

PENGARUH UKURAN PARTIKEL PELEPAH PISANG DAN KONSENTRASI KATALIS H₂SO₄ PADA PROSES HIDROLISA TERHADAP KONVERSI SELULOSA MENJADI BIOETANOL

Hafit Agustian¹⁾, Athiek Sri Redjeki²⁾

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta
athieksri@yahoo.com

ABSTRAK *Kebutuhan akan bahan bakar minyak (BBM) seolah sudah menjadi kebutuhan primer negara yang sedang berkembang seperti Indonesia. Solusi dalam pemecahan masalah tersebut adalah membuat bahan bakar alternatif dari sumber daya alam yang terbarukan. Bioetanol adalah bahan bakar yang memenuhi kriteria tersebut karena sifatnya yang ramah lingkungan. Salah satu bahan baku pembuatan bioetanol ialah biomassa selulosik, sebagai salah satu sumbernya adalah pelepah pisang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh besar kecilnya ukuran partikel pelepah pisang dalam pembuatan bioetanol. Variabel ukuran yang digunakan ialah 10, 28, 45, 60 dan 100 mesh. Hidrolisis asam merupakan tahapan untuk mengubah polisakarida (pati dan selulosa) menjadi glukosa yang selanjutnya difermentasi menggunakan ragi untuk membentuk etanol. Dengan mengambil kondisi hidrolisis pada suhu 80°C selama 4 jam menggunakan 3 variabel konsentrasi katalis asam sulfat, yaitu 1 M, 2 M dan 4 M. Pada tahap fermentasi dilakukan pada suhu ruang selama 48 jam menggunakan ragi tape. Penelitian ini menunjukkan kondisi optimum dari pembuatan bioetanol di mana ukuran partikel pelepah pisang kering 100 mesh, konsentrasi katalis H₂SO₄ 2 M, diperoleh konversi sebesar 57,60%. Yield optimum yang didapatkan pada kondisi optimum tersebut ialah 1,79 % bioetanol dari pelepah pisang basah.*

Kata kunci : *Pelepah pisang, Biomassa selulosik, Bioetanol*

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan bahan bakar minyak (BBM) seolah sudah menjadi kebutuhan primer negara yang sedang berkembang seperti Indonesia karena tingkat mobilitas yang tinggi. Namun hal ini tidak disertai dengan pelestarian sumber daya alam minyak bumi dan gas yang merupakan bahan baku utama untuk membuat BBM. Belakangan ini biomassa selulosik yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan berasal dari limbah pertanian dan pengembangan hutan, kertas bekas, dan limbah industri, dikembangkan sebagai sumber glukosa untuk difermentasi menjadi bioetanol (Artati, 2012). Pengolahan ini, di samping menyelamatkan lingkungan dengan mengurangi potensi limbah yang terjadi, juga dapat meningkatkan pendapatan.

Salah satu objek biomassa selulosik yang sangat memungkinkan untuk dapat dijadikan bahan baku pembuatan bioetanol ialah pelepah pisang, karena mengandung selulosa 40,1 % dan lignin 17,8 % (Artati, 2012)

Bioetanol dapat diproduksi dari berbagai bahan baku yang banyak terdapat di Indonesia, baik produk maupun limbahnya seperti produk pertanian dan hasil hutan, limbah kertas, dan limbah industri, sehingga sangat potensial untuk diolah dan dikembangkan karena bahan bakunya sangat dikenal masyarakat. Tumbuhan yang potensial untuk menghasilkan bioetanol antara lain tanaman yang memiliki kadar karbohidrat tinggi, seperti tebu, nira, aren, sorgum, ubi kayu, jambu mete (limbah jambu mete), garut, batang pisang, ubi jalar, jagung, bonggol jagung, jerami, dan bagas (ampas tebu) (Komaryati, 2010).

Saat ini bioetanol diproduksi dari tetes tebu, singkong maupun dari jagung. Alternatif lain bahan baku bioetanol yaitu biomassa berselulosa. Biomassa berselulosa merupakan sumber daya alam yang berlimpah dan murah serta memiliki potensi untuk produksi komersial industri etanol atau butanol. Selain dikonversi

menjadi biofuel, biomassa berselulosa juga dapat mendukung produksi komersial industri kimia seperti asam organik, aseton atau gliserol (Wyman, 2002).

Pada proses pembuatan etanol dari bahan selulosik melalui beberapa tahapan proses sehingga didapat etanol yang berkualitas berbasis *fuel grade*. Tahapan tersebut ialah *pretreatment* dan delignifikasi bahan baku, proses hidrolisis, proses fermentasi, serta yang terakhir ialah proses pemurnian/destilasi.

Proses Delignifikasi dan Pretreatment

Lignin memiliki gugus fungsi yang mengandung oksigen pada posisi benzilik yang sensitif terhadap media asam dan memiliki kecenderungan berubah pada saat penentuan kadar lignin (Yasuda et al. 2001). Achmadi (1990) menerangkan bahwa pada suasana asam, lignin cenderung melakukan kondensasi. Peristiwa ini menyebabkan bobot molekul lignin bertambah dan dalam keadaan yang sangat asam, lignin yang telah terkondensasi ini akan mengendap. Lignin sebagian akan terlarut di dalam asam pada tahap hidrolisis kedua dari prosedur lignin klason.

Delignifikasi adalah proses untuk mengurangi kadar lignin. Adanya lignin dalam bahan berselulosa ini akan menghambat aktifitas enzim yang terdapat di dalam ragi dalam proses pengkonversian gula sederhana menjadi etanol. Sehingga untuk meningkatkan proses hidrolisis, maka perlu dilakukan proses delignifikasi untuk mendegradasi lignin dari struktur selulosa dengan menggunakan bantuan senyawa katalis, salah satu caranya adalah dengan menggunakan katalis kimia berupa senyawa NaOH (Wiratmaja, 2011).

