

OPTIMASI VARIABEL PROSES TERHADAP PRODUKSI ETANOL DARI BIJI SORGHUM (*Sorghum bicolor* L.)

Optimization of Process Variables on Ethanol Production from Sorghum Grain

M. Nur Ghoyatul Amin, Darimiyya Hidayati*, Cahyo Indarto

Jurusan Teknologi Industri Pertanian – Fakultas Pertanian – Universitas Trunojoyo Madura
Jalan Raya Telang PO BOX 2 – Kamal - Bangkalan 16912

*Penulis Korespondensi: email darimiyya@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji tentang optimasi produksi etanol dari biji sorghum (*Sorghum bicolor* L.). Metode respon permukaan dipilih untuk mengoptimalkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap produksi etanol dari biji sorghum dengan menggunakan desain *Box Behnken*. Konsentrasi amonium sulfat yang ditambahkan ke dalam media, kecepatan penggojokan, dan waktu fermentasi dirancang menggunakan desain *Box Behnken* masing-masing tiga level, yakni konsentrasi Ammonium sulfat 0, 0.2, dan 0.4%, kecepatan penggojokan 0, 50, dan 100 rpm, serta waktu fermentasi 56, 64, dan 72 jam. Model *second order polynomial* dibangun untuk memprediksi rendemen pada kombinasi faktor yang berbeda. Berdasarkan *contour plot*, rendemen tertinggi mencapai 39.5% dengan kombinasi ammonium sulfat, kecepatan penggojokan, waktu fermentasi berturut-turut 0%, 31.69 rpm, dan 72 jam.

Kata kunci: box behnken, fermentasi, rendemen

ABSTRACT

*This research was aimed for obtaining high level of yield in ethanol production from sorghum grain (*Sorghum bicolor* L.). Response surface methodology (RSM) is selected to optimize the process variables in ethanol production by employing Box Behnken design. The factors are consist of Ammonium sulfate concentrations 0, 0.2, and 0.4%; shaking rates 0, 50, and 100 rpm; and fermentation times 56, 64, and 72 hours. Second order polynomial model was developed to estimate the ethanol yield by different level for each factor and the regression square was 90.09%. Optimal solution in this work was determined by contour plot, with the highest yield was 39.55% (v/w) by combination of ammonium sulfate concentration, shaking rate, fermentation time are 0%, 31.69 rpm, and 72 hours respectively.*

Keywords: box behnken, fermentation, yield

PENDAHULUAN

Peningkatan pertumbuhan ekonomi dan populasi disertai berbagai aktivitasnya akan meningkatkan kebutuhan energi hampir di seluruh sektor ekonomi. Data kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menyebutkan, sepanjang tahun 2010 realisasi konsumsi premium sebesar 23 juta kL atau 7% diatas kuota, realisasi solar 12.8 juta kL atau 14% di atas kuota, dan minyak tanah 2.4 juta kL atau 37% dibawah kuota. Seiring dengan

peningkatan penggunaan bahan bakar minyak di Indonesia oleh berbagai aktivitas seperti transportasi, industri dan rumah tangga akan berpotensi meningkatkan kadar karbondioksida di lingkungan. Berdasarkan data *Environmental Modeling and Assessment* (1999) kadar karbondioksida di lingkungan pada tahun 2000 mencapai 380 ppm. Melihat permasalahan tersebut tentu harus dicari solusi untuk menekan ketergantungan sektor ekonomi terhadap bahan bakar minyak. Solusi tersebut adalah mensubstitusi penggunaan bahan bakar

minyak (fosil) dengan bahan bakar yang dapat diperbarui (*renewable*) dan ramah lingkungan dengan potensi sumber bahan baku yang tinggi. Potensi tersebut ada pada penggunaan *biofuel*. Berdasarkan *roadmap biofuel* pada perencanaan pengelolaan energi nasional. Indonesia menargetkan mampu menyubstitusi bahan bakar bensin oleh bioetanol sebanyak 2%, 3%, dan 5% masing-masing pada tahun 2010, 2015, dan 2025. Oleh karena itu, untuk menindaklanjuti target tersebut telah banyak *biofuel* yang dikembangkan sebagai substitusi bahan bakar minyak yakni biodiesel dan bioetanol.

