

# Pengaruh kandungan serat dan perlakuan alkali terhadap sifat tarik, bending dan impact bahan komposit serat aren-poliester

Arga Ahmadi Nugraha<sup>1</sup>, Kuncoro Diharjo<sup>2</sup>, Wijang Wisnu Raharjo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

<sup>2</sup>Staf Pengajar, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami No.36 A, Pucangawit, Jebres, Surakarta 57126  
Email korespondensi: kuncorodiharjo@ft.uns.ac.id

## Abstrak

Kajian ini bertujuan untuk menyelidiki efek dari fraksi volume serat dan perlakuan alkali (5% NaOH) serat terhadap sifat mekanis komposit serat aren acak dengan matrik poliester. Bahan utama yang digunakan adalah serat aren (acak), larutan alkali (5% NaOH), Unsaturated Polyester Resin dengan tipe 157 BQTN, dan hardener methyl ethyl keton peroksida (MEKPO). Metode compression molding (cetakan tekan) digunakan untuk membuat komposit dengan fraksi volume serat 0,15, 0,25, 0,35, dan 0,40. Perlakuan alkali dilakukan dengan cara merendam serat aren dalam larutan alkali (5% NaOH) dengan lama waktu perendaman 1, 2, 3, dan 4 jam. Sifat mekanis ditentukan dengan melakukan uji bending, uji tarik dan uji impact. Hasil kajian menunjukkan penambahan fraksi volume meningkatkan kekuatan bending, kekuatan tarik dan ketangguhan impact. Nilai tertinggi dari kekuatan bending, kekuatan tarik dan ketangguhan impact adalah 54,47 MPa, 25,61 MPa, dan 6,60 kJ/m<sup>2</sup>. Sifat mekanis komposit serat aren-poliester meningkat setelah diberi perlakuan alkali. Nilai tertinggi kekuatan bending, kekuatan tarik dan ketangguhan impact adalah 65,44 MPa, 27,92 MPa, dan 9,46 kJ/m<sup>2</sup> setelah diberi perlakuan alkali selama 4 jam.

**Kata kunci:** sifat mekanis, fraksi volume, alkali, serat aren, poliester.

## Abstract

This study aims to determine the effect of fiber volume fraction and fiber alkali treatment (5% NaOH) in mechanical properties of sugar palm random fiber with polyester matrix. The main components were sugar palm fiber (random), alkali liquid (5% NaOH), Unsaturated Polyester Resin 157 BQTN type, and methyl ethyl keton peroxide (MEKPO) as hardener. Compression molding method was used to create composite with 0.15, 0.25, 0.35, and 0.40 of fiber volume fraction. Alkali treatment was applied by sink the sugar palm fiber in alkali liquid (5% NaOH) with 1, 2, 3 and 4 hours of sinking time. Mechanical properties determined by bending test, tensile test and impact test. Result of the study shown that addition of volume fraction increasing the bending strength, tensile strength and impact strength. The highest value of bending strength, tensile strength and impact strength were 54.47 MPa, 25.61 MPa and 6.60 kJ/m<sup>2</sup>. Mechanical properties of sugar palm-polyester fiber composite increase after alkali treatment applied. The highest value of bending strength, tensile strength and impact strength were 65.44 MPa, 27.92 MPa and 9.46 kJ/m<sup>2</sup> after 4 hours of alkali treatment.

**Keywords:** mechanical properties, volume fraction, alkali, sugar palm fiber, polyester.

## 1. Pendahuluan

Kebutuhan papan kayu saat ini mengalami peningkatan. Menurut Mantan Menteri Kehutanan, M.S. Ka'ban, kebutuhan dunia terhadap kayu pada tahun 2014 diperkirakan mencapai 350 juta meter kubik per tahun. Permintaan bahan baku kayu diperkirakan cukup tinggi untuk memenuhi kebutuhan pabrik kertas, mebel, pertukangan, dan lainnya. Papan kayu yang dibutuhkan biasanya berasal dari hutan. Kebutuhan papan kayu yang meningkat memberikan dampak negatif, antara lain mengakibatkan hutan gundul, erosi dan banjir. Ketergantungan masyarakat terhadap hasil hutan harus segera ditanggulangi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan mengganti kayu dengan material lain untuk memenuhi kebutuhan kayu pada bidang furniture [1]. Di kawasan industri

