

PENGARUH SUHU TERHADAP EKSTRAKSI LIGNIN DARI BATANG POHON KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN METODE ORGANOSOLV

Hersandy Dayu Kusuma^{1*}, Irwan Kurnia¹, Haryono¹, Andri Saputra²

¹Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran, Indonesia

²Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik, Politeknik ATK Yogyakarta, Indonesia

*Email : h.d.kusuma@unpad.ac.id

Received: 03 December 2023, Revision: 1 January 2024, Accepted: 29 Januari 2024

Abstrak

Lignin merupakan salah satu penyusun biomassa selain selulosa dan hemiselulosa yang bisa didapatkan dari pohon kelapa sawit. Indonesia merupakan sumber penghasil minyak dan perkebunan kelapa sawit terbesar. Hal tersebut menjadikan pohon kelapa sawit yang sudah tidak produktif dapat dimanfaatkan sebagai sumber lignin. Pemanfaatan lignin memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan untuk sumber karbon material maupun sebagai tambahan sumber C-organik untuk pupuk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu ekstraksi menggunakan metanol untuk proses ekstraksi lignin. Proses ekstraksi dilakukan pada variasi suhu 130, 140 dan 150 °C. Lignin yang diperoleh dikarakterisasi dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dan dianalisis kandungannya menggunakan metode Kalson. Karakterisasi FTIR menunjukkan adanya gugus fungsional lignin pada bilangan gelombang 1710 dan 1605 cm⁻¹. Hasil ekstraksi menunjukkan semakin meningkatnya suhu ekstraksi maka kandungan lignin semakin meningkat. Kandungan lignin yang tertinggi didapatkan pada suhu 150 °C sebesar 46,093%.

Kata kunci: Pohon kelapa sawit, lignin, ekstraksi, metanol

Abstract

Lignin is one of the constituents of biomass besides cellulose and hemicellulose that can be obtained from oil palm trees. Indonesia is the largest source of oil and palm plantations. This makes unproductive oil palm trees can be utilized as a source of lignin. The utilization of lignin has great potential to be used as a source of carbon material and as an additional source of C-organic fertilizer. This study aims to determine the effect of extraction temperature using methanol for the lignin extraction process. The extraction process was carried out at temperature variations of 130, 140, and 150 °C. The lignin obtained was characterized by *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) and analyzed for its content using the Klason method. FTIR characterization showed the presence of lignin functional groups at wave numbers 1710 and 1605 cm⁻¹. The extraction results show that as the extraction temperature increases, the lignin content. Increases in extraction temperature affected the lignin content increases. The highest lignin content highest lignin content was obtained at 150 °C at 46,093%.

Keywords: Oil palm tree, lignin, extraction, methanol.

PENDAHULUAN

Lignin merupakan komponen penting dalam biomassa lignoselulosa, termasuk dalam batang pohon kelapa sawit, yang berpotensi untuk dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi industri. Lignin merupakan hasil samping dari proses delignifikasi yang banyak ditemukan pada industri *pulp and*

paper. Struktur lignin yang kompleks dan heterogen, khususnya motif pengaitan β-aryl eter (β-O-4), menjadi tantangan dalam metode depolimerisasi yang selektif (Verma et al., 2021). Metode ekstraksi yang kasar seringkali menyebabkan kerusakan struktur β-O-4, sehingga menghasilkan struktur yang lebih padat dan sulit diolah. Namun, teknik

fraksinasi ringan, seperti ekstraksi dengan pelarut organik pada suhu yang lebih rendah ($<150^{\circ}\text{C}$), menunjukkan potensi untuk mempertahankan kandungan $\beta\text{-O-4}$ yang tinggi. Campuran alkohol/air membantu mempertahankan kandungan $\beta\text{-O-4}$ yang tinggi dengan menggabungkan alkohol ke dalam struktur lignin ($\beta'\text{-O-4}$) (Lobato-Peralta et al., 2021). Metode ekstraksi lignin dengan pelarut organik menawarkan efisiensi lebih tinggi dibandingkan metode lain.

