

## **PENGARUH SIFAT MATERIAL DAN TERMAL KOMPOSIT PLA (POLY LACTID ACID)/COCONUT FIBER (SABUT KELAPA) DENGAN MODIFIKSI PERENDAMAN NaOH**

**Ridwan<sup>1\*</sup>, Teuku Rihayat<sup>1</sup>, Awanis Ilmi<sup>1</sup>, Nurhanifa Aidy<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jl. Medan - Banda Aceh No.Km. 280, RW.Buketrata, Mesjid Punteut, Blang Mangat, Kota Lhokseumawe, Aceh 24301

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Energi Terbarukan, Universitas Malikussaleh, engku Nie, Cot Rd, Reuleut Tim., Muara Batu, Kabupaten Aceh Utara, 24354,Aceh

Email: ridwan.kimia@pnl.ac.id

### **ABSTRAK**

PLA (Poly Lactid Acid) dengan penambahan serat sabut kelapa (Coir) sebagai pengisi dengan memvariasikan fraksi volume polimer: pengisi yaitu 80% : 20% ( $XcN_1$ ,  $XcN_2$ ), 70% : 30% ( $XcN_3$ ,  $XcN_4$ ), 60% : 40% ( $XcN_5$ ,  $XcN_6$ ) dan 50% : 50% ( $XcN_7$ ,  $XcN_8$ ). Serat sabut kelapa yang digunakan sebagai bahan pengisi terlebih dahulu dimodifikasi menggunakan NaOH dengan variasi konsentrasi 30% dan 40%. Komposit PLA-sabut dibentuk dengan pencampuran melalui metode peleburan dengan ekstruder dan hot press. Berdasarkan hasil uji termal pada TGA pada sampel  $XcN_8$  di dapat kekuatan termal yang baik yaitu 399,17°C, menunjukkan peningkatan suhu degradasi termal pada komposit dengan meningkatnya konsentrasi NaOH. Nilai kuat tarik maksimum terdapat pada komposit PLA-Coir dengan variasi konsentrasi NaOH 40%, fraksi volume 50% : 50% dan waktu tahan selama 25 menit dengan nilai 22,63 MPa. Dari hasil pengujian lentur, kuat lentur komposit juga meningkat dengan bertambahnya konsentrasi NaOH dan jumlah filler yang digunakan. Hasil analisis (FT-IR) terhadap pada sampel  $XcN_8$  dapat dilihat bahwa terdapat gugus fungsi –OH. Hal ini dapat dilihat pita serapan 3192,33 cm<sup>-1</sup> yang merupakan gugus –OH dari lignin. Kemudian dari pengujian SEM sampel dengan perendaman NaOH 40% memberikan kemampuan homogenitas antara serat dan polimer pada pembuatan komposit memiliki seratnya cukup baik.

**Kata kunci :** *Poly lactid Acid, Pengisi, Sabut, Komposit, NaOH*

### **ABSTRACT**

PLA (Poly Lactid Acid) with the addition of coir fiber (Coir) as filler by varying the volume fraction of polymer: filler, namely 80% : 20% ( $XcN_1$ ,  $XcN_2$ ), 70% : 30% ( $XcN_3$ ,  $XcN_4$ ), 60% : 40% ( $XcN_5$ ,  $XcN_6$ ) and 50% : 50% ( $XcN_7$ ,  $XcN_8$ ). The coconut coir fiber used as a filler was first modified using NaOH with variations in concentrations of 30% and 40%. PLA-coir composites are formed by mixing through the melting method with an extruder and a hot press. Based on the results of the thermal test on TGA on the  $XcN_8$  sample, a good thermal strength was obtained, namely 399.17°C, indicating an increase in the thermal degradation temperature of the composite with increasing NaOH concentration. The maximum tensile strength value is found in the PLA-Coir composite with variations in NaOH concentration 40%, volume fraction 50% : 50% and holding time for 25 minutes with a value of 22.63 MPa. From the results of the flexural test, the flexural strength of the composite also increased with increasing NaOH concentration and the amount of filler used. The results of the analysis (FT-IR) of the  $XcN_8$  sample can be seen that there is a –OH functional group. This can be seen in the absorption band 3192.33 cm<sup>-1</sup> which is the –OH group of lignin. Then from the SEM test the sample with 40% NaOH immersion gives the ability of homogeneity between the fiber and the polymer in the manufacture of the composite has a fairly good fiber.

