

Analisa Kimia Serat Pelepah Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis Jacq*) Metode Van Soest dan X-Ray Diffraction

Martina Puspita Sari^{1*}, I Made Ivan K², Elisabeth³, Randis⁴

^{1*,2,3}Institut Teknologi Kalimantan

⁴Politeknik Negeri Balikpapan

*Email: martina.sari@lecturer.itk.ac.id

Abstract

Oil Palm Frond Fiber (OPFF) is a lignocellulosic waste that has the potential as a raw material for natural fibers for various industrial applications. This study aims to analyze the chemical composition of oil palm frond fibers, including the levels of hemicellulose, cellulose, and lignin using the Van Soest test method, and to identify their crystallinity structure using X-Ray Diffraction (XRD). The method used in this study is given chemical treatment in 2 stages, the first using alkali concentrations of 5%, 10% and 15% to obtain cellulose through mechanical and chemical processes, then continued with a soaking process using hydrogen peroxide concentration of 3%. Van Soest analysis was carried out in stages using neutral detergent and acid detergent solutions. The results of the analysis showed that oil palm frond fibers contain from the results of the study, it can be seen that oil palm frond fibers have the highest content in N5H variation fibers with 78.63% cellulose, 9.12% lignin and 12.25% hemicellulose. XRD analysis at an angle of 2θ shows a diffraction peak that the oil palm frond fiber has a dominant amorphous structure with a crystallinity value of 63.02%. The morphology on the surface of the oil palm frond fiber is observed to look cleaner due to the treatment of 10% NaOH and H₂O₂. So the chemical treatment process in this study provides important basic data for the development of oil palm frond fiber as an environmentally friendly composite material reinforcement.

Keywords: Natural fiber, oil palm frond fibers, natrium hidroxide, hydrogen peroxide, van soest analysis, XRD

Abstrak

Serat pelepah kelapa sawit (OPFF) merupakan limbah lignoselulosa yang potensial sebagai bahan baku serat alam untuk berbagai aplikasi industri. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komposisi kimia serat pelepah kelapa sawit, meliputi kadar hemiselulosa, selulosa, dan lignin menggunakan metode uji Van Soest, serta mengidentifikasi struktur kristalinitasnya menggunakan X-Ray Diffraction (XRD). Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu diberi perlakuan kimia dalam 2 tahapan yang pertama dengan menggunakan alkali konsentrasi 5%, 10% dan 15% untuk mendapatkan selulosanya melalui proses mekanis dan kimiawi kemudian dilanjutkan dengan proses perendaman menggunakan hidrogen peroksida konsentrasi 3%. Analisis Van Soest dilakukan secara bertahap menggunakan larutan neutral detergent dan acid detergent. Hasil analisis menunjukkan bahwa serat pelepah sawit mengandung Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa serat pelepah kelapa sawit mempunyai kandungan tertinggi pada serat variasi N5H dengan selulosa 78,63%, Lignin 9,12 % dan hemiselulosa 12,25 %. Analisis XRD pada sudut 2θ menunjukkan puncak difraksi bahwa serat pelepah sawit memiliki struktur yang dominan amorf dengan nilai kristalinitas 67,96%. Morfologi pada permukaan serat pelepah kelapa sawit diamati serat terlihat lebih bersih akibat perlakuan 10% NaOH dan H₂O₂. Sehingga proses perlakuan kimia pada penelitian ini memberikan data dasar yang penting untuk pengembangan serat pelepah sawit sebagai penguat material komposit yang ramah lingkungan.

Kata kunci: Natural fiber, serat pelepah kelapa sawit, natrium hidroksida, hidrogen peroksida, analisis van soest, XRD

1. Pendahuluan

Perkembangan industri material komposit saat ini semakin mengarah pada penggunaan bahan-bahan yang ramah lingkungan dan terbarukan. Serat alam menjadi alternatif pengganti serat sintetis seperti *fiberglass* karena memiliki kelebihan seperti densitas rendah, biaya produksi murah, dapat terurai secara alami, serta tidak menyebabkan iritasi. Komposit bisa menjadi terbentuk dari alam atau serat sintetis. Dimana daya tahan serat sintetis lebih tahan lama dibandingkan serat alam namun serat sintetis memiliki sifat non-*biodegradable* yang sangat penting untuk menjaga lingkungan [1].

