

KARAKTERISTIK WARU BARK FIBER-ALUMINIUM LAMINATES BERMATRIK BISPHENOL LP-1Q-EX.

Suteja¹, Anindito Purnowidodo², Djarot B. Darmadi³ dan Nasmi Herlina Sari⁴

^{1,2,3} Program Magister dan Doktor FT Universitas Brawijaya Malang, Indonesia.

⁴ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Mataram, NTB, Indonesia

Kata kunci:

fiber metal laminates, waru bark fiber, layers, aluminium, tensile strength.

Email penulis:

suteja.eng@gmail.com

Abstract

Waru bark fiber has great potential such as high strength, renewable and suitable to developed into fiber metal laminates (FMLs). Fiber metal laminates are combination of layered bisphenol reinforced waru bark fiber and aluminium layers. This study is aimed to investigated the tensile behaviour of the laminate composite waru bark fiber-aluminium. In this study, fiber metal laminates manufactured by vacuum infusion resin method, according to ASTM D 638-03. Layers aluminium of fiber metal laminates type 1100 and 0,5 mm in thickness. Aluminium layers were annealing process at 300 °C for 1 hour before fiber metal laminate are made. Waru bark fiber was woven basket (2-2) by fiber orientation 0°/90° and surface treatment with NaOH 6% (wt) solution for 2 hours. The matrix used bisphenol resin LP-1Q-EX and katalist + promotor were mixed in 100 gram bisphenol, 0,4 gram katalist and 0,8 gram promotor. The specimen of FMLs contains waru bark fiber 1, 2, 3, and 4 layers between aluminium layers. The results shows that the addition waru bark fiber in fiber metal laminates the elongation and the force are increases but the tensile strength and modulus elastis are decreases. The failure mode occurs in fiber metal laminates is delamination between waru layers-aluminium.

1. Pendahuluan

Mengkombinasikan dua material atau lebih dengan sifat atau *phase* yang berbeda merupakan salah satu cara untuk mendapatkan material baru dengan sifat yang lebih baik yang biasanya disebut dengan bahan komposit (Malau, 2010). Salah satu jenis komposit yang digunakan pada produk industri otomotif (kendaraan/transportasi) serta bidang industri pesawat terbang, olahraga dan biomedis yaitu *fiber metal laminates* (FMLs) (Vieira dkk., 2017). *Fiber metal laminates* (FMLs) merupakan struktur komposit *hybrid* yang terbentuk dari kombinasi lapisan-lapisan logam dan lapisan *polymer* yang diperkuat serat (Cortes & Cantell, 2006). FMLs memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang sangat baik bila dibandingkan dengan komposit laminat konvensional, disamping itu FMLs juga memiliki sifat mekanik yang baik seperti ketahanan lelah yang tinggi, kapasitas dalam menyerap energi dan ketahanan impak yang tinggi dan tahan terhadap korosi (Botelho dkk., 2006).

Beberapa contoh pengembangan dari FMLs yaitu *aramid fiber aluminium laminate* (ARALL), *glass laminate aluminium reinforced epoxy* (GLARE) dan *carbon reinforced aluminium laminates* (CARAL) (Sinmazcelik dkk., 2011). Dari ketiga contoh pengembangan *fiber metal laminates* di atas semuanya menggunakan serat sintesis sebagai bahan penguat laminat, dimana penggunaan serat sintesis sebagai bahan komposit laminat memiliki dampak buruk terhadap lingkungan seperti pemansan global dan limbah bahan non organik serta sulit terdegradasi oleh lingkungan. Hal inilah yang mendorong berbagai inovasi yang dilakukan oleh para peneliti dalam bidang material (Setyawan dkk., 2012) seperti *fiber metal laminate* dengan berbahan serat alam (Rayes & Kang, 2007) atau *natural fiber reinforced aluminium laminates* (NARAL).

