

# Influence Number Of Fiberglass Layers The Sugar Palm Fiber-Fiberglass Composite With Matrix Epoxy On Impact Strength And Macrostructure

Ezra Ramadhan <sup>\*,1</sup>, Rahmat Doni Widodo<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang

\*Corresponding author: [ezraramadhan49@gmail.com](mailto:ezraramadhan49@gmail.com)

**Abstract.** Tropical countries such as Indonesia and Malaysia are places for abundant palm fiber, the use of palm fiber which is commonly used to make ropes, roofs, and brooms can be increased as a reinforcing material in composites. In this study palm fiber will be combined with fiberglass with the aim of completing the deficiencies of each fiber in the composite. The variant determined in this study is the number of layers of fiberglass on composite fibers of palm fiber, where through the composite variant will be examined the strength of the impact and fracture shape on the composite. The composite variants include: variant 1 (1 layer of fiberglass + palm fiber + epoxy), variant 2 (2 layers of fiberglass + palm fiber + epoxy), variant 3 (3 layers of fiberglass + palm fiber + epoxy), and variant 4 (4 layers fiberglass + palm fiber + epoxy). In this study, the highest palm fiber-fiberglass composite impact strength was found in variant 4 of 0.075263 Joule / mm<sup>2</sup> with no voids found on the fracture surface.

**Keywords:** fiber palm, fiberglass, impact strength

**Abstrak.** Negara-negara tropis seperti Indonesia dan Malaysia merupakan tempat berlimpahnya serat ijuk, pemanfaatan serat ijuk yang umumnya dimanfaatkan untuk membuat tali, atap rumah, dan sapu dapat ditingkatkan pemanfaatannya sebagai bahan penguat dalam komposit. Pada penelitian ini serat ijuk akan dipadukan dengan fiberglass dengan tujuan melengkapi kekurangan masing-masing serat dalam komposit. Varian yang ditentukan dalam penelitian ini adalah jumlah lapisan fiberglass pada komposit serat ijuk-fiberglass, dimana melalui varian komposit tersebut akan diteliti kekuatan impact dan bentuk patahan pada komposit tersebut. Varian komposit tersebut meliputi : varian 1 (1 lapisan fiberglass + serat ijuk + epoxy ), varian 2 (2 lapisan fiberglass + serat ijuk + epoxy), varian 3 (3 lapisan fiberglass + serat ijuk + epoxy), dan varian 4 (4 Lapisan fiberglass + serat ijuk + epoxy). Pada penelitian ini didapatkan kekuatan impact komposit ijuk-fiberglass tertinggi terdapat pada varian 4 sebesar 0,075263 Joule/mm<sup>2</sup> dengan tidak ditemukannya void pada permukaan patahannya

**Kata Kunci :** Serat ijuk, fiberglass, kekuatan impact

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

## Pendahuluan

Negara-negara tropis seperti Indonesia dan Malaysia merupakan tempat berlimpahnya tanaman aren (*Arenga pinnata*), tanaman aren adalah tanaman yang tumbuh dengan ketinggian 20 m dengan diameter 65 cm dimana tanaman tersebut ditutupi serat berwarna hitam [16-30]. Serat hitam yang berasal dari tanaman aren disebut serat ijuk yang memiliki ketahanan yang baik terhadap air laut [2-3]. Pemanfaatan serat ijuk yang umumnya dimanfaatkan untuk membuat tali, atap rumah, dan sapu dapat ditingkatkan pemanfaatannya sebagai bahan penguat dalam komposit [2-3]. Sifat mekanik serat ijuk dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1 Sifat Mekanik Serat Alam [2]

Serat	Tensile strength (MPa)	Tensile modulus (GPa)	Elongation (%)
Rami	500	44	2
abaca	980	12	-
jute	400-800	6	-
sisal	600-700	38	2-3
Ijuk	201	5,9	22,3