Sorghum merupakan tanaman yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan baku bioetanol, baik dari biji maupun niranya. Menurut Sirappa (2003) di Jawa timur pada tahun 2003 dilakukan budi daya sorghum di atas lahan seluas 5693 hektar dengan produksi biji sorghum sebanyak 10522 ton. Sorghum memiliki keunggulan dibandingkan dengan tebu dan singkong. Menurut Setyaningsih (2009) dilihat dari aspek budi daya, kebutuhan air tanaman sorghum lebih rendah dan laju foto sintesis lebih tinggi dibandingkan dengan tebu, sehingga produktivitas sorghum tentu lebih tinggi dibandingkan dengan tebu dan singkong. Sorghum dapat dipanen pada waktu umur empat bulan sedangkan tebu dan singkong baru bisa dipanen jika umurnya menginjak sepuluh bulan.

Keunggulan lain dari biji sorghum adalah kadar gula biji sorghum lebih tinggi dibandingkan dengan kadar gula singkong. Menurut Nadir *et al.* (2009), kadar gula biji sorghum mencapai 50.07 g/L sedangkan kadar gula singkong hanya mencapai 40 g/L. Melihat kadar gula sorghum lebih tinggi daripada singkong tentunya sorghum lebih berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan baku etanol daripada singkong. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh dari konsentrasi ammonium sulfat pada media, kecepatan penggojokan, dan waktu fermentasi terhadap rendemen yang terbentuk. Serta untuk mengetahui solusi optimum dalam produksi etanol berdasarkan faktor-faktor tersebut menggunakan metode respon permukaan (*Response surface methodology*).

METODE

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tepung biji sorgum kabupaten Sampang, *Saccharomyces cerevisiae* (ragi roti), $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (padatan), MgSO_4 (padatan), *Sodium sulfat anhydrous* (padatan), α -amylase, *glucoamylase*, *Aquadest*, Reagensia luff school, KI 20%, HCl 6 N, Natrium tiosulfat standar, Indikator amilum, dan H_2SO_4 .

Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini di antaranya *Alcohol metre*, *Orbital Shaker* GFL 3015, Destilator, pH meter, Beaker glass 1000 ml, *Hot plate Stirrer* Hawlet Packard 3000-120, *Magnetic stirrer*, Kapas, Kertas Saring Whatman, Corong kaca, *Aluminium foil*, Labu ukur, Pipet volume, dan Pipet tetes.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini terdiri dari tiga perlakuan, dimana masing masing perlakuan terdapat tiga taraf. Perlakuan pertama (X_1) adalah konsentrasi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dengan taraf 0, 0.2, dan 0.4%; perlakuan kedua (X_2) adalah kecepatan penggojokan dengan taraf 0, 50, dan 100 rpm; dan perlakuan ketiga (X_3) adalah waktu fermentasi dengan taraf 56, 64, dan 72 jam. Di dalam percobaan ini terdapat kondisi yang diatur secara konstan di antaranya suhu 30 °C, konsentrasi ragi 10%, pH media sebesar 5 (Liu dan Shen, 2007), konsentrasi MgSO_4 0.05%, *strain* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Saccharomyces cerevisiae* (Liu *et al.*, 2008) dan sorghum yang diperoleh dari wilayah kabupaten Sampang. Penelitian ini dirancang menggunakan *Response surface methodology* dengan aturan *Box-Behnken* yang tertera pada Tabel 1.

Hidrolisis Tepung Sorgum

Tepung sorgum dihidrolisis secara enzimatis, dengan cara mencampur tepung sorgum dan air dengan perbandingan 1:3. Campuran tersebut dipanaskan dengan *hot plate stirrer* pada suhu 90°C selama dua jam dan ditambahkan 0.1% (v/w) α -amilase untuk *liquefaction*. *Saccharification* dilakukan dengan menurunkan suhu hidrolisis menjadi 50 °C selama satu jam dan menambahkan glukosa amilase 0.1% (v/w) (Nadir *et al.*, 2009).

