

Pretreatment Delignifikasi Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan DES Sebagai Material Bioplastik

Andin Asmara Putri¹, Denny Dermawan^{1*}, dan Tarikh Azis Ramadani²

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Teknik Bangunan Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: denny.dermawan@ppns.ac.id

Abstrak

Penelitian ini dilaksanakan karena timbunan limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang mencapai 10,35 ton pertahun. Limbah TKKS biasanya hanya dibiarkan ditempat sampai membusuk atau dibakar. TKKS mengandung selulosa yang dapat berpotensi sebagai biopolimer material bioplastik karena sifatnya yang terbarukan dan mudah terurai. Selulosa pada TKKS dapat diisolasi dengan proses delignifikasi. Delignifikasi adalah proses untuk meningkatkan kandungan selulosa dengan mengurangi kandungan lignin pada biomassa. Delignifikasi dilaksanakan dengan larutan *Deep Eutectic Solvent* (kolin klorida – asam laktat). *Deep Eutectic Solvent* (DES) berperan sebagai pelarut hijau untuk mengisolasi selulosa dari biomassa. Setelah melewati proses delignifikasi, TKKS dianalisa dengan metode *chesson datta* untuk mengetahui kadar selulosa dan ligninnya. Proses delignifikasi dengan DES terhadap TKKS dapat meningkatkan kadar selulosa dari 33% hingga 47,5% dan menurunkan kadar lignin dari 19,2% hingga 15,37%.

Keywords: Bioplastik, *Deep Eutectic Solvent*, Delignifikasi, Tandan Kosong Kelapa Sawit, Selulosa

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara produsen kelapa sawit terbesar di dunia, dengan total produksi yang dapat mencapai 43 juta ton pertahun (Patone dkk., 2020). Pada proses pengolahan kelapa sawit, sekitar 23% atau 230 kg per ton terkonversi menjadi limbah tandan kosong kelapa sawit (Hartari dkk., 2023). Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) umumnya tidak dimanfaatkan secara optimal, melainkan hanya dibakar dan hal ini berpotensi menyebabkan pencemaran udara (Emilia dkk., 2024). TKKS mengandung 44,2% selulosa dan 20,4% lignin, kadar selulosa yang tinggi berpotensi sebagai biopolimer material bioplastik karena sifatnya yang terbarukan dan mudah terurai (Sharma dkk., 2021). Selulosa pada biomassa terikat dengan senyawa lignin yang disebut lignoselulosa. Selulosa yang terikat pada lignin dapat diisolasi dengan proses delignifikasi (Rahhutami dkk., 2020).

Delignifikasi adalah proses untuk meningkatkan selulosa dengan mengikis kadar lignin pada biomassa. Delignifikasi dapat dilaksanakan secara kimia, biologi, atau penggunaan larutan ramah lingkungan. Delignifikasi secara kimia umumnya menggunakan jenis larutan alkali seperti NaOH untuk melarutkan kandungan lignin dan mendapatkan selulosa (Setiawan dkk., 2021). Permana dkk., (2024) melakukan delignifikasi dengan larutan NaOH 3% selama 100 menit dan dihasilkan kadar selulosa 46,61% serta lignin 23%. Penggunaan larutan alkali pada delignifikasi memiliki kelemahan yakni menghasilkan limbah cair yang memerlukan penanganan secara tepat jika dibuang di lingkungan, hal ini dikarenakan NaOH merupakan bahan basa korosif. Selain itu delignifikasi secara biologi juga membutuhkan waktu yang lama dikarenakan tumbuhnya mikroorganisme juga dipengaruhi faktor lingkungan (Setiawan dkk., 2021).

Delignifikasi dengan pelarut ramah lingkungan merupakan proses yang efektif dalam mengisolasi selulosa yang terikat dengan lignin pada biomassa. *Deep Eutectic Solvent* (DES) ialah pelarut hijau (ramah lingkungan) yang terdiri dari *hydrogen bond acceptor* (HBA) dan *hydrogen bond donor* (HBD). Senyawa yang umum digunakan sebagai komponen utama adalah kolin klorida (ChCl). ChCl biasanya dikombinasikan dengan asam laktat, asam amino dan etilen glikol (Wibowo dan Wahyudi, 2018). Pada penelitian ini dilakukan delignifikasi Limbah TKKS menggunakan larutan DES (kolin klorida – asam laktat) dengan rasio molar 1:2 (Zhang dkk., 2016). Setelah melewati proses delignifikasi kadar selulosa dan lignin pada biomassa dianalisa menggunakan *chesson datta*.

