

---

**PENGARUH KONSENTRASI KATALIS ENZIM GLUKOAMILASE  
(*ASPERGILLUS NIGER*) TERHADAP KONSENTRASI PRODUK GLUKOSA  
PADA KINETIKA REAKSI SIMULTAN SAKARIFIKASI DAN FERMENTASI  
BIOETANOLDARI SORGUM (*SORGHUM BICOLOR L.*)**

**Endah Retno D\*, Enny K.A, Fadilah, Heny Safitri P, Harum Azizah D**  
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami No. 36 A, Surakarta 57126 Telp/fax: 0271-632112

\*Email: endah\_rd@yahoo.com

**Abstract:** *Sorghum* (*Sorghum bicolor L.*) is one of raw materials to make bioethanol containing carbohydrate which can be hydrolysis become glucose. Making of bioethanol is started by liquification and continued by simultaneous saccharification and fermentation (SSF) by adding glucoamylase (*aspergillus niger*) enzyme and dry yeast (*Saccharomyces cerevisiae*). This research aim to know influence of enzyme catalyst concentration in SSF reaction to make bioethanol from sorghum. Reaction time of SSF 6 hours at 30°C by adding glucoamilase enzyme and 8 grams dry yeast with velocity of shaker at 8 scale, after liquification in 2 hours at 80°C by adding 2 ml alpha-amilase enzyme. From this research earned relation between concentration of glucoamylase enzyme with concentration of glucose product. Ever greater concentration of glucoamylase enzyme applied, ever greater also concentration of glucose product. From this research, it can be concluded that reaction of SSF with the range of glucoamylase enzyme are 4 ml, 8 ml, 10 ml, and 12 ml for 12% substrate concentration, earned optimum condition is using concentration of glucoamylase enzyme at 8 ml. Michaelis-Menten constant ( $K_m$ ) from this research for 12% substrate concentration and 8 ml glucoamylase enzyme is 11.6875 g/l.hours and maximum velocity of reaction ( $V_{max}$ ) is 12.5 g/l.hours.

**Keywords:** Bioethanol, Sorghum, SSF Kinetic

## PENDAHULUAN

Energi alternatif masih diperlukan di masyarakat Indonesia, karena saat ini Indonesia masih sangat bergantung pada energi dari minyak dan gas bumi untuk pemenuhan kebutuhan energinya. Saat ini telah berkembang pemanfaatan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif, contohnya untuk pembuatan gasohol (campuran bensin dengan alkohol absolut (kadar > 99%)). Bahan baku pembuatan bioetanol terdiri dari bahan berbasis gula (tebu), berbasis pati (ubi kayu, garut, jagung, sorgum) dan bahan berbasis kayu (jerami, bonggol jagung, limbah kayu).

Diversifikasi bahan baku bioetanol di Indonesia perlu dikembangkan karena negara Indonesia adalah negara agraris yang memiliki kekayaan jenis tanaman. Sorgum (*Sorghum bicolor L.*) adalah tanaman sereal yang potensial untuk dibudidayakan dan dikembangkan, khususnya pada daerah-daerah marginal dan kering di Indonesia. Keunggulan sorgum terletak pada daya adaptasi agroekologi yang luas, tahan terhadap kekeringan, produksi tinggi, perlu input lebih sedikit serta tahan terhadap hama dan penyakit dibanding tanaman

lain. Dengan kandungan karbohidrat yang cukup tinggi sekitar 73 gram/100gram bahan, maka sorgum dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Industri bioetanol dari bahan baku sorgum banyak dibangun di negara maju seperti Amerika Serikat, India dan Cina. Diharapkan industri bioetanol serupa dapat dibangun di Indonesia, sehingga akan membantu mengatasi krisis energi karena bioetanol dapat digunakan sebagai bahan bakar (pengganti bensin) yang ramah lingkungan.

Sorgum yang dibudidayakan di Indonesia mempunyai nama ilmiah *Sorghum bicolor L.* Sorgum relatif lebih dapat beradaptasi pada kisaran kondisi ekologi yang luas dan dapat berproduksi pada kondisi yang kurang sesuai bila dibandingkan dengan tanaman sereal lain. Tanaman sorgum telah lama dan banyak dikenal oleh petani Indonesia khususnya di daerah Jawa, NTB, dan NTT. Di Jawa sorgum dikenal dengan nama *cantel*, dan biasanya menanamnya secara tumpang sari dengan tanaman pangan lainnya.

