

# Perubahan Sifat Tarik dan Morfologi Membran Nanofiber CMV/PVA dengan Variasi Penambahan Konsentrasi CMV

Raden Vito Bagas Bintoro Putra<sup>a</sup>, Harini Sosiati<sup>b</sup>, Muhammad Budi Nur Rahman<sup>c</sup>

<sup>a</sup> UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

Jl. Brawijaya, Kasihan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta  
 +62 85799335485  
 e-mail: ravitbagas@gmail.com

<sup>b,c</sup> UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

Jl. Brawijaya, Kasihan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta  
 +62 858 8234 3787  
 e-mail: hsosiati@gmail.com

## Abstrak

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan salah satu limbah padat dari hasil industri perkebunan kelapa sawit yang setiap tahunnya selalu meningkat. Pada penelitian ini serat TKKS di fungsikan sebagai pengisi komposit dengan matriks resin epoksi. Penelitian ini di lakukan dengan variasi perlakuan serat TKKS bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi perlakuan pada serat terhadap sifat mekanis bending dan impak komposit TKKS/Epoxy. Selain itu, hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk menjadi kandidat pengganti material plastik pada penggunaan cangkang helm sepeda motor. Dalam penelitian ini serat TKKS di beri tiga variasi perlakuan, yaitu proses perebusan, pencucian dengan deterjen, dan alkalisasi NaOH 6%. Perbandingan fraksi volume serat dan matriks adalah 20:80, dengan panjang serat 15mm. Pembuatan spesimen dilakukan dengan metode *cold press and hand lay-up* dengan tekanan sebesar 120 kg/cm<sup>2</sup>, selama 7-8 jam pada suhu ruangan. Pengujian mekanis yang dilakukan adalah uji bending dengan ASTM D790-02 dan impak ASTM D6110-04. Hasil pengujian impak menunjukkan nilai ketangguhan impak perlakuan perebusan serat sebesar 12,72 kJ/m<sup>2</sup>, pencucian serat 7,8 3kJ/m<sup>2</sup>, Perlakuan alkalisasi NaOH 6% 7,97 kJ/m<sup>2</sup>. Hasil dari pengujian kekuatan bending pada perlakuan perebusan serat 33,207 MPa, pada pencucian serat 35,265 MPa, pada alkalisasi NaOH 6% serat sebesar 36,110 MPa. Hasil dari semua patahan spesimen yang diamati dengan mikroskop optik menunjukkan bahwa perlakuan serat alkalisasi memiliki ikatan serat dengan matriks yang lebih baik dari kedua variasi lainnya.

**Kata kunci** : TKKS, perlakuan serat, uji impak, uji bending.

## Abstract

*Oil palm empty fruit bunches (TKKS) is one of the solid wastes from the results of the oil palm plantation industry which is increasing every year. In this research, OPEFB fiber is functioned as a composite filler with epoxy resin matrix. This research was conducted with variations in the*

*treatment of OPEFB fiber aims to determine the effect of variations in the treatment of fiber on the mechanical properties of bending and impact of OPEFB / Epoxy composites. In addition, the results of this study can be used to become candidates for substituting plastic materials for the use of motorcycle helmet shells. In this study the OPEFB fiber was given three variations of treatment, namely the process of boiling, washing, and alkalization. Comparison of fiber and matrix volume fraction is 20:80, with a fiber length of 15mm. Specimens were prepared using the cold press and hand lay-up method with a pressure of 120 kg / cm<sup>2</sup>, for 7-8 hours at room temperature. The mechanical test carried out is a bending and impact test. From the test results show that the impact test is in the treatment of boiling fiber at 12.72 kJ / m<sup>2</sup>, at leaching 7.8 3 kJ / m<sup>2</sup>, at 7.97 kJ / m<sup>2</sup> alkalization. The results of the bending strength test are 33,207 MPa boiling treatment, 35,265 MPa washing, 36,110 MPa fiber alkalization. The results of all specimen fractures observed with an optical microscope show that the alkalization fiber treatment has a better fiber bond with the matrix than the other two variations.*

