

Optimasi Produksi Xilitol dengan Variasi Konsentrasi Hidrolisat Hemiselulosa Bagase oleh *Candida tropicalis*

Optimization of xylitol production with a variation of sugarcane bagasse hemicellulose hydrolysate concentration by Candida tropicalis

WAHYUNI, ARI SUSILOWATI*, RATNA SETYANINGSIH

Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta 57126.

* Korespondensi: Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126. Tel. & Fax.: +62-271-663375. e-mail: cheetos@mipa.uns.ac.id.

Diterima: 17 Agustus 2002. Disetujui: 28 Pebruari 2003.

Abstract. The aims of this research were to study the growth of *C. tropicalis*, the optimization of xylitol production, and the efficiency of xylitol production by varying the concentration of sugarcane bagasse hemicellulose hydrolysate. The framework of this research was bioconversion xylose into xylitol by *C. tropicalis* influenced substrate concentration in production medium. Using different sugar cane bagasse hemicellulose hydrolysate concentrations could as the optimum sugar cane bagasse hemicellulose hydrolysate concentration on xylitol production by introducing *C. tropicalis*. The methods used in this experiment were as follow: sugarcane bagasse was hydrolyzed by H_2SO_4 0.035 M in an autoclave at 121°C, 2 atm for 20 minutes. The liquid fraction was concentrated at 50°C using a rotary evaporator. The hydrolysate was neutralized with $Ca(OH)_2$ to a pH of 10 and then removed by centrifugation at 2000 rpm for 20 minutes. The hydrolysate was added with H_2SO_4 to a pH 6.5 and then removed by centrifugation at 2000 rpm for 20 minutes and sterilized by autoclaving at 121°C for 15 minutes. Sugarcane bagasse hemicellulose hydrolysate concentration was varied from 10%, 20%, and 30% and used as substrate in the production medium. The bioconversion process by *C. tropicalis* lasted for 4 days. Parameters used in this experiment were biomass of *C. tropicalis* measured by hemacytometer, xylose, and xylitol concentration in the sugar cane bagasse hemicellulose hydrolysate, and production medium was analyzed by High-Performance Liquid Chromatographic (HPLC). The results showed that: the growth of *C. tropicalis* lasted for 4 days of cultivation increased in every variation of sugar cane hemicellulose hydrolysate concentration. The optimum xylitol production founded in production medium contained 20% sugar cane bagasse hemicellulose hydrolysate in the third day's cultivation with xylitol production 10.258 g/l, yield 0.22 g/g and biomass of *C. tropicalis* 2.9×10^8 cell/ml; The optimum efficiency of xylitol production from sugar cane bagasse hemicellulose hydrolysate by *C. tropicalis* was 24.21% in 20% sugar cane bagasse hemicellulose hydrolysate in the third day's cultivation.

Keywords: optimation, xylitol, sugar cane bagasse, hemicellulose hydrolysate, *Candida tropicalis*.

PENDAHULUAN

Pemanis merupakan senyawa yang memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia. Kehadiran pemanis ditujukan secara langsung untuk mencukupi kebutuhan manusia sehari-hari di samping penggunaannya yang luas dalam industri makanan sebagai bahan aditif. Manusia dengan segala upayanya terus mencari aneka jenis tanaman yang dapat dijadikan sumber pemanis, bahkan telah berhasil juga memproduksi pemanis substitusinya, berupa pemanis sintetis (Lutony, 1993).

Poliol merupakan karbohidrat tereduksi yang berpotensi digunakan sebagai pemanis pengganti sukrosa dalam industri makanan, ditemukan di alam dalam jumlah yang sedikit terutama pada buah-buahan dan sayuran (Dills, 1989). Polioli memiliki sifat-sifat khusus, yaitu memberikan rasa dingin dalam mulut (*cooling effect*) dan bersifat antikariogenik (Suryadi *et al.*, 2000). Xilitol merupakan polioli yang memiliki manfaat paling banyak dalam industri makanan, industri farmasi

dan perawatan gigi berdasarkan sifat antikariogenik dan kariostatiknya. Selain itu dapat pula digunakan sebagai pengganti gula bagi penderita diabetes dan penderita gangguan metabolisme lemak (Rodrigues *et al.*, 1998).

