

# PENGARUH JENIS PENGADUK DAN WAKTU FERMENTASI PADA PEMBUATAN BIOETANOL DARI SARI NENAS *REJECT*

**Muh. Wawan Junuansyah, Chairul, Drastinawati**

Laboratorium Teknologi Bioproses

Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293

Email : muhammadwawanjuniansyah@yahoo.com

## **ABSTRACT**

*Bioethanol is a liquid of fermentation of sugars from carbohydrate source that uses the help of microorganisms. Bioethanol is an energy source with good prospects as a substitute for liquid fuels renewable raw materials, friendly to the environment and the very favorable economic terms. One of the materials that can be used as raw material for bioethanol is pineapple. The fermentation process is influenced by several factors, among which the fermentation time and stirring in a liquid medium. Flow pattern and degree of turbulence is an important aspect which affects the quality of mixing that depends on several factors such as tank geometry, physical properties of fluids and type of impeller. Fermentation time very big influence on the activity of yeast because the longer the fermentation, the more number of increasingly active yeast or yeast to proliferate. The process of fermentation using yeast *Sacharomyces cereviceae*. Preparation starter made with yeast inoculum process *Sacharomyces cereviceae* at 10% glucose so that the yeast to multiply. Fermentation takes place in batch, variations in the type of agitator Paddle, pitched Blade Turbine, Turbine Disk and variations in the fermentation time 24, 36, 48, 60 and 72 hours. Stirring speed of 200 rpm and the temperature of fermentation in temperature. Ethanol concentration was analyzed using Alkoholmeter. The optimum fermentation process is shown on the type of agitator pitched Turbine Blade fermentation time of 48 hours with the acquisition of bioethanol concentration of 8.5% (v / v).*

**Keywords** : *Bioethanol, Reject Pineapple, Saccharomyces Cerevisie, Impeller Type, Flow Pattern*

### **1. Pendahuluan**

Berbagai macam upaya dilakukan untuk meningkatkan hasil produksi, kondisi operasi sistem selalu dioptimalkan agar menghasilkan produk yang berkualitas dan dengan jumlah yang banyak. Para peneliti selalu melakukan eksperimen dalam skala laboratorium dengan variabel proses yang bervariasi, contohnya pada pengembangan pembuatan bioetanol dengan bahan baku baru dan terbarukan yaitu dari bahan nabati buah nenas dengan cara fermentasi. Beberapa penelitian telah melakukan

penelitian dengan variabel variasi berupa *yeast* yang digunakan, penambahan nutrisi yang berbeda, pH yang berbeda, penambahan tween 80, konsentrasi fosfor, kecepatan pengadukan serta variasi inokulum. Semua penelitian bertujuan untuk menentukan variasi terbaik dari proses sehingga bisa diaplikasikan untuk mendapatkan kondisi optimum.

Semakin banyak penelitian yang dilakukan maka kondisi operasi yang akan diaplikasikan akan semakin spesifik. Berdasarkan dari permasalahan sebelumnya

untuk mendapatkan kondisi optimum maka didapatkan variasi baru berupa jenis pengaduk. Variasi jenis pengaduk yang digunakan diharapkan dapat meningkatkan hasil bioetanol yang didapatkan pada fermentasi sari nenas *reject*. Jenis pengaduk yang berbeda akan menghasilkan power absorbtion yang berbeda sehingga pola aliran pada larutan berbeda dengan hubungan transfer masa antar fasa, pada kasus ini yaitu perpindahan masa antara mikroorganismenya yang digunakan dengan glukosa yang terkandung pada buah nenas dan nutrisi yang diberikan dengan dilakukan variasi waktu maka akan didapatkan kondisi optimum dari tiap jenis pengaduk yang berbeda.

