

Pengaruh Kecepatan Pengadukan Pada Pembuatan Bioetanol dari Pelepah Sawit Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*

Meilano Ashari Akbar¹⁾, Adrianto Ahmad²⁾, Sri Rezeki Muria²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia

Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

adri@unri.ac.id

ABSTRACT

Indonesia is one of the largest oil producer in the world. Palm frond is a type of plant lignocellulose comprising lignin, cellulose and hemicellulose. Where the presence of cellulose, the palm fronds can be used as raw material in the manufacture of bioethanol by converting cellulose into glucose. Bioethanol production from palm fronds can be done through a process of fermentation. The microorganisms used in this study was *Saccharomyces cerevisiae*. The purpose of this study was to determine the effect of stirring speed in the fermentation process to produce bioethanol produced to determine the best time and fermentation to ethanol conversion of palm fronds. Steps being taken in this study include delignification, purification powder palm fronds, hydrolysis and fermentation. In the fermentation process variation stirring speed of 100 rpm, 150 rpm, 200 rpm, and 250 rpm. The results showed that the hydrolysis of cellulose by acid produced initial sugar concentration to a maximum of 82,41 g/L. The best stirring speed in this research is 250 rpm and the best fermentation time is 96 hours with ethanol levels obtained at 3% or 23,67 g/L.

Keywords : bioethanol, fermentation, hydrolysis, *saccharomyces cerevisiae*, stirring

1. Pendahuluan

Pada dasawarsa 70-an dan sebelumnya, minyak dan gas bumi telah memainkan peranan penting dalam penyumbang devisa bagi negara dan menjadi andalan ekspor Indonesia. Keadaan ini tidak dapat lagi dipertahankan pada dasawarsa 90-an. Bahkan pada abad 21 sekarang ini Indonesia diperkirakan akan menjadi net importir bahan bakar fosil (Kartasmita, 1992). Sumber energi alternatif sudah saatnya untuk dikembangkan di Indonesia, salah satunya mengolah biomassa dari limbah perkebunan dan pertanian menjadi sumber energi bahan bakar cair yang dapat terbarukan. Negara tropis seperti Indonesia umumnya mempunyai biomassa yang berlimpah, kira-kira 250 milyar ton/tahun dihasilkan dari biomassa hutan dan limbah pertanian. Limbah pertanian secara umum berasal dari perkebunan kelapa sawit, tebu, kelapa serta sisa panen dan lain-lainnya yang mencapai kira-kira 40 milyar ton/tahun (Suwono,

2003). Dalam satu pohon sawit dapat menghasilkan 22 pelepah, dan satu hektar akan dihasilkan sekitar 6,3 ton pelepah setiap tahunnya (Litbang Deptan, 2010). Komposisi senyawa lignoselulosa yang ada di dalam pelepah sawit dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Komposisi Komponen Lignoselulosa Pada Pelepah Sawit

Parameter	Kadar (%)
Lignin	19,87
Selulosa	34,89
Hemiselulosa	27,14
Air	8,89
Zat Ekstraktif	9,21

Sumber : Saragih (2013)

Selulosa merupakan komponen terbesar dalam biomassa dan berfungsi sebagai struktur dinding sel tanaman. Struktur kimia selulosa adalah polisakarida linear yang tersusun dari pengulangan unit β -D-glukopironosa, dengan ikatan glioksida

atom karbon 1 dan 4 dari dua unit glukosa. Selulosa dapat dikonversi menjadi etanol dengan cara hidrolisis sehingga menghasilkan glukosa dan selanjutnya difermentasi untuk menghasilkan etanol. Reaksi hidrolisis dapat dilakukan secara kimiawi maupun secara enzimatik (Kardono, 2010).