Ekstraksi lignin yang efektif dan efisien dari biomassa ini menjadi kunci untuk memaksimalkan pemanfaatan sumber daya yang berkelanjutan. Metode *organosolv* yang menggunakan pelarut organik seperti metanol, telah terbukti efektif dalam mengisolasi lignin dari berbagai sumber lignoselulosa (Florian et al., 2019). Metode *organosolv* telah digunakan untuk mengekstrak lignin dari Jerami menggunakan pelarut organik berbasis asam (Labauze et al., 2022). Isolasi lignin dari tandan kosong kelapa sawit telah banyak dilakukan salah satunya dengan menggunakan pelarut basa pada tekanan dan suhu tinggi (Prakoso et al., 2016). Ekstraksi *organosolv*

menjadi alternatif yang dapat digunakan untuk isolasi lignin, terutama pada kondisi yang ringan, telah menunjukkan potensi dalam mempertahankan kandungan $\beta\text{-O-4}$ sambil menghasilkan efisiensi ekstraksi yang lebih tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu ekstraksi lignin dari batang pohon kelapa sawit menggunakan metanol. Ekstraksi dan depolimerisasi yang efisien dalam pendekatan biorefineri lignin ini diharapkan dapat menjadi acuan pengembangan dalam proses ekstraksi lignin dari batang pohon kelapa sawit.

METODE

Ekstraksi Lignin

Sebanyak 10 gram bubuk batang pohon kelapa sawit ditambahkan ke dalam campuran 100 mL metanol konsentrasi 70% dan katalis asam sulfat 1% v/v dan dimasukkan ke dalam autoclave. Autoclave dipanaskan hingga mencapai suhu variasi (130, 140 dan 150°C) selama 2 jam dan tekanan 8 atm. Hasil ekstraksi berupa black liquor yang dipresipitasi dengan menambahkan aquades hingga pH menjadi 2. Endapan kemudian dinetralkan dengan aquades hingga pH berkisar 6-7

kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C.

Analisis lignin

Hasil ekstraksi yang telah dipresipitasi dan dikeringkan dikarakterisasi dengan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) Thermo Scientific Nicolet iS10 pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} serta dilakukan pengujian kandungan lignin menggunakan metode klason (SNI 0492:2008).

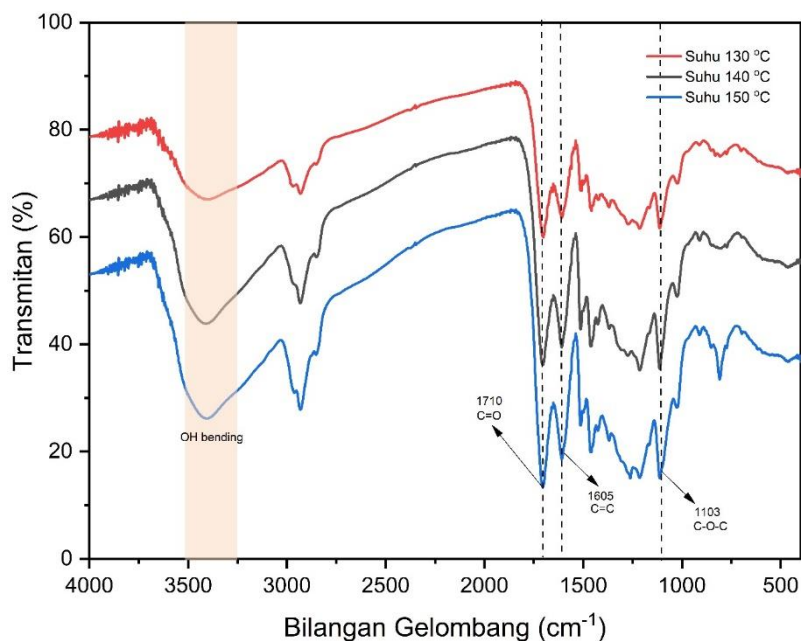
HASIL DAN PEMBAHASAN

Lignin hasil ekstraksi menggunakan pelarut organik berupa metanol dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk mengetahui secara kualitatif hasil presipitasi *black liquor*. Analisis kualitatif berdasarkan hasil pengujian FTIR pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} menunjukkan adanya puncak-puncak yang mengindikasikan gugus fungsional pada struktur komponen penyusun lignin. Spektrum FTIR pada Gambar 1. menunjukkan adanya gugus fungsional pada kisaran 3200-3500 cm^{-1} menunjukkan puncak yang tajam serta lebar, menggambarkan vibrasi stretching dari gugus O-H (Hosseinaei et al., 2016).

