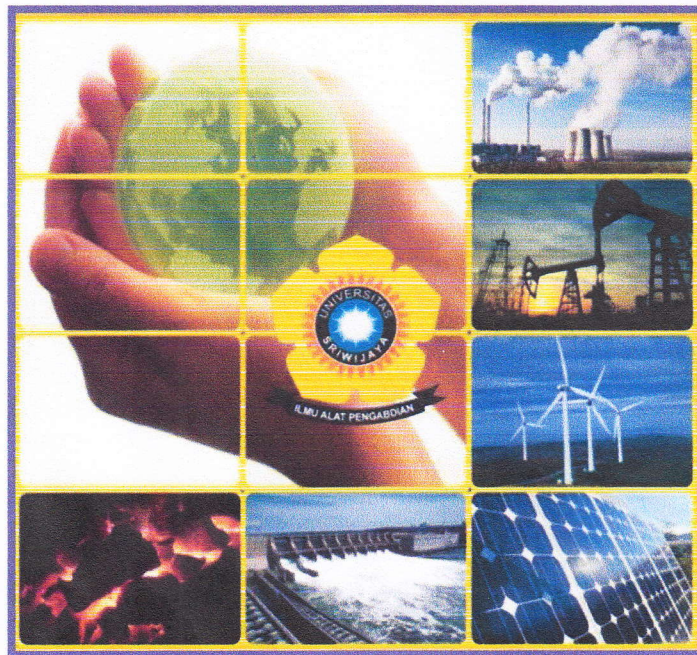

PROSIDING



**SEMINAR NASIONAL
AVoER IV Tahun 2012**



**Universitas Sriwijaya
Fakultas Teknik**



**Gedung Serba Guna Program PascaSarjana
Jl. Srijaya Negara Kampus UNSRI Bukit Pesar Palembang
Rabu-Kamis/28 - 29 November 2012**

Supported by :



ALKALINE PRETREATMENT DAN PROSES SIMULTAN SAKARIFIKASI-FERMENTASI (SSF) UNTUK MEMPRODUKSI BIOETANOL BERBAHAN BAKU JERAMI PADI

Novia*, Elizabeth Theresia Mathilda, Puti Dwi Septia

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Palembang-
Prabumulih Km.32-Inderalaya Ogan Ilir 30662

*Korespondensi: Phone: +62 711 580303 / 081368632611, Fax: +62 711 580303

Email: noviasumardi@yahoo.com

ABSTRAK

Jerami padi memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Hal ini dikarenakan jerami padi mengandung lignoselulosa, apabila diolah lebih lanjut menghasilkan bioetanol generasi-2. Pada penelitian ini, produksi etanol dari biomassa lignoselulosa jerami padi terdiri dari tahap *Pretreatment* Alkaline dilanjutkan dengan metode SSF (Simultan Sakarifikasi-Fermentasi) dan tahap purifikasi etanol. Sakarifikasi menggunakan metode enzimatik dengan bantuan enzim selulase yang berasal dari fungi *Aspergillusniger*. Variabel yang digunakan adalah waktu tinggal dan konsentrasi NaOH pada saat *pretreatment*. Waktu tinggal yang digunakan mulai dari 30, 45, 60, 75, sampai dengan 90 menit. Sedangkan konsentrasi NaOH yang digunakan adalah 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2%. Dari hasil penelitian yang dilakukan didapat kadar etanol yang tertinggi 14,599% dengan waktu tinggal 90 menit dan konsentrasi NaOH 2%.

Kata kunci : etanol, hidrolisis enzimatik, jerami padi, SSF.

1. PENDAHULUAN

Krisis energi yang melanda dunia dapat diatasi dengan mencari energi alternatif pengganti bahan bakar minyak. Permintaan BBM untuk kebutuhan transportasi dan aktifitas industri terus meningkat sementara cadangan minyak mentah semakin menipis. Energi alternatif yang dapat di perbaharui dan ramah lingkungan salah satunya bioetanol. Selama ini bioetanol banyak di produksi dari gula tebu, jagung, kulit nanas, pisang dan singkong. Hal ini dapat mengurangi ketersediaan bahan pangan, sehingga terjadi persaingan antara pemenuhan kebutuhan pangan dan energi. Harga bahan pangan akan mengalami peningkatan.