*Keywords: OPEFB, fiber treatment, impact test, bending test*

## 1. PENDAHULUAN

Tanaman kelapa sawit adalah salah satu tanaman perkebunan yang sangat penting pada sektor pertanian Indonesia. Dengan semakin meningkatnya produksi kelapa sawit di Indonesia maka akan berdampak juga pada peningkatan jumlah limbahnya. Limbah kelapa sawit yaitu sisa dari hasil tanaman kelapa sawit yang sudah tidak termasuk dalam produk utama, baik berupa limbah padat maupun limbah cair. Salah satu limbah padat adalah tandan kosong kelapa sawit (Haryanti dkk, 2014).

Selain penggunaan serat sisal, kenaf, abaca, dll, sekarang ini banyak dikembangkan pemanfaatan limbah kelapa sawit yaitu serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai salah satu komponen penguat dalam material komposit. Adapun penelitian mengenai limbah TKKS antara lain dilakukan oleh Praswasti, dkk (2014), yang meneliti kekuatan bending dan tarik komposit TKKS/Epoxy dengan variasi penambahan *carbon nano tube* (CNT) sebesar 0.1%, 0.5%, dan 1% dari berat matriks yang digunakan dan panjang serat sebesar 10cm, menghasilkan kekuatan bending terbesar 50 MPa. Huda (2018) meneliti kuat tarik dan impact komposit TKKS/epoxy dengan variasi perbedaan panjang serat 5mm, 10mm, dan 15mm. Hasil paling tinggi di dapat pada variasi serat 15mm dengan kekuatan impact 32,10KJ/m<sup>2</sup>.

Variasi perbandingan fraksi volume serat dan matriks sudah pernah di teliti oleh Husein, dkk (2015) meneliti kekuatan tarik dan impact komposit dengan penguat serat TKKS dan matriks polimer epoxy dengan variasi volume serat 10%, 20%, 30%, dan 40%. Pada pengujian impact yang dilakukan di dapatkan hasil paling tinggi pada variasi fraksi volume serat TKKS 20%. Selain itu, Haryanto (2009) melakukan uji mekanis tarik dan impact pada spesimen dengan variasi fraksi volume serat dengan persentase 10%, 15%, dan 20%. Komposit diperkuat dengan serat kenaf dan serat rayon dengan matriks poliester. Hasil dari pengujian impact didapatkan nilai tertinggi terdapat pada spesimen dengan variasi volume serat 20%.

Pada penelitian ini sebelum di lakukan proses pembuatan komposit, serat terlebih dahulu dilakukan beberapa proses pembersihan, seperti pada penelitian yang di lakukan oleh Kim, dkk (2016), membuat komposit TKKS-epoksi dengan serat TKKS terlebih dahulu dilakukan dengan aquades untuk menghilangkan kotoran. Kemudian spesimen di lakukan pengujian bending. Pada penelitian lainnya yang dilakukan oleh Ridho (2018), membuat komposit serat TKKS-epoksi dengan perlakuan perebusan serat. Pada percobaan tersebut hasil dari patahan spesimen cukup banyak terdapat *fiber pullout* dan debonding. Permukaan serat masih terdapat minyak yang mempengaruhi ikatan pada serat dan matriks. Pada penelitian yang di lakukan oleh Gultom, dkk (2014), meneliti pengaruh perlakuan alkalisasi

serat TKKS dengan NaOH 5% dan variasi waktu perendaman selama 2 jam, 4 jam, dan 6 jam. Perlakuan dengan NaOH 5% bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dari serat.

