

Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Kadar Etanol dari Limbah Serabut Kelapa Sawit Hasil *Pretreatment* Alkali dan Hidrolisis Asam

The Effect of Fermentation Periode to Ethanol Produced from Palm-Press Fibers Waste by Alkaline Pretreatment and Acid Hydrolysis

¹⁾Nurul Hasanah, ²⁾Sumiati Side, ³⁾Sudding

¹²³⁾Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Makassar

Email : nurulhasanahhasbih@gmail.com

ABSTRAK

Serabut kelapa sawit merupakan sumber lignoselulosa yang belum dimanfaatkan secara optimal dan dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan etanol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama fermentasi terhadap kadar etanol yang dapat dihasilkan dari fermentasi serabut kelapa sawit. Penelitian ini diawali dengan pembersihan dan pengecilan ukuran serabut kelapa sawit. Kemudian *pretreatment* menggunakan NaOH 4%, hidrolisis dengan H₂SO₄ 2% dan penentuan kadar gula reduksi menggunakan metode Luff Schoorl. Hasil hidrolisis kemudian difermentasi menggunakan ragi tape dengan variasi waktu fermentasi 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 hari. Pengukuran kadar etanol dilakukan dengan menghitung densitas etanol dari hasil fermentasi yang telah didestilasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serabut kelapa sawit dengan kadar gula reduksi sebesar 1,95% memiliki kadar etanol tertinggi pada fermentasi 5 hari dengan kadar etanol sebesar 5,96% dan densitas 0,98513 g/mL.

Kata kunci: *Serabut kelapa sawit, Lignoselulosa, Ragi Tape, Fermentasi, Etanol*

ABSTRACT

Palm-press fibers is a source of lignocellulose that has not been utilize optimally and can be used as raw material for produce ethanol. This research aims to determine the effect of fermentation periode to ethanol concentration that can be produced from palm-press fibers fermentation. This research begins with the preparation that includes cleaning and size reduction of palm-press fibers. Then pretreatment using NaOH 4%, hydrolysis using H₂SO₄ 2%, and determination of reducing sugar id done by Luff Schoorl method. Then fermented using tape yeast with fermentation time variation of 1, 2, 3, 4, 5, 6, and 7 days. Ethanol content measurement is performed by calculating the density of ethanol from the fermentation that has been distilled. The results showed that palm-press fibers with 1,95% reducing sugar has the highest ethanol content obtained in the fermentation of 5 days with the resulting ethanol content was 5.96% and the density of 0.98513 g/mL.

Keywords: *Palm-press Fibers, Lignocellulose, Tape Yeast, Fermentation, Ethanol*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara agraris yang sebagian besar wilayahnya digunakan sebagai lahan pertanian dan perkebunan. Beragam kekayaan alam terbarukan yang dimiliki Indonesia sangat berpotensi menghasilkan bioenergi. Salah satu sumber energi alternative terbarukan yang belum termanfaatkan secara optimal adalah energi dari biomassa. Melimpahnya ketersediaan biomassa seperti yang dihasilkan dari produksi pertanian dan perkebunan dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan etanol.

Etanol dengan rumus molekul C_2H_5OH dapat dibuat melalui dua cara yakni secara petrokimia dibuat melalui hidrasi etena dan secara hayati melalui fermentasi dengan ragi (Gozan, 2014). Etanol sendiri digunakan secara luas oleh berbagai industri diantaranya industri kimia, industri farmasi, industri makanan dan minuman, serta digunakan dibidang kedokteran atau kesehatan. Selain itu, juga digunakan sebagai campuran bahan bakar atau yang dikenal dengan sebutan gasohol (Azizah, 2012).

Pembuatan etanol kebanyakan dari bahan pangan yang beberapa diantaranya seperti singkong, jagung, dan tebu. Hal ini akan berdampak buruk bagi penyediaan bahan pangan karena akan terjadi persaingan antara penyediaan pangan dan energi. Saat ini telah dikembangkan pembuatan etanol dari bahan baku biomassa lignoselulosa yang jumlahnya melimpah dan tidak mengancam keseimbangan bahan pangan. Ketika hasil pertanian dan perkebunan

dipanen, biomassa lignoselulosa akan tertinggal sebagai limbah yang biasanya kurang termanfaatkan.

