

Kekuatan bending panel komposit lamina berbasis karung plastik bekas (woven bag)

Heri Yudiono¹, Samsudin Anis² Masugino³, Pramono²

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229
Email korespondensi: heri_yudiono@mail.unnes.ac.id

Abstrak

Limbah berbahan plastik khususnya karung plastik menjadi permasalahan nasional karena intensitas penggunaannya yang terus meningkat dan perilaku masyarakat yang kurang peduli terhadap lingkungan, sehingga sesegera mungkin dicarikan upaya pengendalian yang pro lingkungan, pro teknologi dan pro ekonomi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kekuatan bending, modulus elastisitas, dan tingkat defleksitas panel komposit lamina dari karung plastik bekas sebagai material alternatif yang tangguh, ringan, dan kuat. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan kategori rancangan Pre-Eksperimental Designs bertipe Static Group Comparations. Pengujian dilakukan untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Kelompok eksperimen adalah kelompok yang mendapat perlakuan dengan memvariasi orientasi serat anyaman karung plastik bekas $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$, $0^{\circ}/+30^{\circ}/0^{\circ}/+30^{\circ}$, $0^{\circ}/+45^{\circ}/0^{\circ}/+45^{\circ}$, $0^{\circ}/+60^{\circ}/0^{\circ}/+60^{\circ}$ dan $0^{\circ}/+90^{\circ}/0^{\circ}/+90^{\circ}$. Kelompok kontrol pada penelitian ini adalah spesimen yang tidak mendapat perlakuan berupa bumper sebagai kontrol produk. Spesimen uji bending menggunakan standart ASTM D790. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa orientasi serat berpengaruh terhadap kekuatan bending komposit lamina berbasis karung plastik bekas. Kekuatan bending tertinggi pada orientasi serat $0^{\circ}/+60^{\circ}/0^{\circ}/+60^{\circ}$.. sebesar 123,4 N/mm² dan harga tersebut lebih tinggi 24,96% dibandingkan dengan kekuatan bending bumper sebagai kontrol produk sebesar 92,6 N/mm². Debonding terjadi pada spesimen uji karena lepasnya ikatan pada bidang kontak matriks-serat yang disebabkan gaya geser yang tidak mampu ditahan oleh matriks.

Kata kunci: karung plastik, komposit lamina, kekuatan bending.

Abstract

Waste made from plastic, especially plastic sacks has become a national problem because of the intensity of its ever increasing use and the behaviour of the people who are less concerned about the environment, so as soon to find control efforts that are pro-environment, pro-technology and pro-economic. This research aims to analyze the bending strength, modulus of elasticity, and the degree of deflexivity of the lamina composite panels from used plastic sacks as an alternative material which is tough, lightweight, and strong. The research method used was an experimental method with the category of Pre-Experimental Designs type Static Group Comparations. The tests were conducted for the control groups and experimental groups. The experimental group is the group that is treated by varying the orientation of the used woven plastic sack fibers $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$, $0^{\circ}/+30^{\circ}/0^{\circ}/+30^{\circ}$, $0^{\circ}/+45^{\circ}/0^{\circ}/+45^{\circ}$, $0^{\circ}/+60^{\circ}/0^{\circ}/+60^{\circ}$ and $0^{\circ}/+90^{\circ}/0^{\circ}/+90^{\circ}$. The control group in this study were specimens that were not treated in the form of bumpers as product controls. The specimens of bending test are using the ASTM D790 standard. The results of the research reveal that the orientation of the fiber affects the bending strength of the lamina composite based on used plastic sacks. The highest bending strength in fiber orientation $0^{\circ}/+60^{\circ}/0^{\circ}/+6^{\circ}$.. is 123.4 N/mm² and the that previous price is 24.96% higher than the bumper bending strength as a product control of 92, 6 N/mm². Debonding occurs on test specimens due to the release of bond in the contact area of the fiber-matrix caused by the shearing forces that the matrix cannot hold.

Keywords: plastic sack, lamina composite, bending strength.

