

2_2120401 JournTK
Oswaldo_MF_Nov_Pengaruh
Konsentrasi Asam dan
waktu.pdf

by Muhammad Faizal 6

Submission date: 06-Aug-2018 10:38AM (UTC+0800)

Submission ID: 987819298

File name: 1_JournTK_Oswaldo_MF_Nov_Pengaruh_Konsentrasi_Asam_dan_waktu.pdf (932.25K)

Word count: 151

Character count: 576

PENGARUH KONSENTRASI ASAM DAN WAKTU PADA PROSES HIDROLISIS DAN FERMENTASI PEMBUATAN BIOETANOL DARI ALANG-ALANG

Oswaldo Z. S.¹, Panca Putra S., M. Faizal

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang Prabumulih Km. 32 Indralaya Ogan Ilir (OI) 30662

Abstrak

Dewasa ini ketersediaan energi dari bahan bakar fosil makin menipis. Solusi untuk mengatasi persoalan tersebut adalah dengan mengembangkan sumber energi alternative yang dapat diperbarui seperti bioetanol. Bioetanol merupakan merupakan salah satu energi alternatif pengganti minyak bumi. Alang-alang (*Imperata cylindrica*) dapat digunakan untuk produksi bioetanol. Komponen utama pada alang-alang (*Imperata cylindrica*) yang digunakan untuk produksi bioetanol adalah lignoselulosa yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Etanol dibuat dengan proses fermentasi dengan bantuan kombinasi *Amylomyces rouxii*, *Rhizopus oryzae*, *Endomycopis burtonii*, *Mucor sp.*, *Candida utilis*, *Saccharomyopsis fibuligera*, *Saccharomyces cerevisiae*, dan beberapa bakteri : *Pediococcus sp.* *Bacillus sp.* Penelitian ini bertujuan mempelajari pemanfaatan alang-alang (*Imperata cylindrica*) untuk dibuat etanol dengan proses hidrolisis dan fermentasi dengan mempelajari pengaruh konsentrasi asam untuk hidrolisis, waktu hidrolisis, temperatur dan jenis ragi yang berpengaruh terhadap kadar alkohol. Hasil percobaan menunjukkan bahwa percobaan pada konsentrasi asam 2,0%, temperatur 140 °C, waktu hidrolisis 150 menit dan menggunakan ragi tape hari ketiga memberikan kadar alkohol tertinggi sebesar 5,0675%

Kata kunci : alang-alang, bioetanol, hidrolisis asam, *Imperata cylindrica*, lignoselulosa

At this time, the energy from fossil fuel is too less. The solution of this problem with developing alternative energy sources continuously such as bioethanol. Substitution bioethanol as one of energy source has been selected as an alternative source for the fossil fuel substitution. Alang-alang (*Imperata Cylindrica*) can be used for the production of bioethanol. The main components of the Alang-alang (*Imperata Cylindrica*) used for the production of lignocellulosic bioethanol is composed of cellulose, hemicellulose, and lignin. Ethanol is made by the fermentation process with the aid of a combination *Amylomyces rouxii*, *Rhizopus oryzae*, *Endomycopis burtonii*, *Mucor sp.*, *Candida utilis*, *Saccharomyopsis fibuligera*, *Saccharomyces cerevisiae*, and some bacteria : *Pediococcus sp.* *Bacillus sp.* This research aims at studying of the used of Alang-alang (*Imperata Cylindrica*) to make ethanol by hydrolysis and fermentation processes by studying the effect of acid concentration for hydrolysis, hydrolysis temperature, time and type of yeast that affect the alcohol content. The experimental results show that the experiments on the acid concentration of 2,0%, temperature 140°C, hydrolysis time of 150 minutes and use a tape yeast third day provide the highest alcohol content of 5.0675%.

Keywords : acid hydrolysis, alang-alang, bioethanol, *Imperata Cylindrica*, lignocellulosic

1. PENDAHULUAN

Indonesia yang semula adalah net-exporter di bidang bahan bakar minyak (BBM) kini telah menjadi net-importer BBM sejak tahun 2000. Hal ini sungguh ironis karena terjadi saat harga minyak dunia tidak stabil dan cenderung mengalami peningkatan. Pada tahun 2011 lalu, produksi BBM Indonesia hanya mencapai sekitar 290 juta barel dan pemerintah melakukan impor

minyak sebanyak 91,4 juta barel pada tahun yang sama untuk memenuhi BBM dalam negeri. Dengan harga minyak dunia per barel mencapai USD 90,45. Dengan kata lain, pemerintah harus mengeluarkan Rp 197 miliar per hari (Ditjen MIGAS, 2011).

Tingginya harga minyak dunia menyebabkan harga BBM dalam negeri meningkat. Indonesia yang merupakan negara

kapitais pun akhirnya menyesuaikan harga BBM dengan mengurangi subsidi BBM. Hasilnya, harga BBM dalam negeri terus mengalami kenaikan. Kondisi ini sungguh memprihatinkan, terlebih lagi ketegantungan Indonesia terhadap bahan bakar fosil sangat besar. Artinya, jika terus dikonsumsi dan tidak ditemukan cadangan minyak baru serta teknologi baru untuk meningkatkan *recovery* minyak bumi, diperkirakan cadangan minyak bumi Indonesia akan habis dalam waktu dua puluh tiga tahun mendatang.

Melihat kondisi tersebut, pemerintah telah mengeluarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti BBM (Prihandana, 2007). Kebijakan tersebut telah menetapkan sumber daya yang dapat diperbaharui seperti bahan bakar nabati sebagai alternatif pengganti BBM.

Bahan bakar berbasis nabati salah satu contohnya adalah bioetanol. Bioetanol dibuat dari bahan-bahan bergula atau berpati seperti kelapa, serbuk kayu, umbi-umbian, tebu/lira, sorgum, nira nipah, jagong, dan lain-lain. Hampir semua tanaman yang disebutkan diatas merupakan tanaman yang sudah tidak asing lagi, karena mudah ditemukan dan beberapa tanaman tersebut digunakan sebagai bahan pangan.

Bahan lainnya yang dapat menjadi substrat produksi bioetanol adalah bahan lignoselulosa yang belum banyak digunakan. Bahan lignoselulosa merupakan biomassa yang berasal dari tanaman dengan komponen utama lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Ketersediaannya yang cukup melimpah dan tidak digunakan sebagai bahan pangan sehingga penggunaannya sebagai sumber energi tidak mengganggu pasokan bahan pangan, terutama sebagai limbah pertanian, perkebunan, dan kehutanan, menjadikan bahan ini berpotensi sebagai salah satu sumber energi melalui proses konversi.