Perkebunan Kelapa sawit banyak menghasilkan biomassa lignoselulosa sebagai hasil samping pengolahannya. Sehingga dapat dijadikan salah satu sumber untuk memperoleh biomassa lignoselulosa. Seiring dengan semakin pesatnya perkembangan perkebunan kelapa sawit, akan mengakibatkan jumlah limbah yang dihasilkan juga semakin besar. Serabut kelapa sawit merupakan salah satu bentuk limbah padat dari hasil pengolahan kelapa sawit yang mengandung 39,9% selulosa, 28,9% hemiselulosa, 20,3% lignin, dan 3,6% abu (Tong, 1989). Untuk satu ton kelapa sawit akan mampu menghasilkan limbah serabut (*Fiber*) 13% atau 130 kg (Sunarwan, 2013). Adapun jumlah produksi serabut sawit di Indonesia pada tahun 2013 mencapai 3.664.746 ton (Nur, 2014).

Sejauh ini perkembangan pemanfaatan serabut kelapa sawit yang telah ada diantaranya yaitu sebagai bahan bakar *boiler* yang dapat menghasilkan emisi gas, pakan ternak, pupuk kompos, media tumbuh mikroorganisme, dan bahan pembuatan pulp. Untuk mengoptimalkan pemanfaatannya, serabut kelapa sawit dapat dikembangkan menjadi bahan baku pembuatan etanol. Hal tersebut memungkinkan karena serabut kelapa sawit cukup banyak mengandung selulosa yang dapat dihidrolisis menjadi gula sederhana kemudian difermentasi menjadi etanol.

Konversi serabut kelapa sawit menjadi etanol tidaklah mudah. Hal ini disebabkan adanya kandungan lignin yang melindungi selulosa sehingga selulosa sulit dihidrolisis. Untuk memudahkan agar selulosa bisa diubah menjadi gula sederhana pada tahap hidrolisis, maka perlu dilakukan *pretreatment*. Terdapat berbagai macam *pretreatment*, salah satunya adalah *pretreatment* alkali. *Pretreatment* alkali telah terbukti mampu menghilangkan lignin. Hal ini ditunjukkan dalam penelitian Tong (1989) yang melakukan *pretreatment* alkali pada serabut kelapa sawit. Dari hasil penelitiannya, kandungan lignin dapat dihilangkan hingga 82% dengan metode perendaman menggunakan natrium hidroksida.

Setelah melalui tahap *pretreatment*, maka selulosa yang terkandung di dalam serabut kelapa sawit dapat dihidrolisis menjadi gula monomernya. Hidrolisis dapat dilakukan dengan menggunakan asam atau dengan cara enzimatik (Kumar, 2009). Aplikasi hidrolisis menggunakan asam secara sederhana dilakukan dengan mengganti tahap hidrolisis enzim dengan tahap hidrolisis asam. Adapun asam yang digunakan adalah asam sulfat yang merupakan asam yang paling banyak diteliti dan dimanfaatkan untuk hidrolisis asam. Selain itu, penggunaan asam kuat seperti asam sulfat efektif meningkatkan hidrolisis selulosa (Tong, 1989) dan penggunaan asam kuat pada konsentrasi rendah tidak memerlukan *recovery* asam (Osvaldo, 2012).

Tahap selanjutnya yaitu fermentasi dengan ragi tape. Ragi tape dipilih karena penggunaannya

yang sangat komersil dan mudah didapat. Di dalam melakukan fermentasi, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi fermentasi atau pertumbuhan khamir, salah satunya adalah waktu. Dalam pembuatan etanol, lama fermentasi dapat mempengaruhi kadar etanol yang dihasilkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji pengaruh lama fermentasi terhadap kadar etanol yang dihasilkan dari limbah serabut kelapa sawit. Sehingga nantinya dapat diketahui waktu fermentasi optimal untuk menghasilkan etanol dari limbah serabut kelapa sawit hasil *pretreatment* alkali dan hidrolisis asam.

METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari gelas ukur, gelas kimia, pipet volume, erlenmeyer, pengaduk, labu takar, cawan penguap, corong biasa, corong buchner, *autoclave*, termometer, seperangkat alat destilasi, piknometer, oven, selang, blender, pH meter, ayakan, penangas air, buret, pompa *vacuum* dan neraca analitik.

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari serabut kelapa sawit (SKS), ragi tape, aquades, NaOH 4%, larutan H₂SO₄ (2% dan 26,5%), K₂Cr₂O₇ 0,1 N, HCl 6 N, indikator universal, indikator amilum, larutan *Luff Schoorl*, KI 20%, Na₂S₂O₃ 0,1 N, aluminium foil, dan kertas saring.

B. Prosedur Kerja

1. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku SKS yang telah tersedia dibersihkan dari material yang mengikuti atau menempel seperti cangkang, pasir, tanah, daun-daun kering dan kotoran lain, kemudian dicuci lalu dijemur di bawah sinar matahari selama 2 hari hingga kering, selanjutnya dicacah menjadi ukuran yang lebih kecil. Sampel SKS kemudian diperkecil kembali dengan menggunakan blender hingga ukuran sample sekitar 3-5 mm lalu diayak (Kristina, 2012).

2. *Pretreatment* Alkali

Proses ini dilakukan dengan menimbang 60 gram SKS lalu dimasukkan ke dalam erlemeyer 1000 mL. Kemudian ditambahkan 300 mL NaOH 4%, lalu erlenmeyer ditutup rapat, selanjutnya dipanaskan dalam *autoclave* pada suhu 121°C selama 60 menit dan akan menghasilkan bubur SKS. Kemudian bubur SKS tersebut didinginkan pada suhu kamar lalu disaring dan dicuci dengan air untuk menghilangkan lignin yang terlarut dalam NaOH, hingga pH-nya mendekati pH netral. Kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 100°C (Oktavianus, 2013).

3. Hidrolisis Asam

Hasil *pretreatment* ditimbang sebanyak 20 g dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer lalu ditambahkan H₂SO₄ 2% sebanyak 250 mL sambil diaduk rata hingga campuran tercampur dengan baik. Kemudian campuran tersebut dimasukkan ke dalam *autoclave* pada suhu 121°C selama 30 menit. Setelah

itu campuran didinginkan pada suhu kamar (Ningsih, 2012).

4. Penentuan Kadar Gula Reduksi

Untuk analisis kadar gula reduksi digunakan metode *Luff Schoorl*. Sampel yang telah dihidrolisis diambil sebanyak 5 gram dan dimasukkan kedalam labu takar 100 mL kemudian diencerkan dengan aquades sampai tanda batas dan disaring. Filtrat dipipet sebanyak 12,5 mL dan dimasukkan dalam erlenmeyer 250 mL kemudian ditambahkan 12,5 mL larutan *Luff Schoorl*. Dibuat perlakuan blanko yaitu 12,5 mL larutan *Luff Schoorl* ditambah 12,5 mL aquades. Setelah ditambah beberapa butir batu didih, erlenmeyer dihubungkan dengan pendingin balik dan dididihkan selama 10 menit. Kemudian dinginkan dan tambahkan 7,5 mL KI 20%, lalu dengan hati-hati ditambahkan 12,5 mL H₂SO₄ 26,5%. Yodium yang dibebaskan dititrasi dengan larutan Na-thiosulfat 0,1 N. Untuk memperjelas perubahan warna pada akhir titrasi sebaiknya indikator pati sebanyak 2-3 tetes diberikan pada saat titrasi hampir berakhir (larutan berwarna putih susu) (Sudarmadji, 1997). Kadar gula reduksi dalam bahan dapat dicari dengan menggunakan Tabel 1 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Selisih titrasi (X mL)} = V_A - V_B$$

$$\text{Glukosa (mg)} = \frac{X-X_1}{\Delta X} (\Delta Y) + Y_1$$

$$\text{Kadar gula reduksi} = \frac{\text{mg glukosa} \times \text{FP}}{\text{mg sampel}} \times 100\%$$

Dimana: V_A = volume titrasi blanko (mL), V_B = volume titrasi sampel (mL), X = selisih titrasi (mL), X₁ = volume Na-thiosulfat pada Tabel 1,

ΔX = selisih $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ pada Tabel 1
 ($X_2 - X_1$), Y_1 = mg glukosa pada Tabel

1, ΔY = selisih mg glukosa pada
 Tabel 1, FP = faktor pengenceran.

