

PEMANFAATAN LIMBAH AIR CUCIAN BERAS SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN BIOETANOL PADAT SECARA FERMENTASI OLEH *Saccharomyces cerevisiae*

Hervina Tri Oktavia ^{*)} Sri Sumiyati, ST, MSi ^{**)} Ir.Endro Sutrisno, MS ^{**)}

ABSTRAK

Solid bioethanol is a solid fuel non-natural made by way of investment in bioethanol liquid fuel into the solid residue oil is stearic acid. Rice water as raw material for bioethanol manufacture solid because it has a carbohydrate content of 43% which can be hydrolyzed to glucose. Glucose can be converted into alcohol (ethanol) by fermentation. This study aims to determine the calorific value of solid bioethanol from waste rice water with a variety of tape yeast, time of fermentation, and variations of the addition of stearic acid. In this study, rice water hydrolyzed with strong acid HCl 7%. Furthermore tape fermented using yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) with a variation of 25 grams, 35 grams and 45 grams for 3 days, 6 days, 9 days, and 12 days. The next stage is distilled in the temperature range 78 - 80°C. Results distillate with 77% plus levels of stearic acid with a variety of 100 grams, 150 grams and 200 grams. Calorific value resulting from the ethanol content of 77% with the addition of three variables stearic acid is 8760 kcal/kg, 9630 kcal/kg, and 10065 kcal/kg. The results of the solid old flame bioethanol best obtained on the addition of stearic acid is 200 grams for 6 minutes per 10 gram sample.

Keywords: Rice water, fermentation, distillation, stearic acid, solid bioethanol

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beras menempati urutan pertama dalam konsumsi pangan sehari-hari bagi sebagian besar penduduk Indonesia, maka bangsa Indonesia sangat potensial untuk dapat memanfaatkan beras, terutama limbahnya yang berupa air cucian beras yang jumlahnya sangat melimpah, mudah didapat serta masih mengandung zat yang bermanfaat bagi manusia dan limbah ini belum banyak dimanfaatkan.

Komponen yang terkandung dalam air cucian beras berupa karbohidrat, protein, vitamin, dan mineral lainnya. Dari kandungan karbohidrat dalam air cucian beras, maka dapat dihidrolisa untuk menghasilkan glukosa. Glukosa kemudian difermentasi secara anaerob menjadi bioetanol menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Istianah (2011) bioetanol yang dihasilkan oleh air cucian beras mempunyai kadar sebesar 42%. Kadar ini merupakan kadar bioetanol setelah destilasi.

Namun ada beberapa kendala yang harus dihadapi agar bioetanol dapat digunakan oleh masyarakat secara luas. Bioetanol hanya

diproduksi di daerah tertentu karena tidak setiap daerah terdapat produsen bioetanol. Oleh karena itu perlu dilakukan pendistribusian agar bioetanol dapat digunakan di semua daerah.

Pendistribusian bioetanol yang berbentuk cair ini mempunyai resiko tumpah. Hal ini disebabkan karena biasanya bioetanol didistribusikan dalam drum-drum yang kurang aman dalam pengangkutannya (jika dibandingkan pengangkutan minyak tanah oleh Pertamina yang dimasukkan dalam tangki). Selain beresiko mudah tumpah, bioetanol cair juga mudah meledak karena sifatnya yang volatil (Triaswati, 2010). Oleh karena itu bioetanol cair diubah menjadi bioetanol padat yang lebih aman dalam proses pengangkutan dan penggunaannya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumber bahan bakar baru yaitu bioetanol padat yang mempunyai keuntungan dapat diperbaharui, ramah lingkungan, praktis, dan dapat meningkatkan nilai ekonomis limbah air cucian beras.

^{*)} Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

^{**)} Dosen Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang diangkat, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat bioetanol cair dari limbah air cucian beras hingga mencapai kadar bioetanol >70%.
2. Membuat bioetanol padat dari limbah air cucian beras dengan variasi penambahan asam stearat.
3. Menganalisis potensi yang dimiliki bioetanol padat sebagai bahan bakar dibandingkan dengan bahan bakar lainnya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah air cucian beras sebanyak \pm 18600 ml. Bahan-bahan lain yang digunakan antara lain HCl 7%, NaOH, aquadest, yeast, dan asam stearat.

