

Efektivitas Penggunaan Bioetanol dari Limbah Padat Alang-Alang (*Imperata cylindrica* (L) Beauv.) terhadap Lama Pembakaran Kompor Bioetanol

Dyah Agustina, Sri Nurhatika, dan Anton Muhibuddin
Jurusan Biologi, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: nurhatika@bio.its.ac.id

Abstrak— Alang-alang (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv.), merupakan tanaman pengganggu pada tanaman padi, tebu, jagung, dan sebagainya. Namun, tanaman ini mengandung bahan selulosa yang dapat dikonversi menjadi gula sederhana, sehingga dapat dijadikan sumber bahan baku ethanol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas ethanol yang berasal dari bahan baku alang-alang (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv.) terhadap lama pembakaran dan titik didih kompor bioetanol. Konsentrasi ethanol 70%, 90% dan 93% digunakan sebagai variasi perlakuan untuk memperoleh ethanol yang efektif sebagai bahan bakar kompor bioetanol. Pada penelitian ini proses pretreatment dilakukan secara mekanis, fisik dan kimiawi terlebih dahulu dengan cara penjemuran, penggilingan dan perendaman NaOH. Selanjutnya proses sakarifikasi menggunakan enzim Stargen™ 002 (no cook), lalu fermentasi dengan menambahkan urea, NPK, serta *Saccharomyces cerevisiae*. Dari hasil ini diperoleh bahwa alang-alang yang difermentasi terbukti mampu menghasilkan ethanol sebanyak 600 ml konsentrasi 93% dari hasil destilasi. Ethanol konsentrasi 93% diencerkan menjadi konsentrasi 70% dan 90 %. Dari hasil uji lama pembakaran pada kompor bioetanol dan pengamatan titik didih didapati bahwa ethanol pada konsentrasi 93% adalah perlakuan terbaik untuk bahan bakar kompor bioetanol.

Kata Kunci— bioetanol, enzim stargen™ 002, *Imperata cylindrica* (L.) Beauv., kompor bioetanol, *Saccharomyces cerevisiae*

I. PENDAHULUAN

MINYAK bumi merupakan salah satu sumber energi yang tidak dapat diperbaharui atau *non renewable*. Keberadaannya hingga saat ini menempati urutan pertama sebagai sumber energi. Salah satu turunan minyak bumi yang banyak digunakan pada industri kecil dan rumah tangga adalah minyak tanah. Upaya pemerintah untuk mengalihkan penggunaan minyak tanah ke bahan bakar lain perlu didukung. Saat ini pengalihan penggunaan minyak tanah ke bahan bakar gas banyak menemui kendala antara lain banyaknya kasus kebakaran yang disebabkan oleh bahan bakar gas, karena sifat gas yang selalu memenuhi ruangan sehingga apabila terjadi percikan api dalam kompor akan memicu kebakaran di sekitarnya. Oleh karena itu pengalihan atau konversi minyak

tanah tidak harus ke bahan bakar gas, tetapi juga dapat ke bioethanol yang bersifat lebih ramah lingkungan dan tidak membahayakan lingkungan.

Bioetanol mempunyai kelebihan selain ramah lingkungan, penggunaannya sebagai bahan bakar kompor terbukti lebih hemat dan efisien proses pembakarannya. Selain itu, pembuatannya bisa dilakukan di rumah dengan mudah dan lebih ekonomis dibandingkan menggunakan minyak tanah. Bioetanol merupakan cairan hasil proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat (pati) menggunakan bantuan mikroorganisme. Proses pengolahan bahan baku gula dan pati relatif lebih mudah dibandingkan dengan bahan selulosa, tetapi harga bahan baku tersebut relatif mahal. Pemakaian bahan baku gula dan pati pada skala besar juga akan memunculkan permasalahan baru yaitu menipisnya bahan pangan manusia. Sementara itu, bahan selulosa ditemukan melimpah, berharga murah, belum banyak dimanfaatkan, dan mengandung gula sederhana, sehingga dapat dijadikan sumber bahan baku bioetanol yang lebih efektif.