Penggunaan xilitol terbatas, karena metode konvensional yang digunakan dalam proses produksinya menyebabkan harga xilitol menjadi tinggi. Namun kebutuhan akan aplikasi xilitol pada industri makanan dan obat-obatan menyebabkan tingginya permintaan untuk memproduksi xilitol dengan harga yang lebih murah (Dominguez *et al.*, 1996). Dengan bioteknologi, proses produksi xilitol dapat dilakukan secara lebih efisien (Winkelhausen and Kuzmanova, 1998).

Xilosa merupakan pentosa yang dapat dihidrogenasi menjadi xilitol. Bagase merupakan sumber xilosa yang mengandung $\pm 30\%$ fraksi hemiselulosa yang dapat dihidrolisis menjadi xilitol oleh khamir (Felipe *et al.*, 1997). Khamir telah dibuktikan sebagai produser xilitol terbaik. Beberapa khamir yang telah teruji mampu memproduksi xilitol dari D-xilosa di antaranya adalah *Candida sp.*, *Debaryo-*

myces hansenii, *Hansenula anomala*, dan *Saccharomyces* sp., (Winkelhausen and Kuzmanova, 1998)

Konsentrasi substrat merupakan faktor utama yang mempengaruhi pembentukan xilitol. Konsentrasi substrat yang optimum dibutuhkan untuk meningkatkan hasil xilosa dari hidrolisat hemiselulosa. Menurut Roberto *et al.* (1996a), komposisi medium, pH dan sumber nitrogen pada proses biokonversi dapat meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pertumbuhan *C. tropicalis*, mengoptimasi produksi xilitol serta menghitung efisiensi produksi xilitol oleh *C. tropicalis* dengan variasi konsentrasi hidrolisat hemiselulosa bagase.

BAHAN DAN METODE

Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi autoklaf, *rotary shaker*, *sentrifuge*, inkubator, oven, *rotary evaporator vakum*, pH meter, kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT), penyaring bakteri (mili-pore 0,2 μ m), *colony counter*, ose, hemasitometer, lemari pendingin, peralatan gelas.

Mikroorganisme yang digunakan adalah *Candida tropicalis* FNCC 3033.

Berdasarkan penelitian Kusuma (2002), media yang digunakan terdiri dari: Media pemeliharaan *Yeast Pepton Dextrosa Agar* (YPDA) dengan komposisi: 0,5 g ekstrak khamir, 0,5 g pepton, 1,5 g glukosa, 1,5 g agar dan aquades ditambahkan sampai volume 100 ml; Media prekulturan dengan komposisi: 1,5 g ekstrak khamir, 2 g xilosa, 1 g glukosa, 0,2 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0,01 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 1 ml methanol dan aquades ditambahkan sampai volume 100 ml; Media produksi dengan komposisi: hidrolisat hemiselulosa bagase dengan konsentrasi 10%, 20% dan 30%, 1,2 g ekstrak khamir, 10 ml ure 1% (w/v), 1 ml methanol, 0,01 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan aquades ditambahkan sampai volume 100 ml; Untuk analisis dengan alat kromatografi cair tekanan tinggi digunakan xilitol murni sebagai standar dan aquabidestilata sebagai eluen. H_2SO_4 0.035 M (E MERCK) dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (E MERCK) digunakan dalam hidrolisis hemiselulosa bagase.

Cara kerja

Hidrolisis hemiselulosa bagase

Hidrolisis hemiselulosa bagase berdasarkan metode yang dilakukan oleh Roberto *et al.* (1996b) sebagai berikut: Sebelum dihidrolisis, bagase dikeringkan terlebih dahulu di bawah sinar matahari kemudian dipotong kecil-kecil sepanjang ± 10 cm. Bagase tersebut kemudian dihidrolisis menggunakan H_2SO_4 0.035 M dengan perbandingan 1 g bagase dalam 6 ml H_2SO_4 . Hidrolisis dilakukan dalam autoklaf, suhu 121°C, tekanan 2 atm selama 20 menit. Fraksi cair diambil kemudian dipekatkan hingga $\pm \frac{1}{5}$ volume awal, dengan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 50°C. Hidrolisat yang telah dipekatkan kemudian dinetralkan dengan menambahkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hingga diperoleh pH 10.

Setelah itu hidrolisat disentrifugasi dengan kecepatan 2000 rpm selama 20 menit, lalu ditambah H_2SO_4 untuk menurunkan pH sampai 6,5. Hidrolisat yang telah dinetralkan kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 2000 rpm selama 20 menit. Hidrolisat kemudian disterilisasi dengan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit untuk selanjutnya digunakan sebagai substrat dengan variasi konsentrasi 10%, 20% dan 30%. Pembuatan media produksi, hidrolisat hemiselulosa bagase kemudian ditambah dengan 1,2 g ekstrak khamir, 10 ml urea 1%, 1,0 ml methanol, 0,01 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan aquadest hingga volumenya 100 ml.

