

PEMBUATAN BIOETANOL DARI SEKAM PADI MENGUNAKAN KOMBINASI *SOAKING IN AQUEOUS AMMONIA (SAA) PRETREATMENT – ACID PRETREATMENT – HIDROLISIS – FERMENTASI*

Novia*, Ika Utami, Lia Windiyati

*Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang, 30139
e-mail : liika.riset@gmail.com

Abstrak

Sekam padi merupakan salah satu biomassa lignoselulosa yang dapat dipilih sebagai bahan baku pembuatan bioetanol karena tersedia melimpah, murah, dan terbarukan. Akan tetapi, sebagai biomassa lignoselulosa, kendala utama pemanfaatan sekam padi adalah proses *pretreatment* untuk menghilangkan kadar lignin dan mempersiapkan lignoselulosa agar mudah dihidrolisis. Pada penelitian ini, digunakan kombinasi *Soaking In Aqueous Ammonia Pretreatment (SAA)* dengan variasi waktu perendaman (2, 3, 4, 5 jam) dan *Acid Pretreatment* menggunakan H_2SO_4 0,18N. Hasil *pretreatment* kemudian dihidrolisis menggunakan enzim selulase dan difermentasi menggunakan ragi tape dengan variasi waktu (1, 3, 5, 7, 9 hari). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman maka kadar lignin pada bahan semakin menurun. Kadar lignin terendah yang diperoleh adalah sebesar 4,7250 % setelah 5 jam perendaman dalam larutan ammonia. Kadar bioetanol yang dihasilkan semakin meningkat hingga hari kelima fermentasi dengan hasil tertinggi diperoleh sebesar 14,4227%.

Kata Kunci : Bioetanol, Sekam Padi, SAA

Abstract

Rice husk is one of lignocellulosic biomass that can be selected as feedstock for bioethanol production because it is abundantly available, cheap, and renewable. However, as a lignocellulosic biomass, the main obstacle in utilization of rice husk is the pretreatment process to remove lignin content and to prepare the lignocellulose in order to be easily hydrolyzed. This study use a combination of *Soaking in Aqueous Ammonia (SAA)* with the variation of soaking time (2, 3, 4, 5 hours) and *Acid Pretreatment* using H_2SO_4 0.18 N. Sample from pretreatment process then hydrolyzed using cellulase enzyme and fermented using tape yeast with time variation (1, 3, 5, 7, 9 days). The results showed that lignin content in material decreased by the longer of soaking time. The lowest lignin content was 4.7250 % after 5 hours of soaking in ammonia solution. Bioethanol content increased until day five of fermentation with the highest yield obtained was 14.4227%.

Keywords : Bioethanol , Rice Husk , SAA

1. PENDAHULUAN

Badan Pusat Statistik Indonesia mencatat pada tahun 2013 stok minyak Indonesia tersisa 3,7 miliar barel. Dengan produksi saat ini sekitar 840.000 barel per hari, maka stok minyak di Indonesia akan habis dalam jangka waktu 10-11 tahun lagi. Persediaan energi minyak bumi yang menipis menuntut eksplorasi bahan bakar alternatif. Salah satu bahan bakar alternatif tersebut adalah bioetanol dari lignoselulosa.

Sekam padi merupakan biomassa lignoselulosa yang berpotensi untuk dikonversi menjadi bioetanol karena tersedia melimpah, murah, terbarukan, dan memiliki kadar selulosa yang cukup tinggi (Rahman, 2011).

Menurut Octavia (2011), salah satu kendala utama pemanfaatan lignoselulosa sebagai bahan baku bioetanol adalah tingginya biaya yang dibutuhkan dalam proses pengolahan awal (*pretreatment*). *Soaking in Aqueous Ammonia (SAA) Pretreatment* dapat

memberikan hasil delignifikasi yang baik pada kondisi operasi yang ekstrim (temperatur, tekanan dan konsentrasi pelarut yang tinggi). Begitu juga penggunaan asam sulfat, dapat memberikan hasil yang baik pada konsentrasi pelarut yang tinggi. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan kombinasi metode *pretreatment Soaking in Aqueous Ammonia* (SAA) dan asam sulfat untuk menghindari kondisi operasi yang ekstrim dengan menggunakan temperatur operasi dan konsentrasi senyawa yang cukup rendah pada tekanan atmosfer. Diharapkan, penggunaan kombinasi metode *pretreatment* tersebut dapat memaksimalkan pemecahan lignoselulosa pada kondisi yang tidak ekstrim sehingga lignin terpisah dalam jumlah maksimal dan selulosa lebih mudah dihidrolisis menjadi glukosa.

Faktor lain yang mempengaruhi proses pembuatan bioetanol adalah waktu fermentasi. Apabila fermentasi hanya dilakukan dalam waktu singkat, maka kadar bioetanol yang dihasilkan akan rendah. Sebaliknya, jika waktu fermentasi terlalu lama, maka kadar bioetanol akan menurun. Oleh karena itu, perlu dicari waktu fermentasi optimum untuk menghasilkan bioetanol dengan kadar paling tinggi.