Mie Su'un di Dusun Bendo, Tulung, Dlanggu, Klaten, Jawa Tengah, menghasilkan limbah serat aren (*Arenga Pinnata Wurmb* atau *Arenga Saccharifera Labill*). Hasil survei menunjukkan bahwa kebutuhan batang aren per hari sekitar 150 ton dan dihasilkan produk tepung/pati aren, limbah ampas pati onggok, kulit kayu, dan limbah cair. Produk buangan limbah ampas tepung aren tersebut mencapai 50 ton per hari. Ampas pati aren yang halus (tanpa serat) digunakan untuk campuran pakan sapi, sedangkan serat kasarnya belum dimanfaatkan dan menumpuk sehingga menimbulkan bau busuk. Limbah ampas tersebut mengandung minimal 50% serat aren (25 ton per hari) yang banyak bertumpukan di pinggir jalan. Serat aren merupakan serat yang tersedia di alam yang tahan lama dan tahan terhadap air laut. Serat ini memiliki potensi

yang sangat besar untuk dijadikan penguat (*reinforcement*) dalam komposit polimer [2]. Keunggulan serat alam dibandingkan dengan serat sintetis adalah harganya murah, densitas rendah, bahan terbarukan, mudah lepas, tahan lama, tahan terhadap air laut dan tidak bahaya bagi kesehatan. Keunggulan serat alam ini mengakibatkan banyak upaya mengeksplorasi serat alam baru dan penggunaan serat alam pada sektor industri, seperti komposit di bidang *furniture* dan untuk pengganti serat sintetis [3]. Melihat material komposit yang mempunyai kegunaan yang beraneka ragam, maka penting mengkaji bahan komposit menggunakan limbah serat aren. Kajian yang akan diuji adalah sifat mekanis (*Bending*, Tarik, Impak) dari komposit serat aren-poliester. Variasi yang akan dilakukan adalah variasi fraksi *volume* dan lama perendaman alkali 5% NaOH. Keberhasilan dari kajian ini diharapkan dapat menghasilkan jenis material komposit yang baru dan dapat digunakan sebagai pengganti kayu untuk bahan baku *furniture*. Serat aren dikumpulkan dari hasil limbah kawasan industri mie su'un di Dusun Bendo, Tulung, Dlanggu, Klaten, Jawa Tengah. Serat aren dibersihkan secara manual dengan *fresh water* untuk menghilangkan pasir, debu dan kotoran yang menempel pada serat. Setelah itu ditiriskan dan kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 1 jam. Natrium Hidroksida dan Aquades dipasok dari Saba Kimia, Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia. *Unsaturated Polyester Resin* seri 157 BQTN-EX dan MEKPO Catalyst dipasok dari PT. Justus Kimiaraya Indonesia.

## 2. Metode

Variasi fraksi volume yang digunakan pada komposit serat aren adalah 15%, 25%, 35%, dan 40%. Variasi lama perendaman pada larutan alkali (5% NaOH) adalah 1, 2, 3, dan 4 jam perendaman. Pengujian *bending* mengikuti ASTM D-6272 dengan dimensi sampel 127 mm (*L*) x 12.7 mm (*W*) x 3.2 mm (*T*). panjang *support span* ditetapkan dengan pada rasio 16:1 dari ketebalan sampel. Rumus yang digunakan untuk menghitung kekuatan *bending* dapat dilihat pada Persamaan (1) berikut.

$$S = \frac{3PL}{4bd^2} \quad (1)$$

*S* adalah kekuatan *bending* (MPa), *P* merupakan gaya maksimum (N), *L* adalah *support span* (mm), *b* adalah lebar spesimen (mm), *d* merupakan tebal spesimen (mm) [4]. Pengujian tarik mengikuti ASTM D-638-14. Rumus yang digunakan untuk menghitung kekuatan tarik dapat dilihat pada Persamaan (2).

