p-ISSN: 1907-8056
e-ISSN: 2527-5410
AGROINTEK
Jurnal Teknologi Industri Pertanian
journal homepage: journal.trunojoyo.ac.id/agrointek

Efek pra-perlakuan menggunakan microwave terhadap kandungan lignoselulosa kulit ari jagung

Tasyabilla Attaya*, S. Rosalinda

Teknik Pertanian, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Indonesia

Article history
Diterima:
28 Juli 2023
Diperbaiki:
28 Juni 2024
Disetujui:
2 Juli 2024

Keyword
Corn pericarp; delignification; lignocellulose; microwave; pretreatment

ABSTRACT

Corn is one of the abundant agricultural commodities in Indonesia. This abundant production of corn leaves considerable waste. One of the wastes produced is corn pericarps. Corn pericarps contain lignocellulose, whose utilization has not been studied much. This study aims to determine changes in the lignocellulosic content of corn pericarps in the physico-chemical delignification pre-treatment using electromagnetic waves with microwaves with various solvents NaOH 4% and distilled water. The lignocellulose content was tested using the Van Soest method. The results showed that the raw material for corn pericarps contained 50.4% hemicellulose, 14.6% cellulose, and 0.98% lignin. The results of pre-treatment using a microwave with NaOH 4% solvent produced 14.6% hemicellulose, 33.98% cellulose, and 0.6% lignin, and distilled water yielded as much as 50% hemicellulose, 15.58% cellulose, and 0.8% lignin. The pre-treatment method using microwave can reduce lignin levels by up to 38.78% with NaOH solvent and 18.37% with distilled water. In addition, this pretreatment method can also degrade hemicellulose as much as 71.03% with NaOH solvent and 0.8% with aquadest solvent. Thus, the use of NaOH as a solvent showed a much better ability to delignify and degrade hemicellulose than distilled water.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespodensi
Email : tasyabilla19001@mail.unpad.ac.id
DOI 10.21107/agrointek.v19i3.21581

PENDAHULUAN

Komoditas pertanian yang melimpah dan beragam dihasilkan oleh Indonesia untuk memenuhi kebutuhan pangan serta meningkatkan perekonomian negara. Produk pertanian serta perkebunan dan perhutanan umumnya mengandung serat alam atau lignoselulosa yang merupakan komponen utama penyusun dinding sel pada tanaman (Dewi et al. 2021). Ketersediaannya yang cukup melimpah, bahan ini berpotensi sebagai salah satu sumber energi melalui proses konversi, baik proses fisika, kimia maupun biologis (Hermiati et al. 2010). Salah satu komoditas pertanian yang banyak diproduksi di Indonesia salah satunya adalah jagung. Berdasarkan Kementrian Pertanian (2021), Indonesia mengalami over stok jagung hingga sebanyak 2,85 juta ton pada tahun 2021. Hal ini membuktikan produksi jagung Indonesia yang melimpah. Menurut Haluti (2016) pada setiap panen jagung dihasilkan rendemen jagung sekitar jagung 65%, sedangkan sisanya yaitu sebanyak 35% merupakan limbah berbentuk batang, daun, kulit, kulit ari jagung dan tongkol jagung. Jika dibandingkan di antara limbah jagung tersebut, pemanfaatan kulit ari jagung masih sangat rendah namun produksinya cukup tinggi. Berdasarkan survei yang dilakukan oleh Tampoebolon (2002), limbah kulit ari jagung diproduksi hingga 1.5 ton per hari di salah satu pabrik pakan terbasar di Kota Semarang.

Kulit ari jagung merupakan lapisan terluar dari biji jagung atau juga yang biasa disebut dengan perikarp dan umumnya banyak terbuang pada proses pemipilan biji jagung. Perkembangan pemanfaatan kulit ari jagung saat ini yaitu umumnya sebagai pakan ternak. Hal tersebut dikarenakan kulit ari jagung mengandung serat yang tinggi sehingga merupakan alternatif bahan pakan ternak yang baik. Selain sebagai pakan ternak, serat alam yang terkandung pada kulit ari jagung belum banyak dimanfaatkan dengan baik.