Tabel 1. Penentuan Kadar Gula Pereduksi dengan Metode *Luff-Schoorl*

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N (mL)	Glukosa $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (mg)	ΔY	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N (mL)	X	Y	ΔY
X	Y	ΔY	X	Y	ΔY	
1	2,4	2,4	13	33,0	2,7	
2	4,8	2,4	14	25,7	2,8	
3	7,2	2,5	15	38,5	2,8	
4	9,7	2,5	16	38,5	2,9	
5	12,2	2,5	17	44,2	2,9	
6	14,7	2,5	18	47,1	2,9	
7	17,2	2,6	19	50,0	3,0	
8	19,8	2,6	20	53,0	3,0	
9	22,4	2,6	21	56,0	3,1	
10	25,0	2,6	22	59,1	3,1	
11	27,0	2,7	23	62,0	-	
12	30,3	2,7	24	-	-	

5. Fermentasi dengan ragi tape

Atur pH sampel yang akan difermentasi hingga mencapai pH 4,5 (Ramdja, 2010). Selanjutnya sebanyak 5 gram ragi tape ditambahkan ke dalam erlenmeyer yang berisi campuran 20 gram sampel SKS dan 250 mL H_2SO_4 2% yang telah dihidrolisis, lalu diaduk hingga homogen. Erlenmeyer kemudian ditutup dengan penutup yang dilengkapi dengan selang karet yang ujung selangnya dimasukkan ke dalam air agar tidak terjadi kontak dengan udara dan fermentasi dilaksanakan selama 1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari, 5 hari, 6 hari, dan 7 hari. Kemudian saring hasil fermentasi untuk memisahkan fase cairan dari fase padatan (sampel SKS) yang masih tersisa sehingga diperoleh cairan yang berwarna kuning kecoklatan yang mengandung etanol (Ningsih, 2012).

6. Proses Distilasi

Siapkan satu set peralatan destilasi. Lalu rangkai dan nyalakan peralatan destilasi dengan benar. Kemudian cairan hasil fermentasi yang berwarna kuning kecoklatan dimasukkan ke dalam labu destilasi, lalu pasang labu tersebut pada alat destilasi yang telah disediakan. Atur temperaturnya pada suhu 70-78°C. Proses destilasi dilakukan sampai etanol tidak menetes lagi (Fahmi, 2014).

7. Penentuan Kadar Etanol

Prosedur perhitungan densitas dengan menggunakan piknometer yaitu piknometer yang telah diketahui bobot kosongnya diisi dengan aquades lalu ditimbang pada suhu kamar. Setelah itu volume piknometer dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\frac{b-a}{\text{densitas air pada } 30^\circ\text{C}} = C$$

Dimana: a = massa piknometer kosong (g), b = massa piknometer + aquades (g), C = volume piknometer (mL)

Terakhir etanol yang diperoleh di masukkan ke dalam piknometer yang telah diketahui bobot kosongnya. Kemudian timbang piknometer yang telah diisi penuh dengan etanol. Densitas dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Densitas} = \frac{d - a}{C}$$

Dimana: d = massa piknometer isi etanol (g), a = massa piknometer kosong (g), C = volume piknometer (mL)

Dari densitas yang diperoleh, dapat ditentukan kadar alkohol (etanol) yang terkandung dengan melihat tabel densitas standar etanol pada suhu 30°C dalam buku *Perry's Chemical Engineers' handbook 7th Edition*. Analisa ini dilakukan terhadap hasil fermentasi yang telah didestilasi (Kristina, 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Serabut kelapa sawit (SKS) merupakan hasil samping dari pengolahan buah kelapa sawit, dapat digunakan sebagai bahan baku untuk membuat etanol. Pembuatan etanol dari SKS dalam penelitian ini melalui serangkaian proses yakni preparasi sampel SKS, *pretreatment* alkali, hidrolisis asam. Pada proses hidrolisis asam diperoleh kadar gula reduksi melalui pengukuran menggunakan metode Luff Schoorl sebesar 1,95%. Kemudian dilakukan fermentasi, destilasi, dan penentuan kadar etanol.

