



## Fermentasi Etanol dari Ubi Jalar (*Ipomoea batatas*) oleh Kultur Campuran *Rhizopus oryzae* dan *Saccharomyces cerevisiae*

*Ethanol fermentation from sweet potato (Ipomoea batatas) by mixture culture of Rhizopus oryzae and Saccharomyces cerevisiae*

DIAN ARYANI, TJAHJADI PURWOKO<sup>♥</sup>, RATNA SETYANINGSIH

Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta 57126

Diterima: 12 Maret 2004. Disetujui: 1 Mei 2004.

### ABSTRACT

*Saccharomyces cerevisiae* was known to ferment glucose into ethanol, but *S. cerevisiae* could not ferment starch into ethanol. This research was to study ethanol fermentation from sweet potato by mix cultures of *Rhizopus oryzae* and *S. cerevisiae*. The medium was prepared 10, 15 and 20%(b/v) sweet potato in aquadest into jam's bottle. The media (50 mL) was inoculated with 1 mL *S. cerevisiae*  $1 \times 10^6$  cfu/mL. After covered by Whatman paper No.41, the bottle added with another 50 mL medium and inoculated with 1 mL *R. oryzae*  $1 \times 10^5$  cfu/mL. Concentration of reducing of sugar, starch, ethanol and biomass was measured everyday. The result showed that 10% sweet potato medium produced the highest content of ethanol that was an amount 2.647% followed by 15% sweet potato medium was 2.623% and 20% sweet potato medium was 2.163%. The optimum fermentation duration to produce the highest content of ethanol was 5 days.

---

#### ♥ Alamat korespondensi:

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

**Keywords:** ethanol fermentation, sweet potato, mixture culture, *Rhizopus oryzae*, *Saccharomyces cerevisiae*.

### PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara agraris. Berbagai tanaman budidaya telah dikembangkan di Indonesia. Tanaman ubi jalar merupakan tanaman yang mengandung karbohidrat tinggi. Pada tahun 1968 Indonesia merupakan negara penghasil ubi jalar nomor 4 di dunia, karena berbagai daerah di Indonesia menanam ubi jalar (Rukmana, 1997). Menurut data Dinas Pertanian Kabupaten Karanganyar tahun 2002, tanah pertanian di Kecamatan Matesih paling banyak ditanami ubi jalar sekabupaten Karanganyar, yaitu 207 ha lahan pertanian dan 86 ha lahan kering. Ubi jalar varietas bestak dan ciceh banyak ditanam di Matesih, Karanganyar, Jawa Tengah.

Jumlah ubi jalar yang melimpah tersebut, dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan etanol. Menurut Schlegel dan Schmidt (1994) etanol disebut juga dengan etil alkohol dengan rumus kimia  $C_2H_5OH$  mempunyai nilai ekonomis tinggi, karena dapat digunakan sebagai bahan bakar, alat pemanas, penerangan, pelarut bahan kimia, obat-obatan, detergen, oli, dan lilin. Menurut Pelczar dan Chan (1988) masalah kekurangan energi telah meningkatkan minat terhadap penggunaan etanol sebagai campuran bahan bakar konvensional. Gasohol merupakan campuran 90% bensin tanpa timbal dengan 10% etanol dan sudah digunakan beberapa daerah di Amerika Serikat dan diproduksi dalam skala lebih besar di Brazil. Penggunaan bahan bakar campuran itu secara

luas ditentukan oleh faktor ekonomis yaitu biaya produksi etanol. Untuk menjadikan gasohol sebagai bahan bakar yang ekonomis, maka harus tersedia bahan mentah yang murah dan berjumlah banyak. Etanol dapat dibuat dari glukosa yang difermentasi oleh khamir.

Khamir yang penting dalam proses fermentasi etanol adalah *Saccharomyces*. Khamir tersebut banyak digunakan untuk produksi etanol karena memenuhi kriteria, antara lain produksi etanol tinggi, toleransi terhadap kadar etanol dan substrat tinggi, dan tumbuh baik pada pH netral (Pelczar dan Chan, 1988). Khamir mempunyai kemampuan fermentasi etanol menggunakan gula-gula sederhana seperti glukosa, maltosa, sukrosa, laktosa, dan rafinosa.

