

## PERBANDINGAN KINETIKA LIGNIN BERBASIS LINDI DENGAN LIGNIN KOMERSIL SEBAGAI PENGHILANG SENYAWA AMONIA

Mohammad Dandy Widiantera <sup>1)</sup>, Ariyanti Sarwono <sup>2)</sup>, Nurulbaiti Listyendah Zahra <sup>3)</sup>, Dita Floresyona <sup>4)</sup>,  
I Wayan Koko Suryawan <sup>5)</sup>

<sup>1) 2) 3) 5)</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Perencanaan Infrastruktur, Universitas Pertamina, Kompleks Universitas Pertamina, DKI Jakarta, Jakarta Selatan, Indonesia

<sup>4)</sup> Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Perencanaan Infrastruktur, Universitas Pertamina, Kompleks Universitas Pertamina, DKI Jakarta, Jakarta Selatan, Indonesia  
email: i.suryawan@universitaspertamina.ac.id <sup>5)</sup>

### ABSTRAK

Lindi dari proses kegiatan manusia mengandung unsur nutrient yang dapat digunakan sebagai pengganti pupuk urea. Pupuk urea yang digunakan secara komersi seperti alkali dan sodium lignosulfonate masih berpotensi melepaskan ammonia ke udara dengan cukup tinggi. Pemanfaatan lindi sebagai urea berpotensi meminimalisasi dampak pencemaran lebih lambat. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengetahui percepatan degradasi amonia dalam pemanfaatan lindi dan lignin komersil. Pengukuran amonia dalam penelitian ini menggunakan metode phenat. Untuk perhitungan kinetika reaksi digunakan persamaan reaksi *pseudo first order*. Dengan waktu detensi 80 menit penyisihan lignin berbasis lindi, alkali dan sodium lignosulfonate sebesar 70.2%; 65.6%; dan 81.5%. Sedangkan kecepatan penyisihan amonia dapat mencapai 0.02875/menit; 0.02898/menit; dan 0.0506/menit. Hal ini memperlihatkan bahwa pelepasan amonia dari lindi lebih lambat dari alkali dan sodium lignosulfonate. Akan tetapi signifikansi untuk lindi dan alkali masih tidak terpaut jauh berbeada, oleh karena itu diperlukan penelitian yang lebih mendalam mengenai optimalisasi pemanfaatan lindi sebagai lignin.

Kata kunci: lindi, lignin, amonia, kinetika

### COMPARISON OF LEACHATE-BASED LIGNIN KINETICS WITH COMMERCIAL LIGNIN AS A REDUCTION OF AMMONIA COMPOUNDS

#### ABSTRACT

*Leachate from human activities contains nutrient elements that can be used to substitute urea fertilizer. Commercial urea fertilizers such as alkali and sodium lignosulfonate can release quite high ammonia into the air. The utilization of leachate as urea can minimize the impact of pollution more slowly. This study aimed to determine the acceleration of ammonia degradation in the utilization of commercial leachate and lignin. Ammonia measurement in this study used the phenate method. For the calculation of reaction kinetics, pseudo-first-order reaction equations are used. With a detention time of 80 minutes, the removal of lignin-based leachate, alkali, and sodium lignosulfonate was 70.2%; 65.6%; and 81.5%. Meanwhile, the ammonia removal rate can reach 0.02875/minute; 0.02898/minute; and 0.0506/minute. This shows that the release of ammonia from the leachate is slower than that of alkali and sodium lignosulfonate. However, the significance for leachate and alkali is still not much different therefore, more in-depth research is needed on optimizing the utilization of leachate as lignin.*

