

Pengaruh Laju Alir Terhadap Substrat Pada Fermentasi *Reject* Nanas Menjadi Bioetanol Secara Kontinu

Okky Rizky Sinaga¹, Adrianto Ahmad², Sri Rezeki Muria²

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km. 12,5 Pekanbaru 28293

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km. 12,5 Pekanbaru 28293
Telp. 083186812491; okkynbx@gmail.com

ABSTRACT

Today, the world's need for energy is increasing while the supply of energy from fossil fuels that have been relied upon a limited number. Therefore, it is necessary that alternative energy sources are able to overcome the energy crisis. One of the alternative energy sources are being developed is bioethanol. Bioethanol can be produced by fermentation of glucose using the yeast Saccharomyces cerevisiae. One of source of glucose is pineapple. This research aims to make bioethanol from pineapple fruit skin using continuous fermentation method with a flow rate variations. Fixed variable used is the 5-liter, pH 4.5, inoculum levels of 0.3%, 0.5% urea, phosphorus levels and temperature fermentation 0.08% used is room temperature. Variable changes used are changes in feed flow rate is 5 L / day; 2.5 L / day; 1.67 L / day; 1:25 L / day and 1L / day. Experimental procedure includes pretreatment, inoculation, fermentation and purification using a vacuum evaporator. Analysis performed is analyzing glucose and ethanol concentration analysis. The results were obtained concentration of ethanol in the steady state condition for the flow rate of 5L / day as much as 5% v / v; 2.5 L / day by 7% v / v; 1.67 L / day as much as 6.5% v / v; 1.25 L / day as much as 6% v / v; and 1 L / day as much as 4% v / v. The highest ethanol concentration was obtained at a flow rate of 2.5L / day as much as 7%. This study suggests that the concentration of ethanol fermentation results increases with the flow rate of the substrate to achieve the optimal flow rate then decreased after reaching the optimum flow rate.

Keywords: *bioethanol, continuous, pineapple skin, saccharomyces cerevisiae*

1. Pendahuluan

Energi merupakan salah satu permasalahan utama yang sedang marak dihadapi oleh masyarakat dunia, termasuk negara Indonesia. Permasalahan yang sedang dihadapi ini meliputi meningkatnya konsumsi bahan bakar minyak (BBM) yang tidak diimbangi dengan produksinya. Penggunaan BBM di Indonesia saat ini mencapai 215 juta liter per hari, padahal yang diproduksi di dalam negeri 178 juta

liter per hari. Oleh karena itu kekurangannya 37 juta liter per hari masih harus diimpor. Kenaikkan BBM yang rata-rata mencapai 150% menyebabkan masyarakat mulai melirik energi alternatif yang lebih murah. Salah satu bahan bakar yang mulai dirintis pengembangannya di Indonesia adalah penggunaan etanol sebagai bahan bakar (Octari, 2012).

Etanol merupakan salah satu energi alternatif yang relatif murah ditinjau dari aspek produksinya dan relatif ramah

lingkungan. Etanol berbasis nabati dikenal sebagai bioetanol (Octari, 2012). Bioetanol adalah salah satu bahan bakar alternatif paling populer yang diproduksi dengan proses biologi dari berbagai sumber biomassa seperti selulosa, lignoselulosa, pati, dan gula dari berbagai sumber.

Indonesia merupakan salah satu negara dengan luas areal perkebunan nanas terbesar di Asia yaitu mencapai lebih dari 165.690 hektar. Pada tahun 2005, di Riau produksi buah nanas mencapai 8000 buah per hari yang terpusat di Desa Tambang, Kecamatan Tambang, Kampar dengan luas areal perkebunan mencapai 150 hektar. Jumlah ini sebagian besarnya akan menghasilkan *reject* nanas dalam jumlah yang besar. *Reject* nanas merupakan limbah dari buah nanas yang telah busuk yang masih mengandung glukosa. Melalui proses fermentasi, glukosa yang terkandung di dalam *reject* nanas dapat dikonversi menjadi bioetanol.