Pati dapat digunakan sebagai bahan mentah untuk fermentasi etanol. Pati lebih dulu dihidrolisis menjadi gula sederhana yang dapat difermentasi oleh khamir (Pelczar dan Chan, 1988). Enzim yang dapat menghidrolisis pati menjadi gula sederhana adalah amilase. Enzim tersebut tidak dimiliki khamir, tetapi dimiliki oleh jamur. Salah satu jamur yang mempunyai enzim amilase adalah *Rhizopus*. Di Indonesia, *Rhizopus* dikenal sebagai jamur tempe. Dalam keadaan aerob, *Rhizopus* banyak menghasilkan enzim amilase (Dwidjoseputro, 1990; Rahayu dan Sudarmadji, 1986).

Sebagian besar fermentasi etanol dari pati dilakukan melalui dua tahap. Tahap pertama adalah hidrolisis pati menjadi gula sederhana oleh jamur penghasil enzim amilase. Tahap kedua adalah fermentasi gula sederhana menjadi etanol oleh khamir. Jika enzim amilase diekstrak dari sel jamur, fermentasi etanol dari pati dapat dilakukan dalam satu tahap. Untuk mengekstrak enzim amilase memerlukan teknik dan biaya tambahan. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan fermentasi etanol dari ubi jalar oleh kultur campuran dalam satu tahap. Jamur yang digunakan pada penelitian ini ditumbuhkan secara aerob, sedangkan khamir ditumbuhkan secara anaerob dalam satu fermentor.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar etanol yang dihasilkan dalam proses fermentasi kultur campuran dari ubi jalar oleh *Rhizopus oryzae* dan *Saccharomyces cerevisiae*.

## BAHAN DAN METODE

**Mikrobia** yang digunakan pada penelitian ini adalah biakan murni *Rhizopus oryzae* dan

*Saccharomyces cerevisiae* FNCC 3014 dari PAU Pangan dan Gizi UGM Yogyakarta.

**Bahan** yang digunakan pada penelitian ini adalah: ubi jalar dari Matesih, medium PDA miring, medium PGY cair dan akuades.

**Penyiapan biakan.** Inokulum *R. oryzae* diperoleh dari suspensi spora *R. oryzae* yang berumur ( $\pm 5$  hari) pada medium PDA miring. Inokulum *S. cerevisiae* diperoleh dari suspensi sel *S. cerevisiae* yang berumur ( $\pm 5$  hari). *S. cerevisiae* pada medium PDA miring. Suspensi *S. cerevisiae* pada medium PGY cair.

**Pembuatan bubur ubi jalar.** Bubur ubi jalar dibuat dengan mencampur parutan ubi jalar dan akuades sampai volume 100 mL dengan 3 variasi konsentrasi medium, yaitu 10%, 15%, dan 20%. Bubur ubi jalar disterilisasi dengan *autoclave* pada suhu 121°C, selama 15 menit, sebelum diinokulasikan *R. oryzae* dan *S. cerevisiae*.

**Fermentasi *R. oryzae* dan *S. cerevisiae*.** Bubur ubi jalar steril (50 mL) dimasukkan ke dalam botol jam kemudian diinokulasi dengan 1 mL inokulum *S. cerevisiae* sebanyak  $10^6$  cfu/mL. Sampel ditutup dengan kertas Whatman No. 41, di atasnya dituangkan lagi bubur ubi jalar 50 mL, dan diinokulasi dengan 1 mL inokulum *R. oryzae* ( $\pm 10^5$  cfu/mL), selanjutnya diinkubasi selama 6 hari pada suhu 30°C dan digoyang dengan shaker (60 rpm). Tiap hari sampel dianalisis kadar pati, gula reduksi, dan etanol.

**Pengukuran berat kering** Berat kering *R. oryzae* dan *S. cerevisiae* diperoleh dengan cara sentrifugasi medium atas dan bawah (3000 g) selama 10 menit kemudian pelet diambil dan dikeringkan.