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2)$$

$\sigma$  adalah tegangan (MPa), *P* merupakan gaya maksimum (N), *A* adalah luas penampang (mm<sup>2</sup>) [5]. Pengujian impak mengikuti BN-EN-ISO-179

dengan dimensi sampel 80 mm (*L*) x 10 mm (*W*) x 4 mm (*T*) dan tanpa takikan. Rumus yang digunakan untuk menghitung ketangguhan impak dapat dilihat pada Persamaan (3) berikut.

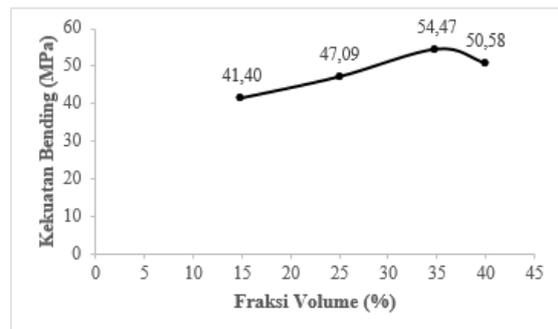
$$\text{Ketangguhan} = \frac{E_s}{A} = \frac{mgL(\cos \beta - \cos \alpha)}{A} \quad (3)$$

*E<sub>s</sub>* adalah energi serap (*Joule*), *m* merupakan massa pendulum (kg), *g* adalah percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>), *L* merupakan panjang pendulum (m),  $\beta$  adalah sudut pendulum setelah menghantam spesimen (deg.),  $\alpha$  merupakan sudut awal pendulum sebelum menghantam spesimen (deg.), *A* adalah luas penampang (mm<sup>2</sup>) [6].

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Hasil Uji Bending

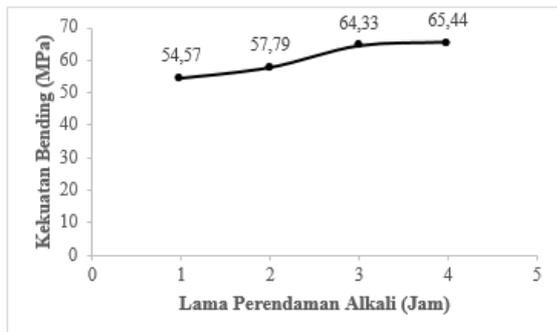
Pada kajian ini menunjukkan seiring bertambahnya fraksi volume serat, kekuatan *bending* komposit serat aren-poliester meningkat. Kekuatan *bending* mulai turun ketika penambahan fraksi volume serat 40%. Pada kajian ini, kekuatan komposit serat aren-poliester berkisaran 41,40 MPa dan 57,47 MPa, hubungannya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan kekuatan bending dengan penambahan fraksi volume serat.

Kekuatan *bending* dari fraksi volume 15% ke 35% meningkat secara linier. Kekuatan *bending* terendah terjadi pada komposit serat aren-poliester dengan fraksi volume 15%. Seiring bertambahnya fraksi volume sampai 35%, kekuatan *bending* komposit serat aren-poliester meningkat. Setelah itu kekuatan *bending* turun pada fraksi volume serat 40%, namun penurunan kekuatan *bending* tidak terlalu signifikan. Kekuatan *bending* terendah terjadi pada fraksi volume 15% sebesar 41,40 MPa. Kekuatan *bending* tertinggi terjadi pada fraksi volume 35% sebesar 54,47 MPa. Peningkatan kekuatan *bending* terjadi karena permukaan serat yang diikat oleh resin semakin luas sehingga *bonding* menjadi semakin baik. Kekuatan *bending* pada fraksi volume 40% memiliki nilai lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan komposit serat aren dengan fraksi volume 35%. Penurunan kekuatan *bending* tersebut diakibatkan terlalu banyak volume serat sehingga matrik tidak dapat mengikat semua permukaan serat, sehingga *bonding* antara matrik dengan serat menjadi kurang baik. Peristiwa tersebut sesuai dengan kajian

