

KAJIAN KETANGGUHAN IMPAK KOMPOSIT SANDWICH SERAT AREN-POLYESTER DENGAN CORE GEDEBOG POHON PISANG

Wijoyo¹, Achmad Nurhidayat²

^{1,2}Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Surakarta
Jl. Raya Palur Km. 5 Surakarta 57772 Telp. 0271 825117
E-mail : 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. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki peningkatan kinerja ketangguhan impak komposit sandwich serat aren-polyester dengan core gedebog pohon pisang akibat pengaruh penambahan jumlah lamina. Penelitian dilakukan dengan bahan utama serat aren, matrik Polyester type 157 BQTN dan G3253T, katalis MEKPO, dan core/inti limbah gedebog pohon pisang. Peralatan yang digunakan adalah alat uji impak charpy, timbangan digital, foto makro dan peralatan fabrikasi komposit. Spesimen uji yang dibuat merupakan komposit jenis sandwich, dengan metoda hand lay up. Jumlah lamina pada lapisan atas direncanakan 1, 2 dan 3 layer serat aren, sedangkan lapisan bawah direncanakan 1 layer serat aren. Struktur lapisan komposit sandwich dan fabrikasinya direncanakan berukuran 0,5 m x 0,5 m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah lamina (layer) semakin besar ketangguhan impak komposit sandwich. Ketangguhan impak komposit sandwich serat aren 1 layer-gedebog-serat aren 3 layer adalah 0,143 J/mm², meningkat sebesar 14,69% dibandingkan dengan komposit sandwich serat aren 1 layer-gedebog-serat aren 1 layer sebesar 0,0122 J/mm². Semakin banyak jumlah lamina (layer) juga mengakibatkan semakin besar energi serap komposit sandwich. Kegagalan komposit sandwich didominasi oleh kegagalan komposit skin serat aren 1 layer yang lebih lemah (getas).

Kata kunci: ketangguhan impak; gedebog; komposit sandwich; serat aren-polyester.

Pendahuluan

Material komposit serat alam merupakan material alternatif yang sangat menguntungkan bila dibandingkan dengan material monolitik lainnya, dimana dewasa ini telah berkembang dengan cepat, dan semakin mendapatkan perhatian serius dari para ilmuwan dan para insinyur yang bergelut dalam bidang ilmu bahan (*material science*), dan mekanika bahan (*mechanics of material*). Hal ini disebabkan karena serat alam yang digunakan sebagai penguat komposit tersebut 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.

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. Akibatnya, saat ini limbah tersebut menumpuk. 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.

Ketersediaan limbah serat tersebut potensial digunakan sebagai penguat komposit serat alam yang ramah lingkungan. Studi eksperimen pemanfaatan serat alam ini juga sekaligus memperkaya daftar potensi tanaman serat alam di Indonesia sebagai penguat komposit. Salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan komposit serat alam adalah faktor fraksi volume serat atau kandungan serat. Pada prinsipnya, semua serat alam memiliki kekuatan yang cukup tinggi (di atas 100 MPa). Perilaku rendahnya kekuatan komposit biasanya disebabkan oleh tidak terkontrolnya kandungan penguat serat.

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.

Komposit sandwich terdiri dari flat komposit dan core/inti. Core yang biasa dipakai oleh industri adalah core polyuretan (PU), polyvinyl Clorida (PVC), dan honeycomb. Hasil riset Kuncoro Diharjo dan Ngafwan (2004)