Bedasarkan hasil dari penelitian sebelumnya, efek dari perlakuan serat TKKS terhadap sifat impak dan bending TKKS/epoxy belum di lakukan. Oleh karena itu penelitian ini dibuat komposit dengan penguat serat alam yaitu serat TKKS dengan matriks resin epoksi yang merupakan salah satu resin thermoset yang umum digunakan oleh masyarakat serta industri besar maupun kecil. Pada penelitian ini akan membandingkan perlakuan serat TKKS dengan variasi perebusan, pencucian menggunakan deterjen, dan alkalisasi. Perbedaan perlakuan di lakukan bertujuan untuk mendapatkan hasil yang paling baik. Dari penelitian di atas perbandingan fraksi volume serat dan matriks yang akan di gunakan yaitu 20:80, dan juga menggunakan potongan serat yang lebih panjang yaitu 15mm, diharapkan penelitian ini mendapatkan perlakuan yang sesuai untuk serat TKKS sebagai bahan penguat komposit. Selain itu, komposit TKKS/epoxy yang di dihasilkan dari penelitian ini dapat digunakan untuk menjadi kandidat pengganti material plastik pada penggunaan cangkang helm sepeda motor.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Persiapan serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS)

Serat TKKS di cuci dan di rendam dengan air biasa hingga bersih dari kotoran. Setelah serat dicuci kemudian serat TKKS direbus selama 1 jam dengan air mendidih menggunakan bejana terbuka untuk menghilangkan kotoran. Untuk proses pencucian dengan deterjen, serat yang sudah di cuci dan di rendam kemudian direndam pada larutan deterjen bertujuan untuk menghilangkan minyak pada permukaan serat. Dan setelah itu dilakukan lagi proses bilas. Untuk proses alkalisasi, serat yang sudah di cuci dan di rendam kemudian direndam menggunakan aquades (H<sub>2</sub>O) dicampur dengan 6% NaOH dan direndam selama kurang lebih 36 jam. Serat yang sudah proses kemudian dibilas dengan air kemudian di jemur dan dikeringkan pada suhu ruangan selama kurang lebih 48 jam untuk menghilangkan kadar air pada serat. Setelah direndam kemudian dibilas dengan aquades (H<sub>2</sub>O). Kemudian dinetralkan dengan CH<sub>3</sub>COOH. Selanjutnya serat TKKS di potong 15mm.

### 2.2 Proses Persiapan Cetakan

Cetakan dibersihkan dengan skrap agar kotoran sisa resin dapat bersih. Mencuci cetakan dan dikeringkan. Kemudian cetakan dilapisi dengan *mold release* keseluruhan bagian cetakan agar memudahkan saat pelepasan spesimen komposit yg akan di cetak nantinya.

### 2.3 Perhitungan Fraksi Volume Komposit

1. Perhitungan fraksi volume untuk pengujian bending.

Perhitungan fraksi volume pada spesimen uji bending.

Diketahui :

Massa jenis serat TKKS	= 1,04 gr/cm <sup>3</sup>
Massa jenis resin epoxy	= 1,20 gr/cm <sup>3</sup>
Dimensi cetakan:	
Panjang (P)	= 170 mm
Lebar (L)	= 90 mm
Tebal (T)	= 3 mm
Volume cetakan, V <sub>c</sub>	= 17cm x 9cm x 0,3cm = 45,9 cm <sup>3</sup>
Volume epoxy, V <sub>e</sub>	= $\frac{80\%}{100\%} \times 45,9$ = 36,72
Massa epoxy, m <sub>e</sub>	= V <sub>epoksi</sub> × ρ <sub>epoksi</sub> = 36,72cm <sup>3</sup> × 1,2gr/cm <sup>3</sup> = 44,06 gr
Volume serat TKKS, V <sub>k</sub>	= $\frac{20\%}{100\%} \times 45,9$ = 9,18 cm <sup>3</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{Massa serat TKKS, } m_k &= V_{\text{serat}} \times \rho_{\text{serat}} \\
 &= 9,18 \text{ cm}^3 \times 1,4 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 9,54 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

## 2. Perhitungan volume untuk pengujian impak.

Perhitungan fraksi volume pada spesimen uji impak.