Sedangkan peralatan yang digunakan adalah : rangkaian alat destilasi, beker glass, timbangan analitik dan timbangan roti, pH meter, alkohol meter, kompor, panci, batang pengaduk, dan gelas plastik.

2.2 Rancangan Penelitian

2.2.1 Pembuatan Bioetanol Cair

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial 3 x 4 dengan 3 kali ulangan. Faktor I adalah variasi jumlah ragi (25 gram, 35 gram, dan 45 gram) dan faktor II adalah variasi lama fermentasi (3 hari, 6 hari, 9 hari, dan 12 hari).

Jumlah Ragi	Waktu Fermentasi			
	H3	H6	H9	H12
R1	R1H3	R1H6	R1H9	R1H12
R2	R2H3	R2H6	R2H9	R2H12
R3	R3H3	R3H6	R3H9	R3H12

Dimana : R1 = ragi 25 gram

R2 = ragi 35 gram

R3 = ragi 45 gram

2.2.2 Pembuatan Bioetanol Padat

Jumlah asam stearat	Jumlah bioetanol cair	
		B1
	A1	A1B1
	A2	A2B1
A3	A3B1	

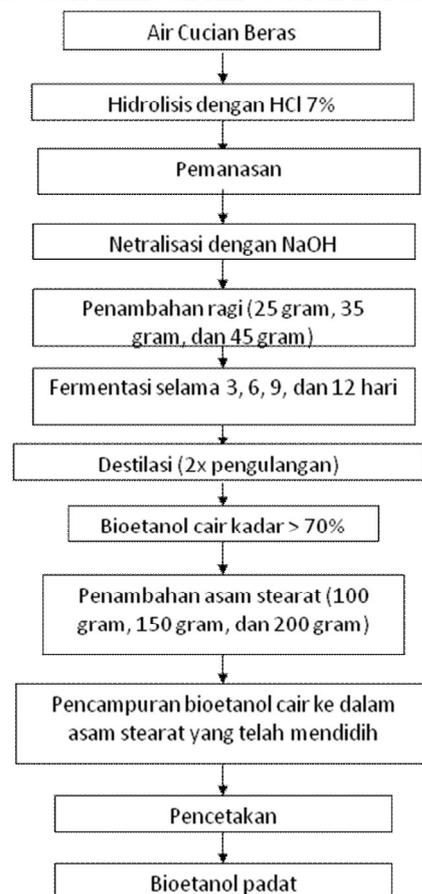
Keterangan:

A1B1 = jumlah asam stearat 100 gr volume bioetanol cair 65 ml

A1B2 = jumlah asam stearat 150 gram volume bioetanol cair 65 ml

A1B3 = jumlah asam stearat 200 gram volume bioetanol cair 65 ml

2.3 Diagram Alir Pembuatan Bioetanol Padat dari Limbah Air Cucian Beras



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Bioetanol Cair

3.1.1 Preparasi Limbah Air Cucian Beras

Air cucian beras yang telah terkumpul kemudian diukur pH awalnya dan didapatkan hasil yaitu pH 6,68 yang merupakan pH netral. Berdasarkan pH awal tersebut, maka sebelum proses fermentasi dilakukan proses peningkatan derajat keasaman dengan menurunkan pH menjadi pH 1 – 2 secara hidrolisis.

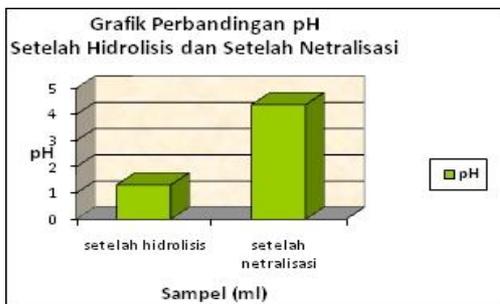
^{*)} Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

^{**)} Dosen Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

3.1.2 Hidrolisis



Berdasarkan gambar di atas, terjadi penurunan nilai pH sampel setelah dihidrolisis. pH yang semula 6,68 turun menjadi 1,13. Hal ini disebabkan karena proses pemecahan zat pati (hidrolisis) menggunakan asam kuat HCl. Penambahan asam akan mempengaruhi pH (Machbubatul, 2008).



