

## Analisa Struktur Mikro, Kandungan Lignin Dan Hemiselulosa Serat Pelepeh Sawit Akibat Perlakuan Alkali

Shaiful Malik Jenifer<sup>1</sup>, Hendriwan Fahmi<sup>1</sup>, Anrinal<sup>1</sup>, Mastariyanto Perdana<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Prodi Teknik Mesin, Institut Teknologi Padang  
Korespondensi : hendriwan.basyaruddin@gmail.com

### ABSTRAK

Penggunaan serat alam serat pelepeh sawit dalam pembuatan material komposit mempunyai keunggulan tersendiri, antara lain kekuatan spesifik dan modulusnya yang tinggi, harga rendah, densitas rendah, emisi populasi yang lebih rendah dan biasa atau dapat di daur ulang. Pembuatan material dimulai dari pembusukan serat pelepeh sawit secara alami. Setelah pelepeh sawit membusuk, dilakukan proses pengambilan serat menggunakan sikat kain atau dipukul-pukul ke papan agar kotorannya hilang agar mendapatkan serat yang terbaik. Selanjutnya serat direndam pada larutan NaOH 5% selama 1,2,3,4 jam dan tanpa perlakuan NaOH, setelah itu dikeringkan dengan menggunakan oven dengan suhu 105°C. Pengujian yang dilakukan kandungan Lignin dan hemiselulosa serta struktur mikro serat pelepeh sawit dengan pengaruh perlakuan NaOH 5% dan tanpa perlakuan. Dari hasil pengujian didapatkan kandungan Lignin terendah perlakuan NaOH 5% selama 4 jam 22,1030 %, dan kandungan lignin tertinggi pada perlakuan NaOH 5% selama 1 jam 29,8694%, dan Hemiselulosa tertinggi terdapat pada tanpa perlakuan NaOH yaitu 26,6343% serta yang terendah pada perlakuan NaOH selama 1 jam 22,1164%. Serta hasil penelitian struktur mikro Struktur mikro serat pelepeh sawit tanpa perlakuan dan dengan perlakuan NaOH 5% selama 1,2,3, dan 4 jam terdapat adanya rongga-rongga pada serat. Semakin lama perlakuan, rongga-rongga menjadi semakin terbuka.

**Kata kunci:** Serat Pelepeh Sawit, Kandungan lignin, hemiselulosa dan struktur mikro

### ABSTRACT

*The use of natural fibers from palm frond fibers in the manufacture of composite materials has its advantages, including high specific strength and modulus, low price, low density, lower population emissions, and is common or recyclable. The production of the material starts from the natural decomposition of the palm frond fibers. After the palm fronds have rotted, the process of extracting fibers is carried out using a cloth brush or beating them against the board so that the dirt is removed so that it gets the best fiber. Furthermore, the fibers were soaked in 5% NaOH solution for 1,2,3,4 hours and without NaOH treatment, after that, they were dried using an oven at 105 ° C. Tests carried out the lignin and hemicellulose content and the microstructure of the palm frond fibers with the effect of 5% NaOH treatment and without treatment. From the test results, it was found that the lowest lignin content was in 5% NaOH treatment for 4 hours 22.1030%, and the highest lignin content was in 5% NaOH treatment for 1 hour 29.8694%, and the highest hemicellulose was found without NaOH treatment, namely 26.6343% and the lowest was the need for NaOH for 1 hour 22.1164%. As well as the results of research on the microstructure of palm frond fibers without treatment and with 5% NaOH treatment for 1,2,3, and 4 hours, there were cavities in the fibers. The longer the treatment, the cavities become more open.*

**Keywords :** Palm Frond Fiber, lignin content, hemicellulose and microstructure

### 1. PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan tanaman industri andalan bagi perekonomian Indonesia yang tetap bertahan pada saat terjadinya krisis ekonomi berkepanjangan dan merupakan salah satu komoditas perkebunan yang menyumbang devisa besar bagi negara.[8] Kelapa sawit merupakan tumbuhan industri/ perkebunan sebagai penghasil minyak masak, minyak industri, maupun Perbahan bakar (biodiesel).[9] Kelapa sawit tingginya dapat mencapai hingga 24 meter. Memiliki akar serabut, namun pohon kelapa sawit bisa berdiri tegak dan sangat kokoh. Seperti jenis palma lainnya, daun kelapa sawit tersusun majemuk menyirip. Daun berwarna hijau tua serta pelepeh berwarna sedikit lebih muda. Penampilannya sedikit mirip dengan tanaman salak, hanya saja duri yang tidak terlalu keras dan tajam. Batang tanaman diselimuti bekas pelepeh hingga umur 12 tahun. Setelah umur 12 tahun pelepeh yang mengering akan terlepas sehingga penampilan menjadi mirip dengan pohon kelapa.