Ditinjau dari ketersediaannya yang melimpah, dapat diperbaharui dan diproses dengan mudah, kekuatan yang memadai serta dapat terurai dalam jangka pendek oleh lingkungan (Sari, Yudhyadi, & Sulistyowati, 2013) menjadikan serat alam sangat potensial sebagai pengganti serat sintesis.

Penelitian tentang komposit berpenguat serat alam seperti serat sisal, rami, jute, serat kulit waru, menunjukkan hasil bahwa penggunaan serat alam mampu memberikan penguatan terhadap sifat mekanis komposit dengan matrik *polymer* (Mittal, Saini, & Sinha, 2016). Salah satu serat yang sangat potensial untuk dikembangkan sebagai penguat komposit yaitu serat kulit waru.

Serat kulit waru merupakan serat alam yang berbentuk lembaran yang didapat dari batang pohon waru (Prasetyo, Purwanto, & Respati, 2016). Beberapa penelitian tentang serat kulit waru telah cukup banyak dilakukan, akan tetapi penelitian serat waru sebagai salah satu laminat dalam pembuatan komposit laminat aluminium belum diteliti. Potensi pengembangan komposit berpenguat serat kulit waru (*hibiscus tiliaceus*) kontinyu laminat untuk mengganti *fiberglass* pada bahan pembuatan lambung kapal, hasil penyelidikannya menunjukkan bahwa nilai pengujian komposit berpenguat serat waru memenuhi nilai persyaratan standar kekuatan tarik sebagai lambung kapal yang ditetapkan oleh BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) yaitu sebesar 85 MPa (Nurudin, Sonief, & Atmodjo, 2011).

Komposit serat pohon kulit waru dengan matrik resin bisphenol LP-1Q-EX menghasilkan kekuatan Tarik paling tinggi dibandingkan dengan komposit *epoxy*, *polyester*, dan *repxoy* yaitu saat patah total sebesar 329.09 MPa (Fadhillah, Setiyabudi, & Purnowidodo, 2017). Hal ini, menjadikan serat kulit waru cukup potensial untuk menggantikan serat sintesis serta untuk dikembangkan sebagai bahan penguat *polymer*.

Berdasarkan beberapa hasil penelitian sebelumnya maka komposit laminat serat kulit-waru menjadi generasi baru dalam pengembangan *fiber metal laminates* (FMLs). Penelitian ini akan menyelidiki bagaimana pengaruh penambahan jumlah *layer* serat kulit waru pada komposit laminat aluminium dengan *polymer* berpenguat serat kulit waru dengan menggunakan matrik bisphenol LP-1Q-EX sebagai perekat terhadap kekuatan tarik, dengan tujuan memperbaiki ketahanan lelah dari aluminium.

2. Metode Penelitian

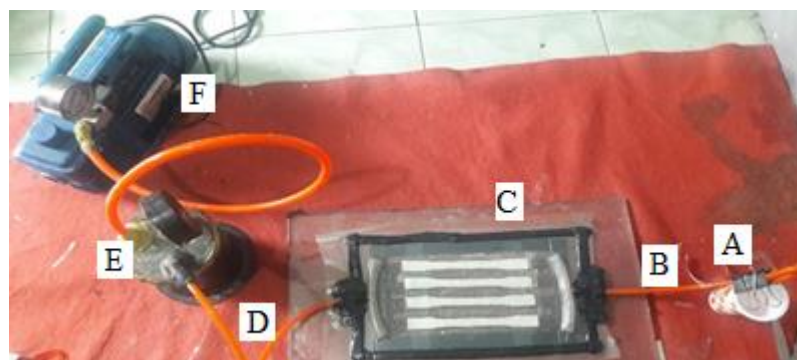
2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini di lakukan di Laboratorium Pengujian Bahan, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

