

Studi Konsentrasi Amiloglukosidase dan *Saccharomyces cerevisiae* dalam Produksi Bioetanol dari Ubi Jalar Melalui Sakarifikasi Fermentasi Simultan.

*The Study on Amiloglucosidase Concentration and *Saccharomyces cerevisiae* in Bioethanol Production from Cassava through Simultaneous Saccharification Fermentation*

Bambang Admadi Harsojuwono*, I Wayan Arnata dan I Wayan Gede Sedana Yoga

Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana,
Kampus Bukit Jimbaran, Badung 80361
Telp/Fax : (0361) 701801

Diterima 9 Oktober 2014 / Disetujui 20 Oktober 2014

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh konsentrasi enzim amiloglukosidase dan *Sacharomyces cereviceae* terbaik pada proses sakarifikasi fermentasi simultan (SFS) dalam produksi bioetanol dari hidrolisat ubi jalar. Penelitian ini dirancang menggunakan rancangan acak kelompok faktorial. Faktor pertama adalah konsentrasi enzim amiloglukosidase yang terdiri dari 3 taraf yaitu 0,8 ; 1,0 dan 1,2 ml/kg substrat. Faktor kedua adalah konsentrasi *S. cereviceae* yang terdiri dari 3 taraf yaitu 5 ; 10 dan 15 % (v/v). Variabel yang diukur meliputi konsentrasi etanol, rendemen, efisiensi penggunaan substrat, efisiensi fermentasi dan konsentrasi konsumsi substrat. Data yang diperoleh dianalisis keragamannya dan dilakukan uji perbandingan berganda Duncan untuk menentukan perlakuan terbaik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi enzim amyloglukosidase 1,2 ml/kg substrat (3000 U/ml) dengan konsentrasi *S. cereviceae* 10% (v/v) merupakan perlakuan terbaik dengan konsentrasi bioetanol yang dihasilkan 7,48% (v/v), rendemen 19,89%, efisiensi pembentukan produk oleh substrat 47,37%, efisiensi fermentasi 92,88%, dan konsentrasi konsumsi substrat 15,78 g/L.

Kata kunci : *ubi jalar, likuifikasi, sakarifikasi fermentasi simultan, bioetanol*

*Korespondensi Penulis:

Email: ba_harsojuwono@yahoo.co.id

ABSTRACT

The purpose of this study is to obtain the enzyme concentration and *Sacharomyces cereviceae* amyloglukosidase best to process simultaneous saccharification fermentation (SFS) in the production of bio ethanol from sweet potato hydrolyzated. This study was designed using a factorial randomized block design. The first factor is the concentration of enzyme amiloglukosidase consisting of 3 levels ie 0.8; 1.0 and 1.2 ml / kg substrate. The second factor is the concentration of *S. cereviceae* consisting of 3 levels ie 5; 10 and 15% (v / v). Variable measured include of ethanol concentration, yield, efficiency of substrates using, fermentation efficiency and concentration of substrate consumption. Data were analyzed diversity and Duncan's multiple comparison test was done to determine the best treatment.

The results showed that the concentration of the enzyme amyloglukosidase 1.2 ml / kg of substrate (3000 U / ml) at a concentration of *S. cereviceae* 10% (v / v) is the best treatment with the resulting ethanol concentration 7.48% (v / v), yield 19.89%, the efficiency of product formation by substrate 47.37%, 92.88% fermentation efficiency, and the concentration of substrate consumption of 15.78 g / L.