1. Pendahuluan

Salah satu upaya yang dilakukan pemerintah untuk mengurangi intensitas penggunaan plastik yang terus meningkat dengan gerakan "kantong plastik berbayar" melalui Surat Edaran Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) No. 60/PSLB3-PS/2015 bertepatan Hari Peduli Sampah Nasional tanggal 21 Februari 2016. Selain itu, Peraturan Rektor Unnes No. 27 Tahun 2012 tentang tata kelola kampus berbasis konservasi

mengamanahkan pada pasal 6 ayat 2 bahwa: program pilar pengelolaan limbah diwujudkan dengan kegiatan: 1) Pemanfaatan kembali barang-barang yang tidak terpakai (*reuse*); 2) Pengurangan kegiatan dan atau benda yang berpotensi menghasilkan sampah dan atau limbah (*reduce*); dan 3) Melakukan daur ulang terhadap sampah dan atau limbah untuk dimanfaatkan kembali (*recycle*). Selaras dengan amanah tersebut, untuk mengurangi limbah plastik khususnya jenis karung plastik (*woven bag*) sangat

diperlukan inovasi teknologi pengolahan dengan pendekatan *laminated composite* menjadi panel komposit lamina yang bernilai ekonomi, tangguh dan kuat.

Komposit lamina memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari logam, kekakuan jenis (*modulus Young/density*) dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam. Tetapi komposit lamina sangat rentan terhadap tegangan geser, karena modulus geser yang rendah dibandingkan dengan kekakuan ekstensional. Upaya yang dapat dilakukan dengan meningkatkan ketebalan dan rasio modulus [1]. Beban *buckling* pada komposit lamina dapat dilakukan dengan meningkatkan rasio ketebalan dengan panjang, dan orientasi ply dan bentuk cut-out pada perilaku *buckling* [2]. Penguatan kekuatan komposit lamina dengan matriks resin poliester dan penguat serat karung plastik bekas sangat dipengaruhi oleh orientasi serat [3]. Sedangkan perilaku delaminasi leleh pada komposit lamina carbon/epoxy melalui uji lentur dipengaruhi oleh laju pelepasan energi regangan atau faktor intensitas tegangan sebagai parameter utama penggerak kelelahan [4].

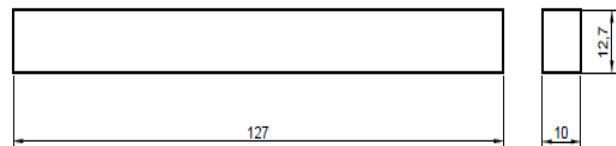
Dalam komposit lamina, penguat dan matriks menghasilkan kombinasi sifat mekanis yang berbeda dengan sifat dasar dari masing-masing matriks maupun penguat karena adanya antarmuka antara ke dua komponen tersebut. Antarmuka antara matriks dan penguat dalam pembuatan komposit sangat berpengaruh terhadap sifat akhir dari komposit yang terbentuk, baik sifat fisik maupun mekanik. Komposit lamina sangat dipengaruhi oleh jenis serat, orientasi arah serat dan matriks penguatnya [5]. Sejalan dengan hal tersebut, untuk meminimalisasi ketebalan lapisan komposit lamina dengan memperhatikan desain lay-up, arah sudut serat dan jumlah lapisan di setiap lamina [6]. Sifat lentur komposit sandwich yang terdiri dari permukaan kertas/epoxy dan aramid honeycomb sebagai inti menunjukkan bahwa bahwa modulus lentur dan penurunan kekuatan ketika ketebalan inti meningkat [7].

Fiber Reinforced Composite memberikan solusi material ringan dan kuat ditengah tantangan penggunaan struktur, oleh karena itu diperlukan pemahaman yang tinggi mengenai bahan komposit serta diperlukan metode untuk menganalisa dan memprediksi kegagalan struktur komposit yang relevan [8].

Berangkat dari permasalahan, kajian teori, dan penelitian yang relevan maka penelitian ini mengembangkan perilaku mekanik panel komposit lamina berbasis karung plastik dengan menitik beratkan pada analisis kekuatan bending, modulus elastisitas, dan tingkat defleksitas sebagai material alternatif yang kuat, ringan, dan tangguh.