Alang-alang (*Imperata cylindrica*) merupakan salah satu sumber selulosa yang melimpah di alam, dan belum dimanfaatkan secara optimal. Oleh karena itu pemanfaatannya harus dioptimalkan sebagai salah satu sumber energi terbarukan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil yang semakin menipis.

Alang – alang

Alang – alang (*Imperata cylindrica*) merupakan salah satu komunitas vegetasi alami yang sangat luas di daerah tropik dan subtropik. Menurut hasil penelitian Garrity *et al.* (1997), luas padang alang – alang di Asia mencapai 35 juta hektar, dimana Indonesia adalah negara

terluas di Asia yang memiliki komunitas alang-alang 8,5 juta hektar. Lahan alang – alang berkembang di daerah yang memiliki musim penghujan cukup panjang, tetapi masih memiliki bulan kering yang cukup, keadaan ini memungkinkan terjadinya kebakaran.

Tumbuhan alang – alang ini tumbuh liar di hutan dan ladang terutama pada tanah yang tanahnya dibiarkan tandus, kering dan banyak mendapat sinar matahari. Biasanya tanaman ini tumbuh berumpun dan mudah berkembang biak dimana tingginya sekitar 30 – 180 cm. Ditinjau dari segi pertumbuhannya alang-alang mempunyai keburukan, yaitu bila tanaman tersebut dipotong daannya maka tumbuhnya tidak seperti induknya dan bila pemotongan dilakukan secara terus – menerus maka ia akan tumbuh pendek seperti rumput biasa sehingga mengurangi keefisiennya sebagai sumber serat.

Terlepas dari segala aspek negatif, alang-alang merupakan tanaman yang mampu merintis kembali pemulihan kesuburan tanah kedaham bentuk belukar dan hutan sekunder walaupun memerlukan waktu lama. Selain itu, alang-alang juga berperan dalam mengurangi erosi tanah, sebagai bahan pembuat atap rumah, briket bioarang, bioetanol, bahan kertas dan bahan makanan ternak, namun pemanfaatannya masih sangat terbatas.

Seperti kita ketahui sendiri bahwa proses produksi bioetanol adalah salah satu cara untuk memanfaatkan biomassa jenis rerumputan. Adapun komposisi alang-alang dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 1. Komposisi Alang - Alang

Komposisi	Persentase
Abu	5,42
Silika	3,67
Lignin	21,42
Pentosan	28,58
Selulosa	48,12

Sumber : Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Selulosa (dalam Hari Adi Prasetya, dkk, 1984)

Selulosa

Selulosa adalah polimer glukosa yang membentuk rantal linier dan dihubungkan oleh ikatan β -1,4 glikosidik. Struktur yang linier menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut. Selulosa tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis. Di alam, biasanya selulosa berasosiasi dengan polisakarida lain seperti hemiselulosa atau lignin membentuk kerangka utama dinding sel tumbuhan (Holtzapfle, 1993).

Kebanyakan selulosa berasosiasi dengan lignin sehingga sering disebut sebagai lignoselulosa. Selulosa, hemiselulosa dan lignin dihasilkan dari proses fotosintesis. Pada saat yang sama, komponen-komponen utama penyusun tanaman ini dirangkaikan oleh aktifitas mikroorganisme. Beberapa mikroorganisme mampu menghidrolisis selulosa untuk digunakan sebagai sumber energi, seperti bakteri dan fungi (Enari, 1983). Rantai selulosa terdiri dari satuan glukosa anhidrida yang saling berikatan melalui atom karbon pertama dan keempat. Ikatan yang terjadi adalah ikatan β -1,4-glikosidik.

Selulosa dapat dikonversi menjadi produk-produk bernilai ekonomi yang lebih tinggi seperti glukosa, etanol dan pakan ternak dengan jalan menghidrolisis selulosa dengan bantuan selulase sebagai biokatalisator atau dengan hidrolisis secara asam-basa (Ariestaningtyas, 1991).

Lignin

Lignin adalah bagian utama dari dinding sel tanaman yang merupakan polimer terbanyak setelah selulosa. Lignin yang merupakan polimer aromatik berasosiasi dengan polisakarida pada dinding sel sekunder tanaman dan terdapat sekitar 20-40 %. Komponen lignin pada sel tanaman (monomer gusil dan siringil) berpengaruh terhadap pelepasan dan hidrolisis polisakarida.

Lignin adalah molekul kompleks yang tersusun dari unit phenylpropane yang terikat di dalam struktur tiga dimensi. Lignin adalah material yang paling kuat di dalam biomassa. Lignin sangat resisten terhadap degradasi, baik secara biologi, enzimatik, maupun kimia. Karena kandungan karbon yang relative tinggi dibandingkan dengan selulosa dan hemiselulosa, lignin memiliki kandungan energi yang tinggi.

Pembuatan bahan-bahan lignoselulosa hingga menjadi etanol melalui empat proses utama: pretreatment, hidrolisa, fermentasi, dan terakhir adalah pemisahan serta penumihan produk etanol (Mosier et al., 2005). Bahan-bahan lignoselulosa umumnya terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa secara alami diikat oleh hemiselulosa dan dilindungi oleh lignin. Adanya senyawa pengikat lignin inilah yang menyebabkan bahan-bahan lignoselulosa sulit untuk dihidrolisa (Iraunahboob et al., 2002).

Proses Pretreatment

Proses *pretreatment* dan hidrolisa merupakan tahapan proses yang sangat penting yang dapat mempengaruhi perolehan yield etanol. Proses *pretreatment* dilakukan untuk mengkondisikan bahan-bahan lignoselulosa baik

dari segi struktur dan ukuran. Proses perlakuan awal dilakukan karena beberapa faktor seperti kandungan lignin, ukuran partikel serta kemampuan hidrolisis dari selulosa dan hemiselulosa (Hendriks dan Zeeman, 2009).

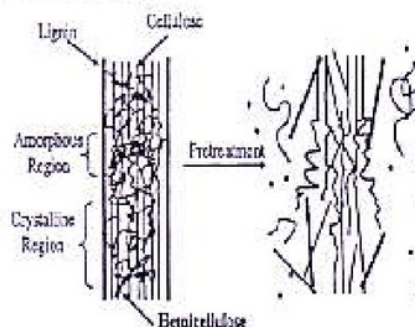
Proses pretreatment yang sekaligus proses hidrolisa meliputi : perlakuan secara fisik, fisik-kimiawi, kimiawi dan enzimatik (Mosier et al., 2005; Sun and Cheng, 2002).

