

# PENGARUH PENGGUNAAN LINDI HITAM PADA PROSES BIODELIGNIFIKASI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT TERHADAP DEGRADASI KOMPONEN LIGNOSELULOSA

Deivy Andhika Permata<sup>1</sup>, Anwar Kasim<sup>2\*</sup>, Alfi Asben<sup>2</sup>, Yusniwati<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas

<sup>2</sup>Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas

<sup>3</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas

\*Email: anwarkasim@ae.unand.ac.id

## ABSTRAK

Lignoselulosa merupakan komponen utama tandan kelapa sawit yang terdiri dari lignin, selulosa dan hemiselulosa. Keberadaan lignin menjadi faktor pembatas dalam penggunaan serat. Upaya untuk mengurangi lignin dapat dilakukan melalui proses biodelignifikasi. Penelitian ini melakukan proses biodelignifikasi dengan menggunakan lindi hitam yang diperoleh dari biodelignifikasi spontan tandan kosong kelapa sawit fraksi serat campuran. Penelitian didesain menggunakan rancangan acak lengkap dengan 3 kali ulangan, data hasil penelitian dianalisis menggunakan uji F dan jika berbedanya dilanjutkan dengan uji DNMRT pada  $\alpha$  5%. Perlakuan yang diberikan yaitu perbedaan persentase lindi hitam yang digunakan sebesar 1%, 3%, 5%, 7%, dan 9% pada proses biodelignifikasi tandan kosong kelapa sawit fraksi serat panjang. Pada serat hasil biodelignifikasi dilakukan analisis kadar hemiselulosa, kadar selulosa dan kadar lignin. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa penggunaan lindi hitam pada proses biodelignifikasi tandan kosong kelapa sawit fraksi serat panjang berpengaruh nyata terhadap kadar hemiselulosa, selulosa dan lignin. Semakin banyak lindi hitam yang digunakan semakin tinggi persentase degradasi komponen lignoselulosa yang terjadi.

Kata kunci - biodelignifikasi; lignoselulosa; lindi hitam; TKKS

## PENDAHULUAN

Lignoselulosa merupakan komponen utama tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang terdiri atas lignin, selulosa dan hemiselulosa. Di industri biokonversi lignoselulosa dapat menghasilkan beberapa produk yang memiliki nilai ekonomis diantaranya *pulp*. Pada industri *pulp* dan kertas, keberadaan lignin tidak diinginkan, karena adanya lignin menyebabkan warna coklat pada kertas, kertas menjadi kaku, daya serap tinta rendah, dan kekuatan kertas menurun. Upaya untuk mengurangi lignin dilakukan melalui proses delignifikasi.

Delignifikasi dapat dilakukan dengan cara mekanik, fisik, kimia atau biologi (biodelignifikasi). Penggunaan proses kimia jika ditinjau dari aspek ekonomis kurang menguntungkan dan dapat mencemari lingkungan. Perlakuan biologi menggunakan mikroorganisme penghasil enzim ligninase menjadi alternatif yang banyak digunakan (Permata *et al.*, 2021a).

Ligninase merupakan enzim pemecah lignin yang dihasilkan oleh mikroorganisme lignofilik. Penggunaan mikroorganisme penghasil ligninase sangat dianjurkan karena memiliki beberapa keuntungan, antara lain lebih ramah lingkungan, murah, dan mudah dikembangkan sehingga dapat mengurangi penggunaan bahan kimia. Beberapa penelitian mengemukakan penggunaan mikroorganisme dalam proses delignifikasi TKKS baik itu fungi maupun bakteri, diantaranya *Pleurotus floridanus* (Lukitawesa, Millati, dan Cahyanto 2012), *Actinomyces* (Prakoso *et al.*, 2014), *Ganoderma boninense* (Jumali dan Ismail 2017), *Trichoderma viride* dan *Escherichia coli* (Prasetya, Panjiarto, dan Soetaredjo 2018).