Hidrolisis adalah proses dekomposisi kimia dengan menggunakan pelarut berair untuk memecahkan ikatan kimia dari substansinya (Arianie dkk., 2011). Menurut Kardono (2010), bioetanol dapat diproduksi secara fermentasi dari bahan baku yang mengandung selulosa yang terlebih dahulu mengalami proses hidrolisis dan dilanjutkan dengan proses fermentasi. Dalam memproduksi bioetanol, proses fermentasi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Menurut Ahmad (2009), faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi ialah :

a. pH

Kondisi pH optimum untuk pertumbuhan mikroorganisme tergantung pada mikroorganisme yang dipilih. Setiap mikroorganisme mempunyai pH optimum tertentu untuk dapat tumbuh dengan cepat.

b. Suhu

Pertumbuhan mikroorganisme yang maksimum berdasarkan suhu proses fermentasi dapat digolongkan dalam 3 keadaan yaitu psikrofilik, mesofilik dan termofilik. Suhu optimum bagi pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* adalah berkisar antara 25-35° C. Suhu yang optimum akan mempengaruhi kinerja mikroorganisme dalam menghasilkan bioetanol.

c. Pengadukan

Pengadukan adalah perlakuan dengan gerakan terinduksi terhadap suatu bahan di dalam bejana. Pencampuran (*mixing*) adalah peristiwa menyebarnya bahan-bahan secara acak, bahan yang satu menyebar ke dalam bahan yang lain dan sebaliknya yang mana bahan-bahan tersebut sebelumnya terpisah dalam dua fasa atau lebih.

d. Pembusaan

Setiap proses fermentasi akan menghasilkan gas berupa CO₂ atau berupa gas metan dan gas-gas lainnya. Akibat timbulnya gas dari hasil samping proses fermentasi akan menghasilkan busa. Pembusaan yang tinggi akan menyebabkan sebagian besar cairan akan keluar dari fermentor.

Bioetanol adalah etanol (C₂H₅OH) yang diproduksi dari biomassa terbarukan. Oleh karena itu, penggunaan bioetanol sebagai *biofuel* disebut sebagai bahan bakar yang terbarukan. Secara umum sintesis bioetanol yang berasal dari biomassa terdiri dari dua tahap utama, yaitu hidrolisis dan fermentasi. Pada metode terdahulu proses hidrolisis dan fermentasi dilakukan secara terpisah atau *Separated Hydrolysis and Fermentation* (SHF) dan yang terbaru adalah proses *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF) atau Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS).

Berdasarkan dari beberapa faktor dalam fermentasi, pengadukan akan mempengaruhi dalam proses fermentasi. Pengadukan berfungsi untuk menghomogenisasikan larutan dan memperluas permukaan kontak antara substrat dan *yeast* sehingga mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan karena semakin cepat pengadukan maka kontak antara substrat dan *yeast* berpengaruh pada proses fermentasi sehingga reaksi akan semakin cepat berlangsung dan produk yang dihasilkan akan semakin banyak pada saat kecepatan dan waktu terbaik. Pengadukan perlu dilakukan agar zat pereaksi dapat bertumbukkan dengan baik (Februadi, 2012). Pengaruh kecepatan pengaduk yang menghasilkan konsentrasi bioetanol lebih tinggi maka nilai yield etanol akan semakin besar juga.

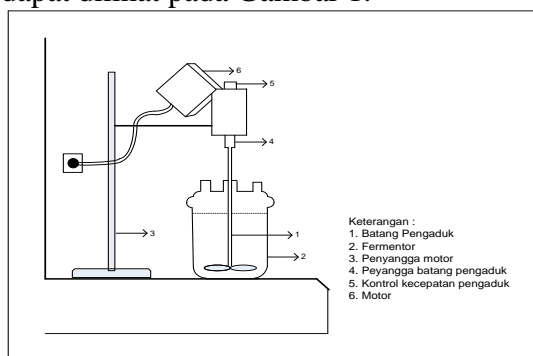
Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan pengaruh kecepatan pengadukan pada proses fermentasi terhadap bioetanol yang dihasilkan dan menentukan waktu terbaik fermentasi

terhadap konversi bioetanol dari pelepah sawit.