Berat debris = berat pelet medium tanpa mikrobia - berat pati medium tanpa mikrobia

Berat kering sel = berat kering pelet medium umur 0-6 hari - berat debris - berat pati medium umur 0-6 hari.

**Kadar gula reduksi.** Analisis gula reduksi menggunakan metode Nelson-Samogyi. Tahap-tahap analisis gula reduksi menurut Sudarmadji (1997) adalah sebagai berikut: 5 ml sampel ditambah 95 mL akuades kemudian digojog. Larutan sampel diambil 1 mL ditambah 1 mL larutan Nelson C (campuran dari larutan Nelson A dan larutan Nelson B; 25:1 v/v). Kemudian sampel dipanaskan pada *hot plate* pada suhu 100°C selama 20 menit. Larutan sampel didinginkan sampai mencapai suhu kamar, kemudian ditambah 1 mL arsenomolybdat, digojog dengan *vortex* dan ditambah 7 mL akuades kemudian digojog lagi. Sampel diukur absorbansi cahaya tampak (*visible*) pada panjang

gelombang 540 nm, kemudian dikonversi ke mmol/l gula reduksi berdasarkan persamaan regresi senyawa standar glukosa monohidrat.

**Kadar pati.** Analisis kadar pati merujuk Sudarmadji (1997) dengan cara sampel 1 mL ditambah 100  $\mu$ L enzim amilase (10.000 unit Westmont Pharmaceuticals, Ltd Bogor) dan dibiarkan selama 2 jam, kemudian diencerkan sampai volume akhir 100 mL. Sampel diambil sebanyak 1 mL kemudian diukur kadar gula reduksinya. Kadar pati diperoleh dari kadar gula reduksi dikalikan dengan 0,9.

**Kadar etanol.** Analisis kadar etanol merujuk Waluyo (1984) dengan penetapan berat jenis menggunakan metode piknometer. Piknometer kosong yang telah diketahui beratnya (a gram) diisi dengan air suling sampai miniskus, kemudian ditimbang dengan teliti (b gram). Air suling dikeluarkan dan piknometer dikeringkan sampai benar-benar kering lalu diisi dengan etanol sampai miniskus dan ditentukan dengan teliti (c gram).

$$\text{Berat jenis} = \frac{c - a}{b - a}$$

a = berat piknometer kosong

b = berat piknometer berisi akuades

c = berat piknometer berisi etanol

berat jenis yang didapat ditera dengan tabel kadar etanol.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Gula reduksi dan pati.** Ketiga medium ubi jalar yang telah selesai difermentasi tampak keruh pada hari keenam. Kekeruhan tersebut disebabkan adanya zat padat yang melayang-layang dalam larutan ubi jalar. Menurut Prescott dan Dunn (1981), secara alami zat padat tersebut akan hilang apabila dilakukan penyimpanan, penyaringan dan pematangan (*aging*). Namun cara ini dapat dipercepat dengan proses pasteurisasi maupun distilasi. Larutan ubi jalar dengan medium ubi jalar 20% tampak paling keruh, diikuti dengan medium ubi jalar 15% dan yang terakhir medium ubi jalar 10%.

Tabel 1 menunjukkan kadar gula reduksi dan pati dalam medium ubi jalar selama fermentasi. Selama fermentasi, kadar gula reduksi dan pati mengalami penurunan. Penurunan kadar pati disebabkan aktivitas enzim amilase yang dihasilkan *R. oryzae*. Hasil hidrolisis pati oleh enzim amilase adalah gula reduksi.

**Kadar gula reduksi hasil hidrolisis pati.** Kadar gula reduksi hasil hidrolisis pati diperoleh dari penurunan kadar pati dibagi 0,9. Kadar gula

reduksi harian hasil hidrolisis pati pada medium ubi jalar 10% sampai 3 hari awal fermentasi relatif tinggi (Tabel 2). Namun aktivitas hidrolisis pati menurun sampai hanya menghasilkan 0,056 g/100 mL gula reduksi pada fermentasi hari ke-6. Kadar gula reduksi harian hasil hidrolisis pati pada medium ubi jalar 15 dan 20% relatif tinggi sampai 4 hari fermentasi awal, kemudian menurun sehingga hanya menghasilkan masing-masing sebesar 0,222 g/100 mL dan 0,400 g/100 mL gula reduksi pada fermentasi hari ke-6. Hal itu karena pada awal fermentasi, *R. oryzae* membutuhkan sumber energi yaitu gula reduksi untuk aktivitas pertumbuhannya sehingga aktivitas hidrolisis pati juga tinggi. Namun pada akhir fermentasi kebutuhan akan energi berkurang karena *R. oryzae* mengalami sporulasi, sehingga kadar gula reduksi harian hasil hidrolisis pati juga berkurang.

