



Pengaruh Konsentrasi H₂SO₄ (Asam Sulfat) pada Proses Hidrolisis dan Waktu Fermentasi Terhadap Pemanfaatan Limbah Sagu Menjadi Bioetanol

Adrianto Ahmad*, Sri Rezeki Muria dan Hilmiyati

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru
Panam, Pekanbaru 28293

*E-mail: adri@unri.ac.id

Abstract

*Bioethanol is a renewable alternative energy source that can be used as an alternative fuel. Bioethanol is a fermented product that can be made from substrates that contain carbohydrates (sugar, starch, cellulose). Sago pulp is a very abundant biomass that has not been utilized properly, so far sago pulp has only been used as fertilizer and animal feed. Biomass containing cellulose such as sago pulp can be converted into bioethanol through hydrolysis and fermentation processes. The purpose of this study is to examine the use of sago pulp as a raw material in the manufacture of bioethanol, determine the effect of sulfuric acid concentration on the hydrolysis process and determine the optimum time of bioethanol production by the method of separate hydrolysis and fermentation (SHF). The steps taken in this research were pretreatment of sago pulp using NaOH 1M. Acid hydrolysis using H₂SO₄ with variations in concentrations of 1 M, 2 M and 3 M at 100°C with a reaction time of 3 hours. The fermentation process uses *Saccharomyces cerevisiae* with a variation of fermentation time of 1 day, 2 days, 3 days, 4 days and 5 days. The results showed the highest sugar content was found in the hydrolysis process of sago pulp with the addition of 2M sulfuric acid concentration which was 134.08 g / L. The highest levels of bioethanol in the SHF process were also obtained at 4 days fermentation for 8% or 63.14 g / L.*

Keywords: fermentation, glucose, hydrolysis, sago waste, SHF

Pendahuluan

Pertambahan penduduk di setiap negara berbanding lurus dengan meningkatnya jumlah bahan bakar minyak yang dibutuhkan. Peningkatan permintaan energi menyebabkan menipisnya sumber cadangan minyak dunia. Selain itu, permasalahan emisi dari bahan bakar fosil memberikan tekanan pada setiap negara untuk segera memproduksi dan menggunakan energi terbarukan. Oleh karena itu, banyak negara mulai sibuk mencari sumber energi lain yang mampu menggantikan minyak bumi. Bahan bakar alternatif yang dikembangkan saat ini salah satunya adalah bioetanol. Etanol yang diproduksi umumnya berasal dari etanol generasi pertama, yaitu etanol yang dibuat dari gula (seperti tebu) atau pati (seperti jagung). Kemudian berkembanglah penelitian etanol generasi kedua, yaitu etanol dari biomassa lignoselulosa (Nugrahini, 2016). Biomassa berperan penting sebagai sumber energi terbarukan, dengan penggunaan teknologi modern dalam pengkonversiannya dan dapat menjaga emisi pada tingkat yang rendah.

Biomassa lignoselulosa di Indonesia sangat berlimpah dan tidak dimanfaatkan secara optimal, salah satunya berasal dari ampas sago. Populasi tanaman sago di Indonesia di perkirakan terbesar di dunia, sekitar 1,128 juta ha atau luas 51,3% tersebut merupakan setengah dari areal sago di dunia (2,201 juta ha), sehingga dapat dimanfaatkan untuk ketahanan pangan dan energi di masa akan datang (Alfons dan Rivaie, 2011). Indonesia merupakan negara yang memiliki tingkat produksi sago yang cukup besar. Industri ekstraksi sago diperoleh 18,5% pati dan 81,5% limbah sago, limbah dari hasil ekstraksi pohon sago bermacam-macam dan umumnya belum dimanfaatkan yaitu salah satunya ampas sago yang merupakan salah satu jenis biomassa (Amalia, 2014).

