

PEMBUATAN BIOETANOL DARI AMPAS SAGU MENGGUNAKAN PROSES HIDROLISIS DAN FERMENTASI MENGGUNAKAN ASAM SULFAT SEBAGAI KATALIS

Doni Ari Dirgantara¹⁾, Chairul²⁾, Zultiniar³⁾

1) Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, 2,3) Dosen Teknik Kimia
Laboratorium *pulp making*
Porgram Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam
Pekanbaru, 28293
E-mail : Doni.aridirgantara@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Bioethanol is one of the alternative energy substitutes for petroleum. the wasted of sago can be used for bioethanol production. The main component of sago is used for the production of bioethanol is lignocellulose which consist of cellulose, hemicellulose and lignin. Ethanol is made by hydrolisiys and fermentation with the help of an acid catalyst and saccharomyces cerevisiae. This study aims to exploit the potential contained in sago waste as a producer of bioethanol by using the hydrolysis process method acid and time of the hydrolysis process, knowing the amount of sugar content resulting from the acid hydrolysis process and the time of the hydrolysis process, Knowing the ethanol content formed from the time variation in the fermentation process. The variables used are sulfuric acid concentration, hydrolysis time and also the time when fermentation. this research starts with the pre treatment of sago pulp, then hidrolisis with, with variation 1n, 2n, 3n in 145 degree during 20 minutes, 30 minutes, minutes, 40 minutes and 50 minutes. Then the results of hydrolysis fermented using sacchaomces cerevisiae. The fermentation process lasted for 24 hours, 48 hours 72 hours, 96 hours, and 120 hours. The results showed that the largest sugar concentration was obtained during concentration of H₂SO₄ 3 N with time 50 minutes amounting to 25,08 g/L the greatest bioethanol content and levels are obtained from the fermentation during 96 hours is 4,751 g/L or 15 %.

Keywords : *bioethanol, fermentation, hydrolysis, sago pulp, pre-treatment*

1. PENDAHULUAN

Menipisnya cadangan bahan bakar fosil dan meningkatnya populasi manusia sangat kontradiktif dengan kebutuhan energi bagi kelangsungan hidup manusia. Kebutuhan energi semakin meningkat seiring terbatasnya cadangan energi fosil yang berasal dari minyak bumi dan gas alam, karena sifatnya yang tidak terbarukan, penggunaan bahan bakar fosil secara terus menerus menyebabkan munculnya masalah kelangkaan (Warsa *et al.*, 2013). Kebutuhan bahan bakar minyak

untuk Indonesia diprediksi akan mengalami peningkatan hingga tahun 2025 yaitu mencapai 830 juta barrel, sementara produksi minyak bumi yang diperkirakan hanya mencapai 130 juta barrel pada tahun 2025 (Nuryanti *et al.*, 2014).

Bioetanol merupakan bioenergi yang dapat diperbarui, sedikit polusi, dan dapat diproduksi dari bahan-bahan yang mengandung gula dan pati seperti jagung, kentang, gandum, tebu, molases dan yang lainnya. Sementara itu, penggunaan lahan pertanian untuk memproduksi tanaman

bioenergi akan bersaing dengan budidaya tanaman pangan. Selain itu produksi bioenergi dari tanaman yang dibudidayakan akan membutuhkan biaya yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan produksi energi dari minyak bumi, dan kurang menguntungkan. Oleh karena itu diperlukan alternatif sumber bahan baku yang murah dan berlimpah (Ma *et al.*, 2017).

Potensi sagu di Indonesia 1,128 juta Ha mencapai lebih dari 51,3% potensi pertanian sagu dunia 2,2 juta Ha. Area penanaman sagu di Indonesia terbesar adalah daerah seperti Papua, Maluku, Riau Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara. Industri ekstraksi sagu diperoleh 18,5% pati dan 81,5% adalah limbah sagu.

