

Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Suhu Delignifikasi pada Kandungan Lignoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit

(Effect of NaOH Concentration and Delignification Temperature on Lignocellulose Content of Empty Fruit Bunches of Oil Palm)

Hafid Andre Permana ^{1*}, Febrina Delvitasari ², Widia Rini Hartari ², Maryanti ²

¹ Program Studi Produksi dan Manajemen Industri Perkebunan Jurusan Budidaya Tanaman Perkebunan Politeknik Negeri Lampung, Jl. Soekarno-Hatta No. 10 Rajabasa, Bandar Lampung, Lampung, Indonesia, 35144

² Jurusan Budidaya Tanaman Perkebunan Politeknik Negeri Lampung, Jl. Soekarno-Hatta No. 10 Rajabasa, Bandar Lampung, Lampung, Indonesia, 35144

E-mail: andrediender777@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history

Submitted: November 9, 2023

Accepted: March 20, 2024

Published: March 28, 2024

Keywords:

delignification,

fiber,

oil palm empty fruit bunches,

sodium hydroxide

ABSTRACT

Palm oil processing in the industry produces products and waste; the waste generated from the palm oil processing process will have a negative impact on the environment if it is not processed. Oil palm empty fruit bunches are lignocellulosic solid wastes that contain cellulose, lignin, and hemicellulose content, so they have the potential to be raw materials for making bioethanol. In the process of producing bioethanol, delignification is an early stage that aims to reduce the lignin content in lignocellulosic materials with alkaline or alkaline pretreatment solutions such as the use of NaOH can be used to help separate lignin from cellulose fibers. This study aimed to analyze the effect of NaOH concentration and delignification temperature on the lignocellulosic content of oil palm empty fruit bunches. The research method was arranged descriptively with two treatments: the concentration of NaOH consisting of 3%, 4%, and 5%, and the heating temperature consisting of 100 °C, 110 °C, and 120 °C. Lignocellulosic content can be calculated using the Chesson method analysis with the Microsoft Excel 2016 application as a data processor. The results showed that 1 M NaOH concentration with heating temperature had an effect on the observations of hemicellulose, cellulose, and lignin. The best treatment of 1 M NaOH concentration and heating temperature on hemicellulose, cellulose, and lignin was produced by the treatment of 5% NaOH concentration with a heating temperature of 120 °C.



Copyright © 2024 Author(s). This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

PENDAHULUAN

Pengolahan kelapa sawit di industri menghasilkan produk dan limbah. Limbah yang dihasilkan dari rangkaian proses pengolahan industri kelapa sawit akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan jika tidak diolah dengan baik. Dampak negatif limbah yang dihasilkan dari suatu industri menuntut pabrik agar dapat mengolah limbah dengan cara terpadu. Limbah padat yang dihasilkan dari pabrik kelapa sawit sebagian besar berupa tandan kosong yang jumlahnya 23-30% dari TBS yang diolah dan merupakan bahan organik yang kaya akan unsur hara (Susilawati & Supijatno, 2015).

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) adalah limbah dari pengolahan tandan buah segar (TBS) menjadi minyak dalam bentuk *crude palm oil* (CPO) (Mariana et al., 2010). TKKS merupakan limbah padat berlignoselulosa yang memiliki kadar selulosa, lignin, dan hemiselulosa. Lignoselulosa hasil dari delignifikasi merupakan bahan dasar untuk membuat surfaktan, bioenergi, pulp dan kertas, furnitur, dan bahan bangunan. TKKS masih belum dimanfaatkan secara optimal, selama ini pemanfaatan tandan kosong hanya sebagai pupuk kompos dan sebagai pengeras jalan di perkebunan kelapa sawit. Dengan kandungan selulosa sebesar 45,95%, maka TKKS berpotensi sebagai bahan baku pembuatan bioetanol (Yoricya et al., 2020).