Serat alam atau lignoselulosa terdiri dari komponen utama berupa lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Lignin merupakan komponen yang berperan sebagai perekat antara selulosa dan hemiselulosa sehingga keduanya terikat secara kuat dan kaku. Namun, ikatan pada lignoselulosa tersebut dapat menjadi hambatan pada proses konversi lignoselulosa menjadi *biofuel* atau bioproduk lainnya (Purnawan et al. 2021). Sehingga *pretreatment* atau pra perlakuan terhadap bahan perlu dilakukan terlebih dahulu untuk mengurangi atau menghilangkan lignin sehingga ikatan tersebut akan terurai dan akan mempermudah proses konversi bahan menjadi suatu produk (Hermiati et al. 2010). Terdapat beberapa jenis metode *pretreatment* yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yaitu *pretreatment* secara fisika, kimia, fisika-kimia, dan biologis (Hidayat 2013). *Pretreatment* secara fisika umumnya dilakukan dengan cara pengecilan ukuran dengan tujuan untuk memperluas permukaan bahan sehingga aksesibilitas terhadap bahan meningkat. Metode ini ramah lingkungan namun cukup boros energi dan tidak optimal dalam memecah lignin dan xilan, sehingga metode ini tidak ekonomis dan layak untuk digunakan. *Pretreatment* kimia biasa dilakukan dengan menambahkan bahan kimia seperti asam, basa, senyawa oksidatif, pelarut organik, ozon, dan cairan ionik pada bahan dengan tujuan untuk mendegradasi selulosa, lignin, dan hemiselulosa. Metode ini cocok untuk produksi etanol dalam skala besar karena kemampuannya dalam mengkonversi hemiselulosa menjadi gula. Selanjutnya *pretreatment* biologis dilakukan dengan memanfaatkan mikroorganisme untuk mendegradasi lignin, hemiselulosa, dan selulosa. Mikroorganisme yang biasa digunakan pada metode ini yaitu jamur pelapuk putih dan coklat, serta jamur pelapuk lunak. Metode ini sangat ramah lingkungan, namun membutuhkan waktu yang cukup lama dan kontrol yang ketat selama pertumbuhan mikroorganisme yang digunakan. Lalu yang terakhir yaitu p*retreatment* fisika-kimia dilakukan dengan mengkombinasikan dua metode *pretreatment* yaitu kimia dan fisika. Kelebihan dari metode ini yaitu kedua metode yang digabungkan tersebut dapat saling melengkapi untuk mengatasi kekuranganya masing-masing. Beberapa contoh metode *pretreatment* secara fisika-kimia yaitu metode *microwave-chemical*, *steam explosion*, dan *ammonia fiber explosion* (AFEX) (Hidayat 2013).

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Gunam et al. (2011) menunjukkan bahwa *pretreatment* secara fisika-kimia menggunakan pelarut Natrium Hidroksida (NaOH) efektif dalam menurunkan kadar lignin pada ampas tebu. Penggunaan NaOH sebagai pelarut dengan konsentrasi 4% menunjukkan efisiensi delignifikasi yang tinggi sebesar 82,03% jika dibandingkan dengan NaOH pada konsentrasi lain dan juga akuades. pada penelitian yang

dilakukan oleh Puspita (2018) terhadap batang rumput gajah. Menurut penelitian oleh Ethaib et al. (2020), metode *Microwave Assisted Pretreatment* (MAP) dapat menurunkan kadar lignin secara signifikan. Selain itu, metode ini juga terbukti dapat meningkatkan kualitas bahan untuk diolah dan dapat meningkatkan gula reduksi yang dihasilkan (Ethaib et al. 2015). Pada penelitian ini dilakukan *pretreatment* fisika-kimia terhadap kulit ari jagung dengan metode *Microwave Assisted Pretreatment* (MAP) dengan variasi pelarut yang digunakan yaitu NaOH 4% dan akuades untuk mengetahui efek *pretreatment* terhadap kandungan lignoselulosa khususnya kulit ari jagung.

METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari - Maret 2023 di Laboratorium Pascapanen dan Teknologi Proses serta Laboratorium Teknologi Proses Agroindustri, Universitas Padjadjaran. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimental laboratorium.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan yaitu akuades, alkohol 70%, kain saring (mesh 150), kulit ari jagung dari jagung hibrida Pioneer produksi kelompok usaha tani jagung Sumedang (dengan komposisi proksimat jagung: kadar air 16,7%, protein 9,91%, lemak 4,45%, kadar abu 1,42%, kadar serat 9,5% (BeMiller and Whistler 2009)), larutan ADS (*Acid Detergent Solution*), larutan NDS (*Neutral Detergent Solution*), NaOH 4%, dan sumbat kapas.