Dalam hal daya tahan, serat alami tidak memiliki ketahanan yang lama dibandingkan dengan serat sintentis, meskipun demikian serat alami memiliki karakteristik *biodegradable* dibandingkan dengan serat sintestis yang memiliki karakteristik non *biodegaradable* [2]. Berbagai serat alam yang banyak digunakan antara lain serat sisal, kapas, rami, enceng gondok, sagu, tebu, knaf [3].

Indonesia sebagai penghasil kelapa sawit terbesar di dunia menghasilkan limbah pelepah sawit dalam jumlah yang sangat melimpah. Pelepah sawit merupakan salah satu biomassa lignoselulosa yang mengandung komponen utama berupa selulosa, hemiselulosa dan lignin. Pemanfaatan serat pelepah sawit untuk aplikasi teknis seperti penguat komposit memerlukan karakterisasi yang komprehensif, terutama mengenai komposisi kimia dan struktur fisiknya.

Metode *Van Soest* merupakan metode analisis serat pakan yang umum digunakan untuk menentukan fraksi serat seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Metode ini memberikan gambaran yang akurat mengenai proporsi komponen penyusun dinding sel tanaman. Selain komposisi kimia, struktur kristal dari selulosa juga berperan penting dalam menentukan sifat mekanik dan reaktivitas serat. *X-Ray Diffraction* (XRD) adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis struktur kristal dan menentukan derajat kristalinitas suatu material. Tingkat

kristalinitas selulosa mempengaruhi kekuatan tarik, modulus elastisitas, dan kemampuan serat untuk menyerap air.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kimia serat pelepah kelapa sawit melalui pendekatan kuantitatif menggunakan metode *Van Soest* dan analisis struktural menggunakan XRD. Alkali adalah satu dari metode perlakuan kimia yang paling efektif untuk meningkatkan kemampuan serat untuk dapat meningkatkan kekuatan serat antar muka [4].

Beberapa studi terdahulu memodifikasi *Dates Palm Fiber (Phoenix Dactylifera)* dari wilayah Er-rachidia di tenggara Maroko menggunakan larutan kimia alkali telah dilakukan untuk meningkatkan sifat mekanik, fisik, kimia, indeks kekristalan dan termal. Karakteristik serat telah diteliti dan menunjukkan bahwa kekuatan tarik optimal terjadi pada perlakuan NaOH konsentrasi 5% mencapai nilai 460 MPa dengan peningkatan 76% dibandingkan serat mentah [5] dan penelitian pada serat kelapa (*coconut fiber*) yang diberi perlakuan hidrogen peroksida (H_2O_2) didapat hasil yang optimal pada konsentrasi 3%, pH 11 dan suhu 60°C dengan kuat tarik sebesar 119,75 Mpa [6].

Serat alami memiliki resiko bahaya kesehatan yang rendah selama aplikasi rekayasanya, Selain itu, kekayaan sumber daya alam juga mendukung pengembangan serat alam sebagai penguat dalam komposit polimer [7]. Pada penelitian ini untuk mengeksplorasi serat *natural fiber* dari serat pelepah kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) agar dapat diaplikasikan dan dikembangkan untuk mengeksplorasi serat bersumber dari bahan alami berkekuatan tinggi sebagai *reinforcement* pada biokomposit. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut dengan melakukan studi dengan memanfaatkan *natural cellulose fiber* dari serat pelepah kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) dari sifat fisika, kimia dan mekanik agar layak digunakan sebagai penguat pada biokomposit.

2. Metode Penelitian

2.1. Perlakuan Kimia

Metode yang dipakai dalam penelitian ini berupa langkah kerja serta rangkaian kegiatan sebagai berikut: Serat Oil Palm Frond Fiber (OPFF) yang merupakan bahan utama dalam penelitian ini di beri perlakuan kimia dalam 2 tahapan yang pertama dengan menggunakan alkali untuk mendapatkan selulosanya melalui proses mekanis dan kimiawi kemudian dilanjutkan dengan proses perendaman menggunakan hidrogen peroksida. Serat OPFF dikumpulkan dari sebuah lingkungan di Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur.

Serat dikumpulkan dengan cara pelepah dipotong sepanjang 10 - 15 cm dilanjutkan dengan mengupas kulit luar dari pelepah pohon kelapa sawit. Kemudian daging batang direndam dalam air selama tujuh hari untuk memudahkan pelepasan helai serat. Selanjutnya dikeringkan dalam oven dengan suhu 50°C selama 2 jam. Setelah itu beri perlakuan kimia Natrium Hidroksida (NaOH) dengan konsentrasi variasi 5%, 10%, 15% selama 1 jam dengan menghitung presentase NaOH dengan menggunakan fraksi berat yaitu jumlah NaOH sebanyak 50 gram, 100 gram, 150 gram dan aquades dalam gelas ukur sebanyak 1000 ml, 1000 ml, 1000 ml.