Tabel 2. Metode Pretreatment

Metode	Contoh
Mekanik panas	Digerus, digiling, digunting, ekstruder
Autohydrolysis	Super critical, carbon dioxide explosion
Perlakuan asam	Asam sulfat dan asam klorida encer, asam sulfat dan asam klorida pekat
Perlakuan alkali	Sodium hidroksida, ammonia, alkali hydrogen peroksida
Perlakuan larutan organik	Methanol, etanol, butanol, phenol

Sumber: Mosier et al., 2005; Sun and Cheng, 2002

Tujuan dari pretreatment adalah untuk membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah diakses oleh enzim yang memecah polimer sakarida menjadi monomer gula. Pretreatment menyediakan akses yang lebih mudah untuk enzim sehingga akan mengalami peningkatan hasil glukosa dan xilosa. Tujuan pretreatment secara skematis ditunjukkan oleh gambar dibawah ini.



Gambar 1. Skema Tujuan Pretreatment Biomassa Lignoselulosa (Mosier, et.al., 2005)

Selama beberapa tahun terakhir berbagai teknik pretreatment telah dipelajari melalui pendekatan biologi, fisika, kimia. Menurut (Sun dan Cheng,

2002), pretreatment seharusnya memenuhi kebutuhan berikut ini:

- 1) Meningkatkan pembentukan gula atau kemampuan menghasilkan gula pada proses berikutnya melalui hidrolisis enzimatik
- 2) Menghindari degradasi atau kehilangan karbohidrat
- 3) Menghindari pembentukan produk samping yang dapat menghambat proses hidrolisis dan fermentasi
- 4) Biaya yang dibutuhkan ekonomis

Proses Hidrolisa

Proses ini bertujuan memecah ikatan lignin, menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa, merusak struktur kristal dari selulosa serta meningkatkan porositas bahan (Sun and Cheng, 2002). Rusaknya struktur kristal selulosa akan mempermudah terurainya selulosa menjadi glukosa. Selain itu, hemiselulosa turut terurai menjadi senyawa gula sederhana: glukosa, galaktosa, manosa, heksosa, pentosa, xilosa dan arabinosa. Selanjutnya senyawa-senyawa gula sederhana tersebut yang akan difermentasi oleh mikroorganisme menghasilkan etanol (Mosier et al., 2005).

Walaupun terdapat berbagai macam metode hidrolisa untuk bahan-bahan lignoselulosa, hidrolisa asam dan hidrolisa enzimatik merupakan dua metode utama yang banyak digunakan khususnya untuk bahan-bahan lignoselulosa dari limbah pertanian dan potongan-potongan kayu (Mussatto dan Roberto, 2004). Hidrolisa selulosa secara enzimatik memberi *yield* etanol sedikit lebih tinggi dibandingkan metode hidrolisa asam (Palmqvist dan Hahn-Hägerdal, 2000). Namun proses enzimatik tersebut merupakan proses yang paling mahal. Proses *recycle* dan *recovery* enzim selulose diperlukan untuk menekan tingginya biaya produksi (Iranmahboob et al., 2002; Szczołdrak dan Fiedurek, 1996).

Konsentrasi asam dan suhu reaksi merupakan variabel penting yang dapat mempengaruhi terbentuknya senyawa-senyawa yang bersifat racun pada proses fermentasi. Diperlukan suhu moderat (< 160°C) untuk dapat menghidrolisa hemiselulosa dan menekan dekomposisi gula sederhana. Suhu yang lebih tinggi akan mempermudah dekomposisi gula sederhana dan senyawa lignin (Mussatto dan Roberto, 2004). Pada suhu dan tekanan tinggi, glukosa dan xylosa akan terdegradasi menjadi furfural dan hidroksimetilfurfural. Jika furfural dan hidroksimetilfurfural terdekomposisi lanjut, akan didapat asam levulinat dan asam formiat (Mussatto dan Roberto, 2004; Palmqvist dan Hahn-Hägerdal, 2000).

Untuk meminimalisasi terbentuknya produk inhibitor dari degradasi gula-gula sederhana dan degradasi lignin diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap parameter-parameter proses hidrolisa asam serta proses detoksifikasi (Mussatto dan Roberto, 2004; Iranmahboob et al., 2002; Palmqvist dan Hahn-Hägerdal, 2000; Szczołdrak dan Fiedurek, 1996). Parameter konsentrasi asam, suhu dan waktu hidrolisa merupakan parameter yang sangat krusial pada proses hidrolisa selain metode detoksifikasi yang tepat sehingga dapat meminimalkan produk inhibitor yang pada akhirnya meningkatkan *yield* etanol di akhir proses fermentasi (Campo et al., 2006; Mussatto dan Roberto, 2004; Lavarack et al., 2002).

Hidrolisis merupakan reaksi kimia yang memecah molekul menjadi dua bagian dengan penambahan molekul air (H₂O), dengan tujuan untuk mengkonversi polisakarida menjadi monomer-monomer sederhana. Satu bagian dari molekul memiliki ion hidrogen (H⁺) dan bagian lain memiliki ion hidroksil (OH⁻). Umumnya hidrolisis ini terjadi saat garam dari asam lemah atau basa lemah (atau keduanya) terlarut di dalam air. Reaksi umumnya yakni sebagai berikut :



Akan tetapi, dalam kondisi normal hanya beberapa reaksi yang dapat terjadi antara air dengan komponen organik. Penambahan asam, basa, atau enzim umumnya dilakukan untuk membuat reaksi hidrolisis dapat terjadi pada kondisi penambahan air tidak memberikan efek hidrolisis. Asam, basa maupun enzim dalam reaksi hidrolisis disebut sebagai katalis, yakni zat yang dapat mempercepat terjadinya reaksi (Lowry, 1987).

Hidrolisa Asam

Di dalam metode hidrolisa asam, biomassa lignoselulosa dipaparkan dengan asam pada suhu dan tekanan tertentu selama waktu tertentu, dan menghasilkan monomer gula dari polimer selulosa dan hemiselulosa. Beberapa asam yang umum digunakan untuk hidrolisa asam antara lain adalah asam sulfat (H₂SO₄), asam perklorat, dan HCl. Asam sulfat merupakan asam yang paling banyak diteliti dan dimanfaatkan untuk hidrolisis asam. Hidrolisa asam dapat dikelompokkan menjadi: hidrolisa asam pekat dan hidrolisis asam encer (Tahezadeh & Karimi, 2007).