Selama ini pemanfaatan jerami padi masih sangat terbatas hanya di gunakan untuk makan ternak dan pupuk. Padahal jerami padi ini merupakan biomassa lignoselulosa yang dapat di dimanfaatkan untuk pembuatan bioetanol generasi-2. Ketersediaannya melimpah sehingga tidak mengganggu kebutuhan stok bahan pangan. Namun pembuatan bioetanol dari biomassa lignoselulosa melalui tahap yang lebih panjang dibanding bioetanol generasi-1. Lignin yang terkandung pada biomassa harus dihilangkan terlebih dahulu sebelum dikonversikan menjadi bioetanol.

Pada penelitian ini, produksi bioetanol dari biomassa lignoselulosa jerami padi meliputi tahap *Alkaline Pretreatment*, hidrolisis (*sakarifikasi*), fermentasi dan tahap purifikasi etanol. *Alkaline Pretreatment* digunakan untuk memisahkan kandungan lignin dan hemiselulosa dari selulosa, agar dapat menghasilkan gula yang lebih tinggi. Hidrolisis selulosa secara enzimatik menggunakan enzim selulase yang berasal dari fungi *Aspergillus niger*. Enzim ini memiliki kemampuan untuk memecah selulosa menjadi glukosa. Untuk mendapatkan yield yang lebih tinggi digunakan metode SSF (simultan sakarifikasi dan fermentasi).

Pretreatment

Pretreatment biomassa lignoselulosa harus dilakukan untuk mendapatkan hasil yang tinggi (Mosier, et al., 2005). *Pretreatment* dapat dilakukan secara fisika (size reduction: pencacahan, penggilingan); fisiko-kimia (*steam explosion*, *ammonia fiber explosion* (AFEX), *CO₂ explosion*); kimia (*alkaline pretreatment*, ozonolisis, hidrolisis asam, delignifikasi oksidatif, dan proses organosolv); biologis maupun kombinasi dari cara tersebut (Sun & Cheng, 2002). Menurut (Mosier, et al., 2005) *alkaline pretreatment* memiliki kelebihan yaitu menggunakan temperatur dan tekanan yang lebih rendah.

Peneliti terdahulu (Mcintosh & Vancov, 2010) menggunakan *alkaline pretreatment* pada biomassa jerami sorgum sebelum dihidrolisis menjadi glukosa. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa NaOH pada konsentrasi 2% (suhu 121°C, waktu pretreatment 90 menit) mampu menghilangkan lignin sebesar 77,3%. Peneliti lain (Harun, Jason, Cherrington, & Danquah, 2010) menggunakan *alkaline pretreatment* untuk memproduksi bioetanol dari mikroalga. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa yield glukosa tertinggi diperoleh sebesar 350 mg/gr alga dan etanol tertinggi sebesar 0.26 gr ethanol/gr algae pada saat penggunaan NaOH 0,75 % (berat/volume), suhu 120°C selama 50 menit. Pretreatment dapat juga dilakukan dengan memberikan perlakuan H₂SO₄ encer (1%) dan larutan NaOH (4%) untuk mendegradasi lignin pada biomassa TKKS (Novia, Faizal, Ariko, & Yogamina., 2011). Namun penelitian mereka belum menunjukkan apakah asam atau basa yang lebih berperan dalam pemutusan rantai lignin. Dari beberapa penelitian terdahulu dapat disimpulkan bahwa *alkaline pretreatment* dapat menghilangkan kandungan lignin pada biomassa lignoselulosa.

Hidrolisis

Hidrolisis meliputi proses pemecahan polisakarida di dalam biomassa lignoselulosa, yaitu: selulosa dan hemiselulosa menjadi monomer gula penyusunnya. Hidrolisis sempurna selulosa menghasilkan glukosa, sedangkan hemiselulosa menghasilkan beberapa monomer gula pentose (C5) dan heksosa (C6). Hidrolisis dapat dilakukan secara kimia (asam) atau enzimatik.

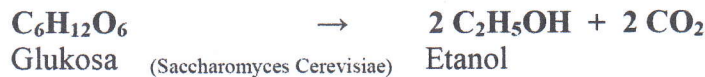
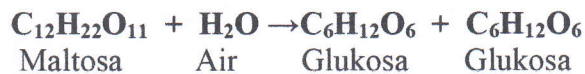
Hidrolisa selulosa secara enzimatik memberi *yield* etanol sedikit lebih tinggi dibandingkan metode hidrolisa asam serta lebih ramah lingkungan. Proses hidrolisa enzimatik memerlukan *Pretreatment* bahan baku agar struktur selulosa siap untuk dihidrolisa oleh enzim.

