



Volume  
**13**

Nomor 1

Maret 2016

Halaman 1 - 26

# JURNAL AGRIUM

# Proses Produksi Bioetanol dari Ubi Jalar Merah (*Ipomoea batatas*) Menggunakan Ragi Tape

Process of Bioethanol Production  
from Sweet Potato (*Ipomoea batatas*)  
Using Tape Yeast

**Khaidir<sup>1)</sup>, Ismadi<sup>1)</sup>, dan Zulfikar<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh  
Kampus Cot Teungku Nie, Reuleut, Muara Batu Aceh Utara 24355, Indonesia

<sup>2)</sup>Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh  
Email: khaidirsufi77@yahoo.com

Diterima 11 Januari 2016; Dipublikasi 1 Maret 2016

## Abstrak

Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan dari pati melalui dua tahapan reaksi penting yaitu sakarifikasi dan fermentasi. Pada penelitian ini, ubi jalar merah digunakan sebagai bahan baku untuk proses produksi bioetanol. Penelitian bertujuan untuk mengetahui konsentrasi ragi tape dan waktu fermentasi terbaik dari ubi jalar merah sehingga didapat rendemen dan kadar bioetanol yang maksimal. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dua faktor yaitu konsentrasi ragi tape dan waktu fermentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi ragi tape dan waktu fermentasi terbaik berturut-turut adalah 9% dan 16 hari dengan kadar bioetanol yang dihasilkan sebesar 67,00%. Bioetanol tersebut, masih perlu dimurnikan untuk mencapai konsentrasi yang sesuai. Namun jika bioetanol tersebut digunakan sebagai disinfektan, maka kadar tersebut sudah memenuhi kriteria dan layak untuk digunakan. Jika mengacu pada kadar bioetanol yang dihasilkan, dapat dikatakan bahwa bioetanol tersebut belum dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk substitusi BBM.

Kata Kunci: bioetanol, ubi jalar merah, ragi tape, fermentasi

## Abstract

Bioethanol is ethanol produced from starch through two stages of important reactions, hydrolisis and fermentation. In this study, sweet potato (*Ipomoea batatas*) is used as a raw material for bioethanol production processes. The aim of the study was to determine the optimum concentration of yeast and fermentation time in order to get the maximum yield of bioethanol. This research used completely randomized design with two factors: the concentration of yeast and fermentation time. The results showed that the best concentration of yeast and fermentation time respectively 9% and 16 days with high grades of ethanol produced by 67.00%. The bioethanol need to be purified to achieve the appropriate concentration. However, if bioethanol is used as a disinfectant, the grades of those already eligible to used it. Grades of bioethanol, which can be used as a fuel are 99.5% (before denaturation) or 94.0 % (after denaturation).

Key words: bioethanol, sweet potato, yeast, fermentation

## Pendahuluan

Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan dari karbohidrat (pati) melalui dua tahapan reaksi penting yaitu sakarifikasi dan fermentasi. Kedua

proses tersebut dapat berjalan dengan kehadiran mikroorganisme tertentu, yang diantaranya adalah *Amylomyces rouxii* dan *Saccharomyces cerevisiae*. Sakarifikasi adalah proses hidrolisa pati menjadi dekstrin, oligosakarida, maltosa,

dan D-glukosa. Mikroorganisme yang berperan dalam proses ini adalah *Amylomyces rouxii*. Tahapan selanjutnya adalah proses pengubahan glukosa menjadi etanol dengan bantuan *Saccharomyces cerevisiae*. Proses ini lebih dikenal dengan fermentasi. Etanol hasil fermentasi selanjutnya dipisahkan menggunakan metode destilasi. Bioetanol merupakan bahan bakar potensial untuk dikembangkan seiring dengan semakin berkurangnya ketersediaan bahan bakar minyak (BBM) yang berasal dari minyak bumi (fossil fuel). Bioetanol merupakan salah satu energi alternatif sebagai substitusi bahan bakar fosil (Hambali et al., 2008).