Proses fermentasi berlangsung dengan mencampurkan ragi roti *Saccharomyces cerevisiae* ke dalam gelas erlenmeyer yang telah berisi substrat yang digoyang menggunakan *shacker* pada kondisi tertentu. Selama ini *reject* nanas belum dimanfaatkan dan terbuang begitu saja. *Reject* nanas yang terbuang begitu saja tentu dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu pembuatan bioetanol dari *reject* nanas ini dapat meningkatkan nilai tambah dan menjadi produk yang bernilai ekonomi tinggi serta membantu masyarakat dalam menemukan bahan baku energi alternatif yang ramah lingkungan berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui (Octari, 2012).

1. Metodologi

Tahap pertama *Reject* nanas dipotong-potong agar mudah dihancurkan dengan alat *blender* sehingga didapat sari nanas yang bebas dari ampasnya. Sari nanas kemudian dicampur dengan urea sebanyak 0,5% urea dan 0,08 % fosfor sebagai nutrisi dan mineral bagi

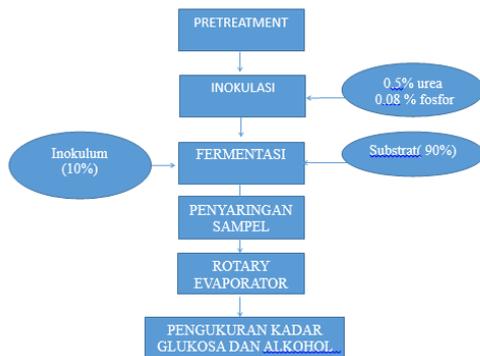
mikroorganisme. Kemudian sari nanas di sterilkan dengan menggunakan *autoklaf* pada suhu 121 °C selama 15 menit. Lalu sari nanas yang didapat diambil sebanyak 10 ml kemudian sampel tersebut dianalisa konsentrasi glukosanya dengan spektrofotometer.

Tahap selanjutnya yaitu persiapan yeast inokulum atau inokulasi. Sebelum mempersiapkan inokulum semua peralatan dan media disterilkan di dalam *autoklaf* pada suhu 121 °C selama 15 menit. Inokulum dibuat dengan cara mencampurkan substrat berupa sari nanas sebanyak 10% dari media fermentasi dan 0,3% mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae*. Campuran tersebut kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer sebagai media inokulasi. Media inokulasi kemudian dimasukkan ke dalam inkubator selama 1 hari .

Tahap selanjutnya yaitu proses fermentasi Media fermentasi dimasukkan kedalam fermentor kemudian diikuti dengan dimasukkannya inokulum ke dalam fermentor. Starter didiamkan di fermentor selama 3 hari untuk pembiakan *Saccharomyces cerevisiae*. Setelah 3 hari, substrat dialirkan dengan variasi laju alir yang sudah ditetapkan yaitu 5 L/hari; 2,5 L/ hari; 1,67 L/hari; 1,25 L/hari dan 1 L/hari. Sampel diambil 250 ml setiap 24 jam, sampel diambil hingga tercapai kondisi *steady state*. Filtrat dari sampel tersebut diukur konsentrasi bioetanolnya dengan menggunakan alkoholmeter serta konsentrasi glukosa menggunakan *Spektrofotometer*. Sampel dimurnikan dengan menggunakan *rotary evaporator*.

Tahap terakhir adalah tahap pemurnian sampel produk menggunakan *rotary evaporator* untuk keperluan analisa konsentrasi alkohol menggunakan alkoholmeter dan analisa konsentrasi glukosa menggunakan *spektrofotometer*. Sampel diambil sebanyak 200 ml kemudian sampel diproses menggunakan *rotary evaporator* selama 15 menit sehingga didapat kondensat yang diinginkan. Untuk

lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Blok Diagram Tahapan Penelitian