Sebelum proses delignifikasi dilakukan proses *pretreatment*, untuk memecah struktur kristalin selulosa dan memisahkan lignin sehingga selulosa dapat terpisah. *Pretreatment* dapat dilakukan secara kimia maupun fisik. Metode fisik yang dilakukan

adalah dengan menggunakan temperatur dan tekanan tinggi, penggilingan, radiasi, atau pendinginan, kesemuanya membutuhkan energi yang tinggi. Sedangkan metode *pretreatment* secara kimia menggunakan solven untuk memecah dan melarutkan lignin (metode delignifikasi) (Badger, 2002).

Proses Hidrolisis

Hidrolisis adalah reaksi kimia yang memecah molekul air (H_2O) menjadi kation hidrogen dan anion hidroksida (OH^-) melalui suatu proses kimia. Reaksi hidrolisis secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan asam encer maupun asam pekat. Penggunaan asam encer pada proses hidrolisis dilakukan pada temperatur dan tekanan tinggi dengan waktu reaksi yang singkat (beberapa menit).

Temperatur yang dibutuhkan untuk reaksi hidrolisis secara kimia adalah mencapai $200^\circ C$. Asam encer yang digunakan adalah 0,2 - 4 % (w/v) (Nguyen and Tucker, 2002 dalam). Penggunaan asam encer untuk menghidrolisis selulosa biasa mampu mencapai konversi reaksi sampai 50 % (Badger, 2002). Konversi yang rendah ini disebabkan oleh degradasi gula hasil hidrolisis yang terbentuk karena temperatur reaksi yang digunakan tinggi. Degradasi gula tersebut tidak hanya menurunkan konversi reaksi, namun juga dapat meracuni mikroorganisme pada saat reaksi fermentasi pembentukan etanol.

Sumber asam yang biasa digunakan adalah asam sulfat. Temperatur reaksi adalah $100^\circ C$ dan membutuhkan waktu reaksi antara 2 dan 6 jam. Temperatur yang lebih rendah meminimalisasi degradasi gula.

Keuntungan dari penggunaan asam pekat ini adalah konversi gula yang dihasilkan tinggi, yaitu bisa mencapai konversi 90% (Badger, 2002). Kekurangan reaksi ini adalah waktu reaksi yang dibutuhkan lebih lama dan membutuhkan proses pencucian yang baik untuk mencapai pH reaksi sebelum ditambahkan mikroba pada proses fermentasi pembentukan etanol.

Metode lain yang digunakan untuk menghidrolisis selulosa adalah secara enzimatik. Enzim merupakan protein alam yang dapat mengkatalisis reaksi tertentu. Untuk dapat bekerja, enzim harus kontak langsung dengan substrat yang akan dihidrolisa. Karena selulosa secara alami terikat oleh lignin yang bersifat permeabel terhadap air sebagai pembawa enzim, maka untuk proses hidrolisis secara enzimatik dibutuhkan *pretreatment* sehingga enzim dapat berkontak langsung dengan selulosa. Hidrolisis secara enzimatik memanfaatkan enzim penghidrolisis selulosa, yaitu selulase atau bisa juga langsung menggunakan mikroba penghasil selulase, misalnya *Trichoderma reesei*. Keuntungan hidrolisis secara enzimatik adalah efisiensi reaksi tinggi karena enzim bersifat selektif sehingga pembentukan produk samping bisa diminimalisasi, kondisi reaksi temperatur dan tekanan tidak tinggi, bahkan bisa dilakukan pada temperatur ruang dan tekanan atmosfer sehingga tidak membutuhkan peralatan khusus untuk reaksi. Sedangkan kekurangan proses hidrolisis secara enzimatik adalah waktu reaksi yang dibutuhkan lebih lama, bisa mencapai 72 jam.

Proses Fermentasi

Fermentasi adalah proses biokimia di mana terjadi reaksi-reaksi kimia dengan pertolongan jasad renik, yang bersentuhan dengan zat makanan. Akibat terjadinya fermentasi sebagian atau seluruhnya akan berubah menjadi alkohol setelah didiamkan beberapa waktu lamanya.

Dalam proses fermentasi alkohol, pada beberapa mikroba peristiwa pembebasan energi dapat terlaksana karena asam piruvat diubah menjadi asam asetat dan CO_2 dan selanjutnya asam asetat diubah menjadi alkohol. Dalam fermentasi alkohol satu molekul glukosa hanya dapat menghasilkan 2 molekul ATP dibandingkan dengan respirasi aerob, di mana satu molekul glukosa dapat menghasilkan 38 molekul ATP.

Pada proses respirasi anaerob tahapan glikolisis sama dengan yang terjadi pada proses respirasi aerob. Setelah terbentuk asam piruvat (hasil akhir glikolisis), asam

piruvat mengalami dekarboksilasi dan dikatalisis oleh enzim alkohol dehidrogenase menjadi etanol (alkohol) dan terjadi degradasi molekul NADH menjadi NAD^+ serta membebaskan energi/kalor. Proses ini dapat dikatakan pemborosan karena sebagian besar energi yang terkandung dalam molekul glukosa masih tersimpan didalam alkohol. Hal inilah yang menyebabkan etanol dapat digunakan sebagai bahan bakar.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah : Bahan baku batang/pelepah pisang; H_2SO_4 1N; H_2SO_4 72%; Kertas saring; Aquadest; Larutan Luff; KI 30 %; H_2SO_4 25%; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N; larutan kanji 0,5%; H_2SO_4 1 M & 2 M; Es batu; Larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; Larutan $\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Indicator fenantrolin.