Diketahui :

$$\text{Massa jenis serat TKKS} = 1,04 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Massa jenis resin epoxy} = 1,20 \text{ gr/cm}^3$$

Dimensi cetakan:

$$\text{Panjang (P)} = 170 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar (L)} = 90 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal (T)} = 4 \text{ mm}$$

$$\text{Volume cetakan, } V_c = 17\text{cm} \times 9\text{cm} \times 0,4\text{cm}$$

$$= 61,2 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume epoxy, } V_e = \frac{80\%}{100\%} \times 61,2$$

$$= 48,96$$

$$\text{Massa epoxy, } m_e = V_{\text{epoksi}} \times \rho_{\text{epoksi}}$$

$$= 48,96 \text{ cm}^3 \times 1,2 \text{ gr/cm}^3$$

$$= 58,68 \text{ gr}$$

$$\text{Volume serat TKKS, } V_k = \frac{20\%}{100\%} \times 61,2$$

$$= 12,24 \text{ cm}^3$$

$$\text{Massa setar TKKS, } m_k = V_{\text{serat}} \times \rho_{\text{serat}}$$

$$= 12,68 \text{ cm}^3 \times 1,4 \text{ gr/cm}^3$$

$$= 12,68 \text{ gr}$$

### 2.4 Proses Langkah Kerja Pembuatan Spesimen

Proses langkah kerja pembuatan spesimen dimulai dari menyiapkan Serat TKKS yang sudah dipotong dan siap digunakan kemudian ditimbang sesuai dengan fraksi volume yang akan digunakan. Kemudian menyiapkan cetakan yang akan digunakan, melapisi molding cetakan dengan  *mold release* , kemudian mesusun serat pada cetakan dan tata dengan rata.

Tahap selanjutnya setelah serat dan cetakan sudah siap yaitu menyiapkan resin epoxy dan hardener kemudian di timbang sesuai dengan fraksi volume yang digunakan, dilanjutkan dengan pengadukan menggunakan alat pengaduk hingga merata. Kemudian memasukan bahan – bahan yang sudah dicampur ke dalam cetakan dengan cara menuang sampai merata keseluruhan bagian cetakan dan tunggu sampai epoxy menyerap kedalam serat.

Setelah semua sudah merata kemudian langsung tekan menggunakan alat  *cold press*  pada tekanan  $\pm 120 \text{ kg/cm}^2$  selama 7-8 jam hingga komposit mengeras. Setelah selesai proses  *press* , lepas cetakan dari alat  *cold press*  dan lepas perlahan hingga spesimen lepas dari molding. Bersihkan cetakan dari sisa kotoran yang menempel. Setelah spesimen terlepas, rapikan spesimen dengan menggunakan cutter dan kemudian potong spesimen menggunakan alat pemotong spesimen sesuai ketentuan ASTM.

## 2.5 Proses Pengujian

### 1. Prosedur Pengujian Bending ASTM D790

Memilih spesimen yang sesuai dengan dimensi ASTM D790. Memberikan label pada setiap spesimen yang bertujuan terhindar dari kekeliruan pada saat pengujian. Dilanjutkan pengujian bending yang dilakukan di Lab. Material ATMI Surakarta dengan merk Zwick/roell untuk pengujian bending komposit. Memasang spesimen pada span dengan panjang span 80 mm dan mengatur kecepatan pengujian 2 mm/menit. Setelah pengujian selesai dilakukan, dilanjutkan dengan mengolah data hasil pengujian bending.

