

Pengaruh Laju Alir Substrat Terhadap Konsentrasi Sel pada Fermentasi *Reject Nanas* Menjadi Bioetanol Secara Kontinu

Rendy Hidayat¹⁾, Adrianto Ahmad²⁾, Sri Rezeki Muria²⁾

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

Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Binawidya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru Kode Pos 28293

rendy8292@gmail.com/085264947800

ABSTRACT

Bioethanol is a renewable alternative energy sources that can be used as an alternative fuel. A substance that potential as bioethanol feedstock is rejected pineapple, which it was wasted of pineapple plantation that never be used optimally. Glucose content of rejected pineapple can be converted into bioethanol through fermentation process. This research aimed to determine the effect of cells concentration on bioethanol conversion with substrates flow rate variation of rejected pineapple fermentation into bioethanol, determine the substrate flow rate influences of cell concentration, and determine the optimum residence time of rejected pineapple continuous fermentation process. Fixed variable used is 5 liters of holding capacity, 4.5 of pH, 0.3% contents of inoculum, 0.5% contents of urea, 0.08% contents of phosphorus and room temperature used as fermentation temperature. Varied variables is the variation of feed flow rate: 5 L / day; 2.5 L / day; 1.67 L / day; 1:25 L / day and 1L / day. Research procedures include pretreatment, inoculation, fermentation and purification using a vacuum evaporator. Analysis performed into cell concentration and ethanol concentration analysis. The results showed that the optimum flow rate was 2.5 L / day with the of ethanol 7% contents and 17.1 g / L of cells concentration

Keyword: Bioethanol, continuous, cells concentration, *Saccharomyces cereviceae*

1. Pendahuluan

Permintaan etanol dunia beberapa tahun terakhir ini terus meningkat dan diperkirakan akan terus mengalami peningkatan seiring dengan kembali digiatkannya penggunaan etanol sebagai bahan bakar nabati (BBN). Etanol merupakan salah satu jenis bahan bakar alternatif yang dapat mensubstitusi kebutuhan masyarakat Indonesia akan BBM. Etanol berasal dari bahan baku yang dapat diperbarui dan bersifat ramah lingkungan. Pemerintah Indonesia menargetkan pada tahun 2025 substitusi bahan bakar nabati terhadap bahan bakar minyak mencapai 5% (Instruksi Presiden Nomor 1 Tahun 2006

tentang pemanfaatan bahan bakar nabati/biofuel sebagai bahan bakar alternatif) (Rahim, 2009).

Bioetanol atau *ethyl alcohol* kadang disebut juga etanol spiritus. Bioetanol digunakan dalam beragam industri seperti campuran untuk minuman keras seperti sake atau gin, bahan baku farmasi dan kosmetika, dan campuran bahan bakar kendaraan, peningkat oktan, dan bensin ethanol (gasohol). Sampai saat ini konsumsi bioetanol dunia sekitar 63 persen untuk bahan bakar, terutama di Brazil, Amerika Utara, Kanada, Uni Eropa, dan Australia. Di Asia, konsumsi terbesar bioetanol adalah untuk minuman keras. Jepang dan Korea

Selatan adalah konsumen bioetanol terbesar untuk industri ini. Fungsi bioetanol sebagai campuran bahan bakar kendaraan memiliki prospek bagus karena harga minyak mentah makin tinggi. Biotanol ini berfungsi sebagai penambah volume BBM, sebagai peningkat angka oktan, dan sebagai sumber oksigen untuk pembakaran yang lebih bersih pengganti *methyl tertiary-butyl ether* (MTBE) (Sari, 2010).

Bioetanol dapat dibuat melalui proses fermentasi dengan menggunakan mikroba. Etanol yang diperoleh dari proses fermentasi tidak dapat mencapai konsentrasi diatas 18% - 21%, karena etanol dengan konsentrasi lebih dari 21% bersifat *toxic* terhadap mikroba yang memproduksi etanol tersebut. Karena itu untuk memperoleh etanol dengan konsentrasi yang lebih tinggi perlu dilakukan destilasi (Archunan, 2004). Mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi harus memenuhi syarat dan mempunyai daya fermentasi yang tinggi terhadap glukosa, fruktosa, galaktosa, dan maltosa. Karena itu mikroba yang dipakai adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Mikroba ini mempunyai kriteria dan memenuhi syarat sebagai *yeast* untuk proses fermentasi glukosa menjadi bioetanol.

