

KEKUATAN BENDING KOMPOSIT HIBRID SANDWICH KOMBINASI SERAT KENAF DAN SERAT GELAS DENGAN CORE KAYU SENGON LAUT

Kuncoro Diharjo¹

Abstract: *The objective of this research is to investigate the bending strength characteristic of hybrid sandwich composites reinforced by woven roving kenaf and random glass fiber using sengon laut wood core. The used resin is unsaturated polyester 268 BQTN. The core is designed by cutting on cross section of the wood and treated by 5% borax solution. There are two kinds of sandwich composites, i.e. GFRP and hybrid sandwich composites, made by hand lay up method. The bending test method of the specimens is three point bending. The result shows that the bending strength of hybrid sandwich composites (97.50 MPa) is 10.93% higher than GFRP sandwich composites (87.89 MPa). Similarly, the strength of the sandwich composites is higher than the strength of its components too. The fracture surfaces indicate that the skin composite suffering tension stress failed at the first, and then the core was broken.*

Keywords: *sandwich composites, bending strength, kenaf fiber*

Pendahuluan

Pada tahun 1950-an, para ilmuwan memberikan perhatian yang lebih terhadap material komposit. Mereka mulai meneliti dan mengembangkan potensi yang terkandung dalam komposit. Jenis komposit yang paling banyak dikembangkan dan digunakan adalah komposit penguatan serat. Harga produk komposit yang dibuat dari komposit dapat turun hingga 50% dibandingkan dengan produk bahan logam. Komposit *sandwich* merupakan salah satu jenis komposit struktur yang sangat potensial untuk dikembangkan. Komposit sandwich terdiri dari dua *flat* komposit dan *core*. Selama ini, core yang biasanya dipakai adalah *polyurethane (PU)*, *divynil cell PVC*, dan *honeycomb*.

Ketersediaan kayu sengon laut (*albizzia falcata*) yang berlimpah, merupakan SDA yang dapat direkayasa menjadi produk teknologi andalan nasional sebagai core komposit *sandwich*. Rekayasa core dapat dilakukan dari kayu utuh ataupun limbah potongan kayu. Konsep rekayasa core ini merupakan tahapan alih teknologi yang diilhami oleh masuknya core impor kayu balsa

dari Australia. Sifat fisik kayu sengon laut hampir sama dengan kayu balsa.

Tingginya produksi serat kenaf (*hibiscus cannabinus*) dunia (970.000 ton/ tahun) merupakan potensi yang sangat besar untuk digunakan sebagai penguat komposit, termasuk di Indonesia. Selama ini serat kenaf hanya digunakan sebagai bahan karung goni, sehingga nilai jualnya murah. Namun di Eropa, serat ini sudah diaplikasikan sebagai penguat komposit pada komponen interior mobil (*dasbor*).

Melalui inovasi iptek, pemanfaatan serat kenaf dan kayu sengon laut dipandang menguntungkan dan menarik untuk direkayasa menjadi panel komposit sandwich. Aplikasinya dapat digunakan untuk panel berlapis dengan beban tinggi.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah menyelidiki karakteristik kekuatan bending komposit hibrid sandwich berpenguat kombinasi serat kenaf anyam dan serat gelas acak dengan core kayu sengon laut. Pengamatan foto makro penampang patahan juga dilakukan untuk mengkaji *trend* kegagalannya.

¹ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Tinjauan Pustaka

Kowangid dan Diharjo (2003) menunjukkan bahwa hasil uji bending dan impak komposit sandwich GFRP (*Glass Fiber Reinforced Polyester*) dengan *core PVC H 200* lebih tinggi dibandingkan dengan *core PVC H 100*. Perilaku ini mengindikasikan bahwa semakin padat core semakin tinggi pula kekuatannya. Jika hasil penelitian ini dibandingkan dengan hasil penelitiannya Diharjo dkk (2004), maka komposit GFRP sandwich dengan *core PVC* memiliki kekuatan lebih tinggi dibandingkan dengan komposit GFRP sandwich dengan PU.