Dibanyak negara biji sorgum digunakan sebagai bahan pangan, pakan ternak, dan bahan baku industri. Sebagai bahan baku

industri, biji sorgum digunakan dalam industri etanol, bir, win, sirup, lem, cat, dan modifikasi pati (*modified starch*) ([www.batan.go.id](http://www.batan.go.id)).

Sebagai bahan pangan dan pakan ternak alternatif sorgum memiliki kandungan nutrisi yang baik, bahkan kandungan proteinnya lebih tinggi daripada beras. Kandungan nutrisi sorgum dibandingkan sumber pangan/pakan lain disajikan dalam tabel berikut:

**Tabel 1. Kandungan Nutrisi Sorgum dibanding Sumber Pangan Lain**

Unsur Nutrisi	Kandungan/100 g				
	Beras	Ja-gung	Sing-kong	Sor-gum	Ke-dele
Kalori (cal)	360	361	146	332	286
Protein (g)	6,8	8,7	1,2	11,0	30,2
Lemak (g)	0,7	4,5	0,3	3,3	15,6
Karbohidrat (g)	78,9	72,4	34,7	73,0	30,1
Kalsium (mg)	6,0	9,0	33,0	28,0	196,0
Besi (mg)	0,8	4,6	0,7	4,4	6,9
Posfor (mg)	140	380	40	287	506
Vit. B1 (mg)	0,12	0,27	0,06	0,38	0,93

Sumber: Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI (1992)

Pati adalah salah satu jenis polisakarida yang sangat luas tersebar di alam. Bahan disimpan sebagai cadangan makanan bagi tumbuhan-tumbuhan di dalam biji, buah, umbi, dan batang. Tumbuh-tumbuhan yang mempunyai kadar pati yang tinggi antara lain padi, sagu, ketela pohon, ketela rambat, dan jagung. Secara histologis, pati disimpan dalam bentuk plastida yang dinamakan amiloplas didalam sel. Dilihat rumus kimianya, pati adalah karbohidrat yang berbentuk polisakarida berupa polimer anhidro monosakarida dengan rumus umum  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Komponen utama penyusun pati adalah amilosa dan amilopektin. Amilosa tersusun atas satuan glukosa yang saling berkaitan melalui ikatan 1-4 glukosida, sedang amilopektin merupakan polisakarida yang tersusun atas 1-4 alpha glikosida dan rantai cabang 1-6 alpha glukosida (Kirk dan Othmer, 1998).

Amilosa memberikan sifat keras (pera) sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket. Amilosa memberikan warna ungu pekat pada tes iodine sedangkan amilopektin tidak bereaksi. Pati tidak larut dalam air, berwujud bubuk putih, tawar dan tidak berbau (Fessenden, 1997).

Hidrolisa adalah suatu proses antara reaktan dengan air agar suatu senyawa pecah atau terurai. Reaksi hidrolisa pati sangat lambat, sehingga diperlukan katalisator untuk

mempercepat reaksinya. Katalisator yang dapat digunakan dalam proses hidrolisa dapat berupa asam atau enzim. Asam dapat berpengaruh terhadap kelarutan protein dalam tepung, sehingga pada hidrolisis ini digunakan katalisator enzim. Keuntungan lain dalam penggunaan katalisator enzim adalah tidak dihasilkannya hasil samping karena sifat enzim yang spesifik, dan operasionalnya berlangsung pada temperatur rendah sehingga dapat menghemat energi dan tidak terjadi pengurangan (karamelisasi) pada glukosa yang dihasilkan (Cooney, 1979).

Pembuatan bioetanol terdiri dari beberapa tahap yaitu, hidrolisa pati (tahap liquifikasi dan sakarifikasi), fermentasi, dan pemurnian. Pada tahap liquifikasi tepung sorgum dikonversi menjadi gula melalui proses pemecahan menjadi gula kompleks, mengubah polisakarida (pati) menjadi disakarida (maltosa). Enzim  $\alpha$ -amilase merupakan enzim yang menghidrolisis secara khas melalui bagian dalam dengan memproduksi oligosakarida dari konfigurasi alfa yang memutus ikatan  $\alpha$ -(1,4) glikosidik pada amilosa, amilopektin, dan glikogen ([www.energiterbarukan.net](http://www.energiterbarukan.net)).