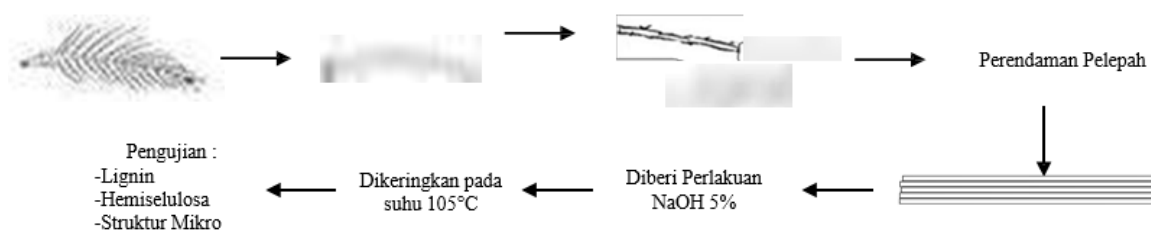
Dalam beberapa dekade terakhir, penggabungan serat alam seperti serat nanas, kenaf, sisal, hemp, flax, dan berbagai serat alam lainnya dengan polimer matriks yang kompetitif terhadap komposit sintetis seperti serat gelas-polipropilen dan gelas-epoksi merupakan perhatian utama pada rekayasa material.

Penggunaan serat alam juga dipicu oleh pemanfaatan limbah (waste) tanaman umur panjang salah satunya adalah pohon sawit. Keuntungan penggunaan serat alam dalam pembuatan komposit mempunyai keunggulan tersendiri, antara lain kekuatan spesifik dan modulusnya yang tinggi, harga rendah, densitas rendah, emisi populasi yang lebih rendah dan biasa atau dapat di daur ulang. Sedangkan serat alam berasal dari tumbuh-tumbuhan yang mengandung serat baik dalam batang, akar, maupun daun dari tumbuhan itu sendiri, serat ini sudah banyak digunakan dalam sektor industri seperti otomotif, tekstil, produksi kertas dan dalam komposit material.

