



## Pengaruh Konsentrasi Glukosa terhadap Biokonversi *Reject* Nanas menjadi Bioetanol

Adrianto Ahmad<sup>1</sup>, Said Zul Amraini<sup>2</sup> dan Bambang Sutikno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau

<sup>2</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau

Jl. HR Subrantas Km 12,5Kampus Bina Widya Panam Pekanbaru 28293

### Abstract

Bioethanol can be produced by fermentation of materials containing starch, glucose and cellulose fibers. This research tried to produce bioethanol from pineapple reject which is material containing glucose. The purpose of this research was to determine the influence of glucose concentration on the acquisition of ethanol and to obtain the optimum glucose concentration for the production of bioethanol from pineapple reject raw materials. Bioethanol production consists of several stages, namely preparation of raw materials, fermentation and purification products. Variables for the research is the concentration of glucose: 13%, 14%, 15%, 16% and 17% by fermentation time 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108, and 120 hours. Anaerobic fermentation process takes place at pH 4.5 by using *Saccharomyces cerevisiae* which will outline the glucose into ethanol. Added nutrients are urea and NPK respectively 0.5% and 0.06% of the volume of fermentation medium. The results showed that the highest ethanol content of 17% and the highest yield of 11.33% is obtained at a concentration of 16% glucose with 7.34 g/L cell dry within 84 hours of fermentation.

**Keywords:** Bioethanol, glucose, fermentation, reject pineapple, *Saccharomyces cerevisiae*

### Pendahuluan

Selama lima tahun terakhir Indonesia mengalami penurunan produksi minyak nasional yang disebabkan menurunnya secara alamiah cadangan pada sumur-sumur yang diproduksi, dilain pihak pertumbuhan jumlah penduduk telah meningkatkan transportasi dan aktivitas industri yang berakibat pada peningkatan kebutuhan konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM). Kebutuhan BBM pada tahun 2010 sebesar 1.259.000 barel per hari dengan rincian kebutuhan untuk transportasi 816.000 barel, rumah tangga 55.000 barel, industri 177.000 barel, pembangkit listrik 111.000 barel, komersial dan lainnya 100.000 barel per hari. Kebutuhan BBM tersebut dipenuhi dari produksi kilang dalam negeri sebanyak 704.000 barel, stok 167.000 barel, dan sisanya harus diimpor yaitu sebanyak 407.000 barel. Dengan kondisi yang demikian sangat dibutuhkan upaya penggunaan dan pengembangan bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak yang *renewable* dan ramah lingkungan. Salah satu alternatif pengganti bahan bakar minyak adalah bioetanol (Ari, 2011).

Etanol dapat diproduksi dengan cara fermentasi bahan yang mengandung pati, gula dan serat selulosa (Bailey dan David, 1986). Nanas merupakan salah satu jenis tanaman yang banyak mengandung gula yaitu sekitar 12%. Buah nanas sering dikonsumsi sebagai buah segar. Buahnya bulat panjang semu, berdaging dan dagingnya berwarna hijau jingga dan kuning muda. (Kwartiningsih dan Mulyati, 2005).

Indonesia merupakan salah satu negara dengan luas areal perkebunan nanas terbesar di Asia yaitu mencapai lebih dari 165.690 hektar atau 25,24% dari 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. Pada tahun 2010 di Riau produksi buah nanas mencapai 9000 ton/tahun yang terpusat di Desa Tambang, Kecamatan Tambang, Kampar dengan luas areal perkebunan mencapai 800 hektar. Jumlah ini sebagian besarnya akan menghasilkan *reject* nanas sebanyak 10%. Selama ini *reject* nanas belum dimanfaatkan dan terbuang begitu saja. *Reject* nanas yang dibuang begitu saja dapat menambah tingkat pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, pembuatan bioetanol dari *reject* nanas ini dapat meningkatkan nilai tambah dan menjadi produk yang bernilai ekonomi tinggi (Thausyan, 2011).

Pada saat ini telah banyak dilakukan penelitian mengenai pembuatan etanol dari berbagai sumber nabati seperti singkong, aren, ubi jalar dan tebu.