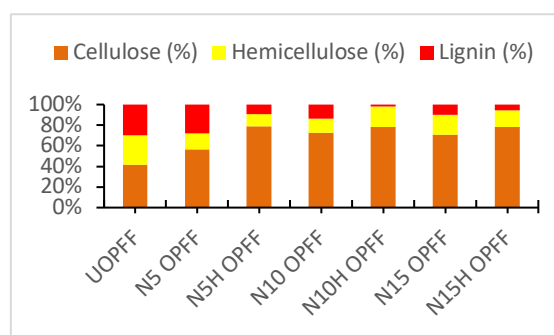
Setelah itu serat dibilas dengan akuades dengan PH 7 untuk menghilangkan sisa Natrium Hidroksida. Tahap proses perlakuan kedua selanjutnya dengan diberi perlakuan perendaman hidrogen peroksida (H₂O₂) dengan konsentrasi sebesar 3% selama 1 jam dengan PH 9 dan suhu 90°C, setelah itu serat dibilas dengan akuades dengan PH 7 untuk menghilangkan sisa perendaman hidrogen peroksida (H₂O₂), dilanjutkan dengan dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 2 jam. Setelah itu dibuat masing-masing 1 spesimen dengan 7 variasi dan 1 kali pengulangan dalam pengujian metode uji *Van Soest* dan XRD. Kristalinitas sampel OPFF diamati menggunakan difraktometer PANalytical X'Pert Pro. Difraktometer dioperasikan pada tegangan 40 kV dan 30 mA dengan target monokromatik Cu.

Metode standar TAPPI dengan analisa *Van Soest* diterapkan untuk menentukan kandungan serat dalam OPFF seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Alkohol aseton digunakan untuk ekstraksi soxhlet selama 8 jam.

3. Hasil Penelitian

3.1. Komposisi Kimia (Analisa *Van Soest*)

Analisa secara kimiawi bertujuan untuk mengetahui unsur utama pada serat OPFF yang meliputi lignin, hemiselulosa dan selulosa. Kandungan selulosa yang tinggi dapat memberikan pengaruh terhadap kekuatan, kekakuan dan stabilitas pada serat alam [8]. Senyawa mikrofiber OPFF seperti lignin, holoselulosa, dan selulosa alfa ditentukan menggunakan *Van Soest*. Hemiselulosa, selulosa, dan lignin diperoleh dengan menggunakan metode *Van Soest*. Pada Tabel 2.1 merupakan komposisi kandungan kimia dari berbagai serat OPFF tanpa perlakuan, dengan perlakuan NaOH dengan variasi 5%, 10%,15% dan perlakuan NaOH-H₂O₂. Dari hasil penelitian ditemukan bahwa serat dengan perlakuan NaOH-H₂O₂ dapat mengurangi dan memecah kandungan lignin dan hemiselulosa pada serat alam. Perlakuan NaOH-H₂O₂ pada serat OPFF memberikan dampak terhadap meningkatnya selulosa serat.



Gambar 1. Komposisi Kimia Serat OPFF

Gambar 1 menunjukkan komposisi kimia serat OPFF, OPFF mengandung selulosa 41,87% dan tertinggi pada variasi N5H sebesar 78,63% dan sedikit menurun pada variasi N10H sebesar 78,07% disebabkan adanya degradasi atau penurunan fraksi karena kerusakan pada

selulosanya hingga mengurangi kekuatan dari serat itu, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses alkalisasi apabila konsentrasi semakin meningkat dapat merusak kandungan selulosa, namun setelah penambahan proses *bleaching* dapat mendapatkan kandungan selulosa yang maksimal. Selulosa, hemiselulosa, lignin, dan senyawa lainnya menentukan morfologi serat, struktur, termal, mekanik, dan karakteristik fisik [9].

