

Efektivitas Penggunaan Bioetanol dari Limbah Pulp Kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap Lama Pembakaran Kompor Bioetanol

Lisma Shofarina Purwati dan Sri Nurhatika

Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: nurhatika@bio.its.ac.id

Abstrak— Biomassa tanaman yang mengandung pati dan gula berpotensi sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Pulp kakao (*Theobroma cacao* L.) memiliki kadar glukosa sekitar 8-13% dan sukrosa sebesar 0,4-1,0%. Pulp kakao merupakan limbah pertanian yang tidak dimanfaatkan secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh bioetanol yang efektif dari pulp kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap lama pembakaran kompor bioetanol. Metode penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Parameter yang diamati yaitu lama waktu nyala kompor bioetanol, volume etanol, dan kadar etanol. Data yang diperoleh akan dianalisa kadar etanol yang dihasilkan, kadar gula reduksi serta uji lama pembakaran dan titik didih pada kompor bioetanol generasi ke-4. Hasil dari penelitian ini yaitu etanol dengan kadar 80% paling efektif digunakan sebagai bahan bakar karena memiliki lama pembakaran yang terbaik dengan waktu rata-rata lama pembakaran sebesar 3 menit 3,5 detik dan membutuhkan waktu 1 menit 9 detik. Proses fermentasi menghasilkan kadar gula reduksi sebesar 10% dan proses destilasi 10 liter limbah pulp kakao menghasilkan 100 ml etanol 83% dan 200 ml etanol 30%.

Kata Kunci— Bioetanol, Kompor bioetanol, Lama pembakaran, Pulp, *Theobroma cacao* L.

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 [1].

Upaya pemerintah untuk mengalihkan penggunaan minyak tanah ke bahan bakar lain perlu didukung. Konversi atau 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 [1].

Pengalihan atau konversi minyak tanah tidak harus ke bahan bakar gas tetapi juga dapat ke bioetanol yang bersifat lebih ramah lingkungan dan tidak membahayakan lingkungan. Bioetanol mempunyai kelebihan selain ramah lingkungan, penggunaannya sebagai bahan bakar kompor terbukti lebih ekonomis dan efisien proses pembakarannya [1].

Bioetanol merupakan cairan hasil proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat (pati) menggunakan bantuan mikroorganisme. Produksi bioetanol dari tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) [2].

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas pemanfaatan limbah pertanian seperti limbah buah semu jambu mete serta limbah sayuran dipasar yang kemudian diuji coba sebagai bahan bakar kompor bioetanol. Buah semu jambu mete memiliki 15,8 gram karbohidrat per 100 gram buah semu jambu mete sehingga dapat dijadikan bahan baku pembuatan bioetanol. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dihasilkan kadar etanol sebesar 90% dari bahan baku buah semu jambu mete. Bioetanol dengan kadar sebesar 90% habis digunakan selama 3 jam 35 menit dan mencapai titik didih dalam waktu 17 menit 5 detik [3]. Selain limbah buah semu jambu mete, terdapat limbah pertanian lainnya yang belum dimanfaatkan yaitu limbah pulp kakao.

Saat ini jumlah industri pengolahan kakao di Indonesia cukup banyak yaitu kurang lebih 50 produsen. Pengolahan kakao mempunyai hasil samping yang pemanfaatannya belum optimal. Pemanfaatan pulp kakao yang selama ini hanya sebagai limbah organik ke lingkungan juga dapat dimanfaatkan sebagai substrat produksi alkohol dan asam asetat dengan cara pulp tersebut harus diinokulasikan dengan khamir. Maka dari itu perlu dilakukan dan perlu dicari teknologi pengolahan limbah kakao yang dapat menangani limbah dalam jumlah yang besar [4].