**Keywords:** *Poly lactid Acid, Filler, Coir, Composite, NaOH*

## PENDAHULUAN

Berkurangnya sumber daya fosil dan sisa plastik yang tidak terdegradasi menyebabkan pencemaran lingkungan dan karbon dioksida yang berbahaya terhambat di atmosfer [6]. Saat ini, sekitar 50% produk kemasan terbuat dari plastik yang sebagian besar dihasilkan dari bahan bakar fosil. Untuk pengembangan bahan biodegradable yang dapat terdegradasi dengan cara yang ramah lingkungan dalam waktu yang relatif singkat. Polimer berbasis bio dapat memainkan peran penting, tidak seperti plastik konvensional yang dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca (misalnya karbon dioksida). Selain itu, produksi dan penggunaan polimer biodegradable juga dapat membantu meningkatkan kecepatan bahan bakar fosil yang meningkat [2].

PLA dapat dibentuk melalui proses esterifikasi asam laktat yang diperoleh dengan cara fermentasi oleh bakteri menggunakan substrat pati atau gula sederhana [4]. Keuntungan lain dari PLA adalah transparan dan aman untuk digunakan di bidang medis. Aplikasi PLA terbaru dalam bidang lain seperti bidang medis antara lain digunakan sebagai kulit buatan, benang jahit bedah, kapsul obat dan juga untuk rekayasa jaringan karena dapat diserap oleh tubuh. Namun biopolimer ini juga memiliki kelemahan yaitu salah satu titik lelehnya lebih rendah dari polimer plastik lainnya sehingga stabilitas panasnya tidak sebaik polimer lainnya [5]. Selain itu, PLA memiliki sifat mekanik yang lebih rendah dibandingkan polimer lainnya. Oleh karena itu, untuk mengatasi kelemahan tersebut, PLA dapat ditingkatkan dengan menambahkan filler tambahan untuk membentuk komposit polimer [6]. Ada banyak jenis bahan yang digunakan sebagai bahan pengisi, mulai dari berbagai jenis serat tumbuhan dan bahan organik lainnya seperti tanah liat atau clay (bentonit) [7]. Serat alami tumbuhan seperti bambu, rami, sisal, nanas, tandan kosong kelapa sawit dan sabut kelapa telah dipelajari sebagai penguat dan pengisi dalam komposit. Sabut (coir) merupakan residu dari produksi kelapa di banyak daerah, yang menghasilkan serat sabut [8]. Sabut kelapa adalah serat alami ligno-selulosa. Ini adalah serat buah yang diperoleh

dari kulit luar, atau kulit kelapa. Serat ini banyak digunakan untuk membuat berbagai macam bahan lantai, furniture, benang, tali dan lain-lain.

Penggunaan serat alam (sabut kelapa) sebagai bahan pengisi pada matriks polimer PLA menawarkan beberapa keuntungan karena mudah ditemukan dan tersedia dalam jumlah besar di daerah sekitarnya, murah, dan mudah diolah menjadi bahan pengisi [10,11]. Campuran PLA dan serat sabut komposit benar-benar dapat terdegradasi, lebih ringan dan lebih murah, tetapi kombinasi ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Misalnya, karakter yang tidak kompatibel antara kutub Coir-hidrofilik dan PLA hidrofobik non-polar sehingga mempengaruhi adhesi antarmuka serat / matriks. Selain itu, pencampuran terutama matriks polimer dengan serat alam akan menghasilkan produk berwarna coklat tua, yang membatasi aplikasinya karena warna yang dapat dihasilkan terbatas [12,13]. Oleh karena itu, upaya besar telah dilakukan untuk meningkatkan kinerja komposit ini. Sejumlah teknik yang berbeda telah digunakan untuk mengoptimalkan sifat antarmuka komposit, seperti modifikasi permukaan serat melalui rute fisik atau kimia dan penggunaan aditif yang sesuai seperti Natrium Hidroksida (NaOH) sebagai zat pemutih [14].

NaOH memiliki kemampuan untuk menghilangkan warna serat dengan menghilangkan lignin, hemiselulosa dan pengotor pada permukaan. Oleh karena itu, sangat menarik untuk diteliti apakah pemanfaatan proses pemutihan serat dapat meningkatkan sifat komposit dari segi penampilan dan kinerja. NaOH memiliki kemampuan untuk menghilangkan warna serat dengan menghilangkan lignin, hemiselulosa dan pengotor pada permukaan. Oleh karena itu, sangat menarik untuk diteliti apakah pemanfaatan proses pemutihan serat dapat

meningkatkan sifat komposit dari segi penampilan dan kinerja.

