

## Analisis Variasi Fraksi Volume Nanoserat Pinang Terhadap Sifat Mekanik dan Uji Biodegradasi Material Komposit Epoksi dengan Pati Talas

Muhammad Fachrul Rozi, Alimin Mahyudin\*

Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas  
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163 Indonesia

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diajukan: 3 Januari 2020  
Direvisi: 9 Januari 2020  
Diterima: 14 Januari 2020

#### Kata kunci:

biodegradasi  
komposit  
kuat impact  
kuat Tarik  
nanoserat pinang

#### Keywords:

Biodegradation  
Composite  
impact strength  
tensile strength  
areca nanofiber

#### Penulis Korespondensi:

Alimin Mahyudin  
Email:  
[aliminmahyudin23@gmail.com](mailto:aliminmahyudin23@gmail.com)

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh persentase fraksi volume nanoserat pinang terhadap sifat mekanik dan biodegradabilitas material komposit epoksi dengan penambahan pati talas. Variasi persentase fraksi volume nanoserat adalah 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15%. Sifat mekanik yang diujikan meliputi kuat tarik, kuat impact, dan biodegradasi. Perlakuan kimia untuk memperoleh nanoserat pinang mencakup *dewaxing*, *bleaching*, dan *dehemicelulosa*. Perlakuan mekanik dengan menggunakan teknik ultrasonikasi. Komposit dibentuk dengan menggunakan metode *blend* dan *hand lay-up*. Hasil pengujian didapatkan fraksi volume kritis pada persentase 12% dengan nilai kuat tarik diperoleh yaitu 3,214 MPa. Nilai kuat impact bernilai konstan untuk seluruh persentase fraksi volume nanoserat pinang. Nilai biodegradasi rata-rata yaitu sebesar 0,00299%.

*Research has been conducted on the effect of the percentage of areca nanofiber volume fractions on the mechanical properties and biodegradability of epoxy composite materials with the addition of taro starch. Percentage variations of nanofiber volume fractions are 3%, 6%, 9%, 12% and 15%. Mechanical properties tested include tensile strength, impact strength, and biodegradation. Chemical treatments to obtain areca nanofiber involved dewaxing, bleaching, and dehemicellulose. Mechanical treatment using ultrasonication techniques. Composite formed by using blend and hand lay-up method. The test results obtained by the critical volume fraction at a percentage of 12% with the tensile strength value is 3.214 MPa. The impact strength value is constant for the whole percentage of the areca nanofiber volume fraction. The average biodegradation value is 0.00299%.*

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Serat sintetis yang penggunaannya meningkat pada berbagai industri dapat menimbulkan pencemaran lingkungan dan masalah kesehatan karena limbah nonorganik yang dihasilkan. Hal ini karena limbah nonorganik dari serat sintetis tersebut akan sulit terurai di dalam tanah, sehingga dapat merusak struktur tanah. Limbah nonorganik juga dapat mencemari air bersih di sungai yang akan mengakibatkan masalah kesehatan apabila dikonsumsi.

Komposit merupakan material yang menggunakan serat sintetis sebagai *filler*. Komposit tersebut memiliki kekuatan mekanik yang tinggi tetapi tidak dapat mengatasi pencemaran lingkungan dan kesehatan yang dihasilkan oleh serat sintetis. Permasalahan tersebut mendorong pengembangan teknologi komposit menuju *natural composite* yang ramah lingkungan.

*Natural composite* menggunakan *filler* dari serat alam sehingga dapat mengatasi permasalahan yang ditimbulkan dari serat sintetis. Salah satu serat alam yang dapat dimanfaatkan sebagai *filler* pada *natural composite* adalah serat pinang karena memiliki sifat mekanik yang tinggi dan ramah lingkungan. Binoj dkk. (2016) telah meneliti sifat mekanik serat pinang dengan kekuatan tarik sebesar 147 - 332 MPa, modulus elastis 1,124 - 3,155 GPa, dan regangan 10,23 - 13,15 %.