Keywords: *sweet potato, liquefaction, simultaneous saccharification fermentation, ethanol*

PENDAHULUAN

Bioetanol sebagai pengganti BBM memiliki keunggulan yaitu emisi gas buangnya ramah lingkungan, bilangan oktannya tinggi dan mengurangi penggunaan aditif timbal yang berbahaya (Duryatmo *et al.*, 2007). Bahan baku alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan baku bioetanol adalah bahan berkarbohidrat khususnya yang mengandung pati tinggi seperti umbi-umbian termasuk ubi kayu dan ubi jalar (Nurdyastuti, 2005). Ubi kayu sebagai bahan baku industri mempunyai kelemahan dibanding ubi jalar yaitu umur panennya panjang mencapai 8 bulan, sementara ubi jalar umur panennya 3-4 bulan dengan produktivitas 11 - 30 ton/Ha (Mussaddad 2005). Potensi ubi jalar sebagai salah satu sumber karbohidrat, belum dimanfaatkan secara optimal. Selama ini, penggunaannya hanya sebatas bahan

pangan pengganti (Hartoyo, 2007). Guna meningkatkan pemanfaatannya perlu teknologi pengolahan yang menghasilkan nilai tambah yang lebih tinggi. Salah satu alternatif yang dikembangkan adalah teknologi pembuatan bioetanol dari hidrolisat ubi jalar (Koesnandar 2001).

Produksi bioetanol dari bahan berkarbohidrat dilaksanakan secara bertahap melalui ekstraksi, hidrolisis dan fermentasi dengan menggunakan *Sacharomyces cereviceae* (Hambali *et al.*, 2007). Pada ekstraksi terdapat beberapa tahapan lain seperti pamarutan, pengepresan, pengendapan dan pengeringan (Wargiono *et al.*, 2006). Tahap ini membutuhkan waktu selama 5-7 hari pada suhu 50°C (Wahyuni 2008).

Berkaitan dengan uraian di atas maka proses produksi bioetanol melalui beberapa tahapan yang tidak simultan dengan reaktor terpisah, membutuhkan waktu yang panjang, sehingga menjadi

tidak efisien. Oleh karena itu, perlu dicari cara lain yang membutuhkan waktu lebih pendek dengan biaya yang lebih murah karena reaktornya lebih sedikit. Salah satu cara mempersingkat waktu proses adalah menghidrolisis hancuran bahan menjadi dekstrin pada proses likuifikasi tanpa mengekstraksi pati, dan dilanjutkan dengan proses sakarifikasi fermentasi simultan (SFS) dalam pembuatan alkohol (Wright, 1988).

Keberhasilan pembuatan etanol melalui proses SFS sangat dipengaruhi oleh konsentrasi enzim amiloglukosidase dan konsentrasi *S. cereviceae*. Konsentrasi enzim amiloglukosidase maupun *S. cereviceae* yang rendah menyebabkan pemecahan substrat menjadi tidak optimal sementara itu pemakaian yang terlalu tinggi menyebabkan proses tidak efisien. Menurut Whitaker (1996) konsentrasi enzim bersifat linier terhadap produk yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi enzim yang dipergunakan, maka semakin tinggi jumlah produk yang dihasilkan bila kondisi lain dipertahankan konstan. Budiyanto *et al*, (2005) melaporkan bahwa proses sakarifikasi pati singkong dilakukan dengan menggunakan konsentrasi enzim amiloglukosidase 0,8 - 1,2 ml/kg pati pada suhu 60 °C dan pH 4.0-4.6 selama 48 sampai 72 jam. Sementara itu, menurut Azmi *et al*. (2010) untuk membuat etanol dari tapioka dapat menggunakan konsentrasi inokulum *S. cerevisiae* sebesar 5% (v/v), sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Arnata (2009), konsentrasi *S. cerevisiae*

yang dipergunakan untuk memproduksi bioetanol dari tepung ubi kayu diperlukan sebesar 10 % (v/v). Permasalahannya konsentrasi enzim amiloglukosidase dan inokulum *S. cerevisiae* dalam pembuatan etanol dari hidrolisat ubi jalar dengan menggunakan teknologi proses SFS belum diketahui. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh konsentrasi enzim amiloglukosidase dan *S. cereviceae* terbaik pada proses sakarifikasi fermentasi simultan (SFS) dalam produksi bioetanol dari hidrolisat ubi jalar.

