

PEMBUATAN BIOETANOL DARI PATI BIJI NANGKA OLEH *Zymomonas mobilis* CP4 (KAJIAN KONSENTRASI INOKULUM DAN AMONIUM SULFAT)

Production Bioethanol From Jackfruit Seed Starch By *Zymomonas mobilis* CP4 (Effects of Inoculum and Ammonium Sulfate Concentration)

Atmiral Ernes dan Agustin Krisna Wardani

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya
Jl. Veteran - Malang 65145
Email : atmiralernes@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inokulum dan amonium sulfat dalam pembuatan bioetanol dari pati biji nangka. Fermentasi dilakukan dengan menggunakan strain bakteri *Zymomonas mobilis* CP4, sebagai pengganti *yeast*, yang menawarkan yield etanol mendekati teori. Produksi etanol dari pati biji nangka dipelajari dengan penambahan konsentrasi inokulum dan amonium sulfat yang berbeda oleh *Zymomonas mobilis* CP4 pada fermentasi batch dengan menggunakan suhu 30°C, pH 7,0 dan waktu fermentasi 72 jam. Kondisi terbaik untuk produksi etanol diperoleh pada penambahan inokulum 15% (v/v) dan amonium sulfat 0,25% (b/v), yang menghasilkan etanol dengan kadar 9,06% (b/v). Penelitian ini memberikan kontribusi bagi industri keripik nangka dalam memanfaatkan biji nangka sebagai hasil samping dari pengolahan keripik nangka.

Kata kunci: etanol, pati biji nangka, *Zymomonas mobilis* CP4, fermentasi batch

ABSTRACT

The aim of this study was to study the effect of inoculum and ammonium sulfate concentration on bioethanol production from jackfruit seed starch. Fermentations utilizing strains of *Zymomonas mobilis* CP4, in place of the traditional yeasts, have been proposed due their ethanol yields being close to theoretical. Ethanol production from jackfruit seed starch was studied under different concentration of inoculum and ammonium sulfate using *Zymomonas mobilis* CP4 in batch fermentation using temperature 30°C, pH 7,0 and fermentation time of 72 h. The best conditions for ethanol production were 15% (v/v) of inoculum and 0,25% (w/v) of ammonium sulfate, achieving 9,06% (w/v) of ethanol. This study contributes to the industry jackfruit chips in utilizing jackfruit seeds as a byproduct of processing jackfruit chips.

Keywords: ethanol, jackfruit seed starch, *Zymomonas mobilis* CP4, fermentation

PENDAHULUAN

Kebutuhan etanol untuk berbagai tujuan penggunaan seperti sebagai alternatif sumber energi, pelarut, *cleansing agents* dan pengawet, menyebabkan produksi etanol makin meningkat. Disamping itu, sumber bahan bakar fosil yang semakin

menipis ketersediaannya dan kebutuhan akan bahan bakar yang ramah lingkungan, menjadi fokus penelitian dunia saat ini untuk menemukan sumber energi yang baru, bersih dan murah (Afifi *et al.*, 2011). Melis and Happe (2000) juga menyatakan ada 3 sumber energi baru yang

dikembangkan di dunia saat ini, antara lain bioethanol, biodiesel dan biohidrogen.

Etanol merupakan salah satu sumber energi alternatif yang paling banyak dikembangkan saat ini. Etanol berpotensi sebagai *biofuel* untuk menggantikan bahan bakar fosil dan bersifat ramah lingkungan (Byung-Hwan Um, 2007). Etanol dapat diproduksi melalui sintesis kimia dari *petrochemical substrat* dan konversi karbohidrat oleh mikroba pada produk pertanian. Bahan baku terbaru tersedia dalam berjumlah besar untuk dikonversi menjadi etanol. Etanol dapat diproduksi menggunakan 3 bahan utama yaitu bahan bergula (Junior and Massaguer, 2006; Cazetta *et al.*, 2007), bahan berpati (Jamai *et al.*, 2007; Smith, 2008), dan bahan berselulosa (Chandel *et al.*, 2009). Beberapa penelitian produksi etanol dilakukan dengan memanfaatkan produk samping dari industri pati yang kurang dimanfaatkan dan dapat dikonversi menjadi gula, seperti produk samping dari bubur kentang dan hidrolisat pati mentah yang merupakan sumber bahan baku yang sangat terjangkau untuk produksi etanol (Larson and Katofsky, 1992; Kumar *et al.*, 2005; Zhang and Feng, 2010).