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu mengemukakan bahwa biodelignifikasi spontan TKKS fraksi serat campuran menghasilkan lindi hitam (Permata *et al.*, 2021d), lindi tersebut mengandung berbagai mikroorganisme yang berpotensi menghasilkan enzim ligninase, (Permata *et al.*, 2021b). Pada penelitian ini lindi yang dihasilkan akan diaplikasikan dalam proses biodelignifikasi TKKS fraksi serat panjang. TKKS fraksi serat panjang diperoleh dari hasil penguraian TKKS menggunakan alat pengurai serat. TKKS fraksi serat panjang sangat berpotensi sebagai bahan baku *pulp* mengingat bahwa pada fraksi serat panjang TKKS mengandung selulosa yang lebih tinggi dibandingkan fraksi serat TKKS

lainnya dan keberadaannya pun lebih banyak dibandingkan fraksi serat lainnya, sehingga sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku *pulp* (Permata *et al.*, 2021c).

Delignifikasi menggunakan lindi hitam sebagai agen biologis diharapkan dapat mengurangi tingkat pencemaran akibat penggunaan bahan kimia dalam proses pemasakan *pulp*. Disamping itu biodelignifikasi memberikan keuntungan diantaranya penghematan energi (Li *et al.*, 2012), mengurangi konsumsi klorin pada proses pemutihan dan mengurangi polutan ke lingkungan (Yadav dan Chandra 2015). Berdasarkan studi literatur belum ditemukan adanya pemanfaatan lindi hitam hasil biodelignifikasi spontan TKKS fraksi serat campuran sebagai agen pembawa mikroorganisme dalam proses biodelignifikasi TKKS fraksi serat panjang sebagai upaya penyediaan bahan baku *pulp*. Atas dasar tersebut maka diperlukan suatu kajian yang lebih intensif untuk memanfaatkan lindi hitam sebagai agen yang dapat membantu proses biodelignifikasi TKKS fraksi serat panjang. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penggunaan lindi sebagai agen biodelignifikasi pada proses biodelignifikasi terhadap komponen lignoselulosa TKKS fraksi serat panjang.

## METODOLOGI PENELITIAN

### A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan, yaitu bioreaktor, alat pengurai serat, alat-alat gelas, blender, oven, desikator, soklet, dan timbangan analitik. Bahan yang digunakan terdiri dari TKKS fraksi serat panjang yang telah diekstrak minyaknya, lindi hitam hasil biodelignifikasi spontan fraksi serat campuran, alkohol, heksana, NaClO<sub>2</sub>, asam asetat, *acid detergent soluble* (ADS), akuades, aseton, *neutral detergent soluble* (NDS), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, etanol dan garam fisiologis.

### B. Pelaksanaan Penelitian dan Pengamatan

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah TKKS fraksi serat panjang yang diperoleh dari PT Perkebunan Nusantara VI, dimana sampel telah mengalami ekstraksi minyak dengan cara pengempaan dan penguraian serat dari fraksi serat campuran. Sebelum dilakukan proses biodelignifikasi dengan lindi hitam, TKKS fraksi serat panjang dengan ukuran 3-5 cm dikondisikan hingga kadar air ±60%. Sebanyak 4 kg TKKS fraksi serat panjang dimasukkan ke dalam bioreaktor, kemudian ditambahkan aktivator berupa konsorsium mikroorganisme dalam bentuk lindi hitam sesuai perlakuan. Persentase penggunaan lindi hitam dihitung berdasarkan berat kering TKKS fraksi serat panjang. Proses biodelignifikasi dilakukan selama 2 hari setelah lindi pertama kali menetes. Serat hasil biodelignifikasi dilakukan analisis terhadap kadar selulosa, hemiselulosa dan lignin menggunakan metode Van Soest. Persentase degradasi komponen lignoselulosa diperoleh dengan cara mengurangi kadar lignoselulosa bahan baku dengan kadar lignoselulosa bahan setelah biodelignifikasi, kemudian dibagi dengan kadar lignoselulosa bahan baku dikalikan 100%.