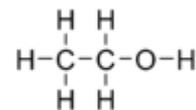
Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana proses pembuatan bioetanol dari sekam padi menggunakan kombinasi *Soaking in Aqueous Ammonia* (SAA) *pretreatment*, *acid pretreatment*, hidrolisis, dan fermentasi.

Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh waktu perendaman sekam padi dalam larutan amonia pada *Soaking in Aqueous Ammonia* (SAA) *pretreatment* terhadap pemisahan lignin dan mendapatkan waktu fermentasi optimum untuk menghasilkan kadar bioetanol paling tinggi.

Bioetanol

Bioetanol adalah etanol yang diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan bahan baku nabati. Bioetanol dapat dibuat dari biomassa yang mengandung gula, pati, atau selulosa yang telah diproses menjadi glukosa. Etanol atau etil alkohol (lebih dikenal dengan alkohol) adalah cairan tak berwarna dengan karakteristik antara lain mudah menguap, mudah terbakar, larut dalam air, tidak karsinogenik, dan jika terjadi pencemaran tidak memberikan dampak lingkungan yang signifikan. Secara umum, etanol memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- Nama : Etanol
- Rumus molekul : C₂H₅OH



- Rumus bangun :
- Berat molekul : 46,07 gr/grmol
- Densitas : 0,789 gr/cm³
- Titik didih : 78,4 °C
- Titik nyala : 21 °C
- Titik kritis : 234,4 °C
- Titik leleh : 112 °C
- Titik lebur : -114,3 °C
- Tekanan kritis: 63 atm
- Wujud (25 °C) : cair tidak berwarna
- Cp (25 °C) : 0,69 kkal/mol
- Volatilitas : Mudah menguap/volatil

(Sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/Etanol>)

Bioetanol memiliki beberapa manfaat dalam industri yaitu sebagai bahan baku industri parfum, bahan pelarut organik, dan sebagai bahan baku industri farmasi. Bioetanol juga merupakan sumber energi alternatif yang mempunyai prospek yang baik sebagai pengganti bahan bakar cair dengan bahan baku yang dapat diperbaharui. Pemanfaatan bioetanol sebagai bahan bakar bersifat multiguna karena pencampurannya dengan bensin dalam konsentrasi berapapun dapat memberikan dampak yang positif. Pencampuran bioetanol absolut sebanyak 10% dengan bensin (90%), sering disebut gasohol E-10 yang merupakan singkatan dari *gasoline* (bensin) dan alkohol (Yudiarto, 2008).

Etanol selulosa menawarkan prospek yang menjanjikan karena serat selulosa, komponen utama pada dinding sel di semua tumbuhan, dapat digunakan untuk memproduksi etanol. Menurut Badan Energi Internasional etanol selulosa dapat menyumbangkan perannya lebih besar pada masa mendatang (Wikipedia, 2013).

Biomassa Lignoselulosa

Biomassa adalah bahan yang berasal dari makhluk hidup. Penelitian mengenai nilai tambah biomassa banyak dilakukan dekade ini, terutama dari tumbuhan yang mengandung lignoselulosa. Lignoselulosa adalah bahan yang tersusun atas komponen lignin, selulosa, dan hemiselulosa, serta ekstraktif sebagai senyawa-senyawa pokok penyusunnya. Selulosa dan hemiselulosa digunakan sebagai sumber glukosa yang dapat difermentasi untuk menghasilkan etanol (Karman, 2012).

Sekam Padi

Sekam padi adalah kulit padi yang terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan padi. Sebagai salah satu biomassa lignoselulosa, sekam padi mengandung lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Senyawa selulosa dan hemiselulosa adalah suatu polisakarida yang dapat dipecah menjadi monosakarida untuk selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk produksi senyawa-senyawa yang berguna, salah satunya adalah etanol. Produksi etanol dari suatu sumber daya alam terbarukan (untuk selanjutnya disebut bioetanol) sejalan dengan program pemerintah melalui instruksi Presiden No 1 Tahun 2006 tanggal 25 Januari 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai bahan bakar alternatif. Selain itu pemanfaatan sekam padi untuk produksi bioetanol berkontribusi pada penanganan limbah pertanian (Paramita, 2010).