Delignifikasi merupakan tahap awal pembuatan bioetanol yang bertujuan untuk mengurangi kadar lignin di dalam bahan berlignoselulosa. Hasil penelitian terdahulu telah mengkaji delignifikasi tandan kosong kelapa sawit untuk menghasilkan surfaktan natrium lignosulfonat (Hartari et al., 2023a) dan pengaruh konsentrasi asam sulfat pada beberapa waktu delignifikasi (Hartari et al., 2023b). Proses delignifikasi yang sering digunakan yaitu dengan penggunaan larutan basa (Ika et al., 2017). Penggunaan larutan basa atau *alkali pretreatment* seperti penggunaan NaOH dapat digunakan untuk membantu pemisahan lignin dari serat selulosa. Larutan NaOH yang digunakan untuk mendelignifikasi TKKS berupa larutan encer agar tidak merusak struktur lignoselulosa (Herawati & Wibawa, 2019). Penggunaan variasi suhu saat pemanasan menggunakan autoclave untuk mendapatkan suhu yang optimal pada proses delignifikasi tandan kosong kelapasawit. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh konsentrasi NaOH dan suhu delignifikasi pada kandungan lignoselulosa tandan kosong kelapa sawit.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di lahan praktik kelapa sawit Politeknik Negeri Lampung, Laboratorium Analisis Tanaman Perkebunan, dan Laboratorium Teknologi Pangan. Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2021 sampai dengan Januari 2022. Alat dan bahan yang digunakan adalah: parang, spatula dan pengaduk, termometer, statif, *hot plate*, boiling flash berleher, kondensor, *autoclave* TOMY ES-315, *shaker*, oven, tanur, mesin penggiling/grinder biji-bijian, kain saring, corong, neraca analitik, gelas ukur 250 ml, gelas ukur 1000 ml, erlenmeyer 250 ml, TKKS yang berasal dari PTPN7 Unit Bekri, natrium hidroksida (NaOH), asam sulfat (H₂SO₄), dan akuades.

Metode penelitian disusun secara deskriptif dengan dua perlakuan, yaitu konsentrasi NaOH yang terdiri atas 3%, 4%, dan 5% 1 M, serta suhu pemanasan yang terdiri atas 100 °C, 110 °C, dan 120 °C. Kadar lignoselulosa dapat dihitung menggunakan analisa metode Chesson dengan aplikasi Microsoft Excel 2016 sebagai pengolah data. Bahan baku tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari PTPN VII Unit Bekri. Bahan baku TKKS memiliki ukuran yang besar, untuk memperkecil ukurannya maka dilakukan proses pencacahan menggunakan golok agar memperkecil ukuran. Bahan baku yang telah dicacah dijemur di bawah sinar matahari dengan waktu 1 hari untuk menghilangkan kadar airnya. Agar TKKS kering dengan optimal maka TKKS perlu dioven dengan suhu 121 °C selama 1 hari untuk mendapatkan berat yang konstan (Sutiya et al., 2012). Kemudian TKKS yang telah kering dihaluskan dengan penggiling hingga menjadi tepung 40 mesh. Setelah TKKS cukup halus,

dilakukan pengayakan dengan ukuran 40 mesh sehingga TKKS berbentuk serbuk yang seragam (Darsono & Sumarti, 2014).

Pembuatan larutan Standar NaOH dilakukan untuk memastikan ketepatan konsentrasi dari NaOH yang akan digunakan sebagai larutan standar dan untuk memastikan apakah konsentrasi larutan NaOH yang kita buat sudah sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan agar larutan NaOH homogen (Yuanita et al., 2013). Perhitungan dalam pembuatan larutan standar NaOH 1 M didapat dari Ika (2019).

$$\text{Perhitungan : } N = \frac{(massa \times n)}{(Mr \times vol)} \quad (1)$$

Perlakuan dengan menggunakan basa dilakukan dengan menggunakan metode menurut Yoricya et al. (2020). Sampel serbuk TKKS ukuran 40 mesh ditimbang sebanyak 5 g dimasukkan dalam erlenmayer ukuran 250 ml, kemudian ditambahkan larutan NaOH sebanyak 3 %, 4 %, dan 5 % 1 M. Tambahkan akuades pada erlenmeyer 250 ml sampai penuh 250 ml. Setelah itu, TKKS dihomogenisasi menggunakan *spinner* selama 3 menit dan dipanaskan dalam *autoclave* pada suhu 100 °C, 110 °C dan 120 °C dengan waktu pemanasan 1 jam, kemudian sampel disaring, didapatkan serat hasil delignifikasi.