Serat pinang yang merupakan serat alam yang memiliki komposisi senyawa organik terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa yang terdapat di inti serat merupakan senyawa yang memiliki struktur kristal dan diselubungi oleh hemiselulosa dan lignin berstruktur amorf. Selulosa memiliki kandungan yang tinggi pada serat alam, sehingga dapat digunakan sebagai *filler* pada *natural composite*. Binoj dkk. (2016) menjelaskan serat pinang memiliki kandungan selulosa sebesar 57,35-58,21% dari keseluruhan komposisi senyawa.

Selulosa merupakan polimer alam dengan keberadaan melimpah yang mewakili sekitar  $1,5 \times 10^{12}$  ton dari total produksi biomassa tahunan (Moon, 2011). Selulosa merupakan pilihan material yang potensial untuk dapat dikembangkan sebagai *filler* pada *natural composite*, aditif untuk produk-produk biodegradabel, penguat membran, pengental untuk disperse, dan media pembawa obat serta implan (Ioelovich, 2012).

Chandra dkk. (2016) telah melakukan penelitian mengenai isolasi dan karakterisasi selulosa dari serat pinang menggunakan perlakuan kimia dan metode mekanik. Hasil penelitian diperoleh indeks kristalinitas mencapai 85,47 % dengan ukuran diameter partikel pada range 3 - 5 nm. Berbanding lurus dengan penelitian Venugopal (2019) yang telah melakukan isolasi terhadap serat pinang, dihasilkan selulosa memiliki ukuran diameter pada rentang 55 - 70 nm dengan indeks kristalinitas sebesar 78 %. Berdasarkan hasil tersebut, selulosa memiliki indeks kristalinitas yang tinggi dan kestabilan termal dengan aspek ratio yang tinggi dapat menjadi bahan potensial untuk berbagai bidang industri.

Kamagi (2017) telah menguji kekuatan mekanik dari serat buah pinang menggunakan matriks epoksi dengan fraksi volume 3%, 5%, 7%, dan 9% dengan panjang serat 3,5 cm. Hasil pengujian menunjukkan kekuatan tarik rata-rata terbesar terdapat pada komposit dengan persentase serat 3% bernilai 40,705 MPa dan terkecil terdapat pada persentase serat 7% yaitu 35,713 MPa. Nilai regangan rata-rata terbesar terdapat pada komposit dengan persentase serat 3% yaitu 2,48% dan terkecil pada persentase serat 7% yaitu 2%. Nilai modulus elastisitas rata-rata terbesar terdapat pada persentase serat 7% yaitu 18,625 MPa dan terkecil pada persentase serat 9% yaitu 14,548 MPa.

Pada penelitian Kamagi (2017) tersebut nilai pengujian yang diperoleh masih fluktuatif sehingga belum diperoleh fraksi volume kritis untuk menentukan persentase serat minimum sebagai *filler* pada komposit. Pengujian kuat impak juga belum dilakukan terhadap komposit untuk menentukan energi serap maksimal dari komposit. Serat pinang yang tersusun secara acak pada komposit menghasilkan nilai kekuatan mekanik yang fluktuatif, susunan acak tersebut berpengaruh terhadap daya tahan gaya vertikal maupun horizontal yang diberikan pada komposit.

Penelitian akan dilanjutkan untuk memperoleh fraksi volume kritis dan meningkatkan kekuatan mekanik material komposit. Kekuatan mekanik dapat ditingkatkan dengan memperbesar luas permukaan *filler* dari komposit, sehingga dapat meningkatkan daya tahan terhadap gaya vertikal dan gaya horizontal yang diberikan pada komposit. Luas permukaan dapat ditingkatkan dengan mengesktrak nanoserat selulosa dari serat pinang yang memiliki struktur kristal sehingga diperoleh ukuran *filler* yang lebih kecil. Selulosa dari serat pinang yang digunakan sebagai *filler* pada komposit, sehingga dapat diperoleh pengaruh variasi fraksi volume selulosa dari serat pinang.