Nanas (*Ananas comosus*) merupakan salah satu tanaman pangan yang tersebar di dunia, khususnya di Indonesia. Tanaman ini mudah tumbuh di berbagai jenis tanah dan iklim. Setiap musim panen tiba, banyak buah nanas yang rusak bahkan busuk sebelum sampai ke tangan konsumen. Data menunjukkan bahwa nanas yang gagal panen karena telah membusuk mencapai 10 – 15%. Terjadinya kerusakan ini jelas akan merugikan petani dan juga lingkungan. Yang dimaksud dengan *reject* nanas adalah buah nanas yang tidak lolos dari proses penyortiran sehingga tidak dipasarkan dan dikonsumsi. Karena itu, perlu dikembangkan proses pengolahan *reject* nanas tersebut sehingga menghasilkan suatu produk yang bermanfaat. Buah nanas merupakan salah

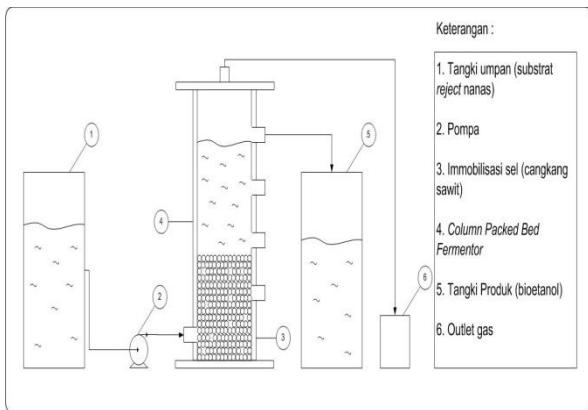
satu jenis tanaman yang banyak mengandung gula yaitu sekitar 15 hingga 20%. Oleh karena itu, nanas berpotensi sebagai bahan baku dalam memproduksi etanol.

Indonesia merupakan salah satu Negara dengan luas areal perkebunan nanas terbesar di Asia selain Thailand, Filipina, dan Malaysia yaitu mencapai lebih dari 165.690 hektar atau 25,24% sari sasaran panen buah-buahan nasional yaitu 657.000 hektar. Beberapa tahun terakhir luas areal tanaman nanas menempati urutan pertama dari 13 jenis buah-buahan komersial yang dibudidayakan di Indonesia. Di Riau saja pada tahun 2005 produksi buah nanas mencapai 8000 buah per hari yang terpusat di Desa Tambang Kecamatan Tambang Kampar dengan luas areal perkebunan mencapai 150 hektar (Attanyaya, 2008).

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan dan Alat

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini yaitu glukosa dari *reject* nanas, cangkang sawit sebagai media immobilisasi sel, yeast *Saccharomyces cerevisiae*, aquadest, glukosa anhidrat, nitrogen, fosfor, HCl dan NaOH 0,1 N sebagai pengatur kondisi pH awal sesuai dengan besaran yang diinginkan, reagen Anthron, dan NaCl 0,1 M sebagai larutan pencuci sampel pada uji berat kering sel. Sedangkan alat yang digunakan terdiri dari: *column packed-bed fermentor*, pompa, selang, erlenmeyer berukuran 250 ml dan 2 L, *autoclave*, inkubator, desikator, gelas ukur, pipet tetes, corong, *alumunium foil*, dan tisu. Alat-alat yang diperlukan untuk analisa sampel yaitu *centrifuge*, neraca analitik, kertas saring, oven, alkoholmeter, dan seperangkat alat *rotary evaporator* yang terdiri dari *waterbath*, labu didih, termometer, kondensor, dan penampung distilat. Berikut ini gambar rangkaian alat *column packed-bed fermentor* untuk fermentasi *reject* nanas menjadi bioetanol secara kontinyu