Fermentasi

Fermentasi adalah suatu proses dimana enzim yang ada di mikroorganismenya mengkatalisis suatu reaksi kimia untuk mengubah suatu gula sederhana atau asam

amino menjadi senyawa dengan massa molekul yang lebih rendah seperti asam organik dan etanol. Ada banyak mikroorganisme yang dapat melakukan fermentasi, contohnya adalah ragi/jamur. Dalam suatu proses fermentasi, tergantung mikroorganisme yang berperan, akan menghasilkan senyawa-senyawa seperti karbon dioksida, asam organik, etanol, dan hasil-hasil metabolisme lainnya.

Secara ringkas seluruh rangkaian reaksi yang terjadi adalah hidrolisis pati atau polisakarida menjadi maltosa (disakarida) kemudian dihidrolisis menjadi glukosa, selanjutnya diubah menjadi alkohol dan gas karbondioksida oleh *Saccharomyces cerevisiae*.



Simultan Sakarifikasi dan Fermentasi (SSF)

Proses hidrolisis umumnya digunakan pada industri etanol adalah menggunakan hidrolisis dengan asam (*acid hydrolysis*) dengan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) atau dengan menggunakan asam klorida (HCl). Proses hidrolisis dapat dilakukan dengan menggunakan enzim yang sering disebut dengan *enzymatic hydrolysis* yaitu hidrolisis dengan menggunakan enzim jenis selulase atau jenis yang lain. Keuntungan dari hidrolisis dengan enzim dapat mengurangi penggunaan asam sehingga dapat mengurangi efek negatif terhadap lingkungan. Kemudian setelah proses hidrolisis dilakukan fermentasi menggunakan *yeast* seperti *Saccharomyces cerevisiae* untuk mengkonversi menjadi etanol. Proses hidrolisis dan fermentasi ini akan sangat efisien dan efektif jika dilaksanakan secara berkelanjutan tanpa melalui tenggang waktu yang lama, hal ini yang sering dikenal dengan istilah *Simultaneous Sacharification and Fermentation* (SSF).

Proses SSF sebenarnya hampir sama dengan proses yang terpisah antara hidrolisis dengan enzim dan proses fermentasi, hanya dalam proses SSF hidrolisis dan fermentasi dilakukan secara serentak dan berkelanjutan.

Keuntungan dari proses ini adalah polisakarida yang terkonversi menjadi monosakarida tidak kembali menjadi polisakarida karena monosakarida langsung difermentasi menjadi etanol. Selain itu dengan menggunakan satu reaktor dalam prosesnya akan mengurangi biaya peralatan yang digunakan (Samsuri, et al., 2007).

Bioetanol Sebagai Sumber Energi

Bioetanol merupakan etanol yang dihasilkan melalui proses fermentasi. Saat ini etanol tidak hanya digunakan sebagai minuman tetapi juga digunakan sebagai salah satu alternatif bahan bakar pengganti bahan bakar fosil. Di Indonesia penelitian ini baru dilakukan dalam beberapa tahun terakhir.

Bioetanol digunakan sebagai bahan bakar kendaraan sebagai campuran dengan bensin yang dinamakan gasohol. Campuran yang paling banyak digunakan yaitu E85 dan E10. Dengan campuran seperti ini mesin tidak perlu mengalami modifikasi.

Keuntungan menggunakan bioetanol sebagai bahan bakar adalah karena bioetanol merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui. Disamping itu bioetanol memiliki bilangan oktan yang lebih tinggi dibandingkan bensin bahkan Pertamina sehingga pembakarannya lebih sempurna. Lebih dari itu bioetanol merupakan bahan bakar yang baik untuk kendaraan *hybrid* di masa yang akan datang (Hahn-Hagerdal, Galbe, Gorwa-Grauslund, Liden, & Zacchi, 2006).

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pembuatan Enzim Selulase Dari *Aspergillus Niger*

A. Pembenihan Inokulasi

Mikroba yang digunakan adalah *Aspergillus niger*. Pembenihan dilakukan pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*) secara zig-zag dengan menggunakan kawat inokulasi di dalam cawan petri secara aseptik. Mikroba diinkubasi pada suhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$ selama 120 jam.