Meskipun sifat *core PU mripil*, namun core ini mudah digunakan pada komponen lengkung. Komposit sandwich dengan *core PU* sudah digunakan pada disain produk *modul lavatory* kereta api (Diharjo dkk, 2003).

Pengujian bending komposit serat gelas 3 layer dalam bentuk *chopped strand mat* dengan density 300 gram/m² dan 450 gram/m² diperoleh kekuatan bending 208,58 MPa dan 157,06 MPa. Komposit dengan density *mat* yang lebih kecil menghasilkan tebal komposit yang tipis pula, sehingga sifat lenturnya semakin tinggi. Komposit tersebut memiliki kekuatan bending yang lebih tinggi, namun kemampuan menahan bebannya tetap lebih rendah (Yanuar dan Diharjo, 2003)

Yang dkk (1998) melakukan analisa fraktografi SEM pada komposit *whisker SiCw/7475*. Dari hasil penelitian tersebut terungkap bahwa patahan hasil uji tarik statis terhadap benda tidak ditemukan adanya *whisker* yang tertarik keluar. Pada daerah sekitar patahan menunjukan adanya deformasi plastis yang kecil sebelum terjadinya patah.

Kekuatan ikatan antara matrik dan serat akan menimbulkan tegangan dalam serat. Tegangan yang tinggi pada ujung serat menimbulkan adanya aliran plastik dalam matrik. Untuk dapat memanfaatkan kekuatan serat yang cukup tinggi, perlu dilakukan pencegahan agar zona plastik dari matrik tidak merambat melampaui tengah-tengah serat, sebelum regangan dalam serat mencapai regangan putus (Dieter, 1996).

Aspek Geometri

Menurut Gibson (1994), penempatan serat harus mempertimbangkan faktor geometri,

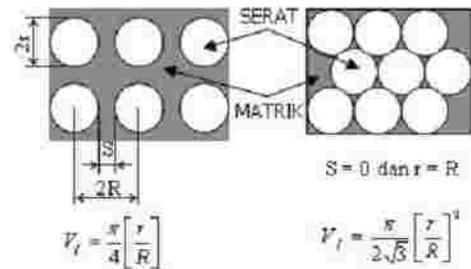
arah, distribusi dan fraksi volume, agar dihasilkan komposit berkekuatan tinggi. Susunan serat pada lamina *unidirectional*, dengan jarak antar serat yang sama dan direkatkan secara baik oleh matrik ditunjukkan pada gambar 1. Fraksi volume dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Shackelford, 1992):

$$V_1 = \frac{W_1 / r_1}{W_1 / r_1 + W_2 / r_2 + \dots} \dots\dots\dots(1)$$

$$W_1 = \frac{r_1 V_1}{r_1 V_1 + r_2 V_2 + \dots} \dots\dots\dots(2)$$

dengan catatan :

- V₁, V₂, ... = fraksi volume
- W₁, W₂, ... = fraksi berat
- ρ₁, ρ₂, ... = densitas bahan pembentuk



Gambar 1. Struktur mikro komposit dengan peletakan serat teratur.

Berdasarkan teori *rule of mixture*, kekuatan komposit dapat ditentukan dengan persamaan (Shackelford, 1992) :

$$\sigma_C = \sigma_f V_f + \sigma_m V_m \dots\dots\dots(3)$$

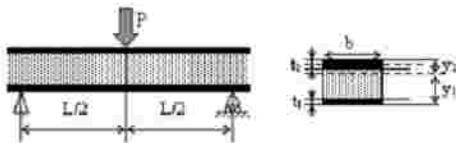
Kekuatan Bending

Akibat pengujian bending, bagian atas spesimen mengalami tekanan dan bagian bawah mengalami tarikan. Kekuatan tekan komposit sisi atas lebih tinggi dibanding kekuatan tariknya di sisi bawah. Kegagalan yang terjadi akibat uji bending komposit yaitu mengalami patah pada bagian bawah karena tidak mampu menahan beban tarik. Kekuatan bending komposit dapat ditentukan dengan persamaan 4.

