
PEMANFAATAN LIMBAH AMPAS TEBU (*BAGASSE*) UNTUK PRODUKSI BIOETANOL MELALUI PROSES SAKARIFIKASI DAN FERMENTASI SERENTAK

Candra Daty Novitasari, Astri Ani, dan Rigandita Ekawati
Mahasiswa FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

Abstract

The aim of this research is to describe the process of bio ethanol production from bagasse with simultaneous sacharification and fermentation.

The subject of this research was bagasse. The object of research was the amount of bio ethanol from fermentation of bagasse using *Sacharomyces cerevisiae*. The independent variable in this research was the concentration of yeast in the fermentation. There were 0.4%; 0.6%; and 0.8% of solution weight. The chemistry analysis in the research was a quantitative and qualitative analysis of ethanol using Micro Conway Diffusion and spectronic 20.

The results showed the yeast concentration of 0.4% by weight solution of the hydrolysis, ethanol result was 24.555%. In the yeast concentration of 0.6% by weight of hydrolysis solution, the ethanol content was 39.571%. In the yeast concentration of 0.8% by weight of hydrolysis solution, 35.005% of ethanol was obtained. It was the highest level of ethanol on yeast concentration of 0.6% by weight solution of the hydrolysis.

Keywords: bagasse, bio ethanol, fermentation, yeast, sacharification

LATAR BELAKANG

Penggunaan energi oleh masyarakat semakin lama semakin meningkat. Meningkatnya penggunaan energi oleh masyarakat tidak diimbangi dengan ketersediaan bahan baku. Bahan bakar minyak pun semakin menipis bahkan hampir habis. Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan ini pemerintah mengeluarkan Perpres No. 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, dimana pemanfaatan Bahan Bakar Nabati atau BBN (*biofuel*) ditargetkan 2% pada tahun 2010 dan 5% pada 2025.

Bahan bakar nabati dapat direalisasikan dengan pengembangan bioenergi seperti bioetanol dari biomassa sebagai sumber bahan baku yang dapat diperbarui. Bioetanol sebagai sumber energi alternatif, relatif murah ditinjau aspek produksinya dan relatif ramah lingkungan. Pada umumnya etanol diproduksi dengan cara fermentasi dengan bantuan mikroorganisme oleh karenanya sering disebut sebagai bioetanol.

Keuntungan penggunaan etanol sebagai bahan bakar pengganti BBM adalah karena sifat etanol yang dapat diperbarui dan emisi karbondioksida sedikit. Etanol dapat

digunakan sebagai campuran bensin yang kemudian dinamakan gasohol serta dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar. Salah satu biomassa yang berpotensi untuk dikembangkan dalam pemuatan etanol adalah *bagasse* (limbah padat industri gula tebu). Sampai saat ini limbah ampas tebu masih jarang dimanfaatkan.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka penulis merumuskan permasalahan dalam penelitian ini, yaitu bagaimana proses pembuatan bioetanol dari limbah ampas tebu (*bagasse*) dan berapa kadar bioetanol yang dihasilkan dari limbah ampas tebu (*bagasse*) melalui proses sakarifikasi dan fermentasi serentak.

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan proses pembuatan bioetanol dari limbah ampas tebu (*bagasse*) dan mengetahui jumlah kadar bioetanol yang dihasilkan dari limbah ampas tebu (*bagasse*) melalui proses sakarifikasi dan fermentasi serentak. Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini yaitu bagi peneliti agar dapat mengaplikasikan ilmu-ilmu yang didapat untuk dikembangkan lebih lanjut dan dapat mengetahui manfaat lain dari limbah ampas tebu (*bagasse*) yaitu sebagai bioetanol. Bagi masyarakat, diharapkan dapat membantu masyarakat dalam mengatasi permasalahan semakin sedikitnya sumber energi dan dapat memberikan alternatif bahan bakar yang ramah lingkungan dan murah dengan memanfaatkan limbah ampas tebu untuk pembuatan bioetanol. Bagi pemerintah, diharapkan dapat membantu pemerintah dalam mengatasi permasalahan

BBM dengan menggantinya dengan BBN (biofuel) yang salah satunya adalah bioetanol dan dapat memberikan alternatif pembuatan bioetanol yang murah, mudah, dan ramah lingkungan.