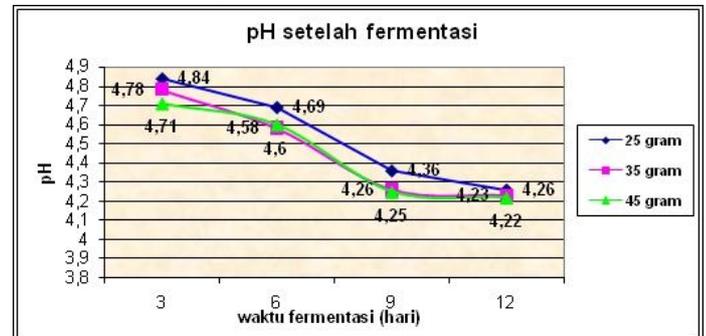
Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa pH yang semula 1,31 dinetralkan hingga menjadi pH 4,37. Hal ini menunjukkan bahwa proses netralisasi pada penelitian ini berhasil karena sesuai dengan tujuan netralisasi yaitu menghilangkan sisa asam yang tinggi akibat proses hidrolisis sehingga diperoleh produk yang memenuhi standar. Penetralan seharusnya dilakukan dengan menambahkan NaOH hingga pH hidrolisat sesuai dengan pH awal (sebelum ditambah HCl). Namun karena proses setelah hidrolisis adalah fermentasi, maka pH diatur antara pH 4-4,5 yang merupakan pH optimum pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*.

3.1.3 Fermentasi

Pada fermentasi hari ketiga, bau tidak sedap masih sangat menyengat dan aroma alkohol masih belum terasa. Hal ini terjadi karena waktu fermentasi yang belum lama sehingga terbentuknya bioetanol belum maksimal. *Saccharomyces Cerevisiae* juga belum mengalami pertumbuhan secara optimal karena

waktu fermentasi yang relatif singkat. Pada hari keenam, bau alkohol sudah mulai terasa. Pada hari ke-9, bau alkohol semakin kuat dan pada hari ke-12 bau alkohol juga semakin tajam.

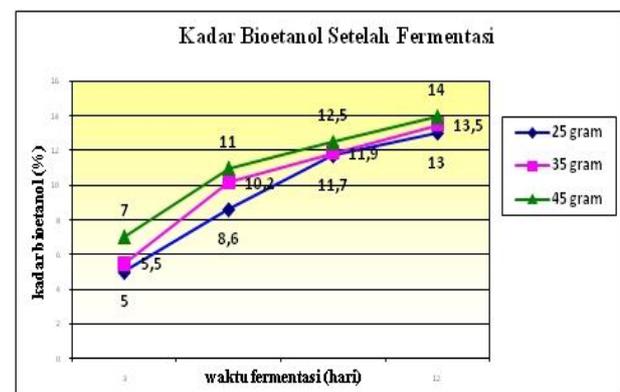
a. Analisis pH setelah fermentasi



Dari grafik di atas menunjukkan terjadinya penurunan pH selama proses fermentasi berlangsung. Penurunan pH terjadi karena selama fermentasi berlangsung terdapat produk sampingan metabolisme ragi yang dikeluarkan ke dalam larutan fermentasi. pH yang didapatkan (masih berkisar antara 4 – 5) menunjukkan bahwa proses fermentasi berjalan dengan cukup baik karena pertumbuhan khamir yang baik adalah antara 3-6 (Budiyanto, 2003). Perubahan pH dapat terjadi karena H⁺ dilepaskan selama konsumsi NH₄⁺ dan dikonsumsi selama metabolisme NO₃⁻ dan penggunaan asam amino sebagai sumber karbon (Fardias, 1992).