Alat Penelitian

Shiever (ayakan); Timbangan analitik; Oven; Burner; Waterbath; Pendingin tegak; Cawan porselen; Beaker glass 100 mL, 500 mL, & 1 L.; Erlenmeyer 300 mL.; Gelas ukur 50 mL & 100 mL; Buret 50 mL; Statif buret; Termometer; Piknometer; Hot Plate-Stirer; Pipet gondok 10 mL; Pipet serologo 5 mL; Pipet tetes; Tabung destilasi; Botol reaksi

Prosedur Proses

Dalam penelitian ini, proses pembuatan bioetanol mengalami beberapa tahapan yang dirincikan sebagai berikut :

a. Pretreatment & Delignifikasi

Pada tahapan ini, batang pisang yang diambil langsung dari tanamannya dipotong-potong dadu dan dikeringkan pada panas matahari langsung selama 2-3 hari untuk menghilangkan kadar airnya. Kemudian dihitung berapa persentase kadar air yang terdapat pada batang/pelepah pisang tersebut.

Setelah dilakukan pengeringan langsung, dilakukan pretreatment metode fisik dengan diblender dan dibuat variasi mesh

10, 28, 45, 60, dan 100 (variable bebas) dengan menggunakan ayakan (*shiever*). Dari variable mesh tersebut dilakukan analisis kadar lignin dan selulosa untuk melihat seberapa besar pengaruh ukuran mesh terhadap proses delignifikasi.

b. Hidrolisis

Hidrolisis dilakukan pada *waterbath* dengan suhu 80°C selama 4 jam dengan katalis asam sulfat. Pada tahap ini, variabel mesh menjadi tolak ukur utama untuk melihat seberapa besar pengaruh ukuran terhadap reaksi hidrolisis yang dilakukan pada 3 konsentrasi asam sulfat (variable terikat) yaitu, pada konsentrasi 1 M, 2 M dan 4 M.

Perbandingan bobot pelepah pisang kering dengan volume larutan adalah 1 : 20 (Saha dan Cotta, 2006). Untuk membantu proses degradasi selulosa maka hidrolisis disertai dengan pengadukan. Setelah 4 jam maka dilakukan analisis terhadap kadar glukosa yang terbentuk sebagai konversi dari selulosa.

c. Fermentasi

Hasil hidrolisat yang didapat setelah di analisis kadar glukosanya dilakukan pengkondisian dengan penambahan basa pada parameter pH sekitar 4,5 – 5,5 disertain juga dengan penambahan nutrient. Hal ini ditujukan agar fermentor dapat bekerja secara maksimal memfermentasikan glukosa menjadi etanol.

Fermentor yang digunakan adalah ragi tape, (*Saccharomyces cerevisia*) pada suhu ruang selama 48 jam. Hasil fermentasi yang didapat lalu diukur kadar etanolnya.

Metode Analisa

Analisa Kadar Lignin dan Selulosa

a. Residu/sampel kering (**a gram**) ditambahkan 150mL H_2SO_4 1N, kemudian direfluk dengan waterbath selama 1 jam pada suhu 100°C .

b. Hasilnya disaring kemudian dicuci hingga netral ($\pm 300\text{mL}$) lalu residunya

- dikeringkan hingga beratnya konstan. Timbang berat (**b gram**).
- c. Residu kering ditambahkan 100mL H₂SO₄ 72% dan direndam pada suhu kamar selama 4 jam.
 - d. Lalu tambahkan 150mL H₂SO₄ 1N dan direfluk pada suhu 100°C dengan waterbath selama 1 jam dengan pendingin tegak.
 - e. Residu disaring dan dicuci dengan H₂O sampai netral (± 400mL).
 - f. Residu kemudian dipanaskan dengan oven hingga beratnya konstan lalu ditimbang (**c gram**).
 - g. Selanjutnya residu diabukan lalu ditimbang (**d gram**).

Perhitungan Analisis :

- a. Analisis Kadar Selulosa

$$Kadar\ Selulosa = \frac{b - c}{a} \times 100\%$$

(1)

- b. Analisis Kadar Lignin

$$Kadar\ Lignin = \frac{c - d}{a} \times 100\% \quad (2)$$

Analisa Kadar Glukosa

- a. Filtrat sebanyak 10mL dipipet kedalam labu erlenmeyer 300mL bertutup asah. Ditambahkan 15mL aquadest dan 25ml larutan Luff.
- b. Dipanaskan selama 2 menit sampai mendidih dan dididihkan terus selama 10 menit dengan nyala kecil. Diangkat dan didinginkan cepat.
- c. Setelah dingin ditambahkan 10-15mL KI 30% dan 25mL H₂SO₄ 25% dengan perlahan.
- d. Dititrasi dengan larutan Na₂S₂O₃ 0,1N dengan larutan kanji 0,5% sebagai indikator setelah larutan menjadi warna putih kekuningan.

Pembuatan Larutan Luff Schoolr

- a. Menimbang 2,5 gram CuSO₄ lalu larutkan dengan aquadest sebanyak 10mL, masukkan kedalam beaker glass

- lalu aduk dengan spatula hingga homogen.
- b. Menimbang gram asam sitrat lalu larutkan dengan aquadest 5mL, masukkan kedalam beaker glass lalu aduk dengan spatula hingga homogen.
- c. Didihkan air sebanyak 30mL menggunakan kompor penangas, setelah mendidih tambahkan 38,8 gram Na₂CO₃ sedikit demi sedikit sambil diaduk hingga homogen.
- d. Masukkan ketiga larutan tersebut kedalam labu ukur 100mL lalu tambahkan aquadest hingga tanda batas.

