

KAJIAN KOMPREHENSIF KEKUATAN BENDING KOMPOSIT SANDWICH SERAT AREN-POLYESTER DENGAN CORE GEDEBOG POHONG PISANG

Wijoyo¹⁾, Achmad Nurhidayat²⁾

Fakultas Teknik, Universitas Surakarta

Jl. Raya Palur Km. 5 Surakarta 57772

email: ¹joyowi@yahoo.co.id, ²ackhun72@yahoo.com

ABSTRACT

Green image attached to natural fibers, paving the way for natural fibers for innovation and product development. Natural fibers as reinforcement composites have many advantages, such as the replacement of artificial fibers, low price, able to muffle the sound, environmentally friendly, have low density, and high mechanical ability, which can meet the needs of the industry. The purpose of this study is to investigate the performance improvement of the bending strength of composite sandwich of polyester fiber with core palm-tree bar banana trees with varying amounts lamina. The study was conducted with the main ingredient of palm fiber, matrix 157 BQTN Polyester type and G3253T, MEKPO catalyst, accelerator Cobalt naphtenate, max way, wax/mirror, and core waste banana tree bar. The equipment used is bending test equipment, digital scales, microscopes micro, macro photo and composite fabrication equipment. The test specimen is a composite made of sandwich type, with hand lay-up method. The number of laminae at the top layer is 1, 2 and 3 layers of palm fibers, while the bottom layer is the first layer of palm fiber. Layer structure and fabrication of composite sandwich measuring 0.4 mx 0.6 m. The results showed that the greater number of sandwich composite lamina resulted bendingnya strength also increased. Bending strength fiber composite sandwich core palm-tree bar polyeser the banana tree is directly proportional to the amount of additional variation given lamina. While the results of the cross-sectional analysis of fault that occurred starting from the surface of the skin which then runs to the core is generally dominated by brittle fracture in the matrix form of polyester.

Keywords: bending, composite sandwich, palm fiber-polyester

INTISARI

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 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-polyeser dengan core pelepah pohon pisang berbanding lurus dengan penambahan variasi jumlah lamina yang diberikan.

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

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 (UNFCCC, 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 sintesis 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 mongering. 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 gedebog pohon pisang. Selama ini gedebog 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.

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.

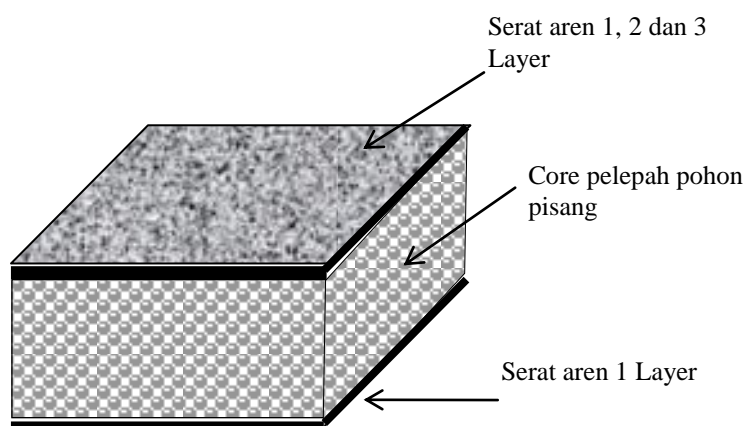
Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka penelitian tentang kajian secara komprehensif sifat fisis-mekanis, khususnya kekuatan bending komposit *sandwich* serat aren-polyester dengan *core* gedebog pohon pisang merupakan hal yang sangat menarik untuk dikaji lebih lanjut. Dalam penelitian ini akan diselidiki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

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

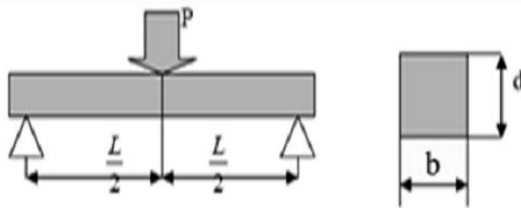
Peralatan yang digunakan adalah alat uji bending, timbangan digital, mikroskop mikro, foto makro dan peralatan fabrikasi komposit.