Alat

Peralatan yang digunakan yaitu autoklaf GEA LS-50LJ, gelas beaker PYREX 500ml, labu Erlenmeyer PYREX 250ml dan 500ml, *mantle heating* B-ONE SAHM-1000-6, *microwave* SHARP R21D0(S)IN, *oven* Binder Ed-56, soxhlet PYREX 250ml, tanur B-ONE MINI-1210 *thermometer gun* Goolrc HW600.

Analisis Bahan Baku Kulit Ari Jagung

Kulit ari jagung dianalisis dengan metode Van Soest et al. (1991) untuk mengetahui kandungan lignoselulosanya. Kulit ari jagung dikeringkan hingga kadar airnya <10% kemudian digiling dan diayak menggunakan ayakan 60 mesh sebelum memasuki tahap *pretreatment*.

Microwave Assisted Pretreatment (MAP)

Pretreatment dilakukan dengan metode *Microwave Assisted Pretreatment* (MAP) dan variasi pelarut yang berbeda yaitu dengan pelarut NaOH 4% dan pelarut akuades. Kulit ari jagung direndam dalam NaOH 4% dan akuades pada masing-masing labu erlenmeyer 250 ml dengan perbandingan kulit ari jagung dan pelarut yang digunakan yaitu 1:25 (b/v), setelah itu, erlenmeyer ditutup menggunakan sumbat untuk selanjutnya dimasukkan ke dalam *microwave* selama 15 menit di daya 180watt Setelah itu campuran disaring untuk memisahkan filtrat dan padatan. Padatan kemudian dibilas menggunakan akuades dan dikeringkan dalam oven bersuhu 105ºC selama 24 jam lalu setelah kering akan dilakukan uji van-soest.

Analisis Kandungan Lignoselulosa

Penetapan Kadar Acid Detergent Fiber (ADF)

Penetapan nilai ADF dilakukan dengan mengacu pada metode Van Soest et al. (1991). Nilai ADF ditentukan dengan memasukkan sampel sebanyak 0.5 gr (massa a) dan 50 ml ADS ke dalam refluks kemudian memanaskannya selama 1 jam. Padatan dipisahkan dan dibilas dengan air mendidih dan alkohol 70% hingga busa hilang. Padatan kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105ºC selama 8 jam. Padatan kering didinginkan dalam desikator selama 30 menit untuk selanjutnya ditimbang (massa b). Nilai kadar ADF ditetapkan dengan Persamaan (1).

$$\text{ADF (\%)} = \frac{\text{Massa b (gr)}}{\text{Massa a (gr)}} \times 100\% \quad (1)$$

Penetapan Kadar Neutral Detergent Fiber (NDF)

Penetapan nilai NDF dilakukan dengan mengacu pada metode Van Soest et al. (1991). Nilai NDF ditentukan dengan memasukkan sampel sebanyak 0.5 gr dan 50 ml NDS ke dalam refluks kemudian memanaskannya selama 1 jam. Padatan dipisahkan dan dibilas dengan air mendidih dan alkohol 70% hingga busa hilang. Padatan kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105ºC selama 8 jam. Padatan kering didinginkan dalam desikator selama 30 menit untuk selanjutnya ditimbang (massa c). Nilai kadar NDF ditetapkan dengan Persamaan (2) sebagai berikut.

$$\text{NDF (\%)} = \frac{\text{Massa c (gr)}}{\text{Massa a (gr)}} \times 100\% \quad (2)$$

Penentuan Kadar Lignoselulosa

Penentuan kadar lignoselulosa dilakukan mengacu pada metode Van Soest et al. (1991) dengan menambahkan 20ml H_2SO_4 72% ke dalam cawan petri berisi ADF dan membiarkannya selama 3 jam. Padatan kemudian dipisahkan dan dibilas dengan air panas lalu mengeringkannya pada suhu 105ºC selama 8 jam. Padatan yang sudah kering didinginkan di dalam desikator selama 30 menit kemudian menimbangnya (massa d). Padatan tersebut lalu dimasukkan ke dalam tanur dengan suhu 500ºC selama 2 jam. Abu yang dihasilkan didinginkan di dalam desikator selama 30 menit lalu ditimbang (massa e). Penentuan kadar lignoselulosa dihitung dengan Persamaan (3) – (5) sebagai berikut.