KAJIAN TEORI

Bioetanol

Etanol yang mempunyai rumus kimia C_2H_5OH adalah organik dalam kelompok alkohol dan banyak digunakan untuk berbagai keperluan. Pada umumnya etanol diproduksi secara fermentasi dengan bantuan mikroorganisme. Etanol yang diproduksi dengan cara ini disebut sebagai bioetanol.

Sifat fisik dan kimia etanol tergantung pada gugus hidroksilnya. Gugus ini menyebabkan polaritas molekul dan menyebabkan ikatan hidrogen antarmolekul. Kedua sifat tersebut menyebabkan perbedaan sifat fisik alkohol berat molekul rendah dengan senyawa hidrokarbon yang mempunyai berat molekul ekuivalen. Tabel 1 menunjukkan tentang sifat fisik etanol.

Selain mempunyai sifat fisika, etanol juga memiliki sifat kimia. Adapun sifat kimia etanol antara lain adalah merupakan pelarut yang baik untuk senyawa organik. Etanol mudah menguap dan mudah terbakar. Apabila direaksikan dengan asam halida akan membentuk alkil halida dan air. Apabila direaksikan dengan asam karboksilat akan membentuk ester dan air. Dehidrogenasi etanol menghasilkan asetaldehid.

Tabel 1. Sifat Fisik Etanol

KETERANGAN	NILAI
Titik didih normal, °C, 1 atm	78,4
Titik lebur °C	-112
Berat molekul gr/grmol	46,07
Indeks bias c _P	1,36143
Panas penguapan kal / gr	200,6
Densitas, d_4^{20} , g/ml	0,7893
Viskositas pada 20°C, mPa.s	1,17
Kelarutan	Larut dalam air dan eter

Sumber: Perry, 1999

Limbah Ampas Tebu (*bagasse*)

Bagasse atau ampas tebu merupakan limbah padat sisa penggilingan batang tebu (*Sacharum officinarum*). Sebagian besar *bagasse* dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler, namun selalu ada sisa *bagasse* yang tidak termanfaatkan yang disebabkan oleh stok *bagasse* yang melebihi kebutuhan pembakaran oleh boiler pabrik..

Bagasse tebu saat ini belum banyak dimanfaatkan. Potensi *bagasse* di Indonesia menurut Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) tahun 2008 cukup besar dengan komposisi rata-rata hasil samping industri gula di Indonesia terdiri dari limbah cair 52,9 persen, blotong 3,5 persen, ampas (*bagasse*) 32,0 persen, tetes 4,5 persen dan gula 7,05 persen serta abu 0,1 persen.

Material biomassa berupa lignoselulosa yang terdiri dari komponen-komponen gula. Komponen gula ini berupa selulosa dan hemiselulosa yang dengan perlakuan khusus dapat diubah menjadi gula fermentasi. Material berbasis lignoselulosa (*lignocellulosic material*) memiliki substrat yang cukup kompleks karena didalamnya terkandung lignin, polisakarida, zat ekstraktif, dan senyawa organik lainnya. (Yanni, 2010).

Tabel 2. Kandungan lignin, holoselulosa dan á-selulosa pada *bagasse*

KOMPOSISI KANDUNGAN BAGASSE			
Lignin	α-selulosa	hemiselulosa	Lain-lain
24,2 %	52,7 %	17,5 %	5,6 %

Fermentasi

Fermentasi merupakan kegiatan mikrobial pada bahan pangan sehingga dihasilkan produk yang dikehendaki. Mikrobial yang umumnya terlibat dalam fermentasi adalah bakteri, khamir dan kapang. Contoh bakteri yang digunakan dalam fermentasi adalah *Acetobacter xylinum* pada pembuatan nata decoco, sedangkan contoh kapang adalah *Rhizopus* sp pada pembuatan tempe, *Sacharomyces cerevisiae* pada pembuatan tape dan sebagainya.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen yaitu memanfaatkan limbah ampas tebu (*bagasse*) untuk bioetanol melalui proses sakarifikasi dan fermentasi serentak. Subjek penelitian ini adalah limbah ampas tebu (*bagasse*). Objek penelitian ini adalah jumlah bioetanol yang dihasilkan dari fermentasi limbah ampas tebu menggunakan *Sacharomyces cerevisiae*. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi ragi yang digunakan dalam fermentasi, yaitu 0,4 %, 0,6 %, dan 0,8 % dari berat larutan hasil hidrolisis yang akan difermentasi. Variabel terikat dalam

penelitian ini adalah jumlah bioetanol yang dihasilkan dari fermentasi limbah ampas tebu menggunakan *Sacharomyces cerevisiae*. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah temperatur dan media yang digunakan.

