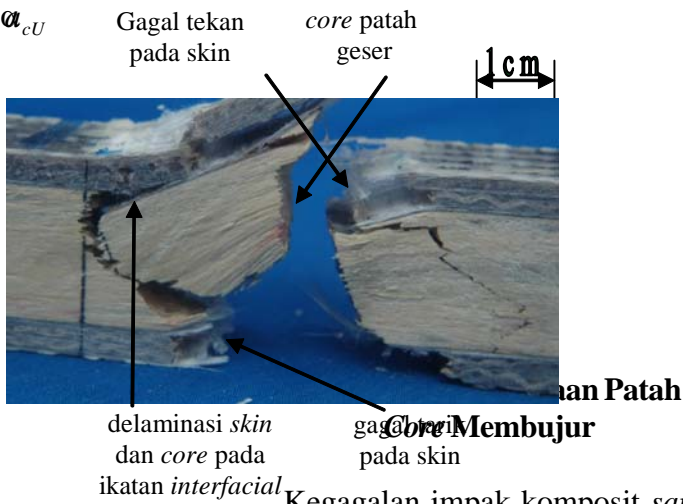
Dari pengujian impak *Charpy*, diperoleh kemampuan energi serap komposit hibrid *sandwich core* melintang dan dengan *core* membujur seperti pada gambar 3. Berdasarkan gambar tersebut, energi serap menurun seiring dengan penambahan ketebalan *core*. Dengan demikian, penambahan bagian inti struktur *sandwich* menunjukkan secara signifikan penurunan kemampuan menyerap energi impak. Sifat material yang lebih lunak (kayu pinus) dan penambahan ketebalan menyebabkan memiliki kemampuan menyerap energi yang lebih rendah.

Selain itu, efek *core* melintang pada serat kenaf anyam dan serat *E-glass* anyam menurunkan energi serap hasil uji impak. Hal ini dapat disebabkan oleh perubahan perilaku posisi serat kayu pinus pada komposit hibrid *sandwich* menjadi lebih getas.

Bila ditinjau dari segi kekuatan impak, penebalan *core* menurunkan kekuatan impak komposit hibrid *sandwich*. Kekuatan impak komposit hibrid *sandwich* yang diperkuat serat kenaf anyam dan serat *E-glass* anyam dengan *core* membujur memiliki harga yang lebih tinggi. Dengan demikian, sifat keuletan bahan ini dapat dikatakan lebih baik.



Gambar 5. Permukaan Patah Core Melintang



Gambar 6. Permukaan patah core membujur

mengalami kegagalan. *Skin* yang semula menderita beban tekan akhirnya mengalami kegagalan seiring dengan gagalnya *core*.

Dari spesimen uji mengalami kegagalan tarik pada komposit *skin* atas, patah geser *core* dan kegagalan tekan pada kedua *skin*. Mekanisme patahan terjadi karena kegagalan komposit hibrid *sandwich* akibat beban impact berawal dari *skin* komposit sisi belakang 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* melintang menurunkan energi serap dan kekuatan impact secara signifikan komposit hibrid *sandwich*. Seiring dengan peningkatan ketebalan *core* membujur juga menurunkan energi serap dan kekuatan impact secara signifikan.
2. Namun, energi serap dan kekuatan impact pada *core* membujur meningkat secara signifikan dibandingkan dengan *core* melintang.
3. Mekanisme patahan akibat beban impact diawali oleh kegagalan komposit *skin* bagian tarik, *core* gagal geser, dan diakhiri oleh kegagalan *skin* sisi tekan. Pada bagian daerah batas *core* dan komposit *skin* menunjukkan adanya kegagalan delaminasi pada ikatan *interfacial*.

NOTASI PERSAMAAN

- W = Energi patah/serap (J)
- G = Berat pendulum (N)
- R = Jarak pendulum ke pusat rotasi (m)
- β = Sudut pendulum setelah menabrak benda uji (°)
- β_0 = Sudut pendulum tanpa benda uji (°)
- σ = Kekuatan impact (J/mm²)
- h = Tebal specimen (mm)
- b = Lebar specimen (mm)

DAFTAR PUSTAKA

- Annual Book of Standards, Section 8, D 5942-96, "Standard Test Methods for Determining Charpy Impact Strength of Plastics¹", ASTM, 1996.*
- Anonim, 2001, *Technical data Sheet*, PT Justus Sakti Raya Corporation, Jakarta.
- Anonim, www.diabgroup.com, *DIAB manufactures and markets products and services based on advanced polymer and composite technologies, Head Office DIAB AB Box 201S-312 22 LAHOLM Sweden.*
- 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, Surakarta
- Gaedke, M, 2001, *Impact Behavior and Residual Strength of Sandwich Structural Elements Under Static and Fatigue Loading, American Institute of Aeronautics and Astronautics*, Germany.
- Hillger, 2003, *Inspection of CFRP and GFRP Sandwich Components*, Wilhelm Raabe Weg 13, D-3 8110 Braunschweig.
- Siswamartana, . 2002. "Hutan Pinus dan Hasil Air" Cepu: Pusat Pengembangan Sumber Daya Hutan Perhutani.
- Wahyanto, B. dan Diharjo, K., 2004, *Karakterisasi Uji Bending Dan Impak Komposit Sandwich GRFP Dengan Core Kayu Sengon Laut*, Skripsi, UNS, Surakarta
- Yanuar, D, 2002, *Pengaruh Berat Serat Chooped Strand Terhadap Kekuatan Bending, Impak dan Tarik Komposit GFRP*, UNS, Surakarta.