Pulp kakao merupakan limbah pertanian yang mengandung glukosa dan sukrosa. Bahan bergula pada limbah dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon untuk produksi etanol (C_2H_5OH). Oleh karena itu dilakukan penelitian efektivitas penggunaan bioetanol dari limbah pulp kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap lama pembakaran kompor bioetanol.

II. METODOLOGI

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November sampai Desember 2015 di Laboratorium Botani Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Biologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Sukolilo, Surabaya, di rumah dan di TEC (Tunjungan Electronic Center) CV. Tristar Chemical Jalan Tunjungan lantai 1 nomor 103 Surabaya.

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

Limbah pulp coklat sebanyak 10 liter diambil dari perkebunan di kabupaten Blitar. *Pretreatment* dilakukan secara fisik, pulp kakao dipisahkan dari biji dan plasenta. Pulp kakao yang sudah terpisah dari kulitnya didiamkan selama 6 jam didalam karung plastik untuk mendapatkan cairan pulp kakao. Cairan pulp kakao disaring menggunakan kain, selanjutnya disterilisasi menggunakan pemanasan pada suhu 100°C.

C. Proses Fermentasi

Bahan hasil *pretreatment* ditambahkan urea, NPK dan *Saccharomyces cerevisiae*, masing-masing sebanyak 1,3% dari volume total larutan. Diaduk hingga homogen. Fermentasi dilakukan secara anaerob. Fermentor ditutup rapat untuk mencegah kontaminasi. Fermentor menggunakan jirigen yang pada bagian tutupnya sudah dilubangi dan diberi selang, pada ujung bagian selang dimasukkan botol yang berisi air sebagai indikator fermentasi tersebut berhasil atau tidak. Diberi plastisin pada bagian tutup agar tidak ada udara yang keluar atau masuk. Fermentasi dilakukan selama 5 hari. Selesaiya fermentasi ditandai dengan munculnya banyak gelembung gas.

D. Proses Destilasi

Untuk mendapatkan etanol berkadar tinggi, dilakukan destilasi dengan memasukkan kaldu fermentasi kedalam boiler untuk diuapkan. Kemudian uap dikondensasikan lewat kolom kondensor. Hasil etanol akan keluar melalui lubang kondensor. Hasil destilasi yang didapatkan yaitu etanol dengan konsentrasi 83%. Sedangkan untuk mendapatkan etanol 80% dan 75% dilakukan pengenceran dengan rumus: $V_1N_1 = V_2N_2$

E. Uji Kadar Etanol

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

F. Analisis Gula Reduksi

Pengukuran kadar gula ditentukan dengan mengoleskan 2-3 tetes sampel larutan sebelum fermentasi dan setelah proses fermentasi kedalam refraktometer.

G. Pengujian Bioetanol Sebagai Bahan Bakar

Setelah didapatkan kadar etanol yang diinginkan, dilakukan uji pada kompor bioetanol generasi ke-4 dengan cara mengambil sebanyak 25 ml etanol yang kemudian dimasukkan kedalam kompor bioetanol dan ditunggu berapa lama nyala apinya.

H. Pengamatan Waktu Mencapai Titik Didih

Sebanyak 25 ml etanol yang didapat, dituang kedalam kompor bioetanol generasi ke-4, kemudian dinyalakan apinya. Kemudian diletakkan panci berisi 50 ml air dan ditunggu hingga mendidih atau mencapai suhu 100°C. Diamati waktu mencapai titik didihnya.

I. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan satu faktorial. Faktor utama yang digunakan pada penelitian ini merupakan kadar bioetanol hasil destilasi. Penelitian ini dilakukan secara duplo atau

diulang 2 kali. Parameter yang diamati yaitu perbandingan lama waktu nyala kompor bioetanol (kompor bioetanol generasi ke-4), volume etanol, dan kadar etanol yang dihasilkan. Data yang diperoleh dianalisa kadar etanol yang dihasilkan dan uji lama pembakaran pada kompor bioetanol.

J. Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) *one-way* untuk mengetahui pengaruh perbedaan konsentrasi bioetanol terhadap lama pembakaran kompor bioetanol dengan hipotesa:

H0 : Tidak ada pengaruh tingkat konsentrasi etanol terhadap pembakaran kompor bioetanol

H1 : Terdapat pengaruh tingkat konsentrasi etanol terhadap pembakaran kompor bioetanol.

Jika H1 diterima maka dilanjutkan dengan uji Tukey pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Teknik Pengambilan Limbah Pulp Kakao dan *Pretreatment*

Limbah pulp kakao (*Theobroma cacao* L.) didapatkan sebanyak 10 liter dari tempat perkebunan kakao di Blitar. Pada proses *pretreatment* ini limbah pulp kakao disaring menggunakan saringan dengan mesh size paling kecil untuk memisahkan larutan dengan padatan yang mengendap.

Setelah disaring dilakukan proses sterilisasi menggunakan pemanasan hingga suhu 100°C. Sterilisasi ini dilakukan untuk mematikan mikroorganisme yang terdapat pada limbah pulp kakao. Ada banyak teknik sterilisasi antara lain sterilisasi panas kering (oven), sterilisasi panas, sterilisasi uap bertekanan (Autoklaf) dan lain sebagainya. Namun pada *pretreatment* limbah cair pulp kakao ini digunakan sterilisasi pemanasan 100°C.

Penggunaan sterilisasi pemanasan hingga suhu 100°C ini untuk menghindari terjadinya senyawa inhibitor yang akan mengganggu proses fermentasi. Inhibitor ini dapat berupa suhu lingkungan yang tidak optimum untuk pertumbuhan mikroorganisme pada proses fermentasi, pH yang tidak sesuai dan lain sebagainya. Senyawa inhibitor akan terbentuk jika pemanasan dilakukan dalam waktu yang lama.

Hal ini sesuai dengan pendapat [3] yang mengemukakan bahwa sterilisasi limbah cair dilakukan dengan pemanasan hingga suhu 100°C. Pemanasan ini untuk mematikan mikroorganisme yang terdapat pada limbah cair. Pemanasan dilakukan sesingkat mungkin untuk menghindari terjadinya pembentukan senyawa inhibitor.

B. Hasil Fermentasi

Pada proses fermentasi kadar alkohol yang dihasilkan sebesar 4,85%. Kadar alkohol yang dihasilkan ini terbilang rendah jika dibandingkan dengan komposisi gula yang terdapat pada cairan pulp kakao dimana hanya 4,85 % alkohol (etanol) dari konversi glukosa 8-13 %. Rendahnya kadar etanol ini dapat disebabkan karena faktor lama fermentasi. Menurut [5,6] ada banyak faktor yang mempengaruhi fermentasi antara lain substrat, suhu, waktu fermentasi, pH, oksigen, dan mikroba yang digunakan.

Rendahnya kadar etanol yang dihasilkan ini dapat juga disebabkan karena adanya hasil samping dari proses

fermentasi selain alkohol dan CO₂. Hal ini sesuai dengan pendapat [7,8] yang menyatakan bahwa produk yang dihasilkan dari fermentasi selain etanol dan gas CO₂ adalah asam asetat, asam butirat, asam laktat, asetaldehida dan lain-lain.

Proses fermentasi menggunakan khamir *Saccharomyces cerevisiae*. *S.cerevisiae* dapat merubah glukosa menjadi etanol [9]. Selain itu digunakannya khamir *S.cerevisiae* ini karena kemampuan reproduksinya yang tinggi, tahan atau toleran terhadap kadar alkohol yang tinggi, tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap melakukan aktivitasnya pada suhu 4 – 32°C [10].

Pada proses fermentasi, khamir *S.cerevisiae* yang digunakan merupakan ragi roti (fermipan). Ragi roti digunakan karena mengandung enzim yang langsung berkaitan dengan fermentasi yaitu *maltase*, *invertase* dan *zimase*. *Maltase* mengubah maltosa menjadi glukosa. *Invertase* mengubah sukrosa menjadi fruktosa dan glukosa. *Zimase* mengubah fruktosa dan glukosa menjadi gas karbondioksida [10].