Gambar 1. Rangkaian *column packed-bed fermentor*

Variabel Penelitian

- Variabel tetap :
 1. Suhu fermentasi : suhu ruang
 2. Kadar nutrisi : 0,5 urea dan 0,08 fosfor (Aini, 2012)
 3. Konsentrasi Inokulum : 0,3% (Muntaha, 2012)
 4. pH 4,5 (Ahmad, 2009)
 5. Volume 5 Liter
- Variabel tidak tetap :

Laju alir substrat (5L/ hari; 2,5L/hari; 1,67 L/hari; 1,25 L/hari; dan 1L/hari)

2.2. Pretreatment

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.

2.3. Pembuatan Inokulum

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

2.4. Fermentasi

Campuran inokulum dan media fermentasi dimasukkan ke dalam fermentor, Kemudian dibiarkan selama 3 hari hingga tercapai kondisi fermentasi optimum. Setelah tercapai kondisi fermentasi optimum, substrat dialirkan dengan variasi laju alir yang sudah ditetapkan yaitu 1 L/hari; 1,25 L/hari; 1,67 L/hari; 2,5 L/ hari dan 5 L/hari. Sampel diambil 250 ml setiap 24 jam. Setiap pengambilan sampel, dilakukan penyaringan sampel sebanyak 10 ml dengan menggunakan kertas saring. Kemudian kertas saring dikeringkan dengan menggunakan oven dan ditimbang untuk mengetahui konsentrasi sel pada sampel.

2.5. Pemurnian

Sampel diambil sebanyak 200 ml kemudian dimurnikan menggunakan rotary evaporator selama 15 menit sehingga didapat kondensat yang diinginkan. Kemudian dilakukan analisa kadar bioetanol dengan menggunakan alkoholmeter

3. Hasil dan Pembahasan

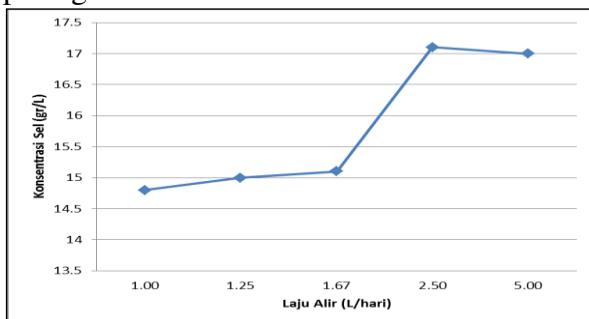
3.1 Pengaruh Laju Alir Substrat terhadap Konsentrasi Sel

Pada penelitian ini mikroorganisme yang digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae* yang diperoleh dari ragi roti. Proses fermentasi bioetanol berlangsung secara kontinyu. Dalam medium fermentasi terdapat berbagai unsur diantaranya unsur C yang didapat dari *reject nanas*, unsur N dengan penambahan pupuk yang mengandung nitrogen yaitu urea, dan unsur P dengan penambahan pupuk yang mengandung fosfor yaitu superfosfat. Unsur-unsur tersebut digunakan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhan dan perkembangbiakannya. *Saccharomyces cerevisiae* mengandung 8.5 % nitrogen; 1.1 % fosfor; dan 2.1 % kalium

(Bu'lock dan Kristiansen, 1987; dan Chen dan Chiger, 1985 dalam Hermawan, 2003)

Fermentasi *reject* nanas dilakukan secara kontinyu untuk mengetahui pengaruh laju alir substrat terhadap konsentrasi sel dan kadar bioetanol yang dihasilkan. Data yang diperoleh ditampilkan dalam bentuk grafik, yaitu dengan mengalurkan konsentrasi sel dan kadar bioetanol terhadap laju alir substrat.

Dalam penelitian ini dilakukan variasi laju alir substrat dan pengamatan konsentrasi sel serta kadar bioetanol. Secara umum, hubungan antara laju alir substrat (L/hari) dan konsentrasi sel (gram) dapat ditunjukkan pada grafik berikut.