Liquifikasi merupakan kombinasi dua proses yaitu gelatinisasi dari *granule* pati yang bebas dan dekstrinisasi dari molekul yang tergelatinisasi. Suhu optimum untuk liquifikasi tepung sorgum selama 1,5 jam adalah 85 °C (menurut reaksi pati-iodin) (Shewale dan Pandit, 2009).

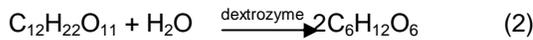
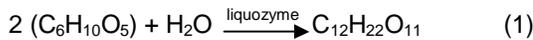
Setelah terjadi likuifikasi, selanjutnya bahan akan mengalami proses sakarifikasi oleh enzim glucoamilase. Glukoamilase merupakan eksoenzim yang terutama memecah ikatan  $\alpha$ -(1,4) dengan melepaskan unit-unit glukosa dari ujung non reduksi molekul amilosa dan amilopektin untuk memproduksi  $\alpha$ -D-Glukosa ([www.deptan.go.id](http://www.deptan.go.id)).

Fermentasi dilakukan untuk mengkonversi glukosa menjadi etanol. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi adalah keasaman (pH) dan mikroba. Kondisi keasaman yang baik untuk pertumbuhan bakteri adalah 4-5. Berbagai macam jasad renik dapat digunakan untuk proses fermentasi. Percobaan yang dilakukan menggunakan *yeast Saccharomyces cerevisiae*. *Saccharomyces cerevisiae* dapat tumbuh pada pH 2,8 – 8,5 dengan pH optimum 4,5 – 6,5. Sedang suhu pertumbuhan antara 9°C – 37°C dengan suhu optimum 25°C (Winarno dkk, 1984).

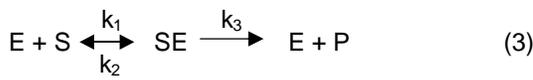
Tahap selanjutnya adalah pemurnian etanol dengan melakukan distilasi. Namun, sebelum distilasi perlu dilakukan pemisahan padatan-cairan, untuk menghindari terjadinya

*clogging* (penyumbatan) selama proses distilasi. Distilasi adalah suatu metode operasi yang digunakan pada proses pemisahan suatu komponen dari campurannya dengan menggunakan panas sebagai tenaga pemisah berdasarkan titik didih masing-masing komponen. Misalnya, pemisahan air (100°C) dan alkohol (78.4°C) (Brown, 1987).

Reaksi hidrolisa pati berlangsung dalam dua tahap sebagai berikut :



Menurut Michaelis – Menten, model reaksi enzimatik dapat dituliskan sebagai berikut (Bailey, 1986).



Atau bila dipecah menjadi :



Persamaan reaksi

$$r_p = k_3 \cdot C_{SE} \quad (6)$$

$$r_{SE} = k_1 \cdot C_S \cdot C_E - k_2 \cdot C_{SE} \quad (7)$$

Pada keadaan setimbang,  $r_{SE} = 0$ , sehingga persamaan (7) menjadi :

$$k_1 \cdot C_S \cdot C_E = k_2 \cdot C_{SE}$$

Jika  $k_1/k_2 = K$ , maka :

$$K \cdot C_S \cdot C_E = C_{SE}$$

$$C_E = \frac{C_{SE}}{K \cdot C_S}$$

Dengan  $C_E = C_{E0} - C_{SE}$ , maka :

$$C_{E0} - C_{SE} = \frac{C_{SE}}{K \cdot C_S}$$

$$K \cdot C_S \cdot (C_{E0} - C_{SE}) = C_{SE}$$

$$K \cdot C_S \cdot C_{E0} = C_{SE} \cdot (1 + K \cdot C_S)$$

$$C_{SE} = \frac{K \cdot C_S \cdot C_{E0}}{1 + K \cdot C_S} \quad (8)$$

Persamaan (8) masuk ke persamaan (6)

$$r_p = k_3 \cdot \frac{K \cdot C_S \cdot C_{E0}}{1 + K \cdot C_S} \quad (9)$$

Masing-masing dikalikan  $1/K$  dan  $r_p$  adalah laju reaksi (V), sehingga :

$$V = \frac{k_3 \cdot C_{E0} \cdot C_S}{\frac{1}{K} + C_S} \quad (10)$$

Dengan  $k_3 \cdot C_{E0} = V_{max}$  ;  $1/K = K_m$ ;  $C_s = S$ , maka didapat persamaan laju reaksinya sebagai berikut :

$$V = \frac{V_{max} \cdot S}{K_m + S}$$

Persamaan dilinierkan oleh Lineweaver dan Burk menjadi persamaan :

$$\frac{1}{V} = \frac{1}{V_{max}} + \frac{K_m}{V_{max} \cdot S} \quad (11)$$

$$\left(\frac{1}{V}\right) = \frac{1}{V_{max}} + \frac{K_m}{V_{max}} \left(\frac{1}{S}\right)$$