terdahulu [7]. Gambar 2 menunjukkan hubungan antara kekuatan *bending* dengan lama perendaman alkali 5% NaOH. Hasil menunjukkan bahwa lama perendaman alkali 5% NaOH pada serat menghasilkan peningkatan kekuatan *bending* komposit serat aren-poliester. Kekuatan *bending* komposit serat aren meningkat setiap penambahan lama perendaman alkali. Komposit serat aren-poliester dengan perendaman alkali selama 1 jam menghasilkan nilai kekuatan *bending* terendah yaitu sebesar 54,57 MPa. Nilai kekuatan *bending* tertinggi terjadi pada komposit serat aren dengan lama perendaman alkali selama 4 jam.

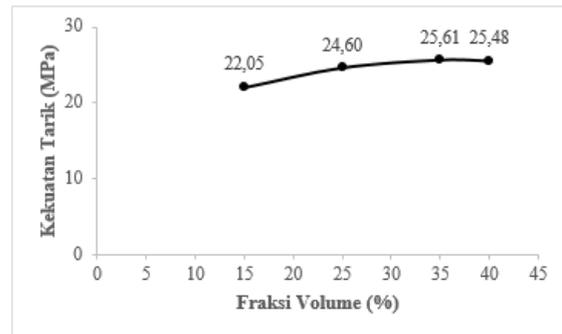


**Gambar 2.** Hubungan kekuatan bending dengan lama perendaman alkali 5% NaOH.

Kekuatan *bending* komposit serat aren yang dikenakan perlakuan alkali 5% NaOH berkisaran antara 54,57 MPa sampai 56,56 MPa. Kekuatan *bending* meningkat tidak terlalu drastis seiring penambahan lama perendaman alkali 5% NaOH. Kekuatan *bending* tertinggi komposit serat aren-poliester terjadi pada lama perendaman selama 4 jam sebesar 65,44 MPa. Kekuatan *bending* terendah terjadi setelah diberikan perlakuan alkali selama 1 jam sebesar 54,57 MPa. Peningkatan kekuatan *bending* komposit dari 1 jam ke 4 jam disebabkan karena efek dari perlakuan alkali membuat *bonding* antara serat aren dengan matrik poliester menjadi lebih baik. Perlakuan alkali terhadap serat menghilangkan minyak, lilin dan kotoran lainnya yang menutupi permukaan serat [8]. Tanpa perlakuan ke perlakuan alkali, kekuatan *bending* meningkat dikarenakan meningkatnya kualitas ikatan antara matrik dan serat, sehingga beban selama pengujian didistribusikan dan dipindahkan dari matrik poliester ke serat aren dan sebaliknya [9].

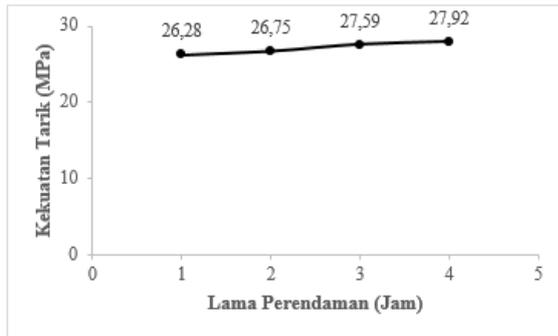
#### Hasil Uji Tarik

Gambar 3 menjelaskan hubungan kekuatan tarik dengan penambahan fraksi volume serat. Hasil pengujian tarik dengan variasi fraksi volume menghasilkan *trendline* naik. Penambahan fraksi volume mengakibatkan kekuatan tarik meningkat. Nilai kekuatan tarik komposit serat aren-poliester berkisaran antara 22,05 MPa dan 25,61 MPa.