Pengujian tarik terhadap serat pelepah sawit yang telah diberikan perlakuan NaOH 5% dengan varian waktu yang berbeda. Dari hasil pengujian didapatkan kekuatan tarik serat tertinggi terdapat pada tanpa perendaman NaOH sebesar 278,9 Mpa dengan kadar selulosa 58,8915 mempunyai kadar air sebesar 0,09% dan terendah terjadi pada serat persentase NaOH 5% dengan waktu perlakuan selama 4 jam sebesar 171,5 Mpa dengan kadar selulosa 35,473 mempunyai kadar air sebesar 0,03%.[12] Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melanjutkan penelitian tersebut untuk melihat perbandingan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan saya lakukan yaitu dengan polimer yang berbeda yaitu penelitian tentang Analisa Struktur Mikro dan Kandungan Lignin dan Hemiselulosa Serat Pelepah Sawit Akibat Perlakuan Alkali. Beberapa penelitian sebelumnya berkaitan dengan serat diantaranya menunjukkan bahwa serat buah kapas memiliki kandungan selulosa tertinggi (98,06%), serat batang abaka mempunyai kandungan lignin tertinggi (7,63%), sedangkan serat daun sisal mempunyai kandungan hemiselulosa tertinggi (21,97%). Kadar holoselulosa ketiga jenis serat hampir sama, yaitu antara 93,3–94,7%. Kadar zat ekstraktif (kelarutan alkohol-benzena, air panas dan air dingin) ketiga jenis serat termasuk kecil (<5%) yaitu antara 0,63–4,44%.[3] Parameter yang diamati dalam penelitian sebelumnya adalah kandungan lignin, hemiselulosa dan selulosa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan menggunakan Steam explosion dengan suhu 140°C dan 160°C mampu menurunkan kadar lignin sebesar 16,03% dan 15,90%. Perlakuan menggunakan Steam explosion suhu 160°C dan *Trichoderma reesei* 15 hari mampu meningkatkan kadar Hemiselulosa sebesar 35,84% dan 36,21%. Perlakuan menggunakan Steam explosion dengan suhu 160°C memberikan pengaruh yang terbaik pada selulosa sebesar 51,09%.[2] Penelitian sebelumnya tentang pengujian tarik terhadap serat pelepah sawit yang telah diberikan perlakuan NaOH 5% dengan varian waktu yang berbeda. Dari hasil pengujian didapatkan kekuatan tarik serat tertinggi terdapat pada tanpa perendaman NaOH sebesar 278,9 Mpa dengan kadar selulosa 58,8915 mempunyai kadar air sebesar 0,09% dan terendah terjadi pada serat persentase NaOH 5% dengan waktu perlakuan selama 4 jam sebesar 171,5 Mpa dengan kadar selulosa 35,473 mempunyai kadar air sebesar 0,03%.[12] Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melanjutkan penelitian tersebut untuk melihat perbandingan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan saya lakukan yaitu dengan polimer yang berbeda yaitu penelitian tentang Analisa Struktur Mikro dan Kandungan Lignin dan Hemiselulosa Serat Pelepah Sawit Akibat Perlakuan Alkali.

## 2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Proses Persiapan dan Pengujian Serat

Serat pelepah sawit yang diambil yang halus saja dan serat pelepah sawit yang dipilih adalah serat yang keriang. Setelah serat pelepah sawit di rasa cukup, maka akan di lakukan perlakuan terhadap serat pelepah sawi t. Tahapan penyiapan serat pelepah sawit antara lain :

1. Pengambilan pelepah sawit Pelepah sawit yang diambil merupakan pelepah yang masih basah, untuk mendapatkan pelepah sawit yang telah bisa diambil ini biasanya dapat dilihat dari perubahan warna atau testur yang melembut (dari putih menjadi sedikit kekuning-kuningan dan lembut).
2. Pengambilan Serat pelepah sawit Untuk mendapatkan serat dari pelepah sawit tersebut harus melalui beberapa tahap,yaitu :
  - a. Melakukan proses pemotongan pelepah sawit sesuai yang diinginkan.

- b. Melakukan pengupasan pelepah sawit dan letakkan pada ruangan tertutup selama 5 hari.
- c. Setelah pelepah sawit didiamkan selama  $\pm 5$  hari setelah itu direndam  $\pm 1 \times 24$  jam Setelah pelepah sawit membusuk, dilakukan proses pengambilan serat menggunakan sukat kain atau dipukul-pukul ke papan agar kotorannya hilang agar mendapatkan serat yang terbaik.
3. Perendaman dengan larutan NaOH Setelah dilakukan pengambilan serat pelepah sawit dengan dimensi panjang yang sudah ditentukan, maka akan direndam dalam larutan NaOH, Serat pelepah sawit diberi perlakuan perendaman dalam larutan NaOH 5% Selama 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam. Serat pelepah sawit yang telah direndam kemudian dibersihkan dengan air dan di keringkan selama  $\pm 2$  hari. Pengeringan dilakukan pada udara terbuka.

### 3. HASIL DAN ANALISIS (10 PT)

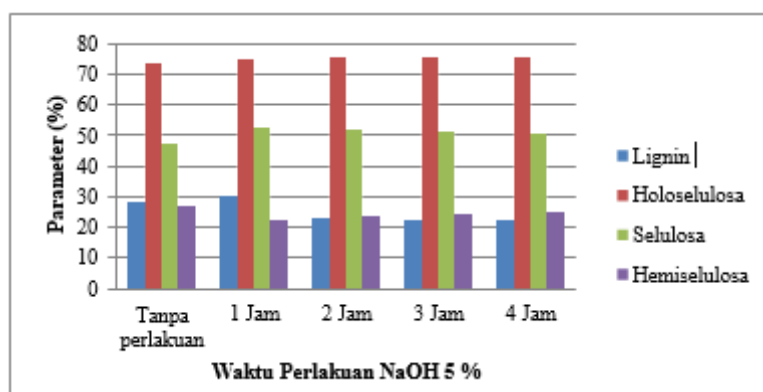
#### 3.1. Hasil Penelitian

Tabel 1. Hasil Pengujian Kandungan Kimia Serat Pelepah Sawit Tanpa Perlakuan dan Diberi Perlakuan NaOH 5 %