Ditinjau dari data komposisi kimiawi, sekam mengandung beberapa unsur kimia penting seperti dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Bahan dalam Sekam Padi

Komposisi	Kadar (%)	Massa (kg)
Selulosa	42,2	2.017.047,767
Hemiselulosa	18,47	882.816,878
Lignin	19,4	927.268,405
Ash	17,33	828.327,91
Air	2,6	124.273,085
Jumlah	100	4.779.734,05

Sumber : *Banerjee et al dalam Rahman (2011)*

Soaking in Aqueous Ammonia (SAA)

Selain metode diatas, salah satu teknologi yang mulai banyak dikembangkan saat ini adalah perendaman dalam larutan amoniak pada temperatur ruang (SAA/*soaking in aqueous ammonia*). Reagen ini efektif untuk menghilangkan lignin dari biomassa dengan reaksi utama menghidrolisis ikatan eter. Penggunaan reagen ini menawarkan beberapa keuntungan antara lain mempunyai selektifitas yang tinggi terhadap lignin, mempertahankan karbohidrat dalam bentuk aslinya, memperlihatkan efek pengembangan lignoselulosa yang signifikan, interaksi yang sangat sedikit dengan hemiselulosa, dan larutan ammonia dapat diregenerasi (Kim, 2008).

SAA merupakan bagian dari proses delignifikasi secara kimiawi. SAA beroperasi pada kondisi *batch, low severity*. Kondisi reaksi yang cocok dalam proses ini adalah sekitar 60-180°C dan 5-15% larutan NH₃. Pada kondisi 15%

NH₃, suhu 60°C, beroperasi pada tekanan 1 atm, dibutuhkan waktu beberapa jam untuk mendapatkan hasil *pretreatment* yang diinginkan. Untuk mendapat level delignifikasi yang tepat & untuk menghindari rekondensasi lignin, rasio liquid dan solid yang digunakan pada SSA adalah sekitar 4 : 1 (Kim, 2009).

Menurut Nguyen dkk (2010), *pretreatment* menggunakan ammonia dapat dilakukan pada jerami dengan komposisi 1 gr jerami dan 10 ml larutan amonia dengan konsentrasi 10%, diaduk, dan diinkubasi pada suhu 100°C selama 6 jam. Kemampuan reagen ini bergantung kepada jenis biomassa. SAA sangat efektif digunakan untuk bahan dengan kandungan lignin yang rendah, contohnya limbah pertanian ataupun *herbaceous biomass*, tetapi tidak untuk bahan berkayu yang mengandung lignin tinggi (Gupta dkk., 2007).

Hidrolisis Enzimatis

Selulosa dapat dihidrolisis menjadi glukosa melalui aktivitas enzim kompleks yang disebut selulase, yang dikeluarkan oleh organisme yang dapat mendegradasi selulosa. Hidrolisis enzimatis selulosa dapat dicapai dengan menggunakan enzim selulase. Sementara pemecahan ikatan hemiselulosa yang merupakan biopolimer yang heterogen membutuhkan beberapa aktivitas enzim hidrolis. Enzim-enzim tersebut secara kolektif disebut hemiselulase, dan terdiri atas enzim endo yang memecah ikatan glikosidik, enzim-enzim ekso yang memindahkan gula residu dari hasil akhir yang tidak tereduksi, dan esterase yang menyerang ikatan ester nonglikosidik (Karman, 2012).

Keuntungan dari proses hidrolisis enzimatis adalah tidak terjadi korosi serta konsumsi energi dan toksisitas yang rendah. Hidrolisis menggunakan enzim selulase biasanya dilakukan dalam kondisi ringan dan pH dalam kisaran 4,5-5,5 (Al Jibouri, 2012).

Fermentasi

Pada mulanya, istilah fermentasi digunakan untuk menunjukkan proses pengubahan glukosa menjadi etanol. Namun, kemudian istilah fermentasi berkembang lagi menjadi seluruh perombakan senyawa organik yang dilakukan mikroorganisme.

Dari beberapa peneliti, didapat angka-angka yang menunjukkan bahwa proses fermentasi mengikuti hukum konservasi zat seperti pada reaksi-reaksi kimia biasa. Menurut Gay-Lussac, persamaan fermentasi pembuatan alkohol adalah :



Fermentasi merupakan pengolahan substrat menggunakan peranan mikroba sehingga dihasilkan produk yang dikehendaki. Fermentasi alkohol atau alkoholisasi adalah proses perubahan gula menjadi etanol dan CO₂ oleh mikroba, terutama oleh khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Sumber karbon bagi *S. cerevisiae* biasanya sukrosa, glukosa, fruktosa, galaktosa, manosa dan maltosa.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Rekayasa Bioproses Politeknik Negeri Sriwijaya dan Laboratorium Bioetanol Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya selama ± 1 bulan dari tanggal 1 Oktober – 10 November 2013.

Variabel Penelitian

Pembuatan bioetanol dilakukan melalui proses *Soaking in Aqueous Ammonia (SAA) and Acid Pretreatment*, hidrolisis enzimatis dan fermentasi menggunakan ragi tape. Adapun variabel bebas berupa waktu perendaman sekam padi dalam larutan ammonia (2 jam, 3 jam, 4 jam, dan 5 jam) dan waktu fermentasi (1 hari, 3 hari, 5 hari, 7 hari dan 9 hari). Sementara variabel terikat adalah penggunaan larutan ammonia 15% sebanyak 300 ml untuk setiap 75gr sampel, asam sulfat 0,18N sebanyak 250 ml, enzim selulase sebanyak 20 ml untuk hidrolisis, dan ragi tape sebanyak 4 gram untuk setiap sampel yang akan difermentasi.