Perhitungan Analisis:

Selisih titrasi

$$Kadar\ Gula = \frac{W_i}{W} \times F_p \times 100\%$$

(3)

Keterangan:

- W_i = Glukosa yang dihasilkan dari daftar Luff Schoolr (mg)
 W = Bobot contoh (mg)
 F_p = Faktor pengenceran

Analisis Kadar Bioetanol

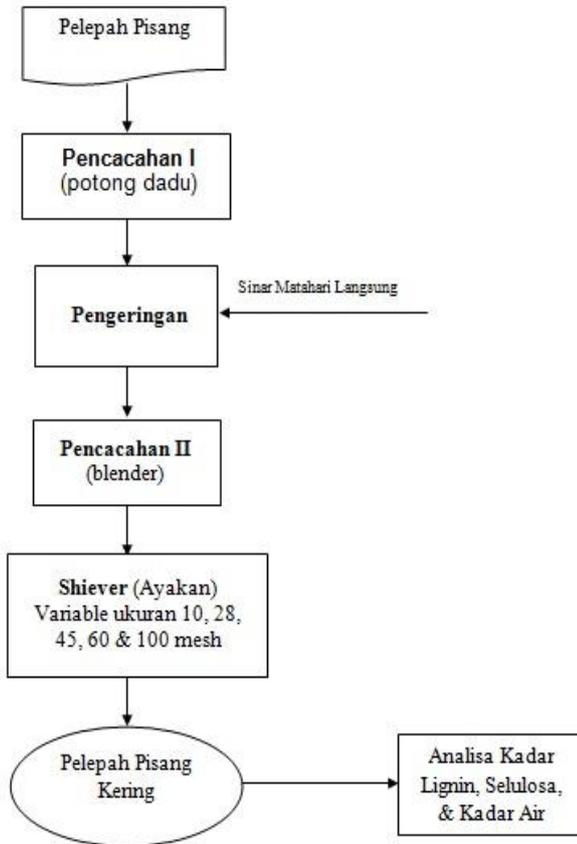
- a. Ditimbang sebanyak 1 gram sampel yang telah dihomogenkan ke dalam labu erlenmeyer 250 mL dan ditambah ± 100 ml air.
- b. Campuran tersebut selanjutnya didestilasi pada suhu ± 85 °C.
- c. Destilat ditampung dalam labu erlenmeyer 100 mL yang berisi larutan K₂Cr₂O₇.
- d. Destilasi dihentikan apabila volume penampung sudah mencapai ± 40 mL.
- e. Destilat selanjutnya diencerkan sampai volume 250 mL dan dikocok merata.
- f. Dipipet sebanyak 25 mL dan dititrasi dengan larutan FeSO₄(NH₄)₂SO₄ sampai berwarna hijau jernih
- g. Ditambahkan 3 tetes indikator fenantrolin, dan dititrasi kembali sampai titik akhir berwarna coklat.

Perhitungan Kadar Bioetanol :

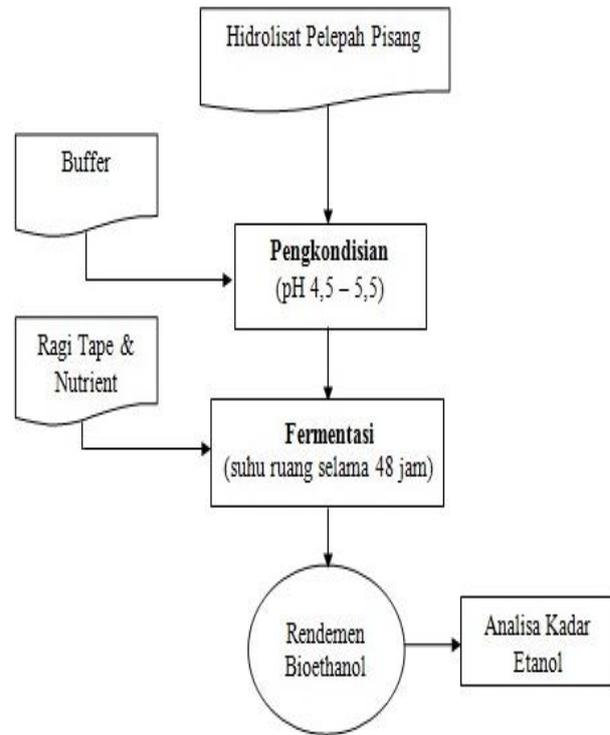
$$Kadar\ Bioetanol = 25 - \left(25 \times \frac{mL\ titrasi\ contoh}{mL\ titrasi\ blanko} \right)$$

(4)

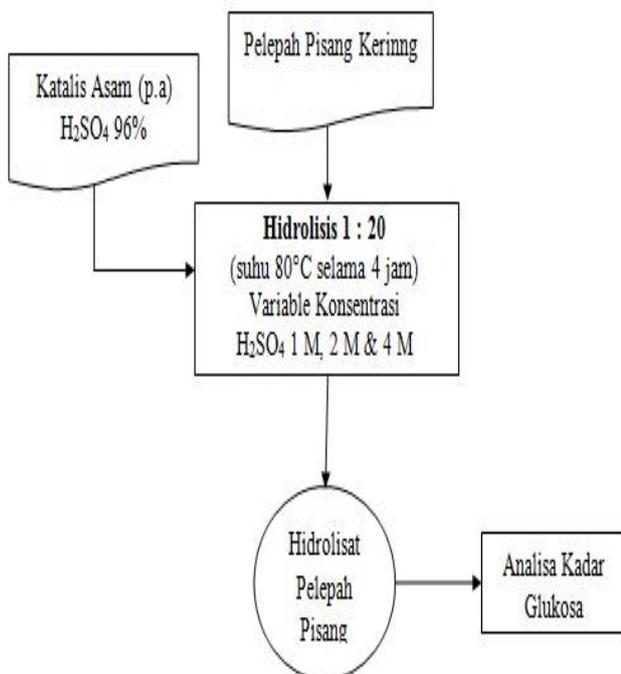
Diagram Alir



Gambar 1. Pretreatment & Delignifikasi



Gambar 3. Fermentasi



Gambar 2. Hidrolisis Asam

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dalam penelitian ini meliputi penelitian pendahuluan yaitu analisa selulosa yang dihasilkan dari pelepah pisang dan penelitian inti yaitu pengamatan pengaruh proses hidrolisis terhadap ukuran partikel (mesh) pelepah pisang dengan berbagai konsentrasi katalis dalam pembentukan bioetanol.