Salah satu bahan selulosa yang ketersediaannya melimpah, belum banyak dimanfaatkan, dan secara alami memiliki dampak negatif bagi tanaman lain adalah gulma alang-alang (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv.).

Alang-alang banyak ditemukan hampir di setiap belahan bumi, dan dianggap sebagai gulma di 73 negara. Menurut [1], di wilayah Asia Tenggara dapat dijumpai sekitar 35 juta ha, dan sekitar 8,5 juta ha tersebar di Indonesia. Tingginya jumlah luasan padang alang-alang ini, dikarenakan tumbuhan ini memiliki daya tumbuh yang cepat setiap tahun dan mampu tumbuh pada lahan kritis. Alang-alang memiliki kandungan kimia antara lain, α -selulosa 40,22%, holoselulosa 59,62%, hemiselulosa (pentosan) 18,40%, dan lignin 31,29%. Berdasarkan berat kering, kandungan selulosa alang-alang hampir sama dengan jerami padi (37,2%) [2], tetapi lebih tinggi dari rumput grinting atau rumput bermuda (25,6%) [3].

Enzim Stargen™ 002 (no cook) merupakan enzim yang berupa cairan coklat tua dengan *specific gravity* sebesar 1,13-1,16 g/ml. Enzim ini merupakan enzim generasi kedua yang diproduksi oleh Genencor Internasional, BV (Genencor Internasional di Palo Alto, CA, USA). Dimana enzim ini direkomendasikan digunakan pada pH optimum di 3,3-4,5 dan

suhu yang direkomendasikan 20-40°C . Enzim Stargen™ 002 merupakan campuran alpha-amilase dan gluco-amilase, yang dapat bekerja secara sinergis menghidrolisa menjadi glukosa [4].

Pada penelitian ini dilakukan proses *pretreatment* secara mekanis, fisik dan kimiawi terlebih dahulu dengan cara penjemuran, penggilingan dan perendaman NaOH. Selanjutnya proses sakarifikasi menggunakan enzim stargen™ 002, lalu fermentasi dengan menambahkan urea, NPK, serta *yeast Saccharomyces cerevisiae*.

Di Indonesia, alang-alang menjadi tanaman pengganggu pada tanaman padi, tebu, jagung, dan sebagainya. Saat ini, pemanfaatan alang-alang masih terbatas sebagai pakan ternak, bahan obat, dan bahan baku kertas (*pulp*). Ketersediannya yang melimpah, pemanfaatan yang kurang, daya tumbuh tinggi, dan kandungan selulosa yang cukup tinggi diantara limbah pertanian lain, menjadikan tumbuhan ini berpotensi sebagai bahan baku bioetanol. Oleh karena itu, penulis akan melakukan penelitian untuk mengetahui potensi dari alang-alang (*Imperata cylindrica* (L) Beauv.) sebagai bahan baku dalam produksi ethanol menggunakan enzim stargen™ 002 dan *yeast Saccharomyces cerevisiae*, yang selanjutnya diuji menggunakan kompor bioetanol.

II. METODOLOGI

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 05 bulan November 2014 sampai 02 Januari 2015 di Laboratorium Botani dan Laboratorium Zoologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember; Laboratorium Hidraulik Balai Besar Wilayah Sungai Brantas; CV. Tristar; ruangan dengan ukuran 5×10 meter. Pengambilan alang-alang dilakukan di lahan daerah Kecamatan Ngusikan, Kabupaten Jombang.

B. Persiapan Bahan dan Perlakuan Awal (*Pretreatment*)

Batang dan daun alang-alang diambil dari lahan sekitar Kecamatan Ngusikan, Kabupaten Jombang sebanyak 50 kg. Perlakuan awal pada alang-alang dilakukan secara mekanik, fisik dan kimia. Secara fisik dan mekanik, alang-alang terlebih dahulu dicuci, lalu dikeringkan di bawah sinar matahari selama 12 jam. Alang-alang yang telah dikeringkan kemudian dipotong-potong dengan ukuran ±2 cm, digiling dengan alat penggiling, kemudian disimpan di tempat kering. Untuk *pretreatment* secara kimia, alang-alang direndam di dalam NaOH 10% dengan perbandingan 1:15 (w/v) pada suhu ruang selama 24 jam, kemudian disaring menggunakan kain kaos untuk memisahkan substrat alang-alang dari cairan NaOH sambil dicuci dengan air kran supaya mendapatkan pH netral, kemudian dilakukan pemanasan menggunakan alat kukus (dandang) sebagai pengganti autoklaf selama 1 jam. Lalu, dikeringkan menggunakan oven pada suhu 65°C hingga 72 jam [5] [6].

