

**PENGARUH JENIS ASAM, KONSENTRASI ASAM DAN WAKTU HIDROLISIS ASAM
KERTAS HVS BEKAS PADA PROSES FERMENTASI**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan
Teknik Kimia Fakultas Teknik**

Oleh:

SHELLA NENIK APRIYANTI

D 500 140 068

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2018

**PENGARUH JENIS ASAM, KONSENTRASI ASAM DAN WAKTU HIDROLISIS ASAM
KERTAS HVS BEKAS PADA PROSES FERMENTASI**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

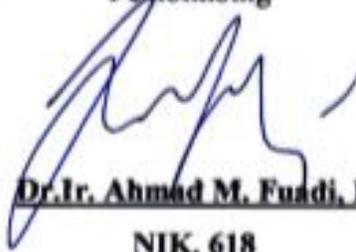
SHELLA NENIK APRIYANTI

D.500.140.068

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing



Dr. Ir. Ahmad M. Fuadi, M.T

NIK. 618

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH JENIS ASAM, KONSENTRASI ASAM DAN WAKTU HIDROLISIS ASAM
KERTAS HVS BEKAS PADA PROSES FERMENTASI**

**OLEH
SHELLA NENIK APRIYANTI**

D 500 140 068

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Senin, 06 agustus 2018
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

- 1. Dr.Ir. Ahmad M. Fuadi, M.T
(Ketua Dewan Penguji)**
- 2. Rois Fathoni, S.T., M.Sc., Ph.D.
(Anggota I Dewan Penguji)**
- 3. Hamid Abdillah, S.T., M.T
(Anggota II Dewan Penguji)**

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,

Fitri Sugeng Ireno, M.T., Ph.D.
NIK. 682

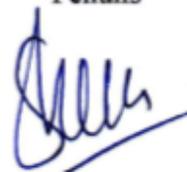
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 03 Agustus 2018

Penulis



SHELLA NENIK APRIYANTI

D 500 140 068

PENGARUH JENIS ASAM, KONSENTRASI ASAM DAN WAKTU HIDROLISIS ASAM KERTAS HVS BEKAS PADA PROSES FERMENTASI

Abstrak

Salah satu energi alternatif yang relatif murah ditinjau aspek produksinya dan relatif ramah lingkungan adalah pengembangan bioetanol dari limbah-limbah yang mengandung banyak lignoselulosa seperti kertas HVS. Kertas mengandung sekitar 85% selulosa, 8% hemiselulosa, 5% lignin dan sisanya berupa senyawa abu, sehingga layak dikonversi menjadi bioetanol. Bioetanol merupakan produk dari hidrolisis pati menjadi glukosa secara enzimatis maupun asam yang dilanjutkan dengan proses fermentasi glukosa menggunakan bantuan ragi. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh kadar etanol yang optimum pada proses fermentasi dengan memvariasikan jenis asam (HCl dan H₂SO₄), konsentrasi asam (0.5N dan 2N) dan pengaruh waktu hidrolisis asam (4,5,6,7 jam) menggunakan ragi roti (fermipan). Hasil penelitian dengan menggunakan 5 gram kertas HVS bekas menunjukkan bahwa HCl konsentrasi 2N selama 7 jam menghasilkan kadar etanol tertinggi sebesar 0.1433% dan H₂SO₄ konsentrasi 0.5N selama 4 jam menghasilkan kadar etanol terendah sebesar 0.0052%. Semakin lama waktu hidrolisis maka kadar etanol yang dihasilkan dalam proses fermentasi juga semakin besar. Semakin besar konsentrasi proses hidrolisis asam yang digunakan maka kadar etanol dari kertas HVS bekas juga semakin besar.