Indonesia merupakan negara yang memiliki tingkat produksi sagu yang cukup besar. Industri ekstraksi sagu diperoleh 18,5% pati dan 81,5% limbah sagu, limbah dari hasil ekstraksi pohon sagu bermacam-macam dan umumnya belum dimanfaatkan yaitu limbah padat sagu dan air buangan (Amalia *et al.*, 2014). Ampas sagu merupakan limbah yang dihasilkan dari pengolahan sagu, kaya akan karbohidrat dan bahan organik lainnya. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pembuatan bioetanol dengan memanfaatkan limbah ampas sagu

2. LANDASAN TEORI

2.1 Hidrolisis

Hidrolisis adalah proses perubahan atau pemecahan molekul selulosa, hemiselulosa ataupun karbohidrat menjadi gula sederhana (glukosa). Hidrolisis telah banyak digunakan dalam skala industri dalam produksi bioetanol sebelum dilakukan proses fermentasi (Fatehi dan

Chen 2016). Proses hidrolisis bisa dilakukan dengan dua cara.

2.1.1 Hidrolisis Menggunakan Asam

Metode hidrolisis menggunakan asam sudah dilakukan secara luas untuk mengubah gula kompleks menjadi gula sederhana. Prosesnya lebih singkat jika dibandingkan dengan hidrolisis menggunakan enzim yaitu tidak lebih dari 1 jam dan memiliki *yield* gula di atas 85%. Hidrolisis asam hanya bisa dioperasikan pada temperatur tinggi atau minimum pada 100°C (Fatehi dan Chen, 2016).

2.1.2 Hidrolisis Menggunakan Enzim

Proses *pre-treatment* ini menggunakan enzim untuk dekomposisi polisakarida menjadi monosakarida. Untuk memproduksi enzim biasanya dengan berbagai spesies jamur seperti *hypocerea jecornia*, *trichoderma resei*, dan spesies bakteri seperti *thermocellum*, *cellulomonas flavigena*. Beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan kinerja maksimal proses *hydrolisis* menggunakan enzim diantaranya pH, suhu, waktu, porositas dan kandungan lignin pada biomassa (Fatehi dan Chen, 2016).

2.2 Fermentasi

Fermentasi berasal dari bahasa latin “*ferfere*” yang berarti mendidihkan (Deki, 2012). Seiring perkembangan teknologi, definisi fermentasi meluas menjadi proses yang melibatkan mikroorganisme untuk menghasilkan suatu produk. Pada mulanya istilah fermentasi digunakan untuk menunjukkan proses pengubahan glukosa menjadi etanol. Namun, istilah fermentasi berkembang lagi menjadi seluruh perombakan senyawa-senyawa organik yang dilakukan oleh mikroorganisme.

Fermentasi mempunyai arti yang berbeda bagi ahli biokimia dan mikrobiologi industri. Arti fermentasi pada bidang biokimia dihubungkan dengan pembangkitan energi oleh katabolisme senyawa organik. Pada bidang mikrobiologi industri, fermentasi mempunyai arti yang lebih luas, yang menggambarkan setiap proses untuk menghasilkan produk dari pembiakan mikroorganisme (Suprihatin, 2010).

2.3 Bioetanol

Bioetanol (C_2H_5OH) adalah cairan biokimia pada proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat yang menggunakan bantuan mikroorganisme. Dalam perkembangannya, produksi alkohol yang paling banyak digunakan adalah metode fermentasi dan distilasi. Bahan baku yang dapat digunakan pada pembuatan etanol adalah nira bergula (sukrosa): nira tebu, nira nipah, nira sorgum manis, nira kelapa, nira aren, nira siwalan, sari buah mete; bahan berpati: tepung-tepung sorgum biji, sagu, singkong, ubi jalar, ganyong, garut, umbi dahlia; bahan berselulosa (lignoselulosa): kayu, jerami, batang pisang, bagas dan lain-lain (LIPI, 2008).