Gambar 2. Kurva Hubungan Konsentrasi Sel (gr/L) Terhadap Laju Alir Substrat (L/hari)

Pada Gambar. 2 dapat dilihat keadaan konsentrasi sel pada saat kadar bioetanol yang dianalisa mencapai kondisi *steady state*. Konsentrasi sel pada laju alir substrat 1 liter/hari terus meningkat hingga laju alir 2,5 liter/hari. Hal ini dipengaruhi oleh waktu tinggal yang lama pada laju alir substrat yang kecil. Dengan kata lain semakin besar laju alir substrat maka waktu tinggal akan semakin sebentar. Pada penelitian ini volume cairan di dalam fermentor dijaga sebesar 5 liter, sehingga pada laju alir substrat sebesar 1 liter/hari, waktu tinggal substrat didalam fermentor adalah selama 5 hari. Waktu tinggal yang lama menyebabkan produksi bioetanol yang semakin banyak, hal ini disebabkan oleh semakin banyak waktu yang digunakan untuk mengkonversi gula menjadi

bioetanol (Febriningrum, 2009). Produk bioetanol akan berpengaruh terhadap pertumbuhan *yeast*, misalnya etanol akan merusak membran plasma, denaturasi protein, dan terjadinya perubahan profil suhu pertumbuhan (Galeote, 2001). Terbentuknya bioetanol dalam waktu yang lama akan diubah oleh *Saccharomyces cerevisiae* menjadi senyawa inhibitor seperti ester (Sari, 2008). Hal yang sama juga terjadi pada laju alir substrat 1,25 liter/hari atau dengan waktu tinggal 4 hari.

Sutikno (2012) melakukan fermentasi *reject* nanas menggunakan *yeast Saccharomyces cerevisiae* secara *batch* dengan variasi konsentrasi glukosa dan waktu fermentasi. Dari penelitian tersebut didapatkan konsentrasi sel *Saccharomyces cerevisiae* terbesar adalah pada waktu fermentasi selama 84 jam. Dapat disimpulkan bahwa waktu tinggal optimum *Saccharomyces cerevisiae* pada substrat *reject* nanas untuk mencapai fase eksponensial adalah selama 84 jam. Fase eksponensial merupakan waktu yang dibutuhkan untuk berkembang biak atau waktu generasi berada pada kondisi minimal atau konstan, kecepatan pertumbuhan spesifik berada pada kondisi maksimal atau konstan (Monod, 1949)

Pada penelitian ini, pertumbuhan sel tidak mencapai titik optimum pada waktu 84 jam atau 3 hari 12 jam. Hal ini dapat disebabkan beberapa faktor, antara lain perlakuan yang berbeda dengan fermentasi secara *batch*. Fermentasi *reject* nanas oleh Sutikno (2012) dilakukan secara *batch* dengan menggunakan pengaduk untuk meratakan kontak antara mikroorganisme dan substrat. Sedangkan pada penelitian ini, substrat dialirkan dari bawah fermentor secara kontinyu.

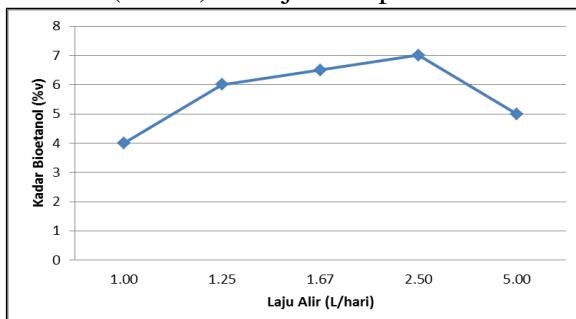
Dari Gambar. 2 dapat dilihat bahwa konsentrasi sel berangsur meningkat seiring bertambahnya laju alir dan berkurangnya waktu tinggal. Senyawa-senyawa inhibitor

yang berasal dari waktu tinggal yang lebih lama berangsurn berkurang hingga konsentrasi sel mencapai titik optimum pada laju alir 2,5 liter/hari atau dengan waktu tinggal 2 hari.

