

# FABRIKASI DAN KARAKTERISASI SIFAT BENDING DAN DAYA SERAP AIR KOMPOSIT HIBRID UNTREATED SISAL/KARBON/PVC DENGAN VARIASI PERBANDINGAN SERAT SISAL DAN KARBON

Rachmat Saparudin<sup>\*</sup>, Harini Sosiati<sup>a</sup>, Sudarisman<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,  
 Jl. Brawijaya, Tamantirto, Bantul, Yogyakarta 55183  
[rachmat.saparudin.2014@ft.umy.ac.id](mailto:rachmat.saparudin.2014@ft.umy.ac.id)

## Abstrak

Komposit hibrida dengan memadukan penguat serat sintetis dan serat alam yang bersifat *biodegradable* dapat dipromosikan sebagai kandidat pengganti bahan komposit yang telah digunakan. Thermoplast PVC dipilih sebagai matriks bertujuan untuk menciptakan material yang kuat juga mempunyai beberapa keunggulan diantaranya, fleksibel, tidak mudah terbakar dan (*low cost*). Fabrikasi komposit hibrida sendiri dilakukan secara manual dengan mesin hot press hasil rekayasa pada temperatur 170oC dengan tekanan 1800 Psi selama 15 menit. Komposisi komposit hibrida dengan perbandingan matriks/filler yaitu 80/20 % berat. Perbandingan filler sisal dan karbon 1:2, 1:1, dan 2:1 dengan perlakuan perendaman karbon nitrogen cair selama 10 menit. Pengujian bending dengan standar ASTM D790 dan pengujian daya serap air dengan standar ASTM D570 dilakukan pada semua spesimen komposit hibrida. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit hibrida PVC/sisal/karbon dengan perbandingan fraksi volume karbon murni menunjukkan hasil tertinggi dengan kekuatan bending 90,53 MPa dan modulus elastisitas 1,63 GPa.

**Kata kunci:** Sisal, karbon, PVC, komposit, uji bending, SEM

## 1. PENDAHULUAN

Komposit sudah digunakan dalam banyak industri di bidang olahraga. Keuntungan komposit adalah lebih murah ringan sehingga meningkatkan karakteristik, dan meredam getaran. Sekarang perangkat olahraga masa kini menggunakan material komposit yang terdiri lapisan serat sintetis dan serat alam sebagai penguat (Ginta, 2006). Beberapa negara maju mulai mengembangkan teknologi komposit hibrida serat sintetis dan serat alam sebagai material yang lebih ramah lingkungan. Pada dekade terakhir ini, komposit serat alam menjadi alternatif di beberapa negara maju seperti China, Amerika Serikat, dan negara – negara di Eropa dalam penggunaan peralatan olahraga seperti, stik golf, raket tenis, rangka sepeda, dan lain-lain (Zhang, 2015).

Perusahaan LINEO membuat produk raket tenis menggunakan komposit hibrida serat rami dan serat karbon berdampak positif pada raket memberikan ketahanan menyerap getaran boladengan baik, ringan serta ramah lingkungan. Komposit hibrida bermatriks *thermoplast poly vinyl chloride* (PVC) bertujuan untuk menciptakan material yang kuat dan serat alam dipilih karena mempunyai beberapa keunggulan sifat diantaranya, *low density*, *low cost*, dan ramah lingkungan, (Mallick, 2007).

Serat karbon merupakan serat sintetis yang mempunyai sifat karakteristik yang paling tinggi dibandingkan dengan serat sintetis lainnya. Sifat dari serat karbon tersebut di pengaruhi oleh beberapa faktor yang paling utama adalah arah atau alur serat karbon. Karbon fiber khususnya disebut material anisotropic yang dimaksud dengan material yang di pengaruhi oleh bentuk arah serat penyusunnya. Sehingga kekuatan karbon fiber sangat tergantung terhadap bentuk dan arah serat penyusunnya. (Zhang, 2004)

Zhang, (2004) meneliti tentang pengaruh lama perendaman serat karbon didalam nitrogen cair menyebutkan bahwa waktu perendaman selama 10 menit adalah yang paling baik untuk serat karbon yang akan digunakan sebagai *filler* komposit bermatriks polimer.