Pada Tabel 1 serat ijuk memiliki nilai elongasi (*elongation*) yang baik namun memiliki tensile strength yang rendah dibanding serat alam lainnya, sehingga perlu ditambahkan fiberglass yang memiliki tensile strength yang baik. Perpaduan serat ijuk dengan fiberglass dapat memperbaiki kekurangan masing-masing serat, dimana fiberglass memiliki kekurangan nilai elongation yang kecil. Sifat mekanik *fiberglass* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat Mekanik Serat Sintetis [8]

No	Bahan	Tensile strength (GPa)	Modulus of Elasticity (GPa)	Elongation (%)
1	Karbon	1,5-4,8	228-724	2
2	Aramid (Kevlar 49)	3,6-4,1	111,59	2,8
3	Fiberglass	3,45	28,1	4,3

Material komposit yang dibuat merupakan material dengan penguat serat ijuk bertipe serat acak dipadukan dengan fiberglass bertipe serat woven atau anyam, kemudian di bagian matriknya menggunakan epoxy. Perpaduan serat ijuk dengan serat fiberglass dalam penelitian ini merupakan Komposit dengan perpaduan penguat serat alam dan serat sintetis, dimana komposit ini masuk dalam komposit hybrid [4-9]. Namun sebelum dibuat komposit, perlu adanya proses treatment perendaman NaOH pada serat ijuk. Perendaman serat ijuk ke dalam NaOH bertujuan untuk menghilangkan sifat ketidakcocokan serat alam dengan matrik polimer, sehingga akan mempengaruhi daya ikat antara serat ijuk dengan epoxy [10-15]. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan impact dan bentuk patahan komposit serat ijuk-fiberglass bermatrik epoxy berdasarkan jumlah lapisan fiberglass yang terkandung di dalamnya.

## Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dimana komposit serat ijuk-fiberglass dibuat dengan metode hand lay-up. Komposit yang dibuat menggunakan 2 jenis serat sebagai penguatnya yaitu serat ijuk dan fiberglass, dengan matrik komposit menggunakan epoxy. Dalam proses pembuatannya ditentukan fraksi volum antara matrik dan penguatnya sebesar 60% : 40%, dimana varian yang digunakan adalah jumlah lapisan fiberglass meliputi varian 1 (1 lapisan fiberglass + serat ijuk + epoxy), varian 2 (2 lapisan fiberglass + serat ijuk + epoxy), varian 3 (3 lapisan fiberglass + serat ijuk + epoxy), dan varian 4 (4 Lapisan fiberglass + serat ijuk + epoxy).

Tahap selanjutnya dilakukan pengujian impact dengan standar ASTM D 256 [1] sehingga menghasilkan data energi serap spesimen, energi serap spesimen kemudian dianalisis untuk menghasilkan data kekuatan impact spesimen, dan kemudian dianalisis bentuk patahan spesimennya. Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan pengaruh jumlah lapisan fiberglass pada komposit ijuk-fiberglass terhadap kekuatan impact dan makrostruktur patahan

## Hasil dan Pembahasan

### a. Analisa pengujian impact

Berdasarkan pengujian impact yang dilakukan pada komposit serat ijuk-fiberglass didapatkan nilai energi serap pada bahan komposit tersebut. Energi serap pada pengujian impact adalah besar energi yang dapat diterima sebuah bahan akibat adanya beban kejut sebelum terjadi patahan pada bahan tersebut. Energi serap pada spesimen komposit serat ijuk-fiberglass dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji impact : Energi serap bahan komposit serat ijuk-fiberglass

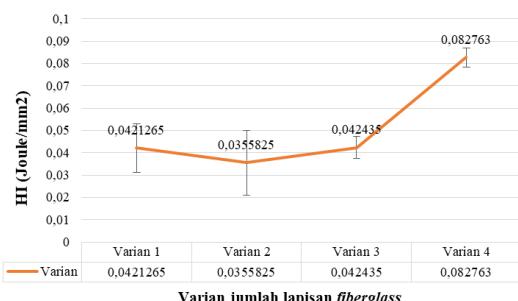
Varian	Energi Serap (Joule)				
	Uji ke 1	Uji ke 2	Uji ke 3	Uji ke 4	Rata-rata
1 Lapisan <i>fiberglass</i> + serat ijuk + <i>epoxy</i>	6,95	8,86	6,84	4,35	6,75
2 Lapisan <i>fiberglass</i> + serat ijuk + <i>epoxy</i>	4,20	8,44	6,95	3,42	5,75
3 Lapisan <i>fiberglass</i> + serat ijuk + <i>epoxy</i>	7,13	6,96	7,55	5,74	6,85
4 Lapisan <i>fiberglass</i> + serat ijuk + <i>epoxy</i>	12,95	14,22	13,62	12,67	13,37