### C. Pengamatan

#### 1. Analisis *Acid Detergent Fiber* (ADF)

Sebanyak 1 g sampel (A) dimasukkan ke dalam gelas piala 500 mL. Lalu ditambahkan sebanyak 100 mL larutan ADS. Larutan ditempatkan di bawah pendingin tegak dan dididihkan selama 1 jam. Kemudian larutan disaring dengan gelas filter yang sudah diketahui beratnya (B) menggunakan pompa vakum. Residu lalu dibilas dengan akuades panas ± 300 mL. Setelah air saringan jernih, bilas dengan aseton sebanyak 20 mL. Residu beserta gelas filter dikeringkan dalam oven bersuhu 105°C selama 8 jam. Kemudian dinginkan dalam desikator selama ± 15 menit dan ditimbang (C).

$$\text{Kadar ADF} = \frac{C-B(g)}{A(g)} \times 100\% \quad (1)$$

#### 2. Analisis Selulosa

Gelas filter berisi residu hasil uji ADF direndam dalam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72% selama 3 jam. Kemudian disaring menggunakan pompa vakum. Residu lalu dibilas menggunakan akuades sebanyak ± 300 mL sampai air saringan jernih. Kemudian bilas dengan 20 mL aseton. Serat dikeringkan dalam oven bersuhu 105°C selama 8 jam. Setelah itu dinginkan dalam desikator selama ± 15 menit dan ditimbang (D).

$$\text{Kadar selulosa} = \frac{C-D(g)}{A(g)} \times 100\% \quad (2)$$

### 3. Analisis Lignin

Residu hasil pengujian selulosa di bakar di dalam tanur bersuhu 500°C selama 4 jam. Tanur dimatikan, dan ditunggu hingga suhu turun 200°C, lalu dipindahkan ke dalam oven 105°C selama 1 jam. Setelah itu dinginkan dalam desikator ± 15 menit dan ditimbang (E).

$$\text{Kadar lignin} = \frac{D-E(g)}{A(g)} \times 100\% \quad (3)$$

### 4. Analisis *Neutral Detergent Fiber (NDF)* dan *Hemiselulosa*

Sebanyak 1 g sampel (F) dimasukkan ke dalam gelas piala 500 ml. Kemudian ditambahkan sebanyak 100 mL larutan NDS dan dipanaskan sampai mendidih selama 1 jam. Kemudian disaring menggunakan pompa vakum dengan kertas saring yang telah diketahui beratnya (G) dan serat dibilas menggunakan akuades panas ± 3 x 100 mL sampai air saringan jernih, Setelah itu dibilas dengan menggunakan aseton sebanyak 20 mL. Residu beserta keras saring dikeringkan dalam oven suhu 105°C selama 8 jam. Kemudian dinginkan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang (H).

$$\text{Kadar NDF} = \frac{H-G(g)}{F(g)} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{Kadar hemiselulosa} = \% \text{ NDF} - \% \text{ ADF} \quad (5)$$

### D. Rancangan Penelitian

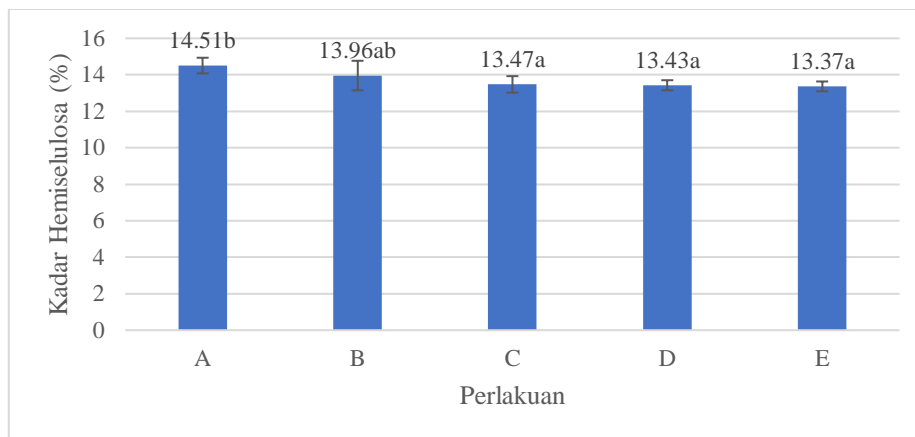
Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), data dianalisis secara statistika menggunakan uji F. Apabila hasil sidik ragam menunjukkan berpengaruh nyata maka dilanjutkan dengan *Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)* pada taraf nyata 5%. Adapun perlakuan penelitian ini sebagai berikut:

- A = Biodelignifikasi dengan penambahan 1% lindi hitam
- B = Biodelignifikasi dengan penambahan 3% lindi hitam
- C = Biodelignifikasi dengan penambahan 5% lindi hitam
- D = Biodelignifikasi dengan penambahan 7% lindi hitam
- E = Biodelignifikasi dengan penambahan 9% lindi hitam

## HASIL DAN PEMBAHASAN

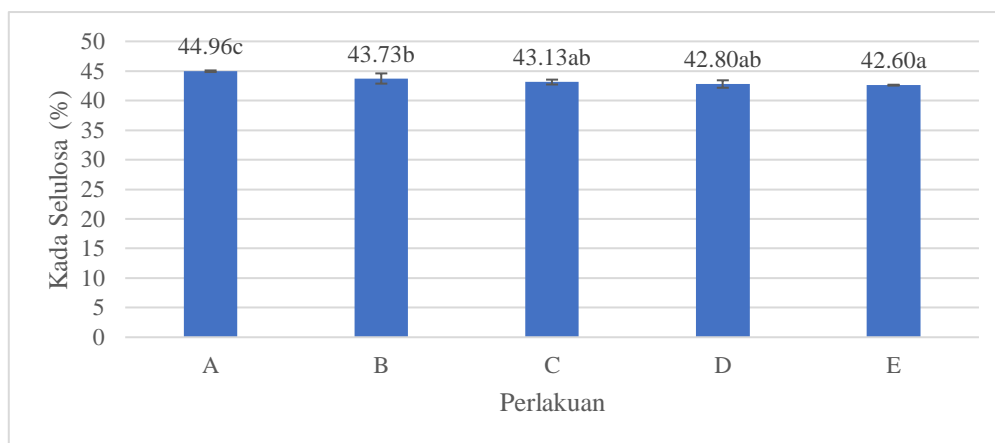
Hasil analisis komponen lignoselulosa tandan kosong kelapa sawit fraksi serat panjang setelah mengalami biodelignifikasi dengan agen biologis berupa lindi hitam dapat dilihat pada Gambar 1, 2 dan 3. Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penggunaan lindi hitam berpengaruh nyata terhadap kadar hemiselulosa, selulosa dan lignin TKKS fraksi serat panjang.

Gambar 1 memperlihatkan kadar hemiselulosa fraksi serat panjang yang telah mengalami biodelignifikasi tertinggi terdapat pada perlakuan penggunaan lindi hitam 1% dan terendah terdapat pada perlakuan penggunaan lindi hitam sebanyak 9%. Semakin banyak lindi hitam yang digunakan maka semakin rendah kadar hemiselulosa serat yang diperoleh, dengan kata lain semakin banyak hemiselulosa terurai. Hemiselulosa merupakan heteropolisakarida yang dibentuk melalui jalan biosintesis yang berbeda dari selulosa. Menurut Malherbe dan Cloete (2002), degradasi hemiselulosa oleh agen hayati dibantu dengan adanya hemiselulase. Hemiselulase menghidrolisis hemiselulosa menjadi monosakarida/gula larut (misal xilosa, arabinosa, galaktosa dan mannos) dan kemudian digabungkan dengan asam organik, alkohol, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O dan asam uronat dipecah menjadi pentosa dan CO<sub>2</sub>. Sehingga semakin banyak lindi hitam yang ditambahkan maka akan semakin banyak pula mikroorganisme yang menghasilkan hemiselulase untuk menghidrolisis hemiselulosa. Mikroorganisme yang terkandung dalam lindi hitam tersebut diantaranya *Aspergillus* sp. *Chrysosporium* sp. dan *Penicillium* sp. (Permata *et al.*, 2021b). Menurut Eida *et al.*, (2011), *Aspergillus* dan *Penicillium* memiliki aktivitas hemiselulolitik.