Pada fermentasi etanol *S.cerevisiae* mengubah glukosa menjadi etanol melalui jalur *Embden Mayerhof Parnas Pathway* (EMP). Satu molekul glukosa akan membentuk 2 molekul etanol dan CO₂, sehingga berdasarkan bobotnya secara teoritis 1 gram glukosa akan menghasilkan 0,51 gram etanol [9].

Pada proses perombakan gula menjadi etanol *S.cerevisiae* membutuhkan nutrisi untuk pertumbuhannya. Nutrisi pertumbuhan *S.cerevisiae* ini dapat dipenuhi dengan penambahan NPK dan urea. Hal ini sesuai dengan pernyataan Akhir dkk (2015) yang mengemukakan bahwa (NH₂)₂CO (Urea) dan NH₄H₂PO₄ (NPK) berfungsi sebagai sumber nutrisi atau makronutrien pertumbuhan mikroba pada proses fermentasi.

C. Hasil Destilasi

Kadar etanol yang dihasilkan setelah fermentasi masih rendah sehingga untuk meningkatkan kadar etanol perlu dilakukan proses destilasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan [11] bahwa untuk meningkatkan kemurnian bioetanol hasil fermentasi, maka harus melalui proses destilasi. Cairan yang didestilasi sebanyak 10 liter. Hasil destilasi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1.

Kadar Etanol hasil destilasi (%)	
Kadar etanol	
Destilasi awal	Destilasi akhir
83%	30%

Berdasarkan tabel 1 dapat diketahui bahwa penurunan kadar etanol selama proses destilasi. Hal ini dapat terjadi karena semakin lama proses destilasi maka titik didih dalam wadah destilasi akan semakin meningkat dan mendekati titik didih air, sehingga hasil destilasi akhir akan lebih rendah daripada destilasi awal karena hasil destilasi akhir lebih banyak tercampur dengan air.

Hal ini sesuai dengan pernyataan [12] yang menyatakan bahwa semakin lama waktu memanaskan wadah destilasi, maka suhu cairan di dalam wadah destilasi akan semakin panas mendekati titik didih air. Proses mendidihnya air ini akan mengakibatkan banyaknya air yang akan

menguap bersama-sama dengan etanol jika suhu wadah destilasi telah mendekati titik didih air yaitu 100°C.

Etanol yang dihasilkan dari proses destilasi ini sebanyak 100 ml etanol kadar 83% dan 200 ml etanol kadar 30%. Etanol dengan kadar 83% ini didapatkan pada saat destilasi awal sedangkan etanol dengan kadar 30% didapatkan pada saat destilasi akhir. Hasil destilasi awal yang didapatkan lebih tinggi daripada hasil destilasi akhir. Hal ini disebabkan karena pada saat destilasi awal masih berada pada titik didih etanol sehingga kadar etanol masih tinggi, berbeda dengan hasil destilasi akhir yang kadar etanolnya rendah. Ini disebabkan karena semakin lama wadah destilasi dipanaskan maka semakin mendekati titik didih air sehingga etanol yang dihasilkan pada akhir destilasi banyak tercampur dengan air.

Volume larutan yang dihasilkan pada proses destilasi ini lebih sedikit daripada sebelum destilasi. Volume larutan sebelum destilasi sebanyak 10 liter dan setelah destilasi sebanyak 300 ml. Rendahnya volume etanol yang dihasilkan setelah destilasi ini dikarenakan volume substrat yang digunakan pada proses destilasi serta kadar etanol hasil fermentasi rendah.