Hidrolisa asam pekat merupakan teknik yang sudah dikembangkan cukup lama. Braconnot di tahun 1819 pertama menemukan bahwa selulosa bisa dikonversi menjadi gula yang dapat difermentasi dengan menggunakan

asam pekat (Sherrad and Kresman, 1945 in (Taberzadeh & Karimi, 2007)). Hidrolisa asam pekat menghasilkan gula yang tinggi (90% dari hasil teoritik) dibandingkan dengan hidrolisa asam encer, dan dengan demikian akan menghasilkan etanol yang lebih tinggi (Hamelink, Hooijdonk, & Faaij, 2005).

Hidrolisa asam dapat dilakukan pada suhu rendah. Namun demikian, konsentrasi asam yang digunakan sangat tinggi (30 - 70%). Proses ini juga sangat korosif karena adanya pengenceran dan pemanasan asam. Proses ini membutuhkan peralatan metal yang mahal atau dibuat secara khusus. Rekoveri asam juga membutuhkan energi yang besar. Di sisi lain, jika menggunakan asam sulfat, dibutuhkan proses netralisasi yang menghasilkan limbah gypsum/kapur yang sangat banyak. Dampak lingkungan yang kurang baik dari proses ini membatasi penggunaan asam perklorat dalam proses ini. Hidrolisa asam pekat juga membutuhkan biaya investasi dan pemeliharaan yang tinggi, hal ini mengurangi ketertarikan untuk komersialisasi proses ini (Taberzadeh & Karimi, 2007).

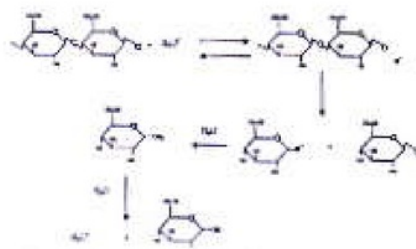
Hidrolisa asam encer juga dikenal dengan hidrolisis asam dua tahap (two stage acid hydrolysis) dan merupakan metode hidrolisis yang banyak dikembangkan dan diteliti saat ini. Hidrolisa asam encer pertama kali dipatenkan oleh H.K. Moore pada tahun 1919. Potongan (chip) kayu dimasukkan ke dalam tangki kemudian diberi uap panas pada suhu 300 °F selama satu jam. Selanjutnya dihidrolisis dengan menggunakan asam fosfat. Hidrolisa dilakukan dalam dua tahap. Hidrolisat yang dihasilkan kemudian difermentasi untuk menghasilkan etanol. Hidrolisis selulosa dengan menggunakan asam telah dikomersialkan pertama kali pada tahun 1898 (Hamelink, Hooijdonk, & Faaij, 2005). Tahap pertama dilakukan dalam kondisi yang lebih 'lonak' dan akan menghidrolisis hemiselulosa (misal 0,7% asam sulfat, 190 °C). Tahap kedua dilakukan pada suhu yang lebih tinggi, tetapi dengan konsentrasi asam yang lebih rendah untuk menghidrolisa selulosa (215 °C, 0,4% asam sulfat) (Hamelink, Hooijdonk, & Faaij, 2005).

Keuntungan utama hidrolisa dengan asam encer adalah, tidak diperlukannya *recovery* asam, dan tidak adanya kehilangan asam dalam proses (Iranmahboob et al., 2002). Umumnya asam yang digunakan adalah H₂SO₄ atau HCl (Mussatto dan Roberto, 2004) pada range konsentrasi 2-5 % (Iranmahboob et al., 2002; Sun dan Cheng, 2002), dan suhu reaksi + 160 °C.

Kelemahan dari hidrolisa asam encer adalah degradasi gula hasil di dalam reaksi hidrolisa dan pembentukan produk samping yang tidak

diinginkan. Degradasi gula dan produk samping ini tidak hanya akan mengurangi hasil panen gula, tetapi produk samping juga dapat menghambat pembentukan etanol pada tahap fermentasi selanjutnya. Beberapa senyawa inhibitor yang dapat terbentuk selama proses hidrolisa asam encer adalah furfural, 5-hydroxymethylfurfural (HMF), asam levulinik (levulinic acid), asam asetat (acetic acid), asam format (formic acid), asam uronat (uronic acid), asam 4-hydroxybenzoic, asam vanilik (vanilic acid), vanillin, phenol, cinnamaldehyde, formaldehida (formaldehyde), dan beberapa senyawa lain (Taberzadeh & Karimi, 2007).

Contoh reaksi hidrolisa selulosa dengan H₂SO₄:



Gambar 2.5. Mekanisme Reaksi Hidrolisis Selulosa oleh Asam (Sumber : Humprey, 1979)

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses hidrolisa antara lain :

- Kandungan Karbohidrat Bahan Baku**
Kandungan karbohidrat pada bahan baku sangat berpengaruh terhadap hasil hidrolisis asam. Apabila kandungan karbohidratnya sedikit, maka jumlah gula yang terjadi juga sedikit, dan sebaliknya, apabila kandungan karbohidrat terlalu tinggi mengakibatkan kekentalan campuran akan meningkat, sehingga frekuensi tumbukan antara molekul karbohidrat dan molekul air semakin berkurang, dengan demikian kecepatan reaksi pembentukan glukosa semakin berkurang pula. Bahan yang hendak dihidrolisa diaduk dengan air panas dan jumlah bahan keringnya berkisar antara 18% hingga 22%.
- pH Hidrolisa**
pH berpengaruh terhadap jumlah produk hidrolisa. pH berkaitan erat dengan konsentrasi asam yang digunakan. Pada umumnya, pH yang terbaik (optimum) adalah 2,3. (Joeh, 1998; Groggins, 1998).
- Waktu Hidrolisis**
Semakin lama pemanasan, warna akan semakin keruh dan semakin besar konversi

yang dihasilkan. Waktu yang diperlukan untuk proses hidrolisa asam sekitar 1 hingga 3 jam.

d. Suhu

Pengaruh suhu terhadap kecepatan hidrolisa karbohidrat akan mengikuti persamaan Arrhenius yaitu semakin tinggi suhunya akan diperoleh konversi yang cukup berarti, tetapi jika suhu terlalu tinggi konversi yang diperoleh akan menurun. Hal ini disebabkan adanya glukosa yang pecah menjadi arang, yang ditunjukkan dengan semakin tuanya warna hasil.

Selain itu pada suhu yang tidak terlalu tinggi (tidak melebihi titik didih air), air sebagai zat penghidrolisis tetap berada fase cair, sehingga terjadi kontak yang baik antara molekul-molekul kertas koran dengan sebagian besar air, sehingga reaksi dapat berjalan dengan baik (Roiz, 2001).