Jika dibuat grafik  $\frac{1}{V}$  fungsi  $\frac{1}{S}$  maka didapat slope

$\left(\frac{K_m}{V_{max}}\right)$  dan intersep  $\left(\frac{1}{V_{max}}\right)$ .

SSF pertama kali dikenalkan oleh Gauss et al. (1976), Takagi et al. (1977) dan Blotkamp et al. (1978), yaitu kombinasi antara hidrolisis menggunakan enzim selulase dan *yeast Saccharomyces cerevisiae* untuk fermentasi gula menjadi etanol secara simultan (Senn, 2000).

Pada metode terdahulu proses hidrolisis dan fermentasi dilakukan secara terpisah atau *Separated Hydrolysis and Fermentation* (SHF) dan yang terbaru adalah proses *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF). Proses SSF sebenarnya hampir sama dengan dengan proses yang terpisah antara hidrolisis dengan enzim dan proses fermentasi, hanya dalam proses sakarifikasi dan fermentasi dilakukan dalam satu reaktor. Keuntungan dari proses ini adalah polisakarida yang terkonversi menjadi monosakarida tidak kembali menjadi polisakarida karena monosakarida langsung difermentasi menjadi etanol. Selain itu dengan menggunakan satu reaktor dalam prosesnya akan mengurangi biaya peralatan yang digunakan. SSF bertujuan untuk memecah disakarida menjadi monosakarida sehingga dapat langsung difermentasi oleh *yeast* (www.journal.ac.id).

Pada reaksi sakarifikasi yang berjalan simultan dengan fermentasi, glukosa terbentuk selama proses. Dalam proses ini, glukosa diubah menjadi etanol dengan cepat dari pati pada reaksi fermentasi (Neves et. al, 2006).

Perbedaan antara suhu optimum untuk aktivitas enzim alfa-amilase (55 °C) dan pertumbuhan *yeast* (35 °C) juga sangat menentukan pada proses ini. Suhu yang rendah lebih baik karena aktivitas metabolisme *yeast* meningkat, dan dapat melengkapi proses fermentasi lebih cepat (Thomas et al, 1993).

Prosedur *small scale mashing* (SSM) diteliti dapat digunakan untuk memprediksi yield etanol dari sorgum. Prosedur SSM awal dilakukan dengan proses fermentasi tradisional, pati sorgum hanya 38,5 – 47,2 % menjadi glukosa. Kemudian parameter seperti suhu, pH, dosis enzim dan waktu sakarifikasi dioptimisasi. Hasilnya menunjukkan bahwa 91,2 – 97,5 % dari

total pati dari 18 sorgum hibrida terhidrolisa. Penggunaan shaker bath memungkinkan untuk mengembangkan proses SSF dengan prosedur SSM. Shaker bath merupakan mesin pengaduk dan dilengkapi dengan pengatur suhu sehingga sampel dapat diaduk dan dipanaskan secara simultan (Zhao et al., 2008).

Produksi glukosa semakin bertambah tiap tahap dari SSF dari tepung gandum, sebanding dengan penurunan konsumsi maltosa. Etanol yang dihasilkan dari tepung terigu maksimal 69 gram/liter dengan yield etanol 0,446 sampai 0,454 (Montesinos dan Navarro, 2000).

Produksi etanol pun lebih besar pada kandungan pati dari tepung terigu low grade yang mempunyai kandungan pati lebih besar. Pada LG1 kandungan patinya lebih besar tetapi kandungan *fiber* lebih sedikit dibandingkan LG2. Pada LG1 akan menghasilkan etanol sebanyak 38,6 gram/liter dengan yield etanol 0,489, sedangkan pada LG2 akan menghasilkan etanol sebanyak 24,9 gram/liter dengan yield etanol 0,304 (Neves et.al, 2006).