Dilihat dari sisi lain, peningkatan perhatian pada bidang ini telah menghasilkan komposit biodegradable dengan pembentukan PLA-Coir untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan akibat penggunaan plastik sintetis yang tidak dapat terdegradasi dan ketergantungan pada produk berbasis minyak bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh perlakuan serat dengan Sodium Hydroxide (NaOH) terhadap sifat komposit PLA-Coir. Selain itu, penggunaan perekat urea formaldehida juga dipelajari untuk mengetahui pengaruhnya terhadap komposit yang terbentuk [8]. Sebagai cara untuk menentukan komposisi dan hasil pencampuran terbaik untuk membentuk komposit, fraksi volume dan waktu tahan juga dipelajari dalam penelitian ini. Beberapa karakterisasi yang dilakukan seperti uji tarik dan uji bending untuk melihat sifat mekanik dari material yang dihasilkan.

Pada penelitian ini, akan dicoba melakukan modifikasi terhadap gabungan polimer PLA (Poly Lactid Acid) dengan serat sabut kelapa (Coir) sebagai pengisi dengan memvariasikan fraksi volume polimer: pengisi yaitu 80% : 20%, 70% : 30%, 60% : 40% dan 50% : 50% dan waktu tahan pada 25 menit. Serat sabut kelapa yang digunakan sebagai bahan pengisi terlebih dahulu dimodifikasi menggunakan NaOH dengan variasi konsentrasi 30% dan 40% sebagai langkah awal sebelum dicampur dengan polimer PLA. Komposit PLA-sabut dibentuk dengan pencampuran melalui metode peleburan dengan ekstruder dan hot press. Jenis serat alam (sabut kelapa) yang digunakan berpengaruh pada peningkatan biodegradable, sifat mekanik, sifat termal menunjukkan keberadaan molekul yang semakin meningkat berdasarkan hasil uji tarik, uji kelenturan serta uji TGA (termal). Penambahan serat alam (sabut kelapa) kedalam polimer PLA dapat mempengaruhi sifat mekanik material.

## **METODE PENELITIAN**

### **A. Bahan**

Komersial Polylactid Acid dari Nature Work Co., Jerman dengan indeks leleh berkisar antara 5-7 g/ 10 menit pada 210 °C dengan berat jenis 1,24. Serat sabut (coir) diperoleh dari perkebunan kelapa yang beroperasi di Cot Girek, Aceh Utara, perekat Aquadest, Sodium Hydroxide (NaOH), dan Urea Formadehid.

## **PROSEDUR PERCOBAAN**

### **A. Persiapan Coir (Sabut Kelapa)**

Serat sabut kelapa dihaluskan dengan alat penghancur kemudian diayak dengan ukuran 100 mesh. Kemudian serat direndam dalam larutan NaOH 30% dan 40% pada suhu kamar dan didiamkan selama 10 jam. Selanjutnya serat disaring dan dicuci beberapa kali dengan aquades sampai kandungan NaOH hilang, dan air tidak lagi menunjukkan alkalinitas. Setelah proses perendaman, serat dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C.

### **B. Manufaktur Komposit**

Untuk membentuk komposit PLA-Coir, PLA dipanaskan hingga suhu 140°C dalam ekstruder dan dicampur dengan pengisi Sabut dalam fraksi volume yang berbeda dari polimer: pengisi yaitu 80% : 20%, 70% : 30%, 60 % : 40% dan 50% : 50% menambahkan perekat urea formaldehida sebanyak 5% dari volume serat. Kemudian pengepresan menggunakan hot press menggunakan cetakan standar ASTM D638 Tipe IV pada suhu 150°C dengan memvariasikan waktu penahanan 25 menit.

### **C. Metodologi**

#### **1. Uji Stabilitas Termal (TGA)**

Pada prinsipnya, metode ini mengukur pengurangan massa bahan ketika dipanaskan dari suhu kamar ke suhu tinggi yang biasanya sekitar 900°C. TGA dilengkapi dengan timbangan mikro di dalamnya sehingga berat sampel secara otomatis dapat direkam setiap saat dan disajikan dalam tampilan grafis.

## 2. Uji Tarik

Uji Tarik PLA tanpa Bentonit dan PLA dengan penambahan bentonit nanokomposit yang telah dicetak sesuai spesimen standar ASTM D 638 di uji sifat mekaniknya berupa tingkat kekuatan tarik melalui gaya sesumbu yang diberikan oleh alat uji tarik sampai mencapai batas maksimum hingga terputus [27-28]. Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan [29]. Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji.