Parameter konsentrasi asam, suhu dan waktu hidrolisa merupakan parameter yang sangat krusial pada proses hidrolisa selain metode detoksifikasi yang tepat sehingga dapat meminimalkan produk inhibitor yang pada akhirnya meningkatkan yield etanol di akhir proses fermentasi (Campo dkk., 2006; Mussato dan Roberto, 2004; Lavarack dkk., 2002).

Fermentasi

Fermentasi alkohol adalah proses penguraian karbohidrat menjadi etanol dan CO_2 yang dihasilkan oleh aktifitas suatu jenis mikroba yang disebut khamir dalam keadaan anaerob (Prescott dan Dunn, 1959). Perubahan dapat terjadi jika mikroba tersebut bersentuhan dengan makanan yang sesuai bagi pertumbuhannya. Pada proses fermentasi biasanya tidak menimbulkan bau busuk dan biasanya menghasilkan gas karbondioksida. Hasil fermentasi dipengaruhi banyak faktor. Seperti, bahan pangan atau substrat, jenis mikroba dan kondisi sekitar.

Seperti yang telah diuraikan sebelumnya, fermentasi alkohol merupakan proses terjadi karena adanya aktifitas suatu jenis mikroba yang disebut khamir. Besar kecilnya aktifitas hidup mikroba ini akan menentukan jumlah alkohol yang terbentuk dan aktifitas ini juga dipengaruhi oleh beberapa faktor.

Faktor-faktor tersebut umumnya berhubungan erat dengan penyediaan dan pemakaian nutrisi yang digunakan untuk menunjang aktifitas hidupnya (Said, e.g).

Berikut ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi hasil fermentasi etanol:

1. Jenis Mikroorganisme

Bila dilihat dari jenisnya, maka terdapat beberapa jenis mikroorganisme yang banyak digunakan dalam proses fermentasi diantaranya adalah khamir, kapang dan bakteri. Tetapi tidak semua mikroorganisme tersebut dapat digunakan secara langsung. Masih diperlukan seleksi untuk menjamin berlangsungnya proses fermentasi. Pemilihan mikroorganisme biasanya didasarkan pada jenis substrat (bahan) yang digunakan sebagai medium, misalnya untuk menghasilkan etanol digunakan khamir *Saccharomyces Cerevisae*. Seleksi ini bertujuan untuk mendapatkan mikroorganisme yang mampu tumbuh dengan cepat dan mempunyai toleransi tinggi terhadap konsentrasi gula yang tinggi. Sehingga dapat menghasilkan kadar etanol yang dikehendaki.

2. Lama Fermentasi

Waktu yang dibutuhkan untuk fermentasi biasanya ditentukan pada jenis bahan, jenis ragi dan jenis gula. Pada umumnya diperlukan waktu 4 – 20 hari untuk memperoleh hasil fermentasi yang sempurna. Menurut Amarin (1982) fermentasi berlangsung dua sampai tiga minggu dan ditandai dengan tidak diproduksinya CO_2 .

3. Derajat Keasaman

Pada umumnya pH untuk fermentasi buah-buahan atau pembentukan sel khamir dibutuhkan keasaman optimum antara 3,0 – 5,0. Diluar itu maka pertumbuhan mikroba akan terganggu. Untuk mengatur pH dapat digunakan NaOH untuk menaikkan dan asam nitrat untuk menurunkan pH. Sebelum difermentasi, sari buah dipasteurisasi ditambahkan dengan SO_2 . Hal ini untuk mencegah timbulnya bakteri dan khamir yang tidak diinginkan. Sumber SO_2 adalah NaHSO_3 , kalium atau natrium bisulfit.

4. Kadar Gula

Kadar gula yang optimum untuk aktifitas pertumbuhan khamir adalah sekitar 10 – 18 %.

5. Suhu

Setiap golongan memiliki suhu pertumbuhan yang optimum yang berbeda-beda, untuk mikroba ini suhu optimumnya 19 – 32 °C.

Etanol (Etil Alkohol)

Etanol atau etil alcohol dikenal sebagai alcohol yang merupakan senyawa organik dengan rumus kimia $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. Dalam suhu kamar, etanol berwujud cairan yang tidak berwarna, mudah menguap, mudah terbakar, mudah larut dalam air dan tembus cahaya. Etanol adalah senyawa organik golongan alcohol primer. Alkohool komersial pada umumnya

Penelitian untuk mengetahui pengaruh konsentrasi asam, suhu hidrolisis dan lama waktu fermentasi dari biomass yang digunakan yaitu alang-alang menjadi bioetanol. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Operasi Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *hydrolysis asam* disesuaikan dengan fermentasi.

Variabel yang diteliti

a) Variabel terapan adalah massa bahan baku (alang-alang) sebesar 20 gram dan waktu fermentasi selama 3 hari (72 jam)

b) Variabel berubah terdiri dari:

- 1) Konsentrasi Asam
- 2) Temperatur Hidrolisis
- 3) Waktu Hidrolisis
- 4) Jenis Kagi
- 5) Besar Kagi

Peralatan dan Bahan

1. Peralatan
 - a) Peralatan Fermentasi dan Hidrolisis
 - 1) Blender

2. METODOLOGI

Etanol dihasilkan dari gula yang merupakan hasil aktivitas fermentasi sel khamir khamir yang digunakan untuk menghasilkan etanol adalah dari genus *Saccharomyces*. Agar dapat menghasilkan jumlah etanol yang banyak diperlukan suatu khamir yang mempunyai laju fermentasi dan laju pertumbuhan cepat, bahan terkecil konsentrasi etanol dan glukosa tinggi, bahan terkecil konsentrasi garam tinggi, pH optimum fermentasi rendah, temperatur optimum fermentasi sekitar 25-30°C, Minimum Farlar (1992). Fermentasi etanol meliputi dua tahap, yaitu:

- 1) Pencocokan antara karbon dari glukosa dan pelepasan pahaig sedikit dan pasung atom hidrogen melalui jalur EMP (Embden-Meyerhoff-Parnas), menghasilkan senyawa karbon lainnya yang lebih teroksidasi daripada glukosa
- 2) Senyawa yang teroksidasi tersebut direduksi kembali oleh atom hidrogen yang dihasilkan dalam tahap pertama, membentuk senyawa senyawa hasil fermentasi yaitu etanol.

Etanol atau alkohol dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, antara lain:

- 1) Pelarut dalam industri, contoh industri farmasi, kosmetika dan plastik.
- 2) Bahan baku industri atau senyawa kimia, contoh industri minuman beralkohol, industri asam asetat dan asetaldehid.
- 3) Bahan desinfektan, contoh perlatan kedokteran, rumah tangga dan perlatan di rumah sakit.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi jumlah etanol yang dihasilkan adalah mikroorganisme dan media yang digunakan, adanya komponen media yang dapat menghambat pertumbuhan serta kemampuan fermentasi mikroorganisme dan kondisi selama fermentasi (Asury, 1991). Faktor lain adalah penulisan khamir, konsentrasi gula, kesamaan, ada tidaknya oksigen dan suhu.