$$\text{Lignin (\%)} = \frac{\text{Massa d - Massa e (gr)}}{\text{Massa a (gr)}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{Abu (\%)} = \frac{\text{Massa e (gr)}}{\text{Masa a (gr)}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{Selulosa (\%)} = \text{ADF \% - Abu \% - Lignin \%} \quad (5)$$

$$\text{Hemiselulosa (\%)} = \text{NDF\% – ADF\%} \quad (6)$$

Analisis Statistik

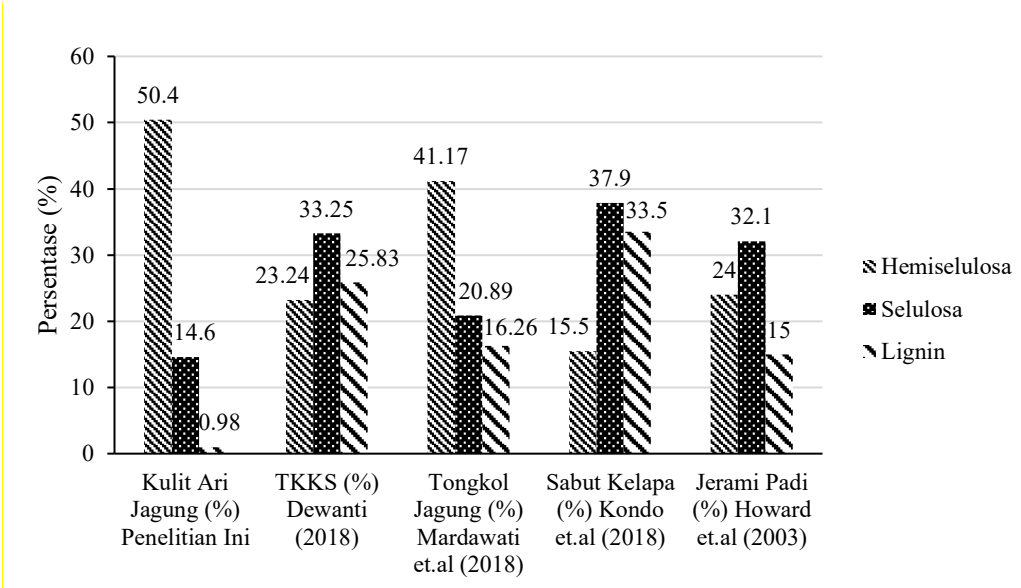
Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor variasi pelarut yaitu pelarut NaOH 4% dan pelarut akuades.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Lignoselulosa Kulit Ari Jagung

Hasil pengujian kandungan lignoselulosa terhadap kulit ari jagung sebelum *pretreatment* didominasi oleh hemiselulosa sebanyak 50,4% kemudian diikuti oleh selulosa sebanyak 14,6% dan lignin sebesar 0,98%. Grafik kandungan lignoselulosa kulit ari jagung dengan bahan alam lainnya disajikan pada Gambar 1.

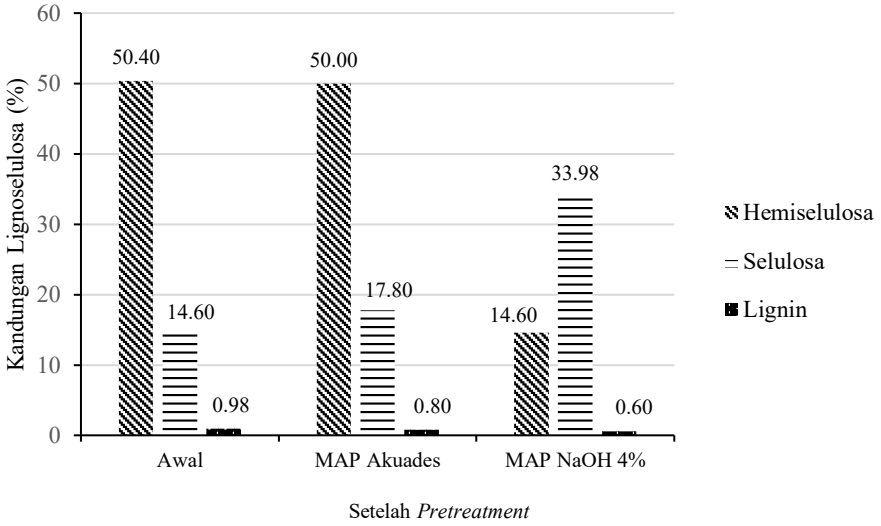
Perbandingan kandungan lignoselulosa kulit ari jagung pada penelitian ini dengan hasil penelitian terdahulu dari bahan alam lainnya yaitu TKKS (Dewanti 2018), tongkol jagung (Mardawati et al. 2018), sabut kelapa (Kondo and Arsyad 2018), dan jerami padi (Howard et al. 2003) menunjukkan bahwa kulit ari jagung mengandung hemiselulosa paling tinggi serta lignin terendah. Tingginya kandungan hemiselulosa membuat kulit ari jagung memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan xilitol. Xilitol terbuat dari xilosa yang dihasilkan dari hidrolisis hemiselulosa. Sehingga keberadaan hemiselulosa yang tinggi pada suatu bahan memiliki kecenderungan untuk terhidrolisis menjadi xilosa, glukosa, manosa, galaktosa, dan arabinosa (Pasue et al. 2019).