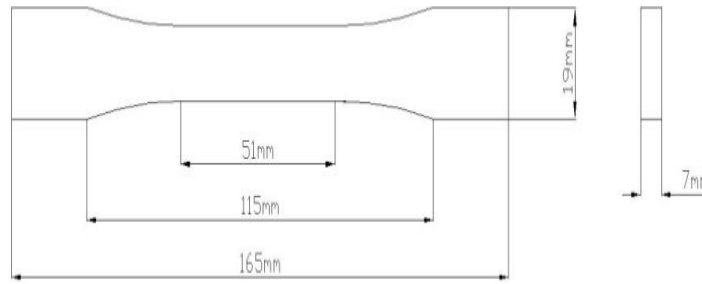
2.2. Persiapan Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah anyaman serat kulit waru, aluminium dan resin bisphenol LP-1Q-EX dengan katalis dan promotor. Lembaran aluminium yang digunakan yaitu aluminium tipe 1100 dengan ketebalan 0,5 mm. lembaran aluminium sebelum dijadikan fiber metal laminates aluminium diannealing terlebih dahulu pada suhu 300 °C dan ditahan selama 1 jam kemudian lembaran aluminium dibentuk sesuai dengan standar uji tarik. Serat kulit waru didapat dari ranting pohon waru berbentuk lembaran dengan ketebalan sekitar 109,3 µm dan 92,8 µm setelah diperlakukan NaOH 6% selama 2 jam. Serat kulit waru dipotong dengan lebar sekitar 5 mm dan panjang 400 mm yang dianyam dengan pola basket menggunakan sudut 0°/90°. Resin yang digunakan sebagai perekat yaitu resin bisphenol LP-1Q-EX dengan katalis dan promotor yang dicampur dengan komposisi 100 gram resin bisphenol, 0,8 gram promotor dan 0,4 gram katalis.

Komposit laminat dibuat dengan metode vacuum infussion resin yaitu resin bisphenol yang telah dicampur dengan promotor dan katalis dialirkan ke dalam susunan serat kulit waru dan aluminium yang telah dibentuk sesuai dengan standar pengujian ASTM D 638-03 menggunakan vakum. Adapun spesimen uji tarik dan skema instalasi vacuum infussion resin seperti gambar 1 dan 2 berikut:



Gambar 1 spesimen uji tarik (ASTM D-638-03)



Gambar 2 instalasi vacuum infussion resin

Keterangan:

- A = wadah tempat resin.
- B = *flow tube* dari wadah resin masuk ke dalam cetakan.
- C = cetakan tempat spesimen
- D = *flow tube* dari cetakan menuju resin *trap*.
- E = resin *trap*.
- F = pompa vakum.

Tabel 1: Kode dan susunan komposit laminat.

1 skw	aluminium-serat kulit waru-aluminium.
2 skw	aluminium-2 <i>layer</i> serat kulit waru-aluminium.
3 skw	aluminium-3 <i>layer</i> serat kulit waru-aluminium.
4 skw	aluminium-4 <i>layer</i> serat kulit waru-aluminium.

2.4. Perhitungan kekuatan, regangan dan modulus elastis Tarik.

Dari pengujian Tarik yang dilakukan kemudian didapat data berupa tegangan Tarik dan pemanjangan dari komposit laminat yang kemudian dihitung nilai regangan Tarik, kekuatan Tarik dan modulus elastis dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma_t = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Nilai kekuatan Tarik komposit laminat serat kulit waru-aluminium yaitu beban tarik maksimum dibagi dengan luas penampang spesimen uji seperti pada persamaan 1. Sedangkan nilai regangan yang terjadi pada komposit laminat serat kulit waru dihitung dengan menggunakan persamaan 2.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L^0} = \frac{L-L^0}{L^0} \dots \dots \dots (2)$$