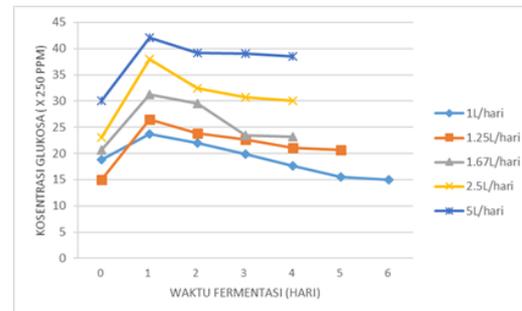
2. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh Laju Alir Terhadap Konsumsi Glukosa Total

Laju alir berbanding lurus dengan waktu proses fermentasi, semakin cepat laju alir akan menyebabkan waktu proses fermentasi semakin cepat dikarenakan dengan laju alir substrat yang cepat, waktu tinggal substrat didalam fermentor akan semakin singkat. Jika waktu proses fermentasi semakin lama akan menyebabkan glukosa sebagai bahan baku proses fermentasi akan semakin berkurang dikarenakan glukosa terus dikonsumsi dan dikonversi menjadi bioetanol oleh *saccharomyces cerevisiae*. Menurut Prametha (2013) dalam Judoamidjojo dkk (1992) berubahnya glukosa menjadi bioetanol terjadi karena enzim zimase dan enzim invertase yang dihasilkan oleh *saccharomyces cerevisiae*, dimana kinerja dari enzim invertase yaitu menghidrolisis disakarida menjadi monosakarida. Sedangkan enzim zimase melanjutkan mengubah monosakarida menjadi Bioetanol dan gas CO₂.

Pada penelitian ini analisa glukosa dilakukan dengan menggunakan reagen antron dan alat *spektrofotometer*. Analisa menggunakan reagen antron dilakukan untuk menganalisa gula total hal ini sesuai

dengan analisa pada penelitian ini dimana *saccharomyces cerevisiae* menghidrolisis disakarida menjadi monosakarida kemudian mengubahnya menjadi bioetanol dan gas CO₂. Pengambilan sampel untuk analisa glukosa dilakukan setiap 24 jam dengan hasil analisa dapat dilihat pada **Gambar 3.2**



Gambar 3.2. Pengaruh Laju Alir Substrat Terhadap Konsentrasi Gukosa

Dari **Gambar 3.1** dapat dilihat bahwa pada konsentrasi glukosa awal untuk laju alir pertama yaitu 1L/hari cukup rendah hal ini dikarenakan proses sebelumnya yaitu proses pembiakan selama 3 hari dalam kondisi *batch*, sehingga sebagian glukosa sebagai substrat telah dikonsumsi oleh *saccharomyces cerevisiae*. Setelah substrat pada variasi laju alir pertama dialirkan konsentrasi glukosa meningkat, hal ini dikarenakan pada substrat yang dialirkan ini memiliki konsentrasi yang lebih besar karena belum dikonsumsi oleh *saccharomyces cerevisiae*. Seiring dengan waktu konsumsi glukosa oleh *saccharomyces cerevisiae* semakin besar hal ini ditandakan dengan menurunnya konsentrasi glukosa. Pada hari ke 5 proses mencapai kondisi *steady state* dimana terjadi kesetimbangan antara laju alir substrat dengan laju alir konsumsi substrat oleh *saccharomyces cerevisiae* yang ditandakan dengan stabilnya konsentrasi glukosa sejak hari ke 5 dengan hanya terdapat sedikit perubahan. Hal yang sama terjadi pada laju alir berikutnya dengan konsentrasi pada saat mencapai kondisi *steady state* dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Konsentrasi glukosa berbagai variasi laju alir pada saat *steady state*

laju alir (L/Hari)	Konsentrasi Glukosa pada saat <i>steady state</i> (ppm)
1	3892
1.25	5272
1.67	5872
2.5	7672
5	9792

Dari **Tabel 3.1**, dapat dilihat bahwa semakin tinggi laju alir substrat akan mengakibatkan konsentrasi glukosa pada produk semakin tinggi, dengan konsentrasi glukosa tertinggi terdapat pada variabel laju alir tertinggi yaitu 5 L/hari. Hal ini dikarenakan dengan semakin tingginya laju alir substrat akan menyebabkan glukosa yang disuplai kedalam fermentor semakin besar sehingga konsentrasi glukosa yang keluar bersama produk akan semakin besar juga. Pendapat ini sesuai dengan Judoamidjojo dkk (1992), dimana semakin besar laju alir substrat akan menyebabkan konsentrasi glukosa didalam fermentor semakin besar.