Penentuan kadar etanol dilakukan dengan mengukur massa jenis destilat sampel SKS yang telah difermentasi. Massa jenis yang diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan piknometer kemudian dihubungkan dengan data densitas standar etanol yang ada dalam buku *Perry's Chemical Engineers' handbook 7th Edition*, lalu dilakukan perhitungan massa jenis dan kadar etanol. Massa jenis dan kadar etanol yang diperoleh pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kadar Etanol Berdasarkan Waktu Fermentasinya

Fermentasi Hari ke-	Densitas Etanol (g/mL)	Kadar Etanol (%)
1	0,99543	0,13
2	0,99564	0,02
3	0,99478	0,48
4	0,99321	1,31
5	0,98513	5,96
6	0,99243	1,70
7	0,99474	0,50

B. Pembahasan

1. Pretreatment dan Hidrolisis Sampel

Rancangan awal dari penelitian ini adalah preparasi sampel dengan mencacah serabut kelapa sawit (SKS) untuk memperkecil ukuran sampel dan memperbesar luas permukaan kontakannya sehingga nantinya selulosa yang ada pada SKS dapat bereaksi secara efektif atau dapat memaksimalkan kontak antara bahan dengan larutan kimia dalam proses *pretreatment* alkali dan hidrolisis asam.

SKS merupakan sumber lignoselulosa yang mengandung selulosa, lignin dan hemiselulosa. Untuk mengkonversi SKS menjadi etanol terlebih dahulu dilakukan penghilangan kandungan lignin (*delignifikasi*). Adanya kandungan lignin yang melindungi selulosa akan menjadi penghalang dalam proses hidrolisis. Untuk itu dilakukan *pretreatment* alkali menggunakan NaOH 4% untuk mengurangi atau menghilangkan kandungan lignin yang ada pada SKS. Dalam penelitian Tong (1989), *pretreatment* alkali dengan NaOH terbukti mampu mengurangi kandungan lignin dan meningkatkan kandungan selulosa yang ada pada SKS. Sampel yang telah dipretreatment akan menghasilkan bubur selulosa yang berwarna coklat kehitaman dan sedikit berbau, yang jika disaring lalu dicuci akan menghasilkan filtrat berwarna coklat kehitaman yang biasa dikenal sebagai lindi hitam.

Hasil *pretreatment* yang telah dicuci bersih dan dikeringkan kemudian dihidrolisis menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) 2% pada suhu $121^\circ C$ selama 30 menit. Dalam penelitian Tong (1989), penggunaan asam kuat seperti asam sulfat (H_2SO_4) efektif meningkatkan hidrolisis selulosa. Dan penggunaan asam kuat pada konsentrasi rendah adalah tidak diperlukannya lagi *recovery* asam dan tidak adanya ion asam yang hilang pada proses dan asam sulfat merupakan asam yang paling banyak diteliti dan dimanfaatkan untuk hidrolisis asam (Osvaldo, 2012). Proses hidrolisis ini bertujuan untuk memecah ikatan glikosidik pada selulosa dan hemiselulosa yang ada pada sampel

menjadi monomer gula penyusunnya sehingga nantinya mikroorganisme dapat menggunakan gula tersebut dalam proses fermentasi. Dari proses hidrolisis ini dihasilkan hidrolisat yang berwarna coklat dan sisa padatan selulosa yang kemudian didinginkan pada suhu kamar dan nantinya akan digunakan dalam proses fermentasi.