2. Metode Penelitian

2.1 Alat yang Digunakan

Alat - alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bioreaktor 2 liter, *autoclave*, *shaker incubator*, spektrofotometer, labu didih leher 3, *vortex mixer*, *water bath*, *rotary evaporator*, oven, mantel pemanas, kondensor, tabung reaksi, alkoholmeter, termometer, pH meter. Rangkaian alat untuk proses fermentasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat Fermentasi

2.2 Bahan yang Digunakan

Bahan baku utama yang digunakan pada penelitian ini adalah pelepah sawit. Bahan lainnya yang digunakan adalah abu tandan kosong sawit (TKS), H_2O_2 , H_2SO_4 , NaOH, *yeast* (*Saccharomyces cerevisiae*), KH_2PO_4 , $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $(NH_4)_2SO_4$.

2.3 Variabel Penelitian

Variabel tetap pada penelitian ini antara lain ialah volume fermentasi : 2 liter, waktu inokulum : 24 jam (Amalia, 2014), Suhu fermentasi : $30^\circ C$, pH fermentasi 4,5-5 (Fitriani, 2013). Variabel berubah pada penelitian ini adalah kecepatan pengadukan pada proses fermentasi yaitu 100 rpm, 150 rpm, 200 rpm, dan 250 rpm. Dan waktu pengambilan sampel proses fermentasi yaitu 24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam, dan 120 jam

2.4 Rancangan Percobaan

Secara garis besar tahapan penelitian ini terdiri atas dua tahap. Tahap pertama

ialah menghidrolisis selulosa yang ada dalam pelepah sawit menjadi larutan gula menggunakan senyawa kimia (H_2SO_4 1%), kemudian dilanjutkan ketahap kedua, yaitu mengubah larutan gula menjadi bioetanol dengan cara fermentasi menggunakan *yeast Saccharomyces cerevisiae*.

2.5 Prosedur Penelitian

2.5.1 Pengolahan Pelepah Sawit

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah pelepah sawit. Sebelum dimasak, pelepah sawit harus dibersihkan dari daunnya, kemudian dipotong kecil-kecil dan diblender sehingga berukuran 1-5 mm, Setelah ukurannya diperkecil pelepah sawit dijemur sampai beratnya konstan (Saragih, 2013).

2.5.2 Penyiapan Larutan Pemasak

Larutan pemasak yang digunakan adalah pencampuran antara akuades dengan abu TKS. Abu TKS didapat dari hasil pembakaran TKS dalam *incinerator* pada pabrik CPO Sei Galuh, Riau. Sebelum digunakan, abu TKS disaring terlebih dahulu menggunakan saringan berukuran 40 mesh. Abu yang telah disaring kemudian ditambahkan air dengan perbandingan massa abu dan air 1:4. Larutan tersebut selanjutnya diaduk selama 15 menit setelah itu didiamkan selama 48 jam. Filtrat abu TKS dipisahkan dari padatan. Filtrat tersebut digunakan sebagai larutan pemasak (Saragih, 2013).

2.5.3 Delignifikasi Pelepah Sawit

Delignifikasi terdiri dari dua tahap, yaitu prehidrolisa dan *cooking*. Prehidrolisa bertujuan untuk mempercepat penghilangan pentosan (hemiselulosa) dalam bahan baku pada waktu pemasakan. Prehidrolisa dilakukan menggunakan larutan ekstrak abu TKS. Temperatur pada saat prehidrolisa adalah $100^\circ C$, nisbah bahan baku terhadap larutan 1:10, dengan waktu prehidrolisa selama 1 jam. Setelah prehidrolisa selesai filtratnya dibuang dan residu dicuci dengan air panas dan diperas, kemudian pelepah

tersebut dimasak kembali (proses *cooking*) (Irfanto, 2011). Proses *cooking* bertujuan untuk menghilangkan komponen lignin yang terdapat dalam pelepah sawit. *Cooking* dilakukan dengan larutan ekstrak abu TKS. Kondisi operasi *cooking* adalah temperatur 100°C, waktu pemasakan 30 menit, dan nisbah padatan-larutan 1:5. Pelepah hasil pemasakan disaring dan dicuci dengan air panas (80°C) untuk menghilangkan lindi hitam (Irfanto, 2011).