Keywords: leachate, lignin, ammonia, kinetics

### PENDAHULUAN

Kekurangan pangan ini disebabkan oleh faktor keuangan, ekologi, dan sosial seperti gagal panen, kepadatan penduduk dan skema administrasi yang buruk. Di atas semua faktor, gagal panen sangat signifikan. Tanaman gagal karena kondisi cuaca yang keras, serangan hama dan hilangnya kesuburan tanah. Kesuburan tanah dapat ditingkatkan dengan pemberian pupuk untuk memenuhi kebutuhan pangan dari populasi dunia yang terus meningkat (Min et al., 2021). Negara-negara berkembang di dunia adalah pengguna utama pupuk urea nitrogen dengan perkiraan efektivitas nitrogen sekitar 40 - 70% (Min et al., 2021). Efektivitas urea biasa menurun karena pelepasan cepat di tanah. Pelepasan cepat yang terkait dengan urea biasa dapat membahayakan lingkungan karena menyebabkan pembakaran pupuk pada tanaman; pencemaran air tanah karena pencucian dan pelepasan amonia ke atmosfer (Müller et al., 2020).

Penguapan amonia (NH<sub>3</sub>), jalur kehilangan N utama dari sistem padi, rata-rata menyumbang 17% dari N yang diterapkan selama musim padi (Sun et al., 2015). Emisi NH<sub>3</sub> dapat menyebabkan polusi

sumber non-titik permukaan dan penembusan PM 2.5 di kota-kota melalui NH<sub>3</sub> (Hua et al., 2019). Selain itu amonia dapat menimbulkan dampak eutropikasi pada kondisi tertentu pada badan air (Afifah et al., 2020; Suryawan et al., 2021). Namun, peningkatan kebutuhan tenaga kerja atau pelatihan terkait dengan teknik pengelolaan N yang canggih dan biaya ekonomi yang lebih tinggi dari pupuk N dan biochar yang lebih baik telah membatasi penerapan teknik ini secara lebih luas, terutama pada skala yang lebih besar (Yao et al., 2018).

Lindi yang berasal dari degradasi sampah dianggap bermanfaat dalam arti bahwa ketika dikumpulkan dapat digunakan sebagai pupuk cair karena mengandung banyak nutrisi tanaman (Naveen et al., 2017). Terlepas dari kandungan nutrisinya yang besar, lindi dapat berkontribusi pada perkembangan tanaman karena mengandung asam humat (Gutiérrez-Miceli et al., 2008). Asam humat adalah molekul yang mengatur banyak proses perkembangan tanaman termasuk penyerapan nutrisi makro dan mikro.

Sebagian besar studi yang tersedia hingga saat ini dalam literatur hanya menyelidiki kinetika pelepasan N terkontrol pada skala lab dalam air suling atau kolom tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana mengetahui amonia berdasarkan variasi lignin berbasis lindi dengan lignin komersil.

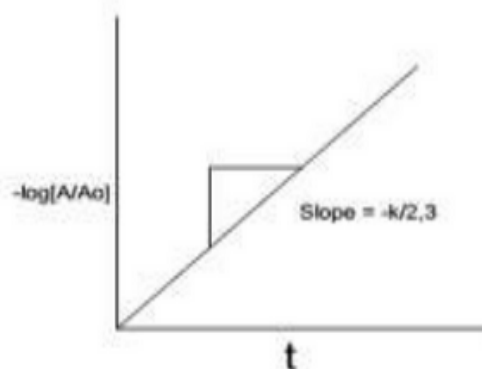
## METODE PENELITIAN

Metode standar fenat (4500-NH<sub>3</sub> F) digunakan untuk penentuan amonia, di mana indofenol biru terbentuk setelah reaksi amonia dengan hipoklorit dan fenol dalam media basa dengan adanya natrium nitroprusida. Konsentrasi NH<sub>3</sub> ditentukan oleh Hukum Lambert Beer, yang menghubungkan konsentrasi NH<sub>3</sub> dengan absorbansi cahaya yang melewati produk warna biru.