Kata kunci: kertas, Bioetanol, Hidrolisis asam, Fermentasi

Abstract

One alternative energy that is relatively cheap in terms of production aspects and relatively environmentally friendly is the development of bioethanol from wastes containing a lot of lignocellulose such as HVS paper. The paper contains about 85% of cellulose, 8% of hemicellulose, 5% of lignin and the rest is in the form of ash compound, so it is worthy of being converted into bioethanol. Bioethanol is a product of hydrolysis starch into glucose on enzymatic and acidic, followed by glucose fermentation using yeast. This study aims to obtain optimum ethanol levels in the fermentation process by the types of acids (HCl and H₂SO₄), acid concentration (0.5N and 2N) and the effect of acid hydrolysis time (4,5,6,7 hours) using bread yeast (fermipan) The results of the study using 5 grams of used HVS paper showed that 2N HCl concentration for 7 hours produced the highest ethanol content of 0.1433% and H₂SO₄ 0.5N concentration for 4 hours resulted in the lowest ethanol content of 0.0052%. The longer the hydrolysis time, the higher the ethanol content produced in the fermentation process. The greater concentration of the acid hydrolysis process used, the greater of ethanol content from used HVS paper.

Keywords: paper, Bioethanol, Acid hydrolysis, Fermentation

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi dunia akan terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi yang diperkirakan akan tumbuh rata-rata 1,7% hingga 2030. Permintaan

energi tumbuh sangat pesat, sedangkan pasokan minyak bumi berkurang dan tidak stabil, dan munculnya pemanasan global dengan penggunaan bahan bakar fosil telah menghidupkan kembali minat yang kuat dalam mencari sumber-sumber energi alternatif dan terbarukan (Gunam et al. 2011). Biofuel dan bioetanol sangat membantu sekali sebagai bahan bakar alternatif dan telah diproduksi di berbagai tempat belahan dunia (Khoja et al. 2015).

Bioetanol dapat dibuat dari bahan yang mengandung gula sederhana, pati, maupun bahan berserat melalui proses fermentasi (Azizah et al. 2012). Bahan yang mengandung selulosa dapat digunakan menjadi glukosa. Penelitian penggunaan biomassa, seperti jerami, ampas tebu, daun dan limbah pembalakan, yang semuanya mengandung karbohidrat / pati dibuat dengan fermentasi melalui berbagai proses fisik atau kimia, merupakan langkah penting dalam proses mendapatkan alkohol generasi kedua (Santos et al. 2014). Salah satu bahan yang banyak mengandung selulosa adalah kertas bekas (Fuadi et al. 2015). Peningkatan konsumsi kertas berdampak pada peningkatan permintaan bahan baku kayu dan peningkatan sampah kertas. Sampah kertas menduduki peringkat ke-2 dari komposisi total sampah di Indonesia dan merupakan jenis sampah yang dapat didaur ulang (Setyanto et al. 2011).

Konversi biologis biomassa lignoselulosa menjadi etanol terdiri dari tiga langkah utama yaitu pretreatment, hidrolisis dan fermentasi. Metode pretreatment telah digunakan untuk merusak dinding sel dan mengekspos Serat selulosa, hemiselulosa untuk pemrosesan lebih lanjut. Pretreatment dibagi menjadi ; (i) fisik (penggilingan dan penggilingan), (ii) Physiochemical (steam pretreatment / auto hydrolysis, hidrotermal, dan Oksidasi basah), (iii) kimia (alkali, asam encer, zat pengoksidasi, dan Pelarut organik) (Devarapalli & Atiyeh 2015). Asam mineral seperti asam sulfat, asam klorida, asam fluorida dan asam nitrat secara luas digunakan untuk hidrolisis biomassa lignoselulosa (Joshi et al. 2011). Meningkatnya hasil produksi etanol dengan proses fermentasi mikroba juga tergantung pada penggunaan mikroba yang baik, substrat fermentasi yang tepat dan teknologi proses yang sesuai (Singh et al. 2014).