Tabel 2. Perbandingan Komposisi Kimia Natural Fiber yang Berbeda

Natural Cellulose Fiber	Chemical Characteristic			Referenc e
	Cellulose (%)	Hemicellulose (%)	Lignin (%)	
Serat Pelepah Kelapa Sawit	41,87	28,29	29,84	Current Research
Serat Kulit Waru	58,63	18	23,35	(Artha Willy et al, 2021)
<i>Cantala Fiber</i>	59,47	27,71	9,11	(Raharjo, et al, 2018)
<i>Olive Tree</i>	39,42	24,23	14	(Alsham mari et al, 2019)
<i>Sugar Palm Fiber</i>	43,88	7,24	33,24	(Ilyas et al, 2020)
<i>Ficus Religiosa</i>	55,58	13,86	10,13	(Moshi et al, 2020)
<i>Cyrtostachys Renda</i>	38,99	19,15	18,28	(Loganathan et al, 2020)

Tabel 2 menunjukkan serat pelepah kelapa sawit tanpa perlakuan didapatkan hasil selulosa sebesar 41,87% lebih besar dibanding dengan *olive tree* yang mengandung selulosa sebesar 39,42%. Pada perlakuan kimiawi, kandungan lignin dan hemiselulosa yang menyelimuti serat dengan mudah terkikis dan sebagian hilang dikarenakan bersifat *amorf*. Sedangkan pada selulosa sangat sulit untuk larut dikarenakan pada fase kristal [10]. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa dengan memberikan perlakuan NaOH 5% dan H₂O₂ 3% dapat berdampak terhadap meningkatnya fraksi selulosa serat menjadi sebesar 78,63% jika

dibandingkan menggunakan perlakuan NaOH konsentrasi lebih tinggi maupun tanpa perlakuan. Penambahan proses menjadi 2 langkah antara natrium hidroksida dan hidrogen peroksida menjadikan permukaan serat selulosa lebih bersih dan warna serat lebih cerah mengarah pada kekuatan yang lebih baik [5].

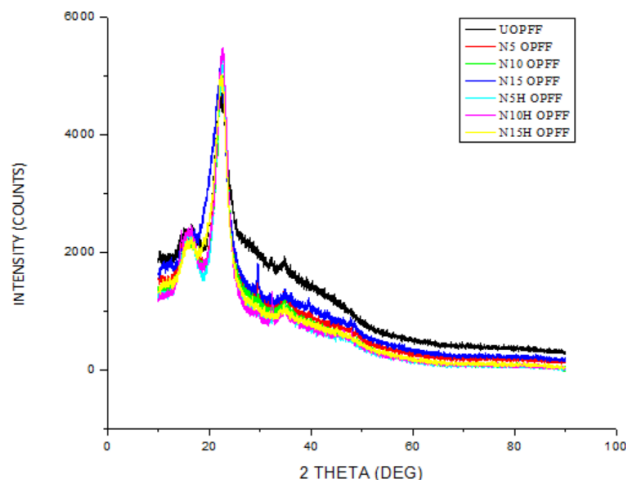
Perlakuan dengan NaOH lebih mengarah pada hilangnya kandungan lignin dan hemiselulosa pada permukaan serat alam. Tabel 2.2 menunjukkan bahwa karakteristik kimiawi dari berbagai serat alam termasuk serat pelepah kelapa sawit tanpa pemberian perlakuan mempunyai kandungan hemiselulosa (28,29%) dan lignin (29,84%), lebih tinggi dibandingkan dengan serat yang diberikan perlakuan NaOH maupun NaOH-H₂O₂. Tingkat hemiselulosa yang tinggi menyebabkan desintegrasi dan menurunkan kekuatan serat sedangkan kadar lignin yang tinggi memberikan permukaan yang halus dapat mengurangi ikatan serat terhadap matrik polimer [11].

3.2. Hasil Uji X-Ray Diffraction (XRD)

Untuk lebih memahami efek perlakuan alkali dan *bleaching* pada sifat mekanik OPFF, dilakukan pengujian XRD yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar. Difraksi terpenting diamati oleh tiga puncak utama yang diwakili oleh bidang 101, 101, dan 002 dari fase kristal selulosa [12]. Perlakuan alkali dan *bleaching* bertujuan untuk memodifikasi permukaan serat, sebagai konsekuensi dari penghilangan sebagian komponennya.