### 2. Prosedur Pengujian Impak ASTM D 6110

Memilih spesimen yang sesuai dengan dimensi ASTM D 6110. Memberikan label pada setiap spesimen yang bertujuan terhindar dari kekeliruan pada saat pengujian. Pada pengujian impak diberikan takikan pada bagian tengah spesimen agar memudahkan patah ketika diuji. Dilanjutkan pengujian impak yang dilakukan di Lab. Material ATMI Surakarta dengan mesin merk Zwick/roell. Setelah pengujian selesai dilakukan, dilanjutkan dengan mengolah data hasil pengujian impak

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

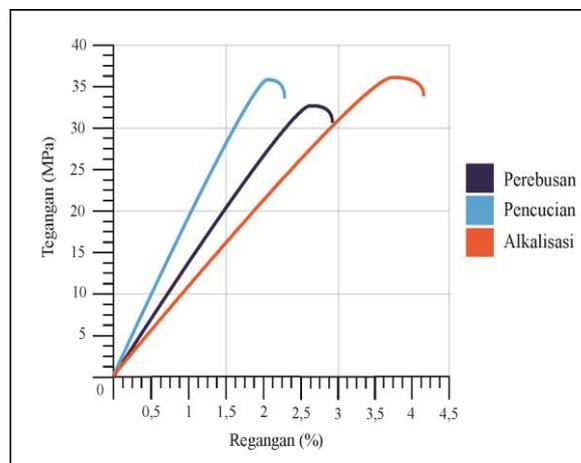
### 3.1 Morfologi Permukaan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit



Gambar 3.1 Hasil foto optik serat

Dari gambar di atas terlihat serat TKKS dengan perlakuan perebusan memiliki permukaan yg cukup bersih, namun jika dibandingkan dengan hasil dari perlakuan pencucian pada gambar, maka serat dengan perlakuan pencucian dengan deterjen terlihat permukaan serat lebih kasar dan kering (tidak berminyak) pada serat dengan perlakuan perebusan masih terlihat kilapan seperti minyak yang tersisa. Pada gambar serat yang dialkalisasi terlihat permukaan serat menjadi lebih kasar dan terlihat seperti adanya sobekan sobekan pada serat, hal tersebut yang dapat membuat ikatan serat pada matriks menjadi lebih baik.

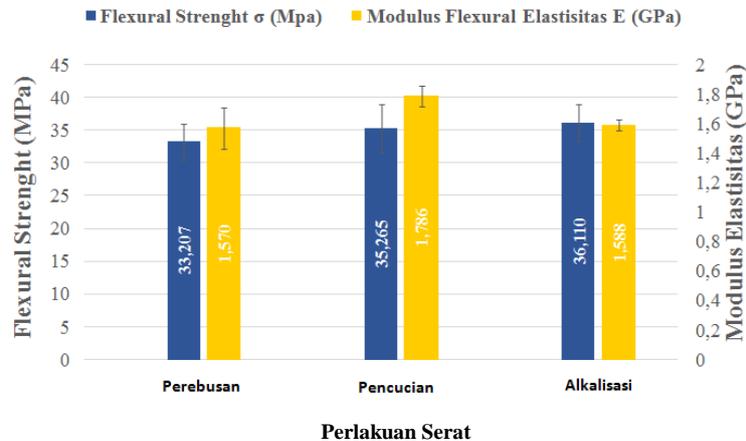
### 3.2 Hasil Pengujian Bending Komposit



Gambar 3.2.

Grafik Bending

Pada Gambar 3.2. di atas bisa di simpulkan bahwa komposit TKKS-epoxy memiliki sifat yang getas. Dikarenakan adanya *strenght break* atau patah secara tiba tiba. perlakuan serat dapat mempengaruhi sifat materialnya, namun perlakuan pencucian serat dan alkalisasi tidak terlalu signifikan perbedaan tegangannya.