B. Penyiapan Inokulum

Menyiapkan 100 ml media cair yang terdiri dari sukrosa 12,5%, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,25 %, KH_2PO_4 0,2 %. pH media cair diatur dengan HCl hingga pH = 3. Sebelumnya ujung kawat ose dicelupkan ke dalam etanol 96% lalu dipanaskan menggunakan api bunsen sampai berwarna merah untuk mengambil biakan *Aspergillus niger* dari media PDA lalu dicelupkan beberapa saat pada media cair hingga tampak keruh. Kegiatan ini dilakukan di ruang aseptik. Kemudian media cair ditutup dengan kapas dan diinkubasi pada suhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.

C. Produksi Enzim selulase dalam media cair padat

Jerami padi dikeringkan kemudian dihaluskan. Lalu ditimbang 30 gram dimasukkan ke dalam beaker glass 250 ml tambahkan nutrisi urea 0,03 gr, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,005 gr, KH_2PO_4 0,0023 gr dan 80 ml aquadest. pH diatur hingga pH = 5 lalu media disterilkan di dalam autoclave pada suhu 120°C selama 15 menit. Media yang telah disterilkan kemudian didinginkan lalu tambahkan Suspensi spora *aspergillus niger* 10 ml pada media tersebut. Media diinkubasi pada suhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$ dengan waktu fermentasi 96 jam.

D. Pengambilan Enzim

Hasil fermentasi diekstrak dengan aquadest sebanyak 100 ml lalu di letakkan pada rotari shaker 150 rpm selama 1 jam. Cairan hasil fermentasi dipisahkan dengan menggunakan kertas saring. Enzim yang diperoleh kemudian disimpan di lemari pendingin dan siap digunakan

2.2. Pretreatment Jerami Padi

Jerami padi dipotong terlebih dahulu lalu dijemur selama 5 hari, jerami padi yang telah dikeringkan diperkecil ukurannya menjadi 3 mm lalu timbang 30 gram dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 500 ml. Membuat larutan 0%, 0,5 %, 1%, 1,5%, dan 2% NaOH 4M (16%) dengan volume 150 ml, kemudian di campurkan dengan jerami didalam erlenmeyer. Erlenmeyer ditutup rapat dengan gabus, kemudian dipanaskan didalam autoclave dengan temperatur 121°C selama waktu tertentu (30, 45, 60, 75, dan 90 menit). Pada proses ini, lignin akan terpisah dari jerami padi sehingga lapisan selulosa akan terbuka. Sehingga selulosa yang terkonversi menjadi glukosa akan lebih besar.

2.3. Simultan Sakarifikasi dan Fermentasi (SSF)

Jerami yang telah mengalami proses *Pretreatment* kemudian disaring dan dibilas dengan aquadest dan mengatur pH 4-5. Menambahkan 100 ml aquadest kemudian dimasukkan kedalam autoclave pada suhu 121 °C selama 15 menit, dinginkan terlebih dahulu kemudian tambahkan 10 ml enzim selulase, lalu dimasukkan ke dalam jerami padi tersebut, selanjutnya menutup rapat erlenmeyer dengan gabus dan diletakkan pada rotary shaker 160 rpm selama 24 jam. Kemudian menambahkan ragi roti dengan bobot 10% (dari berat feed), jadi massa ragi yang digunakan adalah 3 gr. Lalu di aduk sebentar sampai homogen. Setelah itu menghubungkan erlemeyer 500 ml yang berisi jerami padi tersebut dengan selang karet dan ujung selang dimasukkan kedalam air agar tidak terjadi kontak langsung dengan udara. Proses fermentasi dilakukan selama 5 hari.

2.4. Distilasi

Menyiapkan 1 set peralatan destilasi. Lalu merangkai dan menyalakan peralatan destilasi dengan benar lalu masukkan hasil fermentasi yang telah disaring ke dalam labu, kemudian pasang pada alat destilasi yang telah disediakan. Temperatur diatur 78-80°C. Proses destilasi dilakukan selama 1,5 - 2 jam sampai etanol tidak menetes lagi. Destilat (etanol) yang dihasilkan lalu ditimbang dan disimpan di dalam botol yang tertutup rapat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian kadar bioetanol pada jerami padi dengan variasi konsentrasi NaOH dan waktu tinggal *pretreatment* dapat dilihat padaa tabel 3.1. Kadar glukosa hasil SSF ditunjukkan pada tabel 3.2.