Persiapan Bahan Baku

- Mengeringkan sekam padi di bawah sinar matahari selama ±1 hari.
- Menghaluskan sekam padi yang telah dikeringkan menggunakan *blender* hingga ukuran 20 mesh.
- Menganalisa kadar selulosa. Hemiselulosa dan lignin sampel sebelum *pretreatment* dengan metode Datta (Chesson,1981)

Pretreatment Bahan baku

- Menimbang 75 gram sekam padi yang telah halus, dan memasukkan kedalam botol kaca 600 ml, beri label pada masing-masing botol.
- Menambahkan 300 ml larutan NH₃ 15%, kemudian dipanaskan dengan variasi waktu 2 jam, 3 jam, 4 jam, dan 5 jam pada temperatur 60⁰C dan tekanan 1 atm.
- Memisahkan fase liquid dengan pompa vakum, kemudian mengambil fase padat (residu) yang dihasilkan. Catat pH masing-masing sampel

- Mencuci residu hasil penyaringan dengan air suling.
- Menambahkan 250 ml asam sulfat 0,18N residu, diaduk rata selama 1 menit, lalu dipanaskan didalam oven pada suhu 160⁰C selama 35 menit.
- Mendinginkan sampel pada suhu kamar, kemudian disaring menggunakan pompa vakum.
- Menganalisis kadar lignin sampel setelah *pretreatment* dengan pengujian bilangan kappa (SNI 0496-2008)

Proses Hidrolisis

- Hasil *pretreatment* dimasukkan ke dalam erlenmeyer 500 ml lalu ditambahkan 100 ml aquadest dan mengatur pH 4-5 menggunakan asam sitrat.
- Kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 100⁰C selama 35 menit.
- Bubur sekam padi dibiarkan menjadi dingin.
- Menambahkan enzim selulase sebanyak 20 ml diaduk selama 1 menit, didiamkan selama 1 malam.
- Menganalisis kadar glukosa yang dihasilkan dengan metode Luff Schoorl (Acuan prosedur SNI 3547-1-2008)
- Hasil hidrolisis kemudian langsung difermentasi.

Proses Fermentasi

- Mensterilkan alat – alat yang akan digunakan pada proses fermentasi dalam *autoclave* pada suhu 120⁰C selama 20 menit.
- Mendinginkan alat – alat yang sudah disterilisasi
- Menambahkan 4 gram ragi ke dalam sampel hasil hidrolisis disertai nutrien masing-masing 1 gram urea, KNO₃, Na₃PO₄.
- Melakukan proses fermentasi dengan variasi waktu 1, 3, 5, 7, dan 9 hari.
- Mendistilasi bioetanol yang diperoleh.
- Menguji kadar glukosa sisa.
- Menganalisa kadar bioetanol menggunakan *Gas Chromatography*.

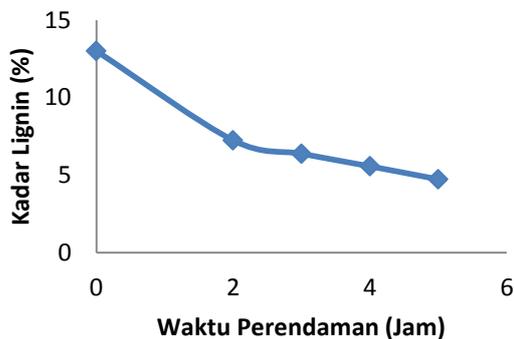
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik yang di dalamnya mencakup variabel – variabel yang diamati, yaitu waktu perendaman pada SAA *Pretreatment* dan waktu fermentasi. Data hasil penelitian berupa kadar lignin, kadar glukosa, dan kadar bioetanol dapat dilihat pada grafik dan penjelasannya berikut ini.

Pengaruh Waktu Perendaman Sekam Padi dalam Larutan Amonia 15% pada Proses Pretreatment terhadap Pemisahan Lignin

Struktur lignoselulosa, tersusun atas matrix selulosa dan lignin yang berikatan melalui rantai hemiselulosa, harus dipecah sehingga lebih mudah diserang oleh enzim selama proses hidrolisis (Laureano-Perez dalam Octavia, 2011). Sebagai bahan berlignoselulosa, sekam padi terdiri dari tiga komponen utama yaitu lignin, selulosa dan hemiselulosa. Ketiga komponen tersebut tersusun dalam kesatuan yang padat dan kuat sehingga untuk mendapatkan salah satu dari ketiga komponen harus dilakukan proses yang mampu memecah dan memisahkan masing-masing komponen secara selektif. Proses tersebut adalah *pretreatment* yang dalam penelitian kali ini menggunakan metode SAA dan asam dengan konsentrasi rendah. Proses *pretreatment* diperlukan untuk menghilangkan lignin dan meningkatkan porositas selulosa agar dapat meningkatkan konversi selulosa menjadi glukosa pada proses hidrolisis (Octavia, 2011). Perendaman dalam larutan ammonia dilakukan untuk mereduksi jumlah lignin dan meningkatkan porositas selulosa, sementara perlakuan menggunakan asam sulfat encer dilakukan untuk meningkatkan porositas selulosa dan membantu menghidrolisis sebagian selulosa.