Biji nangka merupakan sumber bahan berpati lokal yang potensial untuk dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku dalam pembuatan bioetanol di Indonesia karena ketersediaannya yang cukup melimpah. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2009, produksi buah nangka di Indonesia mencapai 653.444 ton/tahun yang sebagian besar diolah menjadi keripik nangka. Dari hasil samping pengolahan keripik nangka tersebut dihasilkan sekitar 30% biji nangka dari total limbah. Biji nangka juga mengandung karbohidrat sebanyak 36,7% (Depkes RI, 1981). Oleh karena itu, biji nangka sangat berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.

Proses pembuatan bioetanol dari berbagai sumber bahan berpati dengan menggunakan bantuan mikroorganisme baik khamir maupun bakteri telah banyak

diteliti. Neves *et al.* (2007) menemukan bahwa fermentasi pada gandum *low grade* dengan menggunakan bakteri *Zymomonas mobilis* menghasilkan etanol 30% lebih banyak daripada *Saccharomyces cerevisiae*. Namun, untuk dapat menghasilkan kadar etanol yang tinggi, banyak faktor yang mempengaruhi, diantaranya jenis mikroba yang digunakan, jumlah inokulum, komposisi medium fermentasi dan kondisi fermentasi (Quintero *et al.*, 2006). Seperti diketahui bahwa pati biji nangka hanya mengandung 0,32% protein (Bobbio *et al.*, 1978), sehingga sangat diperlukan sumber Nitrogen tambahan untuk pertumbuhan *Zymomonas mobilis*. Liu *et al.* (2008) mempelajari pengaruh dari penambahan garam anorganik yang berbeda pada yield etanol. Amonium sulfat memproduksi yield etanol yang tinggi daripada urea oleh *Saccharomyces cerevisiae*. Amonium sulfat merupakan molekul yang sederhana dan harganya murah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan berbagai variasi konsentrasi inokulum (10, 15, 20 (% v/v) dan amonium sulfat (0,25; 0,5; 0,75 (%b/v) pada substrat pati biji nangka oleh *Zymomonas mobilis* CP4 terhadap kadar etanol yang dihasilkan. Hasilnya diharapkan dengan adanya penambahan konsentrasi inokulum dan amonium sulfat dapat menghasilkan etanol dengan kadar yang tinggi.

BAHAN DAN METODE

Mikroorganisme dan persiapan kultur

Mikroorganisme yang digunakan adalah *Zymomonas mobilis* CP4 (NRRL B-14023) yang diperoleh dari *ARS Culture Colection National Center for Agricultural Utilization Research*, Preoria II, USA. Isolat ditumbuhkan pada media yang terdiri dari (per liter): glukosa 100 g, *yeast extract* 10 g, KH_2PO_4 1 g, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dan $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,5 g dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 1 g (Merck). Meium pertumbuhan disterilisasi pada suhu 121°C selama 15 menit. Kultur disimpan pada suhu 4°C dan dilakukan

peremajaan setiap 4 minggu. Kultur Starter dibuat dengan konsentrasi 10% (v/v) dengan jumlah sel 1.8×10^6 cfu/ml.

Bahan

Bahan utama yang digunakan adalah biji nangka dari produsen kripik nangka di Batu-Malang, Jawa Timur. Biji Nangka yang digunakan berasal dari jenis nangka salak dengan umur buah nangka 8 bulan, tidak busuk, dan mempunyai ukuran seragam. Pati diisolasi berdasarkan metode yang digunakan Utami (2008). Pati biji nangka kemudian dihidrolisa menggunakan enzim alfa amilase dan glukamilase berdasarkan metode yang digunakan oleh Rahayu (2009).

Kondisi fermentasi

100 ml sirup glukosa hasil hidrolisis pati secara enzimatik dengan konsentrasi gula reduksi 14% ditempatkan pada erlenmeyer 250 ml. Amonium sulfat dengan konsentrasi yang berbeda (0.25; 0.5; and 0.75 (%b/v)) dan mikronutrien lain seperti KH_2PO_4 0.1 % (b/v) and $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.05% (b/v) ditambahkan. pH diatur 7, kemudian media disterilisasi pada suhu 121°C selama 15 menit. Medium kemudian didinginkan dan inokulum *Zymomonas mobilis* CP4 dengan konsentrasi berbeda (10,15, and 20 (%v/v)) diinokulasikan ke dalam medium fermentasi. Erlenmeyer kemudian

ditempatkan pada shaker waterbath suhu 30°C kecepatan agitasi 100 rpm dan waktu fermentasi 72 jam.