Di antara berbagai jenis serat alam, sisal merupakan salah satu tanaman yang paling banyak digunakan karena kekuatan mekaniknya yang paling tinggi dibandingkan dengan serat alam lainnya. Serat sisal dapat digunakan sebagai komposit dalam industri olahraga (raket, stik golf, anak panah), otomotif (pembuatan *dash board*, panel, rak, dan beberapa bagian mobil lainnya), (Saxena *et al.* 2011) Penggunaan serat alam sebagai bahan baku komposit sangat menguntungkan karena selain ramah lingkungan, juga dapat mengatasi mahalnya bahan baku serat sintetis.

Pengujian bending merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat mekanis (tegangan bending, regangan bending, dan modulus elastisitas) suatu material. Pengujian bending dilakukan dengan cara meletakkan spesimen pada sebuah alat kemudian ditekan. Bagian atas spesimen akan mengalami tekanan dan bagian bawah spesimen akan mengalami tegangan tarik yang akan menyebabkan spesimen mengalami patahan (Wona dkk, 2015).

Persentase berat air yang mampu diserap sempurna dan serat didalam air disebut penyerapan air, sedangkan banyaknya air yang terkandung dalam sampel dan serat disebut kadar air. Pengujian penyerapan air dilakukan terhadap semua variasi sampel yang ada, data hasil penimbangan berat sampel kering dan sampel basah. Serat alam memiliki sifat yang mampu menyerap air mencapai titik jenuh dalam waktu tertentu. Kapilarisasi terjadi secara hampir linier dan terjadi secara lambat sehingga mencapai keadaan jenuh dalam waktu yang lama (Dhakal *et.al*, 2006). Karena adanya celah diantara ikatan matriks dengan serat yang membuat aliran air dapat masuk secara kapilarisasi. komposit. Meskipun matriks menggunakan bahan polimer yang umumnya bersifat hidrofobik, namun adanya pori-pori yang ada pada sebuah komposit membuat air masuk sehingga dapat diserap oleh serat alam.

## 2. METODE

### 2.1 Preparasi Serat

Serat yang digunakan dalam penelitian ini ada 2 jenis, serat sisal tanpa perlakuan (*untreated sisal*) dan serat karbon sedangkan serat karbon dialkali menggunakan nitrogen (N<sub>2</sub>) cair selama 10 menit. Serat karbon dan serat sisal yang sudah dikeringkan dipotong 6 mm. PVC dipotong sesuai dengan ukuran cetakan. Perbandingan volume matriks dengan serat yaitu 80%:20%. Pada penelitian ini dibuat tiga variasi komposit dengan masing-masing variasi menggunakan perbandingan serat sisal dan serat karbon yaitu 2:1, 1:1, dan 1:2.

### 2.2 Pembuatan Komposit

Komposit dibuat dari serat sisal, serat karbon dan PVC yang sudah dihitung dan ditimbang. Fabrikasi komposit hibrida dilakukan secara manual dengan mesin *hot press* pada temperatur 170°C dengan tekanan 1800 Psi dan di *hold* selama 15 menit. Spesimen kemudian dipotong sesuai dengan ukuran ASTM D790 untuk pengujian bending dan ASTM D570 untuk uji penyerapan air.

**Tabel 1.** Perhitungan massa *filler* pada komposit

Fraksi volume matriks/ <i>filler</i> (80/20)	Massa matriks (gr)	Massa serat sisal (gr)	Massa serat karbon (gr)
Serat sisal/serat karbon 2/1	54	7.8	5.2
Serat sisal/serat karbon 1/1	54	5.8	7.8
Serat sisal/serat karbon 1/2	54	3.9	8.1