C. Proses Sakarifikasi

Substrat alang-alang hasil *pretreatment* ditambahkan akuades sebanyak 1:4 (w/v). Selanjutnya ditambahkan dengan

enzim stargen™ 002 (no cook) sebanyak 1,7% dari total volume larutan. Diaduk hingga homogen. Kemudian larutan tersebut didiamkan selama 18 jam. Selanjutnya hasil hidrolisis disebut hidrolisat.

D. Proses Fermentasi

Hidrolisat ditambahkan dengan urea, NPK dan fermipan yang mengandung *yeast Saccharomyces cerevisiae* masing-masing sebanyak 1,3% dari volume total larutan. Diaduk hingga homogen. Fermentasi dilakukan secara anaerob, sehingga ditutup rapat jerigen dengan penutupnya, lalu diberi isolasi dan ditutup rapat dengan plastisin yang telah dilubangi dengan selang plastik yang dialirkan ke dalam botol berisi air. Didiamkan selama 7 hari. Setelah itu, diukur kadar ethanolnya menggunakan alkoholmeter.

E. Proses Destilasi

Untuk mendapatkan ethanol berkadar tinggi, dilakukan destilasi, dengan memasukkan kaldu fermentasi ke dalam boiler untuk diuapkan. Kemudian uap masuk ke dalam kolom destilasi. Setelah itu, uap dikondensasikan lewat kolom kondensor. Hasil ethanol akan keluar melalui lubang kondensor. Hasil destilasi yang didapatkan yaitu ethanol dengan konsentrasi 90%. Sedangkan untuk mendapatkan ethanol 70%, dilakukan pengenceran dengan rumus :

$$V_1.N_1 = V_2.N_2$$

F. Pengujian Kadar Ethanol

Untuk mengetahui kadar ethanol dari hasil destilasi dilakukan dengan cara mengambil sampel cairan destilasi sebanyak 100 ml kemudian diukur dengan alat alkoholmeter sehingga dapat diketahui kadar alkohol yang diperoleh.

G. Analisis Kadar Gula

Pengukuran kadar gula ditentukan dengan mengoleskan 2-3 tetes sampel larutan hasil sebelum fermentasi dan setelah proses fermentasi ke dalam alat refractometer.

H. Pengujian Bioetanol Sebagai Bahan Bakar

Setelah didapatkan kadar ethanol yang diinginkan, dilakukan uji pada kompor bioetanol dengan cara mengambil sebanyak 200 mL ethanol yang kemudian dimasukkan ke dalam kompor bioetanol dan ditunggu berapa lama nyala apinya.

I. Pengamatan Waktu yang Dibutuhkan Untuk Mencapai Titik Didih

200 ml ethanol 70% dan 90% yang didapat, dituang ke dalam kompor bioetanol, lalu dinyalakan apinya. Kemudian diletakkan panci berisi air hingga mendidih atau mencapai suhu 100°C. Diamati waktu mencapai titik didihnya.

J. Rancangan Penelitian

Penelitian ini bersifat deskriptif kualitatif. Rancangan lama pembakaran ethanol dengan beberapa level konsentrasi ethanol dilakukan sebanyak 2 kali ulangan serta rancangan waktu mencapai titik didih, dengan minyak tanah sebagai kontrolnya. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah lama waktu nyala kompor, waktu yang dibutuhkan

untuk mencapai titik didih, dan konsentrasi ethanol yang didapat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Proses Pretreatment Alang-alang