## 3. Pengujian FTIR

Struktur kimia dari biokomposit film/SAB dipelajari dengan karakteristik FTIR menggunakan FTIR instrument the perkin- elmer frontier. FTIR untuk mengidentifikasi senyawa, mendeteksi gugus fungsi, dan menganalisis campuran dan sampel yang dianalisis. Umumnya, FTIR lebih sering digunakan untuk mengidentifikasi senyawa organik, baik secara kuantitatif maupun kualitatif dengan rentang panjang gelombang(600-4000  $\text{cm}^{-1}$ ) dengan resolusi 4 $\text{cm}^{-1}$

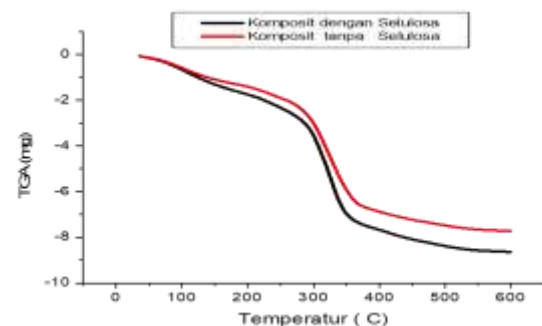
## RESULT AND DISCUSSION

Pada penelitian ini akan dipaparkan hasil terbaik dari pengujian yang telah dilakukan. Berikut adalah table hasil pengamatan dengan menggunakan Pengujian *Termogravimetri* (TGA), *Tensile Test* (Kuat Tarik) dan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).

### 1. Uji Stabilitas Termal (TGA)

Proses kehilangan massa pada uji termal terjadi karena proses dekomposisi, yaitu pemutusan ikatan kimia. Gambar 3.2 merupakan grafik hasil pengujian TGA untuk 8 sampel dengan nilai tertinggi pada pengujian sebelumnya yaitu pada sampel XcN<sub>8</sub>

Sampel	Temperatur (°C)
XcN <sub>1</sub>	298,21
XcN <sub>2</sub>	329,97
XcN <sub>3</sub>	347,78
XcN <sub>4</sub>	363,32
XcN <sub>5</sub>	379,15
XcN <sub>6</sub>	383,24
XcN <sub>7</sub>	389,41
XcN <sub>8</sub>	399,17



Grafik 3.2 menunjukkan bahwa PLA/Coir dengan penambahan NaOH 30% dan 40% pada setiap sampel

Pada waktu proses polimerisasi 2 jam didapatkan suhu dekomposisi terbaik dari sampel XcN<sub>7</sub> yaitu berada pada 399,41°C. Sedangkan sampel XcN<sub>1</sub>, XcN<sub>2</sub>, XcN<sub>3</sub>, XcN<sub>4</sub>, XcN<sub>5</sub>, XcN<sub>6</sub> dan XcN<sub>8</sub> mulai terdegradasi pada suhu masing-masing 298,21°C, 329,97°C, 347,78°C, 363,32°C, 379,15°C, 383,24°C dan 384,37°C. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kenaikan suhu dengan degradasi disebabkan oleh ikatan polymer dan filler yang melebur lebih kuat sehingga sulit putus dan dekomposisi material menjadi lebih lambat. Pada sampel dengan penambahan bentonit didapat hasil terbaik pada sampel XcN<sub>8</sub> karena semakin banyak penambahan filler coir yang sudah

dimodifikasai dengan NaOH 40% mempengaruhi stabilitas termalnya.

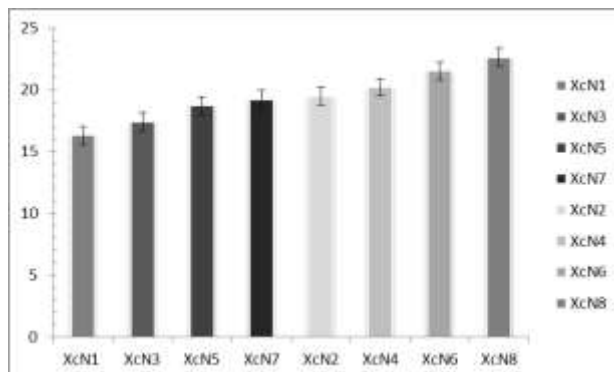
## 2. Pengujian kekuatan tarik

Sampel uji berbentuk balok dengan ukuran panjang 80 mm, lebar 10 mm dan tebal 4 mm sesuai dengan standart ASTM D5941. Berikut ini adalah hasil uji tarik 8 sampel komposit PLA-Coir dengan filler fiber termodifikasi dengan alkali NaOH.