Studi kinetik pelepasan urea diukur untuk menyelidiki mekanisme pelepasan N dari urea ketika diterapkan ke tanah dengan adanya air. Data laju pelepasan urea digunakan untuk mengetahui mekanisme pelepasan amonia. Data yang diperoleh diubah menjadi pelepasan urea selama percobaan diolah dengan model persamaan (Gambar 1). Model *pseudo-first-order* dan difusi digunakan untuk analisis kinetika pertukaran dengan persamaan 1 dan 2

$$\ln(C_0 / C_t) = kt \quad (1)$$

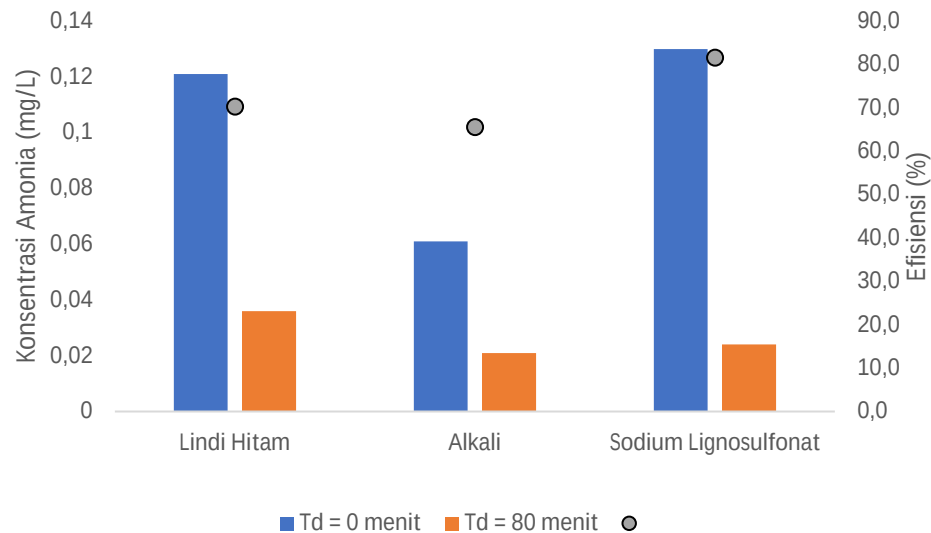
$$C_t = C_0 \exp^{-kt} \quad (2)$$



**Gambar 1.** Persamaan Reaksi Orde 1

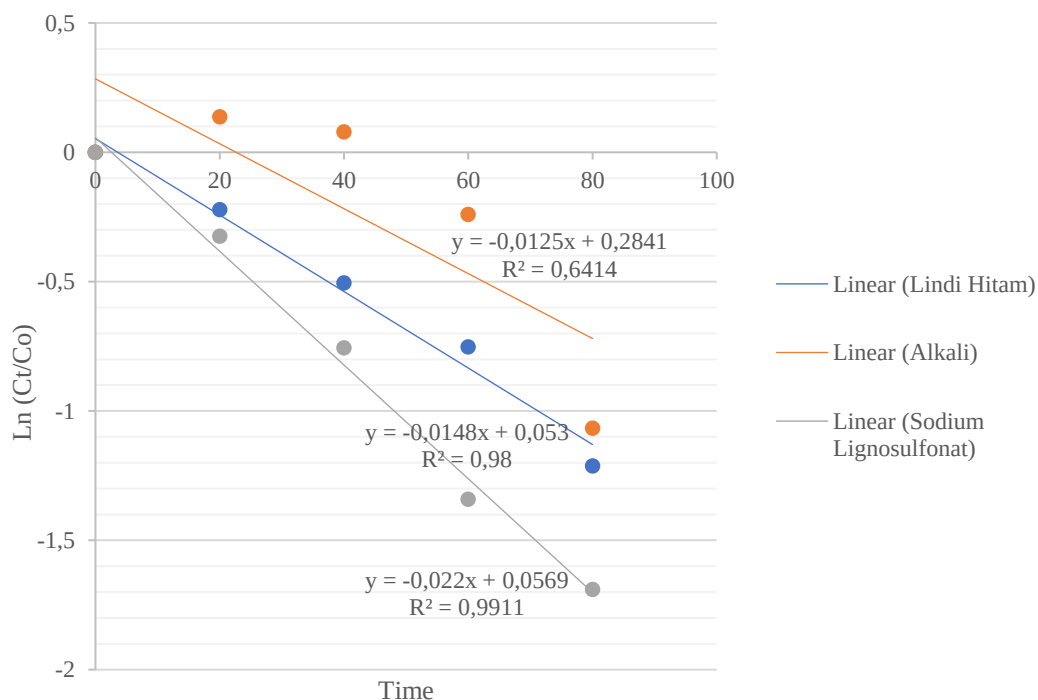
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam konteks potensi dampak negatif pertanian terhadap lingkungan akuatik dan atmosfer, pengelolaan N di tanah sawah harus bertujuan untuk mengurangi kehilangan NH<sub>3</sub> dan N yang menguap dari limpasan untuk mencapai emisi amonia yang rendah. Dalam penelitian ini, kehilangan NH<sub>3</sub> kumulatif dari waktu detensi 80 menit menghasilkan nilai yang berbeda. Dapat dilihat penurunan amonia tertinggi terjadi pada sodium lignosulfonate. Sedangkan lindi dan alkali memiliki nilai yang hampir sama (Gambar 2).