Berdasarkan tabel 3. nilai energi serap komposit serat ijuk-fiberglass digunakan untuk menentukan nilai kekuatan impact komposit serat ijuk-fiberglass, dimana dengan menggunakan persamaan 1 didapatkan nilai kekuatan impact seperti pada Tabel 4 berikut

Tabel 4. Harga kekutan impact (HI) komposit ijuk *fiberglass*

Varian	HI (Joule/mm <sup>2</sup> )				
	Uji ke 1	Uji ke 2	Uji ke 3	Uji ke 4	Rata-rata
1 Lapisan <i>fiberglass</i> + serat ijuk + <i>epoxy</i>	0,043090	0,05493	0,0424	0,02808	0,042126
2 Lapisan <i>fiberglass</i> + serat ijuk + <i>epoxy</i>	0,0260	0,05233	0,043	0,021	0,035582
3 Lapisan <i>fiberglass</i> + serat ijuk + <i>epoxy</i>	0,0442	0,0431	0,04681	0,03558	0,042435
Varian	HI (Joule/mm <sup>2</sup> )				
	Uji ke 1	Uji ke 2	Uji ke 3	Uji ke 4	Rata-rata
4 Lapisan <i>fiberglass</i> + serat ijuk + <i>epoxy</i>	0,080	0,088	0,0844	0,07855	0,075263

Dalam memudahkan proses analisis kekuatan impact pada spesimen komposit serat ijuk-*fiberglass* maka berdasarkan Tabel 4 maka dihasilkan grafik seperti pada Gambar 3



Gambar 3. Grafik hasil uji impact : energi serap komposit serat ijuk-*fiberglass*

Keterangan :

Varian 1 : 1 Lapisan *fiberglass* + serat ijuk + *epoxy*

Varian 2 : 2 Lapisan *fiberglass* + serat ijuk + *epoxy*

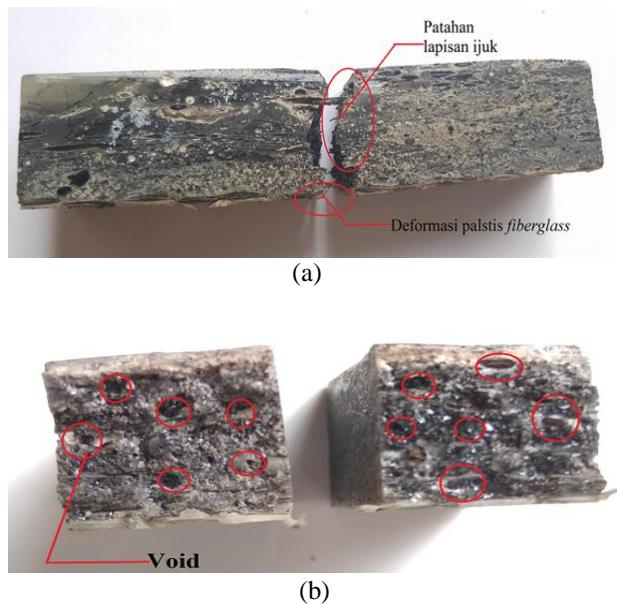
Varian 3 : 3 Lapisan *fiberglass* + serat ijuk + *epoxy*