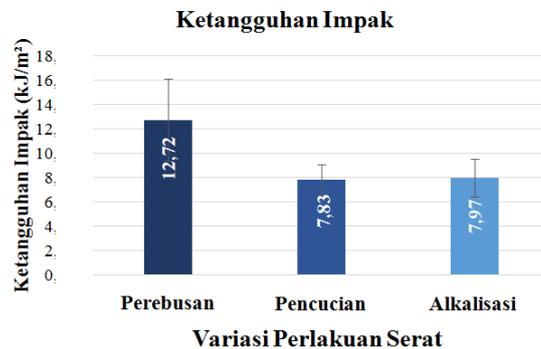


Gambar 3.3. Kekuatan dan Modulus Bending

Dari Gambar 4.3 Grafik kekuatan bending dan modulus bending komposit dengan perbandingan serat dan matrik adalah 20%:80% dengan variasi perlakuan serat perebusan, pencucian, dan alkalisasi. Nilai kekuatan bending pada variasi perlakuan perebusan sebesar 33,207 MPa. Sedangkan pada pada komposit dengan perlakuan pencucian mempunyai kekuatan bending sebesar 35,265 MPa. Kemudian pada variasi perlakuan alkalisasi sebesar 36,110 MPa. Dapat dilihat jika perlakuan alkalisasi dapat meningkatkan kekuatan bending. Perlakuan alkalisasi adalah hasil yang paling optimal karena memiliki kekuatan bending yang paling tinggi daripada nilai kekuatan bending pencucian dan perebusan.

Sedangkan pada serat TKKS perlakuan pencucian mendapat nilai modulus bending yang lebih tinggi dibanding perlakuan perebusan dan alkalisasi. Komposit dengan perlakuan pencucian serat memiliki modulus bending sebesar 1,786 GPa, hasil tersebut memiliki angka yang lebih besar di dibandingkan dengan hasil yang di dapatkan oleh perlakuan serat perebusan dan alkalisasi.