Rentang gelombang 2700-2900 cm^{-1} mencerminkan keberadaan gugus alkil dan alifatik aromatis dalam lignin, sementara puncak pada 2800 cm^{-1} menunjukkan vibrasi C-H dari kelompok metil pada metoksil. Serapan pada 1705 cm^{-1} dan 1606 cm^{-1} mengindikasikan vibrasi stretching dari C=O tak terkonjugasi dan rangka C=C dari gugus aromatik benzene (Prasetyo et al., 2020; Verma et al., 2021). Komponen guaisil pada lignin terdeteksi pada 1513 cm^{-1} , vibrasi bending asimetris C-H, menunjukkan metil dan metilena, terlihat pada 1459 cm^{-1} (Sivasankarapillai et al., 2019). Posisi pusat pita C-O-C terlihat pada 1025 cm^{-1} , dan getaran C-O-C pada 1100 cm^{-1} dipengaruhi oleh ikatan hydrogen (Chen et al., 2019).

Analisis pada ketiga kurva menunjukkan sedikit perbedaan pada pita gelombangnya. Perbedaan paling signifikan terlihat pada bilangan gelombang 809 cm^{-1} , menandakan komponen syringil dalam lignin (Sivasankarapillai et al., 2019). Saat menggunakan metanol (MeOH) untuk mengekstraksi lignin, sampel tersebut tidak menunjukkan puncak pada bilangan

gelombang tersebut dikarenakan kerusakan komponen syringil (Tagami et al., 2019).



Gambar 1. Spektrum FTIR lignin variasi suhu ekstraksi

Tabel 1. Analisis kuantitatif kandungan lignin hasil presipitasi *black liquor*

Suhu (°C)	Kandungan (%)		
	Lignin	Selulosa	Hemiselulosa
130	37,725	15,106	11,980
140	41,272	14,002	11,721
150	46,094	12,607	9,589

Gugus fungsional selulosa ditunjukkan pada puncak di rentang 1200-1400 cm^{-1} . Pengujian secara kuantitatif untuk mengetahui kemurnian lignin dari hasil presipitasi juga dilakukan menggunakan metode klason. Berdasarkan hasil analisis kuantitatif didapatkan tingkat persentase kandungan lignin dalam sampel hasil preseipitasi *blak liquor* pada Tabel 1.

Hasil ekstraksi lignin berdasarkan variasi suhu pada Tabel 1 menunjukkan Pada suhu 130°C, kandungan lignin tercatat sebesar 37.725%, yang meningkat secara signifikan menjadi 41.272% pada 140°C, dan mencapai puncaknya pada 46.094% pada suhu 150°C. Peningkatan suhu mempercepat pemecahan ikatan dalam biomassa, menyebabkan pelepasan lignin yang lebih

banyak (Adamczyk et al., 2023). Suhu yang lebih tinggi memfasilitasi pelarutan lignin karena perubahan dalam interaksi lignin dengan pelarut. Di sisi lain, kandungan selulosa dan hemiselulosa menunjukkan penurunan seiring dengan peningkatan suhu. Pada suhu 130°C, kandungan selulosa pada endapan black liquor sebesar 15.106% dan hemiselulosa 11.980%, yang menurun menjadi 12.607% dan 9.589% untuk suhu ekstraksi 150°C. Suhu yang lebih tinggi dapat mengurangi kandungan selulosa dan hemiselulosa karena degradasi termal dan pelepasan lebih banyak lignin. Hasil ini menunjukkan bahwa suhu ekstraksi memainkan peran kritis dalam proses ekstraksi lignin. Suhu yang lebih tinggi mengoptimalkan pemisahan lignin dari komponen lain dalam biomassa (Son et al., 2019).

Penurunan kandungan selulosa dan hemiselulosa menunjukkan bahwa suhu yang lebih tinggi tidak hanya efektif untuk ekstraksi lignin, tetapi juga menyebabkan degradasi atau pelarutan sebagian dari komponen karbohidrat (Lobato-Peralta et al.,

2021). Suhu ekstraksi yang lebih tinggi dapat menyebabkan pemecahan selulosa dan hemiselulosa, yang menyebabkan penurunan kandungan mereka dalam residu biomassa. Proses ini penting dalam konteks aplikasi industri lignin, di mana kualitas dan kuantitas lignin yang diekstrak sangat berpengaruh terhadap aplikasi selanjutnya. Dengan demikian, Tabel 1 menggambarkan pentingnya pemilihan suhu yang tepat dalam proses ekstraksi lignin untuk memastikan efisiensi dan efektivitas proses. Penyesuaian suhu ini dapat menyediakan lignin dengan karakteristik yang sesuai untuk berbagai aplikasi industri, yang semakin menekankan pentingnya penelitian lanjutan di bidang ini.