Penyiapan inokulum (prekultur)

Penyiapan inokulum dilakukan dengan cara memindahkan biakan dari kultur kerja ke dalam Erlenmeyer 125 ml yang berisi 50 ml media prekulturan. Media prekulturan kemudian diinkubasi pada *rotary shaker* dengan kecepatan 200 rpm dan suhu 30°C selama 48 jam (Pfeifer *et al.*, 1996). Selanjutnya sel dipisahkan secara sentrifugasi dengan kecepatan 1600 rpm selama 10 menit, kemudian disuspensikan kembali dengan aquades steril, digunakan sebagai inokulum untuk media fermentasi. Sepuluh ml dari suspensi ini kemudian masing-masing diinokulasikan pada 100 ml media produksi dalam Erlenmeyer 250 ml lalu dihomogenkan dengan *rotary shaker* dengan kecepatan 200 putaran/menit selama 4 hari.

Pengambilan sampel

Pengamatan produksi xilitol dilakukan selama 4 hari dengan mengambil 4 ml dari tiap media produksi setiap harinya. Untuk pengamatan jumlah sel diambil 1,0 ml sampel kemudian setelah dilakukan pengenceran dihitung jumlah selnya dengan menggunakan hemasitometer. Sementara untuk pengamatan hasil produksi xilitol, 3,0 ml sampel disentrifugasi kemudian diambil supernatannya. Supernatan yang diperoleh kemudian disterilkan dengan menggunakan penyaring bakteri berdiameter 0,2 μ m. Supernatan kemudian dianalisis konsentrasi xilosa dan xilitolnya dengan menggunakan alat kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT) (Suryadi *et al.*, 2000).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hidrolisis hemiselulosa bagase

Hidrolisis hemiselulosa dari bagase menghasilkan hidrolisat hemiselulosa berwarna coklat tua dan berbau harum. Kandungan xilosa dalam hidrolisat hemiselulosa sebesar 49,7428 g/l, sedangkan kandungan xilitol dalam hidrolisat sebesar 3,795 g/l.

Jumlah sel *C. tropicalis*

Sebagai jumlah awal, *C. tropicalis* sebanyak 2×10^6 sel/ml diinokulasikan ke dalam media produksi yang mengandung hidrolisat hemiselulosa bagase, kemudian diinkubasi selama 4 hari. Selama 4 hari

Tabel 1. Jumlah sel *C. tropicalis* pada berbagai variasi konsentrasi substrat hidrolisat hemiselulosa bagase selama 4 hari kultivasi.

Waktu kultivasi (hari)	Jumlah sel (sel/ml)		
	Konsentrasi substrat 10%	Konsentrasi substrat 20%	Konsentrasi substrat 30%
1	$0,4 \times 10^8$	$1,8 \times 10^8$	$2,1 \times 10^8$
2	$1,3 \times 10^8$	$2,7 \times 10^8$	$2,5 \times 10^8$
3	$2,0 \times 10^8$	$2,9 \times 10^8$	$3,0 \times 10^8$
4	$4,1 \times 10^8$	$3,4 \times 10^8$	$3,4 \times 10^8$

Tabel 2. Produksi xilitol dengan berbagai variasi konsentrasi substrat hidrolisat hemiselulosa bagase oleh *C. tropicalis* selama 4 hari kultivasi.

Konsentrasi substrat (%)	Waktu kultivasi (hari)	Konsentrasi xilosa (g/l)	Konsumsi xilosa (%)	Xilitol		
				(g/l)	Yield (g/g)	Efisiensi (%)
10	1	4,669	90,61	1,197	0,027	2,90
	2	4,652	90,65	4,065	0,090	9,80
	3	2,614	94,74	6,689	0,142	15,47
	4	0,874	98,24	1,181	0,024	2,64
20	1	9,739	80,42	1,364	0,034	3,72
	2	5,424	89,09	2,682	0,061	6,59
	3	3,533	92,89	10,258	0,220	24,21
	4	0,905	98,18	1,108	0,022	2,47
30	1	13,905	72,05	2,182	0,061	6,64
	2	12,806	74,25	3,659	0,099	0,11
	3	12,765	74,33	8,095	0,218	23,87
	4	11,816	76,24	2,443	0,064	7,02

kultivasi, pertumbuhan *C. tropicalis* mengalami peningkatan pada masing-masing variasi konsentrasi substrat hidrolisat hemiselulosa bagase, seperti tersaji pada Tabel 1.