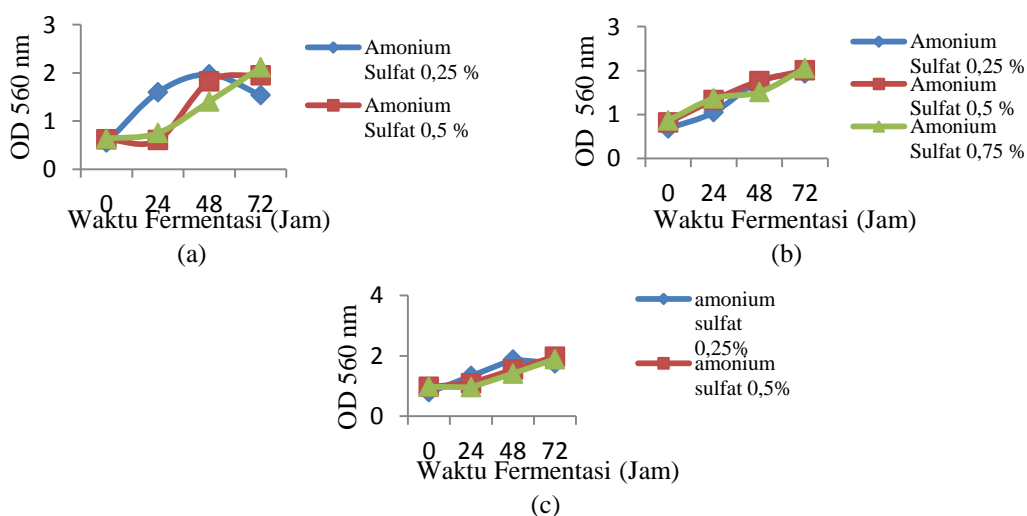
Metode analisa

Analisa terhadap produk fermentasi dilakukan setiap 24 jam sekali. Analisa yang dilakukan meliputi analisa OD sel dengan menggunakan spektrofotometer (Spectronic 20 Genesys), analisa pH (Apriyantono dkk., 1989), analisa gula reduksi menggunakan metode DNS (Ceirwyn, 1995). Analisa terhadap kadar etanol dilakukan pada akhir fermentasi (jam ke-72) menggunakan GC (*Gas Chromatography*) HP 5890, jenis kolom MS5A, dengan suhu awal 175°C, rate suhu 10°C/menit, suhu akhir 250°C dan flow 20 ml/menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan sel selama fermentasi

Selama proses fermentasi, pertumbuhan *Zymomonas mobilis* diukur dengan berdasarkan absorbansi menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 560 nm. Semakin tinggi nilai panjang gelombang, semakin banyak jumlah bakteri pada medium fermentasi. Gambar 1 menunjukkan pertumbuhan *Zymomonas mobilis* selama proses fermentasi pada konsentrasi inokulum dan amonium sulfat yang berbeda.



Gambar 1. Pertumbuhan *Zymomonas mobilis* (a) inokulum 10%, (b) inokulum 15%, (c) inokulum 20% pada berbagai variasi konsentrasi amonium sulfat

Dari Gambar 1 terlihat, pada penambahan amonium sulfat 0.25% (b/v), pertumbuhan *Zymomonas mobilis* mengalami kenaikan secara logaritmik pada awal fermentasi (jam ke-0) hingga jam ke-48. Sedangkan fase stasioner dan fase kematian terjadi pada jam ke-48 hingga jam ke-72. Pada penambahan amonium sulfat dengan konsentrasi 0.5 dan 0.75% (b/v) secara umum sel masih mengalami peningkatan pada jam ke-72. Ini menunjukkan bahwa masih tersedianya sumber nitrogen untuk pertumbuhan *Zymomonas mobilis*. OD sel tertinggi terjadi pada penambahan amonium sulfat dengan konsentrasi 0.75% (b/v), dengan nilai OD 2.05. jumlah ini lebih kecil dari yang dihasilkan oleh *Saccharomyces cerevisiae*. Meskipun *Zymomonas mobilis* memproduksi biomassa sel yang lebih rendah, namun *Zymomonas mobilis* dapat memproduksi etanol dengan kadar yang tinggi. Perker *et al.* (1997) menemukan bahwa produksi biomassa yang rendah biasa terjadi pada *Zymomonas mobilis* dan antara pertumbuhan sel dan fermentasi tidak berhubungan. Menurut Rogers *et al.* (1982), sekitar 2% dari sumber karbon dikonversi menjadi biomass. Konversi glukosa terjadi melalui jalur *Entner-Doudoroff* yang hanya menghasilkan satu