3.2 Pengaruh Laju Alir Terhadap Konsentrasi Bioetanol Yang Dihasilkan

Pada penelitian ini fermentasi dilakukan secara berkesinambungan dengan variasi laju alir 1 L/hari, 1.25L/hari, 1.67L/hari, 2.5L/hari dan 5L/hari. Proses fermentasi dilakukan untuk masing-masing variabel berubah hingga tercapai kondisi *steady state* yang ditandai dengan konsentrasi bioetanol hasil fermentasi telah mencapai keadaan tunak. Laju alir berbanding lurus dengan waktu tinggal substrat dimana semakin cepat laju alir maka semakin cepat juga waktu tinggal substrat didalam fermentor. Untuk masing-masing laju alir memiliki waktu tinggal 5 hari, 4 hari, 3 hari, 2 hari dan 1 hari.

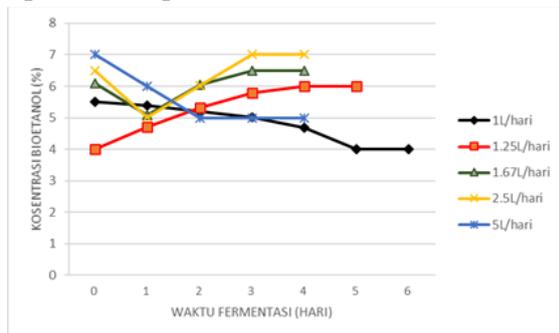
Waktu fermentasi adalah waktu yang dibutuhkan oleh *Saccharomyces cerevisiae* mengubah atau memfermentasi glukosa menjadi bioetanol. Pada proses fermentasi, waktu fermentasi mempengaruhi

konsentrasi bioetanol yang dihasilkan. Lama fermentasi yang dapat dilihat dari lamanya waktu tinggal substrat dalam fermentor sangat mempengaruhi konsentrasi bioetanol yang dihasilkan. Semakin lama waktu fermentasi maka semakin tinggi konsentrasi bioetanol yang dihasilkan hingga tahap tertentu. Jika bioetanol yang terkandung di dalam substrat tinggi maka hal ini justru akan berpengaruh buruk terhadap pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*. Oleh karena itu dibutuhkan lama fermentasi yang tepat untuk proses fermentasi bioetanol agar didapatkan konsentrasi etanol dalam jumlah yang tinggi [Azizah, 2012].

Sebelum memulai fermentasi dilakukan proses pembiakan *Saccharomyces cerevisiae* selama 3 hari dalam kondisi *batch*. Menurut Sari dkk (2008), lama inkubasi yang paling optimal untuk proses pembuatan bioetanol pada fermentasi *batch* oleh *Saccharomyces cerevisiae* adalah 3 hari. Jika fermentasi dilakukan lebih dari 3 hari, justru konsentrasi bioetanolnya dapat berkurang. Berkurangnya kadar konsentrasi bioetanol disebabkan karena bioetanol telah dikonversi menjadi senyawa lain, misalnya ester. Menurut Kunaeph (2008) jika terlalu lama waktu fermentasi maka jumlah mikroba semakin menurun, dan akan menuju ke fase kematian karena bioetanol yang dihasilkan semakin banyak dan nutrient yang ada sebagai makanan mikroba semakin menurun. Berdasarkan penelitian Sari dan Kunaeph inilah peneliti melakukan waktu pembiakan selama 3 hari.