3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan bioetanol ini adalah Limbah padat atau ampas sagu, H_2O_2 3%, H_2SO_4 , *Saccharomyces cerevisiae*, akuades, KH_2PO_4 , $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $(NH_4)_2SO_4$, glukosa dan larutan arsenomolibdat.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel tetap dan variabel berubah. Variabel tetap yang digunakan diantaranya

Volume fermentasi 1 liter, Waktu inokulasi 24 jam, Suhu fermentasi Suhu Ruang, pH fermentasi pH 4,5 – 5, Kecepatan pengadukan 250 rpm, Volume inokulum 10% (v/v) Sementara untuk variabel berubah yang digunakan yaitu Konsentrasi larutan asam H_2SO_4 (1 N, 2 N, dan 3 N), Waktu hidrolisis (20 menit, 30 menit, 40 menit dan 50 menit), Waktu fermentasi (0 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam dan 120 jam).

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yaitu pretreatment, Uji Komponen Selulosa, Hemiselulosa, Lignin dan Pati, Hidrolisis Ampas Sagu, pembuatan inokulum, fermentasi dan analisa hasil.

3.3.1 Pretreatment

Pada tahap awal bahan baku ampas sagu di keringkan supaya kandungan air yang terkandung di dalam ampas sagu menjadi hilang seterusnya dilakukan penggilingan dengan tujuan untuk mencari tingkat kehalusan bahan baku yang akan diproses sehingga didapatkan kadar karbohidrat dan kadar gula tertinggi. Adapun tingkat kehalusan yang didapatkan yakni 60 mesh.

3.3.2 Uji Komponen Selulosa, Hemiselulosa, Lignin dan Pati

Ampas sagu yang sudah di ayak setelah itu di uji menggunakan metode Chesson data untuk mendapatkan kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin.

3.3.3 Hidrolisis Ampas Sagu

Ampas sagu dihidrolisis menggunakan Asam sulfat (H_2SO_4) 1 N, 2 N, dan 3 N dengan perbandingan padatan

dan asam 1:20 pada suhu 145°C selama 20, 30, 40 dan 50 menit. Proses hidrolisis diperoleh ampas dan larutan. Larutan tersebut adalah larutan yang mengandung gula hasil konversi dari Ampas sagu. Larutan glukosa selanjutnya dinetralkan dengan NaOH 1 M hingga pH-nya 4,5 filtrat yang diperoleh dari proses hidrolisis akan dianalisa kadar gula menggunakan metode Nelson somogyi dan setelah itu difermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*.

3.3.4 Pembuatan Inokulum

Pembuatan inokulum bertujuan untuk mempendek fase *lag* yaitu dengan cara mengadaptasikan sel kedalam media fermentasi berupa larutan gula hasil hidrolisis. *Saccharomyces cerevisiae* dari ragi kemasan diinokulasi kedalam medium (larutan gula hasil hidrolisis, 1 gram KH_2PO_4 , 0,05 gram $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan 2 gram $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dan dimasukkan kedalam erlenmeyer. Medium inokulum disterilisasi kedalam *autoclave* dengan temperatur 121 °C selama 15 menit, setelah itu medium inokulasi didinginkan hingga mencapai temperatur ruang Setelah temperatur medium inokulasi mencapai temperatur ruang, *yeast* dimasukkan dengan variasi 1 g/L, lalu diinokulasikan selama 24 jam pada suhu ruang didalam inkubator (Amalia *et al*, 2014).

3.3.5 Fermentasi

Proses fermentasi ini dilakukan dengan cara fermentasi cair. Larutan gula dari proses hidrolisis difermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* dengan volume fermentasi yang digunakan adalah sebanyak 1 L. Medium fermentasi (larutan gula) dimasukkan kedalam fermentor, kemudian ditambahkan nutrisi (1 gr

KH_2PO_4 , 0,05 gr $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan 2 gr $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), setelah itu medium fermentasi yang terdapat di dalam reaktor 1 L ditutup rapat, lalu disterilisasi menggunakan *autoclave* pada temperatur 121 °C selama 15 menit. Medium fermentasi di fermentasikan dengan kecepatan pengadukan diatur 250 rpm. Fermentasi dilakukan pada suhu ruang. Pengambilan sampel dilakukan pada waktu fermentasi 0, 24 , 48 , 72 ,96 dan 120 jam. Setelah waktu fermentasi tercapai, sampel hasil fermentasi dianalisa kadar glukosa sisa dan bioetanol yang dihasilkan.