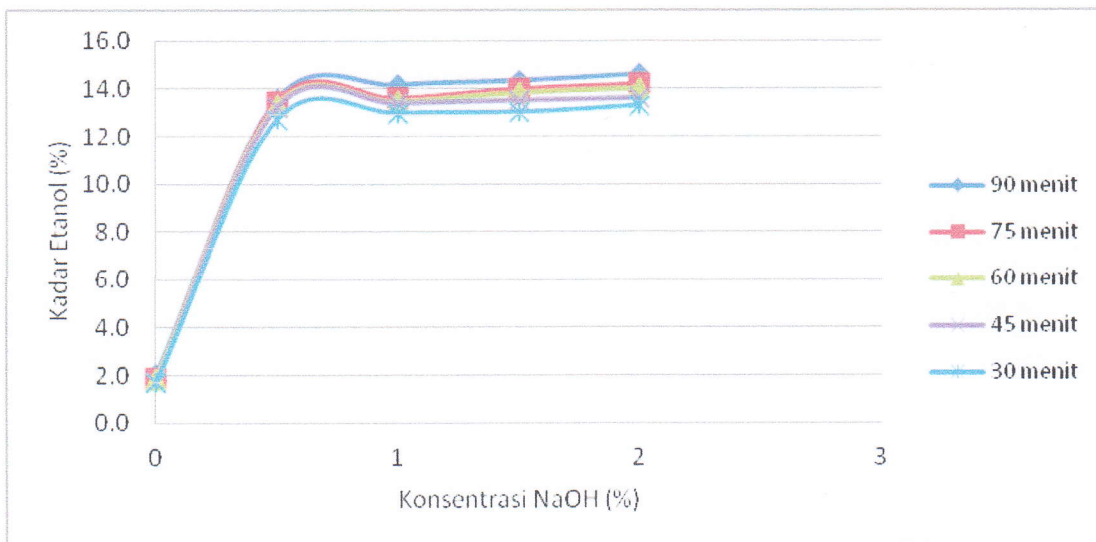
Tabel 3.1. Hasil Analisa Etanol Jerami padi

No	Berat Jerami Padi (gr)	Waktu Pretreatment (menit)	Konsentrasi NaOH (%)	Kadar Etanol (% v/v)
1.	30	30	0	1,6968
			0,5	12,6839
			1	12,9709
			1,5	13,0103
			2	13,2899
2.	30	45	0	1,7178
			0,5	13,2101
			1	13,3832
			1,5	13,5163
			2	13,6096
3.	30	60	0	1,7914
			0,5	13,2766
			1	13,4364
			1,5	13,8226
			2	14,0091
4.	30	75	0	1,8860
			0,5	13,4631
			1	13,6096
			1,5	14,0091
			2	14,2102
5.	30	90	0	2,0016
			0,5	13,5430
			1	14,1566
			1,5	14,3309
			2	14,5991

Tabel 3.2. Hasil Analisa Kadar Glukosa Sisa Fermentasi

No	Berat Jerami Padi (gr)	Waktu Pretreatment (menit)	Konsentrasi NaOH (%)	Kadar Glukosa (% v/v)
1.	30	30	0	0,0101
			0,5	0,1010
			1	0,1300
			1,5	0,1663
			2	0,1691
2.	30	45	0	0,0171
			0,5	0,1240
			1	0,1330
			1,5	0,1677
			2	0,1733
3.	30	60	0	0,0211
			0,5	0,1702
			1	0,1770
			1,5	0,1804
			2	0,1812
4.	30	75	0	0,0671
			0,5	0,1790
			1	0,1800
			1,5	0,1910
			2	0,1899
5.	30	90	0	0,0901
			0,5	0,1900
			1	0,1982
			1,5	0,1901
			2	0,1870