Secara teknis, proses produksi bioetanol berbeda dengan proses produksi etanol yang umum dikerjakan di dalam industri etanol. Etanol skala industri dihasilkan melalui hidrasi senyawa alkena (etena) dengan uap air menggunakan katalis  $\text{SiO}_2$  padat yang dilapisi dengan asam fosfat (Clark, 2007). Proses ini berjalan sangat cepat dan etanol yang dihasilkan memiliki kemurnian yang tinggi, namun terbatas pada ketersediaan bahan baku alkena (etena). Sementara di pihak lain, produksi bioetanol tidak terkendala oleh sumber bahan baku karena menggunakan bagian tanaman yang mengandung karbohidrat (terutama pati) yang sifatnya terbarukan (renewable) (Khaidir et al., 2012).

Bahan baku yang dipilih dalam penelitian ini adalah ubi jalar merah. Ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.) merupakan biomassa penting pada proses produksi bahan bakar alkohol, karena komposisi kimia dan densitas pati yang tinggi, dibandingkan dengan biomassa lain. Jadi biomassa ini layak digunakan sebagai sumber daya hayati alternatif untuk produksi etanol melalui fermentasi (Hang et al., 1981, Hang et al., 1986; Roukas, 1994).

Ubi jalar merupakan tanaman daerah tropis dan subtropis (Woolfe 1992). Biomassa ini digunakan sebagai sayuran di negara bagian Odisha (Attaluri et al., 2010). Ubi jalar murah, mudah tersedia di pasar lokal dan menawarkan kemudahan dalam produk pengolahan. Ubi jalar mengandung pati (178 g/kg), gula total (26 g/kg) dan protein (3,2 g/kg) dari berat segar umbi (Tian et al., 1991). Pati yang terdapat dalam ubi jalar dapat dihidrolisis menjadi unit monomer karbohidrat dan dapat digunakan oleh mikroorganisme dalam proses fermentasi (Swain, et al., 2013).

Ubi jalar merah dipilih sebagai bahan baku untuk proses produksi bioetanol karena ubi jalar merah bukan merupakan bahan makanan pokok

bagi masyarakat. Ubi jalar merah di daerah Sarèè selama ini hanya digunakan sebagai bahan baku produk olahan makanan ringan seperti keripik ubi. Ubi jalar sangat potensial sebagai bahan baku pembuatan bioetanol karena mengandung pati dalam jumlah besar yaitu 64,4% basis berat kering (Azhar, 1981). Penelitian ini menggunakan ragi tape dengan beberapa konsentrasi dan lama waktu fermentasi. Pengamatan dilakukan untuk melihat konsentrasi ragi tape dan waktu fermentasi yang paling sesuai untuk dapat menghasilkan bioetanol dengan kadar atau tingkat kemurnian yang tinggi.

## Bahan dan Metode

### *Bahan dan Alat*

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ubi jalar merah yang diperoleh dari kebun ubi jalar di daerah Sarèè Kabupaten Aceh Besar, NPK, ragi tape, NaOH 3 N, dan aquades. Peralatan yang digunakan adalah autoklaf, pisau, tissue, timbangan analitik, drum, mortal, tabung reaksi, satu set alat destilasi, gelas kimia, gelas ukur, spatula, pH meter, piknometer, refraktometer, hot plate, pipet volume, termometer, stoples, aluminium foil, kain saring, dan peralatan gelas lainnya.

### *Metode Penelitian*

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap Pola Faktorial. Faktor pertama adalah konsentrasi ragi tape (K) dan faktor kedua adalah waktu fermentasi (W) masing-masing 3 taraf perlakuan dengan tiga ulangan.

### *Proses Produksi Bioetanol*

Produksi etanol untuk industri dan bahan bakar umumnya melibatkan tiga langkah: 1) liquifikasi pati oleh  $\alpha$ -amilase, 2) sakarifikasi enzimatis hasil liquifikasi untuk menghasilkan glukosa, dan 3) fermentasi glukosa menjadi etanol (Sree et al., 2004). Glukoamilase komersil digunakan pada proses sakarifikasi dan merupakan beban yang signifikan dalam proses produksi (Neves et al., 2006). Secara tradisional, ragi, *Saccharomyces cerevisiae* telah digunakan di seluruh dunia sebagai mikroorganisme utama

untuk memproduksi etanol (Lin dan Tanaka, 2006).