Menurut [13] hasil destilat yang sangat sedikit ini disebabkan karena volume substrat yang sangat sedikit dan tidak ada perlakuan tambahan untuk meningkatkan volume dan kadar etanol seperti melakukan hidrolisis substrat atau menambahkan zat pati agar semakin banyak glukosa yang didegradasi oleh *Saccharomyces cerevisiae*.

D. Analisis Gula Reduksi

Pengukuran kadar gula reduksi dilakukan sebelum dan setelah proses fermentasi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui berapa banyak gula reduksi yang dimanfaatkan oleh *Saccharomyces cerevisiae*. Pengukuran kadar gula dilakukan dengan menggunakan refraktometer. Kadar gula reduksi awal dan akhir dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2.
Hasil analisis kadar gula reduksi

Kadar Gula	
Awal (Sebelum Fermentasi)	Akhir (Setelah Fermentasi)
12%	10%

Kadar gula reduksi yang dihasilkan setelah fermentasi bernilai 10%. Hasil ini tergolong cukup bagus untuk digunakan sebagai kaldu fermentasi. Menurut [7,14] kadar gula reduksi 10-12 persen dapat menghasilkan etanol sebesar 5-6 persen.

Berdasarkan tabel 2 dapat diketahui bahwa terjadi penurunan kadar gula selama proses fermentasi. Sebelum proses fermentasi kadar gula yang dihasilkan bernilai 12%, namun setelah proses fermentasi kadar gula yang dihasilkan lebih sedikit yaitu 10%. Penurunan kadar gula yang dihasilkan pada akhir fermentasi diduga karena gula digunakan oleh *S. cerevisiae* sebagai sumber energi. Selain itu menurunnya kadar gula ini karena adanya konversi gula reduksi menjadi etanol dan karbondioksida.

Hal ini sesuai dengan pernyataan [1] yang menyatakan bahwa kadar gula yang menurun ini diduga karena *S.cerevisiae* sebagai organisme heterotrof menggunakan gula sebagai sumber energi sehingga kadar gula mengalami penurunan.

E. Analisis Kadar Etanol

Analisis kadar etanol dilakukan menggunakan alat Alkoholmeter. Prinsip kerja dari alkoholmeter yaitu berdasarkan berat jenis campuran antara alkohol dengan air. Pengukuran kadar etanol ini dilakukan sesudah proses destilasi.



Gambar 1. Alkoholmeter (Dokumentasi pribadi, 2015)

Kadar etanol yang dihasilkan dari limbah pulp kakao ini merupakan etanol 83% sebanyak 100 ml dan etanol 80% sebanyak 200 ml. Kadar etanol 83% didapatkan pada saat destilasi awal sedangkan kadar etanol 80% didapatkan pada saat destilasi akhir. Angka kadar alkohol pada cairan menunjukkan perbandingannya dengan air. Semakin tinggi kadar etanol maka kandungan airnya semakin sedikit [15].

F. Uji lama pembakaran kompor bioetanol

Pengujian lama pembakaran kompor bioetanol sebagai dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini:

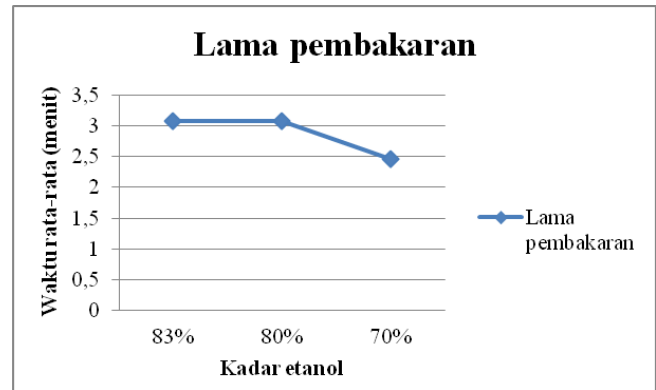
Tabel 3.

