

PENGARUH JUMLAH LAMINA TERHADAP KEKUATAN *BENDING* KOMPOSIT SANDWICH SERAT AREN-POLYESTER DENGAN CORE PELEPAH POHON PISANG

Wijoyo^{*}, Achmad Nuhidayat

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Surakarta
Jl. Raya Palur Km. 5 Surakarta 57772

^{*}Email: joyowi@yahoo.co.id

Abstrak

Penggunaan serat alam sebagai penguat komposit mempunyai berbagai keunggulan, diantaranya sebagai pengganti serat buatan, harga murah, mampu meredam suara, ramah lingkungan, mempunyai densitas rendah, dan kemampuan mekanik tinggi, yang dapat memenuhi kebutuhan industri. Tujuan penelitian ini adalah untuk menyelidiki peningkatan kinerja kekuatan bending komposit sandwich serat aren-polyester dengan core pelepah pohon pisang dengan variasi jumlah lamina. Penelitian dilakukan dengan bahan utama serat aren, matrik Polyester type 157 BQTN dan G3253T, katalis MEKPO, akselerator Cobalt naphtenate, max way, wax/mirror, dan core/inti limbah pelepah pohon pisang. Peralatan yang digunakan adalah alat uji bending, timbangan digital, mikroskop mikro, foto makro dan peralatan fabrikasi komposit. Spesimen uji yang dibuat merupakan komposit jenis sandwich, dengan metoda hand lay up. Jumlah lamina pada lapisan atas adalah 1, 2 dan 3 layer serat aren, sedangkan lapisan bawah adalah 1 layer serat aren. Struktur lapisan komposit sandwich dan fabrikasinya berukuran 0,4 m x 0,6 m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah lamina komposit sandwich mengakibatkan kekuatan bendingnya juga semakin meningkat. Kekuatan bending komposit sandwich serat aren-polyester dengan core pelepah pohon pisang berbanding lurus dengan penambahan variasi jumlah lamina yang diberikan.

Kata kunci: *bending, komposit sandwich, serat aren-polyester*

1. PENDAHULUAN

Sebagai sumber utama yang dapat diperbaharui, serat-serat *lignocellulosic* yang berasal dari struktur jaringan tumbuhan akan memainkan peranan utama dalam pengembangan perubahan ke arah penggunaan bahan alam yang berbasis ekonomi sebagai konsekuensi dari Kyoto Protocol terhadap perubahan iklim global (UN FCC 1997).

Pemanfaatan serat alam baik dari segi teknis maupun sebagai produk pertanian non-pangan telah dikembangkan sejak lama. Misalnya sebagai serat selulosa dalam industri tekstil dan bubuk kertas tetap menjadi komoditi utama dalam industri produk non-pangan. Pemasaran serat alam seperti flax, hemp, jute dan sisal mengalami penurunan yang sangat substansial semenjak dikembangkannya serat sintetis WO II dalam industri tekstil (*FAO statistics*). Meskipun demikian, pemanfaatan serat alam masih terjaga dan sejumlah pemanfaatan baru dipersiapkan untuk serat alam.

Potensi berlimpahnya limbah serat aren industri pengolahan tepung aren di Klaten Jawa Tengah merupakan informasi utama gagasan riset ini. Limbah serat ini hanya dibiarkan hingga membusuk atau dibakar setelah mengering. Padahal, kandungan serat dalam limbah tersebut mencapai di atas 80%. Oleh karena itu, solusi kreatif pemanfaatan limbah serat aren menjadi produk dengan nilai ekonomi yang tinggi merupakan langkah yang tepat untuk menjawab permasalahan ini.

Potensi melimpah juga terjadi pada limbah pelepah pohon pisang. Selama ini pelepah pohon pisang masih minim pemanfaatannya oleh masyarakat, misal untuk bungkus pembuatan tempe yang sekarang sudah bergeser kepada daunnya ataupun plastik dan sebagai bahan kertas souvenir.