Pada penelitian ini, proses produksi bioetanol dari ubi jalar merah dapat dilakukan berdasarkan prosedur percobaan yang telah dilakukan oleh Rikana dan Adam (2009). Ubi jalar merah dikukus terlebih dahulu selama 15 menit, selanjutnya diberi ragi sesuai perlakuan dan dibiarkan terfermentasi dalam jangka waktu yang telah ditentukan. Hasil fermentasi diekstrak untuk mendapatkan bioetanol. Adapun metode yang dikerjakan dapat dilihat pada diagram berikut :



Gambar 1. Diagram Proses Produksi Bioetanol dari Ubi jalar Merah

### Analisis Produk

Analisis yang dilakukan terhadap produk bioetanol yang dihasilkan meliputi analisis massa jenis, rendemen bioetanol, kadar bioetanol, dan tingkat keasaman (pH) bioetanol. Pengukuran massa jenis dilakukan menggunakan alat piknometer berdasarkan metode Skoog (1985) dalam Simbolon (2008). Rendemen bioetanol dihitung berdasarkan rumus persamaan dari Simanjuntak (2009), dimana :

$$\text{Rendemen bioetanol} = \frac{\text{berat bioetanol dan destilat}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

Analisis pH dan kadar bioetanol dilakukan dengan sistem komposit, yaitu ketiga ulangan dicampur menjadi satu, lalu dilakukan pengukuran. Tingkat keasaman (pH) sampel dianalisis menggunakan pH meter. Analisis kadar bioetanol dilakukan berdasarkan data

indeks bias etanol yang diukur menggunakan alat Refraktometer. Berdasarkan pada kurva standar etanol, maka dapat diperoleh suatu persamaan yang nantinya akan digunakan untuk menghitung kadar bioetanol yang dihasilkan.

### Penyajian Data

Analisis data dilakukan dengan metode statistik ANOVA menggunakan rancangan acak lengkap dua faktor yaitu konsentrasi ragi tape (K) dan waktu fermentasi (W) masing-masing 3 taraf perlakuan dengan 3 kali ulangan. Uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT) dilakukan untuk melihat pengaruh perlakuan parameter terhadap rendemen dan kadar bioetanol yang dihasilkan.

## Hasil dan Pembahasan

### Karakteristik Bioetanol

Karakteristik bioetanol yang diamati pada penelitian ini meliputi massa jenis, pH bioetanol, rendemen, dan kadar bioetanol yang dihasilkan.

### Massa Jenis

Massa jenis merupakan perbandingan antara massa suatu zat terlarut terhadap massa sejumlah volume air sebagai pelarut pada suhu tertentu. Apabila massa jenis larutan etanol semakin kecil, maka kadar etanol semakin tinggi, sebaliknya jika massa jenis etanol semakin besar maka kadar etanol yang dihasilkan semakin rendah. Massa jenis etanol lebih kecil dari pada air, jika massa jenis etanol mendekati massa jenis air dapat dikatakan bahwa dalam larutan tersebut banyak mengandung air. Oleh karena itu, semakin kecil massa jenis larutan etanol, maka kadar etanol dalam larutan tersebut akan semakin tinggi (Skoog, 1985).

Berdasarkan hasil analisis ragam, tidak ada interaksi antara konsentrasi ragi tape dan lama waktu fermentasi. Konsentrasi ragi tape dan lamanya waktu fermentasi tidak saling mempengaruhi terhadap perubahan massa jenis larutan bioetanol yang dihasilkan. Interval massa jenis bioetanol yang dihasilkan pada kedua perlakuan berada pada kisaran (0,93 – 0,95) g/ml.

Tabel 1. Massa jenis rata-rata bioetanol terhadap konsentrasi ragi tape dan waktu fermentasi

Massa jenis (g/ml)	Konsentrasi ragi tape (K)
0,95 a	K1 (9%)
0,95 a	K2 (11%)
0,93 a	K3 (13%)
Massa jenis (g/ml)	Waktu fermentasi (W)
0,94 a	W1 (12 hari)
0,95 a	W2 (14 hari)
0,95 a	W3 (16 hari)

Keterangan : angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%

Massa jenis etanol pada suhu 20oC adalah sebesar 0,79 g/ml (Rizani, 2000). Jika didasarkan pada literatur tersebut, jelas terlihat bahwa etanol yang dihasilkan masih banyak bercampur dengan air. Kadar bioetanol yang dihasilkan masih rendah (Tabel 4).