2.5.4 Proses Pemurnian Serbuk Pelepah Sawit

Serbuk pelepah yang telah selesai didelignifikasi kemudian dimurnikan menggunakan larutan H₂O₂ 3% dengan perbandingan serbuk pelepah dan H₂O₂ adalah 1:10. Selanjutnya serbuk pelepah dipanaskan dengan temperatur 90°C selama 60 menit. Setelah proses pemurnian serbuk pelepah, sampel didinginkan, disaring dan dicuci sampai pH netral dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 105°C (Irfanto, 2011).

2.5.5 Hidrolisis Serbuk Pelepah Sawit

Pelepah dari proses pemurnian selulosa (*bleaching*) dikecilkan ukurannya menjadi 40-80 mesh dan selanjutnya dihidrolisis oleh asam sulfat 1% dengan perbandingan padatan dan asam 1:10 pada suhu 100 °C selama 60 menit. Dalam proses hidrolisis diperoleh ampas dan larutan. Larutan tersebut adalah larutan yang mengandung gula hasil konversi dari serbuk pelepah sawit. Larutan glukosa selanjutnya dinetralkan dengan NaOH 50% hingga pH nya berkisar 4,5 (Fitriani dkk., 2013). Filtrat yang diperoleh dari proses hidrolisis akan dianalisa kadar gula yang terkandung dalam larutan tersebut dan difermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*.

2.5.6 Pembuatan Inokulum

Pembuatan inokulum bertujuan untuk memperpendek fase lag yaitu dengan cara mengadaptasikan sel kedalam media fermentasi. *Saccharomyces cerevisiae* dari ragi kemasan diinokulasi kedalam 15 ml

medium (larutan gula, 0,1 gr/L KH₂PO₄, 0,1 gr/L MgSO₄.7H₂O dan 0,1 gr/L (NH₄)₂SO₄) dan dimasukkan kedalam erlenmeyer. Medium inokulum disterilisasi kedalam *autoclave* dengan temperatur 121°C selama 15 menit, setelah itu medium inokulasi didinginkan hingga mencapai temperatur ruang. Setelah temperatur medium inokulasi mencapai temperatur ruang, *yeast* dimasukkan sebanyak 8 gr/L, lalu diinokulasikan selama 12 jam (Amalia, 2014).

2.5.7 Fermentasi

Proses fermentasi ini dilakukan dengan cara fermentasi cair. Larutan gula yang diperoleh dari proses hidrolisis difermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* dengan volume fermentasi yang digunakan adalah sebanyak 2 liter. Medium fermentasi (larutan gula) sebanyak 1800 ml dimasukkan kedalam fermentor, kemudian ditambahkan nutrisi (1 gr/L KH₂PO₄, 0,05 gr/L MgSO₄.7H₂O dan 2 gr/L (NH₄)₂SO₄) setelah itu medium fermentasi yang terdapat didalam erlenmeyer ditutup dengan kapas dan kain kasa, lalu disterilisasi ke dalam *autoclave* pada temperatur 121°C selama 15 menit. Medium fermentasi di fermentasikan dengan kecepatan pengadukan diatur sebesar 100 rpm, 150 rpm, 200 rpm, dan 250 rpm. Kemudian pengambilan sampel pada waktu fermentasi 24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam, dan 120 jam. Setelah waktu fermentasi tercapai, sampel hasil fermentasi dianalisa kadar glukosa sisa dan bioetanol yang dihasilkan.

2.5.8 Pemisahan

Hasil fermentasi yang didapat kemudian sampel diambil 120 ml. Dari sampel yang sudah diambil, kemudian diambil 100 ml yang akan dipisahkan bioetanol dengan air menggunakan *rotary vacuum evaporator* dan 20 ml untuk dianalisa kadar gula sisa menggunakan *spektrofotometer UV-VIS*.