Hasil Penelitian Pendahuluan

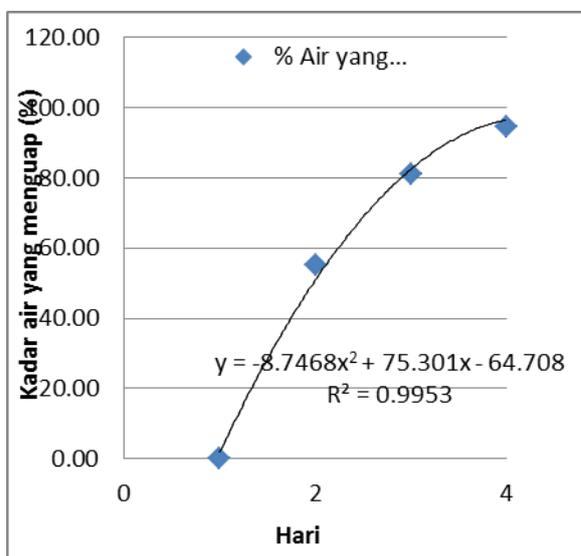
Kandungan Air dalam Pelepah pisang

Tabel 1 di bawah ini menjelaskan proses pengurangan kadar air dengan metode pengeringan langsung dengan sinar matahari selama 4 hari pada suhu udara berkisar antara 36 – 40 °C dan kelembaban 53 %.

Tabel 1. Pengamatan pengeringan pelepah pisang

Waktu	bobot sampel (g)	Kadar air yang menguap (%)
-------	------------------	----------------------------

Awal	1141,28	-
Hari Ke-1	512,13	55,13
Hari Ke-2	218	80,9
Hari Ke-3	63,55	94,43
Hari Ke-4	63,34	94,45



Gambar 4. Air yang menguap (%) dalam proses pengeringan

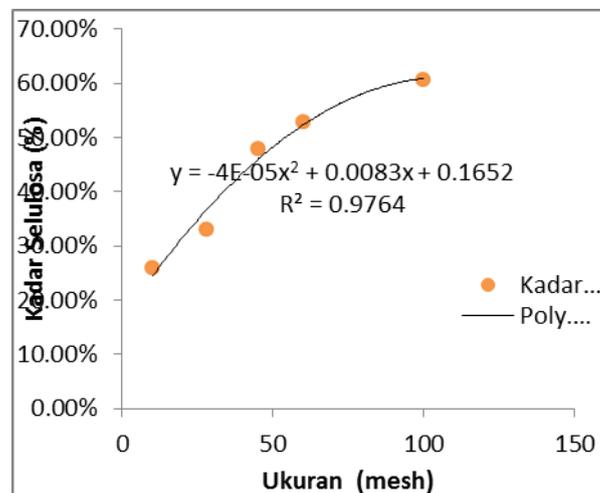
Kadar Lignin dan Selulosa pada Variasi Ukuran

Untuk mengetahui kadar lignin dan selulosa pelepah pisang kering setelah dilakukan pengayakan (*shiever*) dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

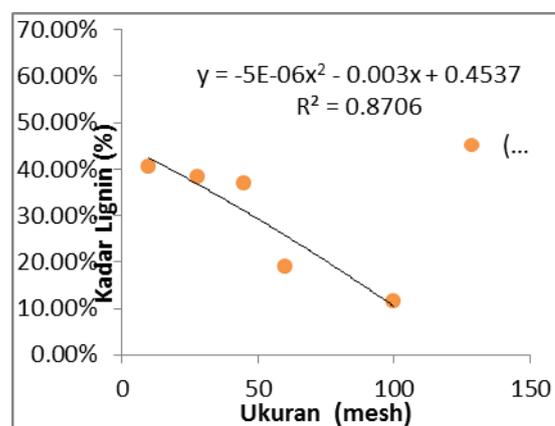
Tabel 2. Kadar Lignin dan Selulosa Dalam Variasi Mesh

Ukuran (mesh)	Dalam satuan (gram)					
	Residu / sampel	Setelah pencucian pertama	Setelah pencucian kedua	Setelah diabukan	(%) Selulosa	(%) Lignin
10	1.21	1.12	0,81	0,322	25,89	40,40
28	1.15	1.13	0,75	0,312	33,04	38,42
45	1.17	1.11	0,55	0,123	47,87	36,86
60	1.15	1.12	0,51	0,296	52,78	18,92
100	1.06	1.01	0,36	0,245	60,58	11,57

Gambar 5 menunjukkan grafik hubungan antara ukuran partikel pelepah pisang kering dengan kadar selulosa dan lignin yang dihasilkan.



Gambar 5. Kadar Selulosa (%) pada variasi ukuran partikel (mesh)



Gambar 6. Kadar Lignin (%) pada variasi ukuran partikel (mesh)

Proses Hidrolisis

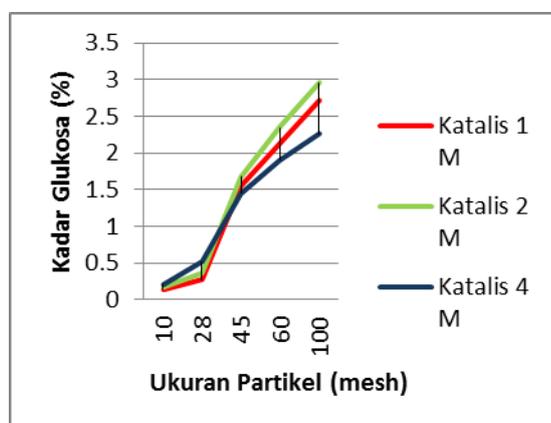
Hidrolisis dilakukan dengan perbandingan 1 : 20 (5 %) pada suhu 80 °C selama 4 Jam. Pada tahap ini dilakukan variasi ukuran mesh pelepah pisang kering yaitu dengan ukuran mesh 10, 28, 45, 60 dan 100. dengan katalis H_2SO_4 konsentrasi 1 M, 2 M dan 4 M.