No	Parameter (%)	Perlakuan NaOH 5%				
		Tanpa Perlakuan	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam
1.	Lignin	28,1600	29,8694	22,7817	22,3235	22,1030
2.	Holoseulosa	73,6688	74,5236	75,3846	75,5822	75,7900
3.	Selulosa	47,0451	52,4072	51,6667	51,0233	50,5624
4.	Hemiselulosa	26,6343	22,1164	23,7179	24,5589	25,2276

Hasil dari pengujian tanpa diberi perlakuan di peroleh hasil Lignin sebesar (28,1600%), Holoseulosa (73,6688 %), Selulosa ( 47,0451%), dan Hemiselulosa sebesar ( 26,6343%). Hasil dari pengujian dengan diberikan perlakuan NaOH 5 % selama 1 jam diperoleh hasil Lignin sebesar (29, 8694 %), Holoseulosa (74, 5236 %), Selulosa (52,4072 %), dan Hemiselulosa (22, 1164%). Hasil dari pengujian dengan diberikan perlakuan NaOH 5 % selama 2 jam di peroleh hasil Lignin ( 22, 7817%), Holoseulosa (75, 3846 %), Selulosa ( 51, 6667%), dan Hemiselulosa sebesar (23, 7179%). Hasil dari pengujian dengan diberikan perlakuan NaOH 5 % selama 3 jam di peroleh hasil Lignin (22,3235%), Holoseulosa (75,5822 %), Selulosa ( 51, 0233%), dan Hemiselulosa sebesar ( 24,5589%). Hasil dari pengujian dengan diberikan perlakuan NaOH 5 % selama 4 jam di peroleh hasil Lignin (22,1030%), Holoseulosa (75,7900 %), Selulosa ( 505624%), dan Hemiselulosa sebesar ( 25,2276%).

#### 3.2 Pembahasan



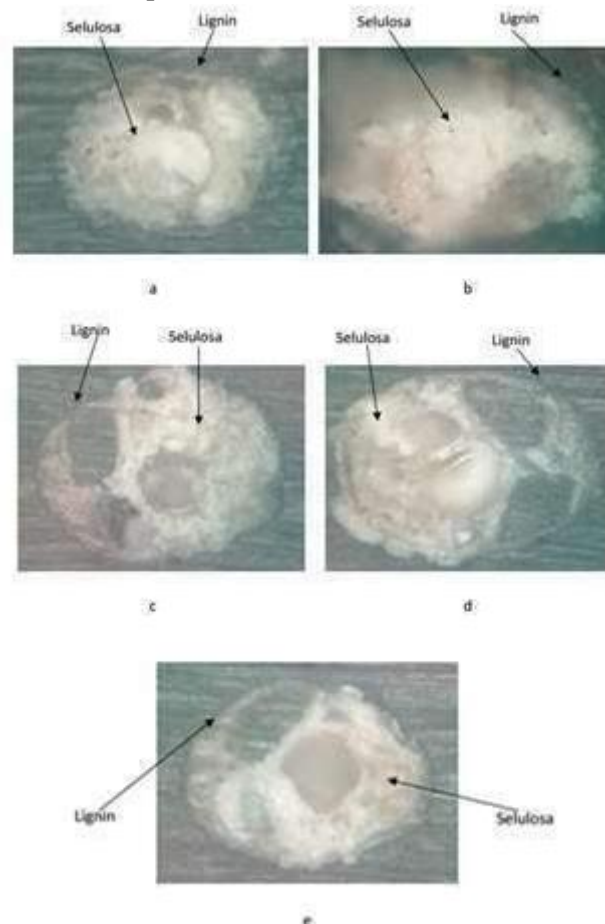
Gambar 2. Grafik Perbandingan Lignin, Holoseulosa, Selulosa, Hemiselulosa.