2. Kadar Gula Reduksi

Hidrolisat yang diperoleh dari proses hidrolisis ditentukan bobot jenisnya lalu dilakukan penentuan kadar gula reduksi. Kadar gula reduksi pada hidrolisat sampel SKS ditentukan menggunakan metode Luff Schoorl yang menggunakan prinsip titrimetri. Dari pengukuran kadar gula reduksi didapatkan bahwa mg gula reduksi yang terkandung didalam hidrolisat SKS adalah 12,20 mg. Kadar gula reduksi diperoleh dengan menghitung selisih volume natrium tiosulfat yang digunakan untuk menitrasi blanko dan volume natrium tiosulfat yang digunakan untuk menitrasi sampel. Kemudian melihat Tabel 1 penetapan gula reduksi menurut metode Luff Schoorl lalu dilakukan perhitungan hingga diperoleh kadar gula reduksinya. Dengan mengetahui kadar gula reduksi maka dapat menunjukkan bahwa dari proses hidrolisis asam, selulosa yang ada pada SKS telah terurai menjadi monosakaridanya walaupun dalam hal ini kadar yang dihasilkan masih sedikit. Hal ini disebabkan karena adanya lignin yang masih terikat pada selulosa. Dimana di dalam jaringan tanaman lignin sulit didegradasi karena mempunyai struktur yang kompleks

dan berikatan kuat dengan selulosa dan hemiselulosa (Gozan, 2014). Hasil perhitungan kadar gula reduksi didapatkan bahwa dari hidrolisis sampel SKS sebanyak 20 g kadar gula reduksi yang terkandung dalam hidrolisat SKS adalah sebanyak 1,95%.

3. Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Kadar Etanol

Fermentasi dilakukan pada hidrolisat SKS dengan bantuan ragi tape dalam kondisi anaerob. Ragi tape dipilih karena penggunaannya yang sangat komersial dan mudah didapat. Ragi tape merupakan inokulan yang mengandung *Rhizopus sp.*, *R.oryzae*, *Mucor rouxii*, *M. Jacanicus*, *M. Circinelloides*, *Fusarium sp.*, *Aspergillus oryzae*, *Amylomyces rouxii*, *Saccharomyces fibuliger*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida*, *Endomycopsis chodati*, *Endomycopsis fibuliger*, *Hansenula*, *Endomycopsis burtonii* (Osiewacz, 2001 dan Steinkraus, 1995). Ragi tape memiliki populasi yang lebih kompleks jika dibandingkan dengan ragi roti. Sehingga jika dibandingkan dengan fermentasi menggunakan ragi roti, fermentasi dengan ragi tape menghasilkan etanol yang lebih tinggi karena pada proses fermentasi dengan ragi tape terjadi proses hidrolisis ulang pada sisa padatan selulosa yang telah dihidrolisis dengan asam yang dilakukan oleh jamur seperti *Aspergillus sp.* yang terkandung pada ragi tape. Perbandingan ini dapat terlihat pada penelitian, dimana pada saat penelitian awalnya dilakukan fermentasi menggunakan ragi roti. Namun fermentasi pada ragi roti ini

menghasilkan etanol dengan kadar yang sangat rendah dibandingkan dengan kadar etanol hasil fermentasi dengan ragi tape. Hal ini disebabkan ragi roti yang hanya mengandung *S. cerevisiae* hanya mampu memfermentasi kandungan gula yang sedikit dari hasil hidrolisis selulosa menggunakan asam sulfat. Sedangkan kadar etanol hasil fermentasi dengan ragi tape memiliki kadar yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan terjadinya hidrolisis lanjutan yang dilakukan oleh jamur yang ada pada ragi tape, sehingga meningkat kandungan gula yang ada pada sampel.

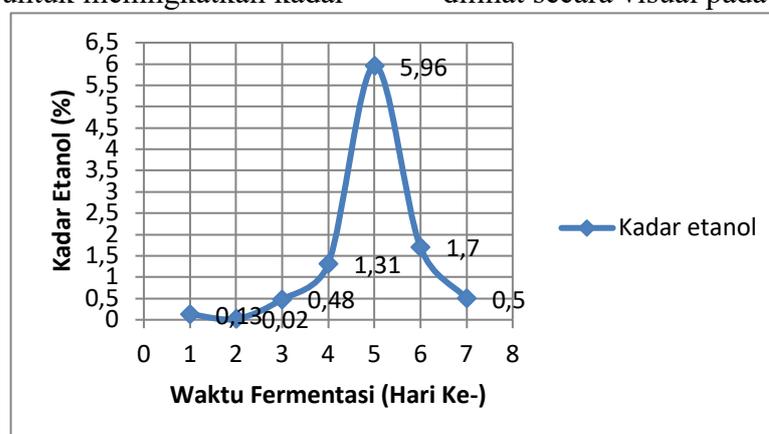
Kandungan ragi tape ini saling berkesinambungan dalam membantu proses fermentasi, dimana *Aspergillus* dapat menyederhanakan gula, *Candida*, dan *Hansenula* dapat menguraikan gula menjadi alkohol (Jhonprimen, 2012). Dan *S. cerevisiae* yang juga merupakan salah satu komponen yang ada di dalam ragi tape dapat mengkonversi gula menjadi etanol dalam kondisi anaerob karena adanya enzim invertase dan zimase. Dengan adanya enzim-enzim tersebut *S. cerevisiae* memiliki kemampuan untuk mengkonversi baik gula dari kelompok monosakarida maupun dari kelompok disakarida. Jika gula yang tersedia dalam substrat merupakan gula disakarida maka enzim invertase akan bekerja menghidrolisis disakarida menjadi monosakarida. Setelah itu, enzim zimase akan mengubah monosakarida tersebut menjadi etanol dan CO₂ (Azizah, 2012).