Komposit sandwich terdiri dari *flat* komposit dan *core/inti*. Core yang biasa dipakai oleh industri adalah *core polyuretan (PU)*, *polyvinyl Chlorida (PVC)*, dan *honeycomb*. Hasil riset Kuncoro Diharjo dan Ngafwan (2004) mengindikasikan bahwa kelemahan core PVC adalah selalu patah pada flat komposit sisi belakang akibat uji impak. PVC yaitu mengalami kegagalan terlebih

dahulu (pecah) sebelum komposit *flatnya* patah. Untuk core *honeycomb* memiliki kekuatan yang tinggi, namun harganya sangat mahal. Oleh karena itu, industri mayoritas menggunakan core PU dan PVC, yang lebih murah.

Wijoyo dan Achmad Nurhidayat (2013) dalam penelitian awal mengenai komposit sandwich serat aren-polyester dengan core pelepah pohon pisang menunjukkan hasil bahwa semakin banyak jumlah lamina (layer) semakin besar kekuatan dampak komposit *sandwich*. Kekuatan dampak komposit *sandwich* serat aren 1 layer-pelepah-serat aren 3 layer adalah 0,143 J/mm², meningkat sebesar 14,69% dibandingkan dengan komposit *sandwich* serat aren 1 layer-pelepah-serat aren 1 layer sebesar 0,0122 J/mm². Semakin banyak jumlah lamina (layer) juga mengakibatkan semakin besar energi serap komposit *sandwich*.

Hee-Soo Kim, dkk., (2011) mengemukakan bahwa penambahan anhidrida maleat terbukti memperbaiki sifat dari biokomposit. Kekuatan tarik dari biokomposit perlakuan PBS-MA dan PLA-MA serta biokomposit perlakuan SEBS-MA dan Mapp semakin meningkat. Ini dibuktikan dengan penampang patahan yang terjadi pada hasil fotomikro SEM. Nilai modulus elastisitas (E) juga mengalami peningkatan dibandingkan dengan biokomposit yang tidak mengalami perlakuan. Hal ini membuktikan bahwa dengan perlakuan tersebut maka ikatan interfacial semakin meningkat, yang akan berdampak pada peningkatan sifat mekanis dan sifat termal dari biokomposit.

Thiruchitrabalam, dkk., (2009) melakukan penelitian tentang peningkatan sifat mekanis komposit hybrid serat pisang/kenaf dengan matrik polyester menggunakan perlakuan Sodium Lauryl Sulfate (SLS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan SLS dapat meningkatkan sifat mekanik komposit hybrid dibanding dengan perlakuan alkali. Perlakuan SLS telah meningkatkan sifat mekanik, tarik, lentur dan kekuatan dampak hybrid komposit serat acak dan serat anyaman yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan alkali.

Wijoyo dan Kuncoro Diharjo (2009) mengemukakan bahwa hasil penelitian komposit sandwich GFRP dengan core PU menunjukkan kekuatan (ketangguhan) dampak komposit *sandwich* GFRP 3 layer-PUF10mm-GFRP 1 layer (0.0201 J/mm²) lebih besar dibandingkan dengan kekuatan bending komposit *sandwich* GFRP 3 layer - PUF 20 mm - GFRP 1 layer (0.0176 J/mm²). Semakin tebal core *polyurethane* semakin besar energi serapnya (energi patah), namun kekuatan dampaknya semakin menurun. Sedangkan kegagalan komposit *sandwich* didominasi oleh kegagalan core *polyurethane foam* yang lebih lemah dan komposit skin GFRP 1 layer.

Maleque dkk., (2007) telah meneliti sifat mekanis komposit serat batang pisang dengan matrik epoksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik pada komposit serat pisang dengan matrik epoxy mengalami peningkatan sebesar 90% dibandingkan dengan epoxy murni. Hasil uji kekuatan dampak menunjukkan bahwa komposit serat batang pisang meningkat 40% dibanding dengan kekuatan dampak bahan epoxy murni. Dampak tingginya nilai kekuatan dampak ini mengakibatkan sifat ketangguhan material akan semakin baik. Komposit serat batang pisang juga mempunyai sifat yang ulet dengan deformasi plastik minimum.