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bh^2} \dots\dots\dots(4)$$

Jika defleksi maksimum yang terjadi lebih dari 10 % dari jarak antar penumpu (L), kekuatan bendingnya dapat dihitung dengan persamaan 5 yang lebih akurat.

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bh^2} \left[1 + 4 \left(\frac{\delta}{L} \right)^2 \right] \dots\dots\dots(5)$$



Gambar 2. Penampang balok sandwich

Dimensi balok sandwich dapat kita lihat pada gambar 2.

Metode Penelitian

Bahan utama penelitian adalah serat kenaf anyam RB 8 (karung goni), serat gelas acak 300 gr/m², kayu sengon laut, resin *unsaturated poliester* type 268 BQTN dan hardener MEKPO. Pembuatan komposit sandwich dilakukan di workshop komposit PT. INKA Madiun, dengan metode *hand lay up*. Penentuan fraksi berat serat pada komposit skin dilakukan secara makro, dengan penimbangan. Komposit sandwich yang diteliti ada dua macam yaitu GFRP 3 layer – core-GFRP 1 layer dan Hibrid gelas-kenaf-gelas – core – GFRP 1 layer. Core kayu didisain dengan pola pemotongan melintang, setebal 10 mm. Pengawetan kayu dilakukan dengan larutan borac 5%. Komposit sandwich yang sudah dicetak dipotong-potong menjadi spesimen uji dengan standar ASTM C-273. Susunan komposit sandwich ditunjukkan pada gb 3.

Pengujian bending dilakukan dengan kapasitas mesin kecil, yaitu beban maksimum 1 ton.



Gambar 3. komposit sandwich

Penampang patahan spesimen dilakukan foto makro.

Hasil dan Pembahasan

Hasil perendaman kayu dalam larutan borac 5% mampu mengeluarkan kandungan gula dan pati kayu, yang menjadi obyek serangan bubuk dan jamur, seperti gambar 4 (Sumber: Dep. pertanian). Pengeringan kayu hingga kadar air 5-10% menjadikan kayu tidak dapat berubah dimensi. Perlakuan kayu ini merupakan rekomendasi mendasar atas potensi penggunaannya sebagai bahan core komposit.



Gambar 4. Kayu setelah di-treatment borac.

Hasil pengujian bending menunjukkan bahwa komposit sandwich, dengan core kayu sengon laut yang harganya murah, mampu menahan beban yang lebih tinggi dibandingkan dengan komponen penyusunnya. Ditinjau dari sisi ekonomi, rancangan struktur komposit sandwich seperti ini sangat menguntungkan.

Tabel 1. Data hasil uji bending.

Komponen Yang diuji Bending	Beban Maksimum (Kg)	Tegangan Maksimum (MPa)
GFRP 1 layer	6.20	145.03
GFRP 3 layer	19.88	177.38
Komposit Hibrid	31.60	107.45
Core Kayu Sengon Laut	4.36	4.12
Komposit GFRP Sandwich	43.20	87.89
Komposit Hibrid Sandwich	53.74	97.50

Komposit hibrid sandwich memiliki kemampuan menahan beban bending yang lebih tinggi (53.74 kg) dibandingkan dengan komposit GFRP sandwich (43.20 kg). Besarnya beban tersebut lebih tinggi dibanding beban yang ditahan oleh komponen core dan

skin komposit, seperti pada gambar 5. Penggunaan serat kenaf *woven roving* pada skin komposit hibrid sandwich mampu meningkatkan kekuatan bendungnya sebesar 10.93% di atas kekuatan bending komposit GFRP sandwich, yaitu dari 87.89 Mpa menjadi 97.50 Mpa.