**Gambar 2.** Perubahan Konsentrasi Amonia untuk Masing-Masing Variasi

Perbandingan koefisien korelasi pada persamaan reaksi *pseudo-first-order* dapat dilihat pada Gambar 2. Nilai koefisien korelasi yang lebih tinggi menegaskan bahwa serapan amonia mengikuti model *pseudo-first-order* untuk lindi dan sodium lignosulfonat ( $R^2 > 0.9$ ). Bagian linier dikaitkan dengan efek difusi lapisan batas dan bagian linier akhir mungkin karena efek difusi pada proses pelepasan (Mohan & Karthikeyan, 1997).



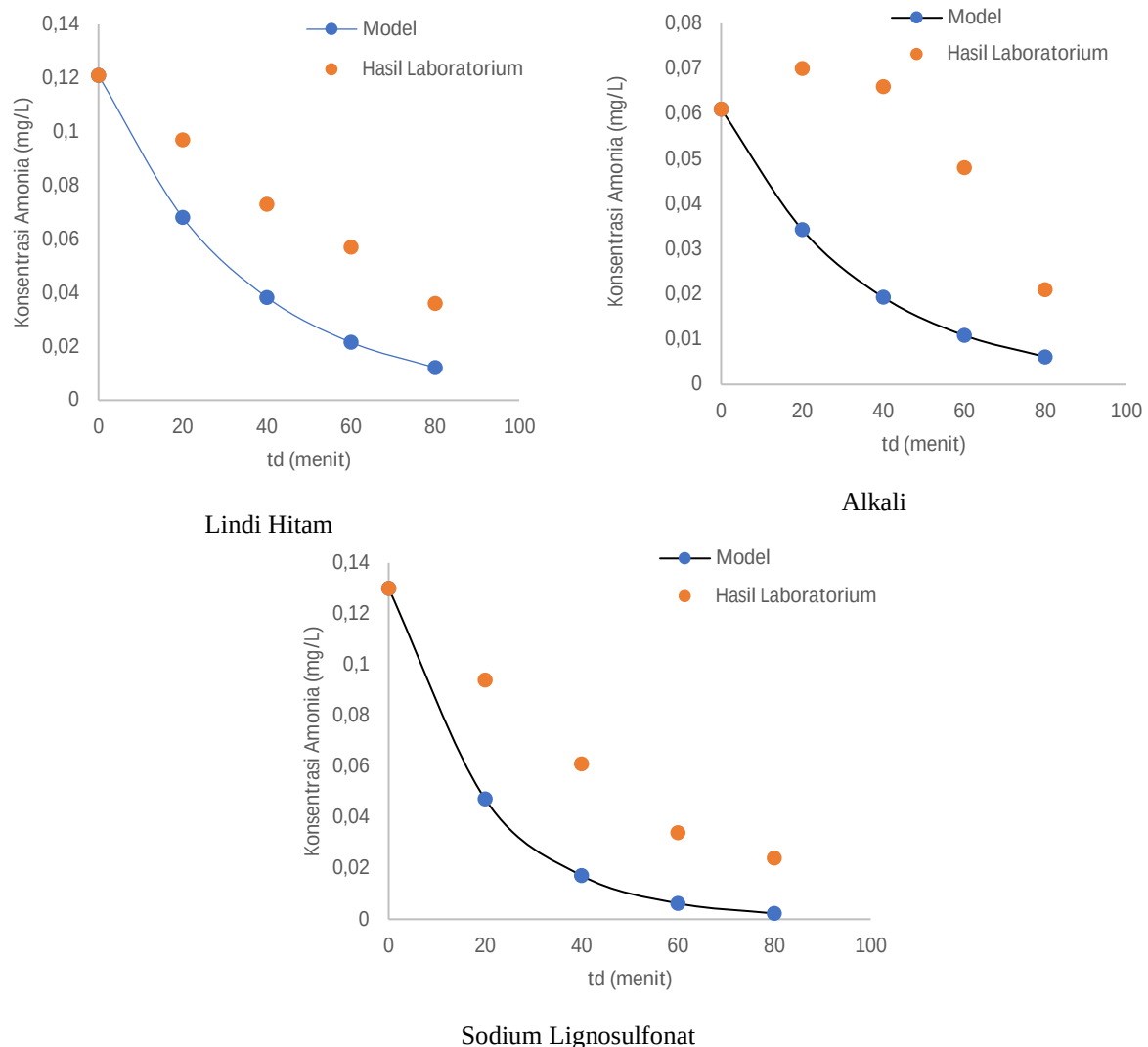
**Gambar 3.** Persamaan Reaksi Orde 1 Secara Linier untuk Penurunan Konsentrasi Amonia untuk Masing-Masing Variasi