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* diperlihatkan pada Gambar 1 dan fabrikasinya dibuat berukuran 0,4 m x 0,6 m.

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



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).

Hasil patahan pada uji impak difoto makro. Selanjutnya hasil dari foto makro diamati dan dianalisa. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perilaku dari mekanisme terjadinya patah (gagal) dari komposit.

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 Diharjo, K, 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 *flat*nya 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.

Hasil penelitian kekuatan sambungan komposit serat nenas terhadap kekuatan tarik dan geser dengan adhesive epoksi, menunjukkan bahwa kekuatan komposit serat nenas-polyester lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan adhesive epoksi, hal ini ditunjukkan dengan adanya kerusakan di 3 area yang terjadi pada komposit (Sugiyanto dan Wijoyo, 2013).

Penelitian mengenai komposit serat nenas-polyester menunjukkan bahwa *treatment* serat nenas dengan perendaman pada larutan alkali (NaOH) 10 %, 20%, 30% dan 40% selama 2 jam mempunyai kekuatan tarik yang lebih baik dibandingkan dengan kekuatan tarik pada *treatment* yang sama selama 4 jam. *Treatment* serat nenas dengan perendaman pada larutan etanol 10 %, 20%, 30% dan 40% selama 2 jam juga lebih baik

dibandingkan dengan *treatment* selama 4 jam (Wijoyo, Sugiyanto dan Purnomo, C, 2011).

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 (Kim, H,S, dkk., 2011).

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

Hasil penelitian komposit sandwich GFRP dengan *core PU* menunjukkan kekuatan (ketangguhan) impak komposit *sandwich* GFRP 3 layer-PUF10mm-GFRP 1 layer (0.0201 J/mm^2) lebih besar dibandingkan dengan kekuatan bending komposit *sandwich* GFRP 3 layer - PUF 20 mm - GFRP 1 layer (0.0176 J/mm^2). Semakin tebal *core polyurethane* semakin besar energi serapnya (energi patah), namun kekuatan impaknya semakin menurun. Sedangkan kegagalan komposit *sandwich* didominasi oleh kegagalan *core polyurethane foam* yang lebih lemah dan komposit skin GFRP 1 layer (Wijoyo dan Diharjo, K, 2009).

Penelitian sifat mekanis komposit serat batang pisang dengan matrik epoksi, menunjukkan bahwa kekuatan tarik pada komposit serat pisang dengan matrik epoxy mengalami peningkatan sebesar 90%

dibandingkan dengan epoxy murni. Hasil uji kekuatan impak menunjukkan bahwa komposit serat batang pisang meningkat 40% dibanding dengan kekuatan impak bahan epoxy murni. Dampak tingginya nilai kekuatan impak ini mengakibatkan sifat ketangguhan material akan semakin baik. Komposit serat batang pisang juga mempunyai sifat yang ulet dengan deformasi plastik minimum (Maleque, M, A, dkk., 2007).

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 (Estrada, L,H, Pillay,S, dan Vaidya, U, 2007).

Kekuatan bending dan kekuatan impak 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 (Diharjo, K, dan Ngafwan, 2004).

Pengujian kekuatan tarik, bending dan impak terhadap komposit serat gelas 3 layer dalam bentuk *chopped strand mat* dengan per luasan 300 gram/m² dan 450 gram/m² secara berurutan dipeoleh kekuatan tarik sebesar 67,26 MPa dan 82,83 MPa, kekuatan bending 208,58 MPa dan 157,06 MPa, serta kekuatan impaknya 0,0472 J/mm² dan 0,0872 J/mm². Semakin tebal layer komposit yang digunakan semakin tinggi pula sifat tarik dan impaknya. 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, D, dan Diharjo, K, 2003).

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 (Yang, P, Liu, Y, dan Xu, F, 1998).

PEMBAHASAN

Hasil pengujian bending komposit *sandwich* serat aren-polyester dengan *core*

gedebog pohon pisang ditunjukkan pada Gambar 3. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa kekuatan bending komposit *sandwich* serat aren dengan core gedebog 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.