Prosedur penelitian terdiri dari persiapan sampel yaitu *bagasse* yang dihaluskan menjadi tepung dan dikeringkan dalam oven selama 1 jam. Kemudian dihidrolisa dengan 1 liter larutan H_2SO_4 0,5M pada suhu 120°C selama 30 menit. Langkah kedua yaitu pembuatan larutan standar dan larutan blanko untuk mendapatkan data kualitatif dan kuantitatif. Langkah selanjutnya yaitu proses fermentasi dengan optimasi konsentrasi ragi yang berbeda yaitu sebanyak 0,4 %, 0,6 %, dan 0,8 % dari berat larutan hasil hidrolisis yang akan difermentasi. Langkah terakhir yaitu penentuan banyaknya etanol dalam sampel dengan analisis kualitatif dan kuantitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran volume dan massa larutan hasil hidrolisis *bagasse* sebelum dan sesudah fermentasi selama 3 hari disajikan dalam Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Pengukuran Volume dan Massa Larutan Hasil Hidrolisis Sebelum dan Sesudah Fermentasi Selama 3 Hari

SAMPel LARUTAN HASIL HIDROLISIS <i>BAGASSE</i>		KONSENTRASI RAGI		
		0,40%	0,60%	0,80%
Sebelum Fermentasi	Volume 1 (mL)	10	10	10
	Massa 1 (gram)	10,377	10,150	10,070
	Densitas larutan 1	1,038	1,015	1,007
	Konsentrasi glukosa (mg/mL)	1,538	1,538	1,538
Massa Ragi yang Digunakan (gram)		0,042	0,061	0,081
Sesudah Fermentasi	Volume 2 (mL)	10,04	10,06	10,08
	Massa 2 (gram)	10,361	10,090	10,140
	Densitas larutan 2	1,032	1,003	1,006
	Konsentrasi glukosa (mg/mL)	0,958	0,729	0,747
Volume Larutan yang Jernih (mL)		4,6	5,5	5,3

Hasil uji kualitatif untuk menentukan adanya etanol menggunakan metode Micro Conway Diffusion, yang memberikan hasil seperti berikut ini.

Tabel 4. Hasil Uji Kualitatif Etanol

NO	PARAMETER	HASIL PENGAMATAN	KESIMPULAN
1.	Konsentrasi Ragi 0,4% massa substrat		
	Warna	Warna larutan di bagian tengah <i>Conway</i> dari orange menjadi kuning	Terdapat etanol
	Bau	Terdapat bau aldehid	
2.	Konsentrasi Ragi 0,6% massa substrat		
	Warna	Warna larutan di bagian tengah <i>Conway</i> dari orange menjadi kuning	Terdapat etanol
	Bau	Terdapat bau aldehid	
3.	Konsentrasi Ragi 0,8% massa substrat		
	Warna	Warna larutan di bagian tengah <i>Conway</i> dari orange menjadi kuning	Terdapat etanol
	Bau	Terdapat bau aldehid	

Tabel 5. Kadar Etanol Hasil Fermentasi dengan Variasi Konsentrasi Ragi

NO	SAMPEL	KADAR ETANOL (% v/v)	RERATA KADAR ETANOL (% v/v)
1.	Konsentrasi Ragi 0,4 % massa substrat		
	Sampel 1	25,338	24,555
	Sampel 2	25,563	
	Sampel 3	22,765	
2.	Konsentrasi Ragi 0,6 % massa substrat		
	Sampel 1	43,441	39,571
	Sampel 2	36,592	
	Sampel 3	38,682	
3.	Konsentrasi Ragi 0,8 % massa substrat		
	Sampel 1	33,826	35,005
	Sampel 2	36,077	
	Sampel 3	35,113	

Dalam tahap pembuatan etanol berbahan dasar limbah ampas tebu, hal pertama yang dilakukan adalah membersihkan *bagasse* dari kotorannya kemudian memotongnya menjadi kecil-kecil. Pada proses pengeringan ini, setiap 1 jam *bagasse* dibalik supaya pengeringan merata pada setiap bagian. Proses pengeringan ini berlangsung 12 jam. Setelah proses pengeringan *bagasse* dihaluskan dengan tujuan supaya luas permukaan *bagasse* menjadi lebih luas sehingga mempercepat reaksi hidrolisis.

