

PEMANFAATAN AMPAS SAGU UNTUK PRODUKSI BIOETANOL

Alfino Hendra¹, Chairul², Zultiniar²

¹Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Kimia, ²Dosen Teknik Kimia
Laboratorium Pulp Making
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. H.R. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
E-mail: alfinoh31@gmail.com

ABSTRACT

*Sago waste is a lignocellulosic material that can be used as a raw material for making bioethanol. The lignin content in lignocellulose can inhibit the rate of saccharification by blocking access to cellulase enzymes in cellulose. The pretreatment stage is the initial stage of the conversion process of lignocellulose to bioethanol with the aim of reducing lignin levels in lignocellulose. The next steps in the conversion of lignocellulosic material to bioethanol are saccharification and fermentation. In this study, the pretreatment stage was carried out using 10% NaOH solution at a 4 bar pressure reactor and a temperature of 140 °C, while the saccharification and fermentation stages were carried out simultaneously (SSF) with the help of cellulase enzymes and yeast *Saccharomyces cerevisiae* at temperature conditions of 30 °C and pH 5. The research was carried out by varying the ratio of sago waste with NaOH solution and the time of the pretreatment process. The ratio of sago waste and the solvent used were 1:5, 1:6, and 1:7, while the processing time started from 20 minutes, 30 minutes and 40 minutes.. The results of the initial treatment stage were then continued with SSF for 0 hours, 24 hours, 48 hours, and 72 hours with the highest bioethanol content of 12% at 72 hours.*

Keyword: Bioethanol, lignocellulose, pretreatment, sago solid waste, SSF

1. PENDAHULUAN

Berkurangnya potensi energi fosil terutama minyak dan gas bumi, mendorong pemerintah untuk menjadikan Energi Baru Terbarukan (EBT) sebagai prioritas utama untuk menjaga ketahanan dan kemandirian energi. Energi baru dan terbarukan, seperti panas bumi, ombak, arus laut, bahan bakar nabati (*biofuel*) dan OTEC (*Ocean Thermal Energy Conversion*) telah menjadi pilihan energi baru terbarukan (Rompas, Kawung, & Tilaar, 2018). Bahan bakar nabati (BBN) adalah semua bahan bakar yang berasal dari minyak nabati. Oleh karena itu, BBN dapat

berupa *biodiesel*, bioetanol, *bio-oil* (Prastowo, 2007). Bioetanol merupakan senyawa alkohol yang diperoleh melalui proses fermentasi menggunakan galur khamir *Saccharomyces cerevisiae* yang mampu mengkonversi gula-gula pereduksi seperti glukosa menjadi etanol (Amalia, Muria, & Chairul, 2014). Salah satu biomassa yang berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi bioetanol adalah limbah padat sago. Ampas sago merupakan bahan lignoselulosa yang tersusun atas lignin, selulosa, hemiselulosa, zat ekstraktif dan pati.

Provinsi Riau khususnya kabupaten Kepulauan Meranti merupakan daerah penghasil sagu terbesar di Indonesia yang mana provinsi Riau pada tahun 2016 memproduksi sagu sebesar 326.755 ton atau sekitar 85,1% dari total produksi sagu Indonesia (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2017). Di daerah ini terdapat pabrik pengolahan sagu yang menghasilkan produk samping berupa limbah padat sagu. Ampas sagu merupakan salah satu bahan baku bioetanol generasi kedua yang berupa limbah biomassa yang mengandung lignoselulosa. Dengan jumlah limbah padat sagu yang cukup banyak tersebut, berpotensi untuk diolah menjadi bioethanol.