2.5.9 Analisa Hasil

Pada penelitian ini parameter yang dianalisa yaitu konsentrasi bioetanol dan konsentrasi gula substrat. Konsentrasi gula substrat berupa kadar gula awal dan kadar gula akhir dianalisa dengan metode antrone. Prosedur pembuatan reagen dan pembuatan kurva standar glukosa, prosedur analisa glukosa dapat dilihat pada lampiran A dan B. Untuk pengukuran kadar bioetanol, campuran bioetanol yang berada di dalam substrat hasil fermentasi dipisahkan dari mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae*, nutrisi dan larutan gula sisa, dengan cara menguapkan campuran bioetanol dan air pada suhu 80-85°C dengan menggunakan *rotary evaporator*, kemudian bioetanol yang terdapat di dalam campuran bioetanol dan air, akan diukur kadarnya dengan menggunakan alkoholmeter.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hidrolisis Selulosa Pada Serbuk Pelepah Sawit

Bahan lignoselulosa terlebih dahulu dihidrolisis menggunakan bahan kimia. Metoda yang digunakan pada penelitian ini, selulosa dihidrolisis menggunakan larutan asam sulfat dengan konsentrasi 1% dan temperatur 100°C selama 60 menit. Temperatur pada proses hidrolisis mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Fatmawati, dkk (2008). Larutan gula yang diperoleh dari proses hidrolisis di analisa dengan menggunakan metode antrone. Berikut Tabel 2 merupakan konsentrasi larutan gula awal pada masing-masing hasil dari hidrolisis pelepah sawit.

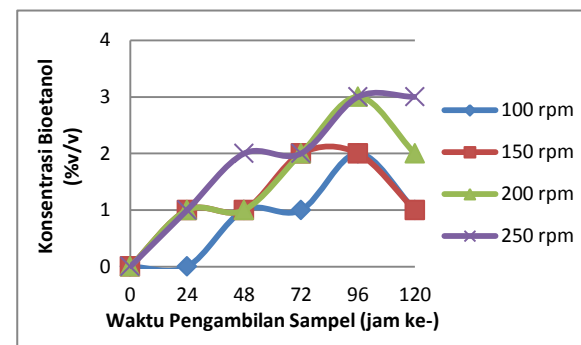
Tabel 2. Konsentrasi Larutan Gula Awal Hasil Hidrolisis Asam

Perlakuan	Konsentrasi (g/L)
Gula awal fermentasi 100 rpm	45,7045
Gula awal fermentasi 150 rpm	64,1136
Gula awal fermentasi 200 rpm	82,4091
Gula awal fermentasi 250 rpm	59,3409

Dari Tabel 2 di atas menunjukkan konsentrasi larutan gula yang diperoleh dari proses hidrolisis yang akan digunakan sebagai medium fermentasi. Dari hasil proses hidrolisis ke-1 sampai ke-4 konsentrasi gula yang didapatkan beragam dikarenakan pada proses awal pra treatment tidak dilakukan perhitungan selulosa murni yang diperoleh, dan pengecilan pelepah sawit dengan ukuran 40-60 mesh dimana ukurannya tidak seragam yang menunjukkan semakin besar kecil ukuran maka semakin cepat bahan yang terhidrolisis menjadi glukosa.

3.2 Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Pengaruh Waktu Terhadap Konsentrasi Bioetanol

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi optimum proses fermentasi dari pelepah sawit menjadi bioetanol dengan variabel berubah yaitu kecepatan pengadukan dan waktu fermentasi. Konsentrasi bioetanol yang diperoleh pada masing-masing variabel penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva Hubungan Antara Kecepatan Pengadukan dan Waktu Fermentasi Terhadap Konsentrasi Bioetanol