Lignin dalam ikatan lignoselulosa alang-alang dapat menjadi penghambat untuk proses hidrolisis dan fermentasi, sehingga diperlukan satu tahapan penting yaitu perlakuan awal (*pretreatment*). Perlakuan awal dilakukan secara mekanik, fisik, dan kimiawi. Batang dan daun alang-alang dicuci dengan air kran untuk memisahkan dari tanah maupun kotoran yang menempel di bagian batang dan daun alang-alang. Kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama 12 jam. Hal ini bertujuan untuk menguapkan kadar air di dalam alang-alang sehingga diperoleh berat kering yang mengandung serat-serat lignoselulosa kompleks. Kemudian dipotong menjadi ukuran 2-5 cm, hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam proses penggilingan menjadi serbuk, sehingga tidak berhamburan. Setelah itu, dilakukan penggilingan untuk memperkecil ukuran substrat sehingga mudah dalam proses pemecahan. Serbuk alang-alang yang didapatkan, direndam ke dalam larutan NaOH 10% dengan komposisi 1:15 (w/v) selama 24 jam. Pretreatment menggunakan alkali lebih efektif dalam menghilangkan lignin dan pembentukan inhibitornya yang rendah dengan cara menyebabkan degradasi ikatan ester dan glikosidik, berakibat pada perubahan lignin secara struktural, pembengkakan selulosa, dekrystalisasi sebagian selulosa dan pelarutan sebagian hemiselulosa [7]. Setelah perendaman 24 jam dan pemanasan menggunakan alat kukus dandang selama 1 jam, larutan NaOH menjadi berwarna hitam dan substrat menjadi kekuningan. Hal tersebut disebabkan oleh reaksi antara larutan NaOH dengan lignin dalam substrat yang dikatalis dengan pemanasan. Larutan NaOH merupakan basa kuat yang memiliki gugus hidroksil (-OH) pada ikatannya [8]. Gugus hidroksil dari NaOH memutuskan ikatan-ikatan dari struktur dasar lignin sedangkan ion Na⁺ akan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat [9]. Garam fenolat ini bersifat mudah larut sehingga lignin yang terlarut ditandai dengan warna hitam pada larutan yang disebut lindi hitam (black liquor). Hasil pretreatment ditampilkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 1.
Pretreatment alang-alang

| Berat kering awal (g) | Berat kering setelah perlakuan NaOH (g) | Penelitian |
|-----------------------|---|-----------------------------|
| 1.000 | 390 | Karimi <i>et al.</i> , 2006 |
| 1.000 | 433 | Kartikasari, 2013 |
| 16.800 | 11.000 | Penelitian ini |

Dari hasil penelitian ini, didapatkan 11.000 gram serbuk alang-alang dari berat awal 16.800 gram. Sehingga dapat diasumsikan bahwa hasil selulosa yang didapat yaitu 11.000 gram. Pada penelitian Karimi *et al.* (2006) didapatkan 390 gram dari berat awal 1.000 gram. Sedangkan pada penelitian Kartikasari, S.D (2013) didapatkan 433 gram dari 1.000 gram berat awal. Apabila dikonversikan, maka hasil penelitian yang

saya lakukan lebih bagus karena mendapatkan jumlah serbuk alang-alang yang lebih banyak setelah perlakuan *pretreatment*.

B. Proses Sakarifikasi dan Fermentasi

Komposisi bahan dari proses sakarifikasi dan fermentasi ini, dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.

Komposisi bahan proses sakarifikasi dan fermentasi

| Berat kering awal (g) | Berat kering setelah perlakuan NaOH (g) | Penambahan enzim, pupuk dan yeast |
|-----------------------|---|--|
| 16.800 | 11.000 | 75 ml enzim stargen (no cook) + 70 gr NPK + 70 gr urea + 70 gr fermipan + 44 L aquades |