Berdasarkan pembahasan gambar 2 dari pengujian serat pelepah sawit dengan perlakuan NaOH 5 % dengan perlakuan 1,2,3,4 jam dan tanpa perlakuan dapat disimpulkan bahwa, hasil pengujian kadar lignin yang terendah ( paling baik ) adalah dengan perendaman selama 4 jam yaitu 22,1030%. Sedangkan hasil pengujian kadar holoseulosa tertinggi atau yang paling baik pada perendaman 4 jam yaitu 75,7900%. Pada hasil pengujian kadar selulosa diperoleh hasil terbaik (tertinggi) dengan perendaman selama 1 jam yaitu 52,4072%.

Dan hasil pengujian kadar hemiselulosa terbaik atau yang tertinggi yaitu tanpa sebesar 26, 6343 %. Pada penelitian Arsyad,2018, kandungan lignin tertinggi diperoleh pada perlakuan A35 yaitu perlakuan

sebanyak 39,9% dan pada saat itu juga memiliki kandungan hemiselulosa yang tertinggi yaitu 20,1%, akan tetapi kandungan lignin terendah yaitu 21,7%. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan serat sabut kelapa dengan konsentrasi yang tinggi akan meningkatkan jumlah hemiselulosa, dan lignin. Berdasarkan dengan data-data yang diperoleh tersebut, perlakuan serat sabut kelapa dalam larutan alkali harus disesuaikan dengan tujuan perlakuan tersebut. Bila perlakuan bertujuan menurunkan kandungan selulosa maka serat sabut kelapa direndam dalam larutan alkali dengan konsentrasi yang tinggi. Namun bila jumlah hemiselulosa, dan lignin yang sedikit maka sebaiknya serat sabut kelapa direndam dalam larutan alkali dengan konsentrasi yang rendah.[7]

### 3.3. Hasil Struktur Mikro Serat Pelepah Sawit



Gambar 3. Struktur mikro serat pelepah sawit arah melintang a. tanpa perlakuan, b. 1 jam, c. 2 jam, d. 3 jam dan e. 4 jam perlakuan NaOH 5%.

Berdasarkan hasil uji struktur mikro serat pelepah sawit tanpa perlakuan dan dengan perlakuan NaOH 5% pada gambar 3 dapat dilihat antara serat pelepah sawit tanpa perlakuan dan dengan diberi perlakuan terdapat perbedaan, yaitu pada arah memanjang belum tampak perubahan yang berarti, namun pada arah melintang sudah tampak pengaruhnya, yaitu pada rongga-rongga serat sudah mulai terbuka. Semakin lama perlakuan rongga-rongga menjadi semakin terbuka. Penambahan NaOH adalah untuk membuat ionisasi gugus OH pada serat sehingga akan menjadi alkalisasi. Dalam komposit polimer teknik penguatan alkali pada serat selulosa merupakan modifikasi kimia yang telah dilakukan untuk meningkatkan adhesi antara permukaan serat selulosa dan matriks polimer karena menghasilkan ikatan yang baik. Perlakuan alkali memiliki dua efek terhadap serat yaitu (1) meningkatkan kekasaran permukaan serat sehingga akan menghasilkan interlocking yang lebih baik, (2) akan meningkatkan jumlah selulosa yang terlepas. Perlakuan NaOH ini bertujuan untuk melarutkan lapisan yang menyerupai lilin di permukaan serat, seperti lignin, hemiselulosa, dan kotoran lainnya. Dengan hilangnya lapisan lilin ini maka ikatan antara serat dan matriks akan menjadi lebih kuat, sehingga kekuatan tarik komposit menjadi lebih tinggi. Namun demikian, perlakuan NaOH yang lebih lama dapat menyebabkan kerusakan pada unsur selulosa.[7]