ATP per mol glukosa yang difermentasi, yang menyebabkan produksi biomassa sel rendah pada *Zymomonas mobilis* dibandingkan pada *Saccharomyces cerevisiae* (Swings and DeLey, 1977). Glazer and Nikaido (2007) juga menambahkan, biomassa sel yang rendah juga disebabkan satu mol ATP yang dihasilkan ini digunakan untuk pembentukan *dihydroxyacetone* dan *acetaldehyde* yang dapat menghambat pertumbuhan sel.

Perubahan pH media

pH merupakan salah satu parameter penting dalam proses fermentasi. Pada fermentasi etanol menggunakan *Zymomonas mobilis*, pH awal sebelum fermentasi dikondisikan pada pH 7, dimana pH 7 merupakan pH optimal untuk awal pertumbuhan *Zymomonas mobilis* (Gunasekaran *et al.*, 1986). Setelah inokulasi dengan penambahan berbagai konsentrasi inokulum (10%, 15% dan 20 % v/v), pH media turun menjadi sekitar 6. Perubahan media selama fermentasi dengan berbagai variasi konsentrasi inokulum dan amonium sulfat secara lengkap tersaji pada Tabel 1 di bawah ini.

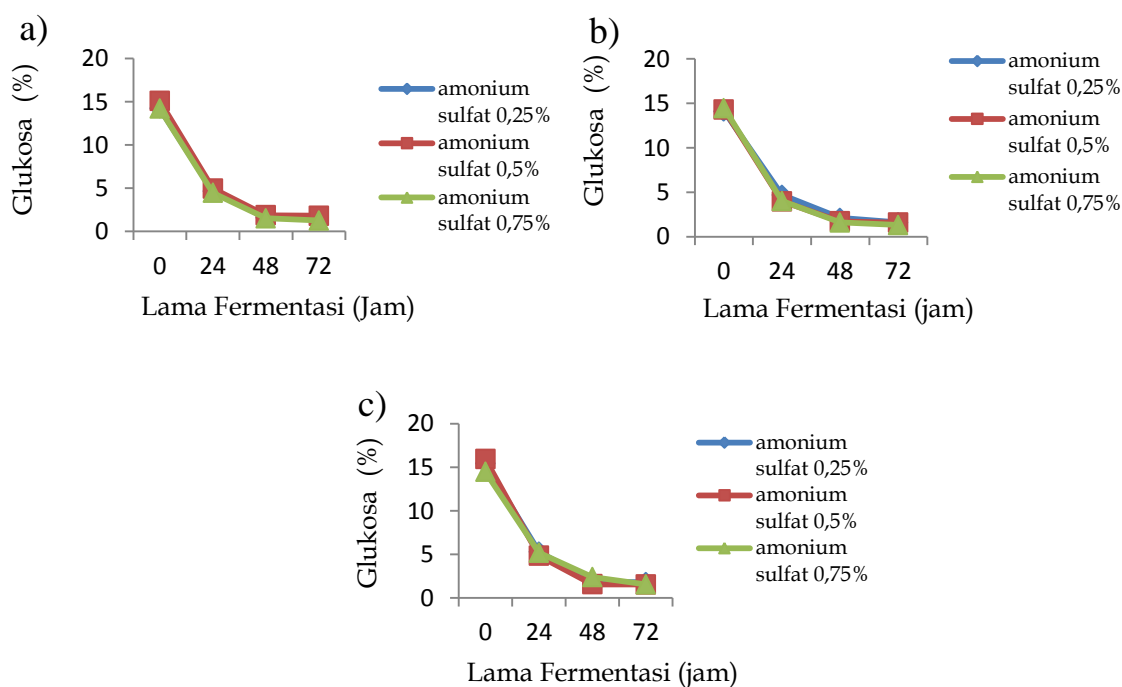
Tabel 1. Perubahan pH medium selama fermentasi pada berbagai konsentrasi inokulum dan amonium sulfat