3.5.3 Analisa Hasil

Penelitian ini menggunakan parameter analisis konsentrasi etanol, konsentrasi gula sisa dan nilai pH hasil fermentasi. Hasil fermentasi dipisahkan antara cairan dan padatan biomasanya menggunakan pompa vakum. Cairan hasil fermentasi kemudian dipisahkan alkohol dan impuritis lainnya menggunakan *rotary evaporator*.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah Padat Sagu

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian adalah ampas sagu, berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, tahap pertama ampas sagu dikeringkan sampai beratnya konstan selanjutnya dilakukan proses pengecilan partikel menggunakan blender dan diayak dengan ukuran 60 mesh. Ampas sagu Sebelum dihidrolisis di analisa kadar pati, hemiselulosa, selulosa, lignin dan abu terlebih dahulu menggunakan metode chesson-datta.

Adapun kadar tersebut yang diperoleh dalam penelitian ini sebagai berikut:

| Komposisi | Winarni (2018) | Penelitian ini |
|--------------|----------------|----------------|
| Pati | 55,4 | 53,41 |
| Hemiselulosa | 9,1 | 9,89 |
| Selulosa | 23,6 | 25,38 |
| Lignin | 4,0 | 5,09 |
| Abu | 2,2 | 2,3 |
| Lainnya | 5,7 | 5,02 |

4.2 Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dan Waktu Hidrolisis terhadap Glukosa

Tahap ini merupakan tahap yang paling penting dalam proses pembuatan bioetanol, karena proses ini menentukan jumlah glukosa yang dihasilkan untuk kemudian dilakukan fermentasi menjadi bioetanol.

Proses hidrolisis ampas sagu menggunakan katalis asam (H_2SO_4) dengan variasi konsentrasi asam sulfat 1 N, 2 N dan 3 N dan waktu proses hidrolisis

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi glukosa tertinggi berada pada perlakuan konsentrasi asam sulfat 3 N dengan waktu hidrolisis 50 menit yaitu sebesar 44,46 g/L, dan hasil konsentrasi glukosa yang paling rendah terdapat pada konsentrasi 1 N dengan waktu hidrolisis selama 20 menit yaitu sebesar 11,07 g/L. hasil yang ditunjukkan adalah bertambahnya konsentrasi glukosa seiring dengan bertambahnya konsentrasi asam sulfat dan waktu hidrolisis yang digunakan.

Penambahan konsentrasi H_2SO_4 yang semakin tinggi dapat meningkatkan kadar gula yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan H_2SO_4 berfungsi sebagai

20 menit, 30 menit, 40 menit dan 50 menit pada suhu 145 °C. Konsentrasi asam sulfat dan waktu hidrolisis merupakan faktor yang mempengaruhi perolehan kadar gula.

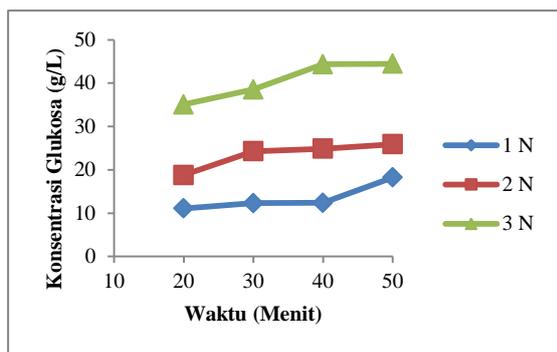
Berdasarkan penelitian pembuatan bioetanol dari ampas sagu didapatkan pengaruh konsentrasi asam sulfat dan waktu hidrolisis terhadap konsentrasi glukosa dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Data Hasil Proses Hidrolisis Ampas Sagu pada suhu 145°C, Padatan Awal 50 gram dengan Berbagai Variasi Waktu Hidrolisis Konsentrasi Asam Sulfat