Lina Herrera-Estrada, Selvam Pillay dan Uday Vaidya (2007) mengemukakan bahwa komposit serat pisang-poliester memiliki kekuatan lentur dan modulus elastisitas yang lebih tinggi, karena peningkatan serat-interaksi matrik. Komposit serat pisang-epoxy menghasilkan kekuatan lentur sebesar 34,99 MPa dan kuat tekan sebesar 122,11 MPa dengan perlakuan alkali, sedangkan komposit serat pisang-poliester menghasilkan kekuatan lentur sebesar 40.16 MPa dan kuat tekan sebesar 123,28 MPa dengan perlakuan yang sama.

Pada tahap awal penelitian oleh Kuncoro Diharjo dan Ngafwan (2004) menunjukkan bahwa hasil uji bending dan dampak komposit sandwich GFRP dengan core PVC H 200 lebih tinggi dibandingkan dengan core PVC H 100. Perilaku ini mengindikasikan bahwa semakin padat core yang digunakan maka semakin tinggi pula kekuatannya.

Pengujian kekuatan tarik, bending dan dampak terhadap komposit serat gelas 3 layer dalam bentuk *chopped strand mat* dengan per luasan 300 gram/m² dan 450 gram/m² secara berurutan diperoleh kekuatan tarik sebesar 67.26 MPa dan 82.83 MPa, kekuatan bending 208,58 MPa dan 157,06 MPa, serta kekuatan dampaknya 0,0472 J/mm² dan 0,0872 J/mm². Semakin tebal layer komposit yang digunakan semakin tinggi pula sifat tarik dan dampaknya. Khusus pada uji bending, komposit yang dengan *mat* yang lebih tipis akan menghasilkan tebal komposit yang tipis pula, sehingga sifat lenturnya semakin tinggi. Selain alasan tersebut, jumlah fraksi volume serat pada *mat* yang lebih tipis juga semakin kecil (Yanuar dan Kuncoro 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 menunjukkan adanya deformasi plastis yang kecil sebelum terjadinya patah.

Sun dan Rechak (1988) melakukan analisa terhadap pengaruh lapisan adhesif pada komposit lamina graphit/epoxy terhadap beban impact. Hasilnya menunjukkan bahwa keberadaan lapisan adhesif sebagai hasil dari efek yang menyertai delaminasi memberikan nilai tambah terhadap beban impact. Matrik pada lamina bagian atas cukup banyak mereduksi beban impact. Pada daerah kontak juga akan mereduksi terhadap efek akibat konsentrasi tegangan. Tetapi, untuk kekuatan bending, lapisan adhesif ini kurang menguntungkan. Hal ini disebabkan karena adanya retakan akibat bending pada lamina bagian bawah menyebabkan bertambahnya jumlah retakan pada delaminasi karena adanya lapisan adhesif.

Aplikasi struktur komposit *sandwich* ini sangat cocok digunakan sebagai partikel penyekat ruangan. Namun, aplikasi komposit selama ini baru terbatas pada komponen tanpa beban/beban rendah. Oleh karena itu, sangat diperlukan kajian riset pengembangan komposit *sandwich* yang mampu mengeliminasi komponen penahan beban tinggi dari material baru komposit yang direkayasa sendiri.

Secara tidak langsung, penelitian ini dapat memperlancar pembangunan di bidang lain karena memiliki kriteria mereduksi import logam jadi, menghemat devisa, meningkatkan kandungan produk lokal, dan menambah devisa jika produknya diekspor. Kajian ini juga mendukung program pemerintah untuk meningkatkan kemandirian membuat produk sendiri.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka penelitian tentang kajian secara komprehensif sifat fisis-mekanis, khususnya kekuatan bending komposit *sandwich* serat aren-polyester dengan *core* pelepah pohon pisang merupakan hal yang sangat menarik untuk dikaji lebih lanjut. Dalam penelitian ini akan diselidiki pengaruh jumlah lamina terhadap peningkatan kinerja kekuatan bending komposit *sandwich*.