Indonesia memiliki cadangan minyak bumi sekitar 7,99 barel dan gas alam sekitar 159,64 TSCF (*Trillion Standard Cubic Feet*) pada tahun 2010. Dengan memerhatikan kondisi tersebut dan dibandingkan dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan perekonomian maka sangat diperlukan untuk menemukan energi cadangan baru karena diperkirakan akan habis dalam waktu 23 tahun dan gas alam 55 tahun ke depan. Diperkirakan dalam kurun waktu 40 tahun yang akan datang, kebutuhan energi di Indonesia meningkat sebesar 3,21% per tahun. Untuk memenuhi kebutuhan energi, namun dengan jumlah cadangan energi bahan fosil yang mengurang maka dibutuhkan strategi untuk mensubstitusikan ke energi baru yang terbarukan dengan potensi yang besar di Indonesia salah satunya adalah bioetanol.

Bioetanol merupakan sumber energi dengan prospek yang cukup baik sebagai pengganti bahan bakar cair yang bahannya dapat diperbarui, ramah terhadap lingkungan dan sangat menguntungkan dari segi ekonomi makro pada daerah pedesaan khususnya bagi petani. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan baku bioetanol adalah nenas.

Nenas yang bisa digunakan sebagai bahan baku bioetanol merupakan nenas yang tidak layak jual dikarenakan kondisi buah yang tidak segar, cacat atau ukurannya yang tidak sesuai standar pasaran dimana nenas jenis ini dikategorikan sebagai nenas *reject*. Nenas *reject* jika tetap dipasarkan dinilai tidak ekonomis dan harganya sangat murah atau biasanya hanya digunakan sebagai pakan ternak dan tidak dimanfaatkan secara lanjut, oleh karena itu dilakukan sedikit inovasi terhadap nenas *reject* yang masih bisa dimanfaatkan. Buah nenas sendiri banyak ditanam di daerah Riau dan merupakan salah satu penghasil nenas terbesar di Indonesia dengan kapasitas produksi sebesar 63.030 ton (Badan Pusat Statistik, 2012). Kandungan yang terdapat pada nenas sangat cocok untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Kuantitas nenas *reject* yang ada di daerah Riau cukup mendukung untuk mengembangkan produksi bioetanol dari bahan baku nenas *reject*.

#### Metode Penelitian

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah sari buah nenas *reject*. Buah nenas dicincang kemudian dihaluskan dengan menggunakan blender kemudian sarinya disaring dengan menggunakan kain sebanyak dua kali agar sari yang didapatkan lebih murni, agar sari nenas tidak mengalami konversi menjadi asam maka bahan baku sari pati nenas didinginkan atau dibekukan.

Alat-alat yang akan digunakan dalam pembuatan, penyiapan *starter*, dan pada tahap fermentasi harus disterilisasi terlebih dahulu untuk mencegah terjadinya kontaminasi yang dapat mempengaruhi hasil fermentasi. Sterilisasi dilakukan pada suhu 121°C selama 15 menit dengan menggunakan *autoclave*.

### Penyiapan starter

Pembuatan *starter* yaitu dengan menyiapkan larutan glukosa sebanyak 200 ml sebagai medium pengembang *starter*, medium pengembang yang digunakan sama dengan medium yang akan difermentasikan dengan pH awal 5. Selanjutnya tambahkan nutrisi dengan kadar 1 g/l *yeast extract*; 0,4 g/l  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  (Urea) dan 0,5 gr/l  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  (NPK) kedalam medium pengembang (*starter*) dan diaduk hingga merata (homogen). Larutan tersebut disterilkan dalam autoklaf selama 15 menit pada suhu  $121^\circ\text{C}$ . Kemudian medium pengembang starter didinginkan sampai suhu kamar. Selanjutnya ditambahkan ragi (*Sacharomyces cerevisiae*) sebanyak 20 g/l dan di shaker selama 24 jam.  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  (Urea) berfungsi sebagai sumber nitrogen yang berguna bagi pembentukan asam nukleat dan asam-asam amino,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  (NPK) sebagai sumber  $\text{K}^+$  dan P.  $\text{K}^+$  berfungsi sebagai kofaktor enzim dan P berfungsi sebagai sintesis asam nukleat, ATP, fosfolipid dan senyawa yang mengandung fosfor lainnya, *Yeast Extract*, berupa ragi pengembang roti yang berfungsi sebagai penyedia asam-asam amino tunggal, *growth factor* dan berbagai vitamin yang dibutuhkan sel.