Tabel 1. Rancangan percobaan menggunakan desain Box-Behnken

No	Faktor		
	Konsentrasi (NH ₄) ₂ SO ₄ (%)	Kecepatan penggojokan (rpm)	Waktu (Jam)
1	0 (-1)	0 (-1)	64 (0)
2	0 (-1)	100(1)	64 (0)
3	0.4 (1)	0 (-1)	64 (0)
4	0.4 (1)	100(1)	64 (0)
5	0 (-1)	50 (0)	56 (-1)
6	0 (-1)	50 (0)	72 (1)
7	0.4 (1)	50 (0)	56 (-1)
8	0.4(1)	50 (0)	72 (1)
9	0.2 (0)	0(-1)	56 (-1)
10	0.2 (0)	0 (-1)	72 (1)
11	0.2 (0)	100 (1)	56 (-1)
12	0.2 (0)	100(1)	72 (1)
13	0.2 (0)	50 (0)	64 (0)
14	0.2 (0)	50 (0)	64 (0)
15	0.2 (0)	50 (0)	64 (0)

Fermentasi

Pembuatan media dilakukan dengan mencampurkan jus sorghum sebanyak 250 ml dengan MgSO₄ 0.05%, (NH₄)₂SO₄ (0%, 0.2%, 0.4%) sampai pH5. Inokulasi dilakukan dengan penambahan *yeast* 10% w/v. Fermentasi diatur diatas *orbital shaker* selama (56, 64, dan 72 jam) pada suhu 30 °C. Larutan hasil fermentasi yang mengandung air, etanol dan endapan protein dimasukkan ke dalam labu didih destilator yang kemudian dididihkan pada suhu 78.5 °C selama satu jam.

Analisa Data

Kadar gula media dianalisa menggunakan metode *luff school*, sedangkan analisa kadar alkohol dilakukan dengan menggunakan alkohol meter (Liu *et al.*, 2008). Data kadar etanol digunakan untuk menghitung rendemen dengan formulasi dibawah ini:

$$R = \frac{K \times V}{M} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- R = Rendemen (% v/w)
- K = Kadar Etanol (%)
- V = Volume Destilat/Etanol (mL)
- M = Massa Bahan (g)

Pengolahan data untuk analisa *response surface methodology* menggunakan

Design Expert 07 dengan model *second order polynomial*.

PEMBAHASAN

Analisis metode respon permukaan pada Produksi Etanol dari Biji Sorghum

Proses produksi etanol dari biji sorghum dengan fermentasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya kadar gula media, kecepatan pengadukan pada bioreaktor, pH media, waktu fermentasi dan konsentrasi senyawa yang mengandung nitrogen (Liu *et al.*, 2008). Tabel 1 menunjukkan bahwa terdapat tiga faktor yang dibuat bervariasi untuk dioptimalkan, yakni konsentrasi amonium sulfat (X₁) yang ditambahkan ke dalam media, kecepatan penggojokan (X₂), dan waktu fermentasi (X₃). Nilai regresi *square* sebesar 0.9009 atau 90.09%, artinya konsentrasi amonium sulfat, kecepatan penggojokan, dan waktu fermentasi memberikan pengaruh sebesar 90.09% terhadap rendemen pada fermentasi dan hanya 9.91% variasi dalam penelitian tersebut tidak dapat dijelaskan oleh model tersebut. Nilai Adj-R *Square* 72.24% dapat mengindikasikan bahwa model matematis memiliki signifikansi yang tinggi dan dapat digunakan (*available*) untuk memprediksi rendemen yang terbentuk pada fermentasi.

Optimasi Konsentrasi Amonium, Kecepatan Penggojokan, dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Etanol

Melalui uji p untuk masing-masing variabel dapat diperoleh model matematis dibawah ini (Y= % Rendemen):

$$Y = 18.31 - 5.47X_2 + 6.15X_3 - 14.28X_2^2 + \epsilon \dots\dots\dots(2)$$

Model matematis (*equation*) yang terbentuk dari rancangan percobaan Tabel 3 secara umum memiliki tingkat signifikan yang tinggi, artinya model tersebut dapat digunakan untuk memprediksikan seberapa besar rendemen yang terbentuk pada proses fermentasi, karena diperoleh nilai F dan p masing-masing sebesar 5.05 dan 0.0447. Hal ini berarti peluang terjadinya *noise* (pengaruh faktor pengganggu) pada penelitian tersebut hanya 4.47%. Hal tersebut juga diperkuat dengan nilai *Adeq Precision* sebesar 8.604 (lebih besar dari 4) yang mengindikasikan bahwa penelitian tersebut memiliki tingkat kepercayaan (*reliability*) dan ketelitian yang tinggi.