Proses fermentasi dimulai dari variabel laju alir 1L/hari yang merupakan laju alir paling lambat diantara semua variabel berubah. Setelah variabel berubah pertama telah mencapai kondisi *steady state* proses fermentasi dilanjutkan dengan menggunakan variabel berubah yang kedua sehingga proses fermentasi pada variabel berubah kedua merupakan proses lanjutan dari fermentasi menggunakan

variabel berubah pertama dan begitu seterusnya, sehingga untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3.3. Pengaruh Laju Alir Substrat Terhadap Konsentrasi Bioetanol

Pada **Gambar 4.2** dapat terlihat untuk laju alir 1L/hari konsentrasi bioetanol awal hasil fermentasi sebesar 5.5 % dan terus menurun hingga tercapai kondisi *steady state* pada hari ke 5 dengan konsentrasi bioetanol 4 %. Konsentrasi bioetanol awal yang besar dikarenakan pada proses sebelumnya yaitu pada proses pembiakan *saccharomyces cerevisiae* selama 3 hari, bioetanol telah dihasilkan. Penurunan konsentrasi bioetanol dikarenakan substrat yang terus dialirkan masuk tetapi tidak dapat diimbangi dengan produksi bioetanol yang mengakibatkan terjadinya proses pengenceran dari konsentrasi awal hingga mencapai keadaan *steady state* dengan konsentrasi bioetanol sebesar 4 %. Proses pengenceran ini terjadi juga pada proses fermentasi kontinu oleh Febriningrum (2009)

Pada laju alir 1.25 L/hari kondisi *steady state* tercapai pada hari keempat dengan konsentrasi bioetanol 6 %. Untuk laju alir 1.67 L/hari kondisi *steady state* tercapai pada hari ke 3 dengan konsentrasi bioetanol pada kondisi *steady state* sebesar 6.5% . Pada laju alir 2.5 L/hari kondisi *steady state* tercapai pada hari ke 3 dengan konsentrasi bioetanol 7 %, dimana pada laju alir inilah bioetanol dihasilkan dengan konsentrasi tertinggi. Untuk variabel laju alir terakhir yaitu 5L/hari kondisi *steady state* tercapai pada hari ke 2 dengan konsentrasi bioetanol 5%.

Konsentrasi bioetanol awal yang besar pada laju alir 1L/ hari dikarenakan pada proses sebelumnya yaitu pada proses pembiakan *saccharomyces cerevisiae* selama 3 hari, bioetanol telah dihasilkan. Penurunan konsentrasi bioetanol dikarenakan substrat yang terus dialirkan masuk tetapi tidak dapat diimbangi dengan produksi bioetanol yang mengakibatkan terjadinya proses pengenceran dari konsentrasi awal hingga mencapai keadaan *steady state* dengan konsentrasi bioetanol sebesar 4%. Pada laju alir 1.25 L/ hari konsentrasi awal bioetanol sebesar 4% dipengaruhi oleh proses fermentasi sebelumnya yaitu pada laju alir 1L/hari kemudian terus meningkat yang menandakan produktifitas *saccharomyces cerevisiae* lebih aktif sehingga menghasilkan bioetanol yang lebih besar dari sebelumnya. Peningkatan ini terus berlangsung hingga mencapai kondisi *steady state* dengan konsentrasi bioetanol sebesar 6%. Untuk laju alir 1.67L/hari, konsentrasi bioetanol awal sebesar 6 % dipengaruhi oleh laju alir sebelumnya yaitu laju alir 1.67L/hari, kemudian menurun dikarenakan produktifitas awal bioetanol masih belum bisa mengimbangi konsentrasi awal sehingga terjadi proses pengenceran. Pada hari ke 2 terjadi peningkatan konsentrasi bioetanol yang menandakan produktifitas *saccharomyces cerevisiae* lebih aktif sehingga menghasilkan bioetanol yang lebih besar dari sebelumnya. Peningkatan ini terus berlangsung hingga mencapai kondisi *steady state* dengan konsentrasi bioetanol 6.5%, hal yang sama terjadipada laju alir 2.5L/hari dengan konsentrasi bioetanol pada kondisi *steady state* sebesar 7%. Untuk laju alir 5L/hari, Keadaan yang terjadi sama dengan pada laju alir 5L/hari dimana konsentrasi bioetanol awal dipengaruhi laju alir sebelumnya yaitu 2.5L/hari dengan konsentrasi bioetanol sebesar 7%. Penurunan konsentrasi bioetanol dikarenakan substrat yang terus dialirkan masuk tetapi tidak dapat

diimbangi dengan produksi bioetanol yang mengakibatkan terjadinya proses pengenceran dari konsentrasi awal hingga mencapai keadaan *steady state* dengan konsentrasi bioetanol sebesar 5%.