### Penyiapan medium fermentasi

Medium fermentasi yang digunakan adalah sari nenas yang pH substatnya diatur sampai 4,5 dengan menggunakan buffer  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan NaOH. Selanjutnya ditambahkan nutrisi kedalam medium fermentasi dan disterilkan dalam *autoclave* pada suhu  $121^\circ\text{C}$  selama 15 menit, lalu dinginkan sampai suhu kamar.

### Proses Fermentasi

Proses Fermentasi dimulai dengan menambahkan sejumlah *starter* ke dalam medium fermentasi (sari nenas *reject*) dengan komposisi yang sesuai dengan

variabel penelitian, perbandingan yang digunakan adalah 10% volume starter terhadap volume total cairan yaitu 2 liter. Fermentor yang digunakan berukuran 2 liter. Fermentasi dilakukan pada suhu kamar ( $25\text{-}30^\circ\text{C}$ ). Waktu fermentasi divariasikan pada 24, 36, 48, 60, 72, dan 84 jam untuk mengamati pengaruh waktu fermentasi terhadap bioetanol yang dihasilkan. Kontak antara medium fermentasi dengan oksigen dibatasi dengan cara menutup rapat fermentor menggunakan kapas dan kain kasa kemudian dilapisi dengan aluminium foil.

### Proses Pemisahan

Pemisahan bioetanol dari sampel dilakukan dengan menggunakan alat *Rotary evaporator*. *Rotary evaporator* adalah instrumen yang menggunakan prinsip distilasi (pemisahan berdasarkan titik didih).

### Analisa Hasil

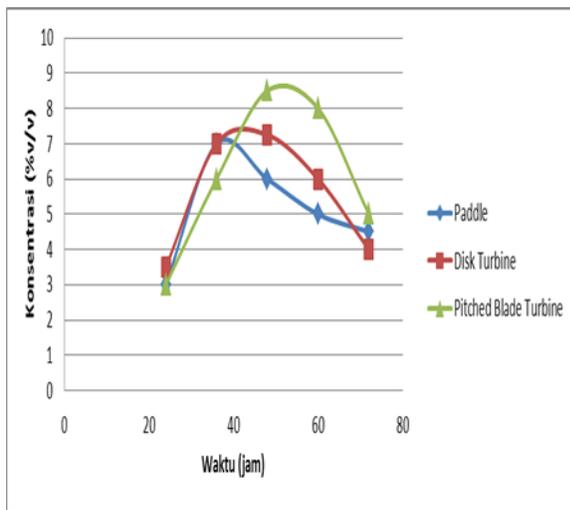
Uji yang dilakukan terhadap kadar etanol sebagai produk fermentasi diukur dengan menggunakan Alkoholmeter dan hasil analisa dinyatakan dalam bentuk grafik hubungan waktu pengambilan sampel versus konsentrasi bioetanol yang dihasilkan .

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Pengaruh Jenis Pengaduk Dan Waktu Fermentasi Nenas *Reject* Terhadap Konsentrasi Bioetanol

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis pengaduk dan waktu fermentasi terhadap konsentrasi bioetanol yang dihasilkan dari fermentasi sari nenas *reject*, kadar bioetanol yang dihasilkan diukur dengan menggunakan alat alkoholmeter. Hasil fermentasi terlebih dahulu diberikan perlakuan dengan menggunakan alat *rotary evaporator* untuk memisahkan kotoran atau impuritis dari hasil fermentasi yaitu sisa nutrisi, biomassa dan lain sebagainya. Data-data yang

didapatkan pada penelitian ini ditampilkan dalam variasi jenis pengaduk terhadap konsentrasi bioetanol hasil fermentasi sari nenas reject dalam bentuk grafik sehingga dapat dibaca dengan mudah dan dianalisa untuk kondisi terbaik dari tiap-tiap jenis pengaduk yaitu dengan mengalurkan waktu fermentasi variasi jenis pengaduk *Paddle*, *Pitched Blade Turbine* dan *Disk Turbine*. Konsentrasi bioetanol yang diperoleh pada masing-masing variabel penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.