Kadar lignoselulosa dapat dihitung menggunakan analisa metode Chesson (Ika et al., 2017). Metode Chesson adalah analisis gravimetri yang setiapkomponen setelah dihidrolisis atau dilarutkan. Satu gram sampel kering (a) direfluks selama 2 jam dengan 150 ml akuades pada suhu 100 °C. Residu kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 105 °C selama 4 jam (b). Residu sampel yang telah dikeringkan direfluks selama 2 jam dengan 150 ml 0,5 M H₂SO₄ pada suhu 100 °C. Residu kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 105 °C selama 4 jam (c). Residu sampel yang telah dikeringkan ditambahkan 10 ml 72 % H₂SO₄ dan direndam selama 4 jam, kemudian diencerkan menjadi 0,5 M H₂SO₄ dan direfluks pada suhu 100 °C selama 2 jam. Residu kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 105 °C selama 4 jam (d). Residu sampel yang telah dikeringkan kemudian diabukan dengan tanur pada suhu 600 °C selama 3 jam. Abu yang didapat kemudian ditimbang (e). Perhitungan dilakukan menggunakan rumus dari Ika at al. (2017):

$$\text{a. Hemiselulosa (\%)} = \frac{b-c}{a} \times 100 \% \quad (2)$$

$$\text{b. Selulosa (\%)} = \frac{c-d}{a} \times 100 \% \quad (3)$$

$$\text{c. Lignin (\%)} = \frac{d-e}{a} \times 100 \% \quad (4)$$

Keterangan:

a = Berat kering awal sampel tandan kosong kelapa sawit

b = Berat kering residu sampel direfluk dengan air panas

c = Berat residu sampel setelah direfluk dengan 0,5 M H₂SO₄

d = Berat residu sampel setelah diperlakukan dengan 72 % H₂SO₄

e = Abu dari residu sampel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis variabel pengamatan pengaruh konsentrasi NaOH dan suhu delignifikasi terhadap kandungan lignoselulosa tandan kosong kelapa sawit yaitu hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Hasil pengamatan pengaruh konsentrasi NaOH 1 M dan suhu delignifikasi terhadap kandungan lignoselulosa tandan kosong kelapa sawit disajikan pada Tabel 1.

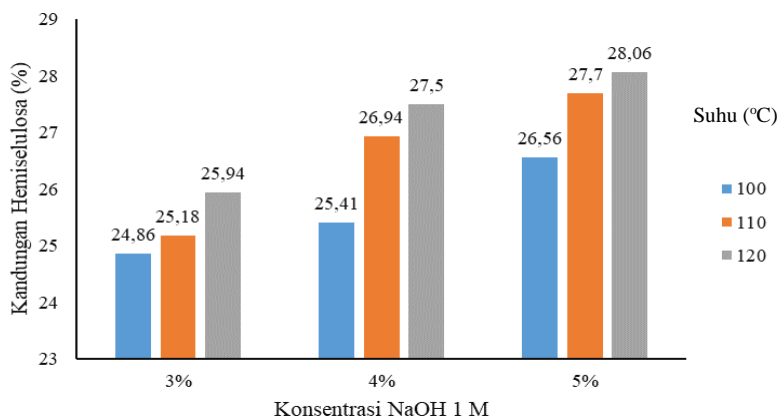
Tabel 1. Hasil analisis variabel pengamatan

Perlakuan		Variabel pengamatan		
Konsentrasi NaOH (1 M)	Suhu pemanasan (°C)	Hemiselulosa (%)	Selulosa (%)	Lignin (%)
3%	100	24,86	46,61	23,00
	110	25,18	48,05	20,04
	120	25,94	51,31	18,15
4%	100	25,41	47,24	22,25
	110	26,94	48,64	19,71
	120	27,50	52,05	17,05
5%	100	26,56	48,60	21,09
	110	27,70	49,78	17,45
	120	28,06	53,26	15,05

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi NaOH 1 M dan suhu pemanasan memberikan reaksi terhadap kandungan hemiselulosa, selulosa, dan sisa lignin.

Hemiselulosa

Hemiselulosa adalah heteropolisakarida yang banyak terdapat di dalam dinding sel tanaman. Kandungan utama hemiselulosa adalah xilan, dengan komponen lainnya yaitu grup acetyl, feruloyl, coumaroyl, dan kelompok lain (Sari et al., 2019). Kandungan hemiselulosa pada perlakuan konsentrasi NaOH dan suhu pemanasan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kandungan hemiselulosa pada perlakuan konsentrasi NaOH 1 M dan suhu pemanasan