Pemilihan sel khamir didasarkan pada jenis karbohidrat yang digunakan sebagai medium untuk memproduksi alkohol dari pati

Sumber : Kirk-Othmer, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol 9, 1997

Kimia	Nilai
Berat molekul, g/mol	46,1
Titik beku, °C	-114,1
Titik didih normal, °C	78,32
Densitas, g/ml	0,7983
Viskositas pada 20 °C, mPa.s (cP)	1,17
Panas penguapan normal, J/g	839,31
Panas perbakaratan pada 25 °C, J/g	29676,6
Panas jenis pada 25 °C, J/g °C	2,42
Nilai Oktan	106 - 111
Wujud pada suhu kamar	cair
Dicampur dengan	berakasi
Kelarutan dalam air	larut sempurna
Dapat terbakar	ya

Tabel 2.4: Sifat Fisika dan Sifat Kimia Etanol

Sifat baik dan laju etanol bergantung dari serta movement. Fermentasi bahan dari cepat, bahan baku pertumbuhan sebagai bahan yang dapat digunakan untuk etanol dalam kehidupan sehari-hari dikenal mengandung 95 persen etanol dan 5 persen air.

Etanol dapat dihasilkan dari pati yang merupakan hasil aktivitas fermentasi sel khamir khamir yang digunakan untuk menghasilkan etanol adalah dari genus *Saccharomyces*. Agar dapat menghasilkan jumlah etanol yang banyak diperlukan suatu khamir yang mempunyai laju fermentasi dan laju pertumbuhan cepat, bahan terkecil konsentrasi etanol dan glukosa tinggi, bahan terkecil konsentrasi garam tinggi, pH optimum fermentasi rendah, temperatur optimum fermentasi sekitar 25-30°C, Minimum Farlar (1992). Fermentasi etanol meliputi dua tahap, yaitu:

- 2) Peralatan gelas standar
 - 3) Pemanas listrik
 - 4) Aluminium Foil / Gabus
 - 5) Saringan / Kertas Saring
 - 6) Pengaduk / Spatula
- b) Peralatan Fermentasi
- 1) Fermentor (Erlenmeyer + selang + gabus)
 - 2) Autoclave
- c) Peralatan Pemurnian
- Destilasi / Evaporator
- d) Peralatan Analisa
- 1) Piktometer
2. Bahan
- 1) Alang-alang
 - 2) H_2SO_4 (0,5%, 1%, 1,5%, 2,0%, dan 2,5%)
 - 3) NaOH
 - 4) Aquadest
 - 5) Ragi roti
 - 6) Ragi Tape

Prosedur Penelitian

1. Pretreatment

- 1) Alang-alang dipotong-potong (diblender) dan dikeringkan dibawah sinar matahari
- 2) Menimbang alang-alang sebanyak 20 gram
- 3) Sebanyak 400 ml aquadest dicampurkan dengan 6 ml NaOH 4M sehingga didapat larutan NaOH 1,5% kemudian dicampurkan dengan kertas korea di dalam erlenmeyer
- 4) Mulut erlenmeyer ditutup dengan gabus, kemudian erlenmeyer dipanaskan didalam oven dengan temperatur 120 °C selama 15 menit. Pada proses ini, lignin akan terpisah dari alang-alang sehingga lapisan selulosa akan terbuka. Sehingga selulosa yang terkonversi menjadi glukosa akan lebih besar.

2. Hidrolisa Selulosa

- 1) Alang-alang dengan berat 20 gram dicampurkan dengan asam sulfat pada konsentrasi 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5% (Biofuels Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology, Springer).
- 2) Campuran tersebut kemudian kita hidrolisa pada variasi temperatur (100, 120, 140, 160, 180, 200°C) (Xiao & Clarkson 1997, Cellulosic Ethanol Production Status of Conversion Technologies in the United States) dengan waktu untuk tiap variasi temperaturnya adalah 60, 90, 120, 150, 180 menit) (Biorefineries, Green Energy and Technology, Ayhan Demitbas).
- 3) Rendeman alang-alang hasil hidrolisis lalu didinginkan dan disaring, dimana

larutan hasil hidrolisis sebagai produk utama.

3. Fermentasi

- 1) Larutan hasil saringan hidrolisis alang-alang yang bersifat asam diatur pH-nya menjadi 4,5 yang diukur dengan pH-meter. Penambahan pH dilakukan dengan menambahkan NaOH 4M.
- 2) Hidrolisis tersebut kemudian didinginkan hingga mencapai suhu ruangan.
- 3) Sterilisasi alat dengan autoclave pada suhu 120 °C selama 15 menit.
- 4) Ragi dimasukkan ke dalam fermentor dengan variasi bobot 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% (dari berat feed), untuk kedua jenis ragi yang digunakan yaitu ragi roti dan ragi tape.
- 5) Tutup rapat erlenmeyer yang berisi media fermentasi dengan gabus yang dihubungkan dengan selang dan ujung selang dimasukkan ke dalam air agar tidak terjadi kontak langsung dengan udara luar dan mengeluarkan gas karbon dioksida.
- 6) Fermentasi dilakukan selama 3 hari.

4. Evaporasi

- 1) Siapkan 1 set peralatan evaporasi.
- 2) Masukkan campuran alkohol-air ke dalam labu, kemudian pasang labu tersebut pada alat evaporasi yang telah disediakan.
- 3) Atur temperaturnya 78°C, dan waktu evaporasi yang dilakukan selama 5 menit sehingga alkohol yang didapat akan menghasilkan kadar alkohol yang bervariasi.
- 4) Simpan hasil yang didapat dalam botol yang ditutup rapat.

Untuk mengetahui kadar alkohol, gunakan piknometer untuk mengetahui densitas zat (etanol) yang dihasilkan dan kemudian dihitung kadarnya dengan menggunakan data densitas alkohol pada Tabel 2-110 Ethyl Alcohol (*Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th Edition*).