Varian 4 : 4 Lapisan *fiberglass* + serat ijuk + *epoxy*

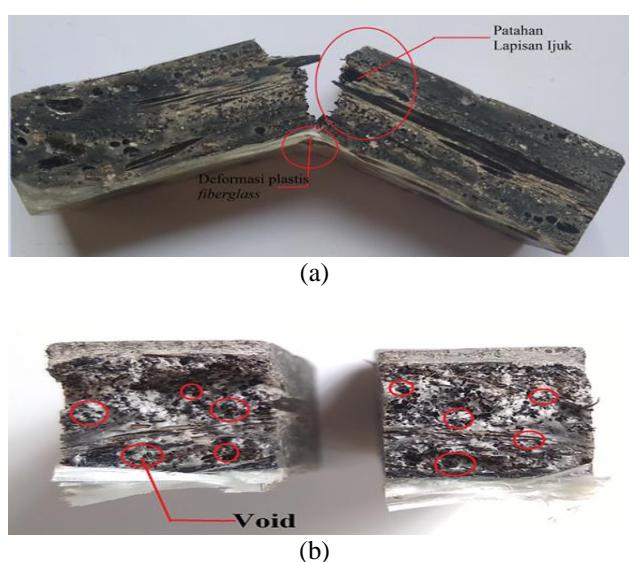
Pada Gambar 3 menunjukkan nilai kekuatan impact (HI) spesimen komposit varian 1 sebesar 0,0421265 Joule/mm<sup>2</sup>, varian 2 sebesar 0,0355825 Joule/mm<sup>2</sup>, varian 3 sebesar 0,042435 Joule/mm<sup>2</sup>, dan varian 4 sebesar 0,075263 Joule/mm<sup>2</sup>. Pada spesimen komposit varian 4 (4 lapisan *fiberglass* + ijuk + *epoxy*) merupakan nilai tertinggi dibandingkan varian komposit 1, 2, dan 3, hal ini dikarenakan jumlah lapisan *fiberglass* yang terdapat pada spesimen komposit varian 4 lebih banyak dibandingkan varian 1, 2, dan 3. Spesimen komposit pada varian 1 memiliki 1 lapisan *fiberglass*, varian 2 memiliki 2 lapisan *fiberglass*, varian 3 memiliki 3 lapisan *fiberglass*, dan varian 4 memiliki 4 lapisan *fiberglass*.

#### b. Analisa struktur makro

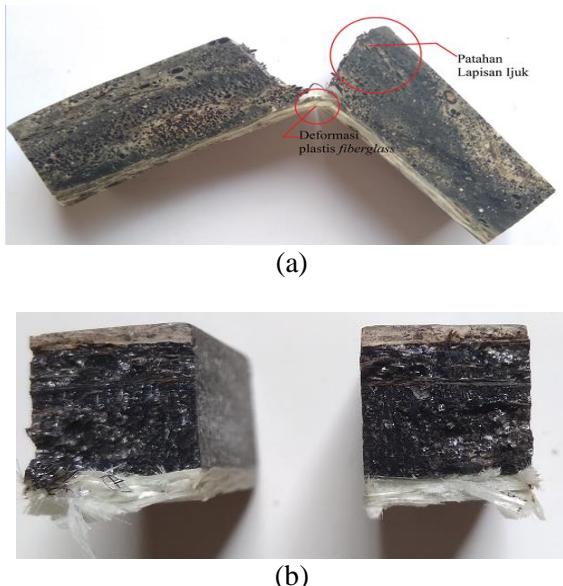
Spesimen komposit yang telah di uji impact mengalami patahan akibat beban kejut yang diterima komposit tersebut. Patahan komposit tersebut akan dianalisis pada bentuk patahannya dalam tingkat struktur makro, dengan tujuan mengetahui bentuk patahan berdasarkan kekuatan impact pada setiap varian