2. METODOLOGI

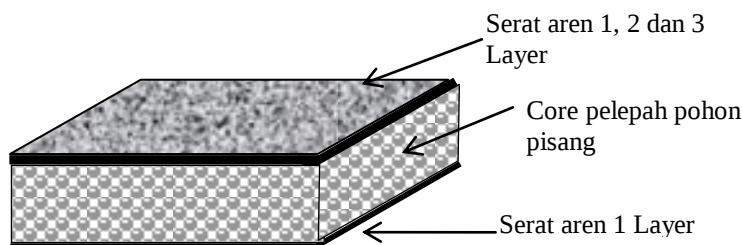
2.1. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan-bahan utama penelitian meliputi serat aren, matrik *Polyester* type 157 BQTN dan G3253T, katalis MEKPO, *akselerator Cobalt naphtenate*, *max way*, *wax/mirror*, dan *core*/inti limbah pelepah pohon pisang.

Peralatan yang digunakan adalah alat uji bending, timbangan digital, mikroskop mikro, foto makro dan peralatan fabrikasi komposit.

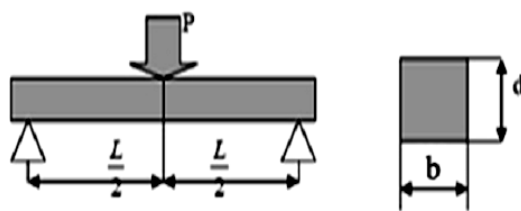
2.2. Pembuatan Spesimen Uji dan Pengujiannya

Spesimen uji yang dibuat merupakan komposit jenis *sandwich*, dengan metoda *hand lay up*. Jumlah lamina pada lapisan atas adalah 1, 2 dan 3 layer serat aren, sedangkan lapisan bawah adalah 1 layer serat aren. Struktur lapisan komposit *sandwich* diperlihatkan pada Gambar 1 dan fabrikasinya dibuat berukuran 0,4 m x 0,6 m.



Gambar 1. Komposit *sandwich* serat aren-polyester dengan *Core* pelepah pohon pisang

Komposit *sandwich* dicetak secara *falt* komposit dan spesimen uji komposit *sandwich* dibuat dengan cara memotong. Semua spesimen memiliki lebar yang sama untuk mempermudah melakukan analisis peningkatan kekuatan bending. Pengujian bending dilakukan dengan pengujian *three point bending*, sesuai prosedur pada standar ASTM D 790.

Gambar 2. Metode pengujian *three point bending* (ASTM, D 790)

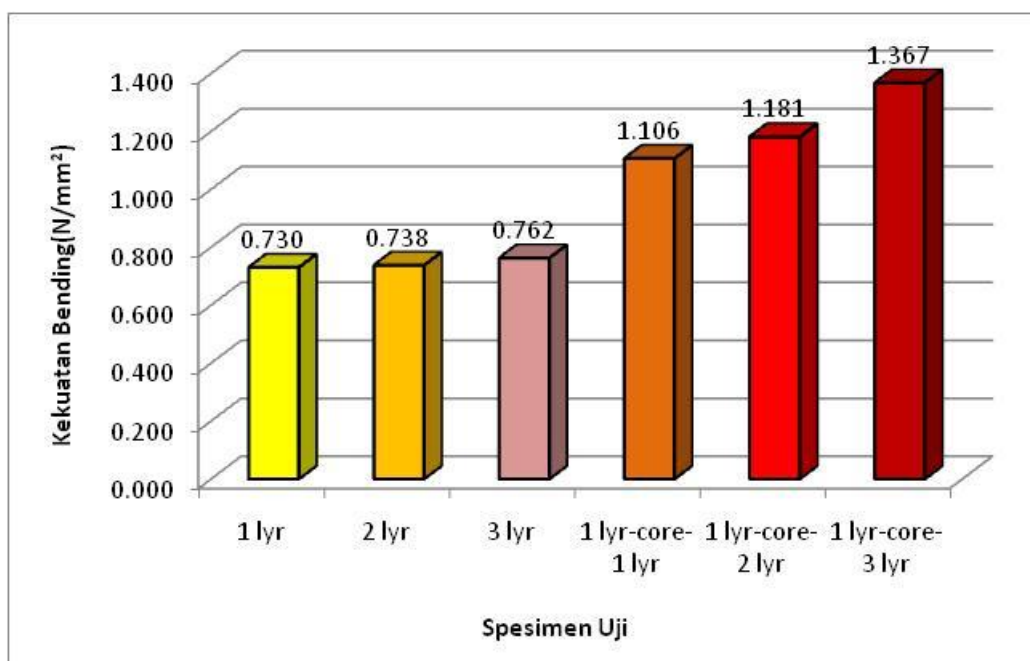
Rumusan besarnya kekuatan bending dengan menggunakan metode *three point bending* dapat dihitung dengan persamaan berikut (ASTM, D 790):