### 3.3 Hasil Pengujian Impak Komposit

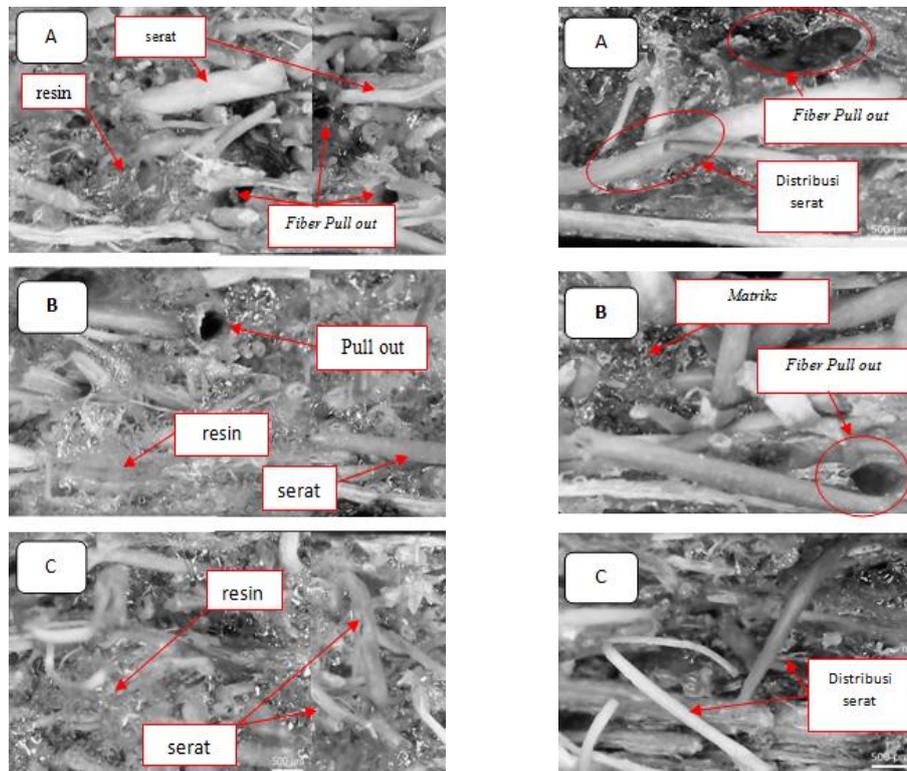


Gambar 3.4 Ketangguhan Impak

Dari grafik hasil pengujian energi serap dan ketangguhan impak pada gambar 4.5 dan 3.4 menunjukkan bahwa dari tiga variasi perlakuan serat dapat berpengaruh terhadap hasil. Komposit impak dibuat dengan komposisi perbandingan serat dan matrik adalah 20% : 80%. Hasil pengujian impak menunjukkan perlakuan perebusan serat memiliki hasil tertinggi di

bandingkan pencucian dan alkalisasi. Perlakuan perebusan memiliki hasil uji ketangguhan impact paling tinggi 12,72 kJ/m<sup>2</sup> dan energi serap impact 0,546 J. Hasil dari perlakuan perebusan tersebut jika di bandingkan dengan perlakuan pencucian dan alkalisasi adalah yang paling tinggi. Hal tersebut menunjukkan pencucian serat menggunakan deterjen dan alkalisasi justru menurunkan ketangguhan impact dan energiserap komposit.

### 3.4



Gambar 3.5. Struktur patahan komposit spesimen dengan foto mikro (A) Perebusan (B) Pencucian (C) Alkalisasi

Dari hasil optik pada gambar di atas di dapat komposit TKKS-epoksi dengan persebaran serat cukup merata dan tidak hanya terkonsentrasi pada bagian tengah spesimen. Pada patahan spesimen dari tiga variasi perlakuan serat terdapat beberapa perbedaan. Pada perlakuan perebusan serat, patahan terlihat cukup banyak *fiber pull out*. Hal tersebut terjadi karena kurang baiknya ikatan antar serat dan matriksnya. Pada variasi pencucian serat *fiber pull out* mulai berkurang. Hal tersebut dikarenakan pencucian dengan deterjen mengurangi minyak pada permukaan serat. Hasil patahan spesimen dengan variasi perlakuan alkalisasi serat hampir tidak terdapat *fiber pull out*, alkalisasi dapat memurnikan permukaan serat dan membuat permukaan menjadi lebih kasar sehingga ikatan antara serat dan matriks lebih baik.

### 3.5 Kelayakan Material Komposit

Hasil pengujian mekanis (bending & Impact) komposit TKKS-epoksi dengan variasi perlakuan serat memiliki kekuatan bending tertinggi sebesar 36,110MPa, kemudian ketangguhan impact dan energi serap impact tertinggi sebesar 12,72 KJ/m<sup>2</sup> dan 0,546J. Kemudian data tersebut di bandingkan dengan data penelitian ketangguhan impact dan energi serap impact helm SNI menurut Bagus & Heri (2018) yaitu sebesar 9,72 KJ/m<sup>2</sup> dan 0,3125 Joule. Untuk kekuatan bending di bandingkan dengan material helm CE (*Coir epoxy*) menurut dari penelitian Obele dan Ishidi (2015) bernilai 46,36MPa.

Dari data uji (bending & impact) jika di bandingkan data uji helm SNI pada penelitian Bagus dan Heri (2018) maka hasil dari ketangguhan impact dan energi serap impact komposit

TKKS/epoxy masih lebih tinggi. Namun untuk hasil bending jika di bandingkan dari penelitian Obele dan Ishidi (2015) maka hasilnya masih lebih rendah .