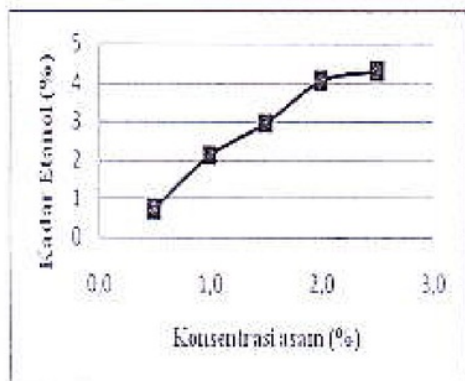
5. Analisa GC (Gas Chromatography)

- 1) Persiapkan larutan duplikan (sampel) dengan komposisi belum diketahui dan larutan baku dengan komposisi diketahui.
- 2) *Running* alat, dengan kondisi suhu maksimum 200°C dan jenis detektor FID (*Flame Ionisation Detector*).
- 3) Mengatur tekanan manometer pada tabung sebesar 3,5 kg/cm.
- 4) Mengatur kecepatan gas pembawa (Helium) ke kanan atau ke kiri sebesar 300ml/min.
- 5) Suntikan larutan baku minimal 1µL etanol.

- 6) Puncak etanol tampak pada kromatogram (lihat pelekam)
 - 7) Hasil analisa akan tertulis oleh integrator dalam bentuk laporan RT (waktu retensi), AREA (luas puncak), TYPE tipe puncak), AREA% (persen senyawa dalam larutan)
- Bandingkan antara kromatogram larutan baku dan larutan cuplikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses hidrolisis bertujuan untuk memecah ikatan dan menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa serta merusak struktur kristal selulosa menjadi senyawa gula sederhana (Sun dan Cheng, 2002). Ukuran bahan baku akan mempengaruhi porositas sehingga dapat memaksimalkan kontak antara bahan dengan asam untuk meningkatkan hidrolisis hemiselulosa (Sun dan Cheng, 2002). Dari literatur yang didapat, diketahui feed memiliki kandungan lignin 21,42%, selulosa 48,12%.



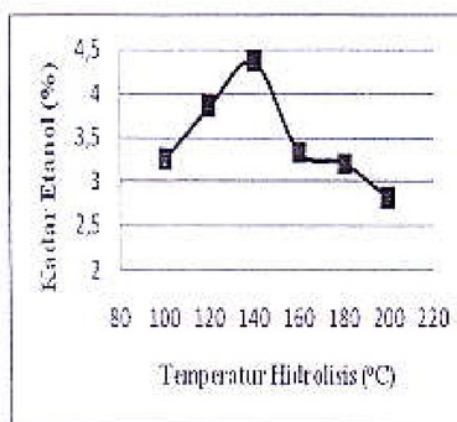
Gambar 3.1. Pengaruh variasi konsentrasi asam terhadap kadar etanol

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi asam sulfat yang digunakan pada proses hidrolisis untuk mengetahui konsentrasi asam sulfat terbaik dalam menghasilkan kadar etanol yang besar. Sehingga variabel hidrolisis dan fermentasi yang lain diasumsikan sama terlebih dahulu untuk masing-masing konsentrasi asam sulfat.

Dari grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi asam sulfat yang digunakan maka semakin besar juga kadar etanol yang dihasilkan. Pada grafik ini, terlihat bahwa titik optimum konsentrasi asam sulfat yang menghasilkan kadar etanol yang paling besar adalah konsentrasi asam sulfat 2% karena pada

penggunaan asam sulfat 2,5%, semakin kadar etanol yang didapatkan tidak begitu jauh perbedaannya. Oleh sebab itu, konsentrasi asam sulfat 2% dianggap sebagai yang terbaik untuk selanjutnya menjadi variabel tetap dan digunakan untuk mengetahui variabel peralihan yang lainnya.

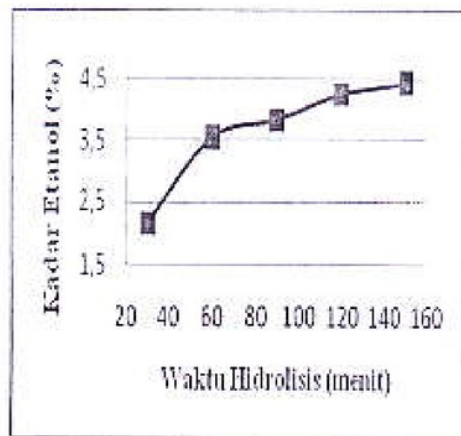
Kemungkinan penggunaan asam kuat pada konsentrasi rendah adalah tidak diperlukannya lagi recovery asam dan tidak adanya ion asam yang hilang pada proses (Iramahboob et al, 2002). Umumnya asam yang digunakan adalah H_2SO_4 atau HCl (Mussatti dan Roberto, 2004) pada range konsentrasi 2-3% (Iramahboob et al, 2002; Sun dan Cheng, 2002) dan suhu reaksi $+160\text{ }^\circ\text{C}$.



Gambar 3.2. Pengaruh variasi temperatur hidrolisis terhadap kadar etanol

Temperatur hidrolisis berhubungan dengan laju reaksi. Semakin tinggi temperatur hidrolisis, maka hidrolisis akan berlangsung lebih cepat. Hal ini disebabkan konstanta laju reaksi meningkat dengan meningkatnya temperatur operasi dan penambahan waktu reaksi, akan semakin memperbesar konversi yang dicapai sampai ke titik optimumnya.

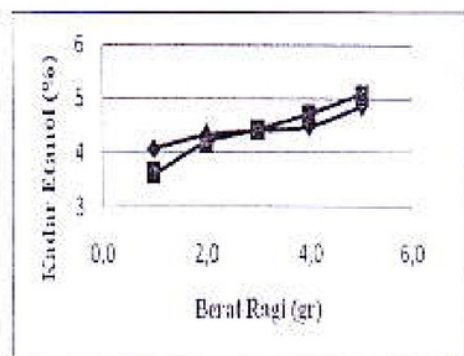
Pada variasi temperatur yang kami gunakan, didapatkan pada temperatur $140\text{ }^\circ\text{C}$. Oleh karena itu, penambahan temperatur selanjutnya akan menurunkan kadar etanol yang dihasilkan karena telah melewati titik optimum yang dimilikinya.



Gambar 3.3. Waktu Hidrolisis vs Kadar Etanol

Dari grafik terlihat bahwa konversi selulosa menjadi glukosa sangat dipengaruhi oleh waktu hidrolisis. Semakin lama waktu proses, maka kesempatan selulosa melakukan dekomposisi lebih panjang, sehingga kadar etanol naik. Tetapi kenaikan ini sudah tidak begitu mencolok setelah waktu hidrolisis mencapai 120 menit karena kadar etanol yang didapatkan tidak begitu bertambah secara signifikan.