Tahapan berikutnya adalah delignifikasi *bagasse* menggunakan larutan NaOH 2,5. Delignifikasi tersebut dilakukan karena *bagasse* mengandung lignin, dan lignin ini akan mengganggu proses pemecahan polisakarida menjadi glukosa sehingga akan menurunkan kadar etanol yang dihasilkan setelah fermentasi. Tahap selanjutnya adalah penyaringan hasil delignifikasi dan diperoleh padatan. Padatan yang sudah kering ini nanti yang akan dihidrolisis.

Pada tahap ini larutan hasil hidrolisis dimasukkan ke dalam toples sebanyak 10 mL. Larutan ini ditimbang menggunakan neraca analitik untuk mengetahui massanya sehingga massa ragi yang ditambahkan dapat diketahui. Fermentasi dilakukan dengan variasi konsentrasi ragi, yaitu 0,4%; 0,6%; dan 0,8% dari massa larutan yang difermentasi. Kemudian larutan diberi ragi tape yang mengandung *Sacharomyces cerevisiae*. *Sacharomyces cerevisiae* bekerja optimum pada suhu 28°C-30°C dan pH 5. Jadi dalam fermentasi ini digunakan suhu ruang untuk fermentasi.

Pengukuran kadar glukosa dapat digunakan instrumen *spectronic 20*. Dalam proposal tidak dicantumkan bahwa akan diadakan pengukuran kadar glukosa. Namun dalam pelaksanaannya, dilakukan pengukuran kadar glukosa untuk mengetahui apakah benar kadar glukosa pada sampel akan turun karena proses fermentasi. Larutan standar glukosa yang digunakan adalah larutan glukosa yang berkonsentrasi 0,002 mg/mL; 0,004 mg/mL; 0,006 mg/mL; 0,008 mg/mL; dan 0,01 mg/mL.

Larutan standar ini dibuat dengan cara membuat larutan induk glukosa 0,20 mg/mL. Larutan ini dibuat dengan melarutkan 20 mg glukosa anhidrat ke dalam 100 mL akuades. Untuk membuat larutan standar, larutan induk glukosa ini perlu diencerkan dengan komposisi tertentu.

Larutan blanko dalam pengujian kadar glukosa ini adalah akuades. Untuk menguji kadar glukosa larutan standar dan blanko dikenai perlakuan, yaitu masing-masing larutan diambil sebanyak 1 mL, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Lalu larutan ditambah dengan reagen benedict dan dipanaskan dalam penangas air selama 30 menit untuk menyempurnakan reaksi. Setelah 30 menit, tabung reaksi yang berisi larutan diambil dan didinginkan. Kemudian ditambah 1 mL arsenomolibdat dan 7 mL akuades. Lalu larutan ini dihomogenkan. Larutan yang dihasilkan mempunyai warna kehijauan, tetapi untuk blanko berwarna kuning. Perlakuan ini dimaksudkan supaya larutan berwarna, sebab instrumen yang digunakan untuk menganalisis kadar glukosa adalah *spectronic 20* yang mengharuskan

analit merupakan larutan berwarna dan jernih.

Dalam mengukur kadar glukosa sebelum dan sesudah fermentasi, Sampel yang digunakan adalah larutan hasil hidrolisis *bagasse*. Sampel ditentukan kadar glukosanya sebelum dan sesudah fermentasi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui adanya perubahan konsentrasi glukosa. Absorbansi glukosa larutan sampel sebelum fermentasi yang terukur adalah 0,135.

Sesudah larutan hasil hidrolisis difermentasi, masing-masing larutan dari hasil fermentasi dengan variasi konsentrasi ragi diambil sebanyak 1 mL, kemudian diencerkan hingga 10 mL. Larutan ini juga dikenai perlakuan seperti pada pada larutan standar kemudian diukur absorbansinya menggunakan *spectronic 20*.