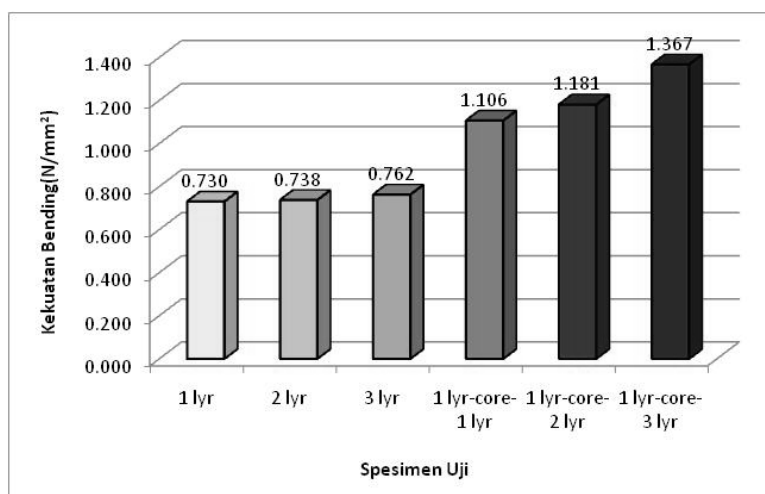
Berdasarkan besarnya kekuatan bending yang dapat ditahan oleh komposit *sandwich* serat aren-gedebog pohon pisang menunjukkan bahwa pengaruh jumlah lamina yang lebih besar memungkinkan mampu mendistribusikan beban kepada lapisan belakang pada *sandwich* yang memiliki kekuatan lebih tinggi, sehingga kekuatan 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, M, A, dkk., 2007), sehingga pemakaian gedebog pohon pisang sebagai *core* komposit *sandwich* sangat memungkinkan. Jika hasil penelitian ini dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya oleh Wijoyo dan Diharjo, K, (2009), maka dapat disimpulkan bahwa kekuatan bending komposit *sandwich* dengan *core* gedebog pohon pisang memiliki kekuatan yang lebih kecil. Tetapi hal tersebut berbeda dalam penggunaan serat dan ketebalan *core*-nya. Untuk *core* gedebog pohon pisang setebal 5 mm, komposit *sandwich* serat aren-gedebog pohon pisang memiliki kekuatan bending sebesar 1,367 N/mm², sedangkan dengan *core* PUF setebal 10 mm, komposit *sandwich* GFRP-PUF memiliki kekuatan bending sebesar 0,0176 J/mm². Dengan demikian maka dapat dikatakan bahwa kekuatan komposit *sandwich* serat aren-gedebog pohon pisang lebih baik dibanding dengan kekuatan komposit *sandwich* GFRP-

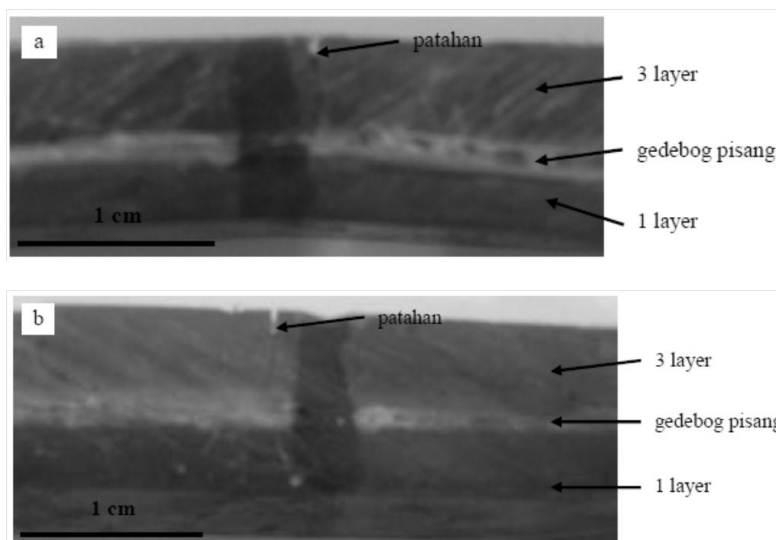
PUF, yaitu terbukti dengan ketebalan *sandwich* yang hanya setengahnya, kekuatannya jauh lebih besar. Kelemahan penggunaan *core* gedebog pohon pisang ini adalah mudah terlepasnya ikatan *core* dengan lamina komposit.