$$\Delta L = \frac{P}{A} \times \frac{L_0}{E} \dots \dots \dots (3)$$

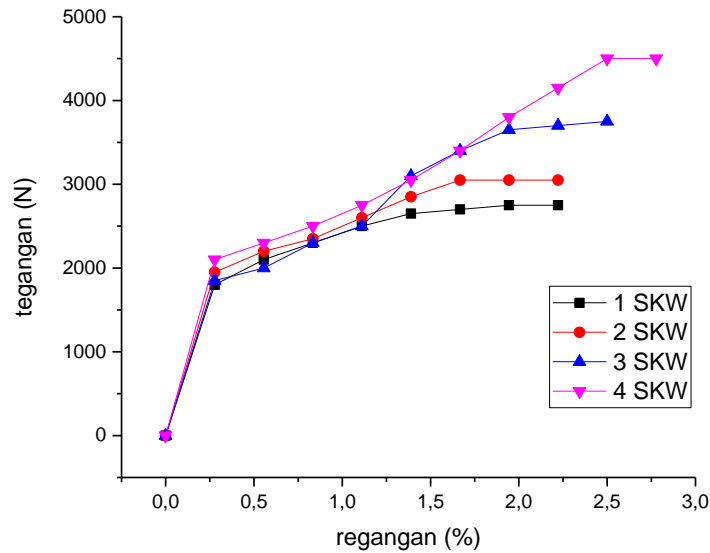
Persamaan 3 merupakan persamaan untuk mencari perubahan panjang yang terjadi pada komposit laminat, kemudian diturunkan untuk mencari nilai modulus elastisitas komposit laminat serat kulit waru-aluminium seperti persamaan 4 yang merupakan perbandingan antara tegangan Tarik dengan regangan.

$$E = \frac{\sigma_t}{\epsilon} \dots \dots \dots)$$

3. Hasil dan Pembahasan

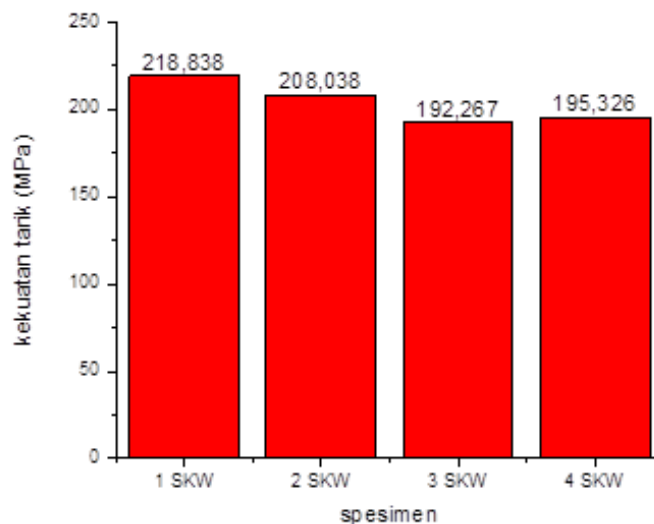
Hasil pengujian Tarik komposit laminat dengan variasi jumlah *layer* kulit waru seperti ditunjukkan pada tabel 2 di bawah ini.

No.	Spesimen	P (N)	σ (MPa)	ϵ (%)	E (MPa)
1	1 SKW	2750	218,838	2,22	9847,67
2	2 SKW	3050	208,038	2,22	9361,7
3	3 SKW	3750	192,267	2,5	7690,69
4	4 SKW	4500	195,326	2,8	7031,74



Gambar 3 grafik hubungan antara gaya-regangan pada komposit laminat.