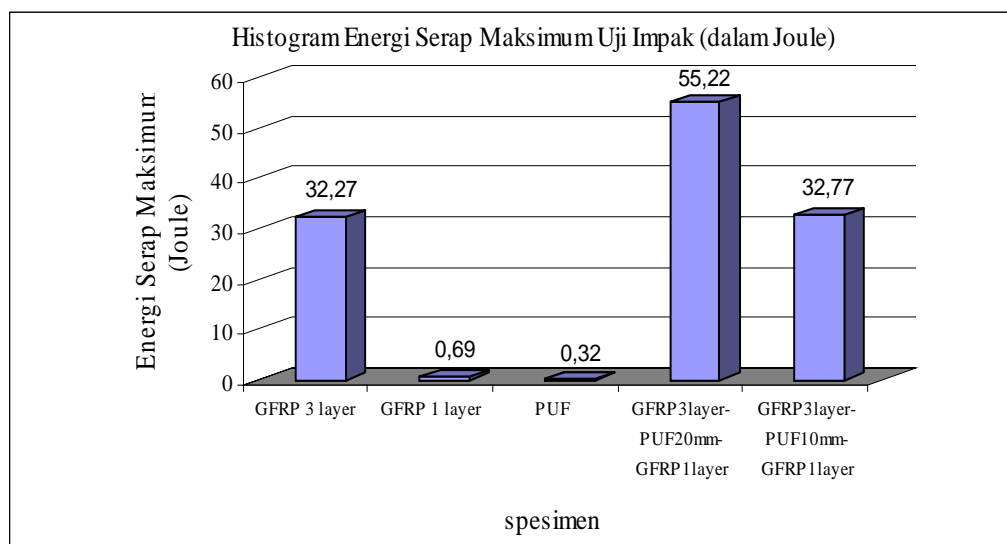
mengindikasikan bahwa kelemahan *core* PVC adalah selalu patah pada flat komposit sisi belakang akibat uji impak. PVC yaitu mengalami kegagalan terlebih dahulu (pecah) sebelum komposit *flatnya* patah. Untuk *core honeycomb* memiliki kekuatan yang tinggi, namun harganya sangat mahal. Oleh karena itu, industri mayoritas menggunakan *core* PU dan PVC, yang lebih murah.

Wijoyo, Sugiyanto dan Catur Purnomo (2011) dalam penelitiannya mengenai komposit serat nenaspolyester 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. *Treatment* serat nenas dengan perendaman larutan alkali (NaOH) dan etanol (C₂H₅OH) 10%, 20%, 30% dan 40% selama 2 jam dan 4 jam terhadap kompatibilitas (tegangan geser *interfacial*) serat nenas terbaik pada serat yang mengalami perlakuan selama 4 jam.

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 impak 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) impak 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 impaknya semakin menurun. Sedangkan kegagalan komposit *sandwich* didominasi oleh kegagalan *core polyurethane foam* yang lebih lemah dan komposit skin GFRP 1 layer, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



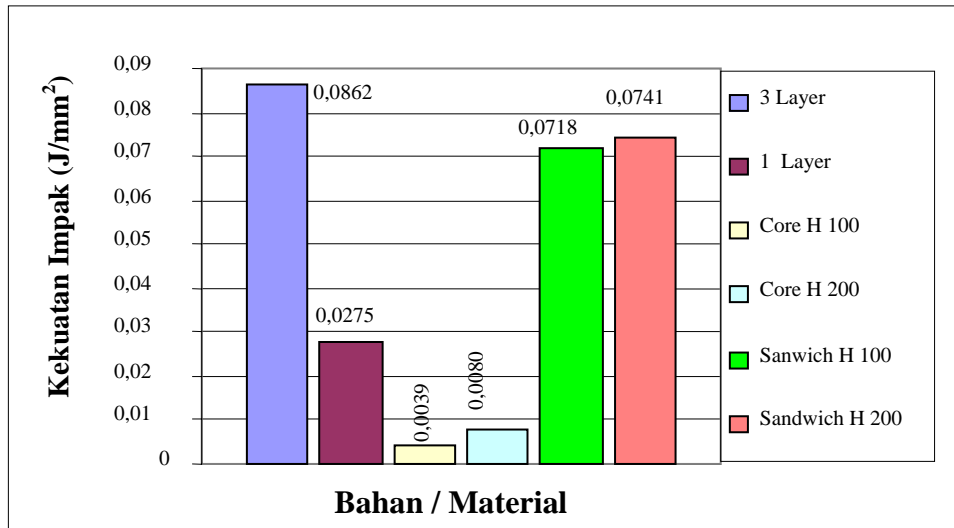
Gambar 1. Diagram energi serap komposit sandwich GFRP-PUF (Wijoyo dan Kuncoro Diharjo, 2009)

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 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.