Dari hasil fermentasi diperoleh kadar gula bernilai 5. Hasil tersebut terbilang rendah untuk digunakan kaldu fermentasi dalam produksi ethanol mengingat pada penelitian Kartikasari, S.D (2013), kadar gula mencapai nilai 9. Rendahnya kadar gula ini diduga karena *Saccharomyces cerevisiae* sebagai mikroorganisme heterotrof menggunakan kadar gula sebagai sumber energi sehingga jumlah kadar gula mengalami penurunan. Selain itu, penggunaan enzim stargenTM 002 ini dapat bekerja secara optimal dalam proses hidrolisis berbahan pati, bukan selulosa. Di samping itu perbedaan agensi hayati antara penelitian Kartikasari, S.D (2013) yang menggunakan enzim selulase pada proses hidrolisis dan fermentasi menggunakan *Zymomonas mobilis* turut diduga berpengaruh, karena bakteri tersebut memerlukan waktu optimal 7 hari dari rentang 0-9 hari. Sedangkan penelitian ini menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* yang menurut Ganda, D.P (2013) penggunaan yeast jenis ini bekerja optimum pada 48 jam. Hal ini disebabkan oleh pengaruh lama fermentasi pada proses produksi bioetanol terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan, semakin lama waktu fermentasi maka semakin tinggi pula kadar bioethanol yang dihasilkan. Sedangkan *Saccharomyces cerevisiae* hanya toleran terhadap 2,5% kadar bioethanol, apabila lebih dari itu maka yeast tersebut akan mati [10].

Enzim stargenTM 002 memberikan sejumlah keuntungan yakni memperpendek waktu karena tidak memerlukan proses pemanasan dan pendinginan kembali. Selain itu, kandungan enzim stargenTM 002 merupakan campuran alpha-amilase dan gluco-amylase, yang dapat bekerja secara sinergis menghidrolisa pati menjadi glukosa [4].

C. Hasil Proses Destilasi.

Hasil destilasi yang didapatkan yaitu ethanol dengan konsentrasi 93% sebanyak 600 ml. Berikut ini adalah hasil etanol yang didapatkan dari berbagai bahan baku:

Tabel 3.

Hasil etanol yang didapatkan dari berbagai bahan

| Bahan baku | Volume kaldu fermentasi (liter) | Jenis Enzim | Agen Fermentasi | Hasil etanol | Sumber |
|------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------|-------------------|
| Singkong | 13 | Alpha amylase dan Gluco amylase | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 90% 500 ml | CV. Tristar, 2013 |
| Tetes Tebu | 6 | - | <i>Saccharomyces</i> | 90% | CV. |

| | | | | |
|--------|----|---------------------|-----|----------|
| | | <i>s cerevisiae</i> | 420 | Tristar, |
| | | | ml | 2014 |
| Alang- | 42 | Enzim | 93% | Peneliti |
| alang | | Stargen™ | 600 | n |
| | | 002 | ml | ini |
| | | <i>Saccharomyce</i> | | |
| | | <i>s cerevisiae</i> | | |

Dari tabel diatas, didapatkan hasil yang sangat efisien dari bahan baku tetes tebu yaitu volume kaldu fermentasi 6 liter mendapatkan hasil 420 ml ethanol konsentrasi 90%, dibandingkan dengan menggunakan bahan baku pati (singkong) dan selulosa (alang-alang). Hal ini dikarenakan proses produksi bioethanol akan lebih besar hasilnya apabila menggunakan bahan baku yang berbahan dasar gula atau yang lebih banyak mengandung gula. Sehingga, jumlah bioethanol yang dihasilkan akan lebih banyak pula.

Sedangkan untuk mendapatkan ethanol 70% dan 90 %, dilakukan pengenceran dengan menambahkan akuades, sesuai volume di bawah ini :

Tabel 4.
Proses pengenceran

| Pengenceran (70%) | Pengenceran (90%) |
|--|---|
| $200 \text{ ml} \times 93\% = V_2 \times 70\%$ $= 266 \text{ ml}$ | $200 \text{ ml} \times 9\% = V_2 \times 90\%$ $= 207 \text{ ml}$ |

D. Analisis Kadar Gula

Analisis kadar gula dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat refraktometer, dan hasilnya sebagai berikut:

Tabel 5.
Analisis kadar gula

| Kadar Gula | |
|---------------------------|----------------------------|
| Awal (Sebelum fermentasi) | Akhir (Sesudah fermentasi) |
| 7 | 5 |