Dari Gambar 2, menunjukkan hubungan antara waktu fermentasi terhadap konsentrasi bioetanol yang diperoleh pada masing – masing variasi kecepatan pengadukan. Pada variasi kecepatan pengadukan 100 rpm, kadar bioetanol tertinggi yang dihasilkan yaitu 2% (v/v)

dengan waktu fermentasi 96 jam. Pada masing – masing variasi kecepatan pengadukan dengan waktu fermentasi 72 jam dan 96 jam mengalami peningkatan hasil bioetanol yang dihasilkan, hal ini dikarenakan pada pertumbuhan mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* mengalami penurunan sehingga substrat hanya digunakan sebagai metabolisme dan menghasilkan bioetanol. Akan tetapi pada variasi kecepatan pengadukan 100 rpm dengan waktu fermentasi 72 jam tidak mengalami peningkatan bioetanol yang dihasilkan, hal ini dikarenakan pengadukan 100 rpm yang kurang sempurna dalam mengontakkan mikroorganisme dengan substrat tidak optimal sehingga mengalami perlambatan bioetanol yang dihasilkan dan hanya digunakan sebagai metabolit dalam mikroorganisme. Selanjutnya pada variasi kecepatan pengadukan 150 rpm tidak mengalami peningkatan hasil bioetanol yang didapatkan, hal ini dikarenakan pengadukan yang kurang sempurna sehingga hanya sebagai metabolit mikroorganisme dan menghasilkan bioetanol yang konstan sebesar 2%. Sedangkan untuk kecepatan 200 dan 250 rpm menghasilkan bioetanol tertinggi yang sama yaitu 3% (v/v) pada waktu fermentasi 96 jam. Kecepatan pengadukan terbaik didapat pada kecepatan pengadukan 250 rpm dengan kadar bioetanol 3 % (v/v). Waktu fermentasi optimum untuk setiap variasi kecepatan pengadukan yaitu pada jam ke-96. Hal ini menjelaskan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* berada pada fase stasioner pada jam tersebut. Aktifitas mikroorganisme menurun setelah jam ke-96 pada kecepatan pengadukan 100, 150, dan 200 rpm yang menunjukkan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* mengalami fase kematian dan tidak bekerja secara optimal. Semakin lama waktu fermentasi, konsentrasi bioetanol yang dihasilkan juga semakin meningkat. Akan tetapi, setelah kondisi optimum tercapai, konsentrasi bioetanol yang diperoleh cenderung menurun, karena nutrisi yang ada sebagai

makanan mikroba juga semakin menurun (Kunaepah, 2008).

Kualitas homogenitas dalam pencampuran dipengaruhi oleh pola aliran dan faktor turbulensi yang dihasilkan yang bergantung pada beberapa faktor seperti geometri tangki, sifat fisik fluida dan kecepatan pengadukan yang digunakan (Perry, 1984). Berikut dari Tabel 3 merupakan data hasil perhitungan bilangan *reynolds* awal dan akhir untuk masing – masing kecepatan pengadukan.

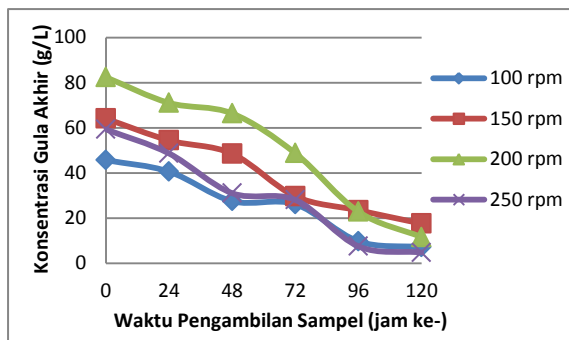
Tabel 3. Bilangan *Reynolds* Untuk Setiap Variasi Kecepatan Pengadukan

Kecepatan Pengadukan	Bilangan <i>Reynolds</i>	
	Awal	Akhir
100	140498	106778,62
150	207561	152116,34
200	279609	185827,08
250	349816	211493,55

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa bilangan *reynolds* untuk setiap variasi pengadukan berada pada aliran yang turbulen ($NRe > 10.000$). Bilangan *reynolds* mengalami penurunan setelah proses fermentasi selesai (akhir). Hal ini disebabkan karena nilai viskositas cairan fermentasi yang semakin meningkat sehingga akan lebih kental dibanding viskositas awal. Bilangan *reynolds* tertinggi yaitu pada kecepatan pengadukan 250 rpm dengan bioetanol tertinggi sebesar 3%. Dimana bioetanol dengan nilai bilangan *reynolds* yang dihasilkan sebanding dengan kecepatan pengadukan, semakin tinggi kecepatan pengadukan maka akan menghasilkan bilangan *reynolds* yang semakin besar.