Sebelum fermentasi, pH sampel untuk fermentasi terlebih dahulu diatur pada pH 4,5, dimana

mikroorganisme dapat melakukan fermentasi secara optimal pada pH tersebut (Elevri, 2012). Kemudian 5 gram ragi tape yang berwarna putih dimasukkan kedalam sampel SKS yang telah dihidrolisis. Perbedaan sampel setelah dan sebelum difermentasi sangat mencolok pada perubahan baunya. Sampel SKS yang terfermentasi dengan baik akan mengalami perubahan warna dari coklat menjadi kuning kecoklatan dan memiliki aroma alkohol.

Hasil fermentasi kemudian disaring untuk memisahkan bubur SKS yang masih tersisa sehingga diperoleh filtrat yang mengandung etanol-air. Filtrat tersebut kemudian didestilasi untuk meningkatkan kadar

etanolnya karena etanol hasil fermentasi biasanya berkadar rendah karena masih banyak mengandung air. Pada proses destilasi ini dilakukan pemisahan antara air dan etanol berdasarkan perbedaan titik didihnya. Destilasi dilakukan pada suhu 70-78°C karena titik didih etanol berada pada suhu 78°C, jika lebih dari 78°C maka yang menguap bukan lagi etanol melainkan air (Kristina, 2012). Etanol yang diperoleh kemudian diukur kadarnya menggunakan metode pengukuran berat jenis. Kadar etanol yang diperoleh menunjukkan kadar yang berbeda ditiap variasi waktu fermentasinya. Perbedaan ini dapat dilihat secara visual pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar etanol

Berdasarkan Gambar 1 terlihat dengan jelas pengaruh lama fermentasi terhadap kadar etanol yang dihasilkan. Pada grafik terlihat bahwa kadar etanol yang paling tinggi yaitu pada fermentasi 5 hari sebesar 5,96%. Hal tersebut menunjukkan bahwa mikroba berada pada masa pertumbuhann optimal, dimana terjadi pemecahan gula secara besar-besaran guna memenuhi pertumbuhan mikroorganisme yang ada dalam ragi tape sehingga menghasilkan kadar etanol yang

lebih tinggi. Kadar etanol terendah diperoleh pada lama fermentasi 1-3 hari. Hal ini disebabkan karena mikroorganisme yang ada dalam ragi tape baru mulai beradaptasi dan memperbanyak diri dengan memanfaatkan gula dari hasil hidrolisis sampel SKS. Sedangkan pada waktu fermentasi 6 dan 7 hari mengalami penurunan karena pada keadaan ini kerja mikroba tidak optimal. Penurunan kadar etanol ini disebabkan karena mikroba berada pada fase kematian, dimana

ketersediaan nutrisi atau sumber karbon yang dijadikan sebagai sumber makanan telah berkurang sehingga berpengaruh pada kelangsungan hidup mikroba dan pembentukan etanol.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa waktu fermentasi optimal untuk menghasilkan etanol dari serabut kelapa sawit hasil pretreatment alkali dan hidrolisis asam dengan kadar gula reduksi sebesar 1,95% yaitu pada rentang waktu fermentasi 5 hari dengan kadar etanol tertinggi yaitu 5,96% dengan densitas sebesar 0,98513 g/mL.