Gambar 1 Perbandingan Kandungan Lignoselulosa Kulit Ari Jagung dengan Bahan Alam Lain

Tabel 1 Perbandingan Kandungan Lignoselulosa Kulit Ari Jagung Sebelum dan Setelah *Pretreatment*

	Sebelum *Pretreatment*	Hasil *Microwave Assisted Pretreatment* (MAP)	
		Akuades	NaOH 4%
Hemiselulosa	50,4%	50% ± 0,35^{bc}	14,6% ± 0,99^{ab}
Selulosa	14,6%	17.8% ± 0,85^{ab}	33,98% ± 0,74^{bc}
Lignin	0,98%	0,8% ± 0,03^{ab}	0,6% ± 0,07^{a}



Gambar 2 Perbandingan Perubahan Kandungan Lignoselulosa Setelah Pretreatment

Kandungan lignin yang rendah pada kulit ari jagung membuatnya mudah untuk diproses menjadi sebuah bioproduk. Hal tersebut dikarenakan adanya lignin menyebabkan sulit pecahnya selulosa dan hemiselulosa menjadi produk turunnya (Gunam et al. 2011). Sehingga dengan menurunnya kandungan lignin pada bahan akan meningkatkan kemampuan penetrasi pada selulosa juga kemampuan bahan untuk terhidrolisis (Hidayat 2013).

Kandungan Lignoselulosa Kulit Ari Jagung Hasil *Pretreatment*

Setelah dilakukannya *pretreatment* dengan menggunakan metode *Microwave Assisted Pretreatment* (MAP) dengan variasi pelarut berupa NaOH 4% dan akuades. Perbandingan kandungan lignoselulosa kulit ari jagung sebelum dan sesudah *pretreatment* dapat dilihat pada Tabel 1 dan grafik pada Gambar 2.

Pretreatment dengan metode MAP menyebabkan terjadinya delignifikasi atau penurunan kadar lignin pada kulit ari jagung. Penurunan kandungan lignin tertinggi terjadi pada hasil pretreatment metode MAP dengan pelarut NaOH 4% yaitu menjadi 0.6% atau terjadi penurunan lignin sebesar 38.78%. Sedangkan *pretreatment* metode MAP dengan pelarut akuades menghasilkan penurunan lignin yang lebih rendah yaitu menjadi 0.8% atau terjadi penurunan lignin hanya sebesar 18.36%. Penurunan kadar lignin terjadi akibat adanya perombakan struktur lignin dikarenakan degradasi ester dan rantai samping glikosidik (Hidayat 2013). Lignin merupakan pelindung selulosa yang dapat menghambat penetrasi enzim ke dalam bahan, sehingga dengan terjadinya pemecahan struktur lignin akan mengakibatkan selulosa lebih mudah dipecah dan hemiselulosa akan lebih mudah terdegradasi (Lee et al. 2009).

Selain terjadi delignifikasi, terjadi juga pemecahan hemiselulosa akibat *pretreatment* ini baik dengan pelarut NaOH 4% maupun dengan akuades. Hal ini dibuktikan dengan menurunnya persentase hemiselulosa setelah *pretreatment*. Penurunan hemiselulosa tertinggi terjadi pada *pretreatment* MAP dengan pelarut NaOH 4% yaitu menjadi 14.6% atau terjadi degradasi hemiselulosa sebesar 71.03%. Sedangkan akuades menyebabkan degradasi hemiselulosa yang jauh lebih rendah yaitu hanya sebanyak 0.8%. Hal ini dikarenakan penggunaan basa pada *pretreatment*