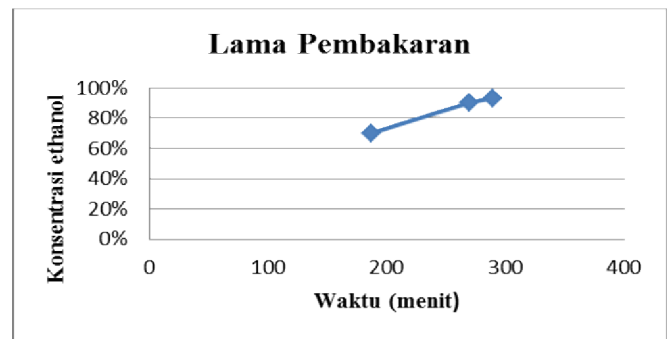
Berdasarkan Tabel 5, dapat diketahui bahwa secara umum terjadi penurunan kadar gula selama proses fermentasi. Hal ini disebabkan pada proses fermentasi terjadi konversi gula reduksi menjadi ethanol dan karbondioksida [11], menyatakan bahwa konsentrasi ethanol yang maksimum diperoleh ketika konsentrasi gula reduksi residu minimum. Selain itu, *Saccharomyces cerevisiae* sebagai mikroorganisme heterotrof menggunakan kadar gula sebagai sumber energi.

E. Pengujian Ethanol Sebagai Bahan Bakar

Pengujian bioethanol sebagai bahan bakar, dapat dilihat pada tabel 6 berikut ini:

Tabel 6.
Hasil uji bioethanol sebagai bahan bakar

| Konsentrasi ethanol | Lama pembakaran (menit) | | |
|---------------------|-------------------------|-----------|-----------|
| | Ulangan 1 | Ulangan 2 | Rata-rata |
| 70% | 190 | 184 | 187 |
| 90% | 275 | 264 | 269,5 |
| 93% | 290 | - | 290 |



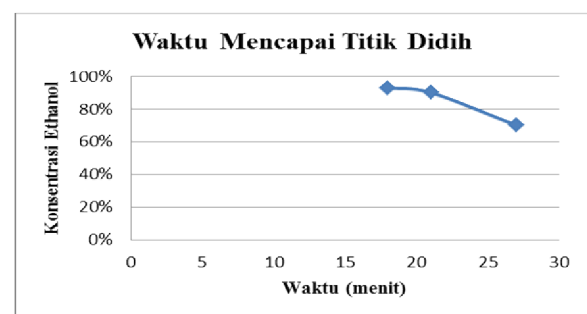
Gambar 1. Hasil Uji Lama Pembakaran

Dari hasil diatas, dapat disimpulkan bahwa kadar ethanol 93% dapat menyala lebih lama dengan kata lain lebih irit, jika dibandingkan dengan ethanol 90% dan 70%. Hal ini dikarenakan tingkat kemurnian dari ethanol 93% lebih tinggi, sehingga mempengaruhi efisiensi lama waktu nyala api, dimana hal ini didapatkan waktu lama pembakaran yang lebih lama daripada ethanol 90% dan 70%. Hal ini juga diungkapkan pada penelitian jurnal Litbang (2013) yang menyatakan bahwa tingkat kemurnian (kadar) ethanol mempengaruhi efisiensi waktu pemasakan, dimana ethanol dengan kadar lebih tinggi lebih efisien daripada ethanol berkadar rendah. Karena tingkat kemurnian (kadar) ethanol yang lebih tinggi, tidak mengandung banyak komponen lain selain ethanol.

F. Pengamatan Waktu yang Dibutuhkan Untuk Mencapai Titik Didih

Tabel 7.
Hasil uji waktu mencapai titik didih

| Konsentrasi ethanol | Lama pembakaran (menit) | | |
|---------------------|-------------------------|-----------|-----------|
| | Ulangan 1 | Ulangan 2 | Rata-rata |
| 70% | 190 | 184 | 187 |
| 90% | 275 | 264 | 269,5 |
| 93% | 290 | - | 290 |