B. Saran

Disarankan kepada peneliti selanjutnya untuk mencoba atau melakukan pengkajian lebih lanjut dalam mencari metode delignifikasi dan hidrolisis yang lain seperti menggunakan enzim dan melakukan analisis terhadap kadar kandungan serabut kelapa sawit. Selain itu, penelitian yang sama dapat dilakukan dengan memvariasikan cara delignifikasi dan hidrolisis atau memvariasikan konsentrasi larutan yang digunakan untuk delignifikasi dan hidrolisis.

DAFTAR PUSTAKA

Azizah, N., Al-Baarri, A.N., dan Mulyani, S. 2012. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol, pH, dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi Bioetanol dari *Whey* dengan Substitusi

Kulit Nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, Vol. 1, No. 2.

Elevri, P.A., dan Putra, S.R. 2006. Produksi Etanol Menggunakan *Saccharomyces Cerevisiae* yang Diamobilisasi dengan Agar Batang. *Akta Kimindo*, Vol. 1, No. 2.

Fahmi, D., Susilo, B., dan Nugroho, W.A. 2014. Pemurnian Etanol Hasil Fermentasi Kulit Nanas (*Ananas comosus L. Merr*) dengan Menggunakan Distilasi Vakum. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem* Vol. 2, No. 2.

Gozan, M. 2014. *Teknologi Bioetanol Generasi Kedua*. Jakarta: Erlangga.

Jhonprimen, H.S., Turnip, A., dan Dahlan, M.H. 2012. Pengaruh Massa Ragi, Jenis Ragi Dan Waktu Fermentasi Pada Bioetanol Dari Biji Durian. *Jurnal Teknik Kimia*, No. 2, Vol. 18.

Kristina, Sari, E.R., dan Novia. 2012. Alkaline Pretreatment dan Proses Simultan Sakarifikasi–Fermentasi untuk Produksi Etanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 18, No. 3.

Kumar, P., Barrett, D.M., Delwiche, M.J., dan Stroeve, P. 2009. Methods for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Efficient Hydrolysis and Biofuel Production. *Industrial and Engineering Chemistry Research by The American Chemical Society*,

- Article ASAP*, Vol. 8, No. 48.
- Ningsih, Y.A., Lubis, K.R., dan Moeksin, R. 2012. Pembuatan Bioetanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Metode Hidrolisis Asam dan Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 18, No. 1.
- Nur, S.M. 2014. *Karakteristik Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Bioenergi*. Kutai Timur: PT. Insan Fajar Mandiri Nusantara.
- Oktavianus, F., Sigiro, R.M., dan Bustan, M.D. 2013. Pembuatan Bioetanol dari Batang Jarak Menggunakan Metode Hidrolisa dengan Katalis Asam Sulfat. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 19, No. 2.
- Osiewacz, H.D. 2001. *The Mycota*. Springer Science & Business Media: New York.
- Oswaldo, Z. S., Putra, P.S., dan Faizal, M. 2012. Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu pada Proses Hidrolisis dan Fermentasi Pembuatan Bioetanol dari Alang-Alang. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 18, No. 2.
- Ramdja, F., Silalahi, R.A., dan Sihombing, N. 2010. Pengaruh Waktu, Temperatur, dan Dosis H₂SO₄ pada Hidrolisa Asam terhadap Kadar Etanol Berbahan Baku Alang-Alang. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 17, No. 2.
- Steinkraus, K. 1995. *Handbook of Indigenous Fermented Foods, second Edition*. CRC Press: New York.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi. 1984. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Sunarwan, B., dan Juhana, R. 2013. Pemanfaatan Limbah Sawit untuk Bahan Bakar Energi Baru dan Terbarukan (EBT) Studi Kasus: Limbah Sawit Produksi Sawit Daerah Kabupaten Boven Digoel Provinsi Papua. *Jurnal Tekno Insentif Kopwil 4*, Vol. 7, No. 2.
- Tong, C.C., dan Hamzah, N.M. 1989. Delignification Pretreatment of Palm-Press Fibres by Chemical Method. *Jurnal Pertanika*, Vol. 3, No. 12.