Semakin besar hasil hidrolisis asam kertas bekas menjadi glukosa diharapkan semakin besar etanol yang dihasilkan melalui proses fermentasi. Tetapi jenis asam, konsentrasi asam dan lama waktu hidrolisis asam sangat berpengaruh terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh jenis asam, konsentrasi asam dan lama waktu hidrolisis asam terhadap kadar etanol khususnya dari kertas HVS bekas.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan proses hidrolisis asam dilanjutkan dengan fermentasi, tetapi penelitian ini hanya memfokuskan pada proses fermentasi menggunakan fermipan dengan variasi jenis asam, konsentrasi asam dan waktu hidrolisis asam sehingga ditemukan kondisi yang optimum untuk mencapai kadar etanol yang tinggi. Dengan menggunakan beberapa variabel yaitu variabel tergantung berupa besarnya kadar etanol HVS bekas hasil fermentasi, variabel bebas berupa jenis asam (HCl dan H₂SO₄), konsentrasi asam (0.5 dan 2N) dan lama waktu hidrolisis asam (4-7jam), variabel kontrol berupa bahan baku hanya HVS bekas dengan massa 5g, volume hidrolisat 90 mL, daya hidrolisis asam 180Watt dan pH fermentasi 4.5.

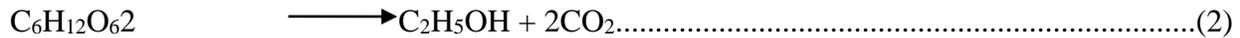
Langkah pertama hasil proses hidrolisis asam yang berupa glukosa merupakan bahan utama dalam proses fermentasi menjadi bioetanol. Larutan hasil saringan hidrolisat kertas HVS yang bersifat asam diatur pH-nya menjadi 4.5 yang diukur dengan pHmeter dengan ditambah larutan NaOH. Kemudian diambil 90mL dan ditambah Ragi (Fermipan), pupuk urea dan npk sesuai perhitungan dan dimasukkan ke dalam fermentor (botol cupang + tutup + selang). Setelah itu ujung selang yang satu dihubungkan dengan aerator untuk proses aerasi agar ragi (fermipan) dapat hidup. Proses aerasi ini dilakukan selama 24 jam setelah itu dilanjutkan proses fermentasi. Proses fermentasi yang digunakan adalah dengan menggunakan selang dan gelas ukur yang dibalik dan diletakkan disuatu wadah bak yang berisi air. botol cupang yang berisi media fermentasi ditutup rapat dengan gabus/tutup yang dihubungkan dengan selang dan ujung selang dimasukkan ke dalam gelas ukur yang dibalik dan berisi air agar tidak terjadi kontak langsung dengan udara luar. Fermentasi dilakukan selama 5 hari sehingga terdapat gas CO₂ yang keluar, kemudian dapat dianalisis kadar etanolnya dengan persamaan rumus gas ideal.



Gambar 1. Rangkaian alat proses fermentasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses fermentasi dengan menggunakan fermipan ini mengubah glukosa menjadi etanol pada ph 4.5 secara anaerob. Adapun persamaan reaksi sebagai berikut :



Dari reaksi diatas kita dapat mengukur mol CO₂ dengan menggunakan gas ideal. Dimana ketika mol CO₂ diketahui maka mol etanol dapat diketahui, hal ini dapat dilihat pada rumus sebagai berikut :