Teknologi produksi bioetanol dari limbah lignoselulosa secara umum meliputi tahapan *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi dan pemisahan produk/distilasi. Kendala utama proses teknologi pembuatan bioetanol dari bahan lignoselulosa adalah adanya lignin dapat menghambat laju hidrolisis dengan menghalangi akses selulase pada selulosa, sehingga perlu pemilihan tahap *pretreatment* yang tepat untuk produksi bioetanol dari bahan lignoselulosa. Tahap ini sangat menentukan kuantitas dan kualitas bioetanol yang dihasilkan nantinya (Hidayat, 2013). Perlakuan awal alkali banyak dilakukan menggunakan NaOH. Perlakuan dengan NaOH dipilih karena larutan ini cukup efektif dalam meningkatkan hasil hidrolisis, dan relatif lebih murah dibandingkan dengan reagen kimia lainnya (Gunam, Wartini, Anggreni, & Suparyana, 2011). Perlakuan awal kimia dengan NaOH umumnya terjadi pada suhu rendah, namun mempunyai kelemahan waktu proses yang

lama yaitu diatas 1 jam bahkan hampir 24 jam (Muryanto, Sudyani, & Abinyu, 2016).

Proses hidrolisis dan fermentasi untuk memproduksi bioetanol dapat dilakukan secara terpisah, atau *Separate Hydrolysis and Fermentation* (SHF). Namun proses tersebut masih kurang efektif karena dilakukan dalam dua buah reaktor dan tidak dilakukan secara berkelanjutan atau simultan tanpa melalui tenggang waktu yang lama (Nuryanti, Muria, & Chairul, 2014). Metode lain hidrolisis dan fermentasi adalah Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan atau *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF). Dalam SSF, hidrolisis dan fermentasi terletak di reaktor tunggal, enzim dan ragi disatukan, sehingga glukosa dengan cepat diubah menjadi etanol (Dahnum, Tasum, Triwahyuni, Nurdin, & Abimanyu, 2015). Proses SSF memungkinkan terjadinya hidrolisis yang lebih maksimal terutama pada proses yang menggunakan enzim dalam proses hidrolisisnya. Hal ini dapat terjadi karena hasil hidrolisis langsung difermentasi oleh mikroorganisme sehingga *inhibitor* enzim berupa selobiosa dan glukosa dapat diminimalkan (Chairul et al., 2011).

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Bahan

Bahan baku pada penelitian ini adalah ampas sagu yang diperoleh dari kabupaten Kepulauan Meranti. Bahan-bahan yang digunakan antara lain enzim selulase komersial dengan merk NOVOzymes, ragi *Saccharomyces Cerevisiae*, NaOH, KH_2PO_4 , MgSO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, H_2SO_4 , buffer astat pH

5, glukosa, reagen Nelson, larutan arsenomolybdat dan akuades.

2.2 Prosedur Penelitian

Tahapan pembuatan bioetanol dari ampas sagu melalui proses sakarifikasi dan fermentasi serentak melalui beberapa tahapan yaitu: persiapan bahan baku, delignifikasi, proses sakarifikasi dan fermentasi serentak (SSF). Karakteristik lignoselulosa bahan baku dan setelah pretreatment menggunakan metode Chesson, sedangkan kadar bioethanol menggunakan alat alkoholmeter.

2.2.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah padat sagu yang diperoleh dari Kabupaten Meranti. Sebelum digunakan, limbah padat sagu dicuci hingga bersih dan dikeringkan dengan oven suhu 105 °C, setelah itu dihaluskan kemudian diayak hingga berukuran 30-40 mesh.

Proses delignifikasi atau *Pretreatment* menggunakan PARR Reaktor dengan menggunakan larutan NaOH 10%. Perbandingan antara massa ampas sagu dengan larutan NaOH divariasikan 1:5; 1:6; 1:7. Tekanan diatur 4 bar pada awal proses delignifikasi. Temperatur yang digunakan pada penelitian ini adalah 140 °C, sedangkan waktu proses adalah 20, 30 dan 40 menit. Setelah proses selesai, campuran yang terdiri dari lignoselulosa dan NaOH disaring untuk memisahkan padatan ampas sagu dan *black liquor*. Ampas sagu hasil penyaringan dicuci hingga pH cairan pencuci netral, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C hingga berat konstan dan selanjutnya

digunakan pada proses sakarifikasi dan fermentasi serentak (SSF).