Konsentrasi Etanol	Hasil uji lama pembakaran		
	Lama Pembakaran (menit)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata
83%	3,183	2,967	3,075
80%	3,100	3,050	3,075
Kontrol (70%)	2,316	2,600	2,458

Tabel 4.

Rerata lama pemaakaan kompor bioetanol	
Konsentrasi etanol	Rata-rata waktu (menit)
83%	3,0750 ^a
80%	3,0750 ^a
70% (kontrol)	2,4585 ^b

Berdasarkan analisis ragam lengkap (RAL), perlakuan yang diberikan berpengaruh nyata dan signifikan terhadap lama pembakaran kompor bioetanol karena nilai P yang dihasilkan pada analisis ANOVA *one-way* sebesar 0,038 ($P < \alpha$). Hasil analisis ini kemudian diuji lanjutan menggunakan uji tukey dengan taraf kepercayaan 95% untuk mengetahui perlakuan mana yang paling berpengaruh atau paling efektif. Berdasarkan uji tukey diperoleh hasil bahwa perlakuan paling baik yaitu kadar etanol 83% dan kadar etanol 80% dengan nilai rata-rata lama pembakaran sebesar 3,0750 menit (tabel 4).



Gambar 2. Grafik lama pembakaran kompor bioetanol

Berdasarkan grafik lama pembakaran dapat dilihat bahwa konsentrasi etanol 83% dan 80% memiliki waktu pembakaran yang lebih lama dibandingkan dengan kadar etanol 70%. Kadar etanol 83% dan 80% habis dipakai selama 3,0750 menit sedangkan kadar etanol kontrol (etanol 70%) habis digunakan dalam waktu 2,4585 menit dan memiliki nyala api yang cepat padam. Adanya perbedaan lama pembakaran pada kadar etanol yang berbeda dapat disebabkan karena adanya perbedaan tingkat kemurnian etanol yang dihasilkan. Semakin rendah kadar etanol yang digunakan menyebabkan nyala api yang semakin cepat padam, begitu juga sebaliknya.

Menurut [16] tingkat kemurnian kadar etanol mempengaruhi efisiensi waktu pemasakan, dimana etanol dengan kadar lebih tinggi lebih efisien daripada etanol kadar rendah karena etanol kadar tinggi tidak mengandung banyak komponen lain selain etanol. Sedangkan etanol kadar akan lebih cepat habis jika dibakar karena mengandung banyak komponen lain selain etanol (air).

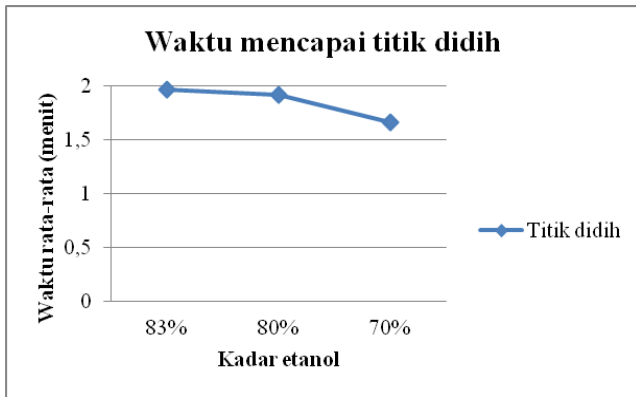
G. Uji Waktu Mencapai Titik Didih

Berdasarkan analisis ragam lengkap (RAL), perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh nyata dan tidak signifikan terhadap waktu mencapai titik didih karena nilai P yang didapatkan sebesar 0,396 ($P > \alpha$). Hal ini dapat dilihat dari hasil uji ANOVA *one-way* dan uji tukey untuk titik didih (lampiran 2). Hasil pengamatan titik didih dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5.