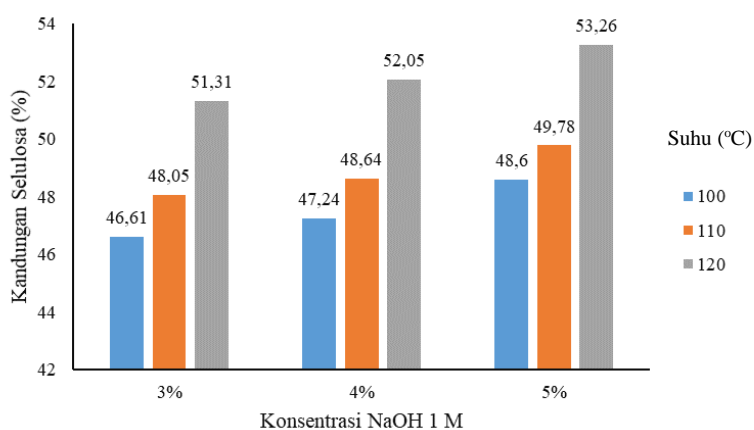
Hasil pengujian kandungan hemiselulosa pada Gambar 1, menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi NaOH dengan suhu pemanasan memberikan reaksi terhadap kandungan hemiselulosa. Hemiselulosa merupakan senyawa matriks yang terdapat di antara mikrofibril-mikrofibril selulosa. Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap hemiselulosa diduga karena penggunaan bahan kimia NaOH mampu melarutkan kandungan hemiselulosa pada TKKS. Konsentrasi NaOH yang tepat mampu merusak struktur selulosa yang mengakibatkan serat-serat selulosa terbuka sehingga kandungan hemiselulosa akan mudah larut (Lee et al., 2009).

Pada Gambar 1 menunjukkan hasil kandungan hemiselulosa yang meningkat yang berbanding lurus dengan meningkatnya masing-masing perlakuan. Jika konsentrasi naik maka kandungan hemiselulosa mengalami peningkatan, begitu juga dengan perlakuan suhu pemanasan apabila suhu meningkat kandungan hemiselulosa pun meningkat. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmatullah et al. (2020) yang menyatakan hasil penelitian larutan NaOH 8 %; 10 %; 12 % dengan suhu pemanasan 75 °C dan waktu pemanasan selama 3 jam, berturut-turut menghasilkan kadar hemiselulosa 18 %, 40 %, dan 50 %. Dari hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh jumlah konsentrasi NaOH berbanding lurus terhadap jumlah kandungan hemiselulosa yang dihasilkan.

Kandungan hemiselulosa tertinggi setelah perlakuan konsentrasi NaOH 1 M dan suhu pemanasan terdapat pada perlakuan konsentrasi NaOH 5 % 1 M dengan suhu pemanasan 120 °C yaitu 28,06 % dan terendah pada perlakuan konsentrasi NaOH 3 % dengan suhu pemanasan 100 °C yaitu 24,71 %.

Selulosa

Selulosa adalah suatu polimer glukosa berantai sangat panjang yang penting sebagai pendukung struktur tanaman. Bersamaan dengan lignin, hemiselulosa, dan pektin, selulosa adalah suatu komponen dinding sel tanaman. Di dalam tanaman, selulosa merupakan cadangan karbon primer hasil fotosintesis (Siagian, 2019). Kandungan selulosa pada perlakuan konsentrasi NaOH dan suhu pemanasan dapat dilihat pada Gambar 2.



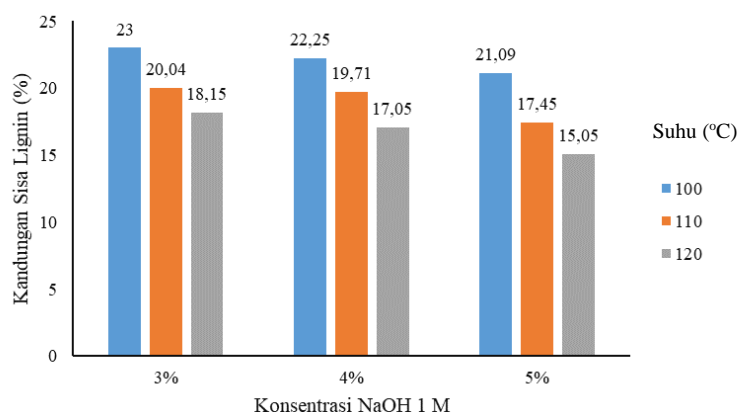
Gambar 2. Kandungan selulosa pada perlakuan konsentrasi NaOH 1 M dan suhu pemanasan