Indeks kristalinitas yang tinggi dalam penelitian OPFF yang diberi perlakuan alkali dan *bleaching* berarti urutan kristal selulosa yang lebih baik ke sumbu serat selama perawatan dibandingkan dengan serat mentah. Memang, penghilangan sebagian bahan penyusun serat seperti lignin mengarah pada pengemasan yang lebih baik dari transformasi rantai selulosa dari bentuk selulosa dari I ke II yang terdiri dari susunan rantai antiparalel yang berlawanan dengan selulosa I, ini menginduksi perubahan dalam struktur antarmolekul. ikatan hidrogen sehingga memodifikasi polimorfisme selulosa [13]. Berdasarkan Mwaikambo dan Ansell (2002), indeks kristalinitas yang tinggi

cenderung menghasilkan serat yang kaku dan kuat yang menarik dalam pembentukan komposit serat tanaman. Namun, pada konsentrasi NaOH yang lebih tinggi, CI ditemukan memiliki nilai yang sama pada serat tanpa perlakuan, yang menunjukkan bahwa NaOH tidak berpengaruh pada kristalinitas serat sedangkan dengan melalui tahap pertama NaOH 10% dan tahap kedua *bleaching* H₂O₂ memiliki indeks kristalinitas yang tinggi.



Gambar 2. Kristalinitas *X-Ray Diffraction Oil Palm Frond Fiber* tanpa perlakuan, perlakuan NaOH 5%, 10%, 15% dan perlakuan NaOH 5%-H₂O₂ 3%, NaOH 10%-H₂O₂ 3%, NaOH 15%-H₂O₂.

Kondisi puncak pada posisi 2 theta diperoleh dari spektrum XRD yang ditunjukkan pada gambar 2.3 Hasil menunjukkan terdapat dua puncak tinggi yang berturut turut pada sudut 2θ 15,16° dan 23,99° (tanpa perlakuan) masing-masing menunjukkan karakteristik daerah *amorf* dan kristal [14]. Derajat kristalinitas pada struktur serat dapat diketahui dengan mengamati ketajaman puncak difraksi. Semakin tajam puncak difraksi, semakin tinggi derajat kristalinitas serat (Alemdar A dan Sain M, 2008). Sudut yang rendah (I₁₀₁) merupakan bagian dari *amorf* serat pelapah kelapa sawit yaitu terdiri dari lignin, hemiselulosa dan pektin dan wax.

Sedangkan sudut yang lebih tinggi (I₀₀₂) adalah komponen kristalin dari serat pelapah kelapa sawit. Dari dua intensitas puncak yang berbeda ini menunjukkan bahwa serat pelapah kelapa sawit bersifat semi kristalin [2]. Dengan perlakuan treatment sudut puncak terus

mengalami pergeseran dan kenaikan intensitas nampak sudut 2θ 15,69° dan 2θ 22,36° pada perlakuan NaOH 5%, sudut 2θ 15,59° dan 2θ 22,94° pada perlakuan NaOH 10%, dan sudut 2θ 16,39° dan 2θ 22,54° pada perlakuan NaOH 15%. Sedangkan pada perlakuan NaOH 5%-H₂O₂ nampak sudut 2θ 16,71° dan 2θ 23,31°, Sedangkan pada perlakuan NaOH 10%-H₂O₂ nampak sudut 2θ 16,39° dan 2θ 22,42° dan pada perlakuan NaOH 15%-H₂O₂ nampak sudut 2θ 16,19° dan 2θ 22,61°.

Pergeseran dan kenaikan intensitas ini dimungkinkan sebagian serat mengalami eksfoliasi sehingga menunjukkan dispersi yang seragam pada matrik biokomposit (Nguyen and Baird, 2007) [15]. Berdasarkan Tabel menunjukkan OPFF memiliki indeks kristalisasi 57,74%, kemudian meningkat setelah dilakukan proses alkali 5%, 10%, 15% menjadi 67,32%, 67,33%, 67,58 dan setelah dilakukan proses alkali dan *bleaching* sedikit menurun menjadi 63,72%, dan meningkat kembali menjadi 67,96%, dan 67,46% .

Tabel 3. Indeks Kristalinitas OPFF

No	Sampel	Cr(%)
1	UOPFF	57,74
2	N5 OPFF	67,32
3	N10 OPFF	67,33
4	N15 OPFF	63,72
5	N5H OPFF	67,58
6	N10H OPFF	67,96
7	N15H OPFF	67,46

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode Van Soest berhasil digunakan untuk menganalisis komposisi kimia serat pelepah kelapa sawit. Kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang diperoleh sesuai serat pelepah kelapa sawit mempunyai kandungan tertinggi pada serat variasi N5H dengan selulosa 78,63%, Lignin 9,12 % dan hemiselulosa 12,25 % dan Analisis XRD menunjukkan bahwa serat pelepah sawit memiliki struktur selulosa tipe I dengan puncak khas nilai kristalinitas 63,02%, ini menegaskan bahwa memiliki potensi pelepah sawit sebagai sumber serat alami.