## II. METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika, FMIPA Unand untuk pengujian biodegradasi. Pengujian kuat tarik dan kuat impak dilaksanakan di Laboratorium Mekanik Politeknik Negeri Padang.

### 2.1 Persiapan dan Pembuatan Spesimen

Serat pinang pada Gambar 1(a) dijemur sampai kering di bawah sinar matahari selama 2 hari. Pengolahan serat pinang dilakukan untuk isolasi nanoserat selulosa yang terkandung di dalamnya. Isolasi selulosa melalui perlakuan kimia menggunakan metode Abe dkk. (2007) meliputi penghalusan serat, *dewaxing*, *bleaching*, dan dehemiselulosa. Selulosa hasil isolasi pada Gambar 1(b) menunjukkan hasil dari perlakuan kimia dan perlakuan mekanik dengan metode ultrasonikasi untuk meningkatkan dispersi selulosa.

Serat pinang dihaluskan menjadi ukuran  $\pm 200$  mesh bertujuan untuk memperkecil ukuran partikel sehingga kontak dengan pereaksi akan jauh lebih luas. Tahapan *dewaxing* menggunakan 2 g serat pinang dicampurkan dengan 50 ml n-heksana dan 50 ml alkohol didalam *soxhlet apparatus* selama 6 jam untuk menghilangkan lapisan lilin dan lemak pada dinding serat. Selanjutnya tahapan *bleaching* menggunakan 1,5 g Sodium Klorit ( $\text{NaClO}_2$ ) dan 0,5 ml Asam Asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) dicampurkan dengan 2 gram serat pinang pada 200 ml aquades didalam tabung erlenmeyer, lalu dipanaskan diatas *waterbath* suhu  $95^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Tahapan *bleaching* diulangi selama 3 kali berturut-turut untuk menghilangkan kandungan lignin pada serat pinang. Tahapan dehemiselulosa dilakukan dengan mencampurkan 2 g serat pinang dan 1,3% Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) pada 200 ml aquades didalam tabung Erlenmeyer, lalu dipanaskan diatas *waterbath* suhu  $95^\circ\text{C}$  selama 2 jam untuk menghasilkan nanoserat selulosa.



**Gambar 1** (a) Serat pinang sebelum isolasi, (b) Serat pinang setelah isolasi

Nanoserat selulosa yang dihasilkan tersebut digunakan sebagai *filler* pada komposit. Variasi fraksi volume dari selulosa yaitu 3%, 6%, 9%, 12% dan 15% terhadap volume cetakan. Variasi fraksi volume resin dan pati talas dengan perbandingan 4:1 yaitu 77,6%:19,4%, 75,2%:18,8%, 72,8%:18,2%, 70,4%:17,6%, dan 68%:17%. *epoxy* dan *epoxy hardener* disiapkan dengan perbandingan campuran resin 1:1. Lalu *epoxy* dan *epoxy hardener* dituangkan dan dicampurkan kedalam gelas ukur kemudian diaduk sampai rata. Selanjutnya resin dicampurkan dengan selulosa dan pati talas menggunakan metode *blend* dan *hand layup* sesuai nilai variasi fraksi volume terhadap volume cetakan. Komposit yang terbentuk dari selulosa, pati talas, dan resin dituangkan pada cetakan. Ukuran cetakan yang digunakan adalah  $16,5\text{cm} \times 2\text{cm} \times 1\text{cm}$  untuk uji kuat tarik,  $5,5\text{cm} \times 1\text{cm} \times 1\text{cm}$  untuk uji kuat impak, dan  $5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 0,5\text{cm}$  untuk uji biodegradasi. Komposit didiamkan hingga kering selama 24 jam dan dikeluarkan dari cetakan. Kemudian komposit dilakukan uji mekanik dan biodegradasi.