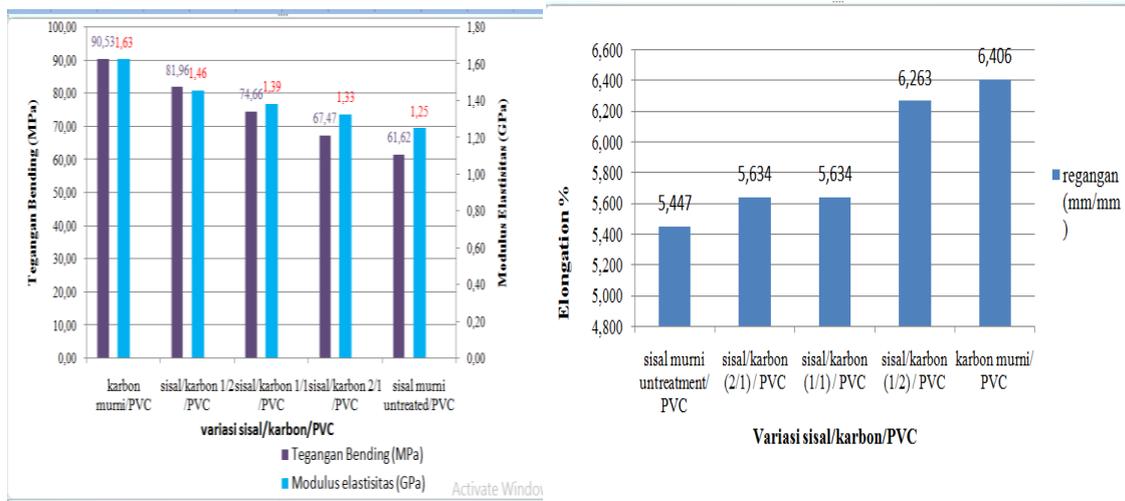
### 2.3 Uji Mekanis dan Karakterisasi

Pengujian mekanis dilakukan pada semua spesimen yang telah difabrikasi. Pengujian bending dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D790 menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) di Universitas Sebelas Maret (UNS) dengan panjang span 64 mm dan *rate speed* pengujian 2.1 mm/min. Lima sampel untuk setiap spesimen telah diuji, dan rata-rata *flexural strength*, modulus elastisitas ( $E_b$ ) dan *elongation at max stress* ( $\epsilon_b$ ) telah diperoleh dari kurva tegangan-defleksi. Data ditampilkan dalam bentuk rata-rata. Sedangkan pengujian penyerapan air dilakukan dengan standart ASTM D570. Pengujian dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan cara merendam spesimen kedalam air dengan kadar Ph 6 selama 24 jam. Didapat data pertambahan berat dan pertambahan tebal spesimen. Data ditampilkan dalam bentuk rata-rata.

Morfologi permukaan patahan hasil uji tarik diamati menggunakan mesin scanning electron microscope (TESCAN SEM, VEGA 3, RUSIA) pada tegangan 10 kV. Area pengamatan dilakukan pada area perbesaran 300x menggunakan micam software untuk mengukur nilai diameter dan distribusi serat pada komposit.

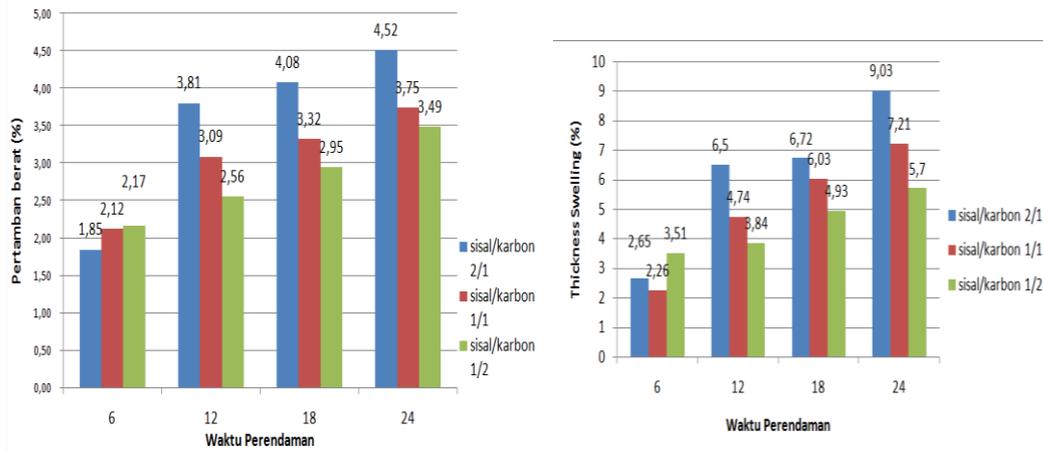
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Analisis Pengujian Mekanis