Kadar medium fermentasi ubi jalar terhadap perlakuan kadar pati masing-masing medium 10,15 dan 20% berbeda nyata. Lama fermentasi masing-masing medium berpengaruh terhadap kadar pati. Kadar gula reduksi kumulatif hasil hidrolisis pati tertinggi diperoleh dari medium ubi jalar 20%, ditunjukkan dengan kadar gula reduksi kumulatif hasil hidrolisis pati pada medium ubi jalar 20% berbeda nyata dengan medium lainnya. Hal itu karena pada medium ubi jalar 20% mengandung pati tertinggi. Tidak ada aktivitas hidrolisis pati pada fermentasi hari ke-5 dan ke-6. Hal itu ditunjukkan dengan kadar gula reduksi kumulatif pada fermentasi hari ke-5 dan ke-6 tidak berbeda nyata dengan pada fermentasi hari ke-4. Hal itu karena pada fermentasi hari ke-5 *R. oryzae* mengalami sporulasi, sehingga terjadi sedikit aktivitas hidrolisis pati.

**Konsumsi gula reduksi.** Konsumsi gula reduksi diperoleh dari penurunan kadar gula reduksi selama fermentasi dengan kadar gula reduksi hasil hidrolisis pati. Tabel 3 menunjukkan konsumsi gula reduksi oleh *R. oryzae* dan *S. cerevisiae*.

Konsumsi gula reduksi harian pada semua medium ubi jalar selama fermentasi relatif tinggi, yaitu lebih dari 0,900 g/100 mL, kecuali pada medium ubi jalar 10% pada fermentasi hari ke-6 hanya 0,166 g/100 mL. Hal itu karena suplai gula reduksi untuk fermentasi hari ke-6 rendah. Suplai gula reduksi tersebut hanya 1,574 g/100 mL dan diperoleh dari kadar gula reduksi pati dari fermentasi hari ke-5 sebesar 1,518 g/100 mL dan kadar gula reduksi hasil hidrolisis pati pada fermentasi hari ke-6 sebesar 0,056 g/100 mL.

**Tabel 1.** Kadar gula reduksi dan pati (g/100 mL) pada medium selama fermentasi etanol dari ubi jalar oleh kultur campuran *R. oryzae* dan *S. Cerevisiae*.

Lama Fermentasi (hari)	Ubi jalar 10%		Ubi jalar 15%		Ubi jalar 20%	
	Gula Reduksi	Pati	Gula Reduksi	Pati	Gula Reduksi	Pati
0	4,983	2,680	5,107	4,043	5,433	6,812
1	4,511	2,107	4,636	3,380	5,134	5,649
2	4,201	1,460	4,554	2,549	5,033	4,222
3	3,494	1,047	3,223	2,135	4,660	3,619
4	2,653	0,762	3,223	1,685	4,652	2,737
5	1,518	0,694	1,930	1,349	3,977	2,270
6	1,413	0,646	1,223	1,146	2,943	1,913

**Tabel 2.** Kadar gula reduksi (g/100mL) hasil hidrolisis pati pada medium selama fermentasi etanol dari ubi jalar oleh kultur campuran *R. oryzae* dan *S. cerevisiae*.

Lama Fermentasi (hari)	Ubi jalar 10%		Ubi jalar 15%		Ubi jalar 20%	
	Harian	Kumulatif	Harian	Kumulatif	Harian	Kumulatif
1	0,637	0,637	0,733	0,733	1,292	1,292
2	0,719	1,356	0,926	1,659	1,586	2,878
3	1,092	1,811	0,463	2,122	0,670	3,548
4	0,322	2,133	0,500	2,622	0,985	4,533
5	0,067	2,200	0,367	2,989	0,511	5,044
6	0,056	2,256	0,222	3,211	0,400	5,444

**Tabel 3.** Konsumsi gula reduksi (g/100 mL) oleh kultur campuran *R. oryzae* dan *S. cerevisiae* selama fermentasi etanol dari ubi jalar.