Kadar glukosa setelah difermentasi dihitung dengan cara yang sama dan dikalikan faktor pengenceran yakni 10. Sehingga diperoleh kadar glukosa pada konsentrasi ragi 0,4%; 0,6%; dan 0,8% berturut-turut adalah 0,96; 0,73; dan 0,75 mg/mL. Dari perhitungan ini diketahui bahwa kadar glukosa dalam sampel berkurang setelah difermentasi. Hal ini disebabkan oleh karena glukosa diubah menjadi etanol. Seharusnya semakin tinggi konsentrasi ragi maka semakin banyak glukosa yang diubah menjadi etanol. Dalam penelitian dihasilkan protein oleh mikroba. Semakin banyak mikroba, dalam hal ini *Sacharomyces cerevisiae*, maka semakin banyak pula protein yang dihasilkan. Protein akan bereaksi dengan benedict ketika dilakukan uji

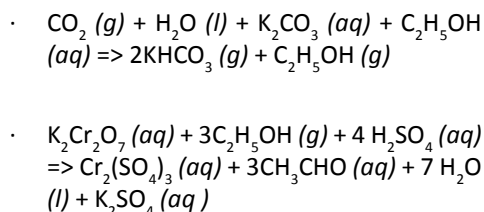
glukosa sehingga pada proses pengukuran absorpsi yang terukur tidak hanya glukosa, tetapi juga protein. Oleh karena itu absorpsi yang terukur lebih besar.

Dalam proses pembuatan dan pengukuran absorbansi larutan standar etanol, larutan standar etanol yang dipakai dalam pelaksanaan penelitian ini adalah larutan etanol yang berkonsentrasi 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,4%; dan 0,5%. Larutan standar etanol dibuat dengan membuat larutan induk etanol 1% terlebih dahulu. Larutan induk dibuat dengan mengencerkan 1 mL larutan etanol absolut hingga 100 mL. Setelah larutan induk selesai dibuat, maka dibuat larutan standar dengan mengencerkan larutan induk.

Larutan standar etanol ini diuji dengan menggunakan metode *Micro Conway Diffusion*. Caranya adalah sebanyak 1 mL larutan $K_2Cr_2O_7$ asam dimasukkan ke dalam bagian tengah *Conway*, kemudian ditambahkan larutan K_2CO_3 jenuh pada bagian tepi dan 1 mL larutan standar etanol dimasukkan ke dalam bagian tepi yang lain. Unit *Micro Conway Diffusion* ditutup dan dirapatkan dengan menggunakan vaselin dan unit *Conway* digoyangkan agar larutan K_2CO_3 dan etanol bercampur. Kemudian larutan dalam unit *Conway* diinkubasi dengan suhu $40^\circ C$ selama 1 jam. Setelah selesai diinkubasi unit *Conway* dibuka dan larutan yang berada di bagian tengah *conway* dipipet dan dibilas dengan akuades. Kemudian diencerkan hingga volume 10 mL.

Proses inkubasi ini akan mengubah cairan kalium bikarbonat dari jingga menjadi menjadi kuning kehijauan dan timbul bau

asetalehid yang menandakan adanya etanol dalam sampel. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Larutan dari hasil inkubasi yang sudah diencerkan diuji dengan menggunakan *spectronic 20*. Hal ini tidak sesuai dengan proposal yang menggunakan spektrofotometer uv-vis. Ini dikarenakan pada pengujian glukosa digunakan *spectronic 20*, sehingga akan mengurangi faktor kesalahan karena penggunaan instrumen yang berbeda. Selain itu digunakan *spectronic 20* karena dirasa lebih ekonomis dan prinsip kerjanya tidak begitu jauh berbeda dengan spektrofotometer uv-vis.

Pada pengujian dengan *spectronic 20* dilakukan pengukuran panjang gelombang maksimum, penentuan waktu kestabilan, dan pengukuran absorbansi larutan standar. Larutan blanko yang digunakan adalah akuades dan untuk mengukur panjang gelombang maksimum dan waktu kestabilan digunakan larutan standar etanol 0,4%. Panjang gelombang maksimum yang terukur sebesar 410 nm, dan waktu kestabilannya antara 10-20 menit.

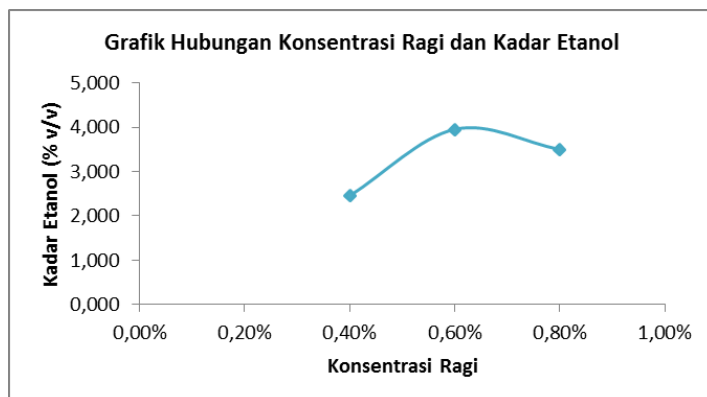
Larutan hasil fermentasi diuji dengan metode *Micro Conway Diffusion* juga. Cara yang digunakan juga sama seperti pada