Lina Herrera-Estrada, Selvum 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*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Perilaku ini mengindikasikan bahwa semakin padat core yang digunakan maka semakin tinggi pula kekuatannya.



Gambar 2. Grafik kekuatan dampak komposit sandwich GFRP dengan core PVC (Kuncoro Diharjo dan Ngafwan, 2004)

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 dipeoleh 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).

Kuncoro Diharjo dan Achmad Nurhidayat (2001) juga pernah melakukan penelitian teknik penguatan lubang komposit serat karung plastik. Hasilnya menunjukkan bahwa lubang komposit yang dibor memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan lubang yang dibuat dengan cetakan. Peningkatan kekuatan tersebut berkisar antara 20-40%. Hal menarik dalam penelitian ini adalah adanya daerah miskin serat di sekitar lubang. Daerah ini menjadi penyebab utama kegagalan.

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 graphite/epoxy terhadap beban dampak. Hasilnya menunjukkan bahwa keberadaan lapisan adhesif sebagai hasil dari efek yang menyertai delaminasi memberikan nilai tambah terhadap beban dampak. Matrik pada lamina bagian atas cukup banyak mereduksi beban dampak. 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.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh jumlah lamina terhadap peningkatan kinerja kekuatan dampak komposit sandwich serat aren-polyester dengan core gedebog pohon pisang.

Metode Penelitian

Bahan dan Alat Penelitian

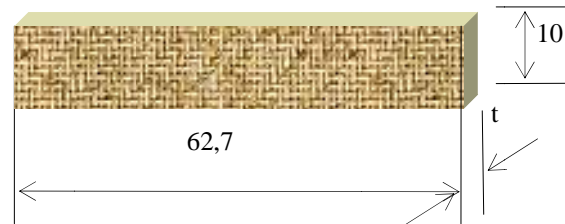
Bahan-bahan utama penelitian meliputi serat aren, matrik *Polyester* type 157 BQTN dan G3253T, katalis MEKPO, *akselerator Cobalt naphtenate, max way, wax/mirror*, dan *core/inti* limbah gedebog pohon pisang.

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

Pembuatan Spesimen Uji dan Pengujiannya

Spesimen uji yang dibuat merupakan komposit jenis sandwich, dengan metoda *hand lay up*. Jumlah lamina pada lapisan atas direncanakan 1, 2 dan 3 layer serat aren, sedangkan lapisan bawah direncanakan 1 layer serat aren.

Komposit *sandwich* dicetak secara *falt* komposit dan spesimen uji komposit *sandwich* dibuat dengan cara memotong. Spesimen uji *flat* komposit dibuat dengan standar ASTM D-256. Semua spesimen memiliki lebar yang sama untuk mempermudah melakukan analisis peningkatan ketangguhan impact. Pengujian impact charpy dilakukan sesuai prosedur pada standar ASTM D-256.