Hossain dan Fazlany (2010), melakukan fermentasi limbah nanas menjadi bioetanol dengan variasi pH 4, 5 dan 6, variasi konsentrasi ragi 1, 3 dan 5 g/l, dan variasi suhu 28, 30 dan 32 ° C, menghasilkan bioetanol yang optimum sebesar 8,7%. *Yield* tersebut diperoleh pada pH 4 dengan suhu 30°C dan konsentrasi ragi 3 g/l.

Ramadhan (2010), melakukan fermentasi sari buah nanas menjadi bioetanol dengan variasi konsentrasi ragi pada stater dengan rentang level



yang ditinjau antara 5 hingga 10% b/v, konsentrasi pupuk pada rentang 1 hingga 2% v/v dan waktu fermentasi dengan rentang level yang ditinjau antara 20 hingga 30 jam menghasilkan bioetanol yang optimum sebesar 6,95%. Yield tersebut diperoleh pada konsentrasi ragi dalam stater 7,29% dan waktu fermentasi 29,55 jam. Namun demikian, perolehan bioetanol masih rendah, sedangkan menurut teoritis perolehan bioetanol dapat mencapai 70%.

Perolehan etanol secara fermentasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kondisi operasi selama fermentasi, sumber bahan baku, dan pemilihan strain mikroorganisme. Faktor kondisi operasi yang penting yaitu pH, suhu, kebutuhan nutrisi, jumlah oksigen yang tersedia, kepekatan gula (glukosa) dan konsentrasi etanol. Dalam penelitian ini akan ditentukan konsentrasi glukosa yang tepat untuk fermentasi etanol dari reject nanas menggunakan bakteri *Saccharomyces Cerevisiae*. Mikroorganisme yang berperan akan mengalami kekurangan substrat dan produktivitas akan menurun bila konsentrasi glukosa sangat kecil. Sebaliknya bila konsentrasi glukosa terlalu besar, maka akan mengakibatkan inhibisi terhadap mikroorganisme sehingga laju konversi menjadi lambat (Carey dan Ingram, 1983).

Tujuan penelitian ini adalah menentukan pengaruh konsentrasi glukosa terhadap perolehan bioetanol hasil fermentasi reject nanas dan menentukan konsentrasi glukosa optimum yang dapat menghasilkan perolehan etanol yang lebih tinggi.

Manfaat penelitian ini bagi pemerintah yaitu untuk mendukung program pemerintah Indonesia dalam mengembangkan bahan bakar alternatif bersifat ramah lingkungan berasal dari bahan baku yang dapat diperbaharui dalam menghadapi krisis energy, bagi masyarakat yaitu membantu masyarakat dalam memaksimalkan manfaat reject nanas yang tidak memiliki nilai jual menjadi suatu produk yang bernilai ekonomi tinggi dan bagi perkembangan ilmu dan teknologi yaitu membantu pihak-pihak yang membutuhkan informasi dalam mempelajari pengaruh konsentrasi substrat terhadap proses biokonversi reject nanas menjadi bioetanol.

#### Landasan Teori

Landasan teori yang diuraikan dalam makalah ini meliputi Nanas, Fermentasi dan Etanol.

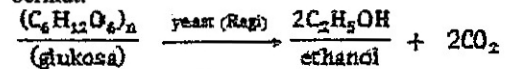
#### Nanas

Buah nanas merupakan buah yang kaya akan karbohidrat, terdiri atas beberapa gula sederhana misalnya sukrosa, fruktosa, dan glukosa, serta enzim bromelain yang dapat merombak protein menjadi asam amino agar mudah diserap tubuh. Nanas merupakan buah yang terdiri dari sebagian besar daging buah yang banyak mengandung gula, Vitamin A, vitamin C dan mengandung mineral yang diperlukan tubuh (Kwartiningsih dan Mulyati, 2005).

#### Fermentasi

Fermentasi dapat didefinisikan sebagai perubahan gradual oleh enzim, beberapa bakteri, yeast dari jaffiur. Proses fermentasi terjadi karena adanya aktivitas mikroba penyebab fermentasi pada substrat organik yang sesuai. Aktivitas ini akan terus berlangsung jika semua variabel pada proses ini terus terpenuhi. Variabel – variabel tersebut adalah nutrisi (zat gizi), keasaman (pH), suhu dan udara. Terjadinya fermentasi ini dapat menyebabkan perubahan sifat bahan pangan, sebagai akibat dari pemecahan kandungan-kandungan bahan tersebut. Sebagai contoh misalnya buah atau sari buah dapat menghasilkan rasa dan bau alkohol, ketela pohon dan ketan dapat berbau alkohol atau asam, susu menjadi asam dan lain-lainnya (Hidayat dkk, 2006).