Model matematis yang diperoleh menunjukkan bahwa waktu fermentasi

lebih berpengaruh terhadap rendemen yang terbentuk dari pada variabel yang lain, karena nilai p yang diperoleh lebih kecil dan nilai koefisiennya lebih besar dari pada kecepatan penggojokan. Nilai koefisien untuk kecepatan penggojokan (X_2) yang bertanda negatif, menunjukkan bahwa dengan kecepatan penggojokan tertentu pada fermentasi justru dapat menurunkan rendemen yang terbentuk. Koefisien variabel waktu fermentasi (X_3) bernilai positif sehingga dapat menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi maka semakin tinggi rendemen yang terbentuk.

Analisis metode respon permukaan dapat melihat interaksi atau hubungan antar variabel terhadap rendemen pada fermentasi. Dengan menggunakan *surface plot*, dapat diidentifikasi bagaimana pengaruh masing-masing variabel terhadap rendemen.

Pengaruh konsentrasi amonium sulfat dan kecepatan penggojokan terhadap rendemen

Menurut Liu *et al.* (2008) penambahan $(NH_4)_2SO_4$ ke dalam media berfungsi sebagai sumber nitrogen dan

Tabel 2. *Analysis of variance (ANOVA) fitted second order polynomial* pada produksi etanol dari biji sorgum

Sumber	Std.Dev	R-Sq	Adj-R square	Predicate R-Square	Press
Linear	10.60	0.3212	0.1360	-0.4313	2606.02
Interaksi 2 faktor	11.90	0.3780	-0.0885	-2.2182	5859.16
Kuadratik	6.01	0.9009	0.7224	0.5802	2877.02
Kubik	0.62	0.9996	0.9971		

Tabel 3 Hasil analisis regresi model second order polynomial

Sumber	Koefisien terestimasi	F	p
Model	-	5.05	0.0447
Konstanta	18.31	-	-
X_1	-2.32	1.19	0.3250
X_2	-5.47	6.63	0.0049*
X_3	6.15	8.38	0.0340*
$X_1 * X_2$	3.38	1.27	0.3166
$X_1 * X_3$	-3.47	1.34	0.2996
$X_2 * X_3$	-1.54	0.26	0.6300
X_1^2	5.90	3.56	0.1178
X_2^2	-14.28	20.87	0.0060*
X_3^2	1.51	0.23	0.6494

*) Signifikan ($p < 0,05$); *Adeq Precision*: 8.604

sulfur untuk pertumbuhan yeast serta $MgSO_4$ untuk mengaktifkan enzim yang ada pada sel yeast. Gambar 1 menunjukkan permukaan *surface plot* pada variabel amonium sulfat memiliki kontur datar. Hal ini berarti penambahan amonium sulfat tidak berpengaruh terhadap rendemen. Hal ini diduga karena pada jus sorghum yang digunakan sebagai media memiliki kandungan N yang cukup untuk nutrisi mikroba. Unsur N yang terkandung dalam jus sorghum berupa senyawa protein dengan kandungan protein biji sorghum 11.09% (Adebiyi *et al.*, 2005). Penelitian Liu *et al.* (2008) menunjukkan bahwa rendemen tertinggi diperoleh dengan penambahan amonium sulfat 0.2%. Hal itu dikarenakan perbedaan komposisi media yaitu bahan baku yang digunakan adalah nira. Nira sorghum memiliki kadar protein yang lebih rendah dibandingkan dengan biji sorghum (Adetuyi dan Akpambang, 2006). Oleh karena itu, pasokan nitrogen untuk mikroba harus ditambahkan dengan penambahan senyawa yang mengandung nitrogen.

Kecepatan penggojokan berpengaruh secara signifikan terhadap rendemen pada fermentasi. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 3 bahwa nilai p untuk variabel ini di bawah 0.05. Sedangkan berdasarkan persamaan 1 dapat dilihat bahwa koefisien untuk variabel kecepatan penggojokan bernilai negatif, sehingga semakin tinggi kecepatan penggojokan pada saat fermentasi, maka semakin kecil rendemen yang terbentuk.