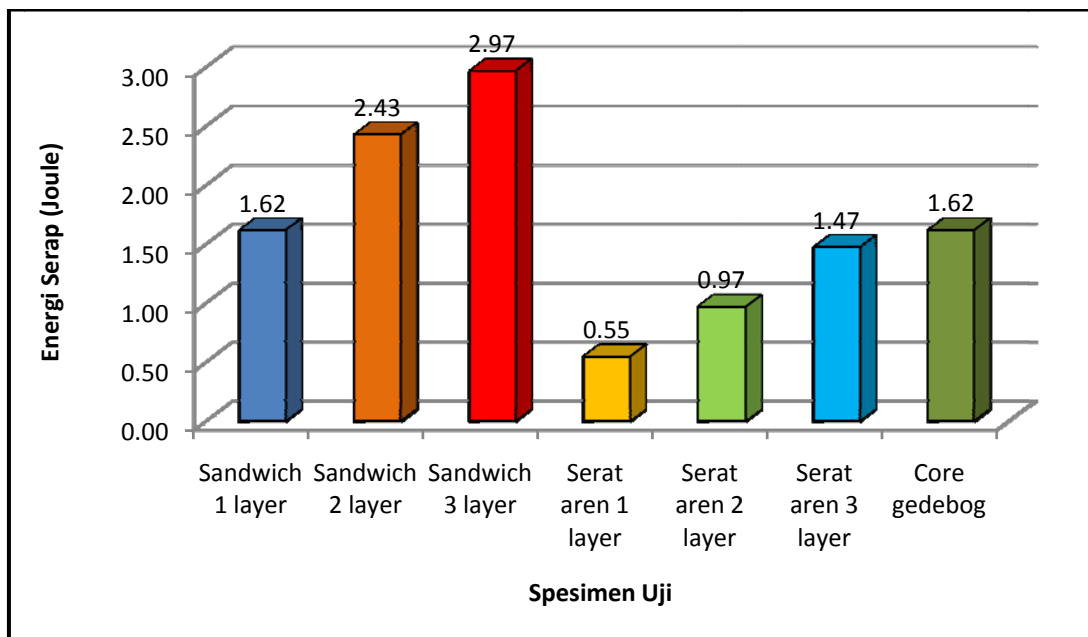


Gambar 3. Spesimen uji impact ASTM D 256

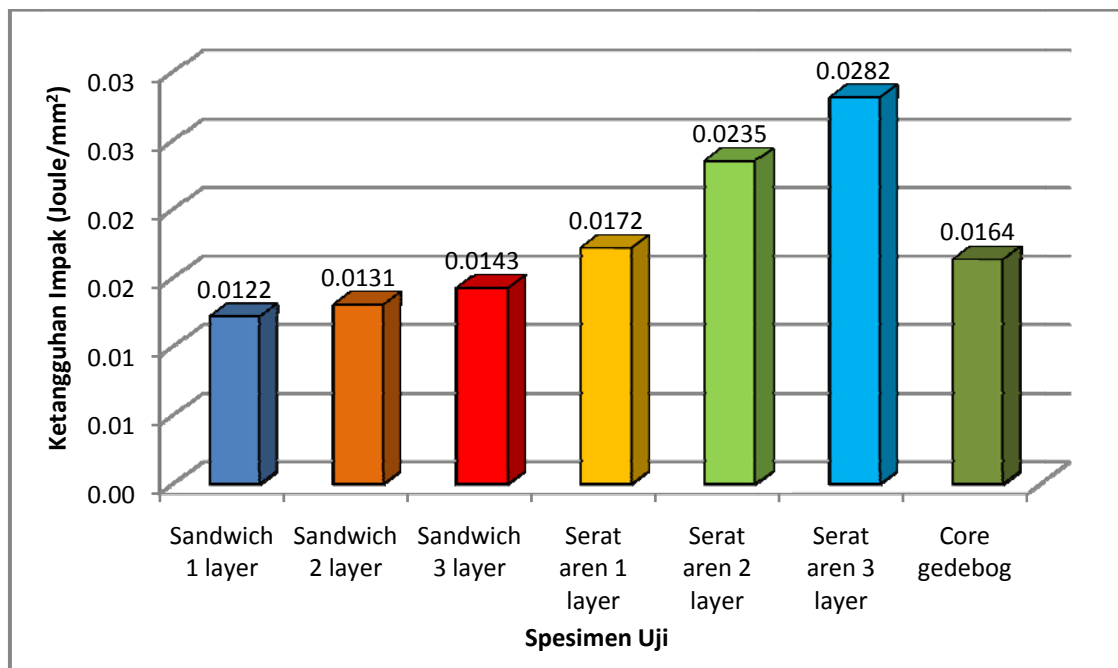
Hasil Dan Pembahasan

Uji Ketangguhan Impact

Besarnya energi serap yang dapat ditahan oleh komposit *sandwich* serat aren dengan core gedebog pohon pisang dengan jumlah lamina 1 layer, 2 layer dan 3 layer sedangkan yang bawah 1 layer berturut-turut adalah 1,62 J, 2,43 J dan 2,97 J, sedangkan energi serap pada serat aren 1 layer, 2 layer, 3 layer dan *core* gedebog pohon pisang berturut-turut adalah 0,55 J, 0,97 J, 1,47 J dan 1,62 J, seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah lamina (layer) semakin besar energi serap komposit *sandwich*. Besarnya kekuatan impact komposit serat aren 3 layer yaitu sebesar 0.0235 J/mm², lebih besar dibandingkan dengan ketangguhan impact komposit *sandwich* dengan *core* gedebog pohon pisang, seperti ditunjukkan pada gambar 5. Kegagalan pada lapisan serat aren yang lebih dulu menyebabkan kekuatan impact komposit *sandwich* menjadi lebih kecil.



Gambar 4. Diagram energi serap komposit sandwich serat aren-gedebog pohon pisang



Gambar 5. Diagram kekuatan impact komposit sandwich serat aret-gedebog pohon pisang

Kekuatan impact komposit *sandwich* serat aren 1 layer-gedebog-serat aren 1 layer, serat aren 2 layer-gedebog-serat aren 1 layer dan serat aren 3 layer-gedebog-serat aren 1 layer berturut-turut adalah 0,0122 J/mm², 0,0131 J/mm², dan 0,143 J/mm². Semakin banyak jumlah lamina (layer) semakin besar kekuatan impact komposit *sandwich*. Dengan demikian, komposit *sandwich* yang mempunyai ketebalan lebih besar akan memiliki kemampuan menahan energi patahnya (serapnya) yang lebih tinggi.