Sampel	NaOH %	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Tensile Strength (Mpa)
XcN <sub>1</sub>	30	4,6	10,5	16,32
XcN <sub>2</sub>	40	4,5	10,7	16,32
XcN <sub>3</sub>	30	4,5	10,8	17,43
XcN <sub>4</sub>	40	4,5	10,5	20,21
XcN <sub>5</sub>	30	4,6	10,6	18,71
XcN <sub>6</sub>	40	4,6	10,8	21,53
XcN <sub>7</sub>	30	4,6	10,8	19,22
XcN <sub>8</sub>	40	4,6	10,7	22,63

Berdasarkan hasil pengujian, dapat dilihat bahwa adanya penambahan bahan pengisi polimer dengan perendaman NaOH 30% dan 40% menunjukkan hasil peningkatan terhadap sifat-sifat komposit. Terlihat bahwa penambahan NaOH alkali pada filler sabut yang membentuk komposit dengan polimer menunjukkan peningkatan kekuatan tarik yang lebih baik dibandingkan komposit dengan perendaman NaOH 30% pada fillernya. Nilai kuat tarik dari 8 sampel komposit PLA-Coir dengan serat termodifikasi rata-rata adalah 16,32 sampai dengan 22,63 Mpa. Nilai uji kuat tarik berbanding lurus dengan konsentrasi NaOH yang digunakan dalam modifikasi serat. Semakin besar konsentrasi NaOH maka semakin berpengaruh baik terhadap kekuatan tarik komposit. Hal ini membuktikan bahwa alkali NaOH telah berhasil memodifikasi serat, dimana NaOH membersihkan serat dari

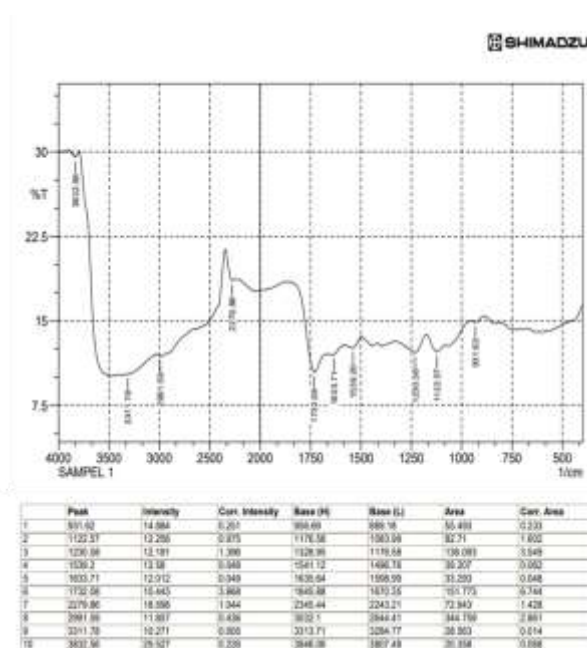
impuritis dan menurunkan tegangan permukaan serta meningkatkan daya rekat antarmuka yang baik sehingga serat akan kompatibel ketika dicampur dengan matriks polimer yang menghasilkan kualitas kekuatan komposit yang lebih baik.



Gambar 2. Hasil pengujian kekuatan tarik

## 3. Pengujian FTIR

Pada tahap analisa ini dilakukan dengan menggunakan alat Spektrofotometer Fourier Transform Infrared (FT-IR) Shimadzu IR Presige-21. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui apakah PLA yang dihasilkan dari tahap polimerisasi telah memenuhi standar dikarenakan adanya standar gugus fungsi.



Gambar 3. Hasil pengujian FT-IR

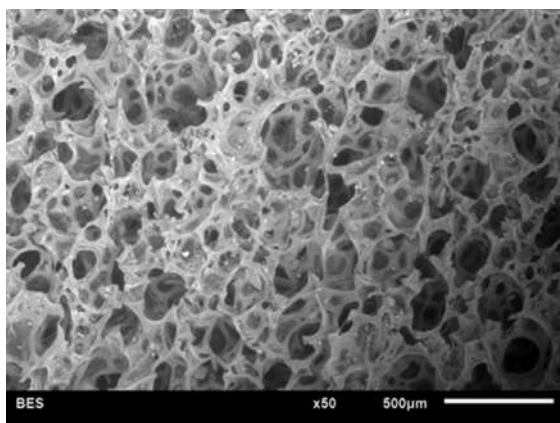
Sampel yang diuji pada pengujian FT-IR Pada Gambar 3 terlihat bahwa serbuk serabut kelapa setelah perendaman NaOH memiliki gugus fungsi -OH 3476,84 cm<sup>-1</sup>, dan C-H

pada bilangan gelombang 2390,87 cm<sup>-1</sup>. Perendaman NaOH pada serat membuat kadar lignin dalam serat berkurang. Adapun pengaruh larutan NaOH berfungsi untuk menghilangkan lignin, hemiselulosa dan zat pengotor lainnya. Kadar lignin yang bersifat nonpolar di dalam serbuk serabut kelapa berkurang yang menyebabkan tingkat kenon-polaran serbuk serabut kelapa berkurang sehingga adhesi antar muka matriks dengan pengisi pada komposit menjadi bagus