Bioetanol merupakan salah satu sumber bahan bakar alternatif yang diolah dari tumbuhan, dimana memiliki keunggulan mampu menurunkan emisi CO₂ hingga 18% (Wusnah dkk., 2016). Bioetanol dapat dibuat dari karbohidrat yang berupa gula. Gula ini dengan bantuan mikroorganisme dapat diubah menjadi etanol melalui proses fermentasi (Senam, 2009). Faktor yang dapat mempengaruhi jumlah bioetanol yang dihasilkan dari fermentasi adalah mikroorganisme dan media yang digunakan. Selain itu hal yang perlu diperhatikan selama fermentasi adalah pemilihan khamir, konsentrasi glukosa, keasaman, ada tidaknya oksigen dan temperatur (Amalia, 2014).





Metode Penelitian

Bahan Penelitian

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah sagu. Bahan lain yang digunakan adalah larutan pemasak (NaOH), H₂SO₄ (1 M, 2 M, dan 3 M), *Saccharomyces cerevisiae*, KH₂PO₄, MgSO₄·7H₂O, (NH₄)₂SO₄, glukosa dan larutan antron untuk analisa glukosa.

Alat Penelitian

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bioreaktor, *autoclave*, *shaker*, *rotary evaporator*, oven, erlenmeyer, gelas ukur, tabung reaksi, pH meter, neraca analitik, *thermometer*, kapas, dan *vortex mixer*. Untuk alat analisa yang digunakan yaitu spektrofotometer UV-Vis dan Refraktometer.

Variabel Penelitian

Variabel berubah pada penelitian ini adalah konsentrasi larutan H₂SO₄ (1 M, 2 M, dan 3 M) pada proses hidrolisis dan waktu fermentasi (1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari, dan 5 hari).

Prosedur Penelitian

Persiapan Bahan Baku

Penelitian ini menggunakan bahan baku limbah sagu yang diperoleh dari Selatpanjang Kab. Kepulauan Meranti, Riau. Sebelum digunakan, limbah padat sagu dicuci hingga bersih dan dikeringkan, kemudian uji kadar air dan uji bahan baku. Setelah itu dihaluskan kemudian diayak hingga berukuran 40 mesh.

Pretreatment Ampas sagu

Pretreatment dilakukan dengan cara pencampuran ampas sagu yang telah diayak dengan NaOH 1 M rasio 1:10 (b/v). Larutan dihomogenisasi menggunakan *shaker* dengan kecepatan 100 rpm selama 3 menit dan kemudian dipanaskan pada suhu 100 °C selama 60 menit. Setelah itu, ampas sagu disaring dan dicuci menggunakan akuades hingga pH netral dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 105 °C hingga beratnya konstan.

Hidrolisis Ampas sagu

Ampas sagu dihidrolisis menggunakan H₂SO₄ dengan variasi konsentrasi 1 M, 2 M, dan 3 M. Perbandingan ampas sagu dengan H₂SO₄ (1:20 b/v) kondisi operasi pada suhu 100 °C selama 3 jam. Hasil hidrolisis disaring diambil filtratnya dan residunya dibuang. Filtrat tersebut merupakan larutan yang mengandung glukosa hasil konversi ampas sagu. Selanjutnya, larutan dinetralkan menggunakan NaOH 50% hingga pH mencapai 4,5. Larutan hasil hidrolisis akan dianalisa kadar glukosa awal menggunakan spektrofotometer dan masuk ketahap selanjutnya yaitu difermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*.

Pembuatan Inokulum

Pembuatan inokulum dilakukan dalam erlenmeyer dengan cara *Saccharomyces cerevisiae* dari ragi kemasan diinokulasi ke dalam 200 ml medium *stater* yang mengandung nutrisi glukosa hasil hidrolisis, 0,02 gr KH₂PO₄, 0,01 gr MgSO₄·7H₂O, 0,4 gr (NH₄)₂SO₄. Sebelum diinokulasi, medium disterilisasi dalam *autoclave* pada suhu 121 °C selama 15 menit, kemudian didinginkan hingga suhu inokulum mencapai suhu ruang. Setelah dingin, sebanyak 4 gram *yeast* dimasukkan ke dalam medium lalu diaduk dengan menggunakan *shaker* selama 24 jam dengan kecepatan 200 rpm.