5. Saran

Data komposisi kimia dan struktur kristal ini memberikan informasi fundamental yang diperlukan untuk pengembangan serta keberlanjutan serat pelepah sawit sebagai serat alam yang dapat dijadikan sebagai penguat komposit yang ramah lingkungan sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dalam proses aplikasi serat dalam proses pembuatan komposit.

6. Daftar Pustaka

- [1] Myslamsy, B., Palaniappan, S. K., Pavayee, S. S., Pal, S. K., Aruchamy, K., "Impact Of Nanoclay On Mechanical And Structural Properties Of Treated Coccinia Indica Fibre Reinforced Epoxy Composites", *Journal Of Materials Research And Technology*, Vol 8(6):6021-6028, 2019.
- [2] Gapsari Femiana, dkk. (2021). Characterization of Timoho Fiber as a reinforcement in green composite. *Journal of Materials Research and Technology*. Vol 13. 1305-1315.
- [3] Suryanto Heru, Masyanto Eko, Irawan Surya Yudy, Soenoko Rudy. (2014). Effect Of Alkali Treatment On Crystalline Structure Of Cellulose Fiber From Mendong (Fimbristylis Globulosa) Straw. *Key Engineering Maetrial*, Vol. 594-595, Pp 720-724.
- [4] Parre, A, Karthikeyan, B., Balaji, a., Udhayasankar, R., 2020. Investigation of chemical, thermal and morphological properties of untreated and NaOH treated banana fiber. *Mater. Today: Prod.* 22, 347-352.
- [5] Wildan Achmad, Abdullah, Priyanto Slamet. (2010). Studi Proses Bleaching Serat Kelapa Sebagai Reinforced Fiber. *Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses*.
- [6] Kabir, M, M. H, Wang. K, T, Lau. And F, Cardona. (2012). Chemical Treatments On Plant-Based Natural Fibre Reinforced Polymer Composites: An Overview. *Composites Part B: Engineering.* 43 (7):2883–92.
- [7] Rybin, V.A. Utkin, A.V. Baklanova, N.I. (2013) Alkali resistance, microstructural and mechanical performance of zirconia-coated basalt fibers. *Cement and Concrete Research* Vol 53, 1-8
- [8] Jayaramudu, J. B, R, Guduri. And A, Varada Rajulu. (2010). Characterization Of New Natural Cellulosic Fabric Grewia Tilifolia. *Carbohydrate Polymers.* 79 (4):847–51.
- [9] Rajeshkumar G, Hariharan V, Scalici T. (2016). Pengaruh pengobatan NaOH pada sifat Phoenix Sp. Serat. *Serat J Nat.*
- [10] Kabir, M, M. H, Wang. K, T, Lau. And F, Cardona. (2012). Chemical Treatments On Plant-Based Natural Fibre Reinforced Polymer Composites: An Overview. *Composites Part B: Engineering.* 43 (7):2883–92.
- [11] Indran, S. R, Edwin Raj. And V, S, Sreenivasan. (2014). Characterization Of New Natural Cellulosic Fiber From Cissus Quadrangularis Root. *Carbohydrate Polymers.* 110:423
- [12] Barreto Ach. Rosa Ds. Fachine Pba. Mazzetto Se. (2011). Properties Of Sisal Fibers Treated By Alkali Solution And Their Application Into Cardanol-Based Biocomposites. *Compos Part A Appl Sci Manuf.*
- [13] Kolpak, FJ. Weih, M. Blackwell, J. (1978) Mercerisasi selulosa: Penentuan struktur kapas yang telah dimercerisasi. *Polimer*, 19 (2), hlm. 123 - 131
- [14] Segal L. Creely J. Martin Ae, Conrad Cm, Metode Empiris Untuk Memperkirakan Derajat Kristalinitas Selulosa Asli Menggunakan Difraktometer Sinar-X, *Teks Res J* 1959;29:786–94.
- [15] Katerinopoulou. Katerina. Aris Giannakas. Kalouda Grigoriadi. Nektaria M, Barkoula. And Athanasios Ladavos. (2014). Preparation And Characterization Of Acetylated Corn Starch-(Pvoh)/Clay Nanocomposite Films. *Carbohydrate Polymers* 102 (1): 216–22.