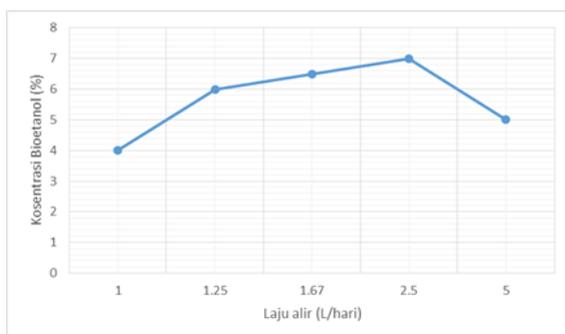
Dari **Gambar 3.3** dapat kita lihat bahwa variabel laju alir berbeda memiliki waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi *steady state* dan konsentrasi bioetanol yang berbeda pula. Untuk lebih jelasnya dapat kita lihat pada **Tabel 3.2**

Tabel 3.2 Data Konsentrasi Bioetanol Hasil Fermentasi

Laju alir	Waktu untuk mencapai <i>steady state</i> (hari)	Konsentrasi Bioetanol (%)
1L/hari	6	4
1.25L/hari	4	6
1.67L/hari	3	6.5
2.5L/hari	3	7
5L/hari	2	5

Fermentasi kontinu dirancang agar proses fermentasi berhenti pada fase stasioner dimana bioetanol yang dihasilkan optimum sehingga proses fermentasi kontinu yang berlangsung terus-menerus dapat menghasilkan bioetanol dalam kondisi yang optimum juga. Menurut Roukas (1996), penurunan bioetanol terjadi pada konsentrasi glukosa berlebih sebagai efek inhibisi substrat dan produk.

Konsentrasi bioetanol pada saat mencapai kondisi *steady state* untuk masing-masing laju alir dapat dilihat pada **Gambar 3.4**



Gambar 3.4. Konsentrasi Bioetanol Pada Kondisi *Steady State*

Pada **Gambar 3.4** dapat dilihat bahwa pada saat mencapai kondisi *steady state* terjadi kenaikan konsentrasi bioetanol

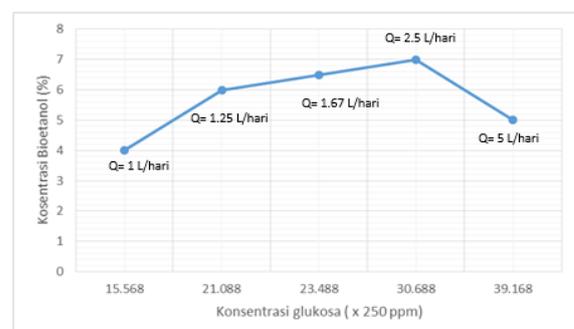
seiring dengan bertambahnya laju alir substrat hingga pada laju alir 2.5 L/hari. Menurut Judoamidjojo dkk (1992) kenaikan laju alir substrat akan menyebabkan konsentrasi glukosa meningkat. Dengan semakin meningkatnya konsentrasi glukosa sebagai bahan baku fermentasi akan menyebabkan kenaikan konsentrasi bioetanol.

Pada **Gambar 3.4** dapat dilihat bahwa pada laju alir ke 5 yaitu laju alir 5 L/hari bioetanol yang dihasilkan menurun hal ini dikarenakan waktu tinggal substrat didalam fermentor terlalu kecil yang mengakibatkan kontak substrat dan *Saccharomyces cerevisiae* tidak berlangsung lama sehingga produktifitas *Saccharomyces cerevisiae* menurun.

Berdasarkan **Tabel 3.2, Gambar 3.3 dan 3.4** dapat disimpulkan bahwa laju alir optimum untuk proses fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* adalah 2.5 L/hari dengan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi *steady state* adalah 3 hari.