Hasil pengujian kandungan selulosa pada Gambar 2, menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi NaOH dengan suhu pemanasan memberikan reaksi terhadap kandungan selulosa. Hal ini diduga karena konsentrasi NaOH yang tinggi dan suhu pemanasan tinggi dapat

mempercepat reaksi kimia pada proses delignifikasi lignin yang mengikat selulosa pada TKKS. Konsentrasi NaOH tinggi dan suhu tinggi dapat mempercepat terjadinya pergerakan molekul NaOH dan molekul lignin yang mengikat selulosa. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Muryanto et al. (2016) yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOH dan semakin tinggi suhu pemanasan maka proses delignifikasi akan semakin tinggi, kondisi optimal konsentrasi NaOH 10% dengan suhu 150 °C. Pada kondisi konsentrasi NaOH 10% dan suhu 150 °C, delignifikasi TKKS mencapai 76,74%. Menurut Muryanto et al. (2016) penggunaan bahan kimia NaOH bertujuan memisahkan lignin yang melapisi selulosa pada TKKS karena NaOH mampu mengikat lignin atau lilin yang menutupi selulosa. Mekanisme yang terjadi adalah saponifikasi ikatan-ikatan ester antar molekul yang mengikat silang xilan dan komponen-komponen lainnya. Kandungan selulosa tertinggi setelah perlakuan konsentrasi NaOH 1 M dan suhu pemanasan terdapat pada perlakuan konsentrasi NaOH 5% 1 M dengan suhu pemanasan 120 °C yaitu 53,26% dan terendah pada perlakuan konsentrasi NaOH 3% dengan suhu pemanasan 100 °C yaitu 46,61%.

Sisa Lignin

Lignin merupakan zat organik yang memiliki polimer banyak dan merupakan hal yang penting dalam dunia tumbuhan. Lignin adalah polimer berkadar aromatik-fenolik yang tinggi, berwarna kecoklatan, dan relatif lebih mudah teroksidasi. Lignin tersusun atas jaringan polimer fenolik yang berfungsi merekatkan serat selulosa dan hemiselulosa, sehingga menjadi sangat kuat (Sari et al., 2019). Kandungan sisa lignin pada perlakuan konsentrasi NaOH dan suhu pemanasan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kandungan sisa lignin pada perlakuan konsentrasi NaOH 1 M dan suhu pemanasan

Hasil pengujian kandungan sisa lignin pada Gambar 3 menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi NaOH dengan suhu pemanasan memberikan reaksi terhadap kandungan lignin. Hal ini diduga karena kandungan NaOH pada proses delignifikasi terhadap lignin mampu mengikat kandungan selulosa pada TKKS. Selain itu perlakuan suhu pemanasan dapat membantu kinerja NaOH dalam memutus ikatan lignin yang melindungi selulosa pada TKKS. Proses pemanasan dengan suhu tinggi dapat membantu menguraikan dan melepaskan lignin yang mempersatukan ikatan antar molekul lignin dengan selulosa. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sutikno et al. (2015), yang menyatakan bahwa penurunan kadar lignin disebabkan oleh

rusaknya senyawa lignin, sehingga larut dalam pelarut. Pelarutan lignin disebabkan oleh transfer ion hidrogen dari gugus hidroksil pada lignin ke ion hidroksil. NaOH mendegradasi lignin dengan memutus ikatan silang ester pada lignin dan meningkatkan porositas biomassa limbah.

Kandungan sisa lignin terkecil setelah perlakuan konsentrasi NaOH 1 M dan suhu pemanasan terdapat pada perlakuan konsentrasi NaOH 5% 1 M dengan suhu pemanasan 120 °C yaitu 15,05% dan sisa lignin terbesar pada perlakuan konsentrasi NaOH 3% dengan suhu pemanasan 100 °C yaitu 23,00%.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh konsentrasi NaOH 1 M dengan suhu pemanasan pada pengamatan hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Perlakuan konsentrasi NaOH 1 M dan suhu pemanasan terbaik pada hemiselulosa terdapat pada perlakuan konsentrasi NaOH 5 % dengan suhu pemanasan 120 °C. Perlakuan konsentrasi NaOH 1 M dan suhu pemanasan terbaik pada selulosa terdapat pada perlakuan konsentrasi NaOH 5% dengan suhu pemanasan 120 °C. Perlakuan konsentrasi NaOH 1 M dan suhu pemanasan terbaik pada lignin terdapat pada perlakuan konsentrasi NaOH 5% dengan suhu pemanasan 120 °C.