Proses fermentasi dibagi menjadi dua tipe yaitu fermentasi aerob dan anaerob. Fermentasi aerob akan menghasilkan asam laktat dan pada proses anaerob akan dihasilkan alkohol mengikuti persamaan reaksi berikut:



Pada proses fermentasi pembentukan alkohol atau etanol sering digunakan ragi roti karena pada ragi roti biasanya hanya terdapat satu jenis mikroba dari golongan khamir yaitu *Saccharomyces cerevisiae* (Hidayat dkk, 2006).

Ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) dan ragi anggur (*Saccharomyces ellipsoideus*) akan tumbuh baik pada keadaan aerob, tetapi keduanya akan melakukan fermentasi terhadap gula jauh lebih cepat pada keadaan anaerob (Winarno dan Fardiaz, 1981).

#### Faktor-Faktor yang Berpengaruh pada Fermentasi

##### 1. Konsentrasi Gula

Gula hexose yaitu glukosa, fruktosa, galaktosa dan maltosa adalah substrat utama di dalam metabolisme oleh mikroorganisme. Mikroorganisme yang berperan akan mengalami kekurangan substrat dan produktivitas akan menurun bila konsentrasi glukosa sangat kecil. Sebaliknya bila konsentrasi glukosa terlalu besar, maka akan mengakibatkan inhibisi terhadap mikroorganisme sehingga laju konversi menjadi lambat. Konsentrasi gula yang diperlukan untuk fermentasi adalah 10-18% (Carey dan Ingram, 1983).

##### 2. Derajat Keasaman atau pH

Aktivitas enzim sangat dipengaruhi oleh pH dari medium fermentasi. Aktivitas enzim terletak pada trayek pH tertentu dan mempunyai pH optimal. Di luar pH optimal, enzim akan bekerja lebih lambat. Untuk enzim yang melangsungkan fermentasi etanol, pH optimalnya adalah 4,5 (Kusuma, 2010).

##### 3. Temperatur

Fermentasi etanol sebagai reaksi enzimatik akan berlangsung dengan baik antara temperatur 24 –

30°C, sebab pada temperatur tersebut enzim yang dihasilkan oleh mikroba *Saccharomyces cereviceae* dapat melangsungkan aktifitasnya dengan baik. Diatas temperatur tersebut aktifitas enzim yang dihasilkan akan menurun karena mengalami denaturasi. Sedangkan dibawah temperatur 24°C reaksi fermentasi etanol akan berlangsung lambat (Kusuma, 2010).

#### 4. Komposisi Zat Nutrisi Dalam Bahan

Dalam pertumbuhannya mikroba memerlukan nutrient. Nutrien yang dibutuhkan digolongkan menjadi dua yaitu nutrien makro dan nutrien mikro. Nutrien makro meliputi unsur C, N, P, K. Unsur C didapat dari substrat yang mengandung karbohidrat, unsur N didapat dari penambahan urea, sedang unsur P dan K dari pupuk NPK. Unsur mikro meliputi vitamin dan mineral-mineral lain seperti Ca, Mg, Na, S, Cl, Fe, Mn, Cu, Co, Bo, Zn, Mo, dan Al (Jutono dkk, 1972).

#### 5. Jenis Yeast Yang Digunakan

Pada industri fermentasi alkohol jenis yeast yang umum digunakan adalah dari golongan *Saccharomyces cereviceae*, di mana khamir ini mempunyai kesanggupan yang tinggi untuk menghasilkan alkohol (Winarno dan Fardiaz, 1981).

#### 6. Oksigen

Oksigen pada proses fermentasi harus diatur sebaik mungkin untuk memperbanyak atau menghambat pertumbuhan mikroba tertentu. Misalnya *Saccharomyces cereviceae* yang menghasilkan etanol dari gula akan lebih baik dalam keadaan anaerobik. Setiap mikroba membutuhkan oksigen yang berbeda jumlahnya untuk pertumbuhan atau membentuk sel-sel baru dan untuk fermentasi (Kusuma, 2010).