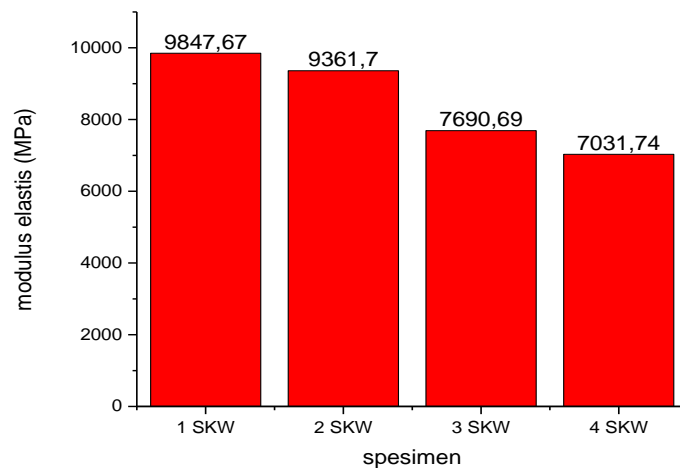
Gambar 3 menunjukkan hubungan antara gaya maksimum yang mampu ditahan oleh masing-masing spesimen dengan regangan. Dari grafik tersebut terlihat bahwa terjadi peningkatan gaya maksimum seiring dengan meningkatnya jumlah *layer* anyaman serat kulit waru pada komposit laminat. Demikian juga regangan yang terjadi, regangan komposit laminat mengalami peningkatan dengan bertambahnya jumlah *layer* serat kulit waru. Hal ini dikarenakan oleh regangan tarik serat kulit waru yang lebih tinggi dibandingkan bahan-bahan penyusun komposit laminat lainnya. Regangan tarik pada 2 SKW tidak terjadi peningkatan dari spesimen 1 SKW yaitu 2,22 % yang disebabkan oleh delaminasi yang cukup besar pada spesimen komposit 2 SKW. Komposit 4 SKW memiliki regangan tertinggi yaitu sebesar 2,8 %.



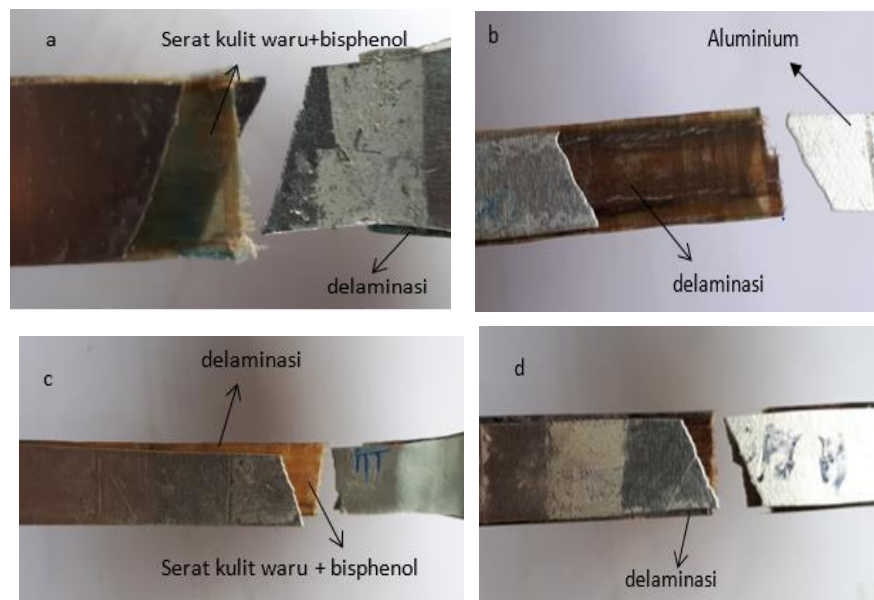
Gambar 4 grafik kekuatan Tarik pada komposit laminat

Kekuatan tarik komposit laminat serat kulit waru-aluminium dapat dilihat pada gambar 4, kekuatan tarik pada spesimen komposit 1 SKW, 2 SKW, 3 SKW dan 4 SKW masing-masing berturut-turut yaitu 218,84 MPa, 208,04 MPa, 192,27 MPa dan 195,33 MPa. Kekuatan tarik komposit laminat mengalami penurunan dari spesimen 1 SKW, 2 SKW, 3 SKW kemudian terjadi sedikit peningkatan kembali pada spesimen komposit 4 SKW dari spesimen komposit 3 SKW serat kulit waru. Hal ini disebabkan oleh ikatan antara matrik bisphenol dengan serat kulit waru yang kurang baik dan terbukti dengan terjadinya delaminasi antar serat kulit waru, seperti yang diperlihatkan pada gambar 6 foto makro pada patahan komposit laminat. Hasil kekuatan tarik komposit laminat serat kulit waru-aluminium ini sesuai dengan hasil penelitian (Harichandan & Kumar, 2016) dan (Ahmed dkk., 2013), hasil penelitiannya menunjukkan bahwa semakin tebal dan bertambahnya jumlah *layer* serat maka kekuatan tarik cenderung mengalami penurunan.