Pada laju alir 5 L/hari konsentrasi sel mengalami penurunan yang tidak signifikan dan cenderung konstan, hal ini disebabkan oleh mulai terganggunya pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dikarenakan oleh waktu tinggal yang terlalu kecil. Rahim (2009) melakukan fermentasi sirup dekstrin pati sagu dengan yeast *Saccharomyces cerevisiae* dengan variasi konsentrasi substrat, keadaan aerasi, dan waktu fermentasi. Pada analisa konsentrasi sel, didapatkan konsentrasi sel meningkat seiring dengan meningkatnya waktu fermentasi baik di keadaan aerobik ataupun anaerobik. Menurut Wang *et al.* (2006), mikroba akan tumbuh dan mempunyai aktifitas fisiologis

3.2 Pengaruh Laju Alir Substrat terhadap Kadar Bioetanol

Pada penelitian ini, pengamatan juga dilakukan pada kadar bioetanol yang dihasilkan terhadap berbagai variasi laju alir substrat. Secara umum, hubungan antara kadar bioetanol (%v) terhadap laju alir substrat (L/hari) ditunjukkan pada Gambar 3



Gambar 3. Kurva Hubungan Kadar Bioetanol (%v) terhadap Laju Alir substrat (L/hari)

Pada Gambar 3 diketahui bahwa laju alir substrat berpengaruh terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan. Hasil yang didapat menunjukkan kadar bioetanol

sebagai respon terhadap lingkungannya. Kinetika pertumbuhan dan pembentukan produk menggambarkan kemampuan sel dalam merespon lingkungan. Pertumbuhan terjadi bila kondisi optimum fisik dan kimiawi tercapai, misalnya suhu, pH, serta ketersediaan nutrisi dan oksigen yang sesuai dengan kebutuhan mikroba.

Pada laju alir 5 liter/hari, waktu tinggal bagi *Saccharomyces cerevisiae* untuk melakukan kontak dengan substrat terlalu singkat. Substrat merupakan nutrisi bagi *Saccharomyces cerevisiae* sehingga kondisi optimum kimiawi *Saccharomyces cerevisiae* tidak dapat terpenuhi. Hal ini menyebabkan menurunnya konsentrasi sel.

meningkat seiring dengan bertambahnya laju alir substrat hingga pada laju alir 2,5 L/hari, kemudian menurun pada laju alir terbesar yaitu 5 L/hari. Muntaha (2012) melakukan fermentasi *reject* nanas secara *batch* menggunakan yeast *Saccharomyces cerevisiae* dengan variasi konsentrasi inokulum dan waktu reaksi, didapatkan waktu reaksi optimum untuk menghasilkan bioetanol dengan kadar tertinggi adalah selama 84 jam.

Pada penelitian ini, kadar bioetanol tertinggi didapatkan pada laju alir 2,5 liter/hari atau dengan waktu tinggal 2 hari. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, hal ini disebabkan oleh inhibitor yang terbentuk pada variasi laju alir 1 liter/ hari (waktu tinggal 5 hari) dan 1,25 liter/hari (waktu tinggal 4 hari). Senyawa-senyawa metabolismik yang diproduksi sel berperan sebagai inhibitor dan mengganggu pertumbuhan sel. Pertambahan laju alir dari 1 liter/hari hingga 2,5 liter/hari menyebabkan penurunan waktu tinggal sehingga produksi bioetanol oleh

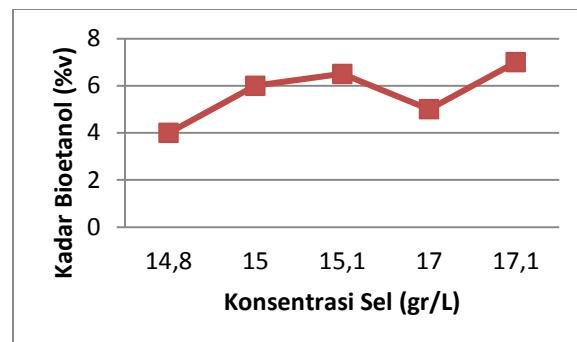
Saccharomyces cerevisiae berangsur meningkat.