#### Etanol

Etanol, disebut juga etil alkohol, alkohol murni, alkohol absolut, atau alkohol saja, adalah sejenis cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, tak berwarna, berbau spesifik, dapat bercampur dengan air dan merupakan alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Etanol merupakan nama IUPAC dari bahan kimia ini. Selain itu, nama etil alkohol juga lazim digunakan. Nama alkohol nama umum yang berasal dari bahasa arab dan merupakan gabungan dari dua kata yaitu al dan kohl yang didefinisikan sebagai debu lembut yang digunakan oleh wanita Asia untuk menggelapkan alis mata (Kirk dan Othmer, 1951).

Jika etanol diproduksi dari bahan baku nabati maka etanol dikenal dengan bioetanol. Bioetanol merupakan cairan hasil proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat dengan menggunakan bantuan mikro organisme. Bioetanol dapat dibuat dari tiga kelompok bahan baku yaitu bahan yang mengandung

gula seperti tebu dan nira aren, bahan berpati seperti jagung dan ubi – ubian, serta bahan berserat berupa limbah pertanian yang saat ini terus dikembangkan di negara maju (Humasristek, 2006).

#### Metodologi

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *reject* nanas (kulit, daging dan bonggol buah *reject* nanas), Urea dan NPK. Mikroorganisme yang digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae* yang diperoleh dari ragi roti. Langkah-langkah penelitian meliputi persiapan bahan baku, persiapan medium fermentasi, sterilisasi, persiapan starter, fermentasi dan cara analisa hasil.

##### 1. Persiapan Bahan Baku

*Reject* nanas yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari perkebunan nanas rakyat di Kabupaten Kampar. *Reject* nanas yang ada di potong – potong sehingga dapat dihaluskan dengan blender rumah tangga. Jus *reject* nanas yang diperoleh lalu disaring pada saringan kain kasa dan diperas sehingga diperoleh sari *reject* nanas yang bebas dari ampasnya. Sari *reject* nanas yang didapat kemudian dikumpulkan dan dianalisa untuk mengetahui kadar glukosanya.

##### 2. Sterilisasi

Semua peralatan dan bahan, yaitu sari *reject* nanas, urea dan NPK disterilkan di dalam autoklav pada suhu 121 °C selama 15 menit.

##### 3. Persiapan Medium Fermentasi

Medium fermentasi dibuat dengan cara mencampurkan substrat berupa sari *reject* nanas dengan konsentrasi glukosa yang berbeda (13%, 14%, 15%, 16% dan 17%) dengan urea dan NPK masing-masing sebanyak 0,5 % dan 0,06 % dari volume medium secara aseptis ke dalam erlenmeyer yang masing-masing berukuran 250 ml.

##### 4. Persiapan Starter

Ambil larutan sebanyak 10% dari volume medium fermentasi yang telah disterilisasi, masukkan ke dalam erlenmeyer. Cek pH larutan, jika pH larutan belum 4,5 tambahkan HCl atau NaOH sehingga pH larutan menjadi 4,5. Tambahkan ragi sebanyak 0,75 gr ke dalam larutan, shaker selama 2 jam.

##### 5. Fermentasi

Cek pH larutan medium (sisa pembuatan starter), jika pH larutan belum berkisar antara 4,5 tambahkan HCl atau NaOH sehingga pH larutan menjadi 4,5. Campurkan larutan medium dengan starter tutup larutan dengan kapas dan kain kasa, shaker campuran tersebut selama 5 hari pada suhu ruang. Analisa dilakukan setiap 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108, dan 120 jam.

## 6. Analisa Hasil

Kadar etanol ditentukan menggunakan alkoholmeter, adapun langkah yang dilakukan yaitu dengan cara memipet 150 ml hasil fermentasi dan masukkan ke dalam labu distilasi 250 ml. Pasang peralatan distilasi dengan menyambungkan labu ke kondensor dan menyiapkan labu takar 100 ml sebagai penampung distilatnya. Alirkan air pendingin melalui kondensor serta periksa sambungan labu dengan kondensor untuk mencegah terjadi kebocoran. Panaskan labu dan lakukan distilasi perlahan-lahan pada suhu 80-90°C sampai volume distilat yang tertampung di dalam labu takar persis 100 ml. Tutup labu takar dengan rapat. Pindahkan distilat yang didapat ke dalam gelas ukur 100 ml. Lakukan analisa kadar etanol dengan alkoholmeter. Analisa kadar glukosa dengan metode Anthron dan analisa berat kering sel dengan berat kering biomassa.