$$P_{CO_2} V_{CO_2} = n_{CO_2} R T \dots\dots\dots(3)$$

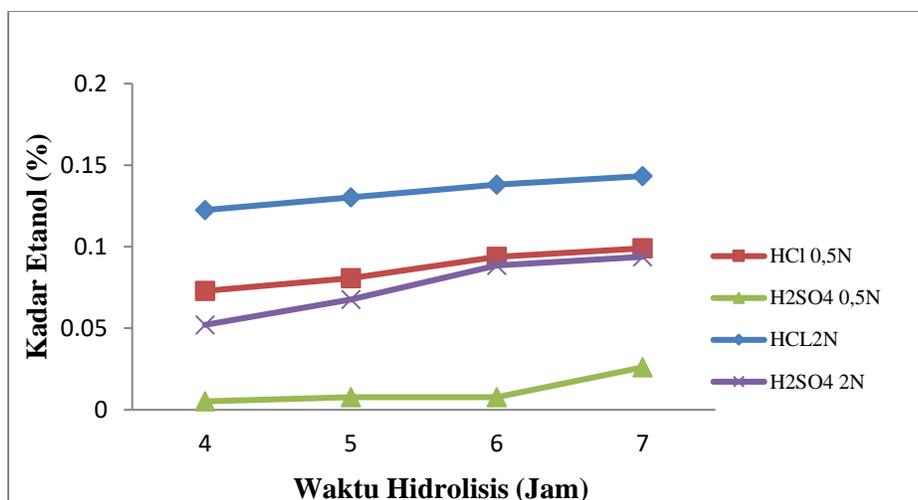
$$n_{CO_2} = \frac{P_{CO_2} V_{CO_2}}{R T} \dots\dots\dots(4)$$

$$n_{etanol} = n_{CO_2} \dots\dots\dots(5)$$

Berdasarkan penelitian pada proses fermentasi dari hasil hidrolisis asam dengan HCl dan H₂SO₄ pada kertas HVS bekas yang sudah dilakukan diperoleh hasil kadar etanol pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil penelitian fermentasi termodifikasi dari hasil hidrolisis asam pada daya 180 Watt terhadap kadar etanol dari kertas HVS bekas

Jenis Asam	Waktu Hidrolisis Asam (Jam)	Kadar Etanol				Konversi (%)	
		0,5N		2N		0.5N	2N
		(%)	(gram)	(%)	(gram)		
HCl	4	0.0729	0.0518	0.1225	0.0870	4.5323	5.3029
	5	0.0808	0.0574	0.1303	0.0926	4.7944	5.2216
	6	0.0938	0.0667	0.1381	0.0981	4.8667	5.3317
	7	0.0990	0.0703	0.1433	0.1018	4.6503	5.2057
H ₂ SO ₄	4	0.0052	0.0037	0.0521	0.0370	0.5716	3.7028
	5	0.0078	0.0055	0.0677	0.0482	0.7301	3.7397
	6	0.0078	0.0055	0.0886	0.0629	0.7276	4.2293
	7	0.0260	0.0185	0.0938	0.0666	1.5220	4.2985



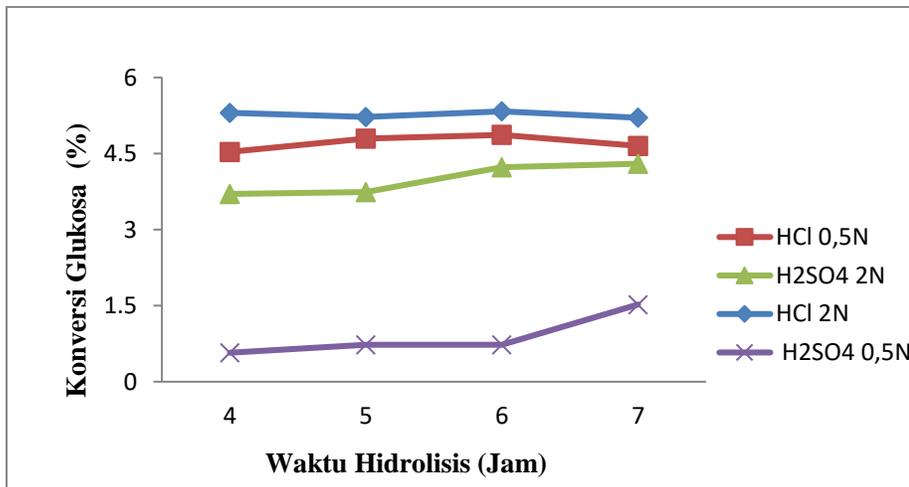
Gambar 2. Grafik pengaruh waktu hidrolisis asam dan jenis asam dengan konsentrasi berbeda terhadap kadaretanol pada daya microwave 180Watt