Inokulum (% v/v)	Amonium Sulfat (% b/v)	pH jam ke-			
		0	24	48	72
10	0,25	5,96	5,44	3,94	4,86
	0,50	6,2	4,98	3,32	3,77
	0,75	6,35	4,94	3,47	3,87
15	0,25	5,93	5,23	3,94	4,75
	0,50	6,30	5,07	4,00	4,96
	0,75	6,32	4,22	3,97	4,55
20	0,25	6,11	4,33	3,66	4,92
	0,50	6,3	4,98	4,05	4,91
	0,75	6,29	5,43	3,98	4,01

Pada Tabel 1, menurunnya nilai pH ini dikarenakan pada produksi etanol oleh *Zymomonas mobilis* juga dihasilkan produk samping lainnya seperti asam laktat dan asam format sebagai hasil lain pemecahan piruvat. Menurut Wang *et al.* (1979), penurunan pH selama fermentasi juga disebabkan oleh ionisasi H^+ dan penggunaan amonium sulfat sebagai sumber nitrogen. Amonium sulfat dalam medium fermentasi akan terdisosiasi menjadi ion NH_4^+ . *Zymomonas mobilis* mengkonsumsi senyawa ini untuk membentuk massa sel dalam bentuk $R - NH_3^+$. Pengikatan NH_3^+ akan melepaskan H^+ ke lingkungannya, sehingga selama fermentasi, ion H^+ pada media akan semakin banyak dan mengakibatkan penurunan pH selama proses fermentasi.

Penurunan kadar glukosa selama fermentasi

Zymomonas mobilis ditambahkan pada medium fermentasi sirup glukosa hasil hidrolisis pati enzimatis pati biji nangka untuk memfermentasi gula menjadi etanol. Adanya penurunan kadar glukosa selama proses fermentasi menunjukkan tingkat konsumsi glukosa oleh *Zymomonas mobilis*. Menurut Glazer and Nikaido (2007), konsumsi glukosa oleh *Zymomonas mobilis* dilakukan secara divusi melalui membran sel. Glukosa akan diubah menjadi Glukosa-6-fosfat oleh enzim glukokinase dan masuk ke jalur metabolisme *Entner-Doudoroff* (ED), tidak melalui jalur glikolitik seperti pada umumnya yang terjadi pada sel *yeast*. Penurunan kadar glukosa selama fermentasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perubahan kadar glukosa selama fermentasi etanol oleh *Zymomonas mobilis* CP4 pada penambahan (a) inokulum 10%, (b) inokulum 15%, (c) inokulum 20% (v/v)

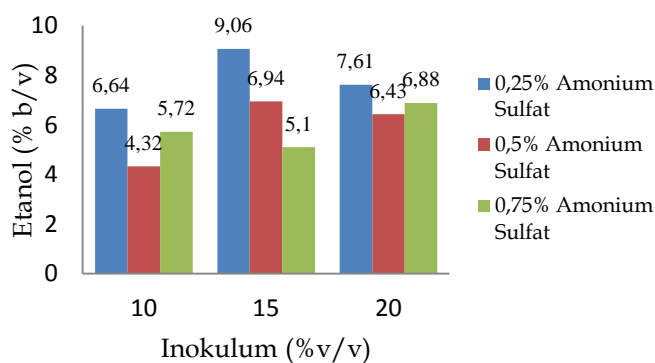
Dari Gambar 2 dapat dilihat Penurunan glukosa berkisar dari 15% glukosa menjadi sekitar 4% pada jam ke-24. Hasil penelitian ini telah sesuai dengan pernyataan Zang (2003) yang menyatakan bahwa tingkat konsumsi glukosa oleh *Zymomonas mobilis* relatif cepat. Zang juga

menambahkan *Zymomonas mobilis* dapat mengkonsumsi glukosa mulai dari 10 g glukosa per berat kering sel dalam tiap jamnya. Pada penelitian ini, *Zymomonas mobilis* menunjukkan tingkat konsumsi glukosa sekitar 11% pada jam pertama fermentasi. Glukosa yang dikonsumsi akan

dikonversi menjadi beberapa produk terutama etanol dan karbondioksida serta sejumlah kecil asam laktat dan untuk pertumbuhan sel.