| Konsentrasi Asam Sulfat | Waktu (Menit) | Padatan Sisa (gr) | Konsentrasi Glukosa (g/L) |
|-------------------------|---------------|-------------------|---------------------------|
| 1 N | 20 | 19,68 | 11,07731959 |
| | 30 | 19,20 | 12,31443299 |
| | 40 | 18,77 | 12,37628866 |
| | 50 | 18,20 | 18,22680412 |
| 2 N | 20 | 19,38 | 18,77835052 |
| | 30 | 18,40 | 24,27319588 |
| | 40 | 17,33 | 24,86597938 |
| | 50 | 16,50 | 25,91237113 |
| 3 N | 20 | 15,77 | 35,08762887 |
| | 30 | 15,50 | 38,55154639 |
| | 40 | 14,10 | 44,36082474 |
| | 50 | 13,30 | 44,46907216 |

pemutus ikatan rantai selulosa menjadi monomer – monomer gula tunggal yaitu glukosa (Sjarif, 2014). Selain itu, H_2SO_4 juga bertindak sebagai katalisator yang bertujuan untuk mempercepat jalannya reaksi hidrolisis (Muin *et al.*, 2014). Hal ini sesuai dengan hasil yang didapatkan pada penelitian ini dimana semakin tinggi konsentrasi H_2SO_4 maka kadar gula yang dihasilkan juga akan semakin tinggi.

Peningkatan konsentrasi gula juga disebabkan pengaruh waktu hidrolisis. Untuk menggambarkan pengaruh waktu hidrolisis terhadap konsentrasi gula dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Pengaruh Waktu Hidrolisis Terhadap Konsentrasi Glukosa

Gambar 4.1 dapat disimpulkan bahwa konsentrasi glukosa tertinggi berada pada perlakuan waktu hidrolisis 50 menit pada konsentrasi 3 N yaitu sebesar 44,46 g/L, dan hasil konsentrasi glukosa terendah terdapat pada temperatur 145°C, waktu hidrolisis selama 20 menit pada konsentrasi 1 N yaitu sebesar 11,07 g/L. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kadar glukosa seiring dengan bertambahnya waktu hidrolisis dan meningkatnya konsentrasi asam sulfat yang digunakan, bahwa konsentrasi glukosa yang dihasilkan dengan variasi waktu hidrolisis 20 menit, 30 menit, 40 menit dan 50 menit mengalami peningkatan konversi pati dan selulosa menjadi glukosa sangat dipengaruhi oleh waktu hidrolisis. Semakin lama waktu proses, maka kesempatan pati dan selulosa melakukan dekomposisi lebih panjang, sehingga konsentrasi glukosa yang dihasilkan akan semakin meningkat

4.3 Perbandingan Hidrolisis Penelitian ini dengan Penelitian lain

Pada tabel 4.3 berikut ini menunjukkan perbandingan konsentrasi gula yang dihasilkan dari proses hidrolisis pada beberapa penelitian.

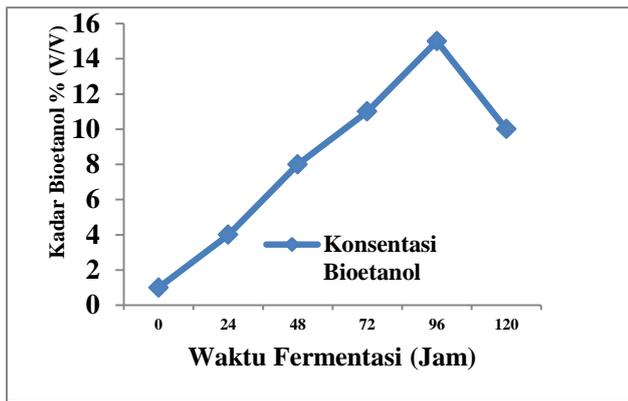
Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Hidrolisis dari Penelitian lain

| Peneliti | Bahan Baku | Jenis Asam | Konsentrasi Gula |
|----------------------|-------------|--------------------------------------|------------------|
| Idral et al(2012) | Ampas Sagu | H ₂ SO ₄ 0,3 N | 14,19 g/L |
| Yonita (2009) | Reject pulp | H ₂ SO ₄ 0,5% | 4,477 g/L |
| Polii (2016) | Ampas Sagu | H ₂ SO ₄ 1,5 N | 13,90 % |
| Penelitian ini(2020) | Ampas Sagu | H ₂ SO ₄ 3 N | 44,46 g/L |