Konsentrasi substrat hidrolisat hemiselulosa bagase yang berbeda menyebabkan perbedaan jumlah xilosa yang terdapat di dalam media. Kandungan xilosa dalam media produksi dalam jumlah yang cukup sangat penting karena xilosa merupakan aldopentosa dengan rumus $C_5H_{10}O_5$ sehingga memiliki fungsi sebagai sumber karbon yang berguna dalam metabolisme sel khamir yaitu dalam pembentukan energi dan pertumbuhan bagi sel khamir.

Pada konsentrasi substrat 10% jumlah sel menunjukkan hasil akhir yang lebih tinggi dibandingkan pada konsentrasi substrat 20% dan 30% yaitu sebesar $4,1 \times 10^8$ sel/ml. Perbedaan jumlah sel ini dikarenakan masing-masing konsentrasi memiliki perbedaan kandungan xilosa sebagai sumber nutrisi di dalam media produksi yang berguna untuk pertumbuhan sel khamir.

Pertumbuhan *C. tropicalis* tersebut sangat berpengaruh terhadap produksi xilitol karena produksi xilitol akan optimal hanya pada saat pertumbuhan sel berada dalam fase eksponensial. Pada fase ini pertumbuhan sel terjadi dengan cepat dan sangat dipengaruhi oleh media tempat

tumbuhnya, seperti kandungan nutrisi dan kondisi lingkungan (Fardiaz, 1987).

Produksi xilitol

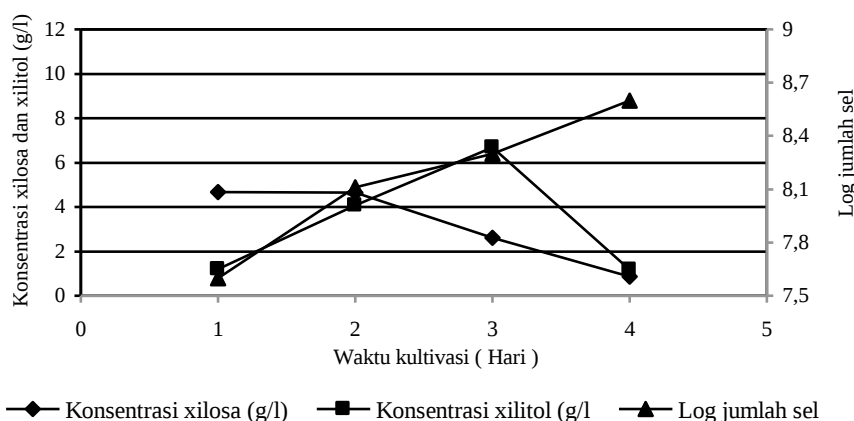
Proses biokonversi dilakukan dengan fermentasi menggunakan khamir *C. tropicalis* yang dapat menghasilkan enzim xilosa reduktase dan xilitol dehidrogenase yang keduanya dapat mengkatalis NADPH-dependen xilosa reduktase dan NADH-dependen xilitol dehidrogenase, sehingga dapat mengkonversi xilosa menjadi xilitol. Selain itu, *C. tropicalis* merupakan penghasil xilitol yang terbaik dibandingkan dengan khamir yang lain (Granstrom, 2002).

Konsentrasi xilosa dan xilitol diukur selama 4 hari kultivasi dengan menggunakan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi sehingga diperoleh konsentrasi xilosa dan xilitol pada berbagai variasi konsentrasi substrat hidrolisat hemiselulosa bagase oleh *C. tropicalis*. Berdasarkan perhitungan konsentrasi xilosa dan xilitol diperoleh besarnya konsumsi xilosa (%), produksi xilitol, *yield* (g/g) dan efisiensi produksi xilitol (%) yang dapat dilihat pada Tabel 2.