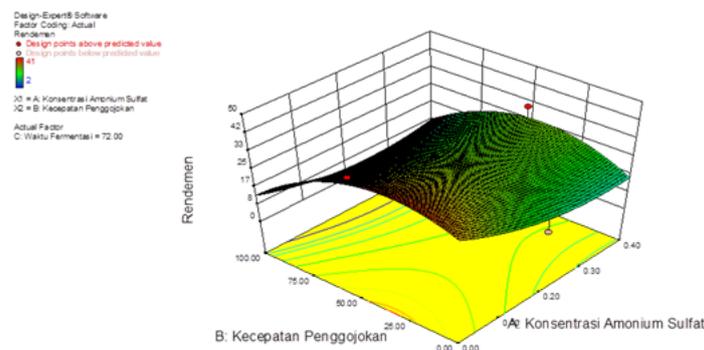
Rendemen naik dari kecepatan penggojokan 0-50 rpm. Hal ini tertera pada Gambar 1 bahwa kurva kecepatan penggojokan naik sampai 50 rpm, sedangkan saat kecepatan penggojokan di atas 50 rpm

rendemen justru mengalami penurunan. Penggojokan dapat meningkatkan transfer massa antar bahan pada proses fermentasi. Dengan penggojokan maka penggunaan gula oleh yeast pada fermentasi akan meningkat dan etanol yang diproduksi di dalam sel yeast akan keluar, namun jika kecepatan penggojokan terlalu tinggi metabolisme yeast akan terganggu sehingga produksi etanol akan menurun (Liu dan Shen, 2007). Penelitian Liu dan Shen (2007) menunjukkan bahwa rendemen optimum diperoleh dari fermentasi dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Tingkat pengadukan yang cepat tidak mengganggu metabolisme yeast pada fermentasi karena pada penelitian tersebut yeast yang digunakan diimmobilisasi terlebih dahulu dengan cara mengikat yeast *Saccharomyces cerevisiae* dengan kalsium alginat, sehingga yeast lebih stabil.

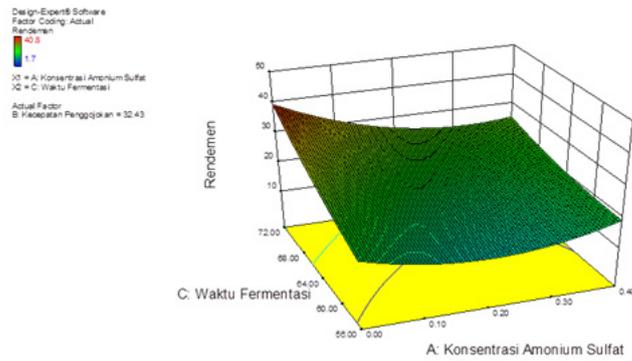
Pengaruh konsentrasi amonium sulfat dan waktu fermentasi terhadap rendemen

Gambar 2 menunjukkan bahwa kontur variabel konsentrasi amonium sulfat tidak begitu curam. Hal ini dikarenakan nilai probabilitas untuk variabel ini di atas 0.05, sehingga tidak berpengaruh secara signifikan terhadap rendemen. Konsentrasi amonium sulfat 0% dapat memberikan kontribusi rendemen yang tinggi. Hal ini disebabkan media yang digunakan pada saat fermentasi memiliki kandungan unsur nitrogen dari senyawa organik, yakni protein atau asam amino yang digunakan untuk nutrisi mikroba.

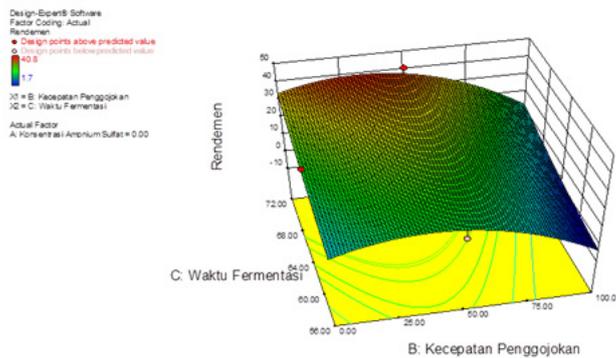
Rendemen meningkat dari fermentasi 0 jam sampai 72 jam. Mengacu pada persamaan 2 bahwa koefisien untuk variabel waktu bernilai positif, yakni 6.15 yang menunjukkan hubungan linear antara waktu fermentasi