Serat tandan kosong kelapa sawit yang dialkalisasi dengan NaOH 2% memiliki permukaan yang bersih tetapi terlihat adanya robekan apabila dilihat pada perbesaran 100x. Hal ini mengindikasikan bahwa pengotor – pengotor dalam serat telah hilang atau larut dalam larutan NaOH 2%. Pada proses alkalisasi, lapisan lilin (lignin) pada permukaan menghilang karena interaksinya dengan sodium. Dengan hilangnya lapisan lilin dari serat akibat proses alkalisasi, dapat meningkatkan kontak area sehingga nantinya dapat meningkatkan sifat adhesi antara serat dengan matriks. Dengan semakin baiknya ikatan antara serat tandan kosong kelapa sawit dengan matriks nantinya dapat membantu untuk memperbaiki sifat mekanik material. Serat tandan kosong kelapa sawit dengan proses alkalisasi memiliki diameter antara 107 – 129  $\mu\text{m}$ . Pengurangan diameter serat tandan kosong kelapa sawit setelah dikenai proses alkalisasi terjadi karena ada beberapa kandungan dari serat yang ikut larut dalam NaOH. Kandungan serat yang hilang antara lain lignin, ash, dan minyak yang melapisi bagian terluar serat. Saat bagian – bagian tersebut hilang, maka ukuran diameter serat pun akan mengecil.[10] Terlihat ruang yang kosong diantaranya yang kemungkinan partikel serbuk pelepah sawit terlepas setelah dilakukan pematahan sampel. Faktor lain yang juga dapat memicu ruang kosong adalah pada proses pencampuran menggunakan internal mixer yang tidak tercampur secara merata karena belum mencapai kondisi operasi yang sesuai.

Pada proses pengempaan yang berlebihan juga dapat membuat ruang kosong atau partikel WPC berongga. Karena pada saat dilakukan proses pengempaan matrik cenderung untuk terdekomposisi, sehingga menyebabkan ikatan dengan serbuk pelepah sawit menurun dan menimbulkan celah atau rongga pada permukaan komposit.[1] Pada arah memanjang belum tampak perubahan yang berarti akibat perlakuan sterilisasi bahan dengan autoklaf pada serat PKS, namun pada arah melintang sudah tampak pengaruhnya, yaitu pada serat yang disterilkan rongga-rongga serat sudah mulai terbuka. Semakin lama perlakuan pendahuluan, ronggarongga menjadi semakin terbuka.[4]

Pemakaian natrium hidroksida (NaOH) ini bertujuan untuk meluruhkan lignin (proses delignifikasi). Delignifikasi dilakukan karena lignin dapat meningkatkan kekakuan suatu bahan.[14] Sedangkan selulosanya harus tetap stabil karena Selulosa memiliki peran dalam memberi kekuatan pada serat itu sendiri dan juga tidak mudah terdegradasi secara kimia maupun mekanis. Keuntungan utama dari penggunaan selulosa sebagai bahan penguat pada matriks polimer yaitu: densitas rendah, tidak mudah terabrasi, kemampuan mengisi tinggi yang menghasilkan sifat kekakuan yang tinggi, mudah didaur ulang, bahannya mudah didapat karena banyak tersedia di alam, dan murah. Efek terhadap material komposit yaitu Kadar selulosa yang tinggi sehingga memiliki sifat mekanik yang baik seperti nilai kekuatan tarik tinggi, modulus elastisitas tinggi, serta regangan tinggi.[11]