Percepatan reaksi pada lindi hitam dan alkali memiliki nilai yang tidak signifikan berbeda, akan tetapi pada sodium lignosulfonate terlihat percepatan reaksi lebih tinggi dibandingkan dua variasi yang digunakan dalam penelitian ini. Secara lengkap hasil perhitungan k pada masing-masing lignin dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Perbedaan Laju Penyisihan Amonia Untuk Masing-Masing Variasi

| Variasi              | k (/menit) |
|----------------------|------------|
| Lindi Hitam          | 0.02875    |
| Alkali               | 0.02898    |
| Sodium Lignosulfonat | 0.0506     |

Dengan menggunakan persamaan 2 maka dapat digunakan nilai k untuk mencari model kinetika penyisihan ammonia pada penggunaan lignin. Dapat dilihat pattern pada lignin dengan lindi dan sodium lignosulfonat terlihat mendekati dengan hasil uji coba laboratorium dalam penelitian ini. Sedangkan untuk model pada lignin alkali memiliki terlihat ketidakcocokan antara model dan hasil laboratorium, hal ini mungkin dikarenakan nilai persamaan determinasi ( $R^2$ ) pada perhitungan k memiliki nilai yang rendah.



**Gambar 4.** Model Reaksi Orde 1 untuk Masing-Masing Variasi

Ketika disebar secara manual, pupuk lepas terkontrol dapat secara perlahan melepaskan unsur hara N ke dalam tanah, untuk memenuhi kebutuhan N tanaman pada berbagai tahap pertumbuhan (Tian et al., 2021). Aplikasi *slow-release fertilizer* saat ini dipasang pada transplanter, yang memperlambat kecepatan transplantasi, mengurangi antusiasme petani

untuk mengadopsi teknologi lebih cepat. Untuk aplikasi skala besar di masa depan, penelitian mengenai teknologi ini perlu ditingkatkan untuk meningkatkan pemerlambat kecepatan pelepasannya. Untuk mengatasi pengurangan efisiensi transplantasi, dan akan perlu untuk mengembangkan aplikator pupuk dalam yang lebih besar dan berukuran lebih kecil dengan biaya lebih rendah. untuk mempromosikan penerapannya yang lebih luas.