Proses Fermentasi

Proses fermentasi ini menggunakan metode SHF dimana proses hidrolisis substrat dan proses fermentasi dilakukan secara terpisah. Medium yang digunakan untuk fermentasi sebanyak 2000 ml yang terdiri dari 1800 ml larutan glukosa hasil hidrolisis ampas sagu dan nutrisi terdiri dari (1,8 gr KH₂PO₄, 0,09 gr MgSO₄·7H₂O, 3,6 gr (NH₄)₂SO₄) dan inokulum sebanyak 200 ml. Larutan glukosa dan nutrisi dimasukkan ke dalam unit fermentor, dan kemudian ditambahkan larutan inokulum. Medium fermentasi yang terdapat didalam fermentor ditutup menggunakan kapas dan kain kasa, kemudian difermentasi dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Waktu fermentasi selama 5 hari dan dilakukan pengambilan sampel pada 1, 2, 3, 4 dan 5 hari sebanyak 150 ml. Setelah waktu fermentasi tercapai, selanjutnya sampel hasil fermentasi dianalisis kadar glukosa sisa, berat sel kering dan bioetanol yang dihasilkan.

Pemisahan

Hasil fermentasi dipisahkan dari mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae*, nutrisi dan larutan gula sisa, dengan cara menguapkan campuran bioetanol dan air pada suhu 77-80 °C dengan menggunakan *rotary evaporator*.

Analisis Hasil

Pada penelitian ini parameter yang dianalisis yaitu konsentrasi bioetanol, konsentrasi gula substrat, dan berat sel kering. Konsentrasi gula substrat berupa kadar gula awal dan kadar gula akhir dianalisis dengan metode anthrone

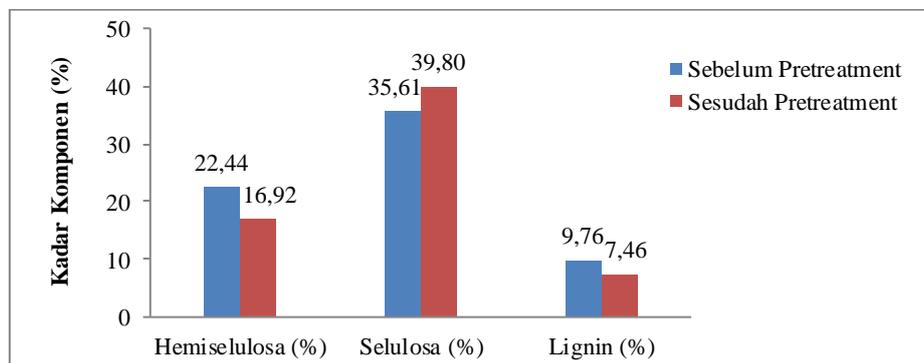


menggunakan Spektrofotometer *UV-Vis*. Untuk pengukuran kadar bioetanol akan dianalisis dengan menggunakan refraktometer. Pengukuran berat sel kering dilakukan dengan ditimbang berat sampai konstan.

Hasil dan Pembahasan

Pretreatment Ampas Sagu

Ampas sagu merupakan biomassa lignoselulosa yang digunakan pada penelitian ini. Ampas sagu yang digunakan adalah ampas sagu dari hasil pengolah tepung sagu yang diambil dari Selatpanjang Kabupaten Kepulauan Meranti, Riau. Ampas sagu dilakukan analisis lignoselulosa sebelum *pretreatment* dan sesudah *pretreatment* menggunakan metode Chesson-Datta. Hasil analisis ampas sagu dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Komposisi Ampas Sagu