2.2.2 Sakarifikasi Dan Fermentasi Serentak (SSF)

Proses SSF ini menggabungkan antara hidrolisis enzim dan fermentasi yang dilakukan serentak di dalam satu reaktor. Enzim yang digunakan adalah enzim selulase serta *yeast* yang digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Medium untuk SSF sebanyak 2000 mL terdiri dari sampel ampas sagu, nutrients medium, buffer asetat (pH = 5), enzim selulase 1% dari total medium fermentasi, *yeast* inokulum dan akuades. Ampas sagu yang digunakan adalah campuran dari berbagai hasil *pretreatment* dan dihitung kembali kandungan lignoselulosanya. Nutrients medium terdiri dari (NH₄)₂PO₄ 1,0 g/L, MgSO₄.7H₂O 0,05 g/L dan *yeast extract* 2 g/L. Semua Bahan, kecuali enzim dan inokulum disterilisasi selama 15 menit pada temperatur 121 °C menggunakan *autoclave*. Enzim dan inokulum ditambahkan setelah media steril dingin. Kemudian dishaker dengan kecepatan 150 rpm selama 0, 24, 48, dan 72 jam. Kultivasi diambil dan dimasukkan kedalam micro sentrifuge tube. Pisahkan cairan bersih dan endapan dalam tabung sentrifuge, kemudian cairan dipisahkan antara etanol-air dengan garam-garam nutrisi menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 80-85 °C. Konsentrasi etanol diukur dengan menggunakan alkoholmeter.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Ampas Sagu

Karakteristik ampas sagu sebelum dilakukan pretreatment dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa ampas sagu memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi yaitu 33,04%. Nilai kandungan lignoselulosa ampas sagu pada penelitian ini tidak jauh berbeda dengan penelitian(Ahmad, Muria, & Rahani, 2020). Kandungan selulosa yang cukup tinggi ini ampas sagu berpotensi dijadikan bahan baku pembuatan bioetanol. Namun kandungan lignin pada ampas sagu yaitu 12,46% perlu dikurangi agar dapat membantu peningkatan kinerja enzim pada saat hidrolisis atau sakarifikasi ampas sagu.

Tabel 1. Komposisi Lignoselulosa Ampas Sagu

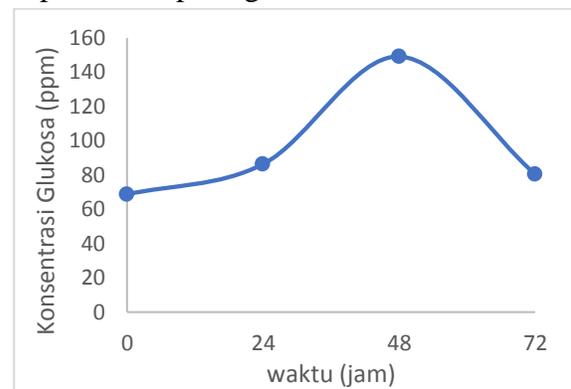
Komponen	Komposisi (%)	
	Ahmad et al., (2020)	Penelitian ini
Lignin	9,75	12,46
Selulosa	35,6	33,02
Hemiselulosa	22,43	18,87
Abu	-	4,52
HWS	-	31,13

3.4 Pengaruh Waktu Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak Terhadap Bioetanol

Proses sakarifikasi dan fermentasi serentak dari ampas sagu yang telah mengalami perlakuan awal dilakukan dalam kondisi anaerob dengan bantuan enzim selulase dan ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Ampas sagu yang digunakan pada proses SSF ini merupakan campuran dari beberapa hasil *pretreatment* dengan berbagai kondisi dan dihitung kembali kandungan

lignoselulosanya, kandungan lignoselulosa dari ampas sagu yang digunakan pada proses SSF adalah selulosa 66,04%, hemiselulosa 15,0%, lignin 9,27%, dan abu 2,92%.