Sari, dkk (2008) melakukan fermentasi ekstrak alang-alang secara *batch* dengan *yeast Saccharomyces cerevisiae* dan variasi waktu fermentasi. Didapatkan kadar bioetanol tertinggi pada waktu tinggal 3 hari, kemudian kadar bioetanol menurun pada hari ke 6 dan 9. Menurut Sari, dkk (2008) hal ini terjadi karena bioetanol dikonversi oleh *Saccharomyces cerevisiae* menjadi suatu senyawa seperti ester sehingga menyebabkan turunnya kadar bioetanol dalam substrat.

Pada Gambar 3 ditunjukkan bahwa kadar bioetanol yang dihasilkan menurun pada laju alir 5 L/hari. Hal ini disebabkan oleh waktu tinggal yang singkat sehingga waktu kontak antara *Saccharomyces cerevisiae* dan substrat semakin sebentar. Menurut Febriningrum (2009), semakin kecil waktu tinggal maka semakin singkat waktu yang diperlukan untuk mengkonversi glukosa menjadi etanol, mengakibatkan konsentrasi bioetanol rendah. Demikian pula yang terjadi pada penelitian ini, karena waktu tinggal yang singkat, maka kontak sel ragi dengan substrat menjadi singkat sehingga konversi glukosa sebagai bahan baku produksi bioetanol akan semakin menurun.

3.3 Pengaruh Konsentrasi Sel terhadap Kadar Bioetanol

Hubungan antara kadar bioetanol yang dihasilkan terhadap konsentrasi sel *Saccharomyces cerevisiae* ditampilkan pada Gambar 4



Gambar 4. Kurva Hubungan Kadar Bioetanol (%v) dan Konsentrasi Sel (gr/L)

Gambar 4 menunjukkan pengaruh konsentrasi sel terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan. Dari grafik terlihat bahwa perolehan kadar bioetanol tertinggi adalah 7% yang terjadi pada konsentrasi sel tertinggi yaitu sebesar 17.1 gram/L. Tren grafik memperlihatkan kenaikan kadar bioetanol dan konsentrasi sel seiring dengan pertambahan laju alir. Pada laju alir 5 L/hari tren grafik mengalami penurunan pada kadar bioetanol dan konsentrasi sel. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya hal ini disebabkan oleh waktu tinggal yang terlalu singkat. Sedangkan kenaikan konsentrasi sel dan kadar bioetanol dari laju alir 1 liter/hari hingga 2,5 liter/hari disebabkan oleh menurunnya kadar inhibitor didalam fermentor.

Muntaha (2012), Octari (2012), dan Aini (2012) melakukan fermentasi *reject* nanas secara *batch* dengan menggunakan berbagai variasi yaitu konsentrasi inokulum, konsentrasi fosfor, dan konsentrasi urea. Ketiga peneliti diatas mendapatkan hasil bahwa keadaan optimum untuk mendapatkan kadar bioetanol tertinggi merupakan keadaan yang sama untuk menghasilkan konsentrasi sel tertinggi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan mikroorganisme berbanding lurus dengan kadar bioetanol yang dihasilkan.

Bioetanol merupakan senyawa primer metabolismik yang dihasilkan oleh

Saccharomyces cerevisiae. Secara umum proses fermentasi terjadi dari pemecahan karbohidrat melalui suatu degradasi dari monosakarida yaitu glukosa menjadi asam piruvat. Asam piruvat ini selanjutnya akan dirombak menjadi bioetanol dan juga CO_2 yang biasanya berlangsung melalui proses oksidasi reduksi dengan menggunakan DNPH + H^+ sebagai donor elektron (Winarno 1990).