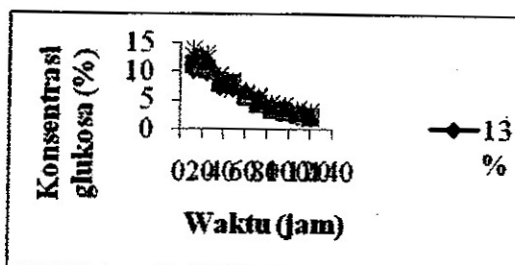
### Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan yang akan diuraikan dalam makalah ini meliputi pengaruh konsentrasi glukosa terhadap perolehan etanol, pengaruh konsentrasi glukosa terhadap konsentrasi sel dan parameter kinetika pertumbuhan.

#### a. Pengaruh Konsentrasi Glukosa Terhadap Perolehan Etanol

Pada penelitian ini digunakan bakteri *Saccharomyces Cerevisiae* yang difermentasi secara batch. Medium utamanya berupa glukosa di dalam reject nanas. Produksi etanol dilakukan untuk menentukan konsentrasi glukosa optimum pada kondisi lingkungan optimum bakteri *Saccharomyces Cerevisiae*. Data yang diperoleh ditampilkan dalam bentuk grafik, yaitu dengan mengalirkan perolehan etanol, konsentrasi glukosa, dan berat sel kering terhadap waktu fermentasi. Konsentrasi glukosa optimum dalam produksi etanol dapat dilihat dari perolehan etanolnya.

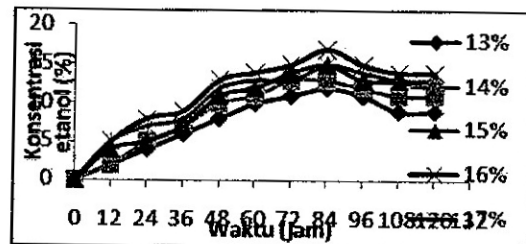
Media utama fermentasi dengan bakteri *Saccharomyces Cerevisiae* adalah glukosa. Glukosa tersebut diperoleh dari reject nanas. Konsentrasi glukosa yang ada kemudian divariasikan berdasarkan rancangan penelitian, yaitu 13%, 14%, 15%, 16% dan 17% berat/volum. Secara umum, hubungan antara waktu terhadap konsentrasi glukosa dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Antara Waktu Terhadap Konsentrasi Glukosa

Pada Gambar 1. terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi, konsentrasi glukosa yang ada semakin berkurang. Hal ini menunjukkan adanya penggunaan glukosa oleh yeast untuk pertumbuhan dan metabolisme sel sehingga menghasilkan etanol sebagai metabolit primer. Waktu fermentasi adalah 120 jam dan selama waktu itu, glukosa terus digunakan namun tidak sampai habis. Hal tersebut terjadi pada semua variabel.

Penurunan konsentrasi glukosa tersebut terjadi karena yeast membutuhkan substrat untuk pertumbuhan, baik memperbanyak maupun mempertahankan hidup sel. Glukosa digunakan oleh yeast untuk beraktivitas sehingga menghasilkan etanol sebagai metabolit primer. Produktivitas etanol untuk penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan Antara Waktu Terhadap Konsentrasi Etanol

Pada Gambar 2. diketahui bahwa waktu fermentasi berpengaruh terhadap kadar etanol. Hasil yang didapat menunjukkan kadar etanol terbesar diperoleh pada fermentasi 84 jam. Fase antara 12 jam sampai 84 disebut juga fase eksponensial (*exponential phase*).

Sedangkan pada waktu fermentasi lebih dari 84 jam terlihat kecenderungan kadar etanol yang konstan bahkan ada yang menurun. Hal ini dikarenakan mikroba mengalami kematian yang diakibatkan oleh berkurangnya nutrisi berupa glukosa pada medium (*stationary phase*) (Ahmad, 1993). Semakin lama proses fermentasi menyebabkan banyak etanol yang teroksidasi menjadi asam-asam organik dan CO<sub>2</sub>, hal ini mengakibatkan kadar etanol yang makin berkurang.