#### *Tingkat Keasaman (pH) Bioetanol*

Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan adanya interaksi antara konsentrasi ragi tape dan lamanya waktu fermentasi terhadap

pH bioetanol. Interval pH bioetanol yang dihasilkan pada kedua perlakuan berada pada kisaran 5,45 – 7,73. Tingkat keasaman (pH) larutan bioetanol tertinggi didapat pada perlakuan konsentrasi ragi tape 9% dan waktu fermentasi 16 hari. Berdasarkan nilai pH yang diperoleh, semakin besar persentase ragi tape menyebabkan pH semakin menurun, sebaliknya semakin lama waktu fermentasi berlangsung maka pH bioetanol akan semakin meningkat.

Tabel 2. Tingkat keasaman rata-rata bioetanol terhadap konsentrasi ragi tape dan waktu fermentasi

Tingkat keasaman (pH)	Konsentrasi ragi tape (K)
7,73 a	K1 (9%)
5,69 b	K2 (11%)
5,45 c	K3 (13%)
Tingkat keasaman (pH)	Waktu fermentasi (W)
5,99 b	W1 (12 hari)
5,96 c	W2 (14 hari)
6,93 a	W3 (16 hari)

Keterangan : angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%

Menurut Amerine et al. (1972) dalam Simbolon (2008), semakin lama waktu fermentasi maka akan semakin banyak dihasilkan jenis asam yang mudah menguap, diantaranya asam laktat, asam asetat, asam formiat, asam butirat, dan asam propanoat. Semakin besar konsentrasi ragi dan semakin lama waktu fermentasi, maka jumlah alkohol, asam-asam organik, dan karbon dioksida akan semakin tinggi. Semakin tinggi konsentrasi ragi, maka semakin cepat proses konversi glukosa menjadi etanol, namun alkohol yang dihasilkan akan lebih mudah untuk teroksidasi menjadi asam-asam organik seperti asam asetat. Semakin

banyak asam yang terbentuk, maka nilai pH larutan etanol akan semakin menurun.

#### *Rendemen*

Berdasarkan hasil analisis ragam, tidak ada interaksi antara konsentrasi ragi tape dan lama fermentasi terhadap rendemen bioetanol yang diperoleh. Artinya, konsentrasi ragi tape dan lamanya waktu fermentasi tidak saling memberi pengaruh terhadap rendemen bioetanol. Nilai rata-rata rendemen bioetanol yang dihasilkan berada pada interval (4,59 – 5,90) g per kilogram berat bahan ubi jalar merah.

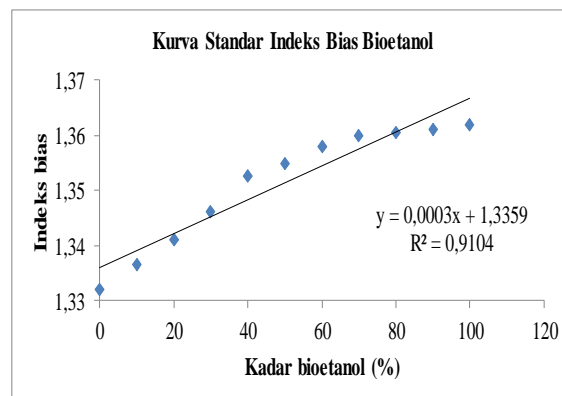
Tabel 3. Nilai rendemen rata-rata bioetanol terhadap konsentrasi ragi tape dan waktu fermentasi

Rendemen (g)	Konsentrasi ragi tape (K)
4,60 a	K1 (9%)
5,78 a	K2 (11%)
5,35 a	K3 (13%)
Rendemen (g)	Waktu fermentasi (W)
5,90 a	W1 (12 hari)
4,59 a	W2 (14 hari)
5,25 a	W3 (16 hari)

Keterangan : angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%

*Kadar Bioetanol*

Kadar bioetanol yang dihasilkan dari penelitian ini diperoleh berdasarkan data indeks bias. Indeks bias diukur menggunakan alat Refraktometer. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, konsentrasi ragi tape dan lama fermentasi memberi pengaruh yang sangat nyata terhadap indeks bias larutan bioetanol yang dihasilkan. Konsentrasi ragi tape dan lama fermentasi saling mempengaruhi terhadap perubahan data indeks bias larutan bioetanol. Kadar bioetanol diperoleh berdasarkan persamaan dari kurva standar indeks bias bioetanol. Gambar 2 menunjukkan kurva standar indeks bias bioetanol.