Gambar 1. *Surface plot* pengaruh konsentrasi amonium sulfat dan kecepatan penggojokan terhadap rendemen pada waktu fermentasi 72 jam



Gambar 2. *Surface plot* pengaruh konsentrasi amonium sulfat dan waktu fermentasi terhadap rendemen pada kecepatan penggojokan 31.69



Gambar 3. *Surface plot* pengaruh kecepatan penggojokan dan waktu fermentasi terhadap rendemen pada konsentrasi amonium sulfat 0%

dan rendemen. Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan rendemen dengan meningkatnya waktu fermentasi. Menurut Nadir *et al.* (2009), kenaikan rendemen ini disebabkan karena pada waktu 72 jam pertumbuhan yeast *Saccharomyces cerevisiae* berada pada fase log dan stasioner sehingga yeast masih melakukan proses metabolisme (Nadir *et al.*, 2009). Oleh karena itu, komposisi kimia media berubah akibat dari konsumsi gula dan sintesis etanol meningkat (Fardiaz, 1992).

Penelitian Nadir *et al.* (2009) menunjukkan bahwa rendemen optimal terbentuk pada waktu 64 jam sehingga dapat dilihat bahwa waktu optimal untuk produksi etanol berbeda dengan hasil penelitian. Perbedaan tersebut diduga disebabkan perbedaan suhu fermentasi dan komposisi nutrisi yang ada dalam media sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan yeast. Kenaikan rendemen secara nyata dapat dilihat pada Gambar 2. Hal ini dikarenakan nilai p untuk variabel waktu fermentasi adalah 0.0459 (<0.05) sehingga variabel waktu dapat dikatakan berpengaruh

secara signifikan terhadap rendemen yang terbentuk pada proses fermentasi. Hal ini juga dapat dibuktikan melalui Gambar 2 bahwa area rendemen yang tinggi (*high level*) ada disekitar waktu fermentasi 72 jam dan konsentrasi amonium sulfat 0%.

Konsentrasi amonium sulfat 0% dapat menghasilkan rendemen optimum pada penelitian ini karena media yang dibuat dari jus biji sorghum memiliki kandungan protein yang dapat didegradasi oleh yeast untuk diambil nitrogennya, sehingga dapat menopang pertumbuhan yeast. Oleh karena itu, amonium sulfat yang diberikan ke dalam media tidak berpengaruh (Kundiayana *et al.*, 2010).

Pengaruh kecepatan penggojokan dan waktu fermentasi terhadap rendemen

Kecepatan penggojokan berpengaruh secara signifikan terhadap rendemen yang terbentuk pada proses fermentasi. Pelakuan ini dapat menurunkan rendemen. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 3 bahwa nilai koefisien untuk kecepatan penggojokan bernilai negatif.

Nilai p untuk kecepatan penggojokan lebih kecil dibandingkan dengan waktu

Tabel 4. Hasil solusi optimal berdasarkan uji *desirability*

(NH ₄) ₂ SO ₄ (%)	Penggojokan (rpm)	Waktu (jam)	Rendemen (% v/w)	<i>Desirability</i>
0	31.69	72.00	39.55	1.000
0	32.43	71.95	39.47	1.000
0	33.78	72.00	39.44	1.000

fermentasi, sehingga dari nilai tersebut dapat diindikasikan bahwa kecepatan penggojokan lebih berpengaruh terhadap rendemen dari pada lama fermentasi. Hal itu juga dapat dijelaskan dengan *3D Surface plot* (Gambar 3) yaitu kurva kecepatan penggojokan lebih curam dari pada konsentrasi amonium sulfat.

Waktu atau lama fermentasi berpengaruh signifikan terhadap rendemen yang terbentuk pada proses fermentasi, karena nilai p untuk variabel ini adalah 0.007 (<0.05). Gambar 3 menunjukkan bahwa rendemen meningkat sampai jam ke 72. Hal ini dapat menjawab penelitian Kundiyana *et al.* (2010) bahwa waktu fermentasi optimum pada produksi etanol dari sorghum adalah 72 jam.