KESIMPULAN

Pengaruh suhu pada proses ekstraksi lignin adalah bahwa suhu merupakan faktor kritis dalam meningkatkan efisiensi ekstraksi lignin dari batang pohon kelapa sawit menggunakan metode *organosolv*. Peningkatan kandungan lignin yang signifikan sejalan dengan kenaikan suhu ekstraksi, mencapai puncaknya pada 150°C. Suhu yang lebih tinggi juga berdampak pada

penurunan kandungan selulosa dan hemiselulosa, menunjukkan efek degradatif pada komponen karbohidrat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamczyk, J., Beisl, S., & Friedl, A. (2023). High Temperature Lignin Separation for Improved Yields in Ethanol *Organosolv* Pre-Treatment. *Sustainability (Switzerland)*, 15(4), 1–13. <https://doi.org/10.3390/su15043006>
- Chen, H., Xu, G., Xiao, C., Bi, Y., & Hu, J. (2019). Fast Pyrolysis of *Organosolv* Lignin: Effect of Adding Stabilization Reagents to the Extraction Process. *Energy and Fuels*, 33(9), 8676–8682. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.9b01486>
- Florian, T. D. M., Villani, N., Aguedo, M., Jacquet, N., Thomas, H. G., Gerin, P., Magali, D., & Richel, A. (2019). Chemical composition analysis and structural features of banana rachis lignin extracted by two *organosolv* methods. *Industrial Crops and Products*, 132(February), 269–274. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.02.022>
- Hosseinaei, O., Harper, D. P., Bozell, J. J., & Rials, T. G. (2016). Role of Physicochemical Structure of *Organosolv* Hardwood and Herbaceous Lignins on Carbon Fiber Performance. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 4(10), 5785–5798. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b01828>
- Labauze, H., Cachet, N., & Benjelloun-Mlayah, B. (2022). Acid-based *organosolv* lignin extraction from wheat straw: Kinetic and structural analysis. *Industrial Crops and Products*, 187(June). <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115328>
- Lobato-Peralta, D. R., Duque-Brito, E., Villafán-Vidales, H. I., Longoria, A., Sebastian, P. J., Cuentas-Gallegos, A. K., Arancibia-Bulnes, C. A., & Okoye, P. U. (2021). A review on trends in lignin extraction and valorization of lignocellulosic biomass for energy applications. *Journal of Cleaner Production*, 293. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126123>
- Prakoso, N. I., Purwono, S., & Rochmadi, R. (2016). Study on Lignin Isolation From Oil Palm Empty Fruit Bunches. *Jurnal Eksakta*, 16(1). <https://doi.org/10.20885/eksakta.vol16.is1.art6>
- Prasetyo, I., Permatasari, P. R., & Laksmana, W. T. (2020). Lignin Refinery Using *Organosolv* Process for. *Molecules*, 25(2020), 1–11.
- Sivasankarapillai, G., Eslami, E., & Laborie, M. P. (2019). Potential of *organosolv* lignin based materials in pressure sensitive adhesive applications. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 7(15), 12817–12824. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b01670>
- Son, D., Gu, S., Choi, J. W., Suh, D. J., Jae, J., Choi, J., & Ha, J. M. (2019). Production of phenolic hydrocarbons from *organosolv* lignin and lignocellulose feedstocks of hardwood, softwood, grass and agricultural waste. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 69, 304–314. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2018.09.009>
- Tagami, A., Gioia, C., Lauberts, M., Budnyak, T., Moriana, R., Lindström, M. E., & Sevastyanova, O. (2019). Solvent fractionation of softwood and hardwood kraft lignins for more efficient uses:

Compositional, structural, thermal, antioxidant and adsorption properties. *Industrial Crops and Products*, 129(November 2018), 123–134. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.11.067>

Verma, S., Hashmi, S. A. R., Mili, M., Hada, V., Prashant, N., Naik, A., Rathore, S. K. S., & Srivastava, A. K. (2021). Extraction and applications of lignin from bamboo: a critical review. *European Journal of Wood and Wood Products*, 79(6), 1341–1357. <https://doi.org/10.1007/s00107-021-01743-w>