2. Metode

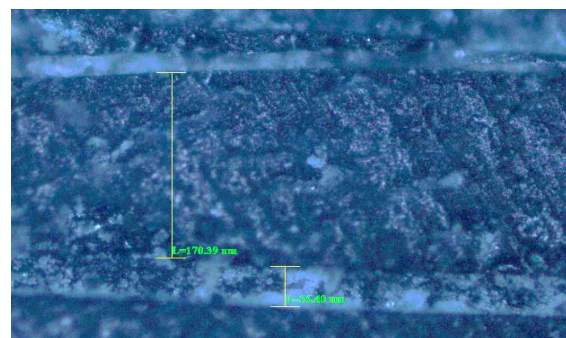
Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan kategori rancangan *Pre-Experimental Designs* bertipe *Static Group Comparisons*. Pengujian dilakukan untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Kelompok eksperimen adalah kelompok yang mendapat perlakuan dengan variasi orientasi serat anyaman karung plastik bekas $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$, $0^{\circ}/+30^{\circ}/0^{\circ}/+30^{\circ}$, $0^{\circ}/+45^{\circ}/0^{\circ}/+45^{\circ}$, $0^{\circ}/+60^{\circ}/0^{\circ}/+60^{\circ}$ dan $0^{\circ}/+90^{\circ}/0^{\circ}/+90^{\circ}$. Kelompok kontrol pada penelitian ini adalah spesimen yang tidak mendapat perlakuan berupa bumper Avanza sebagai kontrol produk. Spesimen uji bending menggunakan standart ASTM D790 [9].



Gambar 1. Spesimen Uji Bending standart ASTM D790.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk mengungkap kekuatan bending komposit lamina berbasis serat anyam karung plastik (*woven bag*) sebagai kelompok eksperimen dan bumper mobil sebagai orientasi produk untuk kelompok kontrol. Komposit lamina terbentuk dari serat anyam karung plastik dengan berpenguat resin unsaturated polyester. Serat anyam karung plastik terbuat dari Polypropylene (*inert Filler*) dengan density sebesar 1.00 - 1.30 gr/cm³ dan Polyester (Thermoplastic 18% Glass filler) dengan density sebesar 1.48 - 1.50 gr/cm³. Komposit lamina yang terbentuk dengan ketebalan layers sebesar 170,39 μ m dan jarak antar layers sebesar 36,40 μ m seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



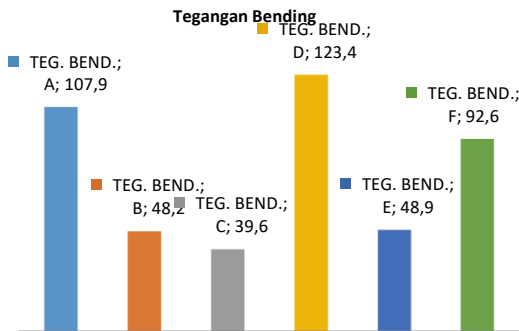
Gambar 2. Ketebalan Lamina dan matriks.

Sedangkan material kontrol sebagai orientasi produk menggunakan body kit dari Toyota berupa bumper. Bumper terbuat campuran dari Polypropylene (*inert Filler*) dengan density sebesar 1.00 - 1.30 gr/cm³ dengan Polyethylene (*High Density*) dengan density sebesar 0.941 - 0.965 gr/cm³.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Bending.

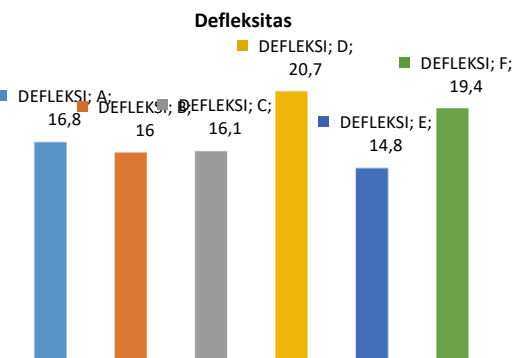
Orientasi Serat	Kekuatan Bending (N/mm ²)	Tingkat Defleksi (mm)	Modulus Ekastisitas (N/mm ²)
A (0°/0°/0°/0°...)	107.9	16.8	0.2
B(0°/+30°/0°/+30°..)	48.2	16	0.1
C(0°/+45°/0°/+45°..)	39.6	16.1	0.1
D(0°/+60°/0°/+60°..)	123.4	20.7	0.13
E(0°/+90°/0°/+90°..)	48.9	14.8	0.2
F (Bumper)	92.6	19.4	0.17

Dari Gambar 3. menunjukkan bahwa kekuatan bending tertinggi pada komposit lamina berbasis karung plastik bekas dengan orientasi arah serat (0°/+60°/0°/+60°..) sebesar 123,4 N/mm² dan lebih tinggi 24,96% dibandingkan dengan kekuatan bending bumper sebagai kontrol produk sebesar 92,6 N/mm². Sedangkan kekuatan bending terendah pada komposit lamina dengan orientasi arah serat (0°/+45°/0°/+45°..) sebesar 39,6 N/mm².