Gambar 1 menunjukkan bahwa komposisi ampas sagu mengalami perubahan setelah dilakukan *pretreatment*. Kadar selulosa mengalami peningkatan sebesar 4.19%. Komposisi selulosa yang meningkat disebabkan rusaknya senyawa lignin oleh NaOH yang ditandai dengan berubahnya pelarut menjadi warna hitam dan struktur yang lebih lunak. Hal ini menunjukkan bahwa komponen lignin dan hemiselulosa yang terikat pada selulosa telah terdegradasi, sehingga komponen selulosa meningkat persentasenya dari total seluruh komponen pada ampas sagu tersebut (Lestari dkk., 2016). Kadar hemiselulosa dan lignin mengalami penurunan sebesar 5,52% dan 2,3%. Komposisi lignin yang menurun ini dikarenakan penggunaan senyawa alkali yaitu NaOH yang dapat menyebabkan pecahnya struktur lignin sehingga kadar lignin semakin berkurang. Ikatan selulosa dan lignin yang diberi perlakuan alkali akan menyebabkan ikatan eter pada lignoselulosa terputus dan lignin akan bereaksi dengan alkali membentuk senyawa lignin-alkali yang mudah larut dalam air (Asip dkk., 2016). Pada komposisi hemiselulosa yang menurun terjadi karena adanya reaksi oksidasi sehingga hemiselulosa terdegradasi menjadi unit-unit yang sederhana sehingga mudah larut dalam air (Sukowati dkk., 2014).

Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 terhadap Kadar Gula

Produksi gula dilakukan dengan cara menghidrolisis ampas sagu hasil *pretreatment*. Hidrolisis ampas sagu menggunakan katalis asam (H_2SO_4) dengan penambahan konsentrasi larutan asam 1 M, 2 M dan 3 M waktu proses 3 jam pada suhu 100°C. Kadar gula hasil hidrolisis ampas sagu dapat ditentukan dengan metode antrone-sulfat. Konsentrasi asam pada hidrolisis merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kadar gula. Pengukuran ini tidaklah mempunyai patokan yang tetap karena hasil yang diperoleh berbeda, sesuai dengan keadaan sampel. Beberapa peneliti sebelumnya menyatakan bahwa penggunaan asam dengan konsentrasi tinggi akan memberikan kadar gula yang tinggi setelah melalui tahapan hidrolisis. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Konsentrasi Larutan Gula Hasil Hidrolisis

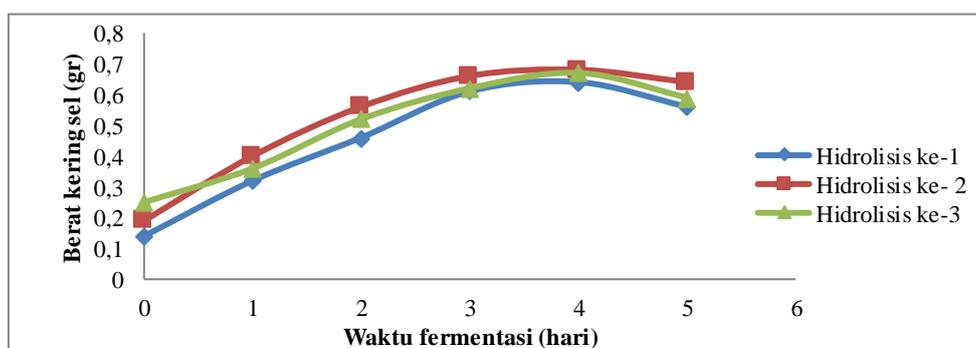
Hidrolisis Asam Sulfat	Konsentrasi (g/L)
1 M	106,78
2 M	134,08
3 M	122,86

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa bahwa konsentrasi gula yang dihasilkan pada hidrolisis asam dengan konsentrasi H_2SO_4 1M menghasilkan konsentrasi gula sebesar 106,78 gr/L dimana gula yang dihasilkan lebih rendah jika dibandingkan dengan penambahan konsentrasi H_2SO_4 2M yaitu sebesar 134,08 gr/L, dan pada penambahan H_2SO_4 3M gula yang dihasilkan menurun yaitu sebesar 122,86 gr/L. Konsentrasi asam merupakan salah satu faktor yang berpengaruh pada proses hidrolisis, dimana penggunaan asam dengan konsentrasi tinggi ataupun rendah akan memberikan hasil yang bervariasi.