Lama Fermentasi (hari)	Ubi jalar 10%		Ubi jalar 15%		Ubi jalar 20%	
	Harian	Kumulatif	Harian	Kumulatif	Harian	Kumulatif
1	1,110	1,110	1,209	1,209	1,588	1,588
2	1,026	2,136	1,006	2,215	1,690	3,278
3	1,165	3,301	1,273	3,488	1,043	4,321
4	1,162	4,463	1,014	4,502	0,992	5,313
5	1,197	5,660	1,667	6,169	1,221	6,534
6	0,166	5,826	0,922	7,091	1,408	7,934

**Tabel 4.** Biomassa (g/100 mL) *R. oryzae* dan *S. cerevisiae* selama fermentasi etanol dari ubi jalar.

Lama Fermentasi (hari)	Ubi jalar 10%		Ubi jalar 15%		Ubi jalar 20%	
	<i>R. oryzae</i>	<i>S. cerevisiae</i>	<i>R. oryzae</i>	<i>S. cerevisiae</i>	<i>R. oryzae</i>	<i>S. cerevisiae</i>
0	0,060	0,111	0,112	0,146	0,145	0,124
1	0,072	0,176	0,118	0,156	0,178	0,131
2	0,204	0,226	0,162	0,199	0,373	0,166
3	0,215	0,268	0,252	0,245	0,336	0,212
4	0,292	0,293	0,321	0,273	0,415	0,236
5	0,434	0,396	0,485	0,383	0,764	0,338
6	0,546	0,436	0,746	0,420	0,886	0,376

Kadar medium fermentasi ubi jalar terhadap perlakuan kadar gula reduksi masing-masing medium ubi jalar 10%, 15%, dan 20% berbeda nyata. Lama fermentasi masing-masing medium ubi jalar berpengaruh terhadap kadar gula reduksi. Konsumsi gula reduksi kumulatif tertinggi diperoleh dari medium ubi jalar 20%. Hal itu ditunjukkan dengan konsumsi gula reduksi kumulatif pada medium ubi jalar 20% berbeda nyata dengan medium lainnya. Konsumsi gula reduksi tergantung pada aktivitas hidrolisis pati dan jumlah mikrobia yang ditunjukkan dengan biomassa total mikrobia. Semakin tinggi biomassa total mikrobia, maka semakin tinggi aktivitas hidrolisis pati, sehingga semakin tinggi juga konsumsi gula reduksi. Konsumsi gula reduksi kumulatif tinggi selama fermentasi sehingga konsumsi gula reduksi kumulatif tertinggi diperoleh dari fermentasi hari ke-6. Hal itu ditunjukkan dengan konsumsi gula reduksi kumulatif pada fermentasi hari ke-6 berbeda nyata dengan fermentasi hari lainnya.

**Biomassa.** Biomassa *R. oryzae* dan *S. cerevisiae* meningkat seiring bertambahnya lama fermentasi. Biomassa *R. oryzae* lebih tinggi daripada biomassa *S. cerevisiae* (Tabel 4). Hal itu karena *R. oryzae* mampu menghasilkan energi

melalui respirasi, sedangkan *S. cerevisiae* menghasilkan energi melalui fermentasi. Energi yang dihasilkan respirasi lebih banyak daripada yang dihasilkan fermentasi. Kadar medium ubi jalar terhadap biomassa *R. oryzae* masing-masing medium ubi jalar 10, 15, dan 20% berbeda nyata. Lama fermentasi masing-masing medium ubi jalar berpengaruh terhadap biomassa *R. oryzae*.

Biomassa *R. oryzae* tertinggi diperoleh dari medium ubi jalar 20%. Hal itu ditunjukkan dengan biomassa *R. oryzae* pada medium ubi jalar 20% berbeda nyata dengan medium lainnya. Karena *R. oryzae* mampu memanfaatkan pati sebagai sumber karbon, maka biomassa *R. oryzae* tertinggi dihasilkan dari medium ubi jalar 20%.