Gambar 1. Grafik kekuatan, modulus elastisitas dan regangan bending

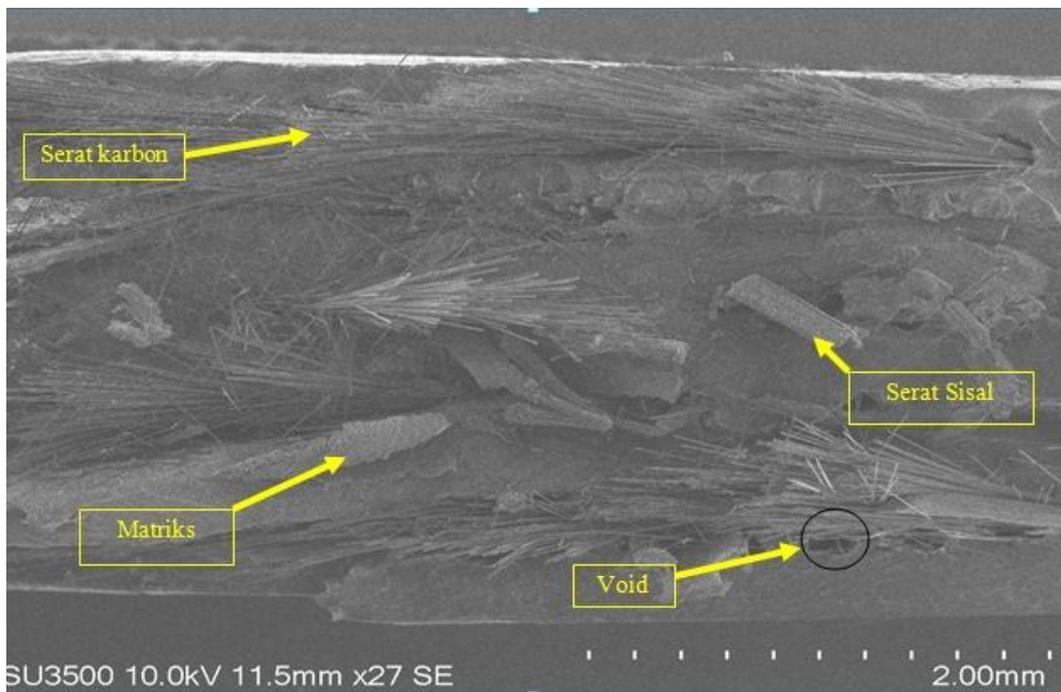
Hal ini berarti menunjukkan penambahan volume serat karbon mengakibatkan kenaikan kekuatan komposit. Sedangkan pada komposit PVC/sisal non treatment mendapatkan hasil yang paling kecil dan komposit PVC/karbon mempunyai hasil tegangan bending tertinggi, komposit hibrida PVC/sisal/karbon yang berarti pencampuran kedua serat tersebut dapat meningkatkan sifat mekanis suatu komposit. Hal ini dapat dilihat pada (Gambar 1). Semakin tinggi angka modulus elastisitas suatu material maka semakin kaku pula material tersebut. Dari data yang diperoleh, hasil paling tinggi yang didapat pada komposit karbon dengan nilai rata-rata kekuatan tegangan bending 90,53 MPa dan modulus elastisitas pada 1,63 GPa. Meningkatnya modulus elastisitas dipengaruhi oleh jumlah serat penguat, dimana semakin banyak serat penguat maka matriks akan menerima dukungan kekuatan yang lebih hal ini juga berdampak pada hasil regangan sehingga lebih mampu menahan beban yang lebih besar.