Pada proses hidrolisis, gugus H^+ dari asam akan mengubah gugus serat dari ampas sagu menjadi gugus radikal bebas. Gugus radikal bebas serat kemudian akan berikatan dengan gugus OH^- dari air dan menghasilkan glukosa (Idral dkk., 2012). Oleh karena itu, pada konsentrasi H_2SO_4 1 M jumlah H^+ dari H_2SO_4 belum mencukupi sehingga tidak banyak gugus radikal bebas yang terbentuk dari ampas sagu dan gula yang dihasilkan masih sedikit. Pada proses hidrolisis konsentrasi H_2SO_4 2 M, kadar gula yang dihasilkan lebih banyak. Menurut Sjarif (2014), hal tersebut karena pada konsentrasi asam 2 M terjadi proses degradasi selulosa ampas sagu secara optimal, dimana komponen asam dapat secara optimal memutuskan rantai ikatan alfa dan beta selulosa sehingga terputus menjadi monomer-monomer gula tunggal, yakni glukosa (selulosa tersusun oleh monosakarida diantaranya glukosa dengan ikatan alfa dan beta). Namun pada hidrolisis H_2SO_4 3 M kadar gula yang dihasilkan menurun, penurunan kadar gula disebabkan penambahan konsentrasi larutan asam yang membentuk lebih banyak gugus radikal bebas, tetapi dapat menyebabkan semakin sedikitnya jumlah air dalam larutan hidrolisis sehingga mempengaruhi kadar gula yang dihasilkan (Miskah dkk., 2016). Selain itu, peningkatan konsentrasi asam tersebut juga dapat mengakibatkan terdegradasinya gula yang sudah terbentuk menjadi produk samping yang dapat menjadi inhibitor pada proses selanjutnya (Harianja dkk., 2015).

Analisis Berat kering sel terhadap Konsentrasi Gula

Hasil pengukuran berat kering sel *Saccharomyces cerevisiae* selama proses fermentasi dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.

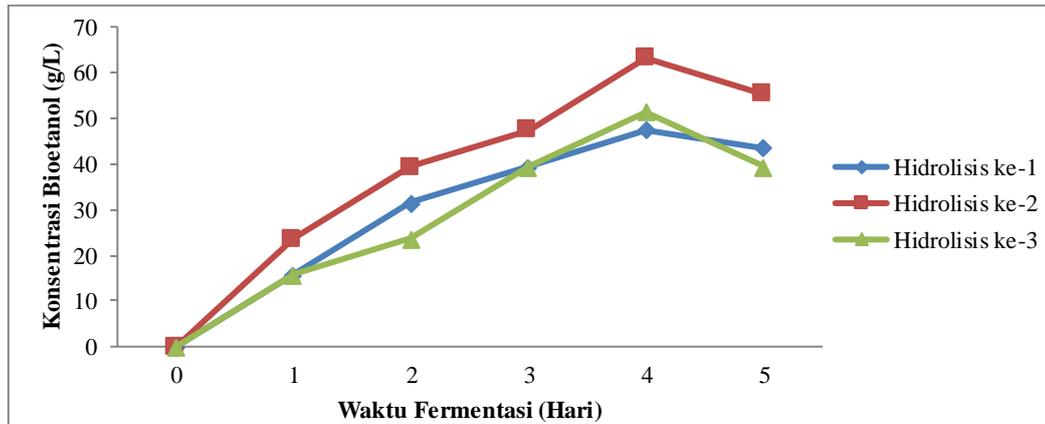


Gambar 2 Pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* selama proses fermentasi