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa konsentrasi gula pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Idral *et al.* (2012) menggunakan ampas sagu, pada konsentrasi gula awal 4,477 gr/L. Yonita (2009) menggunakan *reject pulp*, konsentrasi gula awal 14,19 g/L, dan Polii (2016) menggunakan ampas sagu, pada konsentrasi gula awal 13,90 %. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini lebih besar karena konsentrasi H₂SO₄ dan waktu hidrolisis mempengaruhi kadar gula yang dihasilkan dimana semakin tinggi konsentrasi H₂SO₄ maka kadar gula yang dihasilkan juga akan semakin tinggi. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Sari (2019) bahwa semakin tinggi konsentrasi H₂SO₄ maka semakin tinggi kadar gula pereduksi yang dihasilkan.

4.4 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol

Bioetanol merupakan produk akhir yang ingin diperoleh pada penelitian ini. Pada proses fermentasi faktor yang mempengaruhi fermentasi yaitu tingkat keasaman (pH), suhu, oksigen, waktu fermentasi dan nutrisi. Untuk melihat pengaruh waktu fermentasi terhadap konsentrasi bioetanol dapat dilihat pada Gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol

Pada Gambar 4.2 dapat disimpulkan bahwa waktu optimum fermentasi untuk menghasilkan kadar bioetanol tertinggi yaitu pada waktu 96 jam. Hasil ini menunjukkan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* berada pada fase ekponensial yaitu pada fase ini *Saccharomyces cerevisiae* mengalami pertumbuhan yang sangat cepat. Di dalam fase ini terjadi pemecahan glukosa secara besar-besaran. Hasil pemecahan gula oleh *Saccharomyces cerevisiae* dalam keadaan anaerob menghasilkan etanol. Kemungkinan dihasilkan etanol paling tinggi pada fase ini (Siregar et al.,2019). Aktifitas mikroorganisme menurun setelah 120 jam yang menunjukkan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* mengalami fase stasioner. Merupakan fase pertumbuhan diperlambat. digambarkan dengan garis kurva mendatar yang menunjukkan jumlah *Saccharomyces cerevisiae* yang hidup sebanding dengan jumlah yang mati (Kunaepah, 2008).

Selain itu konsentrasi bioetanol yang menurun dipengaruhi oleh konsentarsi glukosa yang semakin berkurang, sehingga *Saccharomyces cerevisiae* kehabisan nutrisis untuk bertahan hidup dan mengalami fase

kematian. Selanjutnya bioetanol yang dihasilkan terkonversi menjadi asam-asam organik lainnya akibat terjadi reaksi oksidasi bioetanol (Siregar et al.,2019).

4.5 Perbandinagn Hasil Fermentasi Penelitian ini dengan penelitian lain

Pada Tabel 4.4 berikut ini merupakan perbandingan antara bioetanol yang dihasilkan dengan beberapa penelitian yang telah dilakukan.

Tabel 4.4 Perbandingan Berbagai Hasil Penelitian

| Peneliti | Bahan Baku | Konsentrasi H ₂ SO ₄ | Waktu fermentasi (Jam) | Kadar Bieotanol % (v/v) |
|---------------------------|-------------|--|------------------------|-------------------------|
| Yonita (2009) | Ampas Sagu | H ₂ SO ₄ 0,3 N | 96 | 9,67 |
| Idral <i>et al</i> (2012) | reject pulp | H ₂ SO ₄ 0,5% | 96 | 7,69 |
| Polli (2016) | Ampas Sagu | H ₂ SO ₄ 1,5 N | 96 | 13,60 |
| Penelitian ini (2020) | Ampas Sagu | H ₂ SO ₄ 3 N | 96 | 15 |

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa penelitian ini menghasilkan konsentrasi bioetanol lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yonita (2009) menggunakan *reject pulp*, konsentrasi H₂SO₄ 0,3 N meghasilkan konsentrasi bioetanol sebesar 9,67 %, Idral (2012) menggunakan ampas sagu, pada konsentrasi H₂SO₄ 0,5 % menhasilkan konsentrasi bioetanol sebesar 7,69 %, Polli (2016) menggunakan ampas sagu, pada konsentrasi H₂SO₄ 1,5 N menhasilkan konsentrasi bioetanol sebesar 13,69 %.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan :

1. Limbah ampas sagu dapat dikonversikan menjadi produk

yang mempunyai nilai ekonomis yaitu bioetanol, dengan cara dihidrolisis terlebih dahulu menggunakan asam sulfat dan fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*.