METODE PENELITIAN

Penentuan konsentrasi enzim amiloglukosidase dan *S. cereviceae* pada proses sakarifikasi fermentasi simultan dilaksanakan dengan langkah sebagai berikut : pembuatan hidrolisat ubi jalar melalui proses likuifikasi secara enzimatis, persiapan kultur *S. cerevisiae*, dan proses sakarifikasi fermentasi simultan.

Proses likuifikasi dilaksanakan menggunakan metode hidrolisis enzimatis dengan uraiannya sebagai berikut : Ubi jalar dicuci lalu dihancurkan dengan cara pamarutan dan pembレンダー, selanjutnya dibuat bubur ubi jalar dengan konsentrasi 30 % (b/v), pH diatur sampai 6,5 dengan menggunakan larutan NaOH. Enzim α -amilase (Thermamyl, NOVO) ditambahkan dengan konsentrasi 1,2 ml/kg hancuran ubi jalar. Suspensi dipanaskan pada suhu 100 °C selama 1 jam.

Pasca likuifikasi dipersiapkan kultur *Saccharomyces cerevisiae* melalui perbanyakkan solat yeast *Saccharomyces cerevisiae* dalam 10 ml media PDY dan ditumbuhkan selama 1-2 hari (digunakan sebagai stok kultur). Setelah itu isolat ditumbuhkan lagi pada 50 ml media yang terdiri dari glukosa 10 g/l, yeast ekstrak 1 g/l, KH_2PO_4 0,1 g/l, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,1 g/l dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,1 g/l, di dalam erlenmeyer 200 ml. Inkubasi dilakukan pada shaker berkecepatan 125 rpm dengan suhu 30°C selama 24 jam.

Isolat *Saccharomyces cerevisiae* yang telah siap digunakan tahap penelitian Sakarifikasi Fermentasi Simultan (SFS). Proses sakarifikasi simultan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial dengan 2 faktor. Faktor I : konsentrasi enzim amiloglukosidase yang terdiri dari 3 taraf yaitu 0,8; 1; dan 1,2 ml/kg sedangkan Faktor II : konsentrasi kultur *S. cerevisiae* terdiri dari 3 taraf yaitu 5, 10 dan 15 % (v/v). Dengan demikian terdapat 9 perlakuan kombinasi dalam 3 (tiga) kelompok waktu pengolahan dengan demikian terdapat dua puluh tujuh (27) unit percobaan.

Proses SFS secara batch dilaksanakan dalam erlenmeyer 500 ml dengan volume substrat 100 ml dengan konsentrasi substrat 20 % (b/v). Substrat yang telah disiapkan disterilisasi pada suhu 121°C selama 15 menit, kemudian suhu diturunkan dan dipertahankan pada 35°C dengan pH 4,5. Selanjutnya ditambahkan enzim amiloglukosidase sesuai perlakuan dengan konsentrasi 0,8;

1; dan 1,2 ml/kg dan kultur *S. cerevisiae* dengan konsentrasi 5, 7,5 dan 10 % (v/v) ditambahkan secara simultan. Proses SFS dilaksanakan dalam water bath pada suhu 35°C dengan waktu proses 72 jam.

Variabel penelitian yang diukur meliputi konsentrasi etanol (Rudolf *et al.* 2005), rendemen (Rodmui *et al.*, 2008), efisiensi penggunaan substrat (Rodmui *et al.*, 2008), efisiensi fermentasi dan konsentrasi konsumsi substrat (Rudolf *et al.*, 2005).