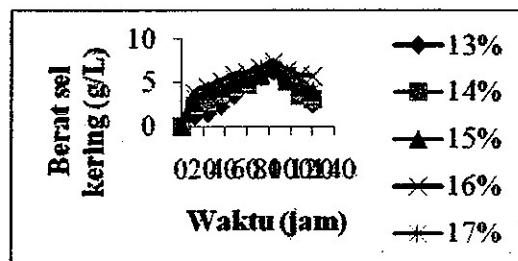
Untuk variabel dengan konsentrasi glukosa 13% diperoleh nilai produktivitas tertinggi pada waktu 84 jam yaitu sebesar 12%. Untuk konsentrasi glukosa 14% didapatkan nilai produktivitas tertinggi pada jam ke 72 dan 84 dengan konsentrasi etanol 13%. Untuk konsentrasi glukosa 15% didapatkan nilai produktivitas tertinggi pada jam ke 84 dengan konsentrasi etanol 15%. Untuk konsentrasi glukosa 16% didapatkan nilai produktivitas tertinggi pada jam ke 84 dengan konsentrasi etanol 17%. Untuk konsentrasi glukosa 17% didapatkan nilai produktivitas tertinggi pada jam ke 84 dan 96 dengan konsentrasi etanol 14%. Dari gambar 4.3 terlihat

bahwa produktivitas tertinggi tercapai pada konsentrasi glukosa 16% dan terjadi pada waktu 84 jam. Kecenderungan yang terjadi yaitu semakin naiknya konsentrasi glukosa akan menghasilkan produktivitas etanol yang makin tinggi. Hal ini disebabkan semakin banyaknya substrat yang tersedia untuk digunakan dalam metabolisme yeast sehingga akan menghasilkan metabolit yaitu etanol yang semakin banyak pula.

Dengan kenaikan konsentrasi substrat akan menaikkan perolehan etanol, namun tetap saja ada batas maksimal konsentrasi substrat untuk proses fermentasi etanol. Menurut Roukas (1996), penurunan produksi etanol pada konsentrasi glukosa berlebih merupakan efek dari inhibisi substrat. Konsentrasi substrat yang tinggi akan mengurangi jumlah oksigen terlarut. Dalam proses fermentasi ini, oksigen tetap dibutuhkan walaupun dalam jumlah yang sedikit. *Saccharomyces cerevisiae* membutuhkan oksigen untuk mempertahankan kehidupan dan menjaga konsentrasi sel tetap tinggi, (Tao dkk, 2003).

Fungsi oksigen disini adalah untuk memproduksi ATP (*Adenosine Triphosphate*) dalam glikolisis dan dalam fosforilasi oksidatif. Proses fosforilasi oksidatif merupakan proses yang paling menonjol dalam produksi ATP. Bila tidak ada oksigen (anaerob), NADH (*Nikotinamid Adenin Dinucleotida*) dalam mitokondria tidak dapat dioksidasi kembali maka daur asam sitrat, pembentukan ATP serta pemecahan nutrisi akan terhenti. Selain itu etanol bersifat racun terhadap bakteri. Dengan terbentuknya produk berupa etanol akan mengakibatkan produktivitas menurun (Osman dan Ingram, 1985).

Produktivitas etanol akan menurun karena semakin banyak etanol yang diproduksi pada konsentrasi glukosa yang tinggi. Pada konsentrasi glukosa yang rendah, inhibisi etanol akan sedikit, tetapi jumlah sel akan berkurang. Faktor pembatas produktivitas ini adalah massa jenis sel yang rendah untuk konsentrasi substrat yang rendah, sedangkan pada konsentrasi substrat yang tinggi produktivitas dibatasi inhibisi etanol. Hal inilah yang mengakibatkan pada konsentrasi glukosa tertinggi, yaitu 17% didapatkan nilai produktivitas yang lebih rendah daripada konsentrasi glukosa 16%.



Gambar 3. Hubungan Antara Waktu Terhadap Konsentrasi Sel

### b. Pengaruh Konsentrasi Glukosa Terhadap Konsentrasi Sel

Pada penelitian ini, konsentrasi glukosa yang dipilih adalah 13%, 14%, 15%, 16% dan 17% berat/volum. Secara umum, hubungan antara waktu terhadap konsentrasi sel dapat ditunjukkan pada Gambar 3.