**Gambar 3.** Hubungan kekuatan tarik dengan penambahan fraksi volume serat.

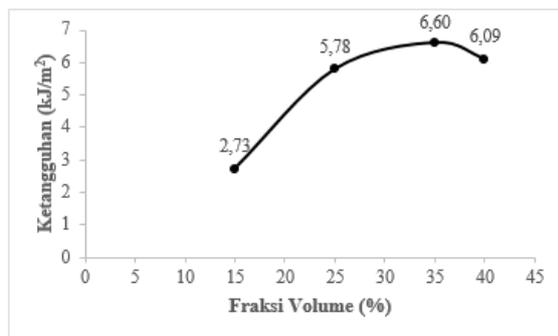
Penambahan serat aren menyebabkan kekuatan tarik material menjadi meningkat. Kekuatan tarik terendah terjadi pada fraksi volume serat 15%, dengan nilai sebesar 22,05 MPa. Seiring penambahan serat sampai fraksi volume 35%, kekuatan tarik komposit terus meningkat, namun kekuatan tarik menurun pada penambahan fraksi volume 40%. Kekuatan tarik komposit maksimum terjadi pada fraksi volume 35% dengan nilai kekuatan tarik sebesar 25,61 MPa. Peningkatan kekuatan tarik dari fraksi volume 15% sampai 35% disebabkan karena luasan ikatan semakin luas, semakin luas daerah ikatan mengakibatkan kekuatan ikatan juga semakin baik. Pada pengujian tarik, serat berperan sebagai penghambat untuk terjadi retak dan mampu memanjang [10]. Kekuatan tarik dengan variasi lama perendaman alkali dapat dilihat pada Gambar 4. Dari hasil yang didapatkan, semakin lama perendaman alkali maka semakin bagus nilai dari kekuatan tarik komposit serat aren-poliester. Kekuatan tarik meningkat dari 26,28 MPa sampai 27,92 MPa. Kekuatan tarik maksimum terjadi pada lama perendaman alkali 5% NaOH selama 4 jam dengan nilai kekuatan tarik sebesar 27,92 MPa. Peningkatan kekuatan tarik setelah serat aren diberikan perlakuan alkali tidak terlalu signifikan, namun perlakuan alkali tetap memberikan efek terhadap kekuatan tarik komposit serat aren-poliester. Efek yang diberikan tersebut diakibatkan karena *bonding* serat semakin bagus. Hal tersebut diakibatkan karena lignin dan hemiselulosa yang terdapat di permukaan serat hilang dan pembengkakan pada serat [8, 11]. Lignin dan hemiselulosa hilang mengakibatkan permukaan serat kasar. Kasarnya permukaan serat menjadikan resin dapat mengikat serat dengan lebih kuat. Perlakuan alkali terhadap serat menyebabkan fibrilasi serat, yaitu keadaan di mana serat mengalami pecah dari serat yang besar menjadi serat kecil dan akan meningkatkan luas permukaan sehingga menyebabkan kekuatan meningkat [11].



**Gambar 4.** Hubungan kekuatan tarik dengan lama perendaman alkali 5% NaOH.

### Hasil Uji Impak

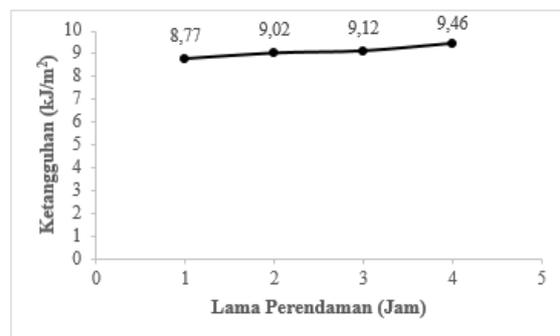
Gambar 5 menunjukkan grafik hubungan antara ketangguhan impak dengan penambahan fraksi volume serat aren, dapat dilihat bahwa penambahan fraksi volume serat meningkatkan nilai ketangguhan impak komposit. Ketangguhan impak komposit serat aren-poliester dengan variasi fraksi volume berkisar antara 2,73 kJ/m<sup>2</sup> sampai 6,60 kJ/m<sup>2</sup>.