Pengaruh Konsentrasi Inokulum dan Amonium Sulfat terhadap Produksi Etanol

Produk fermentasi pada jam ke-72 dianalisa kadar etanolnya menggunakan GC (*Gas Chromatography*). Hasil analisa kadar etanol yang dihasilkan selama fermentasi tersaji pada Gambar 3.



Gambar 3. Produksi Etanol dengan Berbagai Variasi Konsentrasi Inokulum dan Amonium Sulfat

Gambar 3 menunjukkan bahwa konsentrasi inokulum *Zymomonas mobilis* berpengaruh terhadap produksi etanol dari sirup glukosa hasil hidrolisis pati enzimatis pati biji nangka. Semakin banyak konsentrasi inokulum yang ditambahkan pada medium sirup glukosa, semakin tinggi etanol yang diproduksi. Sesuai dengan pernyataan Mukhtar *et al.* (2010) yang menyatakan bahwa konsentrasi etanol meningkat dengan semakin banyaknya konsentrasi inokulum yang ditambahkan. Namun, pada konsentrasi inokulum yang lebih tinggi (20% v/v) produksi etanol justru mengalami penurunan. Penurunan ini disebabkan jumlah sel yang besar pada awal fermentasi mengakibatkan terjadinya kompetisi substrat untuk pertumbuhan sel sehingga jumlah sumber karbon yang tersedia untuk dikonversi menjadi etanol lebih sedikit. Jarzebski (1989) juga menambahkan bahwa kondisi pertumbuhan dan metabolisme pada populasi sel yang tinggi tidak diharapkan karena mengganggu akses nutrisi, keterbatasan ruang, dan interaksi antar sel.

Pada penambahan amonium sulfat dengan konsentrasi yang tinggi (0,75% b/v) produksi etanol juga mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena amonium sulfat sebagai sumber nitrogen dibutuhkan dalam jumlah kecil dan adanya penambahan konsentrasi ammonium sulfat yang berlebih dapat menjadi inhibitor. Menurut Laopaiboon *et al.* (2006), efisiensi produksi etanol dari ekstrak sorgum membutuhkan suplementasi sumber nitrogen hanya dalam jumlah yang kecil pada ekstrak. Soleimani *et al.* (2012) dalam penelitiannya menggunakan *Zymomonas mobilis* PTCC 1718 pada *low cost substrates* juga menyatakan bahwa amonium sulfat tidak memberikan pengaruh yang nyata (pengaruhnya dapat diabaikan) pada produksi etanol menggunakan *Zymomonas mobilis* PTCC 1718.

Penentuan Perlakuan Terbaik

Penentuan perlakuan terbaik pada produksi etanol dari pati biji nangka menggunakan *Zymomonas mobilis* CP4 dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif. Perlakuan terbaik dipilih berdasarkan hasil produksi

etanol tertinggi. Berikut pada Tabel 7 disajikan data secara lengkap hasil produksi

etanol yang dipengaruhi oleh variasi konsentrasi inokulum dan amonium sulfat.

Tabel 7. Hasil produksi etanol dari pati biji nangka oleh *Zymomonas mobilis* CP4 pada berbagai variasi konsentrasi inokulum dan amonium sulfat

Konsentrasi Inokulum (% v/v)	Konsentrasi Amonium Sulfat (% b/v)		
	0,25	0,5	0,75
10	6,64	4,32	5,72
15	9,06	6,94	5,1
20	6,88	6,43	7,61

Berdasarkan Tabel 7, pada perlakuan dengan penambahan konsentrasi inokulum *Zymomonas mobilis* CP4 sebesar 15% (v/v) pada sirup glukosa hasil hidrolisis enzimatis dari pati biji nangka dengan konsentrasi amonium sulfat 0,25% (b/v) merupakan perlakuan terbaik dalam penelitian ini karena menghasilkan etanol paling tinggi sebesar 9,06% (b/v). Dalam fermentasi etanol, *Zymomonas mobilis* mengkonsumsi substrat untuk pembentukan biomassa dan etanol. Efisiensi penggunaan substrat dinyakan dalam *yield* etanol. Semakin tinggi nilai *yield*, maka semakin efisien proses fermentasi. *Yield* etanol perlakuan terbaik pada penelitian ini dapat dihitung melalui persamaan:

$$yield = - \frac{(\Delta \text{produk})}{(\Delta \text{substrat})} \times 100\%$$