2. METODE

2.1 Preparasi Alat Dan Bahan

Bahan yang digunakan yakni Limbah TKKS, Kolin Klorida 99%, Asam Laktat 90%, Aquadest, dan Asam Sulfat. Alat yang digunakan yakni Neraca Analitik, *Glassware*, *Hot Plate Magnetic Stirrer*, Termometer,

Blender, *Heating Meantles*, Ayakan 60 mesh, Statif dan Klem.

2.2 Preparasi Bahan TKKS

TKKS dicuci hingga bersih, dicacah, lalu dikeringkan dengan sinar matahari. TKKS lalu diperkecil ukurannya menggunakan blender dan diayak pada saringan 60 mesh. Serat TKKS disimpan pada wadah tertutup dan sampel dianalisa dengan metode *chesson datta*.

2.3 Preparasi DES

Larutan DES dibuat dengan mencampurkan kolin klorida (HBA) dan asam laktat (HBD) dengan perbandingan rasio molar 1:2. DES dipanaskan pada suhu 90°C selama 1 jam disertai pengadukan dengan kecepatan 100 rpm hingga campuran homogen.

2.4 Proses Delignifikasi TKKS dengan Larutan DES

Serat TKKS dicampurkan dengan larutan DES pada perbandingan rasio sampel dan pelarut 1:10 (b/v) ke dalam labu leher 3, kemudian dipanaskan pada suhu 150°C selama 90 menit. Campuran didiamkan hingga suhu ruang lalu disaring untuk mendapatkan padatannya dan dibilas dengan aquadest hingga netral. Padatan dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C selama 24 jam lalu didiamkan hingga suhu ruang dan padatan dianalisa dengan metode *chesson datta*.

2.5 Metode Chesson Datta

Sampel kering sebanyak 1 g (a) dicampur dengan aquadest 150 mL dan direfluks pada suhu 100°C selama 1 jam, kemudian campuran disaring dan dicuci hingga netral. Padatan dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C hingga massa konstan. Padatan kering dicampur dengan larutan H₂SO₄ 1 N 150 mL dan direfluks pada suhu 100 °C selama 1 jam, kemudian campuran disaring dan dicuci hingga netral. Padatan dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C hingga massa konstan (c). Padatan kering direndam pada larutan H₂SO₄ 72% selama 4 jam dengan suhu ruang. Tambahkan larutan H₂SO₄ 1 N 150 mL dan direfluks pada suhu 100 °C selama 1 jam, kemudian campuran disaring dan dicuci hingga netral. Padatan dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C hingga massa konstan (d). Padatan diabukan dengan furnace pada suhu 575°C selama 1 jam, lalu massanya ditimbang (e). Persentase selulosa dan lignin dapat dihitung melalui persamaan berikut :

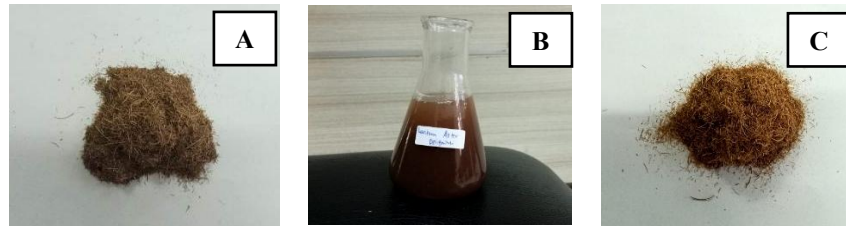
$$\% \text{ selulosa} = \frac{(c-d)}{a} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$\% \text{ lignin} = \frac{(d-e)}{a} 100\% \dots\dots\dots (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Selulosa adalah salah satu kandungan utama yang berada pada biomassa dan dapat dimanfaatkan sebagai biopolimer material bioplastik. Selulosa yang terikat dengan lignin atau disebut dengan lignoselulosa dapat diisolasi dengan proses delignifikasi (Rahhutami dkk., 2020). Pada penelitian ini larutan yang digunakan untuk delignifikasi adalah DES. Larutan DES dibuat dengan mengkombinasikan kolin klorida sebagai penerima ikatan hidrogen dan asam laktat sebagai donor ikatan hidrogen. Pengkombinasian yang dilakukan dalam pembuatan DES mereaksikan Perbedaan keelektronegatifan antara ion H⁺ dari asam laktat (HBD) dan ion Cl⁻ dari kolin klorida (HBA) membuat keduanya saling berinteraksi secara molekuler. Interaksi ini membentuk ikatan hidrogen, yang membuat gugus nitrogen (N) dalam CHCl berubah menjadi bermuatan positif (kation) (N⁺). Ion N⁺ berperan dalam menarik anion dari senyawa yang ingin diekstraksi (Rahmi dkk., 2024).