Hasil patahan dari uji bending seperti terlihat pada Gambar 4. Dari Gambar 4 tersebut di atas menunjukkan bahwa analisa penampang patahan mengindikasikan bahwa kegagalan dimulai dari komposit skin dan menjalar ke *core* gedebog. Pada komposit skin kegagalan lebih dikarenakan terjadi adanya patah getas sedangkan pada *core* cenderung gagal ulet. Hal ini terjadi karena sifat matrik

polyester yang bersifat keras dan getas. Sedangkan *core* gedebog pohon pisang lebih ulet. Pada lapisan skin 1 layer perambatan retak menjalar lebih cepat dibandingkan dengan lapisan skin 2 layer dan 3 layer. Semakin banyak komposit skin kemampuan untuk menahan beban bending semakin baik dengan ditandai pada penampang patahan komposit skin 3 layer yang menunjukkan retakan tidak sampai menjalar pada *core*. Kondisi ini dapat diterima, yaitu semakin banyak lapisan skin komposit maka serat yang bersifat ulet akan efektif menahan beban bending yang diberikan, sehingga tidak sampai menjalar ke *core*.



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



Gambar 4. Penampang patahan

- Komposit sandwich 1 lyr serat aren-gedebog-1 lyr serat aren
- Komposit sandwich 1 lyr serat aren-gedebog-3 lyr serat aren

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin banyak jumlah lamina (layer) komposit *sandwich* mengakibatkan kekuatan bendungnya juga semakin meningkat. Kekuatan bending komposit *sandwich* serat aren-polyeser dengan *core* gedebog pohon pisang berbanding lurus dengan penambahan variasi jumlah lamina (layer) yang diberikan.
2. Penampang patahan yang terjadi dimulai dari permukaan skin dan menjalar menuju *core*. Patahan secara umum didominasi dengan bentuk patahan getas pada matrik polyesternya. Semakin banyak komposit skin kemampuan untuk menahan beban bending semakin baik dengan ditandai pada penampang patahan komposit skin 3 layer yang menunjukkan retakan tidak sampai menjalar pada *core*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada 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*
- Diharjo, K, dan Ngafwan, 2004, *Pengaruh kepadatan Core PVC Terhadap Peningkatan Kekuatan bending dan Impak Komposit sandwich Serat Gelas*, Penelitian Dosen Muda, DIKTI, Jakarta
- Estrada, L, H, Pillay, S, dan Vaidya, U, 2007, *Banana Fiber Composites for Automotive and Transportation Applications*, Departemen of Material Science & Engineering, University of Alabama at Birmingham, Birmingham, Al 35294
- Gibson, O, F, 1994, *Principle of Composite Materials Mechanics*, McGraw-Hill Inc., New York, USA
- Jones, R, M, 1975. *Mechanics of Composite Materials*, Scripta Book Company, Washington D.C., USA
- Kim, H, S, dkk., 2011, *Enhanced Interfacial Adhesion, Mechanical, and Thermal Properties of Natural Flour-filled Biodegradable Polymer Bio-composites*, J Therm Anal Calorim, 104:331-338
- 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
- Sugiyanto dan Wijoyo, 2013, *Pengaruh Kekuatan Sambungan Komposit Serat Nanas Terhadap Kekuatan Tarik dan Geser Dengan Adhesive epoksi*, Prosiding Simposium Nasional RAPI XII FT UMS Surakarta.
- 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
- UNFCCC, 1997, *Kyoto Protocol in Kyoto, Japan, in which they agree to the broad outlines of emissions targets*, 11 December 1997, Japan.
- Wijoyo dan Diharjo, K, 2009, *Analisa Kegagalan Impak Komposit Sandwich Serat Gelas dengan Core Polyurethane Foam*. Majalah Teknik "MechATronic AUB" AT-Surakarta. Volume 4
- Wijoyo, Sugiyanto, dan Purnomo, C, 2011, *Pengaruh Perlakuan Permukaan Serat Nanas (Ananas Comosus L. Merr) Terhadap Kekuatan Tarik dan Kemampuan Rekat Sebagai Bahan Komposit*, Jurnal Mekanika, Vol. 9 No. 2. Teknik Mesin-UNS Surakarta
- 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