Pada proses sakarifikasi dan fermentasi pembuatan bioetanol dipengaruhi oleh beberapa factor seperti tingkat keasaman (pH), suhu, nutrisi, dan waktu fermentasi. Pengaruh waktu sakarifikasi dan Fermentasi serentak terhadap kadar glukosa dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Pengaruh waktu proses SSF terhadap kadar konsentrasi glukosa

Hasil penelitian sakarifikasi dan fermentasi serentak menunjukkan saat pengambilan sampel pada waktu 0, 24, 48, dan 72 jam berturut-turut diperoleh glukosa sebesar 68,62ppm, 86,27ppm, 149,02ppm, dan 80,39ppm. Berdasarkan gambar 4.8 pengukuran glukosa pada waktu 0 jam sampai dengan 48 jam mengalami peningkatan, namun setelah pada waktu 48 jam hingga 72 jam mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan jumlah substrat berupa selulosa pada awal sakarifikasi masih cukup banyak sehingga dengan semakin lamanya waktu sakarifikasi, konversi selulosa menjadi glukosa yang dihasilkan juga meningkat, namun pada waktu tertentu akan mengalami penurunan

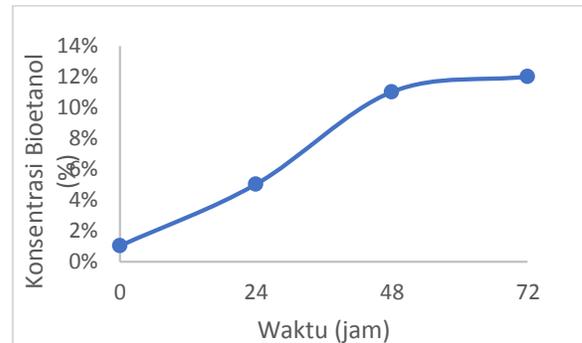
kadar glukosa dikarenakan semakin lamanya waktu hidrolisis jumlah substrat akan semakin berkurang karena telah banyak yang terhidrolisis sehingga glukosa yang dihasilkan cenderung menurun atau konstan (Kodri, Argo, & Yulianingsih, 2013).

Glukosa yang dihasilkan pada proses sakarifikasi dan fermentasi serentak dapat dikatakan sangat kecil dikarenakan glukosa yang terbentuk saat hidrolisis menggunakan enzim selulase hampir selalu dikonversi menjadi bioetanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* (Dahnum et al., 2015). Menurut Azizah et al., (2012) gula-gula yang terdapat dalam medium fermentasi akan dikonversi menjadi bioetanol dengan bantuan *Saccharomyces cerevisiae*. *Saccharomyces cerevisiae* dapat mengkonversi gula menjadi bioetanol karena adanya enzim invertase dan zimase. Adanya enzim–enzim ini *Saccharomyces cerevisiae* memiliki kemampuan untuk mengkonversi baik gula dari kelompok monosakarida maupun dari kelompok disakarida. Gula yang tersedia dalam substrat merupakan gula disakarida maka enzim invertase akan bekerja menghidrolisis disakarida menjadi monosakarida. Setelah itu, enzim zimase akan mengubah monosakarida tersebut menjadi alkohol dan CO₂.

Pengaruh waktu sakarifikasi dan Fermentasi serentak terhadap kadar glukosa dapat dilihat pada gambar 2. Konsentrasi bioetanol pada pengambilan sampel 0 jam, 24, jam, 48 jam dan 72 jam mengalami peningkatan yaitu berturut-turut sebesar 1%, 5%, 11% dan 12%. Hal tersebut menunjukkan dengan semakin lamanya fermentasi akan meningkatkan jumlah alkohol yang dihasilkan, namun

lamanya proses fermentasi memiliki batas maksimum (Judoamidjoet al., 1992).

Konsentrasi bioetanol pada penelitian ini pada waktu 72 jam belum terlihat kondisi puncak produksi bioetanol dan kemungkinan jika waktu SSF diperpanjang akan menghasilkan konsentrasi bioetanol yang lebih tinggi.