Gambar 2. Hasil Uji Titik Didih

Dari gambar diatas, didapatkan hasil dari waktu mencapai titik yaitu pada ethanol 93% selama 18 menit, ethanol 90% dengan rerata 21 menit, dari ulangan 1 20 menit dan pada ulangan 2 yaitu 22 menit. Sedangkan pada ethanol 70% didapatkan hasil rerata 27 menit dari ulangan 1 yaitu 26 menit dan ulangan 2 selama 28 menit untuk mencapai titik didih. Sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi ethanol 93%

menghasilkan panas yang lebih tinggi daripada ethanol 90% dan 70%, yang menyebabkan proses mendidih lebih cepat.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Alang-alang (*Imperata cylindrica* (L) Beauv.) berpotensi sebagai bahan baku dalam pembuatan ethanol dengan penambahan enzim stargenTM 002 pada proses sakarifikasi dan yeast *Saccharomyces cerevisiae* pada proses fermentasi. Dari 11 kg alang-alang berbahan baku selulosa dihasilkan 600 ml bioethanol 93%. Apabila dibandingkan dengan pembuatan bioethanol berbahan baku pati (singkong) dan tetes tebu (gula), maka hasil bioethanol dan kadar yang didapatkan lebih banyak dan tinggi menggunakan tetes tebu, karena tetes tebu tersebut terkandung gula yang lebih banyak daripada berbahan baku pati dan selulosa. Penelitian pada uji lama pembakaran dan lama waktu mencapai titik didih menunjukkan hasil bahwa semakin tinggi konsentrasi ethanol yang digunakan, semakin lama pula waktu nyala api yang dihasilkan dan semakin cepat pula waktu untuk mencapai titik didih.

B. Saran

Digunakan lebih banyak variasi enzim dengan memperhatikan kadar gula yang dihasilkan sebelum dan sesudah proses fermentasi dan digunakan kompor bioetanol yang lebih canggih dan terkini agar nyala api lebih stabil dan merata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. (2014). Proses Produksi Bioetanol. Surabaya : CV. Tristar
- [2] Brodeur, G., Elizabeth Y., Kimberly B., John C., K. B. Ramachandran, and Subramanian R. Chemical and Physicochemical Pretreatment of Lignocellulosic Biomass: A Review. Enzyme Research, Volume (2011), Article ID 787532, 17 pages.
- [3] The Subfamilies and Tribes of the Gramineae (Poaceae) in the Southeastern United States. Journal of the Arnold Arboretum 66: 123-199.
- [4] Ganda, D.P, Chairul, dan Hafidawati. (2013). Variasi Konsentrasi Enzim StargenTM 002 pada Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak Pati Sorgum menjadi Bioetanol. Skripsi. Pekanbaru : Laboratorium Rekayasa Bioproses Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau.
- [5] Garrity, D.P., Soekadi, M., Van Noordwijk, M., De la Cruz, R., Pathak, P.S., Gunasena, H.P.M., Van So, N., Huijun, G. and Majid, N.M. (1997). The Imperata Grasslands of Tropical Asia: Area, Distribution, and Typology. Agroforestry Systems 36: 3-29.
- [6] Genencor. (2010). Saccharifying and Debranching Enzymes. Singapore.
- [7] Grote, W, K,J Lee dan P,L Rogers. (1980). Continuous Ethanol Production by Immobilized Cells of *Zymomonas Mobilis*. Biotechnology Letters, vol 11, hal 481-486.
- [8] Holtzapple, M. T., Ripley, E. P., and Nikolaou, M. (1994). Saccharification, Fermentation, and Protein recovery from Low-temperatur AFEX-treated Coastal Bermudagrass. Biotechnol. Bioeng. 27, 1122-1131.
- [9] Judoamidjojo, M.A., Darwis, dan E.G. Sa'id. (1992). Teknologi Fermentasi Edisi 1. Buku. Jakarta : Rajawali Press.
- [10] Karimi, K., G. Emtiazi, dan M.J. Taherzadeh. Ethanol Production from Dilute-Acid Pretreated Rice Straw by Simultaneous Saccharification and Fermentation with *Mucor indicus*, *Rhizopus oryzae*, and *Saccharomyces cerevisiae*. Enzyme and Microbial Technology 40 (2006) 138–144.