Data yang diperoleh dianalisis keragamannya dan dilakukan uji perbandingan berganda Duncan untuk menentukan perlakuan terbaik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi Bioetanol

Proses sakarifikasi fermentasi simultan adalah proses kombinasi antara hidrolisis secara enzimatik dengan fermentasi gula yang berkelanjutan sehingga menghasilkan produk akhir berupa etanol. Analisis keragaman menunjukkan bahwa interaksi perlakuan konsentrasi enzim amiloglukosidase dengan konsentrasi *S. cerevisiae* berpengaruh nyata terhadap konsentrasi bioetanol yang dihasilkan pada proses SFS ($p < 0,05$). Konsentrasi bioetanol tertinggi dihasilkan dari perlakuan konsentrasi enzim amiloglukosidase 1,2 ml/kg substrat (3000 U/ml) dengan konsentrasi *S. cerevisiae* 10%(v/v) yaitu sebesar 7,48 %. Nilai rata-rata konsentrasi bioetanol pada proses SFS disajikan pada Tabel 1. Tinggi rendahnya konsentrasi bioetanol yang dihasilkan

Tabel 1. Konsentrasi bioetanol proses SFS

Perlakuan	Sc 5%	Sc 10%	Sc 15%
AMG 0,8%	2.81 ^e	4.90 ^d	5.91 ^{bcd}
AMG 1,0%	5.14 ^d	5.26 ^d	5.50 ^{cd}
AMG 1,2%	6.64 ^{abc}	7.48 ^a	6.74 ^{ab}

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti berbeda tidak nyata pada taraf nyata 5%.

AMG = Konsentrasi Enzim Amiloglukosidase,
Sc = Konsentrasi *S. Cerevisiae*

dalam proses produksi sangat tergantung pada tinggi rendahnya konsentrasi substrat (glukosa) yang dihasilkan pada proses hidrolisis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan semakin tingginya konsentrasi enzim dan *S. cerevisiae* akan menghasilkan konsentrasi bioetanol yang semakin tinggi. Kondisi ini diduga bahwa semakin tinggi enzim dan *S. cerevisiae*, maka semakin tinggi pati atau dekstrin yang dapat dihidrolisis menjadi glukosa. Selanjutnya glukosa dengan konsentrasi yang tinggi serta diikuti oleh penambahan konsentrasi *S. cerevisiae* yang tinggi cenderung menghasilkan konsentrasi bioetanol yang tinggi pula.

Rendemen

Rendemen merupakan persentase produk etanol yang dihasilkan terhadap bobot bahan baku yang dipergunakan dalam proses fermentasi. Analisis keragaman terhadap rendemen etanol

Tabel 2. Rendemen bioetanol proses SFS (%)

Perlakuan	Sc 5%	Sc 10%	Sc 15%
AMG 0,8%	7.49 ^e	13.04 ^d	15.72 ^{bcd}
AMG 1,0%	13.67 ^d	13.98 ^d	14.62 ^{cd}
AMG 1,2%	17.67 ^{abc}	19.89 ^a	17.92 ^{ab}

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti berbeda tidak nyata pada taraf nyata 5%.

AMG = Konsentrasi Enzim Amiloglukosidase,
Sc = Konsentrasi *S. Cerevisiae*

diperoleh bahwa interaksi perlakuan konsentrasi enzim amiloglukosidase dengan konsentrasi *S. cerevisiae* berpengaruh nyata terhadap rendemen ($p < 0,05$). Rendemen tertinggi dihasilkan dari perlakuan konsentrasi enzim amiloglukosidase 1,2 ml/kg substrat (3000 U/ml) dengan konsentrasi *S. cerevisiae* 10%(v/v) yaitu sebesar 19,89%. Nilai rata-rata rendemen pada proses SFS disajikan pada Tabel 2. Adanya perbedaan rendemen dari masing-masing interaksi perlakuan disebabkan oleh adanya perbedaan konsentrasi bioetanol yang dihasilkan dari setiap perlakuan. Pada masing-masing perlakuan terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi enzim dan *S. cerevisiae* yang ditambahkan, akan cenderung menghasilkan rendemen yang tinggi, Ini disebabkan oleh penambahan enzim dengan konsentrasi yang semakin tinggi akan menghasilkan konsentrasi glukosa yang tinggi dan pada akhirnya cenderung akan menghasilkan bioetanol dengan konsentrasi yang tinggi pula.