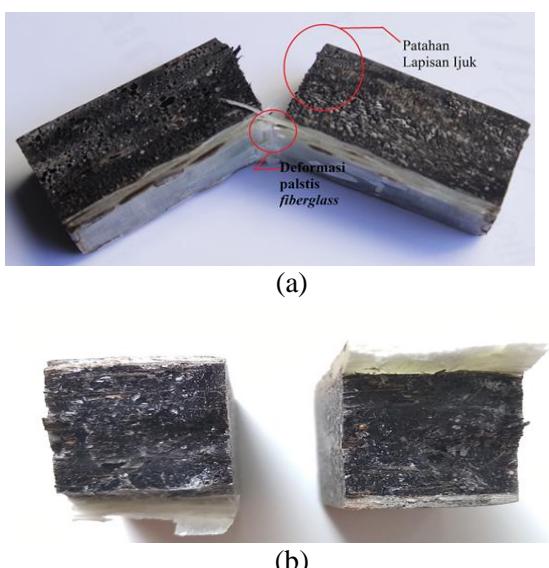
Gambar 4. Patahan spesimen komposit varian 1 (1 lapis *fiberglass* + ijuk + *epoxy*) (a) Patahan tampak samping (b) Patahan tampak depan



Gambar 5. Patahan spesimen komposit varian 2 (2 lapis *fiberglass* + ijuk + *epoxy*) (a) Patahan tampak samping (b) Patahan tampak depan



**Gambar 6.** Patahan spesimen akibat beban impact varian 3 (3 lapis fiberglass + ijuk + epoxy) (a) Patahan tampak samping (b) Patahan tampak depan



**Gambar 7.** Patahan spesimen komposit varian 4 (4 lapis fiberglass + ijuk + epoxy) (a) Patahan tampak samping (b) Patahan tampak depan.

Material komposit serat ijuk-fiberglass yang telah dilakukan pengujian impact dimana pada varian 1, 2, 3 dan 4 mengalami patahan getas pada lapisan serat ijuk dan fiberglass, hal ini dikarenakan pengaruh campuran epoxy yang merupakan polimer berjenis termoset dimana termoset dikenal sebagai material yang keras dan getas. Ada perbedaan bentuk patahan yang terjadi pada lapisan ijuk dan fiberglass dimana patahan pada ijuk terpisah menjadi 2 bagian, sedangkan patahan pada lapisan fiberglass masih menjadi 1 bagian. Hal ini dikarenakan berbedaan jenis orientasi jenis serat, dimana serat ijuk menggunakan orientasi serat acak

sedangkan fiberglass menggunakan orientasi seart anyam (woven). Faktor lainnya adalah nilai kekuatan tarik (tensile strength) fiberglass lebih besar daripada serat ijuk yaitu sebesar 3450 MPa, sedangkan untuk serat ijuk sebesar 201 MPa.

Pada Gambar 4 (b) dan 5 (b) merupakan bentuk patahan varian 1 dan 2 tampak depan, dimana terlihat void yang merupakan jenis cacat material rongga. Void disebabkan karena terjebaknya udara di dalam komposit pada saat proses pressing, sehingga udara tidak bisa keluar dan menimbulkan cacat rongga. Berbeda dengan Gambar 4 (b) dan 5 (b), Gambar 6 (b) dan 7 (b) tidak terlihat adanya void pada permukaan patahannya. Seperti yang diketahui cacat rongga atau void merupakan salah satu faktor yang membuat material lebih cepat patah atau memiliki sifat getas, sehingga varian 1 dan varian 2 memiliki sifat yang lebih rapuh atau getas dibandingkan varian 3 dan 4. Cacat material void juga berpengaruh pada kekuatan impact pada tiap varian komposit, hal ini terlihat nilai kekuatan impact varian 1 dan 2 lebih rendah dibandingkan varian 3 dan 4.

## Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Penambahan lapisan fiberglass pada komposit serat ijuk-fiberglass dapat menaikan kekuatan impact komposit serat ijuk-fiberglass dengan matrik epoxy pada varian 1 sebesar 0,0421265 Joule/mm<sup>2</sup>, varian 2 sebesar 0,0355825 Joule/mm<sup>2</sup>, kemudian terjadi kenaikan kekutan impact pada varian 3 sebesar 0,042435 Joule/mm<sup>2</sup>, dan pada varian 4 terjadi kenaikan kekutan impact sebesar 0,075263 Joule/mm<sup>2</sup>. Kenaikan kekuatan impact pada bahan komposit serat ijuk-fiberglass berbanding lurus dengan penambahan lapisan fiberglass pada komposit tersebut.
- Patahan pada varian 1 dan 2 memiliki cacat material void yang lebih banyak dibandingkan dengan varian 3 dan 4, sehingga menyebabkan perbedaan kekuatan impact dimana varian 1 dan 2 memiliki kekuatan impact terendah.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, penulis dapat menarik kesimpulan:

- Nilai kekerasan terbesar paduan Al 96% – FA 4% ditunjukkan oleh specimen dengan ukuran serbuk fly ash (42µm-74µm). Nilai tarik terbesar ditunjukkan oleh spesimen

- dengan variasi ukuran serbuk fly ash ( $42\mu\text{m}$ - $74\mu\text{m}$ ), Regangan terbesar ditunjukkan oleh specimen dengan ukuran serbuk fly ash ( $42\mu\text{m}$ - $74\mu\text{m}$ ). Nilai kekuatan Impack terbesar ditunjukkan oleh spesimen dengan variasi ukuran serbuk fly ash  $< 42 \mu\text{m}$ .
2. Karakteristik perpatahan yang terjadi pada bahan Al 7075 menunjukkan bahwa specimen bersifat getas
  3. Dari foto struktur mikro pembesaran 500 kali dengan persentase 96% Al dan 4 Wt% fly ash dapat disimpulkan bahwa semakin halus ukuran serbuk fly ash membuat ukuran butir aluminium semakin kecil, distribusi fly ash dalam matriks aluminium semakin merata seiring dengan semakin halusnya ukuran serbuk fly ash dan begitu pula dengan porositas dalam matriks aluminium tidak terjadi

## Referensi

- [1]. ASTM International Designation : D 256-02. 2002. *Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics*. U.S.
- [2]. Ishak, M. et al., 2013. Sugar palm (Arenga pinnata) : Its fibres, polymers and composites. *Carbohydrate Polymers* 91: 669-710.
- [3]. Ishak, M. R., Sapuan, S. M., Leman, Z., Rahman, M. Z. A., Anwar, U. M. K., & Chua, J. C. 2011. Physical Properties impregnated sugar palm and fibre-reinforced unsaturatedpolyester composite. In Book of abstract of the international conference on innovation in polymer science and technology 2011 Bali, Indonesia.
- [4]. Selver E, Potluri P, Soutis C, Hogg P. 2015. Healing potential of hybrid materials for structural composites. *Composite Structures* 122: 57-66.
- [5]. Venkatesh RPao. 2015. Study on physical and mechanical properties of NFRP hybrid composites. *Indian Journal of Pure & Applied Physics (IJPAP)* 53(3): 175-80.
- [6]. Jawaid M, Alothman OY, Paridah MT, Khalil HPSA. 2014. Effect of Oil Palm and Jute Fiber Treatment on Mechanical Performance of Epoxy Hybrid Composites. *International Journal of Polymer Analysis and Characterization* 19(1): 62-9.
- [7]. Swolfs Y, Gorbatikh L, Verpoest I. 2014. Fibre hybridisation in polymer composites: A review. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 67: 181-200.
- [8]. Wilam D. Calister, J., 2007. *Material Science and Engineering*. 6 ed. Utah, America : John Wiley & Sons, Inc.
- [9]. Safri, S.N.A., M.T. Hameed, S., J. Mohammad, dan J. Kandasamy. 2017. Impact Behaviour of Hybrid Composites for Structural Applications : A review. *Composites* 1: 1-33.
- [10]. Bachtiar, D., S.M. Sapuan, M.M. Hamdan. 2008. The Effect Of Alkaline Treatment On Tensile Properties Of Sugar Palm fibre Reinforced Epoxy Composites. *Material & Design* 29: 1285-1290
- [11]. Aziz SH, Ansell MP. 2004. The effect of alkalinization and fibre alignment on the mechanical and thermal properties of kenaf and hemp bast fibre composites: Part 1 – polyester resin matrix. *Compos Sci Technol* 64: 1219–1230.