Hasil pengamatan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik sebagai berikut :

Tabel 3. Kadar glukosa dalam variasi mesh dan konsentrasi H₂SO₄

No	Ukuran (mesh)	Kadar Glukosa (%)		
		H ₂ SO ₄ 1 M	H ₂ SO ₄ 2 M	H ₂ SO ₄ 4 M
1	10	0,14	0,17	0,21
2	28	0,27	0,36	0,52
3	45	1,55	1,68	1,45
4	60	2,13	2,35	1,9
5	100	2,71	2,96	2,26

Gambar 7 menjelaskan hubungan antara hasil gula pereduksi dengan ukuran mesh yang semakin besar.



Gambar 7. Kadar glukosa variasi ukuran partikel (mesh) dengan katalis H₂SO₄

Persamaan untuk penggunaan katalis H₂SO₄ 1 M : $Y = -0.0002x^2 + 0.0552x - 0.6195$

$$R^2 = 0.9316$$

Persamaan untuk penggunaan katalis H₂SO₄ 2 M : $Y = -0.0002x^2 + 0.0601x - 0.6439$

$$R^2 = 0.9383$$

Persamaan untuk penggunaan katalis H₂SO₄ 4 M : $Y = -0.0002x^2 + 0.0503x -$

Tabel 4. Kadar bioethanol dalam variabel ukuran dan konsentrasi

Konsent rasi As. Sulfat	Ukuran (mesh)	% Ferment asi (w/v)	Kadar Bioeta nol (%)	Konversi Kadar Bioetanol (%)
1 M	10	5,20	0,00	0,00
	28	5,39	0,00	0,00
	45	5,02	0,52	10,45
	60	5,03	1,91	37,96
	100	5,04	2,48	49,21
2 M	10	5,01	0,00	0,00
	28	5,06	0,05	0,95
	45	5,06	0,68	13,34
	60	5,04	2,08	41,17
	100	5,02	2,65	52,91
4 M	10	5,20	0,00	0,00
	28	5,12	0,15	2,89
	45	5,02	0,69	13,76
	60	5,05	1,58	31,25
	100	5,02	1,92	38,30

0.4092

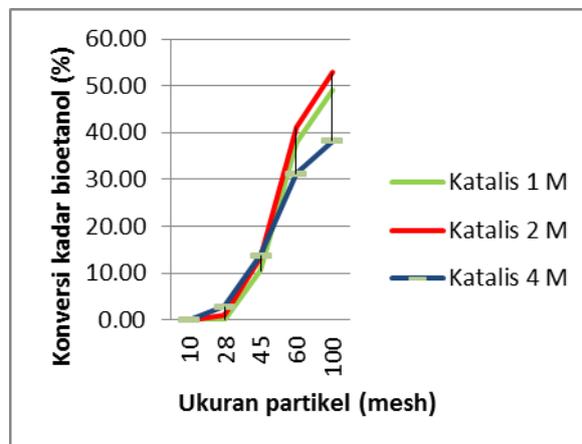
$$R^2 = 0.9581$$

Proses Fermentasi

Setelah proses hidrolisis, glukosa yang dihasilkan difermentasikan dengan ragi tape (*Saccharomyces cerevisia*) dengan variabel ukuran (mesh) dan konsentrasi katalis H₂SO₄ menghasilkan bioetanol seperti pada Tabel 4

Nilai kadar bioetanol pada Tabel 4 menyatakan jumlah etanol yang dihasilkan pada pengenceran hidrolisat yaitu 5% pelepah pisang kering dan pengencernya, sedangkan nilai konversi menyatakan jumlah kadar etanol pelepah pisang kering tersebut.

Gambar 8 menunjukkan konversi kadar bioetanol dari pengaruh pembentukan bioetanol terhadap variasi ukuran pelepah pisang dengan proses hidrolisis dari berbagai konsentrasi katalis asam sulfat.



Gambar 8. Kadar bioetanol dengan variasi ukuran pelepah pisang pada konsentrasi katalis H₂SO₄ 1 M

Persamaan untuk penggunaan katalis H_2SO_4 1 M :

$$Y = 0.000x^2 + 0.268x - 0.5.088$$
$$R^2 = 0.910$$

Persamaan untuk penggunaan katalis H_2SO_4 2 M :

$$Y = 0.000x^2 + 0.268x - 0.5.088$$
$$R^2 = 0.910$$

Persamaan untuk penggunaan katalis H_2SO_4 4 M :

$$Y = 0.000x^2 + 0.268x - 0.5.088$$
$$R^2 = 0.910$$

Pembahasan

Kadar air yang menguap dari pelepeh pisang basah

Sebelum dilakukan proses hidrolisis, pelepeh pisang harus dihilangkan kadar airnya untuk mengoptimalkan serat terkonversi menjadi glukosa. Penghilangan kadar air dilakukan dengan metode *konvensional*, yaitu dengan metode pengeringan memanfaatkan sinar matahari.

Sebelum dilakukan pengeringan, pelepeh pisang basah dicacah menjadi ukuran dadu untuk mengoptimalkan proses penghilangan kadar air.

Dari Gambar 4 di atas dapat dilihat bahwa pada hari ke-3 jumlah kadar air sudah mencapai kadar optimumnya, karena pada hari ke-4 sampel sudah tidak mengalami penurunan bobot yang signifikan. Ini berarti metode pengeringan dengan sinar matahari langsung bisa dilakukan hanya dalam jangka waktu 3 hari saja pada kondisi suhu 36 - 40°C dan kelembaban 53%.

Kadar lignin dan selulosa pada variasi ukuran

Untuk mendapatkan konversi gula yang maksimal, pelepeh pisang kering harus melalui proses delignifikasi, yaitu penghilangan kadar lignin yang dapat mengganggu katalis dalam mengkonversi selulosa.

Dalam penelitian dilakukan variasi ukuran partikel untuk mengetahui efektifitas ukuran pelepeh pisang kering terhadap

proses pembentukan bioetanol. Oleh karena itu dilakukan pengamatan terhadap kadar lignin dan selulosa sebelum proses hidrolisis dengan memvariasikan ukuran pelepeh pisang menggunakan *shiever*.