2.3 Pengaruh Konsentrasi Glukosa Terhadap Konsentrasi Bioetanol Yang Dihasilkan

Konsentrasi glukosa sebagai bahan baku sangat berpengaruh pada konsentrasi bioetanol yang dihasilkan. Hubungan antara kadar konsentrasi glukosa terhadap konsentrasi bioetanol yang dihasilkan dapat dilihat pada **Gambar 3.5**.



Gambar 3.5. Hubungan Antara Konsentrasi Bioetanol Dan Konsentrasi Glukosa

Gambar 3.5 menunjukkan pengaruh konsentrasi glukosa terhadap konsentrasi bioetanol, dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan konsentrasi bioetanol seiring dengan bertambahnya konsentrasi glukosa hingga pada laju alir 2.5 L/ hari dengan konsentrasi glukosa 30.688 (x 250ppm). Menurut Judoamidjojo dkk (1992) kenaikan laju alir substrat akan menyebabkan konsentrasi glukosa meningkat. Dengan semakin meningkatnya konsentrasi glukosa sebagai bahan baku fermentasi akan menyebabkan kenaikan konsentrasi bioetanol.

Pada **Gambar 3.5** dapat dilihat bahwa pada laju alir 5 L/hari dengan konsentrasi glukosa 39.168 (x 250ppm) bioetanol yang dihasilkan menurun hal ini dikarenakan waktu tinggal substrat didalam fermentor terlalu kecil yang mengakibatkan kontak substrat dan *Saccharomyces cerevisiae* tidak berlangsung lama sehingga produktifitas *Saccharomyces cerevisiae* menurun. Hal ini juga bisa terjadi dikarenakan konsentrasi glukosa terlalu tinggi. Menurut Roukas (1996), penurunan bioetanol terjadi pada konsentrasi glukosa berlebih sebagai efek inhibisi substrat dan produk.

2.4 Perbandingan Konsentrasi Bioetanol Dalam Penelitian Ini Dengan Penelitian Lainnya.

Penelitian sebelumnya sudah melakukan penelitian pembuatan bioetanol berbagai variabel bebas. Perbandingan konsentrasi bioetanol penelitian ini dengan penelitian lainnya ditunjukkan pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Perbandingan Konsentrasi Bioetanol Dalam Penelitian Ini Dengan Penelitian Lainnya.

Peneliti	Octari, 2012	Muntaha, 2012	Sutikno, 2012	Widjaja, 2010	Penelitian ini, 2014
Bahan baku	<i>Reject</i> nanas	<i>Reject</i> nanas	<i>Reject</i> nanas	Molases	<i>Reject</i> nanas
Yeast	<i>S. cerevisiae</i>	<i>S. cerevisiae</i>	<i>S. cerevisiae</i>	<i>Zymomonas mobilis</i>	<i>S. cerevisiae</i>
Proses fermentasi	<i>Batch</i>	<i>Batch</i>	<i>Batch</i>	Kontinu	Kontinu
Variabel Berubah	Konsentrasi Urea	Konsentrasi Inokulum	Konsentrasi glukosa	Konsentrasi glukosa	Laju alir
Kondisi optimum	0.5 %	0.3 %	17 %	16 %	2.5 L/hari
Konsentrasi Bioetanol	13% (v/v)	12% (v/v)	14% (v/v)	5 % (v/v)	7% (v/v)

Dari **Tabel 3.3** dapat dilihat bahwa konsentrasi bioetanol yang didapatkan penelitian ini yaitu sebesar 7% lebih kecil dari ketiga penelitian sebelumnya yang menggunakan proses fermentasi *batch* yaitu Octari (2012) sebesar 13% , Muntaha (2012) sebesar 12% dan Sutikno (2012) 14%. Hal ini dikarenakan pada fermentasi *batch*, kondisi proses fermentasi lebih homogen dikarenakan adanya pengaduk sehingga kinerja mikroorganisme lebih baik dibandingkan dengan fermentasi kontinu yang tidak menggunakan pengaduk.