Oleh karena itu, seiring dengan semakin besar jumlah ragi dan bertambahnya waktu fermentasi maka nilai pH akan semakin menurun dan kadar bioetanol (alkohol) akan semakin bertambah.

b. Analisis Kadar Bioetanol Setelah Fermentasi



^{*)} Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

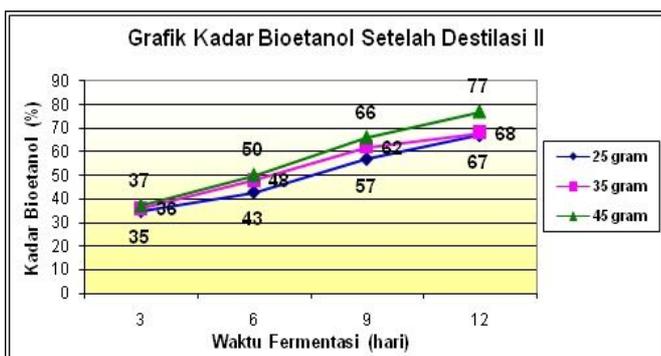
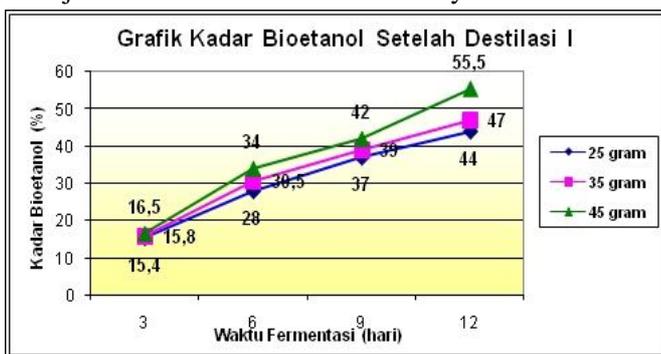
^{**)} Dosen Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

Dari hasil penelitian, waktu fermentasi dan jumlah ragi mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan. Semakin besar jumlah ragi maka semakin besar pula kadar bioetanol yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena semakin banyak ragi tape yang ditambahkan ke dalam sampel, maka semakin banyak khamir yang ada di dalam sampel.

Semakin lama waktu fermentasi yang digunakan, maka semakin banyak sel *Saccharomyces cerevisiae* yang berkembang biak dan semakin lama waktu fermentasi semakin banyak kadar etanol yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu fermentasi, bakteri semakin aktif dan semakin banyak jumlahnya, sehingga mempunyai kemampuan memecah substrat semakin besar.

3.1.4 Destilasi

Destilasi pada penelitian ini dilakukan sebanyak dua kali. Dengan menggunakan destilasi sederhana, pada destilasi yang kali pertama akan menghasilkan bioetanol dengan kadar 40-50%. Oleh karena itu agar mendapat kadar 70%, dilakukan dua kali pengulangan destilasi. Setelah didestilasi, sampel yang semula berwarna putih akan berubah warna menjadi jernih dan terasa aroma alkoholnya.



Dari grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa variasi ragi dan lama waktu fermentasi mempengaruhi peningkatan kadar bioetanol.

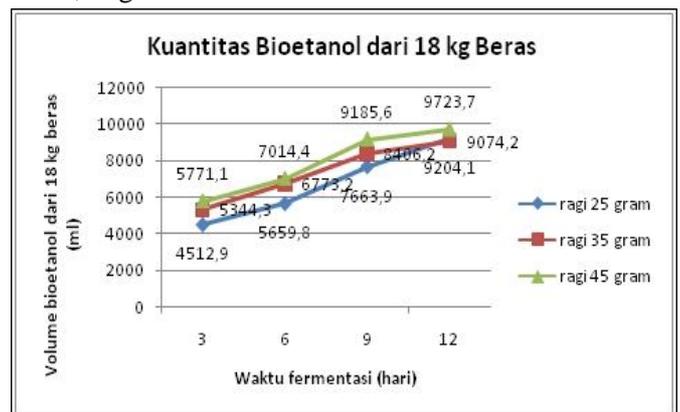
Kadar bioetanol hasil destilasi pertama yaitu berkisar antara 15-55%. Setelah dilakukan destilasi kedua, kadar bioetanol meningkat hingga mencapai kadar 77%. Kadar ini sudah memenuhi untuk menjadikan bioetanol cair menjadi bioetanol padat. Apabila destilasi dilanjutkan lagi, maka akan dihasilkan kadar bioetanol hingga 95-95,5%. Dengan beberapa kali pengulangan destilasi yaitu destilasi bertingkat akan diperoleh bioetanol berkadar 95%-95,5%.