Lignin yang bertugas membentuk struktur pelepeh pisang dan merupakan lapisan terluar akan menyelubungi selulosa yang terkandung didalamnya. Gambar 5 memperlihatkan bahwa semakin kecil ukuran partikel maka semakin banyak selulosa yang dihasilkan, dan berbanding terbalik dengan kadar lignin yang mengalami penurunan seiring dengan semakin kecilnya ukuran partikel. Hal ini dikarenakan struktur lignin yang mengikat selulosa, dalam keadaan asam akan terkondensasi dan mengendap. Lignin memiliki gugus fungsi oksigen posisi benzilat yang sensitif terhadap media asam dan memiliki kecenderungan melakukan kondensasi (Sari, 2013).

Berkurangnya kadar lignin pada pelepeh pisang akan memaksimalkan kontak katalis dalam merubah selulosa menjadi glukosa. Ini berarti dengan ukuran 60 dan 100 mesh sudah bisa mengoptimalkan selulosa yang didapat dari pelepeh pisang kering untuk direaksikan lebih lanjut menjadi bioetanol.

Kadar glukosa dari proses hidrolisis

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa besar kecilnya ukuran pelepeh pisang memengaruhi proses hidrolisis. Variasi terhadap ukuran pelepeh pisang dalam satuan mesh mengakibatkan perubahan kadar glukosa (gula pereduksi) yang dihasilkan. Pada mesh 10 dihasilkan kadar gula pereduksi yang paling rendah. Untuk mesh 28 hasilnya tidak jauh berbeda dengan mesh 10. Peningkatan kadar gula pereduksi yang signifikan mulai terlihat pada mesh 45, dan mencapai hasil maksimalnya pada mesh 60 dan 100. Sebagai perbandingan hasil penelitian Fatmawati, 2008 menyatakan bahwa ukuran batang yang semakin kecil, maka semakin banyak gula pereduksi yang didapat. Semakin kecil ukuran, maka semakin besar luas permukaan kontak dengan larutan H_2SO_4 dan hidrolisis heterogen juga semakin besar, sehingga

gula pereduksi yang dihasilkan semakin banyak.

Dapat disimpulkan bahwa kadar gula pereduksi yang dihasilkan berbanding lurus dengan besarnya ukuran mesh, hal ini dibuktikan dengan Gambar 7 yang menunjukkan *trend* yang terus meningkat.

Penulis juga memvariasikan konsentrasi katalis H_2SO_4 dengan 3 variabel konsentrasi yaitu 1 M, 2 M, dan 4 M untuk mengoptimalkan hasil gula pereduksi. Untuk ketiga variabel tersebut memang menunjukkan peningkatan kadar gula pereduksi untuk ukuran partikel yang lebih

Konsentrasi Asam Sulfat	Ukuran (mesh)	Kadar selulosa (w/w)	Selulosa yang berubah menjadi Glukosa (%)	Selulosa yang berubah menjadi etanol (%)
1 M	10	25,89	2,69	0,00
	28	33,04	5,01	0,00
	45	47,87	39,82	5,00
	60	52,78	42,36	20,03
	100	60,58	53,76	29,82
2 M	10	25,89	3,39	0,00
	28	33,04	7,12	0,32
	45	47,87	33,18	6,39
	60	52,78	46,62	21,73
	100	60,58	57,60	32,05
4 M	10	25,89	4,04	0,00
	28	33,04	10,16	0,96
	45	47,87	28,91	6,59
	60	52,78	37,63	16,49
	100	60,58	45,01	23,20

kecil, namun efektifitas katalis tersebut tidak selalu berbanding lurus pada besarnya ukuran mesh.

Konversi bioetanol dari proses fermentasi

Pada Tabel 5 konsentrasi katalis 1 M, etanol yang dihasilkan dari hasil fermentasi mencapai hasil maksimal pada ukuran partikel 100 mesh. Pada ukuran 10 dan 28 mesh, tidak dihasilkan etanol, hal ini disebabkan karena masih banyaknya kandungan lignin dalam kulit pisang, sehingga glukosa yang dihasilkan pada proses hidrolisis relatif sedikit. Menurut Oktavianus, 2013, di dalam struktur lignin terdapat ikatan aril alkil dan ikatan eter, sehingga mengakibatkan menjadi tahan

terhadap terhadap proses hidrolisis menggunakan asam-asam universal.

Konversi optimum dicapai pada konsentrasi katalis 2 M yaitu mencapai 5,60% pelepah pisang kering berukuran 100 mesh menjadi etanol. Pada penggunaan katalis tersebut didapat hasil etanol yang tinggi karena glukosa yang dihasilkan dari proses hidrolisis juga mendapat kadar optimum.

Untuk pemakaian katalis H_2SO_4 4 M kadar etanol yang dihasilkan relatif rendah, hal ini dikarenakan kadar asam yang tinggi yang menyebabkan ragi kurang optimum dalam memfermentasi hidrolisat dan banyak glukosa yang terkaramelisasi sehingga sulit untuk memecah strukturnya menjadi etanol.

Tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel terhadap pembentukan etanol dengan berbagai konsentrasi katalis. Nilai konversi yang didapat dapat dilihat pada Tabel 5 :

Tabel 5. Konversi pembentukan glukosa dan etanol terhadap kadar selulosa

Kadar selulosa menyatakan jumlah selulosa yang terkandung dalam pelepah pisang kering yang telah dicacah menjadi berbagai ukuran partikel.

Tabel 5 menjelaskan bahwa pada konsentrasi katalis asam sulfat tertentu dengan berbagai ukuran partikel, didapat konversi kadar glukosa dan etanol terhadap kadar selulosa. Misalnya untuk pemakaian katalis H_2SO_4 dengan ukuran partikel 100 mesh, sebanyak 53,76 % selulosa terkonversi menjadi etanol dari kadar 60,58 % selulosa.