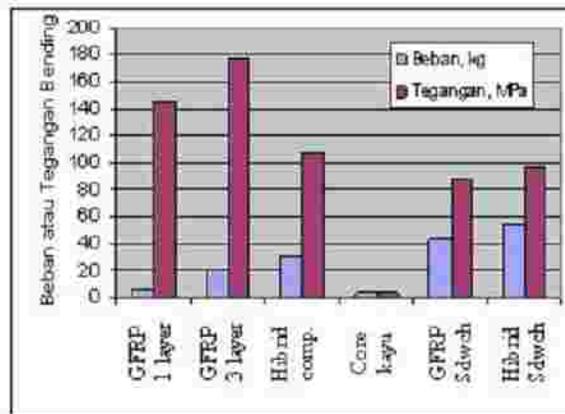
Tegangan bending maksimum komposit GFRP dan komposit hibrid pada skin tampak lebih tinggi karena tebal skin tersebut sangat tipis. Namun, kemampuan menahan beban komponen skin tersebut tetap jauh lebih rendah dibandingkan dengan komposit sandwichnya, lihat gambar 5.

yang menderita beban tarik selama pengujian bending.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis pembahasan di atas maka dapat disimpulkan:

1. Struktur komposit sandwich memiliki kemampuan menahan beban yang lebih besar dari pada komposit lamina.
2. Komposit hibrid sandwich memiliki kemampuan menahan beban bending sebesar 10,93% di atas komposit sandwich GFRP.
3. Peningkatan kekuatan bending masih dapat



Gambar 5. Diagram beban dan tegangan bending maksimum komposit sandwich dengan kompone nnya.

Penampang patahan komposit sandwich menunjukkan bahwa kegagalan berawal dari skin GFRP 1 layer, yang menderita tarikan selama pengujian, seperti pada gambar 6. Selanjutnya, kegagalan ini diikuti oleh pecahnya core kayu sengon laut. Salah satu teknik penguatan yang dapat dilakukan adalah menambah ketebalan skin komposit sisi bawah

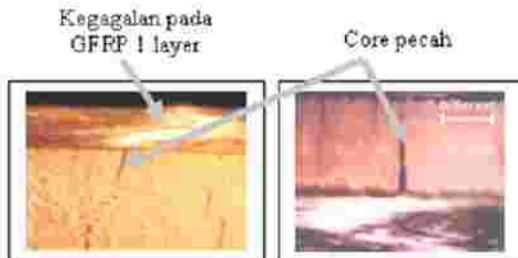
dilakukan dengan menambah ketebalan *skin* komposit sisi bawah yang menderita tegangan tarik.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. INKA Madiun dan DP3M Dikti yang telah *support* pelaksanaan riset kerjasama antara UNS-INKA ini. Ucapan terima kasih yang dalam kami juga kami sampaikan kepada kolega kami, yaitu Gunadi Abdullah, A.Md., S.T., Bayu Febrianto, S.T. dan Bowo Wahyanto, S.T., yang telah membantu secara aktif kegiatan riset ini.

Daftar Pustaka

Anonim, 1998. "Annual Book ASTM Standart", USA.
 Dieter G., E., (1987). "Mechanical Metallurgy", 2nd Edition, McGraw Hills Company, Tokyo.



Gambar 6. Foto makro penampang patahan komposit sandwich

- Diharjo K., Soekrisno, Triyono, dan Abdullah G., 2003. "*Rancang Bangun Dinsing Kereta Api Dengan Komposit Sandwich Serat Gelas*", Penelt. Hibah Bersaing, Dikti, Jakarta.
- Gibson, O. F., 1994. "*Principle of Composite Materials Mechanics*", McGraw-Hill Inc., New York, USA.
- Kowangid M. dan Diharjo K., 2003. "*Karakteristik Mekanis Kekuatan Bending dan Impak Komposit Sandwich GFRP Dengan Core PVC Type H 100 dan H 200*", Riset kerjasama UNS-INKA, Skripsi, FT UNS.
- Shackelford, 1992. "*Introduction to Materials Science for Engineer*", Third Edition, MacMillan Publishing Company, New York, USA.
- Yang, P., Liu, Y., dan Xu, F., 1998. "*Low Cycle Impact Fatigue of SiCW/7475-Al Composite*", J. Materials Engineering and Performance, Vol. 7 (5), pp. 677-681, ASM International.
- Yanuar D., dan Diharjo K., (2003). "*Karakteristik Mekanis Komposit Sandwich Serat Gelas Serat Chopped Strand Mat Dengan Penambahan Lapisan Gel Coat*", Skripsi, Teknik Mesin FT UNS, Surakarta.