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (1)$$

dengan catatan; P = beban (N), L = panjang span (mm), b = lebar (mm), dan d = tebal (mm).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian bending komposit *sandwich* serat aren-polyester dengan *core* pelepah pohon pisang ditunjukkan pada Gambar 3. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa kekuatan bending komposit *sandwich* serat aren dengan *core* pelepah pohon pisang dengan jumlah lamina 1 layer, 2 layer dan 3 layer pada bagian atas dan 1 layer pada bagian bawah berturut-turut adalah 1,106 N/mm², 1,181 N/mm² dan 1,367 N/mm², sedangkan kekuatan bending pada serat aren 1 layer, 2 layer, dan 3 layer berturut-turut adalah 0,730 N/mm², 0,738 N/mm², dan 0,762 N/mm². Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah lamina (layer) semakin besar kekuatan bending komposit *sandwich*. Kegagalan pada lapisan serat aren yang lebih dulu menyebabkan kekuatan bending komposit *sandwich* menjadi lebih kecil.

Gambar 3. Kekuatan bending *sandwich* serat aren-polyester-pelepah pohon pisang

Berdasarkan besarnya kekuatan bending yang dapat ditahan oleh komposit *sandwich* serat aren-pelepah pohon pisang menunjukkan bahwa pengaruh jumlah lamina yang lebih besar memungkinkan mampu mendistribusikan beban kepada lapisan belakang pada *sandwich* yang

memiliki kekuatan lebih tinggi, sehingga kekuatan komposit *sandwich*-nya lebih tinggi. Semakin banyak jumlah lamina, beban yang terdistribusi ke lapisan serat aren 3 layer semakin besar sehingga mampu menyerap beban yang lebih besar. Konsep lain yang dapat dijadikan alasan adalah penambahan jumlah lamina pada spesimen menyebabkan peningkatan besarnya momen inersia, sehingga energi patah (serap) yang dapat diterima juga semakin besar.

Komposit serat batang pisang mempunyai sifat yang ulet dengan deformasi plastik yang minimum (Maleque dkk., 2007), sehingga pemakaian pelepah pohon pisang sebagai *core* komposit *sandwich* sangat memungkinkan. Jika hasil penelitian ini dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya oleh Wijoyo dan Diharjo (2009), maka dapat disimpulkan bahwa kekuatan bending komposit *sandwich* dengan *core* pelepah pohon pisang memiliki kekuatan yang lebih kecil. Tetapi hal tersebut berbeda dalam penggunaan serat dan ketebalan *core*-nya. Untuk *core* pelepah pohon pisang setebal 5 mm, komposit *sandwich* serat aren-pelepah pohon pisang memiliki kekuatan bending sebesar $1,367 \text{ N/mm}^2$, sedangkan dengan *core* PUF setebal 10 mm, komposit *sandwich* GFRP-PUF memiliki kekuatan bending sebesar $0,0176 \text{ J/mm}^2$. Dengan demikian maka dapat dikatakan bahwa kekuatan komposit *sandwich* serat aren-pelepah pohon pisang lebih baik dibanding dengan kekuatan komposit *sandwich* GFRP-PUF, yaitu terbukti dengan ketebalan *sandwich* yang hanya setengahnya, kekuatannya jauh lebih besar. Kelemahan penggunaan *core* pelepah pohon pisang ini adalah mudah terlepasnya ikatan *core* dengan lamina komposit.

4. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan di atas maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semakin banyak jumlah lamina (layer) komposit *sandwich* mengakibatkan kekuatan bendingnya juga semakin meningkat.
2. Kekuatan bending komposit *sandwich* serat aren-polyeser dengan *core* pelepah pohon pisang berbanding lurus dengan penambahan variasi jumlah lamina (layer) yang diberikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dirjen DIKTI melalui Kopertis Wilayah 6 Jawa Tengah yang telah membiayai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1998. “*Annual Book ASTM Standart*”, USA.
- Anonim,, “*Manual Book of Charpy Impact*”.
- Deklarasi FAO, 2006, “*International Year of Natural Fibres 2009 (IYNF 2009)*”
- Gibson, O. F., 1994. “*Principle of Composite Materials Mechanics*”, McGraw-Hill Inc., New York, USA.
- Hee-Soo Kim, dkk., 2011, “*Enhanced Interfacial Adhesion, Mechanical, and Thermal Properties of Natural Flour-filled Biodegradable Polymer Bio-composites*”, J Therm Anal Calorim, 104:331-338.
- Jones, R. M., 1975. “*Mechanics of Composite Materials*”, Scripta Book Company, Washington D.C., USA.
- Kuncoro Diharjo dan Ngafwan, 2004. “*Pengaruh kepadatan Core PVC Terhadap Peningkatan Kekuatan bending dan Impak Komposit sandwich Serat Gelas*”, Penelitian Dosen Muda, DIKTI, Jakarta.
- Lina Herrera-Estrada, Selvam Pillay dan Uday Vaidya, 2007, “*Banana Fiber Composites for Automotive and Transportation Applications*”, Departemen of Material Science & Engineering, University of Alabama at Birmingham, Birmingham, Al 35294.
- Maleque, M. A., dkk., 2007, “*Mechanical Properties Study of Pseudo-stem Banana Fiber Reinforced Epoxy Composite*”, The Arabian Journal for Science and Engineering, Volume 32, Number 2B.
- Shackelford, 1992. “*Introduction to Materials science for Engineer*”, Third Edition, MacMillan Publishing Company, New York, USA.
- Sun M., dan Rechak H., 1988. “*Analisa Terhadap Pengaruh Lapisan Adhesif pada Komposit Lamina Graphit/Epoxy Terhadap Beban Impak*”, Prosiding Seminar Bidang Ilmu Material, Jakarta.

- Thiruchitrambalam, M., dkk., 2009, "*Improving Mechanical Properties of Banana/Kenap Polyester Hybrid Composites Using Sodium Lauryl Sulfate Treatment*", *Material Physics and Mechanics* 8: 165-173.
- Wijoyo dan Achmad Nurhidayat, 2013, "*Kajian Ketangguhan Impak Komposit Sandwich Serat Aren-Polyester Dengan Core Gedebog Pohon Pisang*", *Prosiding Simposium Nasional RAPI XII FT UMS Surakarta*.
- Wijoyo dan Kuncoro Diharjo, 2009. "*Analisa Kegagalan Impak Komposit Sandwich Serat Gelas dengan Core Polyurethane Foam*", *Majalah Teknik "MechATronic AUB" AT-Surakarta*, Volume 4.
- 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 Kuncoro Diharjo, 2003. "*Karakteristik Mekanis Komposit Sandwich Serat Gelas Serat Chopped Strand Mat Dengan Penambahan Lapisan Gel Coat*", *Skripsi, Teknik Mesin FT UNS, Surakarta*.