Jika di tinjau kembali, dalam proses hidrolisis ini didapat bahwa konsentrasi asam sulfat terbaik sebesar 2,0%, temperatur sebesar 120°C dan waktu yang dibutuhkan untuk hidrolisis selama 150 menit. Selanjutnya ketiga variabel tersebut dianggap sebagai variabel tak berubah (tetap) dalam mencari variabel fermentasi yaitu dalam mengetahui jenis ragi yang terbaik antara ragi roti (fermipan) dan ragi tape serta berat ragi yang digunakan.



Gambar 3.4. Jenis dan Berat Ragi vs Kadar Etanol

Semakin banyak ragi yang ditambahkan maka kadar etanol yang dihasilkan juga semakin besar karena dengan semakin banyak ragi yang ditambahkan, maka bakteri yang mengurai glukosa menjadi etanol pun semakin banyak. Tetapi pada penambahan ragi yang lebih lanjut cenderung turun, karena disebabkan adanya ragi yang mati pada saat proses fermentasi berlangsung.

Pada ragi tape hal ini ditandai dengan ditemukannya serbuk putih kekuningan pada hasil akhir fermentasi sehingga mikroba yang berperan dalam fermentasi ini pun menjadi kurang maksimal.

Ragi roti dibuat dari molasses nitrogen, urea, kecambah malt, garam organik, faktor pertumbuhan dalam bentuk ekstrak sayur, serelia, khamir, dan sejumlah kecil vitamin.

Berdasarkan kandungan yang terdapat dalam kedua jenis ragi diatas, diketahui bahwa ragi tape memiliki populasi yang lebih kompleks dibandingkan dengan yang ada pada ragi roti sehingga mempengaruhi kinerjanya dalam menghasilkan etanol pada proses fermentasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anindyawati, Trisanti. 2009. *Prospek Enzim Dan Limbah Lignoselulosa Untuk Produksi Bioetanol*. Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI : Bogor.
- Bell, Phillip, dkk. 2005. *Breakthrough in Yeasts for Making Bio-Ethanol from Lignocellulosic*. University Campus Sidney : Australia
- Demirbas, Ayhan. 2010. *Biorefineries for Biomass Upgrading Facilities*. Springer Science+Business Media : Dordrecht Heidelberg New York.
- Gozan, Misri, dkk. 2008. *Sakarifikasi Dan Fermentasi Bagas Menjadi Ethanol Menggunakan Enzim Selulase Dan Enzim Sellabiose*. UI : Depok.
- Isroi. 2011. *Produksi Bioethanol Berbahan Baku Biomassa Lignoselulosa : Hidrolisis Asam*. (online) (<http://isroi.wordpress.com/2008/11/21/produksi-bioethanol-berbahan-baku-biomassa-lignoselulosa-hidrolisis/> diakses pada tanggal 11 Mei 2011)

- Isroi. 2011. *Produksi Bioethanol Berbahan Baku Biomassa Lignoselulosa : Fermentasi* (online) ([http:// isroi.wordpress.com/2008/11/21/_____produksi-bioethanol-berbahan-baku-biomassa-lignoselulosa-fermentasi/](http://isroi.wordpress.com/2008/11/21/produksi-bioethanol-berbahan-baku-biomassa-lignoselulosa-fermentasi/) diakses pada tanggal 11 Mei 2011)
- Isroi. 2011. *Produksi Bioethanol Berbahan Baku Biomassa Lignoselulosa: Pretreatment* (online) ([http:// isroi.wordpress.com/2008/11/21/_____produksi-bioethanol-berbahan-baku-biomassa-lignoselulosa-pretreatment/](http://isroi.wordpress.com/2008/11/21/_____produksi-bioethanol-berbahan-baku-biomassa-lignoselulosa-pretreatment/) diakses pada tanggal 11 Mei 2011)
- Kurniawan, Ari Prasetyo, dkk. 2010. *Pembuatan Etanol Dari Sampah Pasar Melalui Proses Hidrolisis Asam Dan Fermentasi Bakteri *Zymomonas mobilis**. ITS : Surabaya
- Kurniawan, Didik. 2008. *Pembuatan Bioetanol Dari Fermentasi Tipung Ketela Karet (*Musht galziovii* Muell) Dengan Menggunakan Ragi*. Universitas Muhammadiyah : Surakarta
- Mardiani, Dewi. 2010. *Mengembangkan Bioetanol dari Selulosa*. Republika
- Oktaveni, Dian. 2009. *Lignin Terlarut Asam dan Delignifikasi pada Tahap Awal Proses Pulping Alkali*. IPB : Bogor
- Purnaning, Arry Setya. 2010. *Pemanfaatan Alang-alang (*Imperata Cylindrica* (L.) Rauschaly) Sebagai Substrat Selulosa Dalam Produksi Bioetanol*. ITB: Bandung
- Rachmanah,Orchidea,dkk.2009.*Acid Hydrolysis Pretreatment of Bagasse-Lignocellulosic Material for Bioethanol Production* ITS : Surabaya
- Roche, M. 2001. *The Biotechnology of Ethanol*. WILEY-VCH Verlag GmbH, D-69469 Weinheim (Federal Republic of Germany)
- Rosak, Aisah Ai. 2009. *Pretreatment Dengan *Phanerochaete chrysosporium* Dalam Hidrolisis Asam Enam Sludge Kertas*. IPB: Bogor
- Rutz, Dominik and Janssen, Rainer. 2008. *Biofuel Technology Handbook*, WIP Renewable Energies : Munchen, Germany
- Samsuri,M, dkk.2007. *Pemanfaatan Selulosa Bagas Untuk Produksi Etanol Melalui Sakarifikasi Serentak Dengan Enzim *Xylanase**. UI : Depok
- Scheper, T. 2007. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology Biofuels*. Springer Science+Business Media : Dordrecht Heidelberg New York
- Silveira B, Marcos. 2011. *Routes to Cellulosic Ethanol*. Springer Science+Business Media : Dordrecht Heidelberg, New York
- Sunardi. 2011. *Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Etanol Pada Pembuatan Bioetanol Dari Ampas Tahu*. Universitas Setia Budi : Surakarta
- Syafii, Wasrin. 2011. *Kayu Sebagai Sumber Bioetanol*. IPB : Bogor
- Zihao, Allen. 2009. *The Biofuel Potential of Municipal Solid Waste*. Universita tstrasse Zurich : Switzerland

2_2120401 JurnTK Oswaldo_MF_Nov_Pengaruh Konsentrasi Asam dan waktu.pdf

ORIGINALITY REPORT

0%

SIMILARITY INDEX

%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

Exclude quotes On

Exclude bibliography On

Exclude matches < 1 words