3.1. Pengaruh Konsentrasi NaOH Terhadap Kadar Etanol Pada Berbagai Variasi Waktu Pretreatment



Gambar 3.1. Grafik Kadar Etanol Berdasarkan Analisa Densitas

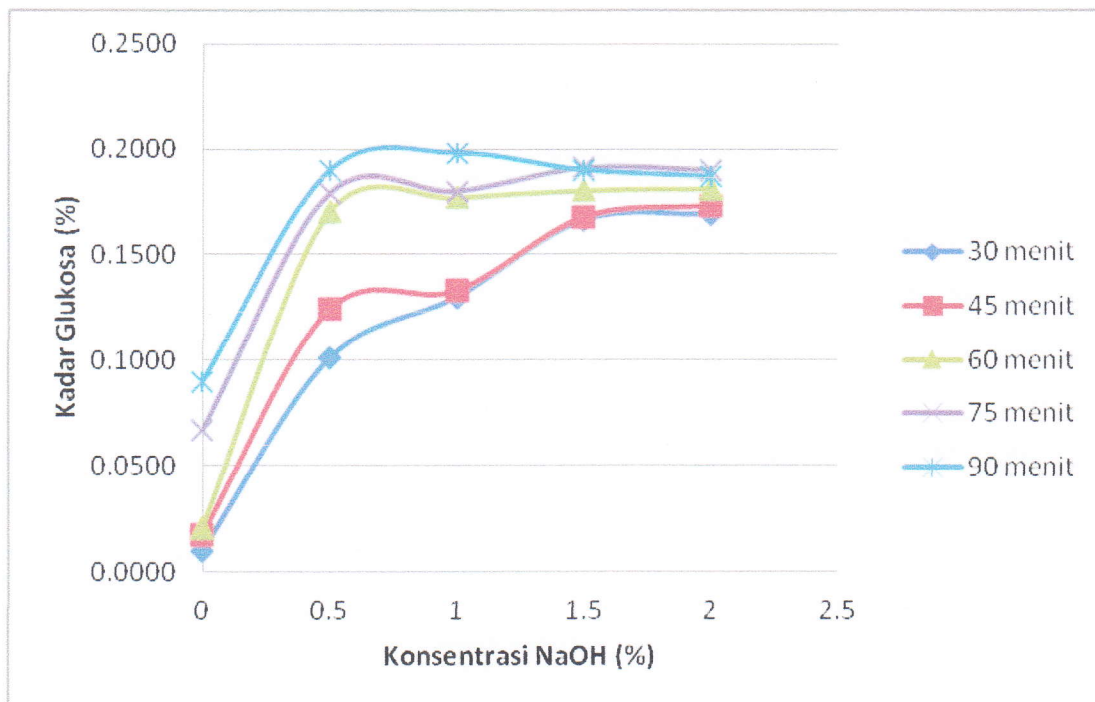
Gambar 3.1 memperlihatkan bahwa kenaikan persen etanol berbanding lurus dengan penambahan NaOH dan lama waktu *pretreatment*. Semakin besar konsentrasi NaOH maka kadar etanol yang diperoleh akan semakin meningkat. Tampak jelas perbedaan kenaikan kadar etanol dari konsentrasi NaOH 0% menuju konsentrasi NaOH 0,5%. Hal ini menunjukkan bahwa proses pembentukan etanol dari jerami padi membutuhkan *pretreatment* terlebih dahulu agar dihasilkan kadar etanol yang lebih besar.

Semakin besar konsentrasi NaOH maka semakin sempurna proses pemecahan ikatan lignin, sehingga dapat merusak struktur kital dari sellulosa. Rusaknya struktur kristal sellulosa akan mempermudah terurainya sellulosa menjadi glukosa yang akan dikonversikan menjadi etanol. Selain itu, semakin lama waktu tinggal *pretreatment*

maka proses pemecahan ikatan lignin juga semakin sempurna sehingga kadar etanol yang dihasilkan semakin banyak. Proses *pretreatment* yang hanya menggunakan air saja tidak dapat membantu proses pemecahan lignin secara sempurna, sehingga kadar glukosa yang dihasilkan untuk dikonversikan menjadi etanol juga sedikit. Persen etanol yang dihasilkan dari setiap variabel tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, hal ini dikarenakan perbedaan waktu tinggal yang digunakan pada proses *pretreatment* tidak begitu lama, dan volume enzim yang digunakan tidak divariasikan.

Dari grafik diatas juga dapat dilihat bahwa kondisi terbaik dari penelitian ini yaitu pada saat waktu *pretreatment* 90 menit dengan konsentrasi NaOH 2% yang menghasilkan etanol sebanyak 14,5991 %.

3.2. Pengaruh Konsentrasi NaOH Terhadap Kadar Glukosa Sisa Fermentasi Pada Berbagai Variasi Waktu *Pretreatment*



Gambar 3.2. Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap kadar glukosa

Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap kenaikan kadar glukosa sisa fermentasi pada setiap variasi waktu *pretreatment* dapat dilihat pada gambar 3.2. Semakin besar konsentrasi NaOH dan semakin lama waktu *pretreatment* kadar glukosa sisa fermentasi semakin besar. Pada proses SSF, hidrolisis dan fermentasi yang dilakukan pada satu tempat, sehingga pada tahap fermentasi proses hidrolisisnya masih terus berlangsung. Hal ini menyebabkan glukosa tetap dihasilkan walaupun etanol telah diproduksi. Idealnya, setelah proses fermentasi kadar glukosa yang ada harusnya lebih sedikit di bandingkan dengan kadar glukosa sebelum proses fermentasi. Namun pada penelitian ini kadar glukosa sebelum fermentasi tidak bisa dianalisa, karena prosesnya berjalan simultan.