Kadar Etanol	Hasil uji waktu mencapai titik didih		
	Waktu Mencapai Titik Didih (menit)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata
83%	2,050 (97°C)	1,883(100°C)	1,967
80%	2,167 (98°C)	1,667 (96°C)	1,917
Kontrol (70%)	1,567 (95°C)	1,750 (96°C)	1,659

Berdasarkan tabel 5 dapat dilihat bahwa pada uji waktu mencapai titik didih ini tidak didapatkan titik didih air (100°C). Suhu pendidihan yang mencapai 100°C hanya didapatkan pada kadar etanol 83% ulangan ke-2. Suhu pendidihan yang tidak mencapai 100°C dapat disebabkan karena pengaruh suhu larutan yang digunakan pada saat melakukan uji. Hal ini sesuai dengan pernyataan [3] yang menyatakan bahwa suhu pendidihan air dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu larutan uji dan juga ukuran panci.



Gambar 3. Grafik mencapai waktu mencapai titik didih

Berdasarkan grafik titik didih dapat dilihat bahwa titik didih tercepat dihasilkan pada etanol kadar 70% dengan waktu rata-rata 1 menit 6 detik. Kecepatan waktu mencapai titik didih pada saat pemasakan dapat dipengaruhi oleh desain kompor yang digunakan. Kompor dengan sifat konduktor yang baik akan mempercepat penguapan sehingga titik didihnya pun akan lebih cepat.

Hal ini sesuai dengan pernyataan [3] yang menyatakan bahwa kecepatan waktu mencapai titik didih pada saat pemasakan dapat dipengaruhi oleh desain kompor yang digunakan. Penggunaan bahan kompor dengan sifat konduktor yang lebih baik akan mempercepat proses penguapan bahan bakar yang akan dioksidasi di burner. Selain itu rancangan lubang untuk asupan udara untuk di ruang bakar juga berpengaruh dalam kesempurnaan proses oksidasi di ruang bakar untuk pemanasan bahan bakar menjadi gas yang kemudian dioksidasi lagi di head kompor.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa etanol dengan kadar 80% lebih efektif digunakan sebagai bahan bakar karena lebih ekonomis dan memiliki lama pembakaran yang terbaik dengan waktu rata-rata lama pembakaran sebesar 3 menit 3,5 detik serta mencapai titik didih pada waktu 1 menit 9 detik.

B. Saran

Bagi peneliti selanjutnya disarankan untuk melakukan uji bahan bakar dengan bahan uji selain air sehingga dapat diketahui efisiensi etanol yang digunakan. Selain itu disarankan untuk mengolah limbah hasil dari detilasi menjadi pupuk cair sehingga tidak akan ada limbah dalam proses produksi bioetanol atau *zero waste*.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Uji Lama Pembakaran

Tabel 6. Hasil ANOVA *one-way* untuk lama pembakaran

Source	DF	SS	MS	F	P
Konsentrasi	2	0,5068	0,2534	11,76	0,038
Error	3	0,0646	0,0215		
Total	5	0,5714			

Tabel 7.

Uji tukey untuk lama pembakaran

Konsentrasi	N	Mean	Grouping
2	2	3,0750	A
1	2	3,0750	A
3	2	2,4585	B

Keterangan:

Konsentrasi 1: etanol kadar 83%

Konsentrasi 2: etanol kadar 80%

Konsentrasi 3: kontrol (etanol kadar 70%)

Lampiran 2. Uji mencapai titik didih

Tabel 8.

Hasil ANOVA *one-way* untuk titik didih

Source	DF	SS	MS	F	P
Konsentrasi	2	0,284	0,142	1,28	0,396
Error	3	0,332	0,111		
Total	5	0,616			

Tabel 9.