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat semakin lama waktu fermentasi berat kering sel meningkat, hal ini karena *Saccharomyces cerevisiae* mengkonsumsi gula yang ada di dalam substrat yang digunakan mikroba untuk memperbanyak sel serta menghasilkan bioetanol. Pada waktu fermentasi 0-1 hari jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae* masih rendah, hal ini karena masih tahap fase adaptasi sel atau penyesuaian medium fermentasi. Jumlah sel kemudian terus meningkat pada hari ke 2 sampai hari ke 4, hal ini dikarenakan *Saccharomyces cerevisiae* membelah diri dan memperbanyak sel. Pada hari ke 2 jumlah sel meningkat dari hari pertama, hal tersebut karena *Saccharomyces cerevisiae* telah melewati fase adaptasi dan memasuki fase eksponensial, dimana pada fase ini mikroba dapat bertambah banyak dengan konstanta tetap pada waktu tertentu. Pada hari ke 3 dan ke 4 berat kering sel yang dihasilkan tidak terlalu jauh perbedaan bertambahnya jumlah sel kering, hal tersebut menandakan sel masuk tahap fase stasioner, yaitu fase dimana pertumbuhan mencapai keadaan yang maksimum dan mikroorganisme yang aktif mulai mati karena nutrisi semakin sedikit (Tu'ljannah, 2018). Pada hari ke 5 jumlah sel menurun, menunjukkan bahwa sel telah mengalami fase kematian. Hal ini disebabkan karena pada awal fermentasi, gula reduksi didalam media masih banyak sehingga proses pembelahan dan aktivitas fermentasi sel *Saccharomyces cerevisiae* berjalan dengan baik dan bioetanol yang dihasilkan juga tinggi sedangkan pada hari ke 5, gula reduksi di dalam media sudah hampir habis sehingga proses pembelahan dan aktivitas fermentasi sel *Saccharomyces cerevisiae* terhambat yang akibatnya bioetanol yang dihasilkan sedikit (Idral dkk., 2012).

Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol

Untuk mengetahui kondisi terbaik bioetanol yang dihasilkan, yaitu kondisi pada saat dihasilkan kadar bioetanol tertinggi dibutuhkan waktu fermentasi yang divariasikan. Waktu fermentasi adalah waktu yang dibutuhkan *Saccharomyces cerevisiae* untuk mengubah gula hasil hidrolisis menjadi bioetanol. Waktu fermentasi yang divariasikan akan mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan. Semakin lama waktu fermentasi maka semakin tinggi kadar bioetanol yang dihasilkan hingga tercapai kadar bioetanol optimum. Pada penelitian ini, variasi waktu yang dilakukan yaitu waktu 1, 2, 3, 4 dan 5 hari. Hasil bioetanol dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol

Gambar 3 di atas memperlihatkan kadar bioetanol tertinggi yakni sebesar 8% (v/v) atau 63,14 g/L pada perlakuan hidrolisis ke-2 dan waktu fermentasi 4 hari. Waktu fermentasi berpengaruh terhadap aktivitas *Saccharomyces cerevisiae* karena semakin lama waktu fermentasi, maka semakin banyak jumlah *Saccharomyces cerevisiae* dan semakin aktif untuk berkembang biak sehingga mempunyai kemampuan untuk mengkonversi substrat semakin besar, serta hal ini juga berkaitan dalam fasa pertumbuhan mikroorganisme (Jeckson *dkk.*, 2014). Peningkatan konsentrasi bioetanol pada setiap perlakuan hidrolisis terjadi hingga hari ke-4 yang menunjukkan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* berada pada fase eksponensial. Tetapi pada pengambilan sampel hari ke-5 tiap masing-masing variasi konsentrasi asam mengalami penurunan yang menandakan bahwa jumlah *Saccharomyces cerevisiae* tidak bekerja lagi secara optimal. Fase tersebut disebabkan karena kadar gula yang semakin berkurang dan nutrisi sebagai makanan sel semakin menurun (Amalia, 2014).