### 2.2 Pengujian dan Pengambilan Data

#### 2.2.1 Kuat Tarik

Uji kuat tarik merupakan salah satu uji *stress-strain* mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Pengukuran kuat tarik dirumuskan seperti persamaan:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

dengan  $\sigma$  adalah kuat tarik ( $\text{kg/cm}^2$ ),  $F$  adalah gaya tarik tegak lurus terhadap permukaan ( $\text{kg}$ ), dan  $A$  adalah luas bidang spesimen yang ditarik ( $\text{cm}^2$ ).

Regangan atau *strain* adalah perubahan pada ukuran benda karena gaya dalam kesetimbangan dibandingkan dengan ukuran semula. Regangan dapat diukur dengan menggunakan persamaan:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (2)$$

dengan  $\varepsilon$  adalah regangan,  $\Delta l$  adalah perubahan panjang spesimen ( $\text{cm}$ ), dan  $l$  adalah panjang spesimen ( $\text{cm}$ ).

Modulus elastisitas adalah perbandingan antara tegangan dan regangan. Modulus elastisitas didapatkan menggunakan persamaan:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

dengan  $E$  adalah modulus elastisitas ( $\text{kg/cm}^2$ ).

### 2.2.2 Kuat Impak

Uji kuat impak adalah jenis pengujian yang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan material tersebut. Nilai harga impak dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$HI = \frac{E}{A} \quad (4)$$

dengan  $HI$  adalah harga impak ( $\text{J/mm}^2$ ),  $E$  adalah energi serap impak ( $\text{J}$ ), dan  $A$  adalah luas penampang ( $\text{mm}^2$ ).

### 2.2.3 Biodegradasi

Metode kuantitatif yang paling sederhana untuk menguji terjadinya biodegradasi suatu polimer adalah menentukan kehilangan massa dan degradabilitas material polimer. Persentase kehilangan massa dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\%massa = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100\% \quad (5)$$

dengan  $m_i$  adalah massa spesimen sebelum proses biodegradasi ( $\text{g}$ ) dan  $m_f$  adalah massa spesimen sesudah proses biodegradasi ( $\text{g}$ ).

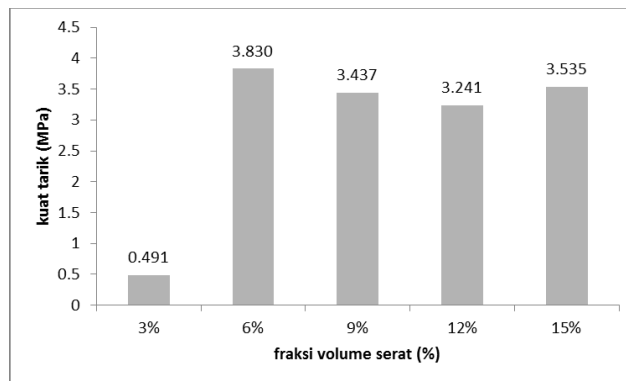
Degradabilitas suatu material dapat ditentukan dengan melihat hasil persen massa yang diperoleh dalam selang waktu tertentu. Secara matematis degradabilitas dapat dilihat pada persamaan:

$$Degradasi = \frac{\%massa}{waktu} \quad (6)$$

## III. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 Kuat Tarik

Pada penelitian ini, uji kuat tarik dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh fraksi volume terhadap regangan dan modulus elastisitas yang dimiliki masing-masing spesimen uji. Nilai kekuatan tarik diperoleh melalui perhitungan menggunakan Persamaan (1). Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan didapat grafik kuat tarik terhadap fraksi volume serat pada Gambar 2.