Hasil bioetanol tertinggi yaitu pada variasi ragi 45 gram dengan waktu fermentasi selama 12 hari yaitu sebesar 77%. Oleh karena itu, bioetanol pada variasi ragi dan waktu fermentasi ini yang digunakan sebagai bahan pembuatan bioetanol padat.

3.1.5 Kuantitas Produksi Bioetanol dari Limbah Air Cucian Beras

Untuk mengetahui volume bioetanol yang didapatkan untuk tiap variasi limbah air cucian beras, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Massa jenis sampel } (\rho) = \frac{m}{V} = \frac{18000\text{gr}}{18600\text{ml}} = 0,97 \text{ gr/ml}$$



Volume bioetanol yang dihasilkan untuk 18600 ml air cucian beras dari 18 kg beras dipengaruhi oleh kadar bioetanol yang dihasilkan dan volume destilat yang dihasilkan dari proses destilasi. Semakin besar volume destilat dan kadar bioetanol yang dihasilkan

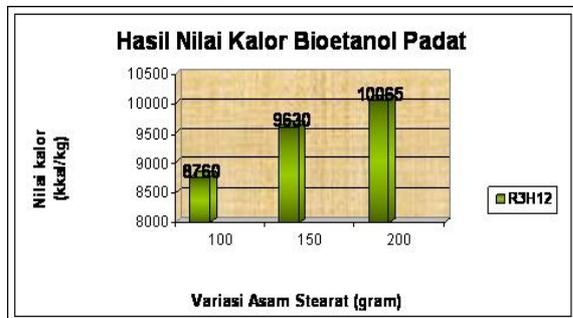
^{*)} Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

^{**)} Dosen Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

maka volume bioetanol untuk tiap kg beras akan semakin besar.

3.2 Bioetanol Padat

3.2.1 Pengaruh Variasi Asam Stearat Terhadap Nilai Kalor



Dari hasil penelitian diatas menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah asam stearat yang nantinya akan dicampur dengan bioetanol cair, maka semakin tinggi pula nilai kalor yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena asam stearat yang mempunyai titik lebur 69,6°C dan titik didih 361°C ini apabila tereduksi akan menghasilkan stearil alkohol. Semakin banyak jumlah asam stearat, maka alkohol yang dihasilkan semakin banyak sehingga nilai kalor sampel akan meningkat.

Nilai kalor berhubungan erat dengan komposisi karbon terikat pada suatu bahan bakar. Semakin tinggi karbon terikat yang dimiliki, maka nilai kalornya juga semakin tinggi (Yulistina, 2001 dalam Meilianti, 2009). Hal ini disebabkan dalam pembakaran dibutuhkan karbon yang akan bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan kalor. Ikatan karbon pada bioetanol padat diperoleh terutama dari atom karbon bioetanol (C_2H_5OH) dan ditambah karbon dari asam stearat ($CH_3(CH_2)_{16}COOH$).

3.2.2 Pengaruh Variasi Asam Stearat Terhadap Lama Menyala

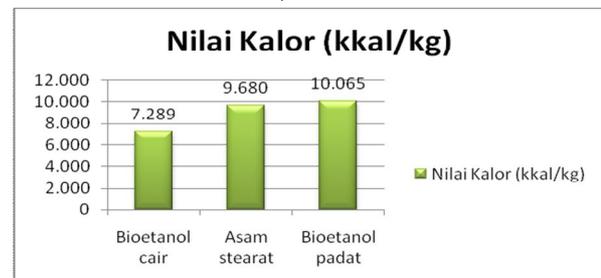


Dari grafik 4.18 dapat dilihat bahwa untuk bioetanol dengan asam stearat makin banyak, maka waktu penyalaannya semakin lama.

Pada proses pembakaran suatu bahan bakar, kecepatan pembakaran tergantung pada kemudahan bahan tersebut untuk terbakar dan bioetanol merupakan salah satu bahan yang sangat mudah terbakar. Bioetanol, seperti minyak tanah, memerlukan penguapan terlebih dahulu untuk pembakaran.