3.3 Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Konsentrasi Gula

Larutan gula yang diperoleh dari proses hidrolisis pelepah sawit digunakan sebagai sumber karbon pada penelitian ini. Pengaruh pengadukan terhadap konsentrasi gula selama proses fermentasi bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Kecepatan Terhadap Konsentrasi Gula

Pada Gambar 3 diatas, menunjukkan pengaruh kecepatan pengadukan terhadap konsentrasi gula yang ada didalam substrat fermentasi. Secara umum, dari hari kehari, konsentrasi gula yang ada di dalam substrat fermentasi mengalami penurunan. Konsentrasi awal larutan gula yang ada di dalam substrat fermentasi pada berbagai variasi pengadukan 100, 150, 200, dan 250 rpm secara berturut-turut adalah sebesar 45,70 g/L, 64,11 g/L, 82,41 g/L, dan 59,34 g/L. Pada fermentasi waktu pengambilan sampel jam ke-24 gula sisa yang terfermentasi hanya sedikit dikonsumsi oleh mikroorganisme, disebabkan pada 24 jam merupakan fase lag yang dimana sel mikroorganisme masih melakukan adaptasi terhadap substrat dengan jumlah sel mikroorganisme yang tidak terlalu banyak dan dipengaruhi oleh jumlah gula dari masing-masing medium fermentasi yang berbeda-beda. Pada kecepatan pengadukan 100 rpm, 150 rpm, 200 rpm, dan 250 rpm yaitu 40,59 g/L, 54,45 g/L, 71,05 g/L, 48,66 g/L. Kemudian pada fermentasi 48 jam sampai 96 jam, terjadi penurunan kadar gula secara drastis. Hal ini dikarenakan, pada 48 jam merupakan fase eksponensial dimana mikroorganisme mengkonsumsi larutan gula sebagai produksi bioetanol, pembelahan sel, dan sumber karbon yang digunakan di dalam proses metabolisme mikroorganisme tersebut, sehingga mikroorganisme tersebut bisa tetap hidup dan menghasilkan bioetanol. Dan pada 96 jam merupakan fase stasioner yang mikroorganisme penurunan pembelahan sel,

sehingga larutan gula lebih digunakan sebagai metabolisme mikroorganisme dan menghasilkan bioetanol. Pada akhir fermentasi yaitu pada 120 jam mikroorganisme dalam mengkonsumsi larutan gula mengalami penurunan yang disebabkan mikroorganisme sudah mencapai fase kematian sehingga terjadi penurunan dalam produksi bioetanol, dan larutan gula sisa pada masing-masing variasi kecepatan pengadukan 100, 150, 200, dan 250 rpm secara berturut-turut sebesar 7,17 g/L, 17,57 g/L, 11,61 g/L dan 4,80 g/L. Dari pengaruh kecepatan pengadukan terhadap konsentrasi gula menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi gula sisa pada setiap variasi kecepatan pengadukan dan waktu fermentasi. Hal ini menunjukkan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* telah mengkonversi gula menjadi bioetanol. Perubahan glukosa menjadi bioetanol sangat dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan. Pengadukan perlu dilakukan agar zat pereaksi dapat bertumbukan dengan baik (Februadi, 2012).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan :

1. Bioetanol yang dihasilkan pada kecepatan pengadukan 100 rpm, 150 rpm, 200 rpm, dan 250 rpm yaitu 2%, 2%, 3%, dan 3% berturut-turut.
2. Kondisi optimum dari fermentasi pelepah sawit ini adalah kecepatan pengaduk 250 rpm dan waktu fermentasi 96 jam dengan konsentrasi bioetanol yang diperoleh sebesar 3% (v/v) atau 23,679 g/L.
3. Kecepatan pengadukan berpengaruh terhadap proses fermentasi dalam mengkonversi pelepah sawit menjadi bioetanol.
4. Waktu fermentasi berpengaruh terhadap konsentrasi bioetanol yang dihasilkan, karena semakin lama waktu fermentasi

akan meningkatkan kadar bioetanol sampai waktu tertentu.