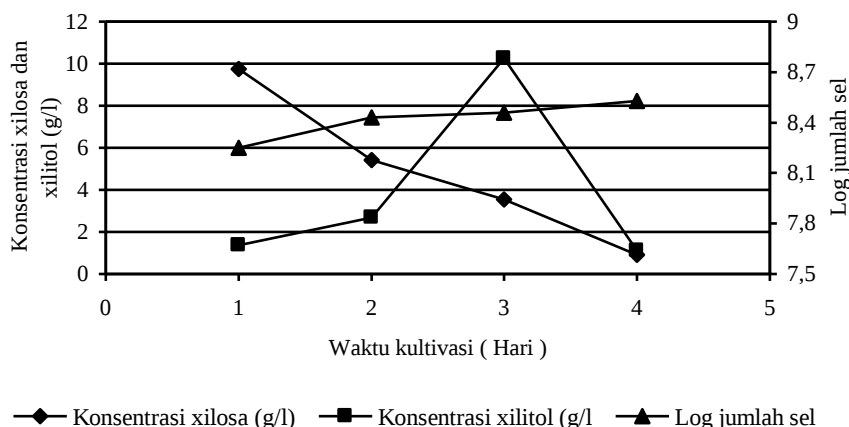
Setiap variasi konsentrasi substrat menunjukkan adanya penurunan dalam jumlah konsentrasi

xilosa di dalam media produksi selama 4 hari kultivasi. Penurunan konsentrasi xilosa terjadi seiring dengan kenaikan jumlah konsumsi xilosa oleh sel *C. tropicalis* karena sel *C. tropicalis* memerlukan xilosa untuk pertumbuhannya di samping penggunaannya untuk memproduksi xilitol.

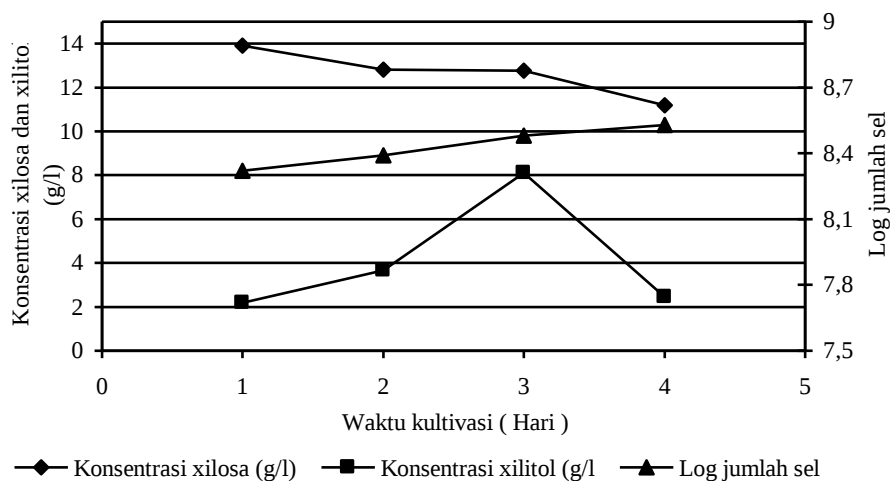
Pada konsentrasi substrat 10%, nilai *yield* terbesar yang diperoleh sebesar 0,142 g/g dengan produksi xilitol 6,689 g/l terjadi pada kultivasi hari ketiga. Pada kondisi ini jumlah xilosa yang terdapat di dalam media produksi sebesar 2,614 g/l dengan konsumsi xilosa sebesar 94,74%. Nilai *yield* pada konsentrasi ini lebih kecil dibandingkan konsentrasi substrat 20% dan 30% dikarenakan jumlah xilosa yang lebih sedikit. Jumlah xilosa yang ada dimanfaatkan khamir untuk metabolismenya yaitu untuk pertumbuhan dan produksi xilitol, terlihat dari persentase konsumsi xilosa yang lebih besar dibandingkan pada konsentrasi substrat 20% dan 30% pada hari ketiga kultivasi dan laju konsumsi xilosa yang rendah setiap hari kultivasi. Menurut Dominguez *et al.* (1996), konsumsi khamir yang besar terhadap xilosa pada kondisi ini terutama untuk memenuhi kebutuhannya akan sumber karbon dan hanya sebagian kecil xilosa yang dikonversi menjadi xilitol. Akibatnya produksi xilitol menjadi rendah sehingga menyebabkan nilai *yield* menjadi rendah pula.



Gambar 1. Konsentrasi xilosa, konsentrasi xilitol dan pertumbuhan sel pada konsentrasi substrat hidrolisat hemiselulosa bagase 10%.



Gambar 2. Konsentrasi xilosa, konsentrasi xilitol dan pertumbuhan sel pada konsentrasi substrat hidrolisat hemiselulosa bagase 20%.