Banyak-sedikit lignin yang mampu dipisahkan menjadi salah satu indikator keefektifan sebuah metode yang digunakan pada *pretreatment* bahan baku. Untuk mengetahui banyaknya kadar lignin yang terpisah dapat diukur menggunakan metode *Kappa Number* (Bilangan Kappa). Berikut ini merupakan grafik yang menyatakan hubungan antara variasi waktu perendaman dalam larutan ammonia pada proses *pretreatment* terhadap kadar lignin.

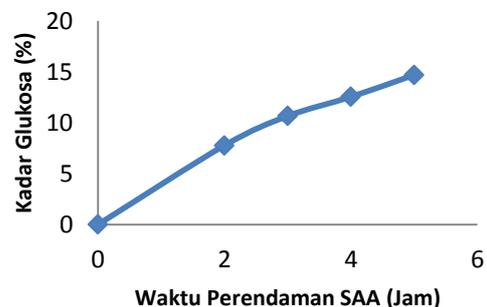


Gambar 1. Grafik Pengaruh Waktu Perendaman 75 gram Sekam Padi dalam 300 ml Larutan Amonia 15% pada Proses *Pretreatment* terhadap Kadar Lignin

Dari gambar 1 dapat disimpulkan bahwa semakin lama sekam padi direndam dalam larutan ammonia pada proses *pretreatment*, maka kadar lignin semakin menurun hingga waktu perendaman 5 jam. Hal ini diduga karena semakin lama waktu perendaman, maka waktu kontak antara larutan ammonia dengan sekam padi juga semakin lama. Ammonia akan semakin aktif membuka dan memecah struktur lignoselulosa sehingga semakin banyak lignin yang terlepas. Dalam pengamatan yang dilakukan selama proses *pretreatment*, hilangnya kandungan lignin dari sekam padi dapat dilihat dengan adanya perubahan warna larutan ammonia dari kuning kecoklatan menjadi coklat kehitaman. Warna larutan semakin pekat dengan semakin lamanya waktu perendaman. Hal ini menunjukkan bahwa waktu perendaman sangat berpengaruh terhadap penurunan kadar lignin. Dalam rentang waktu perendaman 2 jam hingga 5 jam, kenaikan waktu perendaman diiringi oleh penurunan kadar lignin.

Pengaruh Waktu Perendaman Sekam Padi dalam Larutan Amonia 15% pada Proses Pretreatment terhadap Kadar Glukosa

Menurut Kim (2009), setelah proses SAA *pretreatment*, lignin terpisah secara selektif dari biomassa sehingga diharapkan hanya akan tersisa selulosa dan hemiselulosa saja. Selain memisahkan lignin, proses *pretreatment* yang baik juga mampu meningkatkan porositas selulosa sehingga nantinya dapat mempermudah enzim selulase menembus dinding selulosa dan meningkatkan konversi selulosa menjadi glukosa. Oleh karena itu, dalam kasus ini glukosa akan lebih banyak dihasilkan pada sampel yang direndam dengan waktu lebih lama. Berikut ini adalah grafik hubungan antara waktu perendaman SAA dan kadar glukosa sampel setelah hidrolisis.

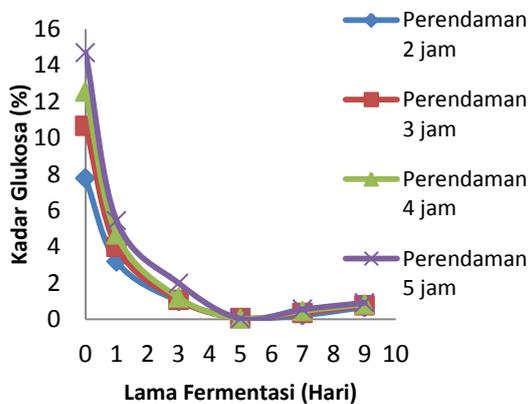


Gambar 2. Grafik Pengaruh Waktu Perendaman 75 gram Sekam Padi dalam 300 ml Larutan Amonia 15% pada Proses *Pretreatment* terhadap Kadar Glukosa