Besarnya modulus elastis pada masing-masing variasi komposit laminat dapat dilihat pada gambar 5. Modulus elastis pada komposit laminat mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya jumlah *layer* serat kulit waru. (Arwanto, 2011) hal ini dikarenakan oleh semakin bertambah jumlah *layer* maka volume resin bisphenol yang tertahan juga semakin besar pada komposit laminat, sehingga tidak terdapat relasi bahwa dengan meningkatnya jumlah lapisan serat kulit waru maka fraksi volume serat kulit waru akan semakin bertambah tinggi juga, yang berarti bahwa fraksi serat menjadi lebih kecil.



Gambar 5 grafik modulus elastis pada masing-masing spesimen komposit laminat



Gambar 6 Foto makro kegagalan komposit, a. 1 SKW, b. 2 SKW, c. 3 SKW, dan d. 4 SKW

Gambar 6 menunjukkan foto makro kegagalan spesimen komposit laminat akibat pembebanan tarik. Setiap variasi dari spesimen komposit laminat yang diberikan beban Tarik menunjukkan delaminasi antar lapisan baik pada antar serat dengan aluminium maupaun antar serat pada variasi spesimen komposit laminat 2 SKW, 3 SKW dan 4 SKW. Pada gambar 6 juga menunjukkan bahwa delaminasi antara serat dengan aluminium begitu jelas terlihat hal ini dikarenakan oleh dua sifat material yang berbeda yaitu logam dan *polymer*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian Tarik pada komposit laminat serat kulit waru yang telah dibahas maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Besarnya beban dan regangan tarik yang terjadi pada komposit laminat serat kulit waru-aluminium cenderung mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah *layer* serat kulit waru.
2. Kekuatan tarik komposit laminat 1 SKW, 2 SKW, 3 SKW dan 4 SKW berurutan masing-masing 218.84 MPa, 208.04 MPa, 192.27 MPa dan 195.33 MPa.
3. Modulus elastis komposit laminat serat kulit waru-aluminium mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya jumlah *layer* serat kulit waru.