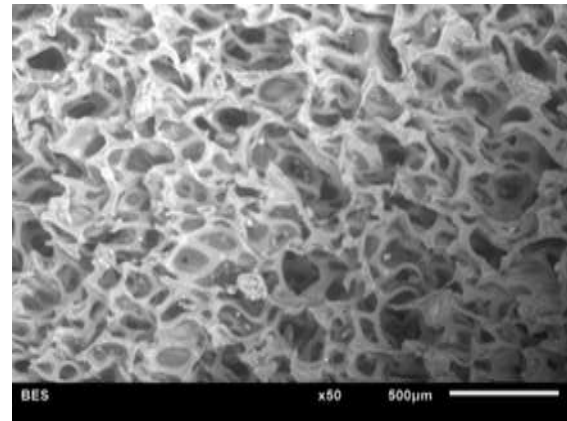
#### 4. Pengujian morfologi SEM

*Scanning Electron Microscope* adalah suatu tipe mikroskop electron yang menggambarkan permukaan sampel melalui proses scan dengan menggunakan pancaran energi yang tinggi dari electron dalam suatu pola scan raster. Elektron berinteraksi dengan atom-atom yang akan membuat sampel menghasilkan sinyal dan memberikan informasi mengenai permukaan topografi sampel, komposisi dan sifat-sifat lainnya seperti konduktivitas listrik.

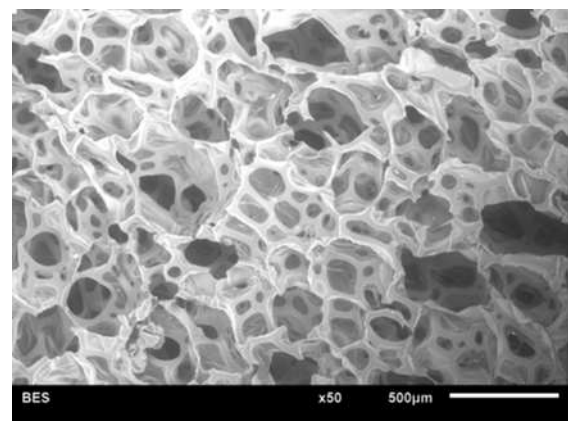
Hasil pengujian menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) pada jarak perlakuan pembesaran 500x pada PLA/Coir dengan perendaman NaOH 30% dan 40% dengan konsentrasi PLA/Coir 80% : 20% (*XcN<sub>1</sub>*, *XcN<sub>2</sub>*), 70% : 30% (*XcN<sub>3</sub>*, *XcN<sub>4</sub>*), 60% : 40% (*XcN<sub>5</sub>*, *XcN<sub>6</sub>*) dan 50% : 50% (*XcN<sub>7</sub>*, *XcN<sub>8</sub>*) pada saat proses polimerisasi selama 2 jam menunjukkan bahwa struktur permukaan poli laktat asam (PLA) tersebar luas karena sinar elektromagnetik.



(a) *XcN<sub>4</sub>*



(b) *XcN<sub>6</sub>*



(c) *XcN<sub>8</sub>*

Gambar 3.3 (a) (b) (c) PLA/Coir Analysis SEM

Berdasarkan gambar 3.3 merupakan hasil dari pengujian menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) pada perlakuan jarak pembesaran 500x pada PLA/Coir dengan perendaman NaOH 30% dan 40% pada waktu proses polimerisasi selama 2 jam terlihat bahwa sampel *XcN<sub>2</sub>* dapat dilihat pada gambar diatas terdapat banyak gumpalan sampel yang tersebar secara luas akibat pancaran sinar elektromagnetik. Pada sampel *XcN<sub>8</sub>* terdapat gumpalan sampel yang lebih sedikit dari pada sampel lainnya hal ini menunjukkan bahwa perendaman serat sabut dalam larutan NaOH 40% memberikan kemampuan homogenitas antara serat dan polimer pada pembuatan komposit memiliki seratnya cukup baik, ini berkaitan erat dengan penyebaran gaya yang



bekerja pada komposit. dibandingkan dengan serat sabut yang direndam pada NaOH 30%.