Gambar 3. Konsentrasi xilosa, konsentrasi xilitol dan pertumbuhan sel pada konsentrasi substrat hidrolisat hemiselulosa bagase 30%.

yield terbesar terdapat pada kultivasi hari ketiga. Dari kedua konsentrasi ini diperoleh nilai *yield* yang cukup besar dan tidak jauh berbeda yaitu 0,220 g/g dan 0,218 g/g. Pada konsentrasi substrat 20% persentase konsumsi xilosa sebesar 92,89%, lebih banyak dibandingkan dengan konsentrasi substrat 30% yang hanya sebesar 74,33% meskipun jumlah sel pada konsentrasi substrat 30% ($3,0 \times 10^8$ sel/ml) lebih banyak dibandingkan konsentrasi substrat 20% ($2,9 \times 10^8$ sel/ml). Dari kedua konsentrasi substrat terlihat adanya perbedaan kemampuan sel *C. tropicalis* dalam mengonsumsi xilosa dan pemanfaatannya, baik untuk memenuhi kebutuhannya akan sumber karbon maupun untuk produksi xilitol yang terlihat dari laju konsumsi xilosa yang berbeda.

Pada saat *yield* yang diperoleh mencapai 0,22 g/g, diproduksi xilitol sebesar 10,258 g/l. Hasil ini lebih besar dibandingkan dengan hasil penelitian produksi xilitol oleh Gong *et al.* (1981) dalam Winkelhausen dan Kuzmanova (1998) yaitu sebesar 2,1 g/l dengan menggunakan D-xilosa murni sebagai substrat sebesar 100 g/l dan khamir *C. tropicalis*.

Faktor penting yang berpengaruh dalam produksi xilitol adalah jumlah sel. Menurut Horitsu *et al.* (dalam Winkelhausen dan Kuzmanova, 1998), konsentrasi xilitol dalam media dan aerasi sangat berhubungan dengan jumlah sel di dalam media. Jika jumlah sel sedikit maka akumulasi oksigen menjadi meningkat menyebabkan rendahnya produksi xilitol.

Aerasi merupakan faktor yang penting karena ketersediaan oksigen di dalam media dapat mempengaruhi pertumbuhan khamir, kecepatan

pengambilan substrat dan kecepatan pembentukan produk. Pertumbuhan sel khamir dalam konsentrasi substrat 10%, 20% dan 30% yang terus meningkat seiring dengan menurunnya konsentrasi xilosa di dalam media terlihat pada Gambar 1, 2, dan 3.

Menurut Vongsuvanlert dan Tani (1998), xilitol dapat diproduksi melalui dua jalur metabolisme oleh sel khamir. Xilosa akan direduksi menjadi xilitol oleh NADH atau NADPH dependent xilose reductase atau melalui isomerisasi D-xilosa menjadi D-xilulosa oleh D-xilosa isomerase baru kemudian D-xilulosa akan direduksi menjadi xilitol oleh NADH-dependen xilitol dehidrogenase.

Pembentukan xilitol terjadi di bawah kondisi oksigen yang terbatas dengan tujuan untuk mengakumulasi NADH karena keberadaan oksigen dapat menurunkan aktivitas NADH yang berakibat pada menurunnya akumulasi produksi xilitol (Winkelhausen dan Kuzmanova, 1998).

Peningkatan produksi xilitol berbanding lurus dengan meningkatnya konsumsi xilosa oleh khamir (sesuai dengan penelitian Dominguez *et al.* (1996)) karena xilosa terus dikonversi menjadi xilitol sehingga konsumsi xilosa menyebabkan akumulasi xilitol. Terjadinya penurunan produksi xilitol pada hari kultivasi keempat disebabkan karena xilosa sebagai sumber karbon semakin menipis, padahal xilosa terlebih dahulu digunakan oleh *C. tropicalis* untuk memenuhi kebutuhan akan sumber karbon. Akibatnya pada saat kebutuhan sel akan sumber karbon telah terpenuhi, hanya tinggal sedikit xilosa yang dapat dikonversi menjadi xilitol sehingga produksi xilitol menurun. Hal ini sesuai dengan penelitian Suryadi *et al.* (1998), bahwa konsentrasi xilitol akan menurun pada saat atau sesudah akumulasinya sama atau lebih besar dibandingkan konsentrasi dari xilosa.