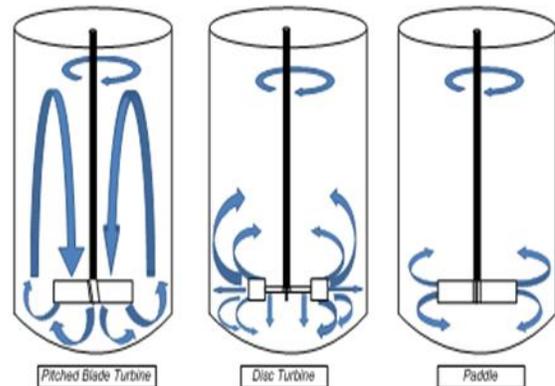


**Gambar 3.1.** Pengaruh Jenis Pengaduk dan Waktu Fermentasi Nenas *Reject* Terhadap Konsentrasi Bioetanol.

Gambar 3.1. adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara waktu pengambilan hasil fermentasi dengan variasi jenis pengaduk yang digunakan terhadap konsentrasi bioetanol yang dihasilkan. Dari grafik bisa disimpulkan bahwa pada jenis pengaduk *pitched blade turbine* menghasilkan kadar bioetanol yang tertinggi yaitu 8,5 %(v/v) pada waktu pengambilan sampel jam ke-48, dengan konsentrasi bioetanol masing-masing 3,0; 6,0; 8,5; 8,0; dan 5,0 %(v/v). Untuk jenis pengaduk disk turbine diperoleh konsentrasi bioetanol tertinggi yaitu 7,25 %(v/v) pada waktu pengambilan sampel jam ke-48, dengan konsentrasi bioetanol masing-masing 3,5;

7,0; 7,25; 6,0; dan 4,5 %(v/v). Sedangkan pada jenis pengaduk *paddle* diperoleh konsentrasi bioetanol tertinggi yaitu 7,0 %(v/v) pada waktu jam ke-36, dengan konsentrasi bioetanol masing-masing 3,0; 7,0; 6,0; 5,0; dan 4,5 %(v/v).

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 jenis pengaduk yang digunakan (Perry, 1984). *Yeast* dan nutrisi memiliki densitas yang lebih besar dari substrat sari nenas *reject* sehingga saat fermentasi berlangsung di dalam fermentor tanpa pengadukan maka yeast dan nutrisi akan mengendap di dasar fermentor yang menyebabkan tidak terjadinya homogenitas dalam pencampuran (Kamiri et al, 2013). Untuk itu dibutuhkan jenis pengaduk dengan pola aliran yang bisa menghomogeniskan yeast dan nutrisi di dalam fermentor secara sempurna. Pola aliran yang dihasilkan pada jenis pengaduk pada penelitian ini ditampilkan pada Gambar 3.2

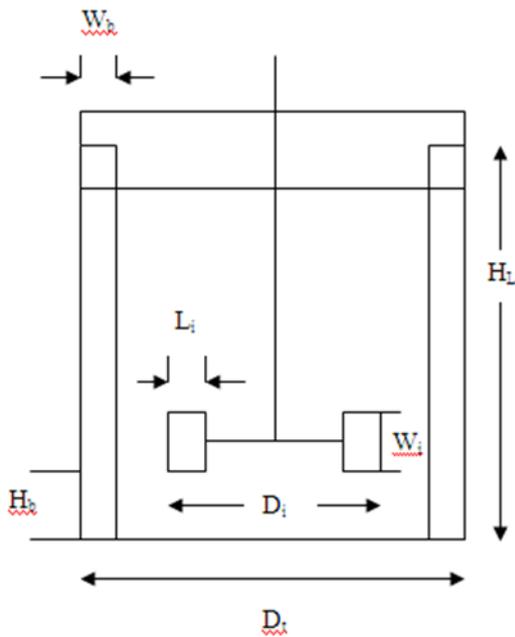


**Gambar 3.2.** Pola Aliran dan Variasi Jenis Pengaduk (Amru, 2014)

Dari Gambar 3.2 memberikan pernyataan bahwa pola aliran yang dihasilkan oleh jenis pengaduk *pitched blade turbine* adalah pola aliran aksial