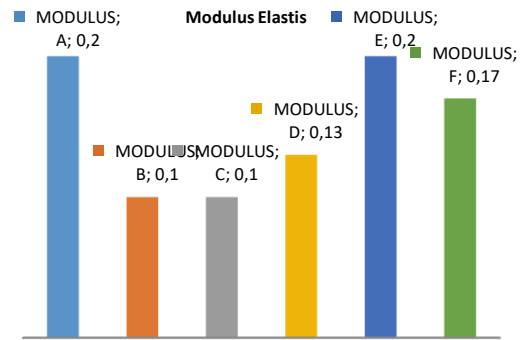
Gambar 3. Kekuatan Bending.

Dari Gambar 4. menunjukkan bahwa tingkat defleksitas tertinggi pada komposit lamina berbasis karung plastik bekas dengan orientasi arah serat (0°/+60°/0°/+60°..) sebesar 20,7 mm dan lebih tinggi 6,28% dibandingkan dengan tingkat defleksitas bumper sebagai kontrol produk sebesar 19,4 mm. Sedangkan tingkat defleksitas terendah pada komposit lamina dengan orientasi arah serat (0°/+90°/0°/+90°..) sebesar 14.8 mm.



Gambar 4. Tingkat Defleksitas.

Modulus elastisitas tertinggi pada komposit lamina berbasis karung plastik bekas dengan orientasi arah serat (0°/0°/0°/0°..) dan (0°/+90°/0°/+90°..) sebesar 0,2 N/mm² dan lebih tinggi 17,65% dibandingkan dengan tingkat defleksitas bumper sebagai kontrol produk sebesar 0,17 N/mm². Sedangkan modulus elastisitas terendah pada komposit lamina dengan orientasi arah serat (0°/+30°/0°/+30°..) dan (0°/+45°/0°/+45°..) sebesar 0,1 N/mm², seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Modulus Elastis.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengungkapkan bahwa komposit lamina berbasis karung plastik bekas (woven bag) berpotensi dikembangkan menjadi material alternatif untuk body kit kendaraan khususnya bumper mobil. Potensi pengembangan sebagai material alternative tersebut didukung oleh hasil penelitian yang mengungkapkan bahwa orientasi serat berpengaruh terhadap kekuatan bending komposit lamina berbasis karung plastik bekas. Kekuatan bending komposit lamina berbasis karung plastik bekas dengan orientasi arah serat (0°/+60°/0°/+60°..) sebesar 123,4 N/mm² dan nilai tersebut lebih tinggi 24,96% dibandingkan dengan kekuatan bending bumper sebagai kontrol produk sebesar 92,6 N/mm². Tingkat defleksitas komposit lamina berbasis karung plastik bekas tertinggi juga pada orientasi arah serat (0°/+60°/0°/+60°..) sebesar 20,7 mm dan lebih tinggi 6,28% dibandingkan dengan tingkat defleksitas bumper sebagai kontrol produk sebesar 19,4 mm.

Orientasi serat (0°/+60°/0°/+60°..) komposit lamina berbasis karung plastik bekas memiliki kekuatan bending lebih tinggi karena memiliki ikatan antar muka dan bidang kontak yang lebih kuat dibandingkan dengan orientasi arah serat yang lain. Dalam komposit lamina, penguat dan matriks menghasilkan kombinasi sifat mekanis yang berbeda dengan sifat dasar dari masing-masing matriks maupun penguat karena ada antarmuka antara ke dua komponen tersebut. Mekanisme penguatannya bahwa antarmuka antara matriks dan penguat dalam pembuatan komposit sangat berpengaruh terhadap sifat akhir dari komposit yang terbentuk, baik sifat fisik maupun mekanik.