Rendemen yang dihasilkan sebesar 19,89 % maka dapat diperkirakan untuk membuat 1 L etanol akan diperlukan sekitar 5,03 kg ubi jalar segar. Sebagai perbandingan konversi bahan baku pati ubi kayu menjadi bioetanol menghasilkan rendemen sekitar 16,67 % (Nurdyastuti 2005). Rendemen yang dihasilkan pada proses pembuatan bioetanol dari bahan baku berpati seperti ubi jalar dan ubi kayu sangat tergantung pada kemampuan proses hidrolisis komponen-komponen pati menjadi glukosa, selanjutnya tinggi rendahnya kandungan glukosa hasil hidrolisis akan mempengaruhi proses fermentasi dalam pembentukan etanol.

Efisiensi pembentukan produk oleh substrat

Efisiensi pembentukan produk oleh substrat merupakan persentase perbandingan antara konsentrasi etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi dengan banyaknya konsumsi glukosa selama proses fermentasi. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi enzim amiloglukosidase dengan konsentrasi *S. cerevisiae* berpengaruh nyata terhadap efisiensi pembentukan etanol oleh substrat ($p < 0,05$). Efisiensi pembentukan etanol oleh substrat tertinggi dihasilkan dari perlakuan konsentrasi enzim amiloglukosidase 1,2 ml/kg substrat (3000 U/ml) dengan konsentrasi *S. cerevisiae* 10%(v/v) yaitu sebesar 47,37%. Ini menunjukkan bahwa dari seluruh substrat glukosa yang dikonsumsi oleh *S. cerevisiae* hanya 47,37% saja yang dikonversi menjadi

Tabel 3. Efisiensi pembentukan produk oleh substrat pada proses SFS.

Perlakuan	Sc 5%	Sc 10%	Sc 15%
AMG 0,8%	17.24 ^c	38.93 ^{ab}	42.12 ^{ab}
AMG 1,0%	38.16 ^b	38.20 ^b	40.62 ^{ab}
AMG 1,2%	40.26 ^{ab}	47.37 ^a	40.97 ^{ab}

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti berbeda tidak nyata pada taraf nyata 5%.

AMG = Konsentrasi Enzim Amiloglukosidase,
Sc = Konsentrasi *S. Cerevisiae*

produk bioetanol, selebihnya dikonversi menjadi produk-produk lain. Nilai efisiensi pembentukan etanol oleh substrat disajikan pada Tabel 3.

Efisiensi pembentukan produk oleh substrat sangat ditentukan oleh konsentrasi bioetanol yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi bioetanol, maka efisiensi pembentukan produk oleh substrat semakin tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin meningkatnya konsentrasi enzim amiloglukosidase dan *S. cerevisiae* cenderung menghasilkan efisiensi pembentukan produk oleh substrat semakin tinggi. Ini menunjukkan bahwa penambahan enzim telah mampu menghidrolisis dekstrin menjadi glukosa dan secara simultan dimanfaatkan oleh *S. cerevisiae* untuk membentuk bioetanol.

Efisiensi Fermentasi

Efisiensi fermentasi merupakan persentase konsentrasi etanol yang dihasilkan terhadap etanol yang diperoleh

secara teoritis. Etanol teoritis diperoleh dari perbandingan stoikiometri proses fermentasi dimana 1 mol glukosa akan menghasilkan 2 mol etanol dan 2 mol CO₂. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi enzim amiloglukosidase dengan konsentrasi *S. cerevisiae* berpengaruh nyata terhadap efisiensi fermentasi ($p < 0,05$). Efisiensi fermentasi tertinggi yaitu 92,88 % terhadap produksi etanol secara teoritis diperoleh dari perlakuan konsentrasi enzim amiloglukosidase 1,2 ml/kg substrat (3000 U/ml) dengan konsentrasi *S. cerevisiae* 10%(v/v). Nilai efisiensi fermentasi pada proses SFS disajikan pada Tabel 4.