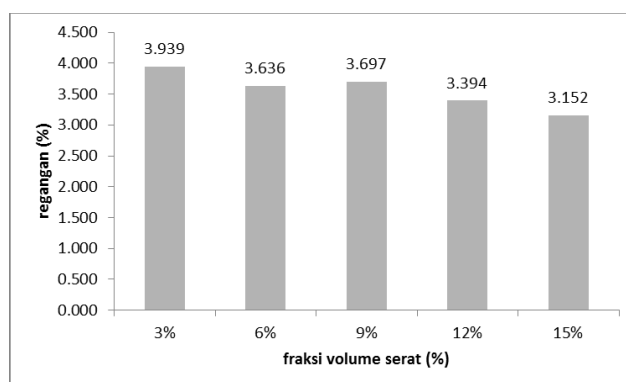


Gambar 2 Pengaruh fraksi volume serat terhadap kuat tarik komposit

Gambar 2 menunjukkan kuat tarik sampel dengan fraksi volume serat 3% berada jauh di bawah nilai kuat tarik yang lainnya. Hal ini karena pada persentase serat 3% kandungan selulosa yang terdapat pada material komposit berjumlah sedikit, sehingga permukaan yang dibentuk oleh selulosa juga bernilai relatif kecil. Menurut Wicaksono (2013) nilai kuat tarik dipengaruhi oleh vibrasi regangan berada pada gugus fungsi OH dan C-H untuk selulosa. Metode yang digunakan juga berpengaruh terhadap nilai kuat tarik yang diperoleh, metode *hand lay-up* untuk pembuatan komposit juga memiliki kekurangan yaitu dapat terbentuk rongga pada komposit karena proses pembuatan komposit dilakukan secara manual.

Berdasarkan Gambar 2 kuat tarik sampel dengan fraksi volume serat 6% hingga persentase 12% nilainya terus menurun, tetapi nilai kuat tarik kembali meningkat pada persentase serat 15%. Hal ini karena pengaruh komposisi material yang terbentuk pada komposit, komposisi material yang tidak merata disemua titik pada komposit mempengaruhi nilai kuat tarik. Menurut Bavan dan Mohan (2010) kekuatan komposit dengan fraksi volume serat nilainya berhenti menurun dan akan mulai meningkat saat berada pada titik fraksi volume serat kritis. Jadi fraksi volume kritis untuk uji kuat tarik berada pada persentase serat 12%.

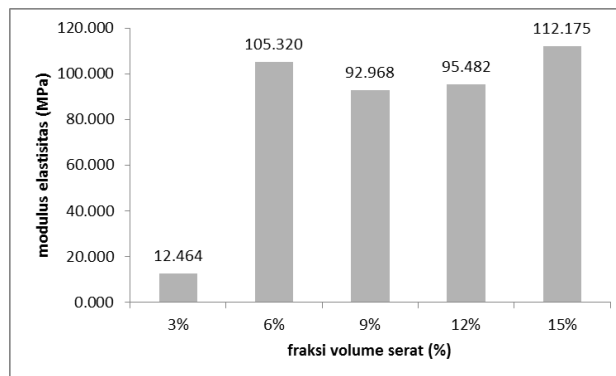
Gambar 3 menunjukkan grafik regangan terhadap fraksi volume serat nilai regangan cenderung menurun seiring dengan meningkatnya persentase serat, tetapi mengalami kenaikan pada persentase serat 9% karena interaksi permukaan antar bahan terikat dengan lebih baik daripada persentase serat 6%. Hal ini dapat terjadi karena menurut Hidayat dkk. (2015) semakin banyak penambahan pati pada komposit, semakin rendah interaksinya, karena adhesi antar bahan semakin rendah.



Gambar 3 Pengaruh fraksi volume serat terhadap regangan komposit

Modulus elastisitas diperoleh dari hubungan nilai kuat tarik dan regangan yang didapatkan pada hasil pengujian. Nilai modulus elastisitas ditentukan pengaruhnya terhadap masing-masing spesimen. Grafik modulus elastisitas terhadap fraksi volume serat ditampilkan pada Gambar 4. Nilai modulus elastisitas menunjukkan batas dari ketahanan saat gaya diberikan pada spesimen. Pada penelitian ini nilai modulus elastis tertinggi terdapat pada persentase serat 15%. Hal tersebut diperoleh karena nilai modulus elastisitas berbanding lurus dengan kekuatan tarik atau tegangan. Metode *hand layup* yang memiliki kekurangan terbentuk rongga pada komposit menyebabkan nilai