Pada saat proses delignifikasi berlangsung dengan larutan DES, lignin yang berada pada bagian luar biomassa dan terikat dengan selulosa mulai terurai akibat pengaruh ion H⁺. Pemutusan ikatan lignin menyebabkan sebagian lignin larut dalam larutan DES, sedangkan sisanya tetap tertinggal dalam residu padatan. Terlarutnya lignin yang menyebabkan filtrat hasil proses delignifikasi tampak berwarna gelap (Rahmi dkk., 2024). Berikut merupakan gambar dari serat TKKS sebelum proses delignifikasi, filtrat larutan DES setelah proses delignifikasi, dan serat TKKS setelah delignifikasi.



Gambar 1. Serat TKKS sebelum delignifikasi (A), Filtrat Hasil Delignifikasi (B), Serat TKKS setelah delignifikasi (C)

Pernyataan diatas diperkuat dengan oleh hasil analisis kandungan selulosa dan lignin yang diperoleh melalui metode *chesson datta*. Hasil *chesson datta* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil analisis metode *chesson datta*

No	Sampel Tandan Kosong Kelapa Sawit	Kadar Selulosa (%)	Kadar Lignin (%)
1	Sebelum Delignifikasi	33	19,20
2	Setelah Delignifikasi	47,50	15,30

Berdasarkan Tabel 1, dapat diketahui bahwa TKKS sebelum melewati proses delignifikasi mengandung 33% selulosa dan 19,20% lignin. TKKS setelah melewati proses delignifikasi dengan larutan DES meningkatkan kandungan selulosa menjadi 47,50% dan menurunkan kandungan lignin menjadi 15,30%. Meningkatnya kadar selulosa pada TKKS diakibatkan oleh terurainya ikatan lignin pada struktur biomassa, sehingga kadar selulosa pada bahan baku juga meningkat (Andari dkk., 2022). Hasil dari analisis metode *chesson datta* yang diperoleh mengindikasikan bahwa DES mempunyai efektivitas dalam menguraikan ikatan lignin dari bahan lignoselulosa TKKS (Owhe dkk., 2021).

Pada penelitian ini juga disajikan tabel komparasi dengan penelitian terdahulu untuk mengetahui pengaruh suhu, perbandingan rasio molar, dan waktu proses pemanasan terhadap kadar selulosa dan lignin pada biomassa. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Komparasi dengan penelitian terdahulu

No	Rasio Molar (HBA:HBD)	Waktu (Jam)	Suhu (°C)	Kadar Selulosa (%)	Kadar Lignin (%)	Sumber
1	(1:2)	1,5	150	47,5	15,30	Penelitian ini
2	(1:1)	3	70	45,19	14,88	(Rahmi dkk., 2021)
3	(1:5)	8	120	71,4	4,7	(Tan dkk., 2018)
4	(1:5)	3	110	56,51	10,20	(Rahmi dkk., 2021)
5	(1:10)	4	130	74,90	7	(Yang dkk., 2023)

Berdasarkan tabel 2 menunjukan bahwa rasio molar, waktu pemanasan, dan suhu berpengaruh terhadap kadar selulosa dan lignin yang dihasilkan. Semakin tinggi rasio molar HBD yang digunakan pada delignifikasi, semakin tinggi kadar selulosa yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan peningkatan rasio molar HBD dapat meningkatkan kerapatan larutan DES, sehingga efektivitas penguraian lignin juga meningkat (Bai dkk., 2024). Selain itu suhu dan waktu pemanasan pada saat delignifikasi juga berpengaruh terhadap kadar selulosa dan lignin yang dihasilkan. Pada suhu yang tinggi larutan DES akan mengalami penurunan kekentalan dan akan menguraikan bagian luar biomassa, sehingga didapatkan hasil kadar lignin yang rendah (Olivira dkk., 2023). Waktu pemanasan juga berpengaruh pada proses delignifikasi, peningkatan waktu delignifikasi dapat meningkatkan efektivitas pelarutan lignin pada biomassa. Akan tetapi jika waktu pemanasan melebihi waktu optimum, maka senyawa selulosa akan terdegradasi dan berdampak pada penurunan kadar selulosa (Sitinjak dkk., 2022).

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dilakukan proses *pretreatment* delignifikasi tandan kosong kelapa sawit (TKKS) menggunakan larutan DES berbasis kolin klorida dan asam laktat dengan rasio molar 1:2 untuk mengisolasi selulosa dari biomassa, sehingga dapat dimanfaatkan menjadi material bioplastik. Proses delignifikasi yang dilakukan dapat menghasilkan peningkatan kadar selulosa TKKS dari 33% hingga 47,50% dan penurunan kadar lignin dari 19,2% hingga 15,37%.

5.