Dari gambar 2 pengaruh lama waktu hidrolisis terhadap kadar etanol kertas HVS bekas pada saat daya microwave 180watt dengan konsentrasi HCl 2N selama 7 jam menghasilkan kadar etanol tertinggi sebesar 0.1433%. Hal ini disebabkan karena pada proses hidrolisis asam selama 7 jam tersebut kertas HVS bekas sudah sepenuhnya hancur dan tercampur dengan pelarut asam sehingga kadar glukosa yang dihasilkan juga tinggi dan dalam proses fermentasi juga dihasilkan kadar etanol yang tinggi. Sedangkan pada konsentrasi H₂SO₄ 0.5N selama 4 jam menghasilkan kadar etanol terendah sebesar 0.0052%. Hal ini disebabkan karena pada saat proses hidrolisis asam kertas HVS bekas belum hancur sepenuhnya selama 4 jam tersebut dan konsentrasi yang digunakan terlalu kecil sehingga senyawa untuk menguraikan selulosa didalam kertas semakin rendah. Dan jika difermentasi maka kadar etanol yang dihasilkan juga semakin kecil.

Dari gambar 2 diatas dapat dilihat bahwa jenis asam mempengaruhi hasil kadar etanol. Kadar etanol tertinggi banyak dihasilkan dari hidrolisis yang menggunakan asam chorida (HCl) yaitu pada konsentrasi 0.5N 7 jam sebesar 0.0990% dan konsentrasi 2N 7 jam sebesar 0.1433% dibandingkan dengan asam sulfat (H₂SO₄) pada konsentrasi 0.5N 7 jam sebesar 0.0260% dan konsentrasi 2N 7 jam sebesar 0.0938%. Pada nilai konsentrasi asam yang sama untuk katalis asam sulfat menghasilkan kadar etanol yang lebih kecil karena pada saat proses hidrolisis jumlah H⁺ pada H₂SO₄ lebih banyak dari pada H⁺ pada HCl dan H⁺ akan berikatan dengan OH dari air membentuk gula reduksi tetapi pada H₂SO₄ terdapat sisa H⁺ yg tidak bereaksi sehingga hasil

glukosanya sedikit (Kriswiyanti, E.A et al.2012). Selain itu pada saat hidrolisis menggunakan H₂SO₄ kertas HVS bekas mudah sekali gosong dan menempel pada dinding labu leher sehingga kertas tidak terurai sepenuhnya dengan baik dan kebalikannya jika menggunakan pelarut HCl kertas HVS bekas tidak mudah gosong dan terurai dengan baik.

Selain itu konsentrasi asam juga mempengaruhi terhadap kadar etanol. Semakin tinggi konsentrasi asam maka semakin besar glukosa yang dihasilkan sehingga kadar bioetanol yang dihasilkan juga akan semakin besar (Muin, R. et al. 2014). Dapat dilihat bahwa konsentrasi asam 2N selama 7 jam merupakan kondisi optimum yang menghasilkan kadar etanol tertinggi baik menggunakan HCl sebesar 0.1433% maupun menggunakan H₂SO₄ sebesar 0.0938%. Dan kadar etanol terendah yaitu dengan konsentrasi asam 0.5N selama 4 jam menggunakan HCl sebesar 0.0729% dan H₂SO₄ sebesar 0.0052%. Hal ini terjadi karena pada konsentrasi 0.5N selama 4 jam kertas HVS bekas tidak hancur sepenuhnya dengan konsentrasi yang kecil dan hasil hidrolisatnya masih berwarna putih keunguan dibanding dengan konsentrasi 2N selama 7 jam kertas HVS bekas telah hancur sepenuhnya dan berwarna kuning kecoklatan yang menandakan bahwa kadar glukosa yang dihasilkan tinggi.