Dari grafik juga dapat dilihat bahwa terjadi penurunan sisa glukosa pada saat waktu *pretreatment* 90 menit dengan konsentrasi NaOH 2%; 1,5%, dan pada waktu

75 menit dengan konsentrasi NaOH 2%. Hal ini disebabkan karena pada saat fermentasi tidak menggunakan nutrisi untuk ragi yang membantu proses fermentasi sehingga gula digunakan sel khamir sebagai sumber karbon untuk mensintesis energi melalui proses fermentasi etanol dan mempertahankan hidup. Karena konsentrasi etanol yang tinggi akan beracun bagi ragi.

3.3. Analisa Kadar Etanol Dengan Menggunakan Gas Cromatografi

Sampel yang dianalisa menggunakan Gas Cromatografi merupakan 5 sampel yang memiliki kadar etanol tertinggi pada saat analisa menggunakan Piknometer. Nilai larutan baku etanol serta sampel dapat dilihat pada tabel 3.3. dan tabel 3.3.

Perhitungan :

Tabel 3.3. Nilai Larutan Baku Etanol

Larutan Baku	RT	AREA	TYPE	AR/HT	AREA%
Etanol	1,38	15540000	PB	0,209	100

Tabel 3.4. Hasil Data Sampel Setelah Dilakukan Analisa Gas romatografi

Identitas Cuplikan	RT	AREA	TYPE	AR/HT	AREA%
0,5 % NaOH (90 menit)	2,03	1757100	PB	0,134	100
1% NaOH (90 menit)	1,69	1868400	PB	0,184	99,93
1,5 % NaOH (90 menit)	1,78	1964400	PB	0,177	100
2 % NaOH (90 menit)	1,84	2048700	PB	0,139	100

Keterangan :

- RT : Waktu retensi
- Area : Luas puncak
- Type : Tipe puncak
- Area% : Persen senyawa dalam campuran

$$\% \text{ Kadar Etanol} = \frac{\text{Area Larutan Cuplikan}}{\text{Area Larutan Baku}} \times 100\%$$

a. Sampel 0,5 % NaOH (90 menit)

$$\% \text{ Kadar Etanol} = \frac{1757100}{15540000} \times 100\% = 11,3069\%$$

b. Sampel 1% NaOH (90 menit)

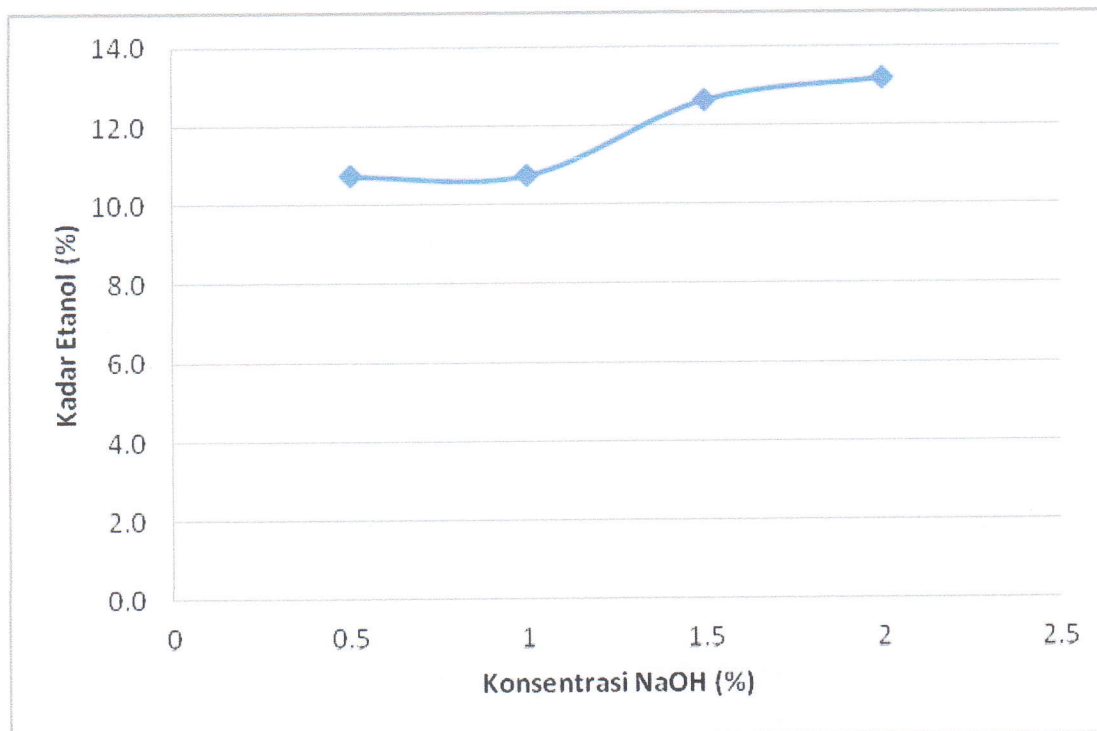
$$\% \text{ Kadar Etanol} = \frac{1868400}{15540000} \times 100\% = 12,0231\%$$