Kadar medium ubi jalar terhadap biomassa *S. cerevisiae* masing-masing medium ubi jalar 10, 15, dan 20% berbeda nyata. Lama fermentasi masing-masing medium ubi jalar berpengaruh terhadap biomassa *S. cerevisiae*. Biomassa *S. cerevisiae*, yaitu tertinggi diperoleh dari medium ubi jalar 10%. Hal itu ditunjukkan dengan biomassa *S. cerevisiae* pada medium ubi jalar 10% berbeda nyata dengan medium lainnya. Karena *S. cerevisiae* tidak mampu memanfaatkan pati sebagai sumber karbon dan pertumbuhan *S. cerevisiae* terbaik pada medium mengandung gula 10%, maka biomassa *S. cerevisiae* tertinggi diperoleh dari medium ubi jalar 10%.

Kadar medium ubi jalar terhadap biomassa *R. oryzae* dan *S. cerevisiae* masing-masing variasi medium ubi jalar 10, 15, dan 20% berbeda nyata. Lama fermentasi masing-masing variasi medium ubi jalar terhadap biomassa *R. oryzae* dan *S. cerevisiae* juga berbeda nyata. Karena biomassa *R. oryzae* lebih tinggi daripada biomassa *S. cerevisiae*, maka biomassa total mikrobia tertinggi diperoleh dari medium ubi jalar 20% (Tabel 5). Hal itu ditunjukkan dengan biomassa total mikrobia pada medium ubi jalar 20% berbeda nyata dengan medium lainnya.

**Tabel 5.** Biomassa total mikrobia (g/100 mL) selama fermentasi etanol dari ubi jalar.

Lama fermentasi (hari)	Medium ubi jalar 10%	Medium ubi jalar 15%	Medium ubi jalar 20%
0	0,171	0,258	0,269
1	0,248	0,532	0,309
2	0,430	0,361	0,539
3	0,483	0,497	0,548
4	0,585	0,594	0,651
5	0,830	0,868	1,102
6	0,982	1,166	1,262

**Tabel 6.** Kadar etanol (%) selama fermentasi dari ubi jalar oleh kultur campuran *R. oryzae* dan *S. cerevisiae*.

Lama fermentasi (hari)	Medium ubi jalar 10%	Medium ubi jalar 15%	Medium ubi jalar 20%
1	1,907	1,753	1,683
2	2,293	2,077	1,913
3	2,520	2,127	1,947
4	2,553	2,483	2,093
5	2,647	2,623	2,163
6	2,503	2,590	2,097

**Tabel 7.** Koefisien bersih (*yield*) etanol selama fermentasi dari ubi jalar oleh kultur campuran *R. oryzae* dan *S. cerevisiae*.

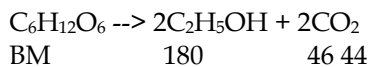
Lama fermentasi (hari)	Medium Ubi Jalar 10%	Medium Ubi Jalar 15%	Medium Ubi Jalar 20%
1	1,72	1,45	1,06
2	1,07	0,94	0,58
3	0,76	0,61	0,45
4	0,57	0,55	0,39
5	0,47	0,43	0,33
6	0,43	0,37	0,26

**Kadar etanol.** Etanol merupakan hasil fermentasi yang dilakukan *S. cerevisiae*. Tabel 6 menunjukkan bahwa kadar etanol dari 3 medium ubi jalar mengalami peningkatan sampai fermentasi hari ke-5, kemudian menurun pada fermentasi hari ke-6. Kadar etanol telah mencapai maksimum pada fermentasi hari ke-4. Hasil penelitian ini lebih lama 1 hari fermentasi dibandingkan penelitian Farid (2002).