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan Montesinos dan Navarro, sebelum memulai reaksi SSF, reaksi sakarifikasi selama 6 jam dilakukan terlebih dahulu untuk menghasilkan jumlah glukosa yang cukup. Pada tahap sakarifikasi, dianjurkan oleh Hagen untuk menggunakan enzim dengan kadar 270 AGU/kg pati agar dihasilkan air gula dengan kadar glukosa tinggi. Sakarifikasi yang lengkap diselesaikan dalam waktu 16 jam dengan hasil 99% D.E (Dextrose Equivalent) pada temperatur 60°C. Untuk hasil 85% D.E didapat setelah sakarifikasi 8 jam. Waktu sakarifikasi 5 kali lebih lama pada suhu 30°C daripada pada suhu 60°C. Fermentasi membutuhkan sekitar 35 jam untuk menghasilkan etanol dengan konsentrasi 6 dengan yield 0,46 dihitung dari konsentrasi glukosa akhir (Montesinos dan Navarro, 2000).

## METODE PENELITIAN

Biji sorgum dilepaskan dari tongkolnya dan dikeringkan. Setelah itu, biji sorgum digiling hingga berbentuk tepung, kemudian diayak dengan *screener* agar ukuran sama. Sementara alat untuk liquifikasi dirangkai, pati sorgum diambil dan ditimbang dengan berat 96 gram, dilarutkan dalam 800 ml larutan buffer fosfat pH 6,9 kemudian dimasukkan ke dalam labu leher tiga dan diaduk dengan *magnetic stirrer* ± 5 menit sampai homogen, kemudian dipanaskan dalam pemanas mantel dengan motor pengaduk sampai terbentuk bubur atau gelatin (suhu 90°C). Kemudian, setelah ditambahkan 2 ml enzim alpha-amilase, dilakukan pemanasan dan pengadukan pada suhu 80°C selama 2 jam,

setelah itu sampel diambil dan dianalisa kadar glukosanya dengan metode Shaffer Somogy.

Analisa proses Simultan Sakarifikasi dan Fermentasi (SSF) dilakukan dengan cara larutan dikondisikan (menurunkan suhu dan pH) untuk enzim glukoamilase, yaitu pada suhu 30°C dan pH 4,5, kemudian larutan hasil liquifikasi tersebut dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Larutan diambil sebanyak 3-10 % sebagai strater dan ditambahkan nutrient (urea dan NPK) dan yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Enzim glukoamilase dan starter dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan dihitung sebagai jam ke nol. Erlenmeyer ditutup rapat dan dihubungkan dengan selang plastik yang telah dihubungkan dengan filter udara. Selama reaksi (6 jam), tetap melakukan pengadukan di dalam *shaker bath* dan suhu dibuat konstan (30°C). Sampel diambil setiap 1 jam sekali dan dianalisa kadar glukosanya menggunakan metode Shaffer Somogy.

Larutan hasil SSF kemudian didistilasi. Proses distilasi dilakukan pada suhu 80°C, karena titik didih etanol 78°C dan titik didih air 100°C. Selanjutnya hasil distilasi dianalisis kadar alkoholnya dengan menggunakan piknometer.

Alat utama yang digunakan adalah labu leher tiga 1000 ml, motor pengaduk, pengaduk merkuri, pemanas mantel, *magnetic stirrer*, pendingin balik, erlenmeyer, *shaker bath* dan kran refluks.

Bahan yang digunakan adalah biji sorgum (Jl. Sultan Shahrir Widuran, Surakarta), larutan buffer fosfat pH 6,9, enzim alpha-amilase (*Bacillus licheniformis*, *liquozyme by NOVO*), dan enzim glukoamilase (*Aspergillus niger*, *dextrozyme by NOVO*), reagen Shaffer Somogy carbonat, larutan iodide oksalat, larutan standar thiosulfat, indikator amilum, *dry yeast Saccharomyces cerevisiae* (SAF), dan nutrient (urea dan NPK).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan analisa terhadap bahan baku tepung sorgum hasil analisa adalah :

- Kadar pati = 64,35%
- Kadar air = 9,64%

Pada penelitian ini kisaran konsentrasi tepung yang diteliti adalah 12%. Konsentrasi enzim alpha-amilase 2 ml/800 ml, konsentrasi enzim glukoamilase 4, 8, 10, 12 ml/200 ml, yeast *Saccharomyces cerevisiae* 8 gram, dan nutrient (urea dan NPK) masing-masing 4 gram. Hasil penelitian disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