Gambar 3. menunjukkan hubungan antara waktu dengan pertumbuhan sel. Dari grafik terlihat bahwa perolehan sel tertinggi adalah 7,34 gram/l yang terjadi pada konsentasi glukosa 16% dan terendah adalah 2,46 gram/l yang terjadi pada konsentasi glukosa 13%. Tren grafik yang lain pun menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi glukosa akan didapatkan sel yang semakin banyak. Pada akhir periode analisa didapatkan konsentrasi sel tertinggi pada konsentrasi glukosa 16%. Dengan adanya substrat yang lebih banyak maka pertumbuhan mikroba akan lebih baik karena kebutuhan nutrisinya yang semakin terpenuhi. Konsentrasi glukosa maksimal yang digunakan sebagai variabel disini adalah 17%. Konsentrasi tersebut masih sesuai untuk kondisi tumbuh yeast, karena konsentrasi glukosa optimal untuk fermentasi adalah antara 12-18%, artinya konsentrasi glukosa yang digunakan dalam penelitian ini masih sesuai dengan kondisi tumbuh mikroba [Kusuma, 2010].

Yeast yang digunakan langsung diadaptasikan dengan substrat ketika pembuatan starter, sehingga fase adaptasi sel terjadi saat yeast dikembangkan dalam starter. Oleh karena itu dalam grafik terlihat bahwa antara selang waktu 0 jam sampai 12 jam langsung terjadi fase eksponensial.

### c. Parameter Kinetika Pertumbuhan

Pada sistem batch, selama fermentasi berlangsung maka posisi substrat akan berubah setiap waktu dan produk metabolit terus terbentuk. Akibatnya, lingkungan mikroorganisme tidak dalam keadaan tunak. Sebagian besar fermentasi batch berlangsung pada laju pertumbuhan spesifik yang konstan dan tidak tergantung pada perubahan konsentrasi nutrisi. Tetapi laju pertumbuhan merupakan fungsi konsentrasi substrat.

Bentuk persamaan yang menggambarkan hubungan antara laju pertumbuhan dan konsentrasi substrat yaitu:

$$\mu = \mu_{maks} \frac{S}{K_s + S} \quad \text{..... (1)}$$

Dengan

- $\mu$  = laju pertumbuhan spesifik ( $\text{jam}^{-1}$ )
- $\mu_{maks}$  = laju pertumbuhan spesifik maksimum ( $\text{jam}^{-1}$ )
- $S$  = konsentrasi substrat ( $\text{g/L}$ )
- $K_s$  = konstanta kejenuhan substrat ( $\text{g/L}$ )

Parameter kinetika pertumbuhan ditentukan dengan metoda regresi linier menggunakan microsoft

excel. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Parameter Kinetika Pertumbuhan**

S	Ks	$\mu_{maks}$
13	1598,83	0,11
14	2862,07	0,17
15	2937,06	0,15
16	2536,44	0,09
17	5352,68	0,18

Pada Tabel 1. Konstanta kejenuhan substrat (Ks) yang diperoleh termasuk kriteria  $S < 10 K_s$  (Ahmad, 1990), berarti laju spesifik pertumbuhan merupakan fungsi dari konsentrasi substrat. Harga Ks besar menyatakan bahwa afinitas antara sel dengan substrat kecil, hal ini disebabkan karena substrat yang digunakan mempunyai komposisi yang kompleks sehingga diperlukan perlakuan awal yang dapat menghilangkan inhibitor organik dan anorganik sedangkan pada penelitian ini tidak dilakukan penghilangan inhibitor. *Saccharomyces cerevisiae* dalam substrat reject nanas perlu dilakukan adaptasi untuk memperpendek fasa lag dalam fermentasi dan bertujuan untuk mengkondisikan *Saccharomyces cerevisiae* hidup dalam substrat reject nanas sehingga pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* tidak terhambat.

#### Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah semakin tinggi konsentrasi glukosa akan menghasilkan produktivitas etanol yang makin tinggi, namun tetap dalam batas maksimal konsentrasi glukosa untuk proses fermentasi etanol. Dengan pH awal 4,5 dan suhu ruang, kondisi optimum untuk proses fermentasi dengan menggunakan *Saccharomyces Cerevisiae* adalah dengan konsentrasi glukosa pada media sebanyak 16% b/v dan waktu fermentasi 84 jam. Konsentrasi etanol yang diperoleh adalah 17% dan yield 11,33% dengan berat kering biomassa sebesar 7,34 gr/L. *Saccharomyces Cerevisiae* memiliki kemampuan untuk memproduksi etanol dengan menggunakan glukosa reject nanas sebagai substrat.

#### Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada UR yang membiayai penelitian ini dalam skema berbasis laboratorium.

#### Daftar Pustaka

Ahmad, A., 1990, Kajian Fermentasi Asam Sitrat Dalam Fermentasi Bawah-Permukaan Substrat Molase, Thesis, ITB

Ahmad, A., 1993, *Teknologi Fermentasi*, Fakultas Non Gelar Teknologi, Universitas Riau, Pekanbaru

Ari., 2011, Impor BBM mencapai 407 ribu barel perhari, [http://berita.liputan6.com/ekbis/201106/338430/impor\\_bbm\\_mencapai\\_407\\_ribu\\_barel\\_per\\_hari](http://berita.liputan6.com/ekbis/201106/338430/impor_bbm_mencapai_407_ribu_barel_per_hari), 10 Juni 2011

Bailey, J.E., dan F.O. David, 1986, *Biochemical Engineering Fundamentals*, 2<sup>nd</sup> edition, McGraw-Hill Book Co., Singapore

Carey, V.C., dan L.O. Ingram, 1983, Lipid Composition of *Zymomonas mobilis*: Effects of Ethanol and Glucoset, *Journal of Bacteriology*. 154: 1291-1300

Humasristek, 2006, Paparan Mengenai Bioetanol, <http://www.ristek.go.id/index.php?mod=news&conf=v&id=1210>, 23 April 2011

Hidayat, N., M.C. Padaga, dan S. Suhartini, 2006, "Mikrobiologi Industri", ANDI, Yogyakarta

Hosain, A.B.M.S., dan A.R. Fazliny, 2010, Creation of alternative energy by bio-ethanol production from pineapple waste and the usage of its properties for engine, *Journal of Microbiology Research*, vol 4, 813-819

Jeon, B.Y., 2007, Development of a Serial Bioreactor System for Direct Ethanol Production from Starch Using *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae*, *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, Vol. 12, 566-573

Jutono., S. Judoro, S. Hartadi, S. kabirun, Suhadi, dan Susanto, 1972, "Dasar-Dasar Mikrobiologi (Untuk Perguruan Tinggi)", Gadjah Mada University Press, Jogjakarta

Kirk, R. E., dan R. F. Othmer, 1951, *Encyclopedia of Chemical Technology*, vol. 9, John Wiley and Sons Ltd, Canada

Kusuma, I.G.B.W., 2010, Pengolahan Sampah Organik Menjadi Etanol dan Pengujian Sifat Fisika Biogasoline, *Skripsi*, Universitas Udayana

Kwartiningsih, E dan N.S. Mulyati, 2005, Fermentasi Sari Buah Nanas Menjadi Vinegar, *Jurnal Equilibrium UNS*, vol. 4 no.1, hal. 8-12

Osman, Y.A. dan L.O. Ingram, 1985, Mechanism of Ethanol Inhibition of Fermentation in *Zymomonas mobilis* CP4, *Journal of Bacteriology*. 164: 173-180

Ramadhan, H., 2010, Pembuatan Bioetanol Dari Sari Buah Nenas (*Ananas Comosus* L Merr ) Secara Fermentasi, *Laporan Penelitian*, Universitas Riau

Roukas, T., 1996, Continuous Ethanol Production from Nonsterilized Carob Pod Extract by Immobilized *Sacharomyces cerevisiae* on Mineral Kisseris Using A two Reactor System, *Journal Applied Biochemistry and Biotechnology*, Vol. 59, No 3

Tao, F., J.Y. Miao., G.Y. Shi dan K.C. Zhang., 2003, *Ethanol Fermentationby an Acid Tolerant Zymomonas mobilis under Non-sterilized*

*Condition, Process Biochemistry, Elsevier, 40:*  
183-187

Thausyan., 2011, Potensi nenas riau, <http://bappeda-pekanbaru.go.id/web/search.php?kwd=Potensi+Nenas+Riau&imageField.x=0&imageField.y=0>, 4 Oktober 2011

Winarno, F.G dan S. Fardiaz, 1981, "Biofermentasi dan Biosintesa Protein", Angkasa, Bandung