#### 4. KESIMPULAN

Lignin yaitu hasil terendah pada perlakuan 4 jam (22,1030 %), terjadi peningkatan sebesar (29,8694 %) pada perlakuan 1 jam, sedangkan 2 jam sebesar (22,7817%), 3 jam (22,3235%), dan tanpa perlakuan (28,1600 %) Dan Pengujian Hemiselulosa paling tinggi pada tanpa perlakuan (26,6343 %). 4 jam (25,2276%), pada perlakuan 3 jam (24,5589 %), perlakuan 2 jam (23,7179%), dan yang paling rendah pada perlakuan 1 jam yaitu (22,1164 %). Struktur mikro serat pelepah sawit tanpa perlakuan dan dengan perlakuan NaOH 5% selama 1,2,3, dan 4 jam terdapat adanya rongga-rongga pada serat. Semakin lama perlakuan, rongga-rongga menjadi semakin terbuka. Berdasarkan Penelitian Analisa Struktur Mikro, Kandungan Lignin Dan Hemiselulosa Serat Pelepah Sawit Akibat Perlakuan Alkali diperoleh hasil yaitu semakin lama perlakuan perendaman lignin maka kandungan ligninnya semakin berkurang atau hilang. Semakin hilangnya struktur lignin pada serat tersebut baik untuk menurunkan kadar lignin pada material. Lignin harus dihilangkan, karena material dengan lignin tinggi akan membutuhkan bahan kimia yang lebih banyak.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afrilla, N., HS, I., & Bahruddin. (2018). Sifat dan Morfologi Wood Plastic Composite Berbasis Pelepah Sawit dan Polyethylene dengan Kompatibilizer Maleic Anhydride dan Inisiator Dicumyl Peroxide. 5(2), 1–7.
- [2] Devi, Astutik, D., Cahyanto, M. N., & Djaafar, T. F. (2019). Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosiste. Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem, Vol. 7, No.2, September 2019., 7(2), 273–282.
- [3] Elda Nurnasari dan Nurindah. (2017). Karakteristik Kimia Serat Buah, Serat Batang, dan Serat Daun. 9(2), 64–72.
- [4] Hermiati, E., Risanto, L., Anita, S. H., Aristiawan, Y., Sudiyani, Y., Hanafi, A., & Abimanyu, H. (2014). Sakarifikasi Serat Tandan Kosong Dan Pelepah Kelapa Sawit Setelah Pretreatment menggunakan Kultur Campuran Jamur Pelapuk Putih *Phanerochaete chrysosporium* DAN *Trametes versicolor*. Penelitian Hasil Hutan, 32(2), 111–122.
- [5] Khalil, H. P. S. A., Jawaid, M., Hassan, A., Paridah, M. T., & Zaidon, A. (2016). Oil Palm Biomass Fibres and Recent Advancement in Oil Palm Biomass Fibres Based Hybrid Biocomposites.
- [6] Kondo, Y., & Arsyad, M. (2018). Analisis Kandungan Lignin, Selulosa, dan Hemiselulosa. 5(2), 94–97.

- [7] Kondo, Y., & Arsyad, M. (2018). Efek Perendaman Alkali Terhadap Kandungan Lignoselulosa Serat Sabut Kelapa. 40–44. [8] Krismawati, Reni, Rizky Ahdia. (2013). Pengolahan Efluen Pond Fakultatif Anaerobik Ipal Industri Kelapa Sawit secara Fakultatif Anaerobik Fitoremediasi sebagai Preatment Media Tumbuh Algae. *Jurnal Teknologi kimia dan industri*. Semarang: Universitas Diponegoro
- [9] Nur Kadim, Lina Arliana. (2014). Analisa Hubungan Faktor Yang Mempengaruhi Harga Jual Minyak Kelapa Sawit Pada Pt. Langkat Nusantara Kepong PKS Padang Brahrang. *Informasi dan Teknologi Ilmiah*, ISSN : 2339- 210X. Purwanto, D. (2011). Arang Dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit ( *Elaeis Guineensis Jacq* ) ( Charcoal From Palm Shell Waste ). 57–66.
- [10] Pratama, R. D., Farid, M., & Nurdiansah, H. (2017). Pengaruh Proses Alkalisasi terhadap Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 250–254.
- [11] Pradana, M. A., Ardhyanta, H., & Farid, M. (2017). Pemisahan Selulosa dari Lignin Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Proses Alkalisasi untuk Penguat Bahan Komposit Penyerap Suara. *Teknik ITS*, 6(2), 413–416.
- [12] Ramadan, A. (2019). Pengaruh Waktu Perlakuan Alkali (NaOH) Terhadap Kekuatan Tarik Serat Pelepah Sawit. Semarang, H. (1996). *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta
- [13] Susilo, Y. D. (2017). Kandungan Selulosa, Hemiselulosa Dan Lignin Serat Sawit Hasil Fermentasi Jamur Pelapuk.
- [14] Zulmanwardi, & Paramita, V. D. (2019). Proses Pembuatan Pulp Selulosa Dari Limbah Jerami Padi ( *Oryza Sativa* ). 2019, 70–75.