larutan standar. Larutan yang berada di bagian tengah unit *Conway* setelah diinkubasi memberikan warna kuning dan kuning kehijauan serta memberikan bau aldehyd. Hal ini berbeda dengan larutan setelah fermentasi yang berbau asam, setelah diinkubasi dalam *micro conway diffusion* bau asamnya hilang, dan berubah baunya menjadi bau aldehyd. Hal ini karena etanol teroksidasi menjadi etanal.

Reaksi antara alkohol dengan K_2CO_3 menyebabkan jumlah $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ berkurang sesuai dengan banyaknya alkohol yang bereaksi. Pengurangan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ditandai dengan berkurangnya absorbansi spektrofotometri. Absorbansi yang terukur merupakan absorbansi $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ sisa hasil reaksi etanol dengan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Pengukuran larutan standar alkohol ditentukan dengan menggunakan cara yang sama. Kadar alkohol dalam sampel ditentukan dengan menggunakan kurva standar.

Untuk menghitung kadar etanol, harga absorbansi yang terukur disubstitusikan pada y dalam persamaan garis kurva larutan standar. Akan diperoleh nilai x yaitu konsentrasi. Hasil ini dikalikan faktor pengenceran 10. Kadar etanol yang diperoleh setelah fermentasi *bagasse* pada berbagai konsentrasi ragi 0,4%; 0,6%; dan 0,8% berturut-turut adalah 24,555%; 39,571%; dan 35,005%. Jadi kadar ragi maksimal yang dihasilkan adalah pada konsentrasi ragi 0,6%. Perbandingan kadar etanol dalam berbagai variasi konsentrasi ragi dapat dilihat dalam kurva berikut.

Gambar 1. Grafik hubungan antara konsentrasi ragi dan kadar etanol



Berdasarkan teori, semakin tinggi konsentrasi ragi maka etanol yang dihasilkan akan semakin banyak. Namun fermentasi juga mempunyai kondisi ideal. Pada konsentrasi ragi yang terlalu banyak maka jumlah bakteri akan semakin banyak sehingga jumlah oksigen yang tersedia akan semakin sedikit. Meskipun fermentasi dilakukan secara anaerobik, tetap saja bakteri *Sacharomyces cerevisiae* membutuhkan oksigen untuk tumbuh meskipun dalam jumlah yang sedikit.

SIMPULAN

1. Pembuatan bioetanol dari limbah *bagasse* dapat dilakukan melalui beberapa tahap yaitu delignifikasi, hidrolisis, fermentasi, penentuan kadar glukosa dalam sampel, dan penentuan kadar etanol dalam sampel.
2. Kadar etanol tertinggi dihasilkan dalam fermentasi larutan hasil hidrolisis *bagasse* dengan konsentrasi ragi 0,6%. Kadar etanol yang diperoleh adalah 39,571%

DAFTAR PUSTAKA

- Anuj Kumar Chandel, dkk. 2007. *Economics and Environmental Impact of Bioethanol Production Technologies: An Appraisal*. Biotechnology and Molecular Biology Review Vol. 2 (1), pp. 014-032.
- G. Svehla. 1979. *Vogel Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Jakarta: PT. Kalman Media Pustaka
- Nur Hayati. 2010. *Pengaruh Konsentrasi dan pH Substrat Terhadap Produksi Bioetanol Melalui Fermentasi Pati Ubi Garut*. Skripsi. Yogyakarta : FMIPA UNY
- Samsuri, dkk. 2007. *Pemanfaatan Sellulosa Bagas untuk Produksi Ethanol melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak dengan Enzim Xylanase*. MAKARA, TEKNOLOGI, VOL. 11, NO. 1: 17-24.
- Perry. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 1999. McGraw-Hill. Amerika
- Soebagio dkk. (2005). *Kimia Analitik II*. Malang : Penerbit Universitas Negeri Malang.
- Yanni Sudiyani, dkk (2010). *Pemanfaatan Biomassa Limbah Lignoselulosa untuk Bioetanol sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan*. Tangerang : LIPI