2. Konsentrasi gula tertinggi diperoleh pada ampas sagu dengan penambahan H_2SO_4 3 N dan lama hidrolisis 50 menit yakni 44,46 g/L.
3. Waktu optimum pada saat proses fermentasi terbaik didapatkan pada waktu 96 jam sebesar 15 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, Y., Sri, R. M dan Chairul (2014). 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. *Skripsi*. Sarjana Teknik Kimia, Universitas Riau.
- Deki, S. (2012). Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Menggunakan Metode Hidrolisis Enzimatik dan Fermentasi. Universitas Sriwijaya. Palembang. *Jurnal Teknik Kimia*, 1, 18.
- Fatehi, P., dan Chen, J. (2016). *Extraction of technical lignins from pulping spent liquors, challenges and oppertunities*. Dalam *Production of biofuels and chemicals from lignin* (35–54). 1965-4.
- Idral, Daniel, D., Salim, M., dan Mardiah, E. (2012). Pembuatan Bioetanol dari Ampas Sagu dengan Proses Hidrolisis Asam dan Menggunakan *Saccharomyces Cerevisiae*. *Jurnal Kimia Unand*. 1 (1): 34-38.
- Kunaepah, U. (2008). Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Glukosa terhadap Aktivitas Antibakteri, Polifenol Total dan Mutu Kimia Kefir Susu Kacang Merah. *Tesis*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- LIPI. (2008). *Energi Biomass*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Ma, Y., Cai, W., dan Liu, Y. (2017). An integrated engineering system for maximizing bioenergy production from food waste. *Applied Energy*.
- Muin, R., Lestari, D. & Sari, T. W. (2014). Pengaruh konsentrasi asam sulfat dan waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan dari biji alpukat. *Jurnal Teknik Kimia*.
- Nuryanti, L., Muria, S.R., dan Chairul (2013). Pembuatan Bioetanol dari Limbah Padat Sagu Menggunakan Enzim, Selulase dan *Yeast Saccharomyces Cerevisiae* dengan Proses *Simultaneous Sacharification and Fermentation* (SSF). *Jurnal Teknik Kimia*. Universitas Riau, 1(1): 1-6.
- Polii, F.F. (2016). Research Making Ethanol From Fiber/Pulp Sago. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*. 8 (1): 11-22.
- Sari, R. (2019). Pengaruh Konsentrasi Asam Klorida (HCl) dan Waktu Hidrolisis terhadap Kandungan Glukosa dan Kadar Bioetanol dari Limbah Kulit Kakao (*Theobroma cacao* L.). *Doctoral Dissertation*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Siregar, J.S., Ahmad, A. dan Amraini, S.Z., (2019). November. Effect of Time Fermentation and *Saccharomyces Cerevisiae*

- Concentration for Bioethanol Production from Empty Fruit Bunch. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1351, No. 1, p. 012104). IOP Publishing.
- Sjarif, S.R. (2014). Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dan Waktu Hidrolisis Terhadap Kadar Etanol Limbah Serat Rumbia Sagu dan Serat Sagu Baruk. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 6 (2):83-94.
- Suprihatin. 2010. *Teknologi Fermentasi*. Surabaya: UNESA Pres.
- Warsa, I.W., Septiyani, F., dan Lisna, C. (2013). Bioetanol dari Bonggol Pohon Pisang. *Jurnal Teknik Kimia*. 8 (1): 37-40.
- Yonita.(2009). Hidrolisa Reject Pulp Menjadi Glukosa Menggunakan Katalis Asam Sulfat: Pengaruh Temperatur Dan Waktu, *Skripsi*. Universitas Riau).