Efisiensi fermentasi 92,88 % menunjukkan bahwa glukosa yang dipergunakan sebagai substrat tidak sepenuhnya dimanfaatkan untuk pembentukan etanol. Selama proses fermentasi glukosa juga dimanfaatkan untuk mempertahankan metabolisme sel, untuk pembentukan biomassa atau asam piruvat yang terbentuk pada proses glikolisis belum mampu sepenuhnya dirubah menjadi etanol oleh *S. cerevisiae*, tetapi dapat membentuk senyawa-senyawa asam organik. Senyawa asam-asam organik dapat berupa asam asetat, laktat dan asam piruvat. Beberapa penelitian mengenai produksi etanol melalui proses sakarifikasi fermentasi simultan telah dilakukan. Poosaran, *et al.* (1985) melaporkan bahwa sakarifikasi fermentasi simultan berbahan bahan baku pati singkong menggunakan strain *Zymomonas mobilis* membutuhkan waktu

Tabel 4. Efisiensi fermentasi proses SFS

Perlakuan	Sc 5%	Sc 10%	Sc 15%
AMG 0,8%	33.80 ^c	76.33 ^{ab}	82.59 ^{ab}
AMG 1,0%	74.82 ^b	74.90 ^b	79.64 ^{ab}
AMG 1,2%	78.94 ^{ab}	92.88 ^a	80.33 ^{ab}

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti berbeda tidak nyata pada taraf nyata 5%.

AMG = Konsentrasi Enzim Amiloglukosidase,
Sc = Konsentrasi *S. Cerevisiae*

lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan strain *Saccharomyces uvarum* yaitu membutuhkan waktu fermentasi 20 jam dan menghasilkan efisiensi fermentasi 95%. Adanya perbedaan efisiensi fermentasi dapat juga disebabkan oleh adanya perbedaan bahan baku dan strain mikroba untuk fermentasi.

Konsentrasi Konsumsi Substrat

Konsentrasi konsumsi substrat menunjukkan bahwa bobot glukosa yang dikonsumsi per satuan volume substrat selama proses fermentasi. Analisis keragaman menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi enzim amiloglukosidase dengan konsentrasi *S. cerevisiae* berpengaruh nyata terhadap efisiensi konsentrasi konsumsi substrat selama fermentasi ($p < 0,05$). Konsentrasi enzim amiloglukosidase 1,2 ml/kg substrat (3000 U/ml) cenderung menunjukkan konsentrasi konsumsi substrat lebih tinggi dibanding lainnya.

Nilai konsentrasi konsumsi substrat pada proses SFS disajikan pada Tabel 5. Hal ini kemungkinan disebabkan hidrolisis dekstrin menjadi glukosa yang dilakukan enzim amiloglukosidase lebih maksimal pada konsentrasi tersebut, sehingga peran *S. cereviceae* dalam mengkonsumsi glukosa sebagai substrat pada proses fermentasi, menjadi lebih tinggi pula.

KESIMPULAN

Konsentrasi enzim amyloglukosidase 1,2 ml/kg substrat (3000 U/ml) dengan konsentrasi *S. cereviceae* 10% (v/v) merupakan kondisi terbaik dengan konsentrasi bioetanol yang dihasilkan 7,48% (v/v), rendemen 19,89%, efisiensi pembentukan produk oleh substrat 47,37%, efisiensi fermentasi 92,88%, dan konsentrasi konsumsi substrat 15,78 g/L.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih ditujukan kepada Rektor Universitas Udayana melalui LPPM yang mendanai penelitian ini dengan dana hibah penelitian PNPB serta Dekan Fakultas Teknologi Pertanian yang memfasilitasi, sehingga penelitian ini bisa terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

Arnata I W. 2009. Alternatif Pengembangan Teknologi Bioproses Pembuatan Bioetanol Dari Ubi Kayu Menggunakan Kultur Campuran *Trichoderma viride Aspergillus nigr* Dan *Saccharomyces cerevisiae*. Tesis. Institut Pertanian Bogor.