Gambar 2. Kurva Standar Indeks Bias Biotanol

Berdasarkan persamaan  $y = 0,0003x + 1,3359$  pada kurva standar, maka nilai indeks bias untuk masing-masing perlakuan dapat dihitung dan disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Nilai rata-rata indeks bias dan kadar bioetanol pada masing-masing perlakuan

Perlakuan	Indeks bias	Kadar bioetanol (%)
K1W1	1,3520	53,67
K1W2	1,3520	53,67
K1W3	1,3560	67,00
K2W1	1,3490	43,67
K2W2	1,3500	47,00
K2W3	1,3450	30,33
K3W1	1,3490	43,67
K3W2	1,3530	57,00
K3W3	1,3505	48,67

Keterangan : K1 = konsentrasi ragi tape 9%, K2 = konsentrasi ragi tape 11%, K3 = konsentrasi ragi tape 13%, W1 = Waktu fermentasi 12 hari, W2 = Waktu fermentasi 14 hari, W3 = Waktu fermentasi 16 hari

Berdasarkan tabel di atas, secara statistik perlakuan ragi tape dan lamanya waktu fermentasi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan.

Namun pada konsentrasi ragi tape yang tinggi menyebabkan kadar bioetanol menjadi turun. Kadar bioetanol tertinggi yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah 67,00 % pada penggunaan

konsentrasi ragi tape sebesar 9% dengan waktu fermentasi 16 hari. Jika dilihat dari kadar bioetanol yang dihasilkan, dapat dikatakan bahwa bioetanol tersebut belum dapat digunakan sebagai bahan bakar substitusi BBM. Bioetanol tersebut, masih perlu dimurnikan untuk mencapai konsentrasi yang sesuai. Kadar bioetanol yang dapat digunakan sebagai bahan bakar substitusi bensin adalah sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu 99,5% (sebelum denaturasi) atau 94,0 % (setelah denaturasi) (SNI DT 27-0001-2006). Namun jika bioetanol tersebut digunakan sebagai disinfektan, maka kadar tersebut sudah memenuhi kriteria dan layak untuk digunakan.

## Simpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa konsentrasi ragi tape berpengaruh terhadap pH dan kadar bioetanol yang dihasilkan, tetapi tidak memberi pengaruh yang nyata terhadap rendemen dan massa jenis bioetanol. Lamanya waktu fermentasi berpengaruh terhadap pH dan kadar bioetanol yang dihasilkan, tetapi tidak memberi pengaruh yang nyata terhadap rendemen dan massa jenis bioetanol hasil fermentasi ubi jalar merah. Adanya pengaruh interaksi antara konsentrasi ragi tape dan lamanya waktu fermentasi terhadap pH dan kadar bioetanol yang dihasilkan dari proses fermentasi ubi jalar merah.

Konsentrasi ragi tape terbaik dalam penelitian ini adalah sebesar 9% dengan lama waktu fermentasi 16 hari dimana kadar bioetanol yang dihasilkan sebesar 67,00%. Jika dilihat dari kadar bioetanol yang dihasilkan, dapat dikatakan bahwa bioetanol tersebut belum dapat digunakan sebagai bahan bakar substitusi BBM. Bioetanol tersebut, masih perlu dimurnikan untuk mencapai konsentrasi yang sesuai. Kadar bioetanol yang dapat digunakan sebagai bahan bakar substitusi bensin adalah sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu 99,5% (sebelum denaturasi) atau 94,0 % (setelah denaturasi). Namun jika bioetanol tersebut digunakan sebagai disinfektan, maka kadar tersebut sudah memenuhi kriteria dan layak untuk digunakan.