Grafik pada gambar 2 membuktikan bahwa waktu perendaman sampel dalam larutan amonia mempengaruhi kadar glukosa setelah proses hidrolisis. Dalam rentang waktu perendaman 2 jam hingga 5 jam, kenaikan waktu perendaman diiringi oleh kenaikan kadar glukosa. Semakin lama waktu perendaman, maka kadar glukosa yang diperoleh semakin tinggi. Diduga kenaikan kadar glukosa ini akan terus berlanjut hingga semua selulosa habis terhidrolisis menjadi glukosa. Kim (2009) menyatakan bahwa kadar lignin yang rendah dalam biomassa dapat meningkatkan efisiensi kerja enzim. Hal ini terjadi karena jumlah lignin yang rendah dalam biomassa dapat menurunkan ikatan irreversibel enzim terhadap lignin, sehingga enzim lebih terfokus untuk menghidrolisis selulosa dan pada akhirnya menghasilkan kadar glukosa yang lebih tinggi. Kadar glukosa ini diduga dapat menjadi parameter yang mempengaruhi kuantitas bioetanol yang dihasilkan. Makin banyak glukosa yang dapat dikonversi menjadi bioetanol, maka persen kadar bioetanol yang diperoleh akan semakin tinggi.

Pengaruh Waktu Fermentasi Sekam Padi terhadap Kadar Glukosa Sisa

Pembahasan mengenai kadar glukosa sisa setelah proses fermentasi digambarkan melalui grafik berikut ini.



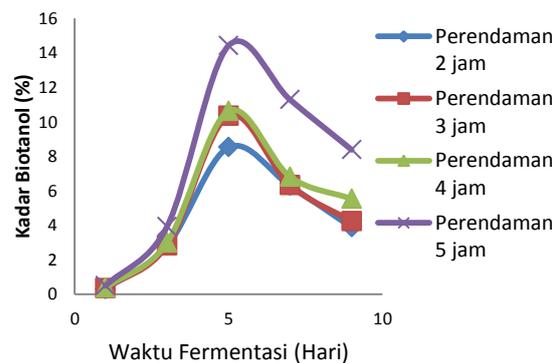
Gambar 3. Grafik Pengaruh Waktu Fermentasi 75 gram Sekam Padi terhadap Kadar Glukosa Sisa

Dari gambar 3 dapat dilihat adanya penurunan kadar glukosa pada waktu fermentasi hari pertama hingga hari ke-lima, kemudian pada hari ke-enam kadar glukosa perlahan naik kembali hingga hari ke-sembilan. Turunnya kadar glukosa pada hari pertama hingga hari ke-lima menunjukkan adanya konversi glukosa menjadi bioetanol. Hampir seluruh glukosa

terkonversi maksimum menjadi bioetanol pada hari ke-lima yang merupakan fase pembiakan cepat mikroba dalam ragi, sehingga mampu mengkonversi glukosa dalam jumlah yang paling banyak. Selanjutnya kenaikan kadar glukosa pada hari ke-enam diduga terjadi karena proses hidrolisis masih berlangsung saat proses fermentasi, sementara mikroorganisme yang mengkonversi glukosa menjadi bioetanol mengalami fase kematian, sehingga banyak glukosa yang belum terkonversi menjadi bioetanol.

Pengaruh Waktu Fermentasi Sekam Padi terhadap Kadar Bioetanol yang Dihasilkan

Pembuatan bioetanol melalui proses fermentasi melibatkan peran mikroorganisme. Dalam hal ini, ragi adalah bahan yang umum digunakan untuk memfermentasi glukosa menjadi bioetanol. Kadar bioetanol yang dihasilkan dari proses fermentasi sangat bergantung pada lamanya waktu fermentasi. Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara lama waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan.



Gambar 4. Grafik Pengaruh Waktu Fermentasi 75 gram Sekam Padi terhadap Kadar Bioetanol yang Dihasilkan

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa perubahan yang terjadi untuk setiap variasi waktu pada masing-masing sampel memiliki *trend* yang sama. Kadar bioetanol akan mengalami kenaikan secara bertahap hingga mencapai puncak pada hari ke-lima, kemudian kadar bioetanol menurun setelah melewati hari ke-lima. Hal ini terjadi karena waktu fermentasi sangat berhubungan erat dengan kurva pertumbuhan mikroba. Fase pertumbuhan mikroba terdiri dari lima fase, yaitu fase adaptasi, fase permulaan pembiakan, fase pembiakan cepat, fase stasioner atau fase konstan, dan fase akhir atau fase kematian. Rentang waktu satu hingga dua hari adalah fase

adaptasi mikroba. Fermentasi yang dilakukan pada waktu satu hari hanya menghasilkan kadar bioetanol sangat kecil karena mikroba bahkan belum memulai proses pembiakan. Rentang waktu dua hingga tiga hari adalah fase permulaan pembiakan. Pada fase ini mulai terjadi kenaikan kadar bioetanol secara bertahap. Rentang waktu empat hingga lima hari adalah fase pembiakan cepat. Pada hari ke-lima, mikroorganisme mencapai puncak maksimum pembiakan cepat sehingga diperoleh kadar bioetanol paling tinggi. Setelah lima hari fermentasi kadar bioetanol menurun. Pada kondisi ini, mikroba mengalami fase konstan atau stasioner yang menyebabkan tidak terjadi lagi konversi glukosa menjadi bioetanol. Menurut Kusnadi (2009) penurunan kadar bioetanol setelah jumlah maksimum dapat terjadi karena bioetanol mengalami fermentasi lanjutan menjadi asam asetat.