$$yield = - \frac{(9,06)}{(1,596 - 14,080)} \times 100\% \\ = 72\%$$

Hasil perhitungan *yield* etanol perlakuan terbaik adalah 72% lebih besar dari *yield* teori. Tingginya *yield* yang diperoleh menyatakan bahwa proses fermentasi pada penelitian ini telah efisien. Menurut Bai *et al.* (2008), *Zymomonas mobilis* memproduksi etanol dari glukosa

melalui jalur *Entner-Doudoroff* (ED), dimana pada jalur ini *Zymomonas mobilis* memetabolisme glukosa menjadi produk dengan efisiensi tinggi, dengan produksi biomassa yang rendah, yang mampu meningkatkan produktifitas etanol 3-5 kali lebih tinggi daripada *Saccharomyces cerevisiae*, dan *yield* produk terhadap substrat sebesar 97%, mengkonversi 1 mol glukosa menjadi 2 mol etanol (dan menghasilkan 1 mol ATP).

KESIMPULAN

Produksi etanol tertinggi diperoleh pada penambahan Inokulum 15% (v/v) dan Amonium Sulfat 0,25% (b/v) dengan perolehan etanol sebesar 9,06% (b/v). *Yield* etanol yang dihasilkan adalah 72%.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifi, Magdy M., Abd El-Ghany T.M., Mohamed, A. Al Abboud, Taher M. Taha, Khaled E. Ghaleb. 2011. Biorefinery of Industrial Potato Wastes to ethanol by Solid State Fermentation. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 7(1): 126-134.
- Apriyantono, A., D. Fardiaz, N. L. Puspita Sari, Sedarwati, dan S. Budiyo. 1989. *Analisa Pangan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi

- Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. IPB. Bogor.
- Badan Pusat Statistik. 2009. Produksi Buah-Buahan di Indonesia. <http://www.bps.go.id>. Tanggal akses 20 Januari 2012.
- Bai F.W., Anderson W.A., Moo-Young M. 2008. Ethanol Fermentation Technologies From Sugar and Starch Feedstocks. *Biotechnol Adv.* 26. p. 89–10.
- Bobbio, F. O, A. A El-Dash, P. A. Bobbio, and L. R. Rodrigues. 1978. Isolation and Characterization of The Physicochemical Properties of The Starch of Jackfruit Seeds (*Artocarpus heterophyllus*). *The American Association of Cereal Chemists.* 55(4). p. 505 – 511.
- Byung-Hwan Um. 2007. Optimization Production Etanol From Concentrated Substrate. Dissertation. Auburn University. Alabama.
- Cazetta, M. L., M. A. T. C. Celligoi, J.B. Buzato, I.S. Scarmino. 2007. Fermentation of Molasses by *Zymomonas mobilis*: Effects of temperature and sugar concentration on ethanol production. *Bioresource Technology.* 98. p. 2824-2828.
- Chandel, Anuj Kumar, Mangamoori Lakshmi Narasu, Ravinder Rudravaram, Ravindra Pogaku, and Linga Venkateswar Rao. 2009. Bioconversion of De-Oiled Rice Bran (DORB) Hemicellulosic Hydrolysate into Ethanol by *Pichia stipitis* NCM3499 under Optimized Conditions. *Food Engineering* volume 5, Iss. 1, Art. 6.
- Departemen Kesehatan. 1981. Perbandingan Kandungan Gizi Biji Nangka, Gandum, dan Jagung.
- Glazer, A. N. and H. Nikaido. 2007. *Microbial Biotechnology Fundamentals of Applied Microbiology*, Second Edition. Cambridge University Press. New York. p. 471-479.
- Gunasekaran, P., T. Karunakaran, M. Kasthuribai. 1986. Fermentation Pattern of *Zymomonas mobilis* Strains on Different Substrates: a Comparative Study. *J. Biosci.* 10. p. 181-186.
- Jamai, L., K. Ettayebi, J. El Yamani, M. Ettayebi. 2007. Production of ethanol from starch by free and immobilized *Candida tropicalis* in the presence of α -amylase. *Bioresource Technology.* 98.p. 2765-2770.
- Jarzebski A.B. Malinowski J.J., Goma G. 1989. Modeling of Ethanol Fermentation at High Yeast Concentrations. *Biotechnol Bioeng.* 34. p. 1225–1230.
- Junior, J. Nolasco and P.R. De Massaguer. 2006. Thermal Degradation Kinetics Of Sucrose, Glucose And Fructose In Sugarcane Must For Bioethanol Production. *Journal of Food Process Engineering.* 29. p. 462–477.
- Kumar, A., J.B. Cameron and P.C. Flynna, 2005. Pipeline transport and simultaneous saccharification of corn stover. *Bioresor, Technol.*, 96: 819-829.
- Larson, E.D. and R.E. Katofsky, 1992. Production of ethanol and methanol from biomass. Center for energy and environmental studies. Princeton University, report, pp: 271-272.
- Liu, R., and Shen, F. 2008. Refining Sweet Sorghum from Stalk Juice of Sweet Sorghum by Immobilised Yeast Fermentation. *Renewable Energy*, 33. p. 1130-1135.
- Melis, A., T. Happe., 2001. Hydrogen Production. Green Algae as a Source of Energy. *Plant Physiology.* 127. p. 740-748.
- Mukhtar, K., M. Asgher, S. Afghan, K. Hussain, and S. Zia-ul-Hussnain. 2010. Comparative Study on Two Commercial Strains of *Saccharomyces cerevisiae* for Optimum Ethanol Production on