dominan dan sedikit pola aliran radial dan tangensial. Pola aliran aksial dominan disebabkan oleh bentuk rancangan *blade* (daun) pengaduk yang memiliki kemiringan  $45^\circ$ . Sedangkan pola aliran radial dihasilkan dari pembelokan arus yang bergerak ke arah horizontal setelah mencapai dinding akan dibelokkan ke atas atau ke bawah. Selanjutnya pola aliran tangensial dihasilkan dari perputaran poros tangkai pengaduk (Amru, 2014).

Pada Gambar 3.3 menggambarkan parameter-parameter pada fermentor terhadap jenis pengaduk yang digunakan, setiap jenis pengaduk yang digunakan akan menghasilkan daya yang berbeda sehingga power absorption terhadap fluida akan berbeda pula ini dikarenakan perbedaan pola aliran yang dihasilkan oleh setiap jenis pengaduk yang berbeda (Riadi. L, 2007).



**Gambar 3.3.** Parameter Fermentor Terhadap Daya yang Dihasilkan (Rieke.L, 2007).

Pada Tabel 3.1 menunjukkan rincian parameter-parameter yang berbeda dari setiap jenis pengaduk atau tipe impeller

yang berbeda, sehingga pada penelitian ini didapatkan hasil bioetanol yang berbeda pada variasi jenis pengaduk *pitched blade turbine*, *disk turbine* dan *paddle* dikarenakan penyerapan nutrisi dan suplai oksigen terlarut yang ada di dalam substrat hal ini sesuai dengan pernyataan Riadi.L (2007) bahwa tiap tipe impeller yang berbeda menghasilkan *power absorption* yang berbeda karena daya yang diciptakan tiap tipe impeller sehingga membentuk pola aliran dominan aksial untuk *pitched blade turbine*, pola aliran radial untuk *disk turbine* dan pada jenis pengaduk *paddle* menghasilkan pola aliran tangensial.

**Tabel 3.1.** Parameter Fermentor Tiap Tipe Impeller.

Tipe Impeller	$\frac{D_i}{D_t}$	$\frac{H_L}{D_t}$	$\frac{L_i}{D_i}$	$\frac{W_i}{D_i}$	$\frac{H_b}{D_i}$	$\frac{W_b}{D_i}$
Disk Turbine	0,33	1,0	0,25	0,2	1,0	0,1
Paddle Pitched Blade	0,33	1,0	-	0,25	1,0	0,1
Turbine	0,33	1,0	-	-	1,0	0,1

**Sumber :** Danel I.C. Wang et, all 1978.

Dari Gambar 3.1 menunjukkan gambaran bahwa kondisi terbaik pada jenis pengaduk *pitched blade turbine* dengan kadar etanol sebesar 8,5% (v/v) pada waktu fermentasi jam ke-48. Pernyataan Kurniawan (2011) sesuai dengan hasil dalam penelitian yang menyatakan bahwa jenis pengaduk terbaik untuk fermentasi yang menghasilkan konsentrasi bioetanol adalah jenis pengaduk yang menghasilkan pola aliran aksial dominan (*Propeller*). Hasil dari penelitian ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Amru (2014) dengan menggunakan jenis pengaduk yang menghasilkan pola aliran aksial yang lebih dominan yaitu *pitched blade*

*turbine* yang memiliki jenis pola aliran yang sama dengan jenis pengaduk *propeller* yang diteliti oleh Kurniawan (2011). Aliran aksial dan radial yang terbentuk berguna dalam suspensi padatan *yeast* dan nutrisi yang memiliki densitas lebih besar karena aliran langsung ke bawah dan akan menyapu padatan ke bagian atas fermentor (Geankoplis, 1997). Profil aliran dan derajat turbulensi merupakan aspek penting yang mempengaruhi kualitas pencampuran sedangkan pola aliran dan faktor turbulensi yang dihasilkan bergantung pada beberapa faktor antara lain geometri tangki, sifat fisik fluida dan jenis pengaduk yang digunakan (Perry, 1984).