- [12]. Liu W, Mohanty AK, Askeland P, Drzal LT, Misra M. 2004. Effects of alkali treatment on the structure, morphology and thermal properties of native grass fibers as reinforcements for polymer matrix composites. *J Mater Sci* 39: 1051–1054.
- [13]. Bledzki AK, Gassan J. 1999. Composites reinforced with cellulose based fibres. *Prog Polym Sci* 24: 221–274.
- [14]. Mwaikambo L, Ansell M. 2002. Chemical modification of hemp, sisal, jute and kapok fibres by alkalinisation. *J Appl Polym Sci* 84 : 2222–2234.
- [15]. Irf'a'i, M.A., D. Wulandari, Sutriyono, E. Marsyahyo. 2016. Pengaruh Fraksi Volume Serat dan Lama Waktu Perendaman NaOH Terhadap Kekuatan Impak Komposit Polyester Berpenguat Serat Ijuk. *Rotasi* 18: 1-7.
- [16]. Sanyang, M. L., S.M. Sapuan, M. Jawaid, M.R. Ishak, dan J. Sahari. (2015). Recent Development in Sugar Palm (Arenga Pinnata) Based Biocomposites and Their Industrial Applications : A Review Renewable and Sustainable Energy Review 45: 553-549.
- [17]. Sreekumar PA. Matrices for natural-fibre reinforced composites. 2008. *Brimingham: Woodhead Publication Limited*. p. 541.
- [18]. Wambua P, Ivens J, Verpoest I. 2003. Natural fibres : can they replace glass in fibre reinforced plastics ?. *Compos Sci Technol* 63: 1259–1264.
- [19]. Malkapuram R, Kumar V, Negi YS. 2008. Recent development in natural fiber reinforced polypropylene composites. *J Reinf Plast Compos* 28: 1169–1189.
- [20]. Khalil HPSA, Jawaid M, Hassan A, Paridah MT, Zaidon A. 2012. Oil palm biomass fibres and recent advancement in oil palm biomass fibres based hybrid biocomposites. *INTEC, Open Sci* 187–220.
- [21]. Satyanarayana KG, Arizaga GGC, Wypych F. 2009. Biodegradable composites based on lignocellulosic fibers — an overview. *Prog Polym Sci* 34(9): 982–9102.
- [22]. Gassan J, Bledzki AK. 2001. Thermal degradation of flax and jute fibers. *J Appl Polym Sci* 82(6): 1417–1422.
- [23]. Elberson W, Oyen L, Franken YJ. 2010. Sugar palm (Arenga pinnata). Potential of sugar palm for bio-ethanol production. *FACT Foundation*.
- [24]. Adawiyah DR, Sasaki T, Kohyama K. 2013. Characterization of arenga starch in comparison with sago starch. *Carbohydr Polym* 92(2): 2306–2313.

- [25]. Siregar JP. 2005. Tensile and flexural properties of arenga pinnata filament (Ijuk Filament) reinforced epoxy composites. *Thesis*. Universiti Putra Malaysia. Malaysia.
- [26]. Moore HE. 1960. A new subfamily of palms – the Caryotoideae. *Principes* 4: 102–117.
- [27]. Dransfield J, Uhl NW. 1986. An outline of a classification of palms. *Principes* 30: 3–11.
- [28]. Sahari J, Sapuan SM, Zainudin ES, Maleque MA. 2012. Sugar palm tree: a versatile plant and novel source for biofibres, biomatrices, and biocomposites. *Polym Renew Resour* 3(2): 61–77.
- [29]. Moga J, Seibert B, Smits W. 2001. Multipurpose palms: the sugar palm (Arenga pinnata (Wurmb) Merr.). *Agrofor Syst* 13:111–29.
- [30]. Zahari, W.Z.W., R.N.R.L. Badri, H. Adryananya, D. Kurniawan, dan F.M. Nor. 2015. Mechanical Properties and Water Absorption Behavior of Polypropylene / Ijuk Fiber Composite by Using Silane Treatment. *Procedia Manufacturing* 2: 573-578.