## CONCLUSSION

Adapun kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil analisis TGG pada sampel dengan penambahan bentonit didapat hasil terbaik pada sampel XcN<sub>8</sub> karena semakin banyak penambahan filler coir yang sudah dimodifikasai dengan NaOH 40% memberikan kemampuan wetabiliti yang baik sehingga mempengaruhi stabilitas termalnya.
2. Hasil analisa uji tarik pengaruh perendaman sampel dengan NaOH membersihkan serat dari impuritis dan menurunkan tegangan permukaan serta meningkatkan daya rekat antarmuka yang baik sehingga serat akan kompatibel ketika dicampur dengan matriks polimer yang menghasilkan kualitas kekuatan komposit yang lebih baik.
3. Hasil analisis Fourier Transform Infrared (FT-IR) terhadap pada sampel XcN<sub>8</sub> dapat dilihat bahwa terdapat gugus fungsi –OH. Hal ini dapat dilihat pita serapan 3192,33 cm<sup>-1</sup> yang merupakan gugus –OH dari lignin. Pengaruh larutan alkali pada coir adalah mengurangi kadar lignin yang bersifat non polar sehingga tingkat kenonpolaran dari coir berkurang.
4. Hasil analisa dari pengujian SEM sampel dengan perendaman NaOH 40% memberikan kemampuan homogenitas antara serat dan polimer pada pembuatan komposit memiliki seratnya cukup baik, ini berkaitan erat dengan penyebaran gaya yang bekerja pada komposit.

## Acknowledgement

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada penghargaan yang tulus kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia dan Politeknik Negeri Lhokseumawe yang telah mendanai melalui hibah nomor: 091/SPK/D4/PPK.01.APTV/VI/2022

## Referesni

- [1] Muhammad Arsyad. 2016. Efek Perendaman Serat Sabut Kelapa dalam Larutan Alkali Terhadap Daya Serap Serat Sabut Kelapa pada Matriks Poliester. *Journal INTEK*. Volume 3 (1): 15-19
- [2] Rahmayetty, Kanani, N., & Endarto, Y.W. (2018). Pengaruh Penambahan Pla Pada Pati Terplastisasi Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Blend Film. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2018*, hal. 1-9.
- [3] Sedghi, R., Sayyari, N., Shaabani, A., Niknejad, H., & Tayebi, T. (2018). Novel biocompatible zinc-curcumin loaded coaxial nanofibers for bone tissue engineering application. *Polymer*, 142, hal. 244–255.
- [4] Dewi Arini, M. U. (2017). Pembuatan dan Pengujian Sifat Mekanik Plastik Biodegradable Berbasis Tepung Biji Durian. *Journal of Science and Technology*, 276 – 283.
- [5] Elmi Kamsiati, H. H. (2017). The Development Potential of Sago and Cassava Starch- Based Biodegradable Plastic in Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*, 67-76.
- [6] Johannes Leonard S, Harry Abrido S, Maulida. 2015. Pengaruh Penggunaan Larutan Alkali Dalam Uji Fourier Transform Infrared Pada Komposit Termoplastik Berpengisi Serbuk Serabut Kelapajurnal Teknik Kimia USU, Vol. 2, No. 2