Gambar 2. Pengaruh waktu proses SSF terhadap konsentrasi bioetanol

Hasil perolehan konsentrasi bioetanol penelitian ini dapat dikatakan lebih baik jika dibandingkan dengan penelitian Amalia et al., (2014) yang melakukan konversi ampas sagu menjadi bioetanol dengan proses SSF tanpa *pretreatment* menghasilkan konsentrasi bioetanol sebesar 8% dengan waktu fermentasi 72 jam. Hal ini membuktikan bahwa proses *pretreatment* sangat efektif untuk meningkatkan konversi ampas sagu menjadi bioetanol. Dengan adanya proses *pretreatment* kandungan lignin pada ampas sagu yang dapat menghalangi kinerja enzim selulase dalam proses menkonversi selulosa menjadi glukosa dapat dikurangi.

4. KESIMPULAN

1. Limbah padat sagu dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol karena memiliki

kandungan selulosa yang cukup tinggi yaitu sebesar 33,02%

2. Waktu terbaik pada proses sakarifikasi dan fermentasi serentak didapatkan pada waktu 72 jam dengan konsentrasi bioetanol 12%.

3. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., Muria, S. R., & Rahani. (2020). Pengaruh Konsentrasi Asam Klorida (HCl) Pada Hidrolisis dan Waktu Fermentasi Terhadap Limbah Padat Sagu Menjadi Bioetanol. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, 4(10), 1–7.
- Amalia, Y., Muria, S. R., & Chairul. (2014). Pembuatan Bioetanol dari Limbah Padat Sagu menggunakan Enzim Selulase dan Yeast *Saccharomyces Cerevisiae* dengan Proses Simultaneous Sacharification and Fermentation (SSF). *JOM FT Universitas Riau*, 1, 12.
- Chairul, Nugroho, T., Gozan, M., Amraini, S. Z., Muria, S. R., & Rifai, M. (2011). Sakarifikasi dan Ko-Fermentasi Serentak Reject Pulp Menjadi Bioetanol Menggunakan Enzim Selulase- Xilanase serta Kombinasi *S. cerevisiae*-*P. Stipitis*. *Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Riset Dan Teknologi Di Bidang Industri*, 17, 978–979.
- Dahnum, D., Tasum, S. O., Triwahyuni, E., Nurdin, M., & Abimanyu, H. (2015). Comparison of SHF and SSF processes using enzyme and dry yeast for optimization of bioethanol production from empty fruit bunch. *Energy Procedia*, 68, 107–116.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2017). *Statistik Perkebunan Indonesia 2016 - 2018: Sagu*.
- Gunam, I. B. W., Wartini, N. M., Anggreni, A. A. M. D., & Suparyana, P. M. (2011). Delignifikasi Ampas Tebu Dengan Larutan Natrium Hidroksida Sebelum Proses Sakarifikasi Secara Enzimatis Menggunakan Enzim Selulase Kasar. *Jurnal Teknologi Indonesia*, 34, 24–32.
- Hidayat, M. R. (2013). Bahan lignoselulosa dalam proses produksi bioetanol. *Biopropal Industri*, 4(1), 33–48.
- Judoamidjojo. (1992). *Teknologi Fermentasi*, Jakarta: Rajawali Pers.
- Muryanto, Sudiyani, Y., & Abinyu, H. (2016). Optimasi Proses Perlakuan Awal NaOH Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk menjadi Bioetanol. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, 18(1), 27–35.
- Nuryanti, L., Muria, S. R., & Chairul. (2014). Pembuatan bioetanol limbah padat sagu menggunakan enzim selulase dan yeast *Saccharomyces cerevisiae* dengan proses simultaneous sacharification and fermentation (SSF). *JOM FT Universitas Riau*, 1(1), 1–6.
- Prastowo, B. (2007). Bahan Bakar Nabati Asal Tanaman Perkebunan Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Tanah Untuk Rumah Tangga. *Perspektif Review Penelitian Tanaman Industri*, 6(1), 10–18.
- Rompas, R. M., Kawung, N. J., & Tilaar, S. O. (2018). *Bahan Bakar Nabati* (1st ed.). Yogyakarta: Deepublish.