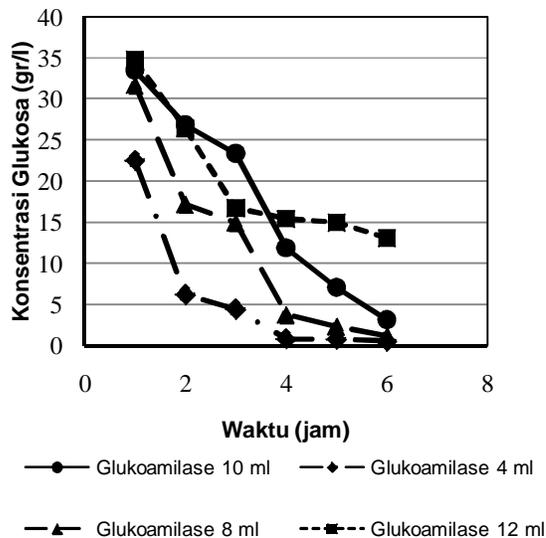
**Tabel 2. Konsentrasi Glukosa pada Proses SSF dengan Berbagai Penambahan Enzim Glukoamilase**

Waktu (jam)	Konsentrasi Glukosa (g/l)			
	Gluko 4 ml	Gluko 8 ml	Gluko 10 ml	Gluko 12 ml
0	17,4449	17,4449	17,4449	17,4449
1	22,4493	31,6809	33,4393	34,7581
2	6,1841	17,1741	26,8453	26,4057
3	4,4109	14,9613	23,3285	16,7345
4	0,8147	3,7515	11,8841	15,4009
5	0,7591	2,3094	7,0410	14,9613
6	0,5612	1,1444	3,1446	13,0855

**Tabel 3. Data Analisa Kadar Etanol Hasil Distilasi Larutan SSF**

Berat Picno kosong	22,40g
Berat Picno + Aquadest	47,474 g
Berat Aquadest	25,074g
Suhu Aquadest	30 °C
ρ Aquadest	0,999g/ml
Volume Picno	25,074 ml
Densitas Etanol	0,9652 g/ml
Kadar Etanol	19,1888 %

Pengaruh konsentrasi enzim glukoamilase terhadap konsentrasi glukosa disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1. Konsentrasi Glukosa fungsi waktu pada reaksi simultan sakarifikasi dan fermentasi**

Pada penelitian ini dilakukan reaksi simultan sakarifikasi dan fermentasi untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi enzim glukoamilase terhadap konsentrasi glukosa (g/l) yang dihasilkan setiap jamnya. Dari Gambar 1 terlihat bahwa semakin lama waktu reaksi, kadar

glukosa yang terbentuk semakin menurun. Hal ini disebabkan pada reaksi SSF terjadi reaksi simultan pembentukan glukosa dari pati (sakarifikasi) dan reaksi pengurangan glukosa menjadi etanol (fermentasi), glukosa sisa yang ada pada substrat semakin berkurang seiring dengan bertambahnya etanol yang terbentuk yang menunjukkan laju reaksi fermentasi lebih cepat dari sakarifikasi. Terlihat juga bahwa semakin banyak konsentrasi enzim glukoamilase yang digunakan, semakin banyak konsentrasi glukosa yang dihasilkan. Akan tetapi semakin banyak konsentrasi glukoamilase, waktu reaksi akan semakin lama, karena glukosa yang terbentuk (sakarifikasi) belum sepenuhnya diuraikan menjadi etanol (fermentasi).

Pengaruh konsentrasi glukoamilase terhadap laju reaksi maksimum, menggunakan persamaan Lineweaver-Burk

$$\frac{1}{V} = \frac{1}{V_{\max}} + \frac{K_m}{V_{\max} \cdot S}$$

$$\left(\frac{1}{V}\right) = \frac{1}{V_{\max}} + \frac{K_m}{V_{\max}} \left(\frac{1}{S}\right)$$

Jika dibuat grafik (1/V) fungsi (1/S) maka didapat slope (Km/Vmax) dan intersep (1/Vmax).