Jenis pengaduk disk turbine pada Gambar 3.2 memiliki komponen pola aliran radial yang dominan dimana impeller tersebut akan menyebabkan fluida mengalir ke samping dan membentur dinding kemudian sebagian belok ke tengah dan sebagian belok ke bawah lalu kembali ke tengah dan begitu seterusnya dan juga memiliki sedikit aliran tangensial yang dihasilkan dari putaran poros tangkai pengaduk. *Disk turbine* ini cocok digunakan pada kecepatan tinggi dan memiliki pola aliran radial sehingga homogenitas *yeast* dan nutrisi hanya dibagian bawah dan tengah fermentor sedangkan dibagian atas fermentor tidak tercapai (Amru, 2014). Sedangkan untuk jenis pengaduk *paddle*

berdasarkan pengamatan pada Gambar 4.2, pengaduk *paddle* menghasilkan dua aliran yaitu aliran tangensial yang dominan dan sedikit aliran radial tanpa adanya aliran aksial. Pengaduk jenis *Paddle* tidak efektif digunakan untuk suspensi padatan *yeast* dan nutrisi karena aliran tangensial yang dominan akan menyebabkan homogenisasi tidak terjadi pada bagian atas fermentor.

Semakin lamanya waktu fermentasi, kandungan glukosa yang akan dikonversi menjadi bioetanol semakin menurun sedangkan konsentrasi bioetanol semakin meningkat hal ini dikarenakan *yeast saccharomyces cerevisiae* mengkonsumsi glukosa sari nenas *reject* dengan hasil metabolisme berupa bioetanol. Tetapi peningkatan konsentrasi bioetanol hasil fermentasi hanya sampai pada titik terbaik atau titik optimum variasi jenis pengaduk tersebut.

### 3.2 Perbandingan Konsentrasi Bioetanol Penelitian ini dengan Penelitian Lainnya.

Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan percobaan mengkonversi gula dari berbagai macam substrat menjadi bioetanol dengan berbagai variabel bebas. Berikut perbandingan konsentrasi bioetanol penelitian ini dengan beberapa penelitian lainnya yang ditunjukkan pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2.** Perbandingan Konsentrasi Bioetanol dengan Penelitian Lainnya

Substrat	Variabel Berubah	Konsentrasi Bioetanol %	Mikroorganisme Yang Berperan	Peneliti
Nenas <i>Reject</i>	Kadar Fosfor	7	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Sarifah (2012)
Gula Murni	Jenis Pengaduk ( <i>Propeller, Turbin, Paddle</i> )	13,325	<i>Schizosacharomyces Pombe</i>	Kurniawan (2011)
Nira Nipah	Jenis Pengaduk ( <i>Pitched Blade Turbine, Disk Turbine, Paddle</i> )	10,72	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Amru (2014)
Nenas <i>Reject</i>	Jenis Pengaduk ( <i>Pitched Blade Turbine, Disk</i> )	8,5	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Penelitian ini