Antarmuka dalam komposit lamina terjadi karena permukaan yang terbentuk diantara matriks dan penguat, serta mengalami kontak dengan keduanya dengan membuat ikatan antara ke duanya untuk perpindahan beban, antarmuka mempunyai sifat fisik dan mekanik yang unik dan tidak merupakan sifat masing-masing matriks maupun penguatnya. Antarmuka biasanya diusahakan tanpa ketebalan (atau volume) dan mempunyai ikatan sangat bagus. Ikatan antar muka penguat dan metrik berpengaruh terhadap beban geser yang terjadi antar lamina. Ikatan antar permukaan yang terjadi pada awalnya merupakan gaya adhesi yang ditimbulkan karena kekasaran bentuk permukaan berupa perbedaan orientasi arah serat antar muka yang memungkinkan terjadinya *interlocking* antar muka pada ke dua komponen tersebut. Sedangkan mekanisme pembebanan lentur pada komposit lamina merupakan kombinasi beban tarik, tekan dan geser. Ketika pembebanan lentur diberikan pada bagian permukaan specimen, maka bagian atas terjadi tekan, bagian bawah terjadi tarik dan bagian tengah lapisan terjadi geser.

4. Kesimpulan

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dalam penelitian kekuatan bending komposit lamina berbasis karung plastik bekas adalah: 1) Kekuatan bending tertinggi pada komposit lamina berbasis karung plastik bekas dengan orientasi serat ($0^\circ/+90^\circ/0^\circ/+90^\circ..$) dan ($0^\circ/0^\circ/0^\circ/0^\circ...$) sebesar 0,2 N/mm² dan lebih tinggi 15,00 % dibandingkan dengan kekuatan bending bumper sebagai control produk sebesar 0,17 N/mm²; 2) Tingkat defleksitas tertinggi pada komposit lamina berbasis karung plastik bekas dengan orientasi arah serat ($0^\circ/+60^\circ/0^\circ/+60^\circ..$) sebesar 20,7 mm dan lebih tinggi 6,28% dibandingkan dengan tingkat defleksitas bumper sebagai kontrol produk sebesar 19,4 mm; dan 3) Modulus elastis tertinggi pada komposit lamina berbasis karung plastik bekas dengan orientasi arah serat ($0^\circ/+90^\circ/0^\circ/+90^\circ..$) dan ($0^\circ/0^\circ/0^\circ/0^\circ...$) sebesar 0,2 N/mm² dan lebih tinggi 17,65 % dibandingkan dengan modulus elastis bumper sebagai control produk sebesar 0,17 N/mm².

Daftar Pustaka

- [1] B. Sidda Reddy, *et al.* 2012. Bending analysis of laminated composite plates using finite element method. *International Journal of Engineering, Science and Technology* Vol. 4, No. 2, 2012, pp. 177-190.
- [2] Mohan. Kumar M, *et al.* 2013. Buckling Analysis of Woven Glass Epoxy Laminated Composite Plate *American Journal of Engineering Research (AJER)* e-ISSN : 2320-0847 p-ISSN : 2320-0936 Volume-02, Issue-07, pp-33-40.
- [3] Yudiono. Heri, dkk., 2017, Kekuatan Tarik Komposit Lamina Berbasis Anyaman Serat Karung Plastik Bekas (Woven Bag), *Jurnal Kompetensi Teknik* Vol. 8, No.2, Mei 2017

- [4] J.A. Sousa, A.B. Pereira, A.P. Martins, A.B. de Morais. 2015. Mode II fatigue delamination of carbon/epoxy laminates using the end-notched flexure test. *Composite Structures* 134 (2015) 506–512.
- [5] K. He, *et al.* 2000. The study of tapered laminated composite structures: a review. *Composites Science and Technology* 60 (2000) 2643±2657.
- [6] Akbulut. Mustafa And Sonmez. Fazil O.. 2011. Design optimization of laminated composites using a new variant of simulated annealing. *Computers and Structures* 89 (2011) 1712–1724.
- [7] Y. Du, Yan N, Kortschot MT. Light-weight honeycomb core sandwich panels containing biofiber-reinforced thermoset polymer composite skins: Fabrication and evaluation. *Compos Part B-Eng.* 2012;43(7): 2875–2882.
- [8] Nelson. Stacy, Shawn English, Timothy Briggs. 2016. Composite laminate failure parameter optimization through fourpoint flexure experimentation and analysis. *Composites Part B* 97 (2016) 92e102.
- [9] ASTM. 1998. “*Annual Book of ASTM Standard*”. West Conshohocken