- [7] Melbi M, Hairul A, Anwar K, Syukri A. 2018. FTIR dan Penyerapan Uap Air dari Biokomposit Film Pati Bengkuang dengan Penguat Serat Ampas Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*). *Jurnal Ilmu Dasar*, Vol.19 No. 2 :93-98
- [8] Abral, H. et al., 2018. Characterization of Tapioca Starch Biopolymer Composites Reinforced with Micro Scale Waterhyacinth Fibers. *Starch/Starke*.
- [9] Abral, H. et al., 2018. Effect of Vibration Duration of High Ultrasound Applied to Bio-Composite While Gelatinized on Its Properties. *Ultrasonics Sonochemistry*, 40, 697–702.
- [10] Abral, H., Mahardika, M. 2016. Tensile Properties of Bacterial Cellulose Nanofibers-Polyester Composites. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, 137, 12019.
- [11] Agustin, M.B. et al., 2015. Starch-based Biocomposite Films Reinforced with Cellulose Nanocrystals from Garlic Stalks. *Polymer Composites*, 34(8), 1325–1332.
- [12] Asrofi. et al., 2017. XRD and FTIR Studies of Nanocrystalline Cellulose from Water Hyacinth (*Eichornia Crassipes*) Fiber. *Journal of Metastable and Nanocrystalline Materials*, 29, 9-16.
- [13] Asrofi. et al., 2018. Effect of Duration of Sonication During Gelatinization on Properties of Tapioca Starch Water Hyacinth Fiber Biocomposite. *International Journal of Biological Macromolecules*, 108, 167-176.
- [14] Mahardika, M. et al., 2018. Production of Nanocellulose from Pineapple Leaf Fibers via High-Shear Homogenization and Ultrasonication. *Fibers*, 6, 28.
- [15] Shariatina, Z., & Fazli, M., 2015. Mechanical Properties and Antibacterial Activities of Novel Nanobiocomposite Films of Chitosan and Starch. *Food Hydrocolloids*, 46, 112-124.
- [16] Ani. (2017). Pembuatan Edible Film Dari Pati Biji Mangga (*Mangifera indica*) Dengan Penambahan Kitosan. Skripsi.
- [17] Dewi Arini, M. U. (2017). Pembuatan dan Pengujian Sifat Mekanik Plastik Biodegradable Berbasis Tepung Biji Durian. *Journal of Science and Technology*, 276 – 283.
- [18] Elmi Kamsiati, H. H. (2017). The Development Potential of Sago and Cassava Starch Based Biodegradable Plastic in Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*, 67-76.
- [19] Jamiluddin Jaafar, Januar Parlaungan Siregar, Mohd Bijarimi Mat Piah, Tezara Cionita, Sharmiza Adnan, Teuku Rihayat. (2018). Pengaruh Perlakuan Terpilih Terhadap Sifat Tarik Komposit Biopolimer Resin Tapioka Bertulang Serat Daun Nanas Pendek. *Jurnal Polimer dan Lingkungan* (26), 4271–4281.
- [20] A. Akshaykranth, TV Rao, dan RR Kumar. (2019). Pertumbuhan nanorod ZnO pada substrat poli (asam laktat) (PLA) biodegradable dengan metode larutan suhu rendah,” *Mater. Lett* (1) 12–18
- [21] O. Boura-theodoridou, A. Giannakas, P. Katapodis, H. Stamatis, A. Ladavos, dan N. Barkoula. (2020). Kinerja film nanokomposit ZnO/kitosan untuk aplikasi pengemasan antimikroba sebagai fungsi perlakuan NaOH dan pencampuran gliserol/PVOH . *Paket Makanan. Umur Simpan* (23), 1–9.
- [22] W. Yang, Q. Chen, L. Bai. (2019). Data Singkat Data pada bioscaffold hati baru ( rDLS ) yang dihasilkan dari hati regeneratif dengan matriks ekstraseluler teraktivasi untuk regenerasi hati fungsional. *Data Br.* (22), 349–358.
- [23] Jai, I.P.S., Sehijpal, S., Vikas, D. 2019. Influence of fiber volume fraction and curing temperature on mechanical properties of jute/PLA green



- composites. *Polymers and Polymer Composites*
- [24] Rihayat, T., Suryani., Teuku, Fauzi., Agusnar, H., Wirjosentono, B., Syafruddin., Helmi., Zulkifli., Alam.P.N., Sami, M., 2018: Mechanical properties evaluation of single and hybrid composites polyester reinforced bamboo, PALF and coir fiber. *Materials Science and Engineering*. Vol. 334. P: 1-8
- [25] Nurhanifa, Suryani, Adriana, N. A Pocut, T.Rihayat. 2017. Improving The Quality of Biopolymer PLA with Addition of Clay as Filler. *SNP-Unsyiah*. ISSN: 2579-3101, A177-A183
- [26] T. Gurunathana, Smita Mohanty, Sanjay K. Nayak. 2015. Isocyanate-terminated castor oil-based polyurethane prepolymer: Synthesis and characterization: *Progress in Organic Coatings*. 80:39–48
- [28] Samra, I., Dalila, H., Amar, B., Denis, R., Hocine, D. (2018). Accelerated Ageing of Alkali Treated Olive Husk Flour Reinforced Polylactic Acid (PLA) Biocomposites: Physico-Mechanical Properties. *Polymers and Polymer Composites*. 26, 223-232
- [29] SM Bhasney, K. Mondal, A. Kumar, dan V. Katiyar. (2020). Pengaruh serat selulosa mikrokristalin [MCC] pada perilaku morfologis dan kristal dari campuran polietilen densitas tinggi [HDPE]/asam polilaktat [PLA]. *Kompos. Sci. Technol* (19), 1–23.
- [30] O. Valerio, M. Misra, dan AK Mohanty. (2018). Desain statistik campuran termoplastik berkelanjutan poli (gliserol suksinat-co-maleat) (PGSMA), poli ( asam laktat) (PLA) dan poli (butilena suksinat) (PBS) . *Polim. Tes* (65), 420–428.
- [31] K. Piekarska, E. Piorkowska, dan J. Bojda. (2017). Pengaruh kristalinitas matriks, ukuran butir pengisi dan modifikasi pada sifat komposit PLA/kalsium karbonat. *Polim. Tes* (62), 203–209.