Hal ini 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, energi serap yang terdistribusi ke lapisan serat aren 3 layer semakin besar sehingga mampu menyerap energi impact 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 gedebog 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 ketangguhan impact komposit *sandwich* dengan core gedebog memiliki kekuatan yang lebih kecil. Tetapi hal tersebut berbeda dalam penggunaan serat dan ketebalan corenya. Untuk core gedebog setebal 5 mm, komposit *sandwich* serat aren-gedebog memiliki kekuatan impactnya sebesar 0,0143 J/mm², sedangkan dengan core PUF setebal 10 mm, komposit *sandwich* GFRP-PUF memiliki kekuatan impact sebesar 0.0201 J/mm², atau hanya sekitar 28,86% dari dari kekuatan komposit GFRP-PUF. Kelemahan penggunaan core gedebog ini adalah mudah terlepasnya ikatan core dengan lamina komposit.

Kesimpulan

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

1. Semakin banyak jumlah lamina (layer) semakin besar kekuatan impact komposit *sandwich*.
2. Kekuatan impact komposit *sandwich* serat aren 1 layer-gedebog-serat aren 3 layer adalah 0,143 J/mm², meningkat sebesar 14,69% dibandingkan dengan komposit *sandwich* serat aren 1 layer-gedebog-serat aren 1 layer sebesar 0,0122 J/mm².
3. Semakin banyak jumlah lamina (layer) juga mengakibatkan semakin besar energi serap komposit *sandwich*.

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".
- 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 Achmad Nurhidayat, 2001. "Teknik Penguatan Komposit Serat Karung Plastik Berlubang", Penelitian Dosen Muda, DIKTI, Jakarta.
- 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, Sugiyanto dan Catur Purnomo, 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.
- 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.