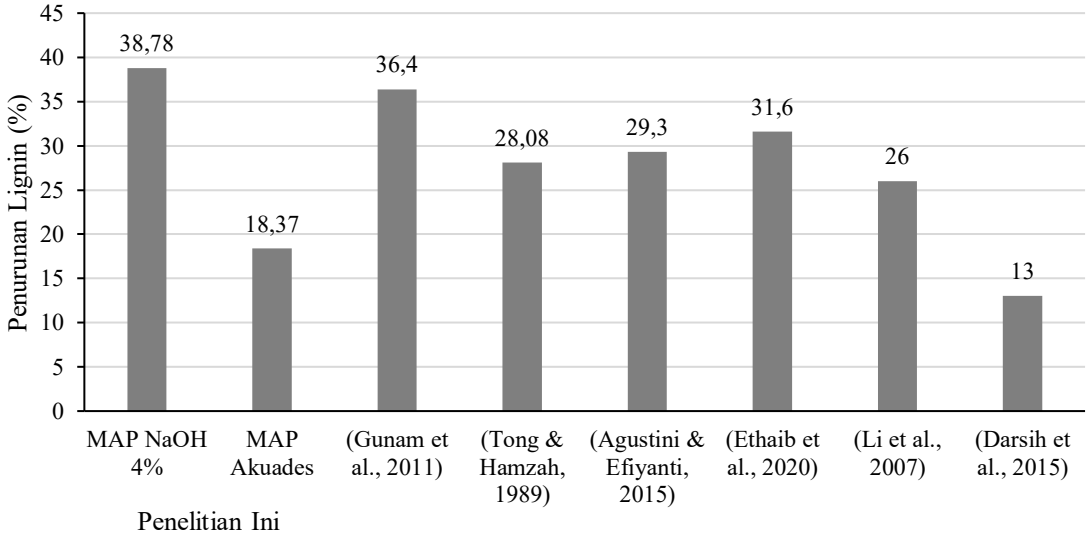
dapat lebih banyak memecah hemiselulosa menjadi monomernya dibandingkan dengan akuades. Jumlah lignin pada penggunaan NaOH 4% yang lebih kecil juga semakin menguatkan hal tersebut. Kandungan lignin yang rendah menunjukkan hambatan yang lebih kecil pada lignoselulosa untuk terpecah menjadi hemiselulosa. Sehingga dengan rendahnya hambatan tersebut, hemiselulosa yang terbentuk akan semakin banyak.

Perbandingan Kemampuan Delignifikasi

Kemampuan delignifikasi atau kemampuan dalam menghilangkan kandungan lignin pada bahan akan berbeda tergantung metode *pretreatment* dan juga bahan yang digunakan. Perbandingan penurunan kadar lignin akibat *pretreatment* pada penelitian ini dengan penelitian lain yang telah dilakukan sebelumnya dapat dilihat pada Gambar 3.

Perbandingan dilakukan dengan membandingkan hasil penelitian terdahulu yaitu diantaranya penelitian Gunam et al. (2011) dengan metode *pretreatment* secara kimia menggunakan NaOH 4% terhadap ampas tebu, penelitian oleh Tong and Hamzah (1989) dengan metode *pretreatment* kimia menggunakan KOH 1,5% terhadap *Palm-press fiber* (PPF), penelitian Agustini and Efiyanti (2015) dengan metode *pretreatment* kimia menggunakan H_2SO_4 1% terhadap pelepah daun kelapa sawit, penelitian Ethaib et al. (2020) dengan metode *pretreatment* fisika-kimia menggunakan *microwave* dan penambahan H_2SO_4 terhadap batang sagu, penelitian Li et al. (2007) dengan metode *pretreatment* fisika-kimia menggunakan *steam explosion* terhadap serpihan kayu aspen, dan terakhir penelitian yang dilakukan oleh Darsih et al. (2015) dengan metode *pretreatment* secara biologis menggunakan jamur pelapuk putih *Marasmius* sp. terhadap serat ampas tebu.

Berdasarkan grafik pada Gambar 3, terlihat adanya perbedaan jelas terhadap kemampuan delignifikasi pada metode *pretreatment* dan bahan yang berbeda. Penurunan kadar lignin pada kulit ari jagung dengan metode *pretreatment* MAP NaOH 4% menempati nilai penurunan lignin paling tinggi jika dibandingkan dengan hasil metode *pretreatment* lain MAP akuades maupun dengan penelitian terdahulu. Penurunan kadar lignin terbesar kedua diperoleh dari penelitian yang dilakukan Gunam et al. (2011) sebesar 36,40% dengan metode *pretreatment* secara kimia menggunakan NaOH 4% terhadap ampas tebu. Sedangkan penurunan kadar lignin terbesar ketiga yaitu sebesar 31,6% oleh *pretreatment* fisika-kimia dengan bantuan microwave yang dilakukan oleh Ethaib et al. (2020) terhadap batang sagu dengan delignifikasi.