- Industrial Scale. J. Biomed. Biotechnol. 2010: 5
- Neves, Marcos Antonio Das, Naoto Shimizu, Toshinori Kimura And Kiwamu Shiiba. 2007. Kinetics of Bioethanol Production from Wheat Milling By-Products. Journal of Food Process Engineering. 30. p. 338–356.
- Onsoy, Tatcha, Pornthap Thanonkeo, Sudarat Thanonkeo, and Mamoru Yamada. 2007. Ethanol Production from Jerusalem Artichoke by *Zymomonas mobilis* in Batch Fermentation. KMITL Sci. Tech. J. Vol. 7
- Parker, C., Peekhaus, N., Zhang, X., Conway, T., 1997. Kinetics of sugar transport and phosphorylation influence glucose and fructose cometabolism by *Zymomonas mobilis*. Appl. Environ. Microbiol. 63, 3519–3525.
- Quintero, J.A., M. I. Montoya, O. J. Sanchez, O. H. Giraldo, C. A. Cardona. 2006. Fuel Ethanol Production from Sugarcane and Corn: Comparative Analysis for Colombian Case. Energy. 33 (3). p. 385-399.
- Rahayu, P. 2009. Optimasi Medium Fermentasi *Zymomonas mobilis* CP4 untuk Produksi Etanol dari Sorgum (*Sorgum bicolor (L) Moench*) (Kajian Konsentrasi Glukosa dan Urea). Universitas Brawijaya. Malang.
- Rogers, P.L., Lee, K.J., Skotnich, M.L., Tribe, D.E., 1982. Ethanol production by *Zymomonas mobilis*. Adv. Biochem. Eng. 23, 27–84.
- Smith, Alison M. 2008. Prospects for increasing starch and sucrose yields for bioethanol production. The Plant Journal. 54. p. 546–558.
- Soleimani, Shiva, Mohammad Faezi Ghasemi and Soheil Shokri. 2012. Ethanol production by *Zymomonas mobilis* PTCC 1718 using low cost substrates. African Journal of Microbiology Research Vol. 6(4), pp. 704-712
- Swings, J., DeLey, J., 1977. The biology of *Zymomonas mobilis*. Bacteriol. Rev. 41, 1–46.
- Utami, Hestiana Peni. 2008. Pemanfaatan Pati Talas (*Colocasia esculenta L. Schott*) dalam Pembuatan Etanol dengan *Saccharomyces cerevisiae* (Kajian Konsentrasi Gula Medium dan Lama Fermentasi). Universitas Brawijaya. Malang.
- Wang L.H., M.C. Hsie, Y.C. Chang, S.L. Kuo, K. Sang and H.D. Hsiao. 1985. Improvement of Ethanol Productivity from Cane Molasses by A Process Using A High Yeast Cell Concentration. J. Bioengin.28. p. 270-284.
- Zhang, M. 2003. *Zymomonas mobilis* Special Topics Session Microbial Pentose Metabolism. 25th Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals. Department of Energy by Midwest Research Institute. United States.
- Zhang, K. and H. Feng. 2010. Fermentation Potentials of *Zymomonas mobilis* and Its Application in Ethanol Production from Low-Cost Raw Sweet Potato. Biotechnology. 9(37). p. 6122-6128.