Daftar Pustaka

- Ahmed, M. N., Kumar, P. V., Shivanand, H. K., & Muzammil, S. B. 2013. *A Study on Effect of Variation of Thickness on Tensile Properties of Hybrid Polymer Composites (Glassfibre-Carbonfibre Graphite) and GFRP Composites*. International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) ISSN: 2248-9622. Vol. 3, Issue 4, Jul-Aug 2013, pp.2015-2024. <https://pdfs.semanticscholar.org/5ee3/54cbc66e695dbee5ced4202611cc3175257.pdf>
- Arwanto. 2011. *Sintesis komposit hybrid glass/epoxy-MWNT dan analisis dengan model mikro mekanik*. Jakarta. Disertasi Program Studi Ilmu Material Fakultas MIPA, UI. <http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/20314703-D%201339-Arwanto.pdf>.
- ASTM D 638-03. *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*. https://www.researchgate.net/profile/Nawras_Mostafa/post/Tensile_test_PLastic_polymer/attachment/59d628d679197b8077987464/AS:331566921338893@1456063122547/download/D+638+-+03+-+RDYZOA_.pdf
- Botelho, E. C., Campos, A. N., de Barros, E., Pardini, L. C., Rezende, M. C. 2006. *Damping behavior of continuous fiber/metal composite materials by the free vibration method*. Composite Part B: Engineering. Vol. 37, Issues 2-3, April 2005-March 2006, Pages 255-263. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2005.04.00>
- Cortes, P., Cantell, W.J. 2006. *The prediction of tensile failure in titanium-based thermoplastic fiber-metal laminates*. Composite science and technology 66, 2306-2316. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2005.11.031>
- Fadhillah. A. R., Setiyabudi, S. A., Purnowidodo. A. 2017. *Karakteristik Komposit Serat Kulit Pohon Waru (Hibiscus Tiliaceus) Berdasarkan Jenis Resin Sintetis Terhadap Kekuatan Tarik Dan Patahan Komposit*. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.8, No.2 Tahun 2017: 101 – 108. <http://rekayasamesin.ub.ac.id/index.php/rm/article/download/388/317>
- Harichandan, A., Kumar, K. R. V. 2016. *Study on tensile behaviour of carbon jute aluminium-fibre metal laminates*. International journal of mechanical and production engineering, ISSN: 2320-2092. Volume-4, issue- 7, july 2016. http://www.iraj.in/journal/journal_file/journal_pdf/2-275-147091647738-42.pdf.
- Malau, V. 2010. *karakterisasi sifat mekanis dan fisis komposit E-Glass dan resin Eternal 2504 dengan variasi kandungan serat, temperatur dan lama curing*. Mekanika Vol. 8 No. 2, maret 2010. P. 144-149. <http://jurnal.ft.uns.ac.id/index.php/mechanika/article/download/47/43>
- Mittal, V., Saini, R., & Sinha, S. 2016. *Natural fiber-mediated epoxy composites-A review*. Composites Part B 99 (2016) 425 – 435. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.06.051>
- Nurudin, A., Sonief, A. A., & Atmodjo, W. H. 2011. *Karakterisasi Kekuatan Mekanik Komposit Berpenguat Serat Kulit Waru (Hibiscus Tiliaceus) Kontinyu Laminat dengan Perlakuan Alkali Bermatriks Polyester*. Jurnal Rekayasa Mesin Vol. 2, No. 3 Tahun 2011: 209-217.

- <https://media.neliti.com/media/publications/129340-ID-karakterisasi-kekuatan-mekanik-komposit.pdf>
- Prasetyo, A., Purwanto, H., & Respati, S., M., B. 2016. *Pengaruh Waktu Perendaman Serat Kulit Waru (Hibiscus Tiliaceus) pada Air Laut terhadap Struktur Mikro dan Kekuatan Tarik*. Momentum, Vol. 12, No. 2, Oktober 2016, Hal. 42-47. ISSN 0216-7395. <https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/MOMENTUM/article/viewFile/1634/1711>.
- Rayes, G., Kang, H. 2007. *Mechanical behavior of lightweight thermoplastic fibre-metal laminates*. Journal materials process and technology. 186. 284-290. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2006.12.050>.
- Sari, N. H., Yudhyadi, I. G. N. K., Sulistyowati, E. D. 2013. *Karakteristik Kekuatan Bending Kayu Komposit Polyester Diperkuat Serat Pandan Wangi dengan Filler Serbuk Gergaji Kayu*. Jurnal energy dan manufaktur. Vol. 6 No. 2, Oktober 2013: 95-205. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jem/article/view/10009>.
- Setyawan, P. D., Sari, N. H., Putra, D. G. P. 2012. *Pengaruh orientasi dan fraksi volume serat daun nanas (ananas comosus) terhadap kekuatan Tarik komposit polyester tak jenuh (UP)*. Dinamika Teknik Mesin, volume 2 No. 1, januari 2012. P. 28-32. <https://media.neliti.com/media/publications/58760-ID-pengaruh-orientasi-dan-fraksi-volume-ser.pdf>
- Sinmazcelik, T., Avcu, E., Bora, M. O., and Coban, O. 2011. *A review: fibre metal laminates, background, bonding types and applied test methods*. Materials. Des 32. 3671-3685. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.03.011>
- Vieira, L. M. G., Santos J.C.D., Panzera, T.H., Rubio, J.C.C., Scarpa, F. 2017. *Novel Fibre Metal Laminate Sandwich Composite Structure with Sisal Woven Core*. Industrial Crops and Products. 99 (2017) 189-195. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.02.008>.