5. Bilangan *reynolds* tertinggi diperoleh pada kecepatan pengadukan 250 rpm yaitu 211493,55 menunjukkan bahwa pola aliran turbulen.

4.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini ada beberapa saran yang ingin penulis sampaikan yaitu :

1. Pengecilan bahan baku harus dilakukan dengan ukuran yang sama agar dihasilkan gula awal yang seragam.
2. Ketelitian hasil pengukuran kadar bioetanol sebaiknya menggunakan analisa alat GC (*Gas Chromatography*).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. 2009. Teknologi Fermentasi. *Diktat*. Fakultas Teknik. Universitas Riau.
- Amalia, Y. 2014. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Padat Sagu menggunakan Enzim Selulase dan *Yeast Saccharomyces cerevisiae* dengan Proses Simultaneous Sacharification and Fermentation (SSF) dengan Variasi Konsentrasi Substrat dan Volume Inokulum. *Skripsi*. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Arianie, L dan N. Idiawati. 2011. Penentuan Lignin dan Kadar Glukosa dalam Hidrolisis Organosolv dan Hidrolisis Asam. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, (5)2: 140-150.
- Fatmawati, A., N. Soeseno., N. Ciptadi., dan S. Natalia. 2008. Hidrolisis Batang Padi dengan menggunakan Asam Sulfat Encer. *Jurnal Teknik Kimia UBAYA* (3)1: 187-191. Surabaya.
- Februadi, 2012. Hidrolisis Pati. <http://februadi.com/hidrolisis/987/>. Diakses pada 6 April 2014 (15:07).
- Fitriani, S. Bahri, dan Nurhaeni. 2013. Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea mays*) dari Hasil Proses Delignifikasi. *Jurnal of Natural Science* (3)2:66-74. Fakultas MIPA. Universitas Tadulako.
- Irfanto, H. 2012. Proses *Bleaching* Pelepah Sawit Hasil Hidrolisis Sebagai Bahan Baku Nitroselulosa Dengan Variasi Suhu Dan Waktu Reaksi. *Skripsi*. Fakultas Teknik. Universitas Riau.
- Kardono, B. 2010. Teknologi Pembuatan Bioetanol Berbasis Lignoselulosa Tumbuhan Tropis untuk Produksi Biogasoline. *Laporan Akhir Program Insentif Peneliti dan Perekayasa LIPI Tahun 2010*.
- Kartasmita, G. 1992. Sumber Energi Yang Tersedia Cukup Untuk Ratusan Tahun. *Buletin Pusat Pengembangan Tenaga Perminyakan Gas Bumi* (8)4-8.
- Kunaepah, U. 2008. Pngaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Glukosa Terhadap Aktifitas Anti bakteri, Polifenol Total dan Mutu Kimia Kefir Susu Kacang Merah. *Tesis*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Litbang Deptan. 2010. Pengolahan Pelepah Kelapa Sawit menjadi Pakan, http://lolitkambing.litbang.deptan.go.id/ind/images/stories/pdf/pakan_komplit_pelepah_sawit.pdf. Diakses pada 4 Oktober 2014.
- Perry, P.H, dan Chilton. 1984. "*Perry Chemical Engineering Handbook*" 7th ed. Mc Graw-Hill. Kogashuka, Tokyo.
- Saragih, E. 2013. Pembuatan Nitroselulosa Dari Selulosa Hasil Pemurnian Pelepah Sawit Dengan Hidrogen Peroksida (H₂O₂) Sebagai Bahan Baku Propelan. *Skripsi*. Fakultas Teknik. Universitas Riau.
- Suwono, A. 2004. Indonesia's Potential Contribution of Biomass in Sustainable Energy Development. Conference Proceeding of the 10th APCCHE Congress. the Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering, Kitakyushu Oct. 17 – 21. Japan.