## KESIMPULAN

Dengan waktu penahanan 80 menit, penghilangan lindi berbasis lignin, alkali, dan natrium lignosulfonat adalah 70,2%; 65,6%; dan 81,5%. Sedangkan laju penyisihan amoniak bisa mencapai 0,02875/menit; 0,02898/menit; dan 0,0506/menit. Hal ini menunjukkan bahwa pelepasan amonia dari lindi lebih lambat dibandingkan dengan alkali dan natrium lignosulfonat. Namun signifikansi lindi dan alkali masih tidak jauh berbeda sehingga perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam untuk mengoptimalkan pemanfaatan lindi sebagai lignin.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan kerjasama Universitas Pertamina dan Universiti Teknologi PETRONAS dengan nomor kontrak 010/UP-WR3/SK/II/2019. Selain itu, penelitian ini juga didukung oleh tugas akhir dengan nomor kontrak 0001A/UP-DKN3/SK/I/2020.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, A. S., Suryawan, I. W. K., & Sarwono, A. (2020). Microalgae production using photo-bioreactor with intermittent aeration for municipal wastewater substrate and nutrient removal. *Communications in Science and Technology*, 5(2), 107–111. <https://doi.org/10.21924/cst.5.2.2020.200>
- Gutiérrez-Miceli, F. A., García-Gómez, R. C., Rincón Rosales, R., Abud-Archila, M., María Angela, O. L., Cruz, M. J. G., & Dendooven, L. (2008). Formulation of a liquid fertilizer for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) using vermicompost leachate. *Bioresource Technology*, 99(14), 6174–6180. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.12.043>
- Hua, H., Jiang, S., Sheng, H., Zhang, Y., Liu, X., Zhang, L., Yuan, Z., & Chen, T. (2019). A high spatial-temporal resolution emission inventory of multi-type air pollutants for Wuxi city. *Journal of Cleaner Production*, 229, 278–288. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.011>
- Min, J., Sun, H., Wang, Y., Pan, Y., Kronzucker, H. J., Zhao, D., & Shi, W. (2021). Mechanical side-deep fertilization mitigates ammonia volatilization and nitrogen runoff and increases profitability in rice production independent of fertilizer type and split ratio. *Journal of Cleaner Production*, 316(June), 128370. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128370>
- Mohan, S. V., & Karthikeyan, J. (1997). Removal of lignin and tannin colour from aqueous solution by adsorption onto activated charcoal. *Environmental Pollution*, 97(1), 183–187. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(97\)00025-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0269-7491(97)00025-0)
- Müller, A., Österlund, H., Marsalek, J., & Viklander, M. (2020). The pollution conveyed by urban runoff: A review of sources. *Science of The Total Environment*, 709, 136125. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136125>
- Naveen, B. P., Mahapatra, D. M., Sitharam, T. G., Sivapullaiah, P. V., & Ramachandra, T. V. (2017). Physico-chemical and biological characterization of urban municipal landfill leachate. *Environmental Pollution*, 220, 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.09.002>
- Sun, H., Zhang, H., Powlson, D., Min, J., & Shi, W. (2015). Rice production, nitrous oxide emission and ammonia volatilization as impacted by the nitrification inhibitor 2-chloro-6-(trichloromethyl)-pyridine. *Field Crops Research*, 173, 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.12.012>
- Suryawan, I. W. K., Rahman, A., Lim, J., & Helmy, Q. (2021). Environmental impact of municipal wastewater management based on analysis of life cycle assessment in Denpasar City. *Desalination and Water Treatment*, 244, 55–62. <https://doi.org/10.5004/dwt.2021.27957>
- Tian, C., Zhou, X., Ding, Z., Liu, Q., Xie, G., Peng, J., Rong, X., Zhang, Y., Yang, Y., & Eissa, M. A. (2021). Controlled-release N fertilizer to mitigate ammonia volatilization from double-cropping rice. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 119(1), 123–137. <https://doi.org/10.1007/s10705-020->

10108-3

Yao, Y., Zhang, M., Tian, Y., Zhao, M., Zhang, B., Zeng, K., Zhao, M., & Yin, B. (2018). Urea deep placement in combination with Azolla for reducing nitrogen loss and improving fertilizer nitrogen recovery in rice field. *Field Crops Research*, 218, 141–149. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.01.015>