Gambar 3. Grafik pengaruh waktu hidrolisis asam dan jenis asam dengan konsentrasi berbeda terhadap konversi glukosa menjadi etanol pada daya microwave 180 watt

Berdasarkan Gambar 3 di atas maka sama seperti kadar etanol bahwa besar kecilnya konversi glukosa menjadi etanol dipengaruhi oleh konsentrasi asam, jenis asam dan waktu hidrolisis. Kondisi optimum konversi glukosa menjadi etanol tertinggi yaitu pada saat menggunakan HCl dengan konsentrasi 2N selama 6 jam sebesar 5.3317%, artinya bahwa

konversi pembentukan etanol dari seluruh glukosa yang terkandung pada HVS bekas lebih baik dari pada 7 jam, hal ini dapat terjadi karena pada saat 7 jam proses hidrolisis asam kertas sudah mulai gosong atau bisa karena ragi (fermipan) pada hidrolisat 7 jam lebih sedikit yang hidup saat proses aerasi dari pada hidrolisat yang 6 jam sehingga kemampuan untuk menguraikan glukosa menjadi etanol lebih rendah. Sedangkan konversi etanol terendah yaitu menggunakan H_2SO_4 dengan konsentrasi 0.5N selama 4 jam sebesar 0.5716% karena kertas masih belum sepenuhnya hancur.

Jenis asam dan konsentrasi pada proses fermentasi juga mempengaruhi hasil konversi glukosa menjadi etanol yang terbentuk. Konversi glukosa menjadi etanol tertinggi pada saat HCl konsentrasi 2N 6 jam sebesar 5.3317% dan HCl 0.5N 6 jam sebesar 4.8667%. Sedangkan konversi terendah pada saat H_2SO_4 konsentrasi 2N 4 jam sebesar 3.7028 % dan H_2SO_4 0.5N 4 jam sebesar 0.5716%. Asam klorida lebih baik digunakan dari pada asam sulfat karena yang sudah dijelaskan di atas tadi bahwa H_2SO_4 lebih mudah gosong pada saat hidrolisis asam sehingga kadar glukosanya rendah. Ini menyebabkan kadar etanol dan konversi pada saat fermentasi juga rendah. Selain itu penggunaan asam klorida sebagai katalisator hidrolisis merupakan asam kuat yang bersifat monoprotik. Dimana proses pembentukan H^+ terjadi dalam 1 tahap, sehingga reaksi hidrolisis yang dihasilkan berlangsung relatif cepat dibandingkan dengan H_2SO_4 . Selain faktor tersebut, asam klorida juga merupakan asam kuat yang relatif aman, karena pada proses penetralan dengan menggunakan NaOH akan menghasilkan NaCl yang tidak berbahaya (Saleh, H.A., et al. 2016).

Konsentrasi HCl atau H_2SO_4 sangat berpengaruh terhadap pH hasil hidrolisat. Karena pHnya yang berbeda-beda maka perlu diatur terlebih dahulu menjadi 4,5 jika akan difermentasi agar ragi (fermipan) dapat hidup pada saat proses aerasi. pH hasil hidrolisat HCl sekitar 0,00 sampai 0,05 lebih baik dari pada H_2SO_4 sekitar 0,00 sampai 0,10. Hal ini sangat berpengaruh pada saat fermentasi karena salah satu penyebab ragi mati biasanya adalah meskipun sudah dinetralkan dan dimulai proses fermentasi biasanya hidrolisat tersebut lama kelamaan pHnya akan bertambah asam sehingga ragi akan mati jika terlalu asam. Pada saat proses fermentasi jika raginya hidup maka ditandai dengan adanya gelembung di atas permukaan hidrolisat sehingga dapat dipastikan terdapat gas CO_2 yang keluar. Sebaliknya jika ragi mati maka hidrolisatnya berubah menjadi hitam jika sudah didiamkan beberapa hari dan tidak terdapat gas CO_2 .

4. PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kondisi operasi optimum tertinggi pada proses pembuatan bioetanol dari HVS bekas diperoleh melalui perlakuan fermentasi dari hasil hidrolisis pada HCl 2N selama 7 jam sebesar 0.1433%. Sedangkan konversi glukosa menjadi etanol tertinggi diperoleh melalui perlakuan fermentasi dari hasil hidrolisis pada HCl 2N selama 6 jam sebesar 5.3317%. Penggunaan jenis asam pada proses hidrolisis menghasilkan kadar etanol yang tinggi, baik dengan konsentrasi kecil atau besar adalah menggunakan HCl. Semakin lama waktu hidrolisis maka kadar etanol yang diperoleh semakin banyak. Semakin besar konsentrasi asam yang digunakan maka kadar dan konversi glukosa menjadi etanol yang diperoleh juga semakin naik. Perlu dilakukannya penelitian mengenai penggunaan konsentrasi yang lebih besar dari 2N untuk hidrolisis asam dengan HCl atau H₂SO₄ agar kadar etanol yang dihasilkan semakin tinggi. Dan perlu dilakukannya penelitian mengenai penggunaan jenis ragi yang lain dari fermipan agar kadar etanol yang dihasilkan semakin tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, N., Al-bAARI, A. & Mulyani, S., 2012. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol, pH, dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi Bioetanol dari Whey dengan Substitusi Kulit Nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 1(2), pp.72–77.
- Devarapalli, M. & Atiyeh, H.K., 2015. A review of conversion processes for bioethanol production with a focus on syngas fermentation. *Biofuel Research Journal*, 2(3), pp.268–280.
- Fuadi, A., Harismah, K. & Setiawan, A., 2015. Hidrolisis Enzimatis Kertas Bekas Dengan Variasi Pemanasan Awal. *University Research Colloquium*, pp.1–8.
- Gunam, I.B.W. et al., 2011. Delignifikasi Ampas Tebu Dengan Larutan Natrium Hidroksida Sebelum Proses Sakarifikasi Secara Enzimatis Menggunakan Enzim Selulase Kasar. *Jurnal Teknologi Indonesia*, 34, pp.24–32.
- Joshi, B. et al., 2011. Lignocellulosic ethanol production: Current practices and recent developments. *Biotechnology and Molecular Biology Review*, 6(November), pp.172–182.
- Khoja, A.H. et al., 2015. Comparative study of bioethanol production from sugarcane molasses by using *Zymomonas mobilis* and *Saccharomyces cerevisiae*. *African Journal of Biotechnology*, 14(31), pp.2455–2462.
- Kriswiyanti, E. A., & H, F. I. W. (2012). Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi Asam Terhadap Kinetika Reaksi Hidrolisis Pelepah Pisang (*Musa Paradisiaca L*), 11(2), 73–77.

- Muin, R., Lestari, D., & Sari, T. W. (2014). Bioetanol Yang Dihasilkan Dari Biji Alpukat. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(4), 1–7.
- Saleh, H. A., Saokani, J., & Rijal, S. (2016). Penentuan Nilai Kalor Serta Pengaruh Asam Klorida (HCl) Terhadap Kadar Bioetanol Bonggol Pisang (Musa paradisiacal), 4, 68–77.
- Santos, R.S. dos et al., 2014. Bioethanol from Jatropha Seed Cakes Produced by Acid Hydrolysis Followed by Fermentation with Baker ' s Yeast. *International Journal of Applied Science and Technology*, 4(4), pp.111–117.
- Setyanto, R.H., Priyadithama, I. & Maryani, 2011. Pengaruh Faktor Jenis Kertas, Jenis Perekat Dan Kerapatan Komposit Terhadap Kekuatan Impak Pada Komposit Panel Serap Bising Berbahan Dasar Limbah Kertas. *Mekanika*, 10(September), pp.15–21.
- Singh, A.K. et al., 2014. Bio-ethanol production from banana peel by simultaneous saccharification and fermentation process using cocultures *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(5), pp.84–96.