Keterangan :

S : Konsentrasi substrat, g/l

V : Laju reaksi, g/l.jam

Vmaks : Laju reaksi maksimum, g/l.jam

Km : Konstanta Michaelis-Menten, g/l.jam

**Tabel 4. Pengaruh Konsentrasi Enzim Glukoamilase terhadap Laju Reaksi Maksimum dan Konstanta Michaelis-Menten**

Variabel (g/l.jam)	4 ml Gluko-amilase	8 ml Gluko-amilase	10 ml Gluko-amilase	12 ml Gluko-amilase
Vmax	-7,5758	12,5	10,1010	-1,3643
Km	-39,3788	11,6875	4,9899	-31,2278

Dari hasil penelitian ini diperoleh kondisi optimum untuk substrat 12 % dengan kisaran enzim glukoamilase (4, 8, 10, dan 12 ml/200 ml) dan yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) 8 gram yaitu dengan menggunakan konsentrasi enzim glukoamilase 8 ml/200 ml, karena diperoleh Vmax yang paling besar yaitu 12,5g/l.jam.

## KESIMPULAN

Dari hasil percobaan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pembuatan etanol dari biji sorgum dilakukan melalui tahap liquifikasi dan reaksi simultan sakarifikasi dan fermentasi. Glukosa sisa yang ada pada substrat semakin berkurang menunjukkan bahwa laju reaksi fermentasi glukosa menjadi etanol lebih cepat

---

daripada reaksi sakarifikasi pati menjadi glukosa.

Reaksi SSF dengan kisaran enzim glukoamilase (4, 8, 10, dan 12 ml/200 ml) untuk konsentrasi substrat 12 %, didapatkan kondisi optimum yaitu menggunakan konsentrasi enzim glukoamilase 8 ml/200 ml dan diperoleh  $V_{max}$  12,5 g/l.jam. Dari penelitian ini juga didapatkan hubungan antara konsentrasi enzim glukoamilase dengan kadar glukosa yang dihasilkan. Semakin besar konsentrasi enzim glukoamilase yang digunakan, semakin besar pula kadar glukosa yang dihasilkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bailey, James and Ollis, David, 1986, "Biochemical Engineering Fundamentals", 2<sup>nd</sup> ed., Mc. Graw Hill Book Companies, Inc, Tokyo
- Brown, G.G., 1987, "Unit Operations", John Wiley and Sons Inc, New York
- Conney, W., Dentan, D., Hamprhey, L., 1979, "Fermentation and Enzyme Technology", 1<sup>st</sup> ed., John Wiley and Sons Inc
- Direktorat Gizi DEPKES RI, 1992, "Daftar Komposisi Bahan Makanan", Bhratara Karya Aksara
- Fessenden, R.J. and Fessenden, J.S., 1997, "Kimia Organik", Erlangga, Jakarta
- Kirk, R.E., and Othmer, V.R., 1998, "Encyclopedia of Chemical Technology", 4<sup>th</sup> ed, John Wiley & Sons Inc, New York
- Montesinos, T., and Navarro, J.M., 2000, "Production of Alcohol from Raw Wheat Flour by Amiloglucosidase and *Saccharomyces cerevisiae*", *Enzyme and Microbiology*, 27, hal. 362-370
- Neves, M.Ad., Kimura, T., Shimizu, N., and Shiiba K., 2006, "Production of Alcohol by Simultaneous Saccharification and Fermentation of Low-Grade Wheat Flour", *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49, hal. 481-490
- Senn, T. and Pieper, H.J., 2000, "The Biotechnology of Ethanol Classical and Future Applications", Wiley-VCH, New York
- Shewale, S.D., and Pandit, A.B., 2009, "Enzymatic Production of Glucose from Different qualities of Grain Sorghum and Application of Ultrasound to Enhance the Yield", *Carbohydrate Research*, 344, hal. 52-60
- Thomas, K. C., Hynes, S. H., Jones, A. M. and Ingledew, W. M., 1993, *Appl. Biochemical Biotechnology*, 43, hal. 211-226

Winarno, F.G., 1984, "Kimia Pangan dan Gizi", PT. Gramedia, Jakarta

Zhao, R., Bean, S.R., Wang, D., Park, S.H., Schrober, T.J., Wilson, J.D., 2009, "Small-Scale Mashing Procedure for Predicting Ethanol Yield of Sorghum Grain", *Journal of Cereal Science*, 49, hal. 230-238.

[www.batan.go.id](http://www.batan.go.id)

[www.deptan.go.id](http://www.deptan.go.id)

[www.energiterbarukan.net](http://www.energiterbarukan.net)

[www.journal.ac.id](http://www.journal.ac.id)