Menurut Winkelhausen dan Kuzmanova (1998), pada saat sumber karbon terbatas, khamir akan mengkonsumsi xilitol yang telah diproduksinya jika pada saat itu jumlah D-xilosa hampir habis. Hal ini sesuai dengan penelitian Suryadi *et al.* (1998), yang menyatakan bahwa khamir tidak hanya

mengkonsumsi D-xilosa tetapi juga mengkonsumsi xilitol. Penurunan produksi xilitol disebabkan semakin rendahnya jumlah xilosa yang terdapat di dalam media sehingga untuk memenuhi kebutuhan akan sumber karbon maka *C. tropicalis* mengkonsumsi xilitol yang diproduksi.

Efisiensi produksi xilitol

Pertumbuhan sel khamir yang cepat menyebabkan banyaknya jumlah sel yang aktif dan mampu mengkonsumsi xilosa dalam jumlah yang besar sehingga nilai *yield* menjadi tinggi. Nilai *yield* yang tinggi menyebabkan efisiensi produksi xilitol menjadi tinggi, seperti terlihat pada Gambar 4.

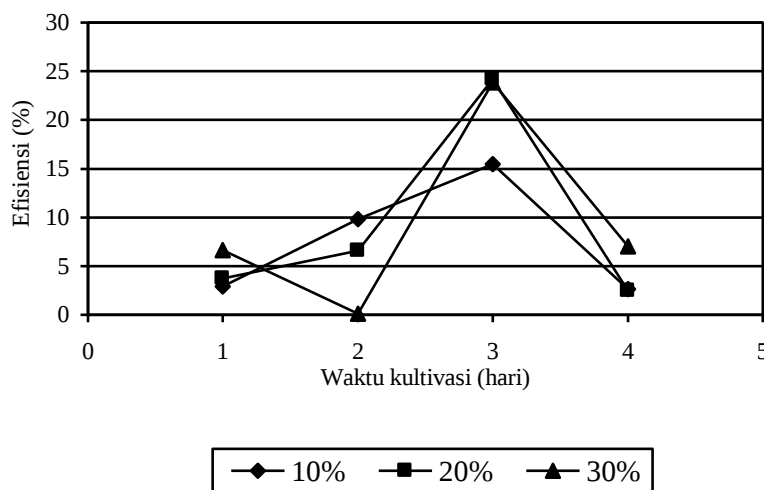
Jumlah sel yang tinggi pada konsentrasi substrat 10% menyebabkan terjadinya peningkatan pada konsumsi xilosa sementara produksi xilitol tidak terlalu besar dikarenakan substrat yang sedikit digunakan khamir untuk pertumbuhan sel sehingga produksi xilitol menjadi berkurang dan efisiensinya menjadi rendah.

Efisiensi yang tinggi (24,21%) terjadi pada konsentrasi substrat 20% karena adanya keseimbangan konsumsi xilosa yang digunakan untuk pertumbuhan dan untuk produksi xilitol. Sementara pada konsentrasi 30% terjadi penurunan konsumsi xilosa oleh khamir dibanding dengan konsentrasi yang lainnya sehingga efisiensinya tidak terlalu tinggi. Hal tersebut dikarenakan konsentrasi xilosa yang tinggi menyebabkan banyaknya zat-zat inhibitor di dalam media sehingga produksi xilitol menjadi rendah.

Efisiensi proses biokonversi biasanya dilihat dari besarnya nilai *yield*. Jika suatu proses biokonversi memiliki nilai *yield* mendekati 1 artinya hampir seluruh substrat yang dikonsumsi diubah menjadi produk. Menurut Barbosa *et al.* (1988) dalam Roberto *et al.* (1996a), nilai *yield* untuk produksi xilitol secara teoritis sebesar 0,917 g/g. Nilai *yield* tertinggi yang dihasilkan dari penelitian ini sebesar 0,22 g/g, lebih rendah dibandingkan nilai teoritisnya. Nilai *yield* tersebut menunjukkan bahwa belum semua substrat yang dikonsumsi khamir

diubah menjadi produk karena konsumsi substrat berkaitan erat dengan pertumbuhan khamir yang dipengaruhi oleh faktor eksternal sel dan faktor internal sel.

Faktor yang berkaitan erat dengan nilai *yield* produksi xilitol adalah suhu lingkungan untuk produksi xilitol. Pada penelitian ini digunakan suhu kamar dalam produksi xilitol yang sebenarnya kurang optimum untuk pertumbuhan *C. tropicalis* karena suhu optimum untuk pertumbuhan *C. tropicalis* adalah 30°C. Kurang optimumnya pertumbuhan *C. tropicalis* menyebabkan aktivitasnya dalam memproduksi xilitol pun kurang optimal.