Dilihat dari Tabel 3.2, penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan (2011) mendapatkan konsentrasi bioetanol paling tinggi dibandingkan dengan penelitian lainnya, substrat yang digunakan adalah gula murni dengan kadar bioetanol sebesar 13,235% (v/v) sedangkan pada penelitian ini hanya didapatkan bioetanol sebesar 8,5 % (v/v). Hal ini dikarenakan Kurniawan (2011) menggunakan *yeast Schizosacharomyces Pombe* yang ditambahkan pada batu apung di dalam bioreaktor tangki berpengaduk yang mengakibatkan aktivitas sel meningkat untuk mengkonversi glukosa menjadi bioetanol namun penelitian ini mendapatkan hasil bioetanol yang lebih besar dibandingkan penelitian yang dilakukan oleh Sarifah (2012) yang substratnya sama-sama menggunakan sari nenas *reject* namun dengan variabel yang berbeda yaitu dengan penambahan fosfor yaitu sebesar 7% (v/v). Hasil bioetanol yang didapatkan oleh Amru (2014) lebih besar dibandingkan dengan penelitian ini karena konsentrasi kandungan gula substrat, konsentrasi gula substrat nira nipah yang diteliti Amru (2014) lebih besar dibandingkan konsentrasi gula dari sari nenas *reject*.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilaksanakan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Jenis pengaduk berpengaruh terhadap aktivitas *saccharomyces cereviceae* dalam mengkonversi sari nenas *reject* menjadi bioetanol, karena pada jenis pengaduk yang berbeda maka pola aliran yang dihasilkan akan berbeda pula. Pola aliran terbaik untuk konversi bioetanol adalah pola aliran aksial yang dominan dan sedikit aliran radial dan tangensial seperti pada pengaduk *pitched blade turbine*.

2. Waktu fermentasi berpengaruh terhadap konsentrasi bioetanol yang dihasilkan, karena semakin lama waktu fermentasi akan meningkatkan kadar bioetanol sampai titik optimumnya.
3. Kondisi optimum dari fermentasi sari nenas *reject* ini adalah pada jenis pengaduk *pitched blade turbine* dan waktu fermentasi jam ke-48.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amru.K.N. 2014. *Pengaruh Jenis Pengaduk dan Waktu Fermentasi Terhadap Fermentasi Nira Nipah Menjadi Bioetanol Menggunakan Yeast Saccharomyces Cerevisiae*. Skripsi. Universitas Riau. Pekanbaru
- Badan Pusat Statistik. 2012. *Daerah Penghasil Nenas di Indonesia*. Jakarta
- Bioenergi. 2009, *Bioetanol*. [www.energibio.wordpress.com/bioetanol](http://www.energibio.wordpress.com/bioetanol) diakses pada 24 Desember 2014 pkl : 20.00 wib
- Daniel.I.C. Wang. Et,all. 1979. *Fermentation and Enzyme Technology*. Karolinska Institute. Canada
- Geankoplis, C.J.(1997). *Transport Processes and Unit Operation*. Prentice- Hall International.
- Kirk, J., dan Othmer, (1994), *Encyclopedia of Chemical Technology*. Vol. 10 Fourth Edition, John Wiley and Sons, Inc
- Kurniawan, R. 2011, *Pengaruh Jenis Dan Kecepatan Pengaduk Pada Fermentasi Etanol Secara Sinambung Dalam Bioreaktor Tangki Berpengaduk Sel Tertambat*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik Industri Itenas Bandung, Bandung

- Perry, P.H, dan Chilton. (1984). "*Perry Chemical Engineering Handbook*" 7<sup>th</sup> ed. Mc Graw-Hill. Kogashuka: Tokyo.
- Rayana, M., 2013, *Variasi Kecepatan Pengadukan dan Waktu pada Pembuatan Bioetanol dari Pati Sorgum dengan Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SSF)*, skripsi, Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Rieke. L. 2007. *Teknologi Fermentasi*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Sarifah. 2012. *Pengaruh Penambahan Forfor dan Waktu Fermentasi Nenas Reject dengan Menggunakan Yeast Saccharomyces Cerevisiae*. Skripsi. Universitas Riau. Pekanbaru
- Supriono, T, 2008, *Kandungan Beta Karoten, Polifenol Total dan Aktivitas "Merantas" Radikal Bebas Kefir Susu Kacang Hijau (Vigna radiate) Oleh Pengaruh Jumlah Starter (Lactocacillus bulgaricus dan Candida kefir) dan Konsentrasi Glukosa*. Skripsi Sarjana, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Treybal, R.E. (1981). *Mass Transfer Operations*. Singapore: McGraw-Hill.
- Walas, S., M., 1990, *Chemical Process Equipment*, Butterworth-Heinemann, United States of America.