Uap bioetanol yang tercampur dengan udara bebas membentuk suatu campuran yang mudah terbakar. Jika konsentrasi bioetanol yang dikandung makin tinggi, maka bioetanol makin cepat menguap dan kemampuan terbakarnya menjadi lebih tinggi serta waktu pembakarannya menjadi semakin cepat. Adanya polimer asam stearat menjadi faktor penahan agar lama pembakaran menjadi semakin lama. Asam stearat dengan jumlah yang semakin banyak akan menahan laju penguapan bioetanol karena bioetanol terjerat di dalam polimer asam stearat sehingga pelepasan uap bioetanol menjadi semakin panjang.

3.2.3 Perbandingan Nilai Kalor Bioetanol, Asam Stearat, dan Bioetanol Padat



Dari hasil pengukuran dengan menggunakan bomb kalorimeter didapatkan nilai kalor bioetanol cair adalah 7.289 kkal/kg, asam stearat sebesar 9.680 kkal/kg, dan bioetanol padat sebesar 10.065 kkal/kg. Terlihat bahwa terjadi kenaikan nilai kalor pada bioetanol. Hal ini disebabkan pada proses pembuatan bioetanol padat, bioetanol cair ditambahkan ke dalam asam stearat. Asam stearat berfungsi sebagai *solid agent* yang turut menaikkan nilai kalor. Asam stearat mempunyai nilai kalor sebesar 9.680 kkal/kg, nilai kalor ini lebih tinggi daripada nilai kalor bioetanol cair karena atom

^{*)} Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

^{**)} Dosen Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

karbon terikat pada asam stearat lebih banyak dibanding atom karbon bioetanol.

Nilai kalor berhubungan erat dengan komposisi karbon terikat pada suatu bahan bakar. Semakin tinggi karbon terikat yang dimiliki, maka nilai kalornya juga semakin tinggi (Yulistina, 2001 dalam Meilianti, 2009). Bioetanol (C_2H_5OH) memiliki dua atom karbon, sedangkan asam stearat ($CH_3(CH_2)_{16}COOH$) memiliki 18 atom karbon. Hal ini sesuai dengan pengukuran nilai kalor dimana nilai kalor yang dihasilkan oleh asam stearat lebih tinggi daripada bioetanol cair 77%, yaitu sebesar 9.680 kkal/kg. Hal ini disebabkan dalam pembakaran dibutuhkan karbon yang akan bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan kalor. Ikatan karbon pada bioetanol padat diperoleh terutama dari atom karbon bioetanol (C_2H_5OH) dan ditambah karbon dari asam stearat ($CH_3(CH_2)_{16}COOH$).

3.3 Potensi Bioetanol Padat Sebagai Bahan Bakar

Dari biaya produksi Rp 7.500,00 dihasilkan bioetanol padat dengan diameter 8 cm, panjang 4 cm, dan berat 186 gram. Nilai kalor yang dihasilkan sebesar 10.065 kkal/kg. Artinya untuk menaikkan 1 kilogram air sebesar $1^\circ C$ membutuhkan kalor sebanyak 10.065 kkal/kg. Lama nyala bioetanol padat per 10 gram dengan nilai kalor 10.065 kkal/kg tersebut adalah 6 menit. Jadi bioetanol padat dengan berat 186 gram dapat menyala selama 2 jam. Lama menyala bioetanol padat ini sama dengan lama menyala minyak tanah yaitu mampu menyala selama 2 jam.

Berikut adalah perbandingan nilai kalor bioetanol padat dengan bahan bakar lain.

- Nilai kalor minyak tanah = 11.000 Kkal/kg
Harga minyak tanah = Rp 8.000/ltr
- Nilai kalor gas elpiji = 11.900 Kkal/kg
Harga gas elpiji = Rp 15.000/3kg
- Nilai kalor briket batubara = 5.400 Kkal/kg
Harga briket batubara = Rp 3.000/kg

- Nilai kalor bioetanol padat = 10.065 Kkal/kg
Harga bioetanol padat = Rp 7.500/buah
Harga bioetanol padat = Rp 37.500/kg