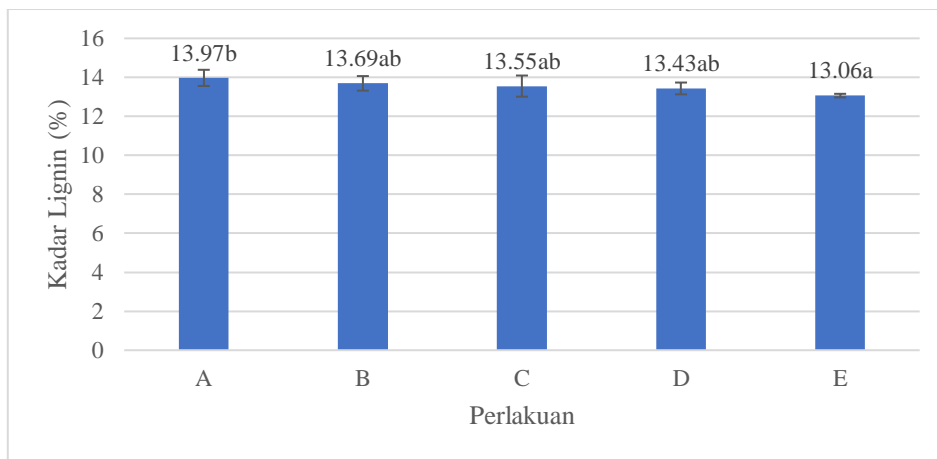
Gambar 1. Kadar Hemiselulosa TKKS Fraksi Serat Panjang Setelah Biodelignifikasi (Angka yang diikuti huruf kecil yang tidak sama berbeda nyata berdasarkan DNMR pada  $\alpha$  5%)

Gambar 2 menunjukkan bahwa dengan penggunaan lindi hitam dapat mendegradasi komponen selulosa, semakin tinggi persentase lindi hitam yang digunakan maka semakin banyak selulosa dapat dihidrolisis. Kadar selulosa serat tertinggi terdapat pada perlakuan penambahan lindi hitam 1% dan terendah terdapat pada perlakuan penambahan lindi hitam sebanyak 9%. Selulosa merupakan homopolisakarida yang tersusun atas unit-unit  $\beta$ -D-glukopiranosida yang terikat satu sama lain dengan ikatan-ikatan glikosida (1 $\rightarrow$ 4). Adanya enzim selulase dapat menghidrolisis ikatan 1,4  $\beta$ -glukosida pada rantai panjang selulosa. Hidrolisis tersebut dibantu oleh mikroorganisme yang terdapat pada lindi hitam dengan menghasilkan selulase. Lindi hitam yang digunakan mengandung konsorsium *Aspergillus* sp. *Chrysosporium* sp. dan *Penicillium* sp (Permata *et al.*, 2021b). Beberapa penelitian mengemukakan bahwa kapang tersebut mampu menghasilkan selulase; *Aspergillus niger* (Ariyani *et al.*, 2014; Supriyatna, 2017), dan *Penicillium* sp (Alfiah dan Kuswiyasari, 2012; Utami *et al.*, 2019).



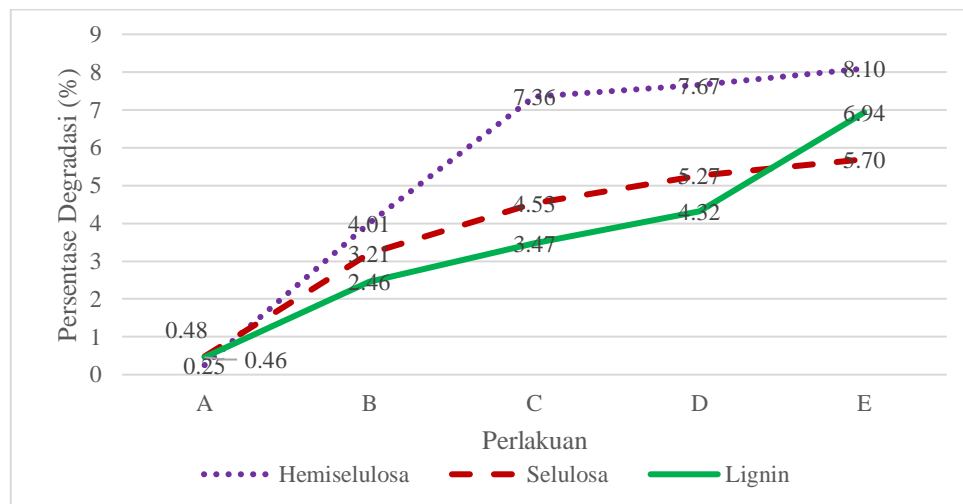
Gambar 2. Kadar Selulosa TKKS Fraksi Serat Panjang Setelah Biodelignifikasi (Angka yang diikuti huruf kecil yang tidak sama berbeda nyata berdasarkan DNMR pada  $\alpha$  5%)