Konsentrasi bioetanol yang menurun dipengaruhi oleh konsentrasi gula yang semakin berkurang, sehingga *Saccharomyces cerevisiae* kehabisan nutrisi sebagai makanan sel untuk bertahan hidup dan mengalami fase kematian. Kemudian ada reaksi lanjut dari bioetanol yang teroksidasi menjadi asam asetat dengan waktu fermentasi yang semakin lama, dimana mula-mula terjadi pemecahan gula sederhana menjadi bioetanol, selanjutnya bioetanol menjadi asam asetat (Gunam, 2011).

Kesimpulan

Bioetanol dapat diproduksi dari bahan baku limbah ampas sagu dengan metode *seperate hydrolysis and fermentation* (SHF). Kadar bioetanol tertinggi diperoleh sebesar 63,14 gr/L. Semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan pada proses hidrolisis, maka glukosa yang di hasilkan semakin besar. Kadar gula tertinggi yaitu 134,08 g/L pada saat hidrolisis ampas sagu dengan konsentrasi H_2SO_4 2 M. Waktu fermentasi terbaik untuk menghasilkan kadar bioetanol tertinggi adalah 4 hari.

Daftar Pustaka

- Alfons JB, dan Rivaie AA. Sagu Mendukung Ketahanan Pangan Dalam Menghadapi Dampak Perubahan Iklim, *Jurnal Perspektif* 2011; 10 (2): 81-91.
- Amalia Y. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Padat Sagu Menggunakan Enzim Selulase dan *Yeast Saccharomyces cerevisiae* dengan Proses *Simultaneous Sacharification and Fermentation* (SSF) dengan Variasi Konsentrasi Substrat dan Volume Inokulum. Universitas Riau, Skripsi Sarjana Teknik Kimia, 2014.
- Asip F, Wibowo YP, dan Wahyudi RT. Pengaruh Basa Terhadap Penurunan Lignin dan Konsentrasi HCl Pada Hidrolisa Sabut Kelapa Untuk Memproduksi Bioetanol. *Jurnal Teknik Kimia* 2016; 2 (22):10-20.
- Gunam IBW, Buda K, dan Guna MYS. Pengaruh Perlakuan Delignifikasi Dengan Larutan Naoh Dan Konsentrasi Substrat Jerami Padi Terhadap Produksi Enzim Selulase Dari *Aspergillus niger*. *Jurnal Biologi* 2010; 14 (1): 55-61.
- Hamelinck, Hooijdonk, V, dan Faaij. Ethanol from lignocellulosic biomass: Techno-economic performance in short-, middle- and long-term. *Biomass and Bioenergy* 2005; 28: 384-410.
- Harianja JW, Idiawati N, dan Rudiyansyah. Optimasi Jenis Dan Konsentrasi Asam Pada Hidrolisis Selulosa Dalam Tongkol Jagung. *Jurnal JKK* 2015, 4(4): 66-71.
- Idral, Daniel D, Salim M, dan Mardiah E. Pembuatan Bioetanol dari Ampas Sagu dengan Proses Hidrolisis Asam dan Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Kimia Unand* 2012; 1 (1): 34-38.
- Jeckson E. Pengaruh Laju Pengadukan dalam Pembuatan Bioetanol dari Limbah Serabut Buah Sawit Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Universitas Riau, Skripsi, 2014.