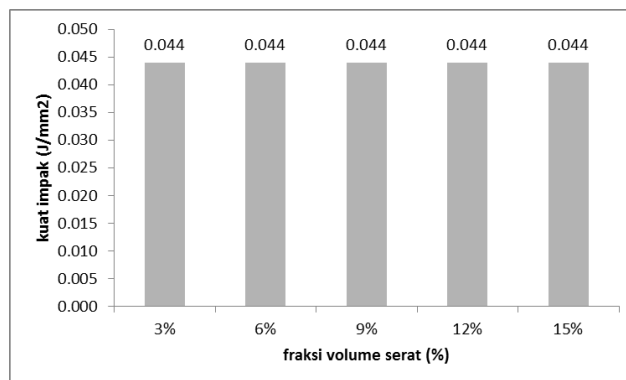
modulus elastisitas bersifat fluktuatif karena antar bahan tidak merata pada keseluruhan bagian komposit.



Gambar 4 Pengaruh fraksi volume serat terhadap modulus elastisitas komposit

### 3.2 Kuat Impak

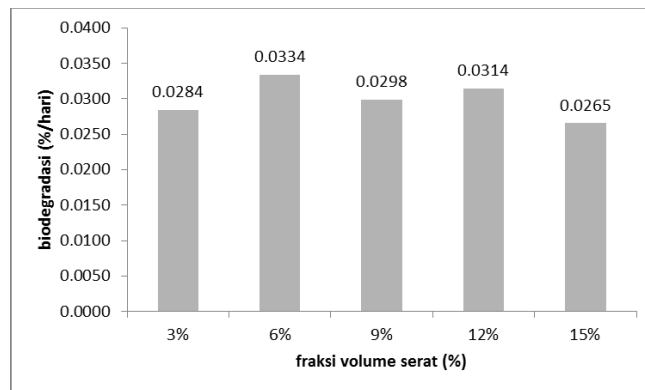
Uji kuat impak dilakukan untuk mengetahui besarnya energi yang diserap untuk mematahkan spesimen. Gambar 5 memperlihatkan nilai kuat impak bernilai konstan untuk semua variasi persentase serat. Energi serap dari spesimen bernilai sama untuk setiap persentase yaitu 3,515 joule dengan nilai kuat impak sebesar  $44 \text{ kJ/m}^2$ . Kuat impak telah memenuhi standar ASTM E23-07a pada kategori energi rendah karena berada pada rentang 2,5 joule sampai 64 joule. Berdasarkan ASTM E23-07a pada halaman 26 terdapat beberapa pengaruh energi yang diserap oleh spesimen. Salah satu pengaruhnya adalah ukuran spesimen yang diuji pada kuat impak, pengujian yang tidak sesuai dengan standar dapat menyebabkan energi yang diserap oleh spesimen dapat menurun. Pada penelitian ini nilai kuat impak yang tetap dapat terjadi karena ukuran spesimen uji, pengaruh temperatur, maupun hubungannya dengan kecepatan gerakan pendulum. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan grafik kuat impak terhadap fraksi volume serat pada Gambar 5.



Gambar 5 Pengaruh fraksi volume serat terhadap kuat impak komposit

### 3.3 Biodegradasi

Pengujian biodegradasi bertujuan untuk menentukan laju perubahan massa spesimen setelah penguburan. Proses degradasi dapat diketahui dengan cara melihat perubahan massa spesimen sebelum dan sesudah penguburan di dalam tanah dalam rentang waktu tertentu. Pada Gambar 6 dapat dilihat grafik biodegradasi terhadap fraksi volume serat setelah penguburan selama 40 hari. Biodegradasi bernilai fluktuatif karena pengaruh jarak antar sampel selama penguburan kondisi tanah yang diterima setiap sampel berbeda-beda sehingga berpengaruh terhadap biodegradasi. Menurut Firdaus dan Anwar, (2004) degradasi yang tidak linear dapat disebabkan oleh pengaruh kelembaban dan banyaknya mikroba pengurai dalam tanah. Bagaimanapun, komposit berbasis selulosa tidak sepenuhnya terbiodegradasi karena pengaruh komponen matriks (Mohanty, 2000). Laju degradasi dari komposit dipengaruhi oleh selulosa dan pati talas karena resin epoksi bersifat non-biodegradabel.