Analisa yield pembentukan etanol dari pelepah pisang

Dengan mengambil sampel 1000 gram pelepah pisang basah yang kemudian

dikeringkan sehingga bobot menjadi 55,7 gram (kadar air 94,43 %), dapat dilihat yield terbentuknya etanol berdasarkan tabel di bawah ini :

Tabel 6. Yield glukosa dan etanol terhadap pelepah pisang kering

Ukuran Partikel (mesh)	Yield selulosa terhadap pelepah pisang kering (gr)	Yield glukosa terhadap pelepah pisang kering (gr)			Yield etanol terhadap pelepah pisang kering (gr)		
		1M	2M	4M	1M	2M	4M
10	14.42	1.50	1.89	2.25	0.00	0.00	0.00
28	18.40	2.79	3.96	5.66	0.00	0.18	0.53
45	26.66	22.18	18.48	16.10	2.79	3.56	3.67
60	29.40	23.60	25.97	20.96	11.16	12.10	9.19
100	33.74	29.94	32.08	25.07	16.61	17.85	12.92

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa ukuran partikel 100 mesh mempunyai potensi besar untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan etanol, hal ini dibuktikan dengan hasil etanol yang besar dibandingkan dengan ukuran partikel lainnya.

Penggunaan katalis H₂SO₄ juga mempengaruhi dari etanol yang dihasilkan. Untuk hasil etanol optimum didapat dengan penggunaan konsentrasi katalis 2M. Untuk 1000 gram batang pisang basah tersebut didapat 17,85 gram etanol. Dapat disimpulkan bahwa yield optimum etanol yang dihasilkan adalah 1,79% dari pelepah pisang basah.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pelepah pisang sebagai biomassa berlimpah memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan bioetanol, karena kandungan selulosa yang cukup banyak dan proses pretreatment yang tidak terlalu rumit.
2. Semakin kecil ukuran partikel pelepah pisang maka jumlah selulosa yang bisa terkonversi semakin banyak, karena kandungan lignin yang menjadi penghalang selulosa untuk terhidrolisis oleh katalis semakin sedikit.

3. Pemakaian katalis H₂SO₄ 2 M lebih efektif dalam menghasilkan konversi glukosa dari selulosa yaitu sebesar 57,60 %, jika dibandingkan dengan pemakaian katalis H₂SO₄ 4M yang lebih pekat.
4. Fermetasi dengan hidrolisat yang memakai katalis H₂SO₄ 4 M menghasilkan sedikit etanol, karena glukosa yang terbentuk banyak yang terkaramelisasi sehingga sulit untuk ragi menfermentasi hidrolisat.
5. Ukuran partikel 100 mesh dan pemakaian katalis H₂SO₄ 2 M dapat menghasilkan yield optimum etanol yaitu 1,79 % dari pelepah pisang basah.

Saran

Adapun saran penulis ialah sebagai berikut :

1. Untuk mendapat ukuran partikel 100 mesh mungkin dibutuhkan alat khusus, bila alat kurang memadai penggunaan ukuran partikel 60 mesh sudah cukup menghasilkan yield yang lumayan banyak.
2. Pelepah pisang memiliki kandungan air yang tinggi, kandungan air tersebut berupa getah pisang yang mengandung saponin, antrakuinon, dan kuinon yang berfungsi sebagai antibiotik dan penghilang rasa sakit. Hal ini dapat dimanfaatkan sebagai produk samping dari pembuatan etanol.
3. Perlu dilakukan pengembangan lagi terhadap metode pembuatan etanol dari pelepah pisang.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi. 1990. *Kimia Kayu*. Bahan Pengajaran Universitas Ilmu Hayati. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Artati, E.K., Irfina, F., Fatimah. 2012. *Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Asam terhadap Kinetika Reaksi*

- Hidrolisis Pelelah Pisang (Musa Paradisiaca L.)*. *Ekulibrium*, 11:2.
- Badger, P.C. 2002. *Ethanol from cellulose : A general review p. 17-21*. In J. Janick and A. Whipkey (eds.), *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press Alexandria, VA.
- Fatmawati, A. Soeseno, N., Chiptadi, N. Natalia, S. 2012. *HIDROLISIS BATANG PADI DENGAN MENGGUNAKAN ASAM SULFAT ENGER*. *Jurnal Teknik Kimia*, (3): 1.191.
- Komaryati, S., Gusmailina, 2010. *PROSPEK BIOETANOL SEBAGAI PENGGANTI MINYAK TANAH*. Artikel Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor
- Nguyen, Q.A. and M.P. Tucker, 2002. *Dilute acid/metal salt hydrolysis of lignocellulosics*. United States Patent 6423145.
- Oktavianus, F., Sigiro, R.M., Bustan, M.D. 2013. *PEMBUATAN BIOETANOL DARI BATANG JARAK MENGGUNAKAN METODE HIDROLISA DENGAN KATALIS ASAM SULFAT*. *Jurnal Teknik Kimia* (2) : 19. 28.
- Sari, I.N., Izzati, M., Haryanti, S., 2013. *Penurunan Biomassa, Perubahan Struktur Anatomi dan Kondisi Fisik Serabut Kelapa (Cocos nucifera L.) Setelah Perendaman Asam Klorida pada Konsentrasi yang Berbeda*. *Buletin Anatomi dan Fisiologi* (XXI): 1. 50..
- Wiratmaja, I.G., Kusuma, B.W., I.G., dan Winaya, N.Y.I., 2011., *Pembuatan Etanol Generasi Kedua Dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut Eucheuma Cottonii Sebagai Bahan Baku*. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M*. 5:1.
- Wyman, Carles E. 2002. *Handbook on Bioethanol : Production and Utilization*. Biofuels Information Center.
- Yasuda, S., Fukushima, K., Kakehi,A., 2001. *Formation and chemical structures of acid-soluble lignin I: sulfuric acid treatment time and acid-soluble lignin content of hardwood*. *Journal of Wood Science*, 47: 1, 69-72