**Gambar 5.** Hubungan ketangguhan impak dengan penambahan fraksi volume serat.

Gambar 5 memperlihatkan bahwa *trendline* mengalami kenaikan. Ketangguhan impak komposit serat aren-poliester meningkat seiring bertambahnya fraksi volume sampai 35% sebesar 6,60 kJ/m<sup>2</sup>. Pada fraksi volume serat 40%, ketangguhan impak komposit serat aren mengalami penurunan dengan nilai 6,09 kJ/m<sup>2</sup>. Ketangguhan impak tertinggi terjadi pada fraksi volume 35%, sedangkan ketangguhan impak terendah terjadi pada fraksi volume 15%. Nilai ketangguhan impak tertinggi dan terendah sebesar 6,60 kJ/m<sup>2</sup> dan 2,73 kJ/m<sup>2</sup>. Kekuatan impak meningkat seiring bertambahnya fraksi volume menunjukkan ikatan yang baik, namun setelah mencapai titik maksimum akan mengalami penurunan. Hal tersebut dikarenakan ikatan antara serat dan matrik yang kurang baik sehingga menurunkan ketangguhan impak [12]. Selain itu, ketangguhan impak menurun karena *debonding* pada serat. Hal tersebut merupakan tanda ikatan lemah antara serat hidrofilik dan matrik hidrofobik [7]. Meningkatnya ketangguhan impak menunjukkan bahwa komposit serat aren-poliester mampu mendistribusikan beban impak, sehingga dapat

menahan beban kejut. Kekuatan impak tinggi menunjukkan bahwa komposit serat aren-poliester tersebut ulet. Analisis dari hubungan ketangguhan impak dengan lama perendaman serat pada alkali 5% NaOH dapat dilihat pada Gambar 6. Dari pengujian impak yang telah dilakukan, penambahan waktu perendaman serat pada alkali 5% NaOH meningkatkan nilai ketangguhan impak. Ketangguhan impak meningkat disebabkan oleh peningkatan kualitas ikatan antara serat aren dan matrik poliester. Kualitas ikatan antara serat dan matrik yang meningkat menyebabkan meningkatnya energi impak yang dibutuhkan untuk mematahkan komposit. Pada saat pendulum menabrak komposit dan memotong serat yang berikatan dengan matrik terjadi retak rambut, sehingga untuk mematahkan komposit harus membutuhkan energi yang tinggi.



**Gambar 6.** Hubungan ketangguhan impak dengan lama perendaman alkali 5% NaOH.

Ketangguhan impak mengalami peningkatan dari 1 jam sampai 4 jam perendaman alkali. Nilai ketangguhan impak komposit serat aren dengan penambahan waktu perendaman alkali berkisar antara 8,77 kJ/m<sup>2</sup> dan 9,46 kJ/m<sup>2</sup>. Ketangguhan impak komposit serat aren-poliester pada 1 jam perendaman alkali memiliki nilai terendah yaitu sebesar 8,77 kJ/m<sup>2</sup>. Ketangguhan impak komposit tertinggi terjadi pada lama perendaman selama 4 jam dengan nilai sebesar 9,46 kJ/m<sup>2</sup>. Dengan perlakuan alkali, permukaan serat menjadi lebih baik karena berkurangnya lignin dan kandungan lain, sehingga permukaan menjadi lebih kasar. Permukaan yang kasar menyebabkan *bonding* antara serat dan matrik menjadi lebih baik [13]. Peningkatan nilai ketangguhan impak diakibatkan karena perendaman serat membuat ikatan serat dengan matrik menjadi lebih baik.