Hasil uji tukey untuk titik didih

Konsentrasi	N	Mean	Grouping
1	2	2,1915	A
2	2	1,9170	A
3	2	1,6585	A

Keterangan:

Konsentrasi 1: etanol kadar 83%

Konsentrasi 2: etanol kadar 80%

Konsentrasi 3: kontrol (etanol kadar 70%)

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu dan Ayah tercinta yang telah memberikan do'a restu dan segala bentuk pengorbanannya baik moril maupun materiil. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang telah mendukung penelitian ini, dan CV.Tristar Chemical atas izin yang diberikan dalam pemakaian alat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agustina, D., Nurhatika S, dan Muhibuddin A. "Efektivitas Penggunaan Bioetanol dari Limbah Padat Alang-Alang (*Imperata cylindrica* (L) Beauv.) terhadap Lama Pembakaran Kompor Bioetanol". *Jurnal Sains dan Seni ITS*. Vol. 4, No.1, 2337-3520 (2015).
- [2] Marques, S. et al. "Conversion of Recycled paper sludge to ethanol by SHF and SSF using *Pichia stipitis*". *Departemento de biotecnologia, INETI, Estrada do Paco do Lumiar 22, 1649-038 Lisboa, Portugal* (2007).
- [3] Raysendi A.R., Nurhatika S., dan Muhibuddin A. "Efektivitas Penggunaan Bioetanol Sari Buah Semu Jambu Mete (*Anacardium occidentale* L.) Terhadap Lama Pembakaran Kompor Bioetanol". *Jurnal Sains dan Seni ITS*. Vol. 4, No.1, 2337-3520. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember. (2015).
- [4] Pairunan, V. I. *Karakteristik Fermentasi Pulp Kakao Dalam Produksi Asam Asetat Menggunakan Bioreaktor*, 18 (2009).
- [5] Kunaepah, U. "Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Glukosa terhadap Aktivitas Antibakteri, Polifenol Total dan Mutu Kimia Kefir Susu Kacang Merah". *Tesis*. Semarang. Universitas Diponegoro. (2008).
- [6] Azizah N., A. N. Al--Baarri, S. Mulyani. *Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol, pH, Dan Produksi Gas Pada Proses Fermentasi Bioetanol Dari Whey Dengan Substitusi Kulit Nanas*. Semarang: Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro (2012).
- [7] Noyes, Paul. *Large and Small Scale Ethyl Alcohol Manufacturing Prospect from Agriculture Raw Materials*. Pata Corp., Park Ridge, NJ (1980).

- [8] Kozaki, M. Uchimura, Y., Okada, S. *Manual for Isolation and Identification of Lactic Acid Bacteria*. Tokyo: Asakura Shoten. (1998).
- [9] Judoamidjojo, R.M., A.A.Darwis, dan E.G.Sa'id. *Teknologi Fermentasi*. Bogor: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor. (1992).
- [10] Bamforth. *Food, Fermentation and Microorganisms*. USA: Blackwell Publishing. (2005).
- [11] Nurdyastuti. "Pemanfaatan Pisang Klutuk (*Musa brachycarpa*) sebagai Minuman Anggur". *Jurnal Universitas Brawijaya* Volume 5. No.1 (2006).
- [12] Mailool, Jhiro Ch., Molenaar R., Tooy D., Longdong I.A. *Produksi Bioetanol Dari Singkong (Manihot utilissima) Dengan Skala Laboratorium*. Manado: Universitas Sam ratulangi (2014).
- [13] Sen, D. C. "Ethanol Fermentation". *Biomass Handbook*. Gordon & Breach Science Publishers. (1989)
- [14] Barlina, R., dan A.Lay. "Pengolahan Nira Kelapa untuk Produk Fermentasi Nata de Coco, Alkohol dan Asam Cuka". *Jurnal Penelitian Kelapa* 7: 21-23 (1994).
- [15] Adiprabowo, D. S., "Pendeteksi Kadar Alkohol Jenis Etanol pada Cairan dengan Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA 8535". *Skripsi Sarjana*. Semarang: Universitas Diponegoro. (2011)
- [16] (Litbang) Penelitian dan Pengembangan Pertanian Indonesia (2013, Desember). Vol. 31 No. 5 6-9 [online]. Available: <http://pustaka.litbang.deptan.go.id>.