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil kekuatan bending paling tinggi di tunjukkan pada komposit dengan perlakuan alkalisasi serat yaitu 36,110 MPa. Sedangkan pada perlakuan pencucian serat yaitu 35,265 MPa, dan pada perlakuan perebusan serat yaitu 33,207 MPa.
2. Perlakuan perebusan serat menunjukkan hasil ketangguhan impak dan energi serap sebesar 12,72 kJ/m<sup>2</sup> dan 0,5463 J. Hasil tersebut lebih tinggi dibanding pencucian serat yaitu 7,83 kJ/m<sup>2</sup> dan 0,3317 J, pada alkalisasi serat 7,97 kJ/m<sup>2</sup> dan 0,3386 J.
3. Patahan uji impak terlihat spesimen dengan perlakuan serat alkalisasi memiliki ikatan yang baik, dimana berkurangnya *fiber pullout* dibanding variasi pencucian serat dan perebusan.

#### REFERENSI

- [1] Agustina, L. (2016), *Characteristics of Empty Fruit Bunches (EFB) Fiber with Boiling and Steaming Treatment*, Jurnal Fakultas Pertanian, Volume 41 Nomor 1. P. 97-102.
- [2] ASTM D 6110 Standar *Test Method for Determining the Charpy Impact Resistance of Notched Specimens of Plastic*. ASTM International. United States.
- [3] ASTM, D 790 M – 02, *Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*, ASTM International, United States.
- [4] Muh Amin, ST, MT. Drs. Samsudi R, ST. 2010. Pemanfaatan Limbah Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Pembuat Helm Pengendara Kendaraan Roda Dua. ISBN : 978.979.704.883.9. Prosiding seminar nasional UNISMU.
- [5] Andi, H., Norsamsi., Putri, S, F., Novy, P. 2014. Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Konversi*, Volume 3 No. 2, Oktober 2014
- [6] Agus, H., 2010, Pengaruh Perlakuan Alkali Pada Rekayasa Bahan Komposit Berpenguat Serat Rami Bermatrik Poliester Terhadap Kekuatan Mekanis. *Media Mesin*, Vol. 11, No. 1, Januari 2010, 8 - 14 Issn 1411-4348
- [7] Bagus, T, M., Heri Y. 2017. Analisis kekuatan impak pada komposit serat daun nanas untuk bahan dasar pembuatan helm SNI. *Jurnal Kompetensi Teknik* Vol. 10, No.2, November 2018:P.1-8
- [8] Budha, M., A, Sonief., Slamet, W. 2011. Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik. ISSN 0216-468X. *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol.2, No. 2 Tahun 2011 : 123-129
- [9] Khoiril H. 2018. Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Mekanis Komposit Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)/Epoxy. Skripsi : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [10] Mandiri, Manual Pelatihan Teknologi Energi Terbarukan, Jakarta, 2012, 61.
- [11] Obele, C., Ishidi, E. 2015. *Mechanical properties of coir fiber reinforced epoxy resin composites for helmet shell*. *Industrial Engineering Letters*, 5(7):P.67-74.
- [12] Ridho,TA. 2018. Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Mekanis Komposit Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)/Epoxy. Skripsi : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

- [13] Saddam, H., Husein, Burmawi B., Rizky R, A.,2015, Kaji Experimental Kekuatan Tarik Dan Impact Material Komposit Dengan Variasi Volume Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Matrik Polimer Epoxy Resin. *Faculty Of Industrial Technology*, Skripsi: Bung Hatta University. Vol 6, No 2 (2015).
- [14] Shirley S, Andreas A. 2012. Sifat-sifat Mekanik Komposit Serat TKKS-Poliester. *Jurnal Mechanical*, Volume 3, Nomor 1:P.45-50
- [15] Sosiati, H. et al., 2019. *Characterization of Tensile Properties of Alkali-Treated Kenaf/Polypropylene Composites*. *AIP Publishing*, Issue 030113, pp. 1-7.
- [16] Sunardi, Moh. Fawaid, M. Chumaidi. 2016. Pemanfaatan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Penguat Papan Partikel Dengan Variasi Fraksi Volume Serat. ISSN : 2502-2040. *Machine; Jurnal Teknik Mesin* Vol. 2 No. 1:P.1-4