### 4. Kesimpulan

Simpulan yang didapatkan dari kajian ini bahwa jumlah kandungan serat mempengaruhi sifat mekanis (*bending*, tarik, impak) dari komposit serat aren-poliester. Penambahan jumlah kandungan serat menyebabkan sifat mekanis meningkat, setelah sampai titik maksimum sifat mekanis akan cenderung turun. Titik maksimum komposit serat aren adalah 35% fraksi volume. Penambahan waktu

perendaman alkali 5% NaOH pada serat meningkatkan sifat mekanis (*bending*, tarik, impak) pada komposit serat aren-poliester. Seiring bertambahnya waktu perendaman sampai 4 jam, sifat mekanis komposit serat aren-poliester juga mengalami peningkatan. Karakteristik penampang patahan komposit serat aren menunjukkan perbedaan kualitas ikatan serat aren dengan poliester. Penambahan fraksi volume serat dan lama perendaman alkali 5% NaOH menunjukkan ikatan mengalami peningkatan kualitas.

#### Daftar Pustaka

- [1] Trisna, H., & Mahyudin, A. 2012. Analisis Sifat Fisis dan Mekanik Papan Komposit Gypsum Serat Ijuk dengan Penambahan Boraks (Dinatrium Tetraborat Decahydrate ). Jurnal Fisika Unand, 1(1), 30–36.
- [2] Ishak, M. R., Sapuan, S. M., Leman, Z., Rahman, M. Z. A., Anwar, U. M. K., & Siregar, J. P. 2013. Sugar palm (*Arenga pinnata*): Its fibres, polymers and composites. Carbohydrate Polymers, 91(2), 699–710.
- [3] Suryanto, H., Marsyahyo, E., Irawan, Y. S., & Soenoko, R. 2014. Effect of Alkali Treatment on Crystalline Structure of Cellulose Fiber from Mendong (*Fimbristylis globulosa*) Straw. Key Engineering Materials, 594–595(January), 720–724.
- [4] ASTM. 2000. ASTM D 6272: Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials by Four-Point Bending. Annual Book of ASTM Standards, 1–8.
- [5] ASTM. 2015. D 638 : Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. Annual Book of ASTM Standards, 1–17.
- [6] BSI, B. S. I. 2010. BSI Standards Publication Plastics — Determination of Charpy impact properties. BSI Standards Publication.
- [7] Dubey, N., & Agnihotri, G. 2017. Flexural and Impact Properties of Midrib of Coconut Palm Leaves Reinforced Polyester. Materials Today: Proceedings, 4, 3422–3430.
- [8] Oushabi, A., Sair, S., Oudrhiri Hassani, F., Abboud, Y., Tanane, O., & El Bouari, A. 2017. The effect of alkali treatment on mechanical, morphological and thermal properties of date palm fibers (DPFs): Study of the interface of DPF–Polyurethane composite. South African Journal of Chemical Engineering, 23, 116–123.
- [9] Asumani, O. M. L., Reid, R. G., & Paskaramoorthy, R. 2012. The effects of alkali-silane treatment on the tensile and flexural properties of short fibre non-woven kenaf reinforced polypropylene composites. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 43(9), 1431–1440.
- [10] Gloria, G. O., Teles, M. C. A., Lopes, F. P. D., Vieira, C. M. F., Margem, F. M., Gomes, M. d. A., Monteiro, S. N. 2017. Tensile strength of polyester composites reinforced with PALF. Journal of Materials Research and Technology. 6 (4), 401-405.
- [11] Rajesh, G., Siripurapu, G., Lella, A. 2018. Evaluating Tensile Properties of Successive Alkali Treated Continuous Pineapple Leaf Fiber Reinforced Polyester Composites. Materials Today:Proceedinga. 5, 13146-13151.
- [12] Wijoyo., Nurhidayat, A., Purnomo, C. 2011. Kajian Pengaruh Fraksi Volume Serat Akibat Perlakuan Alkali Terhadap Ketangguhan Impak Komposit Limbah Serat Aren-Polyester. Dinamika Teknik Mesin : Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik Mesin. 1 (2). 1-5.
- [13] Nanulaitta, N. M., Soeprapto, W., Soenoko, R. 2018. Pengaruh Fraksi Volume Serat Empulur Sagu (*Metroxylon Sp*) Dan Presentase Alkali Terhadap Pengujian Impak Serta Absorpsi Air Pada Komposit Berserat Sagu. Jurnal Rekayasa Mesin. 9 (3). 163-168.