Gambar 4. Efisiensi produksi xilitol pada berbagai variasi konsentrasi substrat hidrolisat hemiselulosa bagase selama 4 hari kultivasi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan *C. tropicalis* selama 4 hari kultivasi meningkat pada masing-masing variasi konsentrasi hidrolisat hemiselulosa bagase. Produksi xilitol optimum diperoleh pada media produksi yang mengandung 20% substrat hidrolisat hemiselulosa bagase pada hari ketiga kultivasi dengan produksi xilitol 10,258 g/l, *yield* 0,22 g/g dan jumlah sel $2,9 \times 10^8$ sel/ml. Efisiensi produksi xilitol yang optimum dari hidrolisat hemiselulosa bagase oleh *C. tropicalis* terbesar sebesar 24,21% pada konsentrasi substrat 20% kultivasi hari ketiga.

Berdasarkan hasil penelitian ini diperlukan adanya penelitian mengenai variasi konsentrasi substrat antara 20% dan 30% untuk mengoptimalkan produksi xilitol dengan memvariasikan waktu kultivasi dalam satuan jam. Penelitian mengenai adanya zat-zat lain selain xilosa dan xilitol yang terdapat dalam hidrolisat hemiselulosa bagase serta pengaruhnya terhadap produksi xilitol oleh *Candida tropicalis*, optimasi suhu produksi untuk mengoptimalkan pertumbuhan *C. tropicalis* dan penelitian dengan menggunakan khamir lain juga sangat diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dills, W.L Jr. 1989. Sugar alcohols as bulk sweeteners. *Annual Review Nutrition* 9: 161-186.
- Dominguez, J.M., C.S. Gong, and G.T. Tsao. 1996. Pretreatment of sugar cane bagasse hemicellulose hydrolysate for xylitol production by yeast. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 57/58: 49-56.
- Fardiaz, S. 1987. *Fisiologi Fermentasi*. Bogor: Pusat Antar Universitas Institut Pertanian Bogor.
- Felipe, M.G.A., M. Vitolo, I.M. Mancilha, and S.S. Silva, 1997. Environmental parameters affecting xylitol production from sugar cane bagasse hemicellulosic hydrolyzate by **Candida guilliermondii**. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 18: 251-254.
- Granstrom, T. 2002. *Biotechnological Production of Xylitol with Candida Yeast*. abstract: Helsinki University of Technology. <http://www.libhut.fi/Diss/2002>.
- Kusuma, I.R. 2002. *Optimasi Cara Hidrolisis dan Sumber Nitrogen dalam Biokonversi Hidrolisat Hemiselulosa dari Ampas Tebu Menjadi Xilitol oleh Hansenula polymorpha*. [Skripsi]. Jakarta: Universitas Indonesia
- Lutony, T.L. 1993. *Tanaman Sumber Pemanis*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Pfeifer, M.J., S.S. Silva, M.G.A. Felipe, I.C. Roberto, and I.M. Mancilha. 1996. Effect of culture conditions on xylitol production by **Candida guilliermondii** FTI 20037. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 57/58: 423.
- Roberto, I.C., S. Sato, dan I.M. Mancilha, 1996a. Effect of inoculum level on xylitol production from rice straw hemicellulose hydrolysate by **Candida guilliermondii**. *Journal of Industrial Microbiology* 16: 348-350.
- Roberto, I.C., S.S. Silva, M.G.A. Felipe, I.M. Mancilha, and S. Sato. 1996b. Bioconversion of rice straw hemicellulose hydrolysate for the production of xylitol. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 57/58: -
- Rodrigues, D.C.G.A., S.S. Silva, and M.G.A. Felipe. 1998. Using response-surface methodology to evaluate xylitol production by **Candida guilliermondii** by fed-batch process with exponential feeding rate. *Journal of Biotechnology* 62: 73-77.
- Suryadi, H., T. Katsuragi, N. Yoshida, S. Suzuki, and Y. Tani. 2000. Polyol production by culture of methanol utilizing yeast. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 89 (3): -
- Vongsuvanlert, V and Tani, Y. 1989. Xylitol Production by A Methanol Yeast, **Candida boidinii** (Kloeckera Sp.) No 2201. *Journal of Fermentation and Bioengineering* 67 (1): -
- Winkelhausen, E and S. Kuzmanova. 1998. Microbial conversion of D-Xylose to xilitol. *Journal of Fermentation and Bioengineering* 86 (1): 1-14.