Penentuan nilai *desirability* berfungsi untuk menyatakan derajat ketepatan hasil solusi optimal, yaitu semakin mendekati angka satu maka semakin tinggi nilai ketepatan optimasi. Solusi optimum terpilih adalah pada konsentrasi amonium sulfat 0%, kecepatan penggojokan 31.69 rpm dan waktu fermentasi 72 jam dengan nilai *desirability* 1 (Gambar 4), sehingga rendemen yang diprediksi pada penelitian tersebut memiliki nilai ketepatan yang tinggi (Montgomery, 2001)

Berdasarkan prediksi menggunakan analisis *response surface methodology* diperoleh titik optimal dari kombinasi perlakuan konsentrasi amonium sulfat 0%, kecepatan penggojokan 31.69 rpm dan waktu fermentasi 72 jam dengan rendemen sebesar 39.55%. Ketepatan prediksi solusi optimal dapat dilihat dengan uji *desirability value*, yaitu solusi yang dipilih adalah solusi yang memiliki nilai *desirability* 1.000 (100%) seperti pada Tabel 4.

Penentuan nilai *desirability* berfungsi untuk menyatakan derajat ketepatan hasil solusi optimal, yaitu semakin mendekati angka satu maka semakin tinggi nilai ketepatan optimasi. Solusi optimum terpilih adalah pada konsentrasi amonium sulfat 0%, kecepatan penggojokan 33 rpm dan lama fermentasi 72 jam dengan nilai *desirability* 1, sehingga kadar etanol

yang diprediksi pada penelitian tersebut memiliki nilai ketepatan yang tinggi (Montgomery, 2001).

KESIMPULAN

Kecepatan penggojokan dan waktu fermentasi berpengaruh secara signifikan terhadap kadar etanol pada proses fermentasi, sedangkan konsentrasi amonium sulfat yang ditambahkan ke dalam media tidak berpengaruh. Rendemen maksimum pada penelitian ini sebesar 39.55% yang diperoleh dari kombinasi perlakuan konsentrasi amonium sulfat 0%, kecepatan penggojokan 31.69 rpm dan waktu fermentasi 72 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Adetuyi AO and Akpambang VOE. 2006. The nutritional value of sorghum bicolor stem flour used for infusion drinks in Nigeria. *Pak. J. Sci. Ind. Res.* 49(4):276-280
- Adebiyi AO, Adebiyi AP, and Olaniyi EO. 2005. Nutritional of *Sorghum bicolor* starch hydrolyzed with amylase from *Rhizopus sp.* *African J Biotechnol.* 4(10):1089-1094
- Fardiaz S. 1992. *Mikrobiologi Pengolahan Pangan Lanjut*. Bogor. Dipdikbud Dirjen PT PAU Pangan dan Gizi IPB.
- Kundiyana DK, Bellmer DD, and Hunke RL. 2010. Influence of temperature, ph and yeast on in field production of ethanol from unsterilized sweet sorghum juice. *Biomass and Bioenergy* 34:1481-1486
- Liu R and Shen F. 2007. Impacts of main factors of bioethanol fermentation from stalk juice of sweet sorghum by immobilized *Saccharomyces cereviceae* (CICC 1308). *Bioresource Technology.* 99: 847-854.
- Liu R, Li J, and Shen F. 2008. Refining bioethanol from stalk juice of sweet sorghum by immobilized yeast fermentation. *Renewable Energy.* 33: 1130-1135.
- Montgomery DC. 2001. *Design and Analysis of Experiments Third Edition*. John Willey and Son. New York.

Nadir N, Mel M, Karim MIA, and Yunus RM.
2009. Comparison of sweet sorghum
and cassava for ethanol production by
using *Saccharomyces cereviceae*. *J. App.*
Sc. 9(17) : 3068-3073.

Setyaningsih D. 2009. Kuliah Teknologi
Bioenergi. TIP-IPB. Bogor.

Sirappa MP. 2003. Prospek Pengembangan
Sorgum di Indonesia sebagai
Komoditas Alternatif Untuk Pangan,
Pakan dan Industri. *Jurnal Litbang*
Pertanian. Balai Pengkajian Teknologi
Pertanian Sulawesi Selatan. Makassar.