Gambar 2. Grafik hasil uji penyerapan air

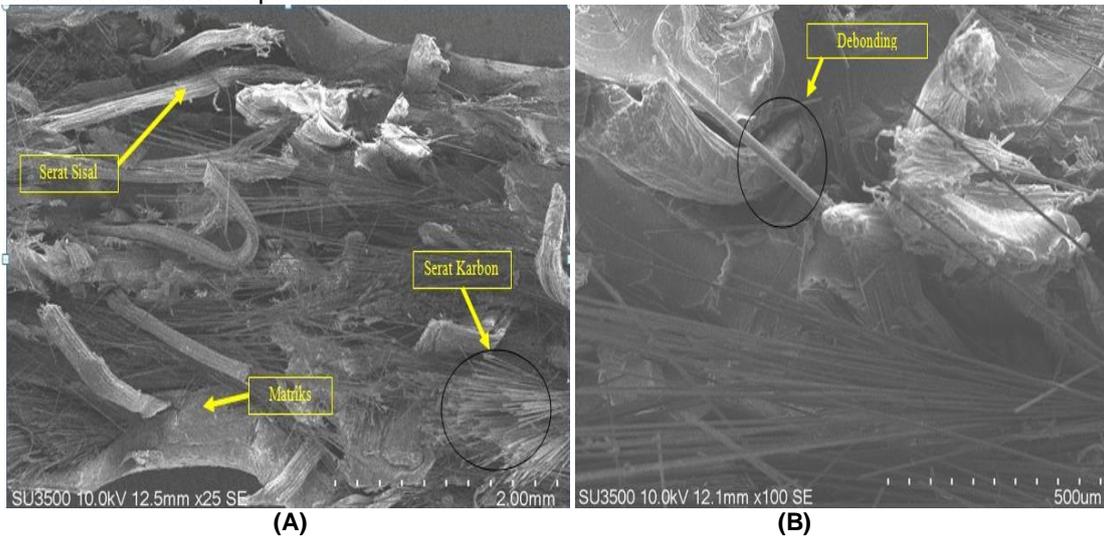
Dari Gambar 2. menunjukkan presentase daya serap air komposit serat sisal/karbon 2/1 paling tinggi yaitu 4,52 % dibanding dengan sisal/karbon 1/2 dan juga sisal/karbon 1/1 yaitu sebesar 3,75 %,3,49%.Hal ini terjadi karena serat sisal memiliki sifat hidrofilik menyerap air lebih banyak, dapat dilihat bahwa persentase (%) *Water-Absorption* meningkat seiring bertambahnya waktu perendaman.Karena adanya celah diantara ikatan matrik dengan serat yang membuat aliran air dapat masuk secara kapilarisasise makin banyak serat alam yang terkandung pada sebuah material komposit semakin banyak pula penyerapan air yang dilakukan oleh komposit tersebut. Penyerapan air tersebut juga menambah berat pada komposit.Dari grafik *thickness swelling* di atas dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu perendaman komposit maka semakin bertambah pula tebal dari komposit tersebut.

### 3.2 Analisis SEM



Gambar 3.Struktur patahan komposit sisal 1 : 2 karbon

Dari **Gambar 3**. memperlihatkan bahwa pada komposit dengan variasi PVC/sisal/karbon80/5/15 menunjukkan persebaran serat karbonmasih banyak mengumpul, menunjukkan bahwa distribusi antara serat sisal dan karbontidak merata pada matriks (tidak homogen) karena sifat serat karbon yang susah dipisahkan satu sama lain karena ukurannya yang sangat kecil, juga disebabkan karena proses pencampuran serat sisal/karbontidak tercampur secara sempurna. Foto SEM menunjukkan serat karbonsisal masih berkelompok, sehingga kekuatan setiap daerah komposit berbeda-beda dan kekutan komposit menjadi kuat. Ikatan antara serat karbon dengan matrik dan distribusi serat karbon sangat mempengaruhi kekuatan mekanik komposit hibrida.



**Gambar 4.**(A) Struktur patahan hasil uji SEM sisal/karbon 1:1 dengan perbesaran 25x (B) struktur patahan hasil uji SEM sisal/karbon 1:1 dengan perbesaran 100x

Pada **Gambar 4** Dapat dilihat juga serat karbon yang mengikat dengan matriks membuat kekuatan bending komposit juga meningkat. Serat sisal yang merupakan pengisi komposit ditemukannya mengalami *debonding*. Tidak ditemukannya *fiber pull out* juga membuat serat sisal tanpa perlakuan memiliki nilai tegangan tarik yang bagus dan adanya *debonding* juga membuat air mudah masuk kedalam spesimen



**Gambar 5.**(A) Struktur patahan hasil uji SEM sisal/karbon 2:1 dengan perbesaran 100x (B) struktur patahan hasil uji SEM sisal/karbon 2:1 dengan perbesaran 200x

Dari **gambar 5** Struktur patahan komposit dengan perbandingan sisal 2:1 karbon dapat dilihat serat sisal yang menggumpal menjadi satu. Berbeda dengan serat karbon, serat sisal yang memiliki sifat hidrofilik sehingga kurang bisa menyatu dengan matriks yang mempunyai sifat hidrofobik. Sifat hidrofilik serat karbon dapat dibuktikan dengan adanya *debonding* yang ada pada hasil patahan komposit. *Debonding* (lepasnya ikatan serat dengan matriks) mengakibatkan beban yang diterima oleh matriks tidak bisa diteruskan ke serat sehingga menurunkan kekuatan bending komposit. *Debonding* dapat mengakibatkan *fiber pull out* dan menjadi penyebab air masuk ke dalam komposit selain melalui sifat *hydrophilic* serat sisal.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat disimpulkan bahwa komposit PVC/sisal/karbon yang memiliki nilai tegangan tertinggi terdapat pada spesimen serat sisal/karbon sebesar 81,96 Mpa, karena serat karbon memiliki sifat mekanis yang lebih tinggi dari pada serat sisal tanpa alkalisasi.
2. Sedangkan pada pengujian daya serap air dan *thickness swelling* dengan komposisi PVC/sisal/karbon 80/5/15 (% berat) memiliki daya serap air yang paling rendah dibanding dengan variasi lainnya. Sehingga spesimen PVC/sisal/karbon 80/5/15 akan lebih mampu menahan air.
3. Daya serap air dan *thickness swelling* menunjukkan bahwa semakin banyak serat sisal maka semakin bertambah pula kemampuan penyerapan air. Dapat diketahui dengan bertambahnya berat pada spesimen dengan perbandingan sisal/karbon 2:1.
4. Hasil foto SEM menunjukkan dengan adanya *debonding* pada serat sisal menjadikan serat sisal tidak mengikat baik dengan matriks sehingga berpengaruh pada hasil uji bending.