Dari **Tabel 4.3** dapat dilihat bahwa untuk kondisi proses fermentasi yang sama yaitu fermentasi kontinu, konsentrasi bioetanol yang dihasilkan penelitian ini lebih besar yaitu 7 % v/v dengan laju alir 2.5 L/ hari dibandingkan dengan penelitian Widjaja (2010) dengan konsentrasi bioetanol sebesar 5 % menggunakan laju alir 1.44 L/hari.

3. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa laju alir optimal pada fermentasi kontinu adalah laju alir 2.5 L/hari dengan konsentrasi bioetanol 7% v/v dan kadar konsentrasi glukosa tertinggi pada kondisi *steady state* diperoleh pada laju alir 5 L/hari sebanyak 9792 ppm. Laju alir substrat sangat berpengaruh pada konsentrasi bioetanol hasil fermentasi. Konsentrasi bioetanol meningkat seiring

dengan bertambahnya laju alir substrat hingga mencapai laju alir optimal kemudian menurun setelah mencapai laju alir optimal serta konsentrasi glukosa meningkat seiring dengan bertambahnya laju alir substrat.

4. Saran

Pada penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan bahan immobilisasi sel untuk menjerat *saccharomyces cerevisiae* di dalam fermentor sehingga *saccharomyces cerevisiae* tetap didalam fermentor dan tidak ikut terbawa keluar bersama produk.

5. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Prof. Dr. Adrianto Ahmad, MT dan Ibu Sri Rezeki Muria, ST, MP., MSc selaku pembimbing yang membantu peneliti selama penelitian ini. Terima kasih kepada kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama ini. Terima kasih kepada rekan-rekan Teknik Kimia Angkatan 2009 yang telah banyak membantu penulis dalam skripsi ini.

Daftar Pustaka

Azizah, 2012, *Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol, pH, dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi Bioetanol dari Whey Dengan Substitusi Kulit Nanas*, Skripsi, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Febriningrum, P. N., 2009, *Produksi Etanol Proses Sinambung Dengan Schizosaccharomyces Pombe*, Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan vol. 7, No. 2, hal 64-69.

Judoamidjojo, M., A. A. Darwis, dan E. G. Sa'id, 1992, *Teknologi Fermentasi. Edisi 1*, Rajawali Press, Jakarta.

Kunaepah, 2008, *Pengaruh Lama Konsentrasi dan Konsentrasi Glukosa Terhadap Aktivitas Antibakteri, Polifenol Total dan Mutu Kimia Kefir*

Susu Kacang Merah, http://pdfsearchpro.com/pengaruh_lama_fermentasi_dan_konsentrasi_glukosa_terhadap.pdf.html (Diakses pada tanggal 3 september 2014).

- Muntaha, M. F., 2012, *Pengaruh Konsentrasi Inokulum Terhadap Biokonversi Reject Nanas Menjadi Bioetanol*, Skripsi, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.
- Octari, Y., 2012, *Pengaruh Konsentrasi Urea Sebagai Sumber Nitrogen Terhadap Proses Biokonversi Reject Nanas Menjadi Bioetanol*, Skripsi, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.
- Prametha, N. M., dan A. M. Legowo, 2013, *Pemanfaatan Susu Kadaluwarsa Dengan Fortifikasi Kulit Nanas Untuk Produksi Bioetanol*, Jurnal Teknologi Pangan, Vol. 2, No. 1, Hal 30-35.
- Roukas, T., 1996, *Continuous Bioetanol Production from Nonsterilized Carob Pod Extract by Immobilized Saccharomyces cerevisiae on Mineral Kissiris Using A Tworeactor System*, Journal Applied Biochemistry and Biotechnology, Vol. 59, No. 3.
- Sari, I. M., Noverita dan Yulneriwarni, 2008, *Pemanfaatan jerami padi dan alang--alang dalam fermentasi etanol menggunakan kapang Trichoderma viride dan khamir Saccharomyces cerevisiae*, Vis Vitalis. 5 (2): 55--62.
- Sutikno, B., 2012, *Pengaruh Konsentrasi Glukosa terhadap Biokonversi Reject Nanas Menjadi Bioetanol*, Skripsi, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.