Tabel 5. Konsentrasi Konsumsi Substrat fermentasi proses SFS (g/L)

Perlakuan	Sc 5%	Sc 10%	Sc 15%
AMG 0,8%	16.61 ^a	12.62 ^b	14.03 ^b
AMG 1,0%	13.47 ^b	13.98 ^b	14.62 ^b
AMG 1,2%	16.52 ^a	15.78 ^a	16.47 ^a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti berbeda tidak nyata pada taraf nyata 5%.

AMG = Konsentrasi Enzim Amiloglukosidase,
Sc = Konsentrasi *S. Cerevisiae*

Arnata I W. 2009. Alternatif Pengembangan Teknologi Bioproses Pembuatan Bioetanol Dari Ubi Kayu Menggunakan Kultur Campuran *Trichoderma viride Aspergillus nigr* Dan *Saccharomyces cerevisiae*. Tesis. Institut Pertanian Bogor.

Azmi A S, Gek C N, Maizirwan M, Masitah H. 2010. Ragi Tapai And *Saccharomyces cerevisiae* As Potential Coculture In Viscous Fermentation Medium For Ethanol Production. *J.Biotechnology* 9(42):7122-7127.

Budiyanto A, Martosuyono P, Richana N. 2005. Optimasi Proses Produksi Tepung Kasava Dari Pati Ubi Kayu Skala Laboratorium. *Buletin Balai Besar Pascapanen*, 1-16.

Duryatmo S, Helmina A, Wigunan I, Marlianni L, Artdiyasa N. 2007. Soekani Sukses Mengembangkan Bioetanol di Sukabumi. *Majalah Trubus*. www.trubus.com. Di-akses 11 Juni 2014.

- Hambali E, Mudjadlipah S, Tambunan AH, Pattiwiri AW, Hendroko R. 2007. Teknologi Bioenergi. Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Hartoyo, T., 2007. The Sweet Potato Product. http://homecooking.about.com/library/weekly/the_sweet_potato_product.html. Di-access 20 Januari 2010
- Koesnandar. 2001. Biokonversi Selobiosa Langsung Menjadi Etanol Menggunakan Ko-Imobilisasi Sel *Lipomyces starkeyi* dan *Saccharomyces cerevisiae* Secara Fed-Batch. J Mikrobiologi Indonesia (6) 1: 15-18
- Lezinou, V., Christapoulos, P., Kekos, D. dan Macris, B. J. 1994. Biotechnol. Di dalam : Gunasekaran, P. Dan K. Chandra Raj. Ethanol Fermentation Technology-Zymomonas mobilis. Departement of Microbial Technology, School of Biological Sciences, Mandurai Kamaraj University, India.
- Musaddad A. 2005. Teknologi Produksi Kacang-Kacangan Dan Umbi-Umbian. Malang, Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan Dan Umbi-Umbian.
- Nurdyastuti I. 2005. Teknologi Proses Produksi Bio-Ethanol. Prospek Pengembangan Bio-Fuel Sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak.
- Poosaran, *et al.* (1985) Rodmui A, Jirasak K, Yuwapin D. 2008. Optimization of Agitation Conditions for Maximum Ethanol Production by Coculture. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 42 : 285 – 293
- Rudolf A, malek A, Guido Z, Gunnar L. 2005. A Comparisson Between Batch And Fed Bacth Simultaneous Saccharification And Fermentation Of Steam Pretreated Spruce. J. Enzyme and Microbial Technology 37 : 195-204.
- Wargiono J, A. Hasanuddin, Suyamto. 2006. Teknologi Produksi Ubi kayu Mendukung Industri Bioethanol. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
- Wahyuni A. 2008. Rekayasa Bioproses Pembuatan Bioetanol Dari Sirup Glukosa Ubi Jalar Dengan Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Pascasarjana IPB, Bogor.
- Whitaker JR. 1996. Principles of Enzymology for Food Sciences. MD Inc. New York.
- Wright JD, Wyman CE, Grohmann K. 1988. Simultaneous Saccharification and Fermentation of Lignocellulose. Appl Biochem Biotechnol 18: 75-90.