DAFTAR PUSTAKA

- Darsono, & Sumarti, M. (2014). Pembuatan bioetanol dari lignoselulosa tandan kosong kelapa sawit menggunakan perlakuan awal iradiasi berkas elektrondan NaOH. *Kimia Kemasan*, 36, 245–252.
- Herawati, D. A., & Wibawa, A. A. (2019). Pengaruh penambahan molase pada produksi bioethanol dari limbah padat industri pati aren. *Jurnal Biomedika*, 2(2), 198–199.
- Hartari, W. R., Undadraja, B., Delvitasari, F., Maryanti, Ersan, & Saron. (2023a). Pemanfaatan limbah delignifikasi bioethanol dari tandan kosong kelapa sawit menjadi surfaktan natrium lignosulfonat. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(3), 1180–1186. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i3.2786>
- Hartari, W. R., Delvitasari, F., Maryanti, M., Undadraja, B., Hasbullah, F., & Deksono, G. A. (2023b). Pengujian lignoselulosa tandan kosong kelapa sawit dengan waktu delignifikasi H₂SO₄ menggunakan uap bertekanan. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 11(3), 151-158. <https://doi.org/10.25181/jaip.v11i3.3007>
- Ika, D. (2019). Alat otomatisasi pengukur kadar vitamin C dengan metode titrasi asam basa. *Jurnal Neutrino*, 1(2), 163–178.
- Ika, K., Habibah, U., Yustiana, D., & Fajriah, I. (2017). Proses delignifikasi menggunakan NaOH dan amonia (NH₃) pada tempurung kelapa. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(4), 197–201.
- Lee, S. H., Doherty, T. V., Linhardt, R. J., & Dordick, J. S. (2009). Ionic liquid mediated selective extraction of lignin from wood leading to enhanced enzymatic cellulose hydrolysis. *Biotechnol. and Bioeng.*, 102(5), 1368-1376.
- Mariana, F. L., Zulfansyah, & Iwan, M. (2010). Delignifikasi tandan kosong sawit dalam media asam formiat. *Seminar Nasional Sains & Teknologi III* (pp.217–225).
- Muryanto, Sudiyani, Y., & Abimanyu, H. (2016). Optimasi proses perlakuan awal NaOH tandan kosong kelapa sawit untuk menjadi bioetanol. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, 18(1), 27-35.

- Rahmatullah, R., Selpiana, S., Sari, E. O., Putri, R. W., Waluyo, U., & Andrianto, T. (2020). Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap kadar selulosa pada proses delignifikasi dari serat kapuk sebagai bahan baku biodegradable plastic berbasis selulosa asetat. *Applicable Innovation of Engineering and Science Research (AVoER)*, 12(8), 305–308.
- Sari, P. D., Puri, W. A., & Hanum, D. (2019). *Delignifikasi Bahan Lignoselulosa: Pemanfaatan Limbah Pertanian*. CV Penerbit Qiara Media.
- Siagian, H. S. (2019). *Modifikasi Alang-alang Sebagai Filler Adsorben Logam Berat*. Deepublish.
- Susilawati, & Supijatno. (2015). Pengelolaan limbah kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di perkebunan kelapa sawit, riau waste. *Bul. Agrohorti*, 3(2), 32-37.
- Sutikno, Marniza, M., & Yanti, M. F. (2015). Pengaruh perlakuan awal basa dan asam terhadap kadar gula reduksi tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Teknologi Industri & Hasil Pertanian*, 20(1), 1–10.
- Sutiya, B., Istikowati, W. T., & Rahmadi, A. (2012). Kandungan kimia dan sifat serat alang-alang (*Imperata cylindrica*) sebagai gambaran bahan baku pulp dan kertas. *Bioscientiae*, 9(2), 8–19.
- Yoricya, G., Aisyah, S., Dalimunthe, P., Manurung, R., & Bangun, N. (2020). Hidrolisis hasil delignifikasi tandan kosong kelapa sawit dalam sistem cairan ionik *choline chloride*. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5(1), 27–33.
- Yuanita, E., Gunawan, E. R., Kurniawati, L., & Kamali, S. R. (2013). Studi kinetika reaksi esterifikasi enzimatis asam miristat dengan oleil alkohol. *Molekul*, 8(1), 9-19.