Gambar 3 Perbandingan Kemampuan Delignifikasi Beberapa Metode Pretreatment

Berdasarkan perbandingan kemampuan delignifikasi tersebut, selain perbedaan bahan alam yang digunakan, terdapat beberapa perbedaan lain yang dapat mempengaruhi hasil

pretreatment tersebut. Penelitian ini memanfaatkan microwave selama 15 menit pada proses *pretreatment*, sedangkan pada penelitian Gunam et al. (2011) *pretreatment* dilakukan di suhu ruang selama 12 jam. Selain itu, perbandingan antara bahan dan pelarut juga berbeda. Pada penelitian ini dilakukan *pretreatment* dengan rasio kulit ari jagung yaitu 1:25 (b/v), sedangkan pada penelitian Gunam et al. (2011) yaitu 1:15 (b/v). Maka, berdasarkan hal-hal tersebut, dapat dikatakan bahwa beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perbedaan kemampuan delignifikasi pada suatu *pretreatment* yaitu meliputi jenis bahan alam, jenis pelarut, suhu, lama perendaman, serta rasio bahan dengan pelarut.

Kemampuan delignifikasi metode *pretreatment* MAP dengan pelarut akuades menempati posisi kedua dari yang terendah dengan selisih penurunan lignin sebesar 5.37% dari hasil penelitian Darsih et al. (2015) dengan penurunan lignin terendah. Hal ini terjadi dikarenakan akuades atau air memiliki kemampuan yang lebih rendah dalam memutuskan ikatan struktural lignin dibandingkan dengan pelarut basa maupun asam (Ethaib et al. 2015). Sedangkan penggunaan metode biologis pada penelitian Darsih et al. (2015) menghasilkan laju hidrolisis yang rendah sehingga pemutusan ikatan lignin terjadi lebih lambat dan sedikit dibandingkan dengan metode kimia maupun fisika-kimia.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, kandungan lignoselulosa kulit ari jagung mengalami penurunan lignin dan hemiselulosa terbesar pada metode *Microwave Assisted Pretreatment* (MAP) dengan pelarut NaOH 4% yaitu sebesar 38,78% dan 71,03%. Sedangkan pada metode MAP dengan pelarut akuades menghasilkan penurunan lignin sebesar 18.36% dan hemiselulosa sebesar 0.8%. Sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan NaOH 4% sebagai pelarut pada *pretreatment* dengan *microwave* memiliki kemampuan delignifikasi dan degradasi hemiselulosa yang lebih baik dibandingkan dengan akuades.

DAFTAR PUSTAKA

Agustini, L., and Efiyanti, L. 2015. Pengaruh Perlakuan Delignifikasi Terhadap Hidrolisis Selulosa Dan Produksi Etanol Dari Limbah Berlignoselulosa. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(1): 69–80.

BeMiller, J., and Whistler, R. 2009. Corn and Sorghum Starches: Production. In *Starch* (pp. 373–439). Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-746275-2.00009-4

Darsih, C., Krido Wahono, S., Rosyida, V. T., and Kismurtono, M. 2015. White Rot Fungus (Marasmius sp.) Delignification On Sugarcane Bagasse for Bioethanol Production. *International Conference on Science, Technology, and Humanity*, 55–59.

Dewanti, D. P. 2018. Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 19(1): 81–88.

Dewi, W. O. N. T., Dewi, F., Ardiansyah, Hijria, and Ilmawati, W. O. S. 2021. Analisis Kandungan Hemiselulosa, Selulosa, dan Lignin Pelepah Aren (Arenga pinnata Merr.) Analisis Kandungan Hemiselulosa, Selulosa, dan Lignin Pelepah Aren (Arenga pinnata Merr.) Berdasarkan Variasi Umur. *BioWallacea : Jurnal Penelitian Biologi.* 8(1): 29-36=35.