Gambar 6 Pengaruh fraksi volume serat terhadap biodegradasi

#### IV. KESIMPULAN

Pada penelitian belum didapatkan fraksi volume serat optimum pada pengujian, dikarenakan nilai maksimum parameter yang diuji terdapat pada persentase serat yang berbeda. Nilai kuat tarik maksimum pada fraksi volume serat 6% yaitu 3,830 MPa. Nilai regangan maksimum pada fraksi volume serat 3% yaitu 3,939%. Nilai modulus elastisitas maksimum pada fraksi volume serat 15% yaitu 112,175 MPa. Nilai regangan menurun dengan bertambahnya fraksi volume serat. Nilai kuat impak bernilai konstan untuk setiap fraksi volume serat yaitu 0,044 J/mm<sup>2</sup>. Nilai rata-rata biodegradasi adalah 0,00299%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abe, K. Shinichiro, I. dan Hiroyuki Y., "Obtaining Cellulose Nanofibers with a Uniform Width of 15 nm from Wood", *Journal of Biomacromolecules*, **8 (10)**, 3276-3278 (2007).
- Bavan, D.S. dan Mohan, G.C.K., "Potential use of natural fiber composite materials in India", *Journal of Reinforced Plastics and Composite*, **29 (24)**, 3600-3613 (2010).
- Binoj, J.S. Raj, R.E. Sreenivasan, V.S. dan Thusnavis, G.R., "Morphological, Physical, Mechanical, Chemical and Thermal Characterization of Sustainable Indian Areca Fruit Husk Fibers (Areca Catechu L.) as Potential Alternate for Hazardous Synthetic Fibers", *Journal of Bionic Engineering*, **13 (1)**, 156-165 (2016).
- Chandra, J. Neena, G. dan Sunil, K. N., "Isolation and Characterization of Cellulose Nanofibrils from Arecanut Husk Fiber", *Journal of Carbohydrate Polymer*, **142**, 158-166 (2016).
- Firdaus, F. dan Anwar, C., "Potensi Limbah Padat-Cair Industri Tepung Tapioka Sebagai Bahan Baku Film Plastik Biodegradabel", *Jurnal Logika*, **1 (2)**, 38-44 (2004).
- Hidayat, R. Handani, S. dan Mulyadi S., "Pengaruh Penambahan Pati Talas Terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Biodegradable Plastik Campuran Polipropilena dan Gula Jagung", *Skripsi S1*, Universitas Andalas, 2015.
- Ioelovich M., "Optimal conditions for isolation of nanocrystalline cellulose particles", *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, **2 (2)**, 9-13 (2012).
- Kamagi, J.R.F.D., "Sifat Komposit Berpenguat Serat Buah Pinang dengan Variasi Fraksi Volume 3%, 5%, 7%, dan 9%", *Skripsi S1*, Universitas Sanata Dharma, 2017.
- Mohanty, A.K., *Biofibers, biodegradable polymer, and Biocomposite : an Overview*, (Polimer Physics, Berlin, Jerman, 2000).
- Moon, R.J., "Cellulose Nanomaterial Review : structure, properties, and Nanocomposites", *Journal of Chemical Society Reviews*, **40 (7)**, 3941-3994 (2011).
- Wicaksono, R., "Isolasi Nanoserat Selulosa dari Ampas Tapioka dan Aplikasinya sebagai Bahan Pengisi Film Tapioka", *Tesis S2*, Institut Pertanian Bogor, 2013.
- Venugopal, "Isolation of Cellulose Nanofibers from Areca Spathe and Its Characterization, *Internasional Journal of Advance Research in Engineering and Technology*", **10 (3)**, 118-127 (2019).