Gambar 3 memperlihatkan adanya pengaruh penggunaan lindi hitam pada proses biodelignifikasi tandan kosong kelapa sawit fraksi serat panjang. Kadar lignin tertinggi sebesar 13,97% terdapat pada perlakuan penggunaan lindi hitam 1% dan kadar lignin serat terendah sebesar 13,06% terdapat pada perlakuan penggunaan lindi hitam 9%. Menurut Permata *et al.*, (2021a), lindi hitam yang digunakan mengandung *Aspergillus* sp. *Chrysosporium* sp. dan *Penicillium* sp. Kapang tersebut memiliki aktivitas ligninolitik sehingga dapat merobak lignin. Beberapa enzim dihasilkan kapang tersebut yaitu *laccase* (Lac), *lignin peroxidase* (LiP) dan *manganese peroxidase* (MnP). Semakin banyak lindi yang ditambahkan maka semakin banyak lignin yang dapat dirombak dan semakin rendah kadar lignin serat yang diperoleh.



Gambar 3. Kadar Lignin TKKS Fraksi Serat Panjang Setelah Biodelignifikasi  
 Angka yang diikuti huruf kecil yang tidak sama berbeda nyata berdasarkan DNMR pada  $\alpha$  5%

Persentase degradasi komponen lignoselulosa TKKS fraksi serat panjang dengan perlakuan penambahan lindi hitam dapat dilihat pada Gambar 4. Grafik ini menggambarkan seberapa banyak komponen lignoselulosa TKKS fraksi serat panjang mengalami degradasi setelah biodelignifikasi dengan lindi hitam dibandingkan dengan komponen lignoselulosa bahan baku. Adapun komponen lignoselulosa bahan baku dengan komposisi, yaitu kadar hemiselulosa sebesar 14,54%, kadar selulosa sebesar 45,18% dan kadar lignin sebesar 14,04%.



Gambar 4. Persentase Degradasi Komponen Lignoselulosa TKKS Fraksi Serat Panjang Setelah Biodelignifikasi