## Daftar Pustaka

- Amerine MA, Berg and Croes MV. 1972. The Technology of Wine Making. The AVI Publishing company, Wesport Connecticut. Dalam Simbolon K. 2008. Pengaruh persentase ragi tape dan lama fermentasi terhadap mutu tape ubi jalar. [Skripsi]. Medan : Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Attaluri S, Janardhan KV, Light A. 2010. Sustainable sweet potato production and utilization in Orissa, India. Proceedings of a workshop and training held in Bhubaneswar, Orissa, India, 17-18 Mar 2010. Bhubaneswar, India. International Potato Center (CIP).
- Azhar A. 1981. Biotechnology, bioengineering. Vol 23 : 879. Dalam Roehr M. 2000, editor. The Biotechnology of Ethanol : Classical and future applications. Germany : Wiley-VCH Verlag GmbH.
- Clark J. 2007. Pembuatan Alkohol dalam Skala Produksi. <http://www.chem-is-try.org>. [07 Juli 2011].
- Hambali E, Mujdalipah S, Tambunan AH, Pattiwiri AW, dan Hendroko R. 2008. Teknologi bioenergi. Jakarta : Agromedia Pustaka.
- Hang YD, Lee CY, Woodams EE. 1981. A solid-state fermentation system for production of ethanol from apple pomace. *J Food Sci* ; 47: 1851–1852.
- Hang YD, Lee CY, Woodams EE. 1986. Solid-state fermentation of grape pomace for ethanol production. *Biotechnol Lett.* 8 : 53–56.
- Khaidir, Setyaningsih D, dan Haerudin H. 2012. Dehidrasi Bioetanol Menggunakan Zeolit Alam Termodifikasi. *J. Tek. Ind. Pert.* Vol. 22 (1) : 66-72 (1 April 2012).
- Lin Y, Tanaka S. 2006. Ethanol fermentation from biomass resources: current state and prospects. *Appl Microbiol Biotechnol* ; 69: 627-642.
- Neves MAD, Kimura Shimizu N. 2006. Production of alcohol by simultaneous saccharification and fermentation of low grade wheat flour. *Braz. Arch. Biol. Technol*; 49: 489-490.
- Onuki S. 2006. Bioethanol : Industrial production process and recent studies. [www.public.iastate.edu/~tge/courses/ce521/sonuki.pdf](http://www.public.iastate.edu/~tge/courses/ce521/sonuki.pdf). [ 13 Februari 2009].

- Rikana H, dan Adam R. 2009. Pembuatan bioetanol dari singkong secara fermentasi menggunakan ragi tape. [skripsi]. Semarang : Jurusan Teknik Kimia. Universitas Diponegoro.
- Rizani KZ. 2000. Pengaruh konsentrasi gula reduksi dan inokulum (*Saccharomyces cerevisiae*) pada proses fermentasi sari kulit nenas untuk produksi etanol. [skripsi]. Malang : Jurusan biologi. Fakultas MIPA. Universitas Brawijaya.
- Roukas T. 1994. Solid-state fermentation of carob pods for ethanol production. *Appl. Microbiol. Biotechnol* ; 41: 296–301.
- Simanjuntak R. 2009. Studi pembuatan etanol dari limbah gula (molase). Departemen Teknologi Pertanian. [Skripsi]. Medan : Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Simbolon K. 2008. Pengaruh persentase ragi tape dan lama fermentasi terhadap mutu tape ubi jalar. [Skripsi]. Medan : Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Skoog DA. 1985. Principles of instrumental analysis. Dalam Simbolon K. 2008. Pengaruh persentase ragi tape dan lama fermentasi terhadap mutu tape ubi jalar. [Skripsi]. Medan : Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Sree NK, Sridhar M, Suresh K, Bannat IM, Rao LV. 2004. High alcohol production by repeated batch fermentation using an immobilized osmotolerant *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Ind. Microbio* ; 24: 222-226.
- Swain MR, Mishra J, and Thatoi H. 2013. Bioethanol Production from Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Flour using Co-Culture of *Trichoderma* sp. And *Saccharomyces cerevisiae* in Solid-State Fermentation. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 56 : 171-179.