Pada penelitian ini, penurunan fase pertumbuhan mikroorganisme dan kadar bioetanol disebabkan oleh waktu tinggal yang terlalu singkat sehingga proses pertumbuhan mikroorganisme terganggu dan menyebabkan konversi glukosa menjadi bioetanol menjadi tidak optimal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh laju alir substrat pada fermentasi secara kontinyu didapat beberapa kesimpulan yaitu:

1. Konsentrasi sel berbanding lurus terhadap kadar bioetanol, semakin tinggi konsentrasi sel maka semakin tinggi kadar bioetanol.
2. Laju alir yang semakin besar menyebabkan waktu kontak yang singkat antara *Saccharomyces cerevisiae* dengan substrat sehingga produksi bioetanol menjadi tidak optimal.
3. Penelitian ini menunjukkan bahwa berat kering sel optimum adalah sebesar 17,1 gram/liter dan kadar etanol sebesar 7% pada laju alir 2,5 liter/hari.

Daftar Pustaka

Ahmad, A., S. Z. Amraini, B. Sutikno, 2011, *Pengaruh Konsentrasi Glukosa Terhadap Biokonversi Reject Nanas Menjadi Bioetanol*, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau.

Aini, S, 2012, *Pengaruh Konsentrasi Fosfor Terhadap Biokonversi Nanas Menjadi Bioetanol*, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.

Archunan, G., 2004. *Microbiology. First Edition*. Sarup & Sons, New Delhi.

Ar Rahim, Dicka, 2009. *Produksi Etanol oleh Saccharomyces Cerevisiae var. Ellipsoideus dari Sirup Dekstrin Pati Sagu (Metroxylon sp.) Menggunakan Metode Aerasi Penuh dan Aerasi Dihentikan*. Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor

Attanyaya, 2008, *Nanas Sentra Penanaman*, <http://attanyaya.blogspot.com/2008/09/07.-nanas-sentra-penanaman.html>, (diakses pada 25 April 2013)

Febriningrum, P.N., 2009, *Produksi Etanol Proses Sinambung dengan Schizosaccharomyces Pombe*, Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan, Universitas Lampung. Bandar Lampung

Galeote dan Virginie Ansanay, 2001, *Stress Effect of Ethanol on Fermentation Kinetics by Stationary-Phase Cells of Saccharomyces cerevisiae*, Biotechnology Letters, Vol. 23, pp. 677–681.

- Hermawan, W. A, T. Utami dan M.N. Cahyanto, 2003, *Fermentasi Etanol Dari Sari Buah Jambu Mete Oleh Saccharomyces cerevisiae FNCC 3015 Menggunakan Amonium Sulfat dan Urea Sebagai Sumber Nitrogen*, Universitas Gadjah Mada, Yogjakarta
- Monod, J. 1949, *The growth of bacterial cultures*, Ann. Rev. Microbiol., 3, 371-394.
- Muntaha, M. F., 2012, *Pengaruh Konsentrasi Inokulum terhadap Biokonversi Reject Nanas menjadi Bioetanol*, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.
- Octari, Y., 2012, *Pengaruh Konsentrasi Urea sebagai Sumber Nitrogen terhadap Proses Biokonversi Reject Nanas menjadi Bioetanol*, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.
- Sari, I. M., Noverita Dan Yulneriwarni. 2008. Pemanfaatan Jerami padi dan alang-alang dalam fermentasi etanol menggunakan kapang *Trichoderma Viride* dan khamir *Saccharomycess cerevisiae*. Vis Vitalis. 5 (2): 55-62
- Sari, N.K., 2010. *Rumput Gajah Tanaman Penghasil Bioetanol*, Yayasan Humaniora, Klaten.
- Sutikno, B., 2012, *Pengaruh Konsentrasi Glukosa terhadap Biokonversi Reject Nanas menjadi Bioetanol*, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.
- Wang, D.I.C., C.L. Conney, A.L. Demain, P. Dunhil. A.E.Humphrey dan M.D. Lily. 1979. *Fermentation and Enzyme Technology*. John Wiley and Sons Inc, New York.
- Winarno, F.G. 1990. *Teknologi Fermentasi. Proyek Pengembangan Pusat Fasilitas Bersama. Teknologi Pangan dan Gizi* Fatemeta ITB. Bogor.