- Lestari MD, Sudarmin, dan Harjono. Ekstraksi Selulosa Dari Limbah Pengolahan Agar Menggunakan Larutan NaOH Sebagai Prekursor Bioetanol. *Indonesian Journal of Chemical Science* 2018; 7(3): 237-240.
- Nugrahini PF, Sitompul H, dan Donny RP. Pengaruh Waktu dan Konsentrasi Enzim Selulase pada Proses Hidrolisis Tandan Kosong Sawit menjadi Glukosa. *Analytical and Environmental Chemistry* 2016; 1(1): pp. 2540-8267.
- Nuryanti L, Muria SR, dan Chairul. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Padat Sagu Menggunakan Enzim, Selulase dan *Yeast Saccharomyces cerevisiae* dengan Proses Simultaneous Sacharification and Fermentation (SSF). *Universitas Riau, Jurnal Teknik Kimia* 2014; 1(1):1-6.
- Senam. Prospek Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Yang Terbarukan dan Ramah Lingkungan. *Prosiding Seminar Nasional, Penelitian Pendidikan dan Penerapan MIPA* 2009; 360-366.
- Sjarif SR. Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dan Waktu Hidrolisis Terhadap Kadar Etanol Limbah Serat Rumbia Sagu dan Serat Sagu Baruk. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri* 2014; 6 (2):83-94.
- Sukowati A, Sutikno, dan Rizal S. Produksi bioetanol dari kulit pisang melalui hidrolisis asam sulfat. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian* 2014; 19(3): 274–288.
- Taherzadeh MJ, dan Karimi K. Enzyme Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Materials: a review. *BioResources* 2007; 2: 707-738.
- Tuljannah M. Biokonversi Serat Buah Sawit menjadi Bioetanol dengan Variabel Konsentrasi *Saccharomyces Cerevisiae*. *Universitas Riau, Pekanbaru, Skripsi*, 2018.
- Waleulu AN. Pemanfaatan Limbah Sagu sebagai Bahan Baku Bioetanol. *Universitas Pembangunan Nasioanal Veteran Jatim Surabaya, Skripsi Sarjana*, 2012.
- Wusnah, Bahri S, dan Hartono D. Proses Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata B.C*) Secara Fermentasi. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 2016; 5 (1): 57-56.





Lembar Tanya Jawab

Moderator : M. Maulana. Azimatun Nur (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Notulen : Indriana Lestari (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Bismantiyo Kumolo (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Apakah yang menjadi dasar pemilihan larutan asam dan basa, serta dapatkah digunakan larutan yang lain?
Jawaban : Dapat digantikan dengan larutan yang lain, namun berdasarkan hasil studi literatur diperoleh bahwa larutan asam dan basa yaitu Asam sulfat dan Natrium hidroksida merupakan larutan yang cukup kuat untuk melarutkan gula di dalam ampas sagu dibandingkan dengan larutan lainnya, sehingga dengan diperolehnya kadar gula yang tinggi maka bioetanol yang dihasilkan akan cukup tinggi.
2. Penanya : Istihanah Nurul E. (Balai Besar Kerajinan dan Batik Yogyakarta)
Pertanyaan : Apakah bioetanol hasil penelitian ini sudah dibandingkan dengan bioetanol yang beredar di pasaran dan apakah dengan *yield* sebesar 8% sudah prospektif sebagai sumber bahan baku bioetanol?
Jawaban : Belum dilakukan perbandingan dengan bioetanol yang ada di pasaran dan belum prospektif karena *yield* bioetanol yang dihasilkan di pasaran lebih tinggi, selain itu penelitian ini masih dalam tahap uji coba skala laboratorium.
3. Penanya : Soeprijanto (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)
Pertanyaan : Apakah pernah dicoba menggunakan enzim sebagai penghasil gula?
Jawaban : Penggunaan enzim sebagai penghasil gula sudah dilakukan oleh peneliti lain, oleh karena itu digunakan asam/basa untuk membandingkan hasilnya dan memperkaya variasi proses.
4. Penanya : Dini Avriliani (Universitas Riau)
Pertanyaan : Apakah di daerah anda sudah ada yang memproduksi bioetanol baik oleh perorangan maupun perusahaan?
Jawaban : Belum ada, peneliti berharap agar kedepannya hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk skala industri sebagai pengganti bahan bakar non fosil yang terbarukan.
5. Penanya : M. Maulana Azimatun Nur (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Berapakah kapasitas pengolahan sagu di Riau?
Jawaban : Belum diteliti.