Proses *pretreatment* juga mempunyai peran tersendiri terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan, meskipun sebenarnya kedua aspek ini tidak menyatakan adanya hubungan secara langsung. Keberhasilan proses *pretreatment* dalam penghilangan lignin akan mempengaruhi besar kecilnya kadar bioetanol. Menurut Kim (2009) proses delignifikasi dapat membuka struktur biomassa dan membuat biomassa lebih mudah untuk dihidrolisis. Dengan demikian, kadar lignin yang rendah setelah sekam padi diberi perlakuan menggunakan *Soaking in Aqueous Ammonia pretreatment* dapat meningkatkan efisiensi kerja enzim pada saat hidrolisis enzimatik. Selain itu, penggunaan asam sulfat konsentrasi rendah untuk menghidrolisis sebagian selulosa dapat membantu konversi selulosa menjadi glukosa. Selanjutnya, sisa selulosa yang terkandung dalam lignoselulosa dihidrolisis dengan enzim selulase.

Dari gambar 12 terlihat bahwa semakin lama waktu perendaman, kadar bioetanol yang dihasilkan pada waktu fermentasi tertentu semakin tinggi. Sampel dengan waktu perendaman terlama memiliki kadar lignin paling kecil. Kadar lignin yang rendah akan mempermudah enzim menembus struktur biomassa untuk mengkonversi selulosa menjadi glukosa pada proses hidrolisis, sebaliknya sampel dengan waktu perendaman yang sebentar masih mengandung banyak lignin dan akan mempersulit enzim untuk mengkonversi selulosa menjadi glukosa. Hal ini menyebabkan sampel yang diberi perlakuan *Soaking in Aqueous Ammonia* lebih lama menghasilkan kadar etanol lebih tinggi.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Kadar lignin semakin menurun seiring dengan meningkatnya waktu perendaman sekam padi dalam larutan ammonia pada proses *pretreatment* menggunakan metode *Soaking in Aqueous Ammonia* (SAA).
- 2) Waktu fermentasi optimum dicapai pada hari ke-5, dengan kadar etanol tertinggi sebesar 14,4227%.

DAFTAR PUSTAKA

- Affendi, S., Imam, D. dan Haifa, W. (2008). Karakterisasi PLTD-Sekam Kapasitas 125 kva di Penggilingan Gabah PT. Pertanian-Indramayu. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008 Universitas Lampung*. ISBN : 978-979-1165-74-7 VI-2
- Al Jibouri, A.K.H. (2012). Effect of Intermediate Washing on Ozonolysis Delignification and Enzymatic Hydrolysis of Wheat Straw. *Theses and Dissertations*. Paper 868.
- Andersen, N. (2007). Enzymatic Hydrolysis of Cellulosic. *Experimental and Modelling Studies, Biocentrum-DTU*. Technical University of Denmark.
- Astawan, M. dan M.W. Astawan. (1991). *Teknologi Pengolahan Pangan Nabati Tepat Guna*. Edisi I. Jakarta: Akademika Pressindo
- Chesson, A. 1981. Effects of Sodium Hydroxide on Cereal Straws in Relation to the Enhanced Degradation of Structural Polysaccharides by Rumen Microorganisms. *J. Sci. Food Agric.* 32:745-758
- Fang, M. L. Yang, G. Chen, Z. Shi, Z. Luo, K. Cen. (2004). Experimental study on Rice Husk Combustion in a CFB. *Fuel Processing Technology*. 85;2004:1273-82.
- Fardiaz, S. (1988). *Fisiologi Fermentasi*. IPB : Bogor.
- Fardiaz, S. (1992). *Mikrobiologi Pangan*. Gramedia Pustaka Utama :Jakarta.
- Gupta, R., Kim, T.H., dan Lee, Y.Y., 2007, Substrate Dependency and Diffect of Xylanase Supplementation on Enzymatic Hydrolysis of Ammonia-Treated Biomass. *Applied Biochem. Biotechnol.* 148 (1-3), 59-70.
- Isroi. (2008). Produksi Bioethanol Berbahan Baku Biomassa Lignoselulosa : Hidrolisis Enzimatis. *Online*. Diambil pada 26 September 2012 dari