Ethaib, S., Omar, R., Kamal, S. M. M., and Biak, D. R. A. 2015. Microwave-assisted pretreatment of lignocellulosic biomass: A review. *Journal of Engineering Science and Technology.* 97–109. https://www.researchgate.net/publication/281789098

Ethaib, S., Omar, R., Mazlina, M. K. S., and Radiah, A. B. D. 2020. Evaluation of the interactive effect pretreatment parameters via three types of microwave-assisted pretreatment and enzymatic hydrolysis on sugar yield. *Processes.* 8(7): https://doi.org/10.3390/pr8070787

Gunam, I. B. W., Wartini, N. M., Anggraeni, A. A. M. D., and Suparyana, P. M. (2011). Delignifikasi Ampas Tebu Dengan Larutan Natrium Hidroksida Sebelum Proses Sakaraifikasi Secara Enzimatis Menggunakan Enzim Selulase Kasar Dari Aspergillus Niger FNU 6018. *Teknologi Indonesia.* 34: 24–32.

Haluti, S. 2016. Pemanfaatan Potensi Limbah Tongkol Jagung Sebagai Syngas Melalui Proses Gasifikasi Di Wilayah Provinsi

Gorontalo. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*. 9(1): 6–10. http://ojs.unud.ac.id/index.php/jem

Hermiati, E., Mangunwidjaja, D., Sunarti, T. C., Suparno, O., and Prasetya, D. B. 2010. Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu Untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Litbang Pertanian*. 29(4): 121–130.

Hidayat, M. 2013. Teknologi Pretreatment Bahan Lignoselulosa Dalam Proses Produksi Bioetanol (Pretreatment Technologies of Lignocellulosic Materials in Bioethanol Production Process). *BIOPROPAL INDUSTRI*. 4(1): 33–48.

Howard, R. L., Abotsi, E., Rensburg, E. L. J. Van, and Howard, S. (2003). Lignocellulose biotechnology: issues of bioconversion and enzyme production. *African Journal of Biotechnology*. 2(12): 602–619. http://www.academicjournals.org/AJB

Kementrian Pertanian. 2021. *Panen Jagung Nusantara, Bukti Pasokan Jagung Melimpah*. https://www.pertanian.go.id/

Kondo, Y., and Arsyad, M. 2018. Analisis Kandungan Lignin, Sellulosa, dan Hemisellulosa Serat Sabut Kelapa Akibat Perlakuan Alkali. *INTEK: Jurnal Penelitian*. 5(2): 94. https://doi.org/10.31963/intek.v5i2.578

Lee, S. H., Doherty, T. V., Linhardt, R. J., and Dordick, J. S. 2009. Ionic liquid-mediated selective extraction of lignin from wood leading to enhanced enzymatic cellulose hydrolysis. *Biotechnology and Bioengineering*. 102(5): 1368–1376. https://doi.org/10.1002/bit.22179

Li, J., Henriksson, G., and Gellerstedt, G. (2007). Lignin depolymerization/repolymerization and its critical role for delignification of aspen wood by steam explosion. *Bioresource Technology*. 98(16): 3061–3068. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.10.018

Mardawati, E., Andoyo, R., Syukra, K. A., Kresnowati, M., and Bindar, Y. (2018). Production of xylitol from corn cob hydrolysate through acid and enzymatic hydrolysis by yeast. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *141*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/141/1/012019

Pasue, I., Saleh, E. J., and Bahri, S. (2019). Analisis Lignin, Selulosa Dan Hemi Selulosa Jerami Jagung Hasil Difermentasi Trichoderma Viridedengan Masa Inkubasi Yang Berbeda. *Jambura Journal of Animal Science*. 1(2): 62–67.

Purnawan, A., Thontowi, A., Kholida, L. N., and Perwitasari, U. (2021). Hidrolisis Biomasa Lignoselulosa Untuk Xilitol. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 19(3): 485–496. https://doi.org/10.14710/jil.19.3.485-496

Puspita, Y. (2018). *Delignifikasi Batang Rumput Gajah Dengan NaOH dan KAPANG Phanerochaete chrysosporium Yang Diiradiasi Sinar Gamma Untuk Meningkatkan Produksi Bioetanol*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

Tampoebolon, B. I. M. (2002). Pemanfaatan Tumpi (Kulit Ari Jagung) Teramoniasi Sebagai Pakan Dalam Upaya Revitalisasi Usaha Ternak Potong. *Jurnal Badan Penelitian Dan Pengembangan Provinsi Jawa Tengah*. 1(1):

Tong, C. C., and Hamzah, N. M. (1989). Delignification Pretreatment of Palm-Press Fibres by Chemical Method. *Pertanika*. 12(3): 399–403.

Van Soest, P. J., Robertson, J. B., and Lewis, B. A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74(10): 3583–3597. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2