#### REFERENSI

- ASTM Standard. D570. *Standard Test Method for Water Absorption of Plastics*. United States ASTM International
- ASTM Standard. D790-02. *Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics Insulating Materials*. United States. ASTM International. 2002.
- Bakri, I., Mohammad, R., (2012). *Analisis Variasi Panjang Serat Terhadap Kuat Tarik dan Lentur Pada Komposit yang Diperkuat Serat Agave Angustifolia Haw*. Jurnal Mekanikal, Vol. 3 No. 1: Januari 2012: 240-244.
- Bisanda & Ansell (1991). *The Effect of Silane Treatment on the Mechanical and Physical Properties of Sisal-Epoxy Composites*. Composites Science And Technology 41 (1991) 165-178. School of Materials Science, University of Bath, Bath UK.
- Dhakal, H.N., Zhang, Z.Y., Richardson, M.O.W., 2006, Effect of Water Absorption on The Mechanical Properties of Hemp Fibre Reinforced Unsaturated Polyester Composites, *Composites Science and Technology*, 67: 1674-1683
- Ginta., Turnad. L. (2006). *Pembuatan Raket Bulutangkis Komposit Dengan Teknik Cold Press Molding*. Material Science and Engineering.
- John K., & Naidu S. Venkata (2004). *Effect of Fiber Content and Fiber Treatment on Flexural Properties of Sisal Fiber/Glass Fiber Hybrid Composites*. Department of Polymer Science & Technology. Sri Krishnadevaraya University.
- Lees. Adrian, (2003). *Science and The Major Racket Sports: A Review*. Journal of Sports Sciences, 2003, (21), pp 707-732.

- Lin, Tiesong. Jia, Dechang. Wang, Meirong. He, Peigang. Liang, Defu (2009). *Effects of fire content on mechanical properties and fracture behaviour of short carbon fibre reinforced geopolymer matrix composites*. Bulletin of material science, volume 32, pp 77-81.
- Mallick, P. K. (2007). *Fiber Reinforced Composites, Materials, Manufacturing and Design*. Boca Raton, USA: Taylor & Francis, pp 201-226.
- Sosiati H., Pratiwi H., Wijayanti D.A., Soekrisno (2015). *The Influence of Alkali Treatments on Tensile Strength and Surface Morphology of Cellulose Microfibrils*. Advanced Materials Research. ISSN: 1662-8985, Vol. 1123, pp 147-150.
- Saxena, M., M.J. Nandan & N. Ramakrishan. 2011. Sisal: Potential for employment generation and rural development. [http://www.technopreneur.net/information-desk/sciencetech-magazine/2011/jan/Sisal\\_Potential.pdf](http://www.technopreneur.net/information-desk/sciencetech-magazine/2011/jan/Sisal_Potential.pdf) [03 September 2018]
- Wona. H., Boimau. K., Maliwemu. E.U.K., (2015). Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Bending dan Impak Komposit Polyester Berpenguat Serat Agave Cantula. LJTMU: Vol. 02, No. 01, April 2015, (39-50).
- Zhang (2015). *The Application of Composite fiber Material in Sport Equipment*. 5th International Conference on Education, Management, Information and Medicine (EMIM 2015). Wuhan Textile University, Physical Education Department.
- Zhang Hui, Zhang Zhong, Breidt Claudia (2004). *Comparison of Short Carbon Fibre Surface Treatments On Epoxy Composites I. Enhancement of The Mechanical Properties*. Composites Science and Technology 64 pp 2021–2029.