c. Sampel 1,5 % NaOH (90 menit)

$$\% \text{ Kadar Etanol} = \frac{1964400}{15540000} \times 100\% = 12,6409\%$$

d. Sampel 2% NaOH(90 menit)

$$\% \text{ Kadar Etanol} = \frac{2048700}{15540000} \times 100\% = 13,1833\%$$



Gambar 3.3. Kadar Etanol Berdasarkan Analisa Gas Cromatografi

Dari Gambar 3.3. terlihat bahwa kadar etanol semakin naik dengan bertambahnya konsentrasi NaOH. Semakin besar konsentrasi NaOH maka semakin sempurna proses pemecahan ikatan lignin, sehingga dapat merusak struktur kital dari selulosa. Rusaknya struktur kristal selulosa akan mempermudah terurainya selulosa menjadi glukosa yang akan dikonversikan menjadi etanol.

Dari analisa menggunakan Gas Cromatografi (GC) diperoleh perbedaan nilai dengan analisa menggunakan piknometer. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor:

- 1) Analisa piknometer bersifat kotor, nilai hasil analisa merupakan densitas campuran sehingga lebih besar jika dibandingkan dengan analisa GC. Sedangkan dengan analisa GC, hanya etanol yang dideteksi untuk diukur nilainya.
- 2) Jarak waktu antara analisa piknometer dengan analisa GC cukup lama.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu, semakin besar konsentrasi NaOH, maka semakin tinggi kadar etanol yang di hasilkan. Semakin

lama waktu tinggal *pretreatment* kadar etanol yang dihasilkan semakin tinggi. Kondisi penelitian terbaik adalah pada saat penggunaan NaOH 2% dan waktu tinggal *pretreatment* 90 menit, dengan kadar etanol yang dihasilkan 14,5991%.

DAFTAR PUSTAKA

Hahn-Hagerdal, B., Galbe, M., Gorwa-Grauslund, M., Liden, G., & Zacchi, G. (2006). Bioethanol – the fuel of tomorrow from the residues of today. *Trends in Biotechnol.* , 24(12): 549–556.

Harun, R., Jason, W., Cherrington, T., & Danquah, M. K. (2010). Exploring Alkaline Pre-Treatment Of Microalgal Biomass For Bioethanol Production. *Applied Energy* , 88, 10, 3464-3467.

Mcintosh, S., & Vancov, T. (2010). Enhanced Enzyme Saccharification of Shorgum Bicolor Straw Using Dilute Alkali Pretreatment. *Bioresource Technology* , 6718-6722.

Mosier, N., Wyman, C., Dale, B., Elander, R., Lee, Y., Holtzapple, M., et al. (2005). Features of Promising Technologies for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass. *Bioresource Technology* , 96(6):673-686.

Novia, Faizal, M., Ariko, M. F., & Yogamina., D. H. (2011). Hidrolisis Enzimatik dan Fermentasi TKKS yang Didelignifikasi dengan Asam Sulfat dan NaOH untuk Memproduksi Etanol. *Seminar Nasional Added value of Energy Resources (AVoER-2011)* (hal. 451-462). Palembang – Indonesia: Universitas Sriwijaya.

Samsuri, M., G. M., Mardias, R., Baiquni, M., Hermansyah, H., Wijanarko, A., et al. (2007). Pemanfaatan selulosa bagas untuk produksi ethanol melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak dengan Enzim xylanase. *Makara, Teknologi* , Vol. 11 hal (17-24).

Sun, Y., & Cheng, J. (2002). Hydrolysis of Lignocellulosic Materials for Ethanol Production: A Review. *Bioresource Technology* , 83, 1-11.