- <http://isroi.com/2008/11/21/produksi-bioethanol-berbahan-baku-biomassa-lignoselulosa-hidrolisis-enzimatis/>.
- Isroi. (2008). Karakteristik Lignoselulosa sebagai Bahan Baku Bioetanol. *Online*. Diambil pada 15 Oktober 2012 dari <http://isroi.com/2008/05/01/karakteristik-lignoselulosa-sebagai-bahan-baku-bioetanol/>.
- Hamelinck, C. N., Hooijdonk, Faaij G.V., Andre P.C. (2005). Ethanol from Lignocellulosic Biomass: Techno-Economic Performance in Short-, Middle- and Long-Term. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 28, pp. 384-410.
- Handayani, S.U. (2008). Pemanfaatan Bioethanol sebagai Bahan Bakar Pengganti Bensin. *Jurnal Teknik UNDIP*, 99-102.
- Judoamidjojo, M., Darwis, A.A., dan Gumbira, E. 2002. *Teknologi Fermentasi*. Rajawali pers: Jakarta.
- Karman, J. (2012). Bioetanol Berbahan Baku Lignoselulosa. *Jurnal teknologi dan Proses Pengolahan Liomassa.*, 101-108.
- Kim, T.H., Gupta, R., dan Lee, Y.Y. (2009). Pretreatment of Biomass by Aqueous Ammonia for Bioethanol Production. *Biofuel : Methods and Protocol*. Methods in Molecular Biology, vol.581.
- Kim, T.H., Taylor, F., dan Hicks, K.B. (2008). Bioethanol Production from Burley Hull Using SAA (Soaking in Aqueous Ammonia) Pretreatment. *Bioresource Technology*, 99. 5694-5702.
- Kumar, P., Barrett, D.M., Delwiche, M.J., dan Stroeve, P. (2009). Methods for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Efficient Hydrolysis and Biofuel Production. *Ind. Eng. Chem. Res* : 48(8), 3713-3729.
- Kusnadi, Syulasma, A., Yusuf, H.A. (2009). Pemanfaatan Sampah Organik Sebagai Bahan Baku Produksi Bioetanol. *Artikel Penelitian Hibah Strategis*. Universitas Pendidikan Indonesia : Bandung.
- Laine, C. (2005). Structures of Hemicelluloses and Pectins in Wood and Pulp. *Research Projects.*, B1702, B3803, 3807, 3052.
- Made, A. dan Mita W. A. (1991). *Teknologi Pengolahan Pangan Nabati Tepat Guna*. Jakarta: CV. Akademika Presindo.
- Nguyen, T.A.D, Kim, K.R., Han, S.J., Cho, H.W., Kim, J.W., Park, S.M., Park, J.C., dan Sim, S.J. (2010). Pretreatment of Rice Straw with Ammonia and Ionic Liquid for Lignocellulose Conversion to Fermentable Sugars. *Bioresearch Technology*. 7432-7438.
- Octavia, S., Soerawidjaja. T.H., Purwadi, R., Putrawan, I.D.G.A. (2011). Pengolahan Awal Lignoselulosa Menggunakan Amoniak Untuk Meningkatkan Perolehan Gula Fermentasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*. Diterbitkan.
- Palonen, H. (2004). Role of Lignin in the Enzymatic Hydrolysis of Lignocellulose. *VTT.Publications* : 520 , 1 – 80.
- Paramita, A. (2010) . Sekam padi, Sumber Energi Unik yang Mulai Dilirik. *Online*. Diambil 26 September 2010 dari <http://chapuccino.wordpress.com/2010/01/27/sekam-padi-sumber-energi-yang-mulai-dilirik/>.
- Pereira Jr, N. (2008). Biomass of Lignocellulosic Composition for Fuel Ethanol Production Within the Context of Biorefinery. *Series on Biotechnology Vol.2, Page 12*. Rio de Jenairo : Brazil.
- Rahman, F. (2011). Pabrik Bioetanol dari Sekam Padi dengan Metode Pretreatment Dilute Acid menggunakan proses Simultaneous Saccharification and Fermentation. *Tugas Akhir Teknik Kimia ITS*. Surabaya : Diterbitkan.
- Sun, Y and Cheng, J. (2002). Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource Technology*. 83:pp.1–11.
- Yogamina, D.H.W dan Ariko, M.F. (2011). *Pembuatan Bioetanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Metode Hidrolisis Enzimatis dan Fermentasi*. Skripsi Sarjana Universitas Sriwijaya : Tidak Diterbitkan.
- Yudiarto, M.A. dan Djuma'ali. (2008). Menimbang Kelayakan Bioetanol Sebagai Pengganti Bensin. *Online*. Diambil 21 Agustus 2013 dari <http://www.indobiofuel.com/menu%20bioethanol8.php>
- Taherzadeh, M.J., dan Karimi, K. (2008). *Pretreatment of Lignocellulosic Waste to Improve Bioethanol and Biogas Production*. *Int. J. Mol. Sci* 9, pp. 1621-1651.
- Widodo, W. (2011). Ragi tape. *Online*. Diambil 21 Agustus 2013 dari <http://far71.wordpress.com/2011/06/16/fermentasi-ragi-tape/>
- Winarno, F. G. (1980). *Kimia Pangan*. Jakarta: Gramedia.