Kadar medium ubi jalar terhadap kadar etanol masing-masing medium ubi jalar 10, 15, dan 20% berbeda nyata. Lama fermentasi masing-masing medium ubi jalar berpengaruh terhadap kadar etanol. Medium ubi jalar 10% mampu menghasilkan etanol tertinggi selama 6 hari fermentasi daripada medium lainnya. Hal itu ditunjukkan dengan kadar etanol pada medium 10% berbeda nyata dengan medium lainnya. Menurut Prescott dan Dunn (1981) faktor yang mempengaruhi peningkatan kadar etanol selama proses fermentasi, adalah ketersediaan substrat yaitu gula reduksi dan jumlah mikrobia, yaitu *S. cerevisiae*. Meskipun kadar gula reduksi tertinggi dihasilkan dari medium ubi jalar 20%, tetapi kondisi medium masih relatif padat, sehingga kurang dapat dimanfaatkan *S. cerevisiae* untuk menghasilkan

etanol. Selain itu jumlah *S. cerevisiae* tertinggi diperoleh dari medium ubi jalar 10%. Hal itu menyebabkan produksi etanol selama 6 hari fermentasi tertinggi dihasilkan dari medium ubi jalar 10%. Pada penelitian ini dihasilkan etanol sebesar 2,553% selama 4 hari fermentasi pada medium ubi jalar 10%. Farid (2002) mampu menghasilkan etanol sebesar 2% selama 3 hari fermentasi pada medium pati jagung 12%.

Menurut Moat dan Foster (1979) *S. cerevisiae* memfermentasi glukosa menghasilkan etanol, dan CO<sub>2</sub> dengan rasio 1:2:2 seperti reaksi di bawah ini:



Jika secara teori 1 gram glukosa memproduksi etanol hanya setengah dari konsumsi glukosa, maka diperoleh koefisien bersih etanol (*yield*) etanol adalah 0,51. *Yield* etanol pada fermentasi kultur campuran *R. oryzae* dan *S. cerevisiae* diperoleh dari perbandingan produksi etanol dan konsumsi gula reduksi. Jika koefisien bersih di atas 0,51, maka terdapat sejumlah substrat yang tidak terukur. Jika koefisien bersih di bawah 0,51, maka terdapat bentuk lain hasil perubahan substrat. Bentuk lain itu adalah biomassa dan senyawa organik lainnya. Koefisien bersih etanol fermentasi hari ke-5 pada medium ubi jalar 10, 15, dan 20% masing-masing sebesar 0,47, 0,43, dan 0,33 (Tabel 7).

Koefisien bersih (*yield*) dari produksi etanol selama fermentasi dari ubi jalar oleh kultur campuran *R. oryzae* dan *S. cerevisiae* mengalami

penurunan selama 6 hari fermentasi. Penurunan koefisien bersih tersebut disebabkan berkurangnya medium fermentasi.

## KESIMPULAN

Pada fermentasi etanol dari ubi jalar oleh kultur campuran *R. oryzae* dan *S. cerevisiae*, medium ubi jalar 10% menghasilkan etanol tertinggi yaitu sebesar 2,647% dibandingkan medium ubi jalar 15% dan 20% masing-masing sebesar 2,623 dan 2,163% selama 5 hari fermentasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dwidjoseputro, D. 1990. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: Djambatan.
- Farid. 2002. *Natural and Microbial Product Dept, National Reasearch Centre, Tahrir Street, Dokki, Cairo, Egypt*. nrcfarid@yahoo.com
- Moat, A.G. dan .W. Foster, J1979. *Microbial Physiology*. New York: John Wiley and Sons.
- Pelczar dan Chan, C.S.1988. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jilid 2. Cetakan 1. Jakarta: Penerbit UI Press.
- Prescott, M.C. dan C.G. Dunn, 1981. *Industrial Microbiology*. New York: Mcgraw-Hill Book Compny.
- Rahayu, K dan S. Sudarmadji. 1986. *Proses-proses Mikrobiologi Pangan*. Yogyakarta: PAU Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada.
- Rukmana, R. 1997. *Ubi Jalar Budi Daya dan Pasca Panen*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Schlegel, H. dan K. Schmidt. 1994. *Mikrobiologi Umum*. Edisi 6. Yogyakarta: Penerbit Gajah Mada University Press.
- Sudarmadji, S. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Edisi 4. Yogyakarta: Penerbit Liberty.