Grafik pada Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin banyak lindi hitam yang digunakan maka semakin banyak komponen lignoselulosa yang dapat terdegradasi. Degradasi lignoselulosa terjadi akibat adanya mikroorganisme yang bersifat ligninolitik yang terkandung pada lindi hitam. Penggunaan lindi hitam sebanyak 9% merupakan persentase penambahan lindi hitam yang paling optimal pada penelitian ini dalam mendegradasi komponen lignoselulosa terutama lignin.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa penambahan lindi hitam pada proses biodelignifikasi tandan kosong kelapa sawit fraksi serat panjang berpengaruh nyata terhadap kadar hemiselulosa, selulosa dan lignin. Semakin banyak lindi hitam yang ditambahkan semakin tinggi persentase degradasi komponen lignoselulosa yang terjadi.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dibiayai oleh DIPA FAPERTA UNAND Tahun 2021 Nomor: 02/PL/SPK/PNP/FAPERTA-Unand/2021, peneliti mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Pertanian dan Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas yang telah memberikan dukungan fasilitas untuk kelancaran penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfiah, I., & Kuswyasari, N. D. (2012). Produksi Enzim Selulase Oleh *Penicillium* sp. pada Suhu, pH dan Limbah Pertanian Yang Berbeda. *Jurnal Institut Sepuluh November (ITS)*, 1–7.
- Ariyani, S. B., Asmawit, & Utomo, P. P. (2014). Optimasi Waktu Inkubasi Produksi Enzim Selulase Oleh *Aspergillus niger* Menggunakan Fermentasi Substrat Padat. *Biopropal Industri*, 5(2), 61–67.
- Eida, M. F., Nagaoka, T., Wasaki, J., & Kouno, K. (2011). Evaluation of Cellulolytic and Hemicellulolytic Abilities of Fungi Isolated from Coffee Residue and Sawdust Composts. *Microbes and Environments*, 26(3), 220–227. <https://doi.org/10.1264/jsme2.ME10210>
- Jumali, S. S., & Ismail, S. (2017). *Ganoderma boninense* Efficacy in Delignifying Oil Palm Empty Fruit Bunches. *Science and Technology*, 25, 1–8.
- Li, S., Yang, X., Yang, S., Zhu, M., & Wang, X. (2012). Technology Prospecting on Enzymes : Application , Marketing and Engineering. *Computational and Structural Biotechnology*, 2(3), 1–11. <https://doi.org/10.5936/csbj.201209017>
- Lukitawesa, Millati, R., & Cahyanto, N. (2012). Pengaruh ukuran potongan terhadap pertumbuhan jamur *Pleurotus Fl Oridanus* lipime 996 dan hasil delignifikasi selama perlakuan pendahuluan tandan kosong kelapa sawit. *Agritech*, 32(4), 346–351.
- Malherbe, S., & Cloete, T. E. (2002). Lignocellulose biodegradation: fundamentals and applications. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 1(2), 105–114. <https://doi.org/10.1023/A>
- Permata, D. A., Kasim, A., Asben, A., & Yusniwati. (2021a). Delignification of Lignocellulosic Biomass. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 12(02), 462–469.
- Permata, D. A., Kasim, A., Asben, A., & Yusniwati. (2021b). Isolation, Screening, and Characterization of Potential Ligninolytic Mold from Spontaneous Biodelignified OPEFB and Leachate. *Sylwan*, 165(12), 18–29.
- Permata, D. A., Kasim, A., Asben, A., & Yusniwati. (2021c). Karakteristik tandan kosong kelapa sawit pada berbagai fraksi serat. *Prosiding Seminar Nasional Eksista, In Press*.
- Permata, D. A., Kasim, A., Asben, A., & Yusniwati. (2021d). Pengaruh lama fermentasi spontan terhadap karakteristik tandan kosong kelapa sawit fraksi serat campuran. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 25(1), 96–103.
- Prakoso, H. T., Widiastuti, H., Suharyanto, & Siswanto. (2014). Eksplorasi dan karakterisasi bakteri aerob ligninolitik serta aplikasinya untuk pengomposan tandan kosong kelapa sawit. *Menara Perkebunan*, 82(1), 15–24.
- Prasetya, D., Panjiarto, W. P., & Soetaredjo, F. E. (2018). Bio-delignification of oil palm empty fruit bunch of using *Trichoderma Viride* and *Escherichia Coli*. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(2), 529–535.
- Supriyatna, A. (2017). Peningkatan Nutrisi Jerami Padi Melalui Fermentasi dengan Menggunakan Konsorsium Jamur *Phanerochaete chrysosporium* dan *Aspergillus niger*. *Jurnal Istek*, X(2), 166–181.
- Utami, A. P., Setyaningsih, R., Pangastuti, A., & Lusi, S. S. A. (2019). Optimasi Produksi Enzim Selulase Dari Jamur *Penicillium* sp. SLL06 yang Diisolasi Dari Serasah Daun Salak (*Salacca edulis*). *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*, 5(2), 145–149. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m050201>
- Yadav, S., & Chandra, R. (2015). Syntrophic co-culture of *Bacillus subtilis* and *Klebsiella pneumoniae* for degradation of kraft lignin discharged from rayon grade pulp industry. *J. Environ. Sci.*, 3, 229–238.