6. DAFTAR NOTASI

a = massa sampel awal [gram]

c = massa sampel setelah direfluks H_2SO_4 1 N [gram]

d = massa sampel setelah direndam dan direfluks [gram]

e = massa sampel setelah difurnace [gram]

DAFTAR PUSTAKA

- Andari, I. G. A. A. U., Arnata, I. W., & Anggreni, A. A. M. D. (2022). Pengaruh Konsentrasi Hidrogen Peroksida dan Waktu Proses Bleaching terhadap Karakteristik Selulosa Serat Sabut Kelapa (*Cocos nucifera* L.). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 237-247.
- Bai, R., Wang, W., Chen, M., & Wu, Y. (2024). Study of ternary deep eutectic solvents to enhance the bending properties of ash wood. *RSC advances*, 14(12), 8090-8099.
- Emilia, I., Ardila, L., & Anggraini, P. (2024). Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Pupuk Kompos Di Desa Suka Damai Kecamatan Tunggal Jaya Musi Banyuasin. *Environmental Science Journal (esjo): Jurnal Ilmu Lingkungan*, 34-39.
- Hartari, W. R., Delvitasari, F., & Undadaja, B. (2022). Delignification of oil palm empty bunch with compressive heat and Naoh concentration in separate Lignosellulose. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1012, No. 1, p. 012056). IOP Publishing.
- Olivira, A. R., & Munarko, H. (2023). Basic Principle of Plants Bioactive Compounds Extraction Using Various Extraction Methods. *Nusantara Science and Technology Proceedings*, 97-108.
- Owhe, E. O., Kumar, N., & Lynam, J. G. (2021). Lignin extraction from waste biomass with deep eutectic solvents: molecular weight and heating value. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 32, 101949.
- Patone, C. D., Kumaat, R. J., & Mandej, D. (2020). Analisis daya saing ekspor sawit indonesia ke negara tujuan ekspor Tiongkok dan India. *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi*, 20(03).
- Permana, H. A., Delvitasari, F., Hartari, W. R., & Maryanti, M. (2024). Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Suhu Delignifikasi pada Kandungan Lignoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 51-58.
- Rahhutami, R., Handini, A. S., & Lestari, I. (2020). Pengaruh Delignifikasi Termal terhadap Substansi Dinding Sel pada Limbah Bunga Jantan Kelapa Sawit Pasca Anthesis (The Influence of Thermal Delignification of Cell Substantials for The Waste of Oil Palm Mail Flowers Post Anthesis). *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 61-68.
- Rahmi, H. Y., Kusumastuti, Y., & Hidayat, M. (2024, December). Isolasi Selulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Deep Eutectic Solvent (DES) Berbasis Kolin Klorida dan Asam Laktat. In *Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (SEHATI ABDIMAS)* (Vol. 7, No. 1, pp. 57-64).
- Setiawan, A., Anggraini, F. D. M., Ramadani, T. A., Cahyono, L., & Rizal, M. C. (2021). Pemanfaatan Jerami Padi Sebagai Bioplastik Dengan Menggunakan Metode Perlakuan Pelarut Organik. *Metana*, 17(2), 69-80.
- Sitintjak, J., Nasution, H., & Lubis, M. (2022). The Effect of Delignification Time on % Yield of Alpha-cellulose from Bamboo Fiber (*Bambuseae*) Properties. In *Proceedings of the 1st International MIPAnet Conference on Science and Mathematics (IMC-SciMath 2019)*.
- Sharma, S., Sathasivam, T., Rawat, P., & Pushpamalar, J. (2021). Lycopene-loaded nanostructured lipid carrier from carboxymethyl oil palm empty fruit bunch cellulose for topical administration. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, 100049.
- Tan, Y. T., Ngoh, G. C., & Chua, A. S. M. (2018). Evaluation of fractionation and delignification efficiencies of deep eutectic solvents on oil palm empty fruit bunch. *Industrial crops and products*, 123, 271-277.
- Wibowo, N. D., & Wahyudi, I. M. G. E. D. (2018). *Deasidifikasi Crude Rice Bran Oil (CRBO) Menjadi Edible Oil Menggunakan Deep Eutectic Solvent (DES)* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Yang, L., Zheng, T., Yang, L., Li, J., & Yao, J. (2023). Using deep eutectic solvents to pretreat corncob for the fabrication of sustainable lignocellulose hydrogels. *Biomass and Bioenergy*, 174, 106824.
- Zhang, L. S., Gao, S. P., Huang, Y. P., & Liu, Z. S. (2016). Green synthesis of polymer monoliths incorporated with carbon nanotubes in room temperature ionic liquid and deep eutectic solvents. *Talanta*, 154, 335-340.