Berdasarkan perbandingan nilai kalor dengan bahan bakar lain, bioetanol padat mempunyai nilai kalor yang hampir setara dengan minyak tanah dan gas elpiji sehingga layak untuk dijadikan bahan bakar. Namun dari segi harga bioetanol padat memang terbilang mahal jika dibandingkan dengan briket batubara yang hanya Rp 3.000/kg. Dengan harga yang mahal ini, maka bioetanol padat kurang layak dijadikan bahan bakar alternatif pengganti minyak tanah, gas elpiji atau briket. Jadi bioetanol padat lebih cocok apabila digunakan untuk bahan bakar kegiatan-kegiatan tertentu seperti saat berkemah atau untuk tentara yang sedang berperang atau bertugas di hutan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Bioetanol cair berbahan baku limbah air cucian beras dengan kadar $>70\%$ dapat dihasilkan dari proses hidrolisis dan netralisasi, fermentasi, dan destilasi.
 - a) Kadar bioetanol yang dihasilkan setelah proses destilasi untuk variasi jumlah ragi dan variasi waktu fermentasi adalah sebagai berikut:
 - (a) Variasi ragi 25 gram setelah 3, 6, 9, dan 12 hari fermentasi adalah 35%; 43%; 57%; 67%.
 - (b) Variasi ragi 35 gram setelah 3, 6, 9, dan 12 hari fermentasi adalah 36%; 48%; 62%; 68%.
 - (c) Variasi ragi 45 gram setelah 3, 6, 9, dan 12 hari fermentasi adalah 37%; 50%; 66%; 77%.
 - b) Lama waktu fermentasi dan jumlah ragi mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan.
2. Bioetanol padat dihasilkan dari penyertaan bioetanol cair berbahan baku limbah air cucian beras dengan kadar 77% ke dalam asam stearat.

^{*)} Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

^{**)} Dosen Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

- a) Nilai kalor yang dihasilkan dari berbagai variasi jumlah asam stearat adalah sebagai berikut:
 - (a) Variasi asam stearat 100 gram adalah 8.760 kkal/kg.
 - (b) Variasi asam stearat 150 gram adalah 9.630 kkal/kg.
 - (c) Variasi asam stearat 200 gram adalah 10.065 kkal/kg.
 - b) Dari hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa dengan adanya variasi jumlah asam stearat mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan.
3. Bioetanol padat dengan bahan baku limbah air cucian beras mempunyai nilai kalor sebesar 10.065 kkal/kg dengan biaya produksi yaitu Rp 7.500,00 per 186 gram sehingga dapat dijadikan bahan bakar untuk kegiatan-kegiatan tertentu seperti berkemah.

4.2 Saran

- a. Diperlukan adanya proses destilasi fraksionasi (bertingkat) untuk menaikkan kadar bioetanol lebih dari yang sudah didapatkan dengan destilasi sederhana.
- b. Perlu diteliti kembali tentang alat pemakaian dan penggunaannya sebagai bahan bakar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anfias, Gilang dan Adithya Tegar. 2011. *Pembuatan Bioetanol dari Bahan Baku Tetes Menggunakan Proses Fermentasi dan Penambahan Asam Stearat*. Skripsi Jurusan Teknik Kimia ITS Surabaya.
- Buckle, K. A., R. A. Edward, G. H Fleet and m. Wooton. 1985. *Ilmu Pangan*. Jakarta : UI Press.
- Budiyanto, M. A. K. 2003. *Mikrobiologi Terapan*. Malang : UMM Press.
- Fardias, Srikandi. 1992. *Mikrobiologi Pangan*. Gramedia. Jakarta.
- Farida, Maslacha dan Inanda Putri Hayyina. 2010. *Pabrik Bioetanol dari Pati Ganyong dengan Proses Fermentasi dan Dehidrasi Molecular Sieve*. Skripsi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri ITS Surabaya.
- Hidayat, Nur., Masdiana C. Padaga dan Sri Suhartini. 2006. *Mikrobiologi Industri*. Yogyakarta : CV Andi Offset.
- Istianah, Nur. 2011. *Bioetanol Dari Air Cucian Beras*. (<http://bermanfatlah.blogspot.com/2011/12/bioetanol-dari-air-cucian-beras>) diakses tanggal 29 April 2012.
- Laksitoresmi, D. R., Murdiati, and Berlian P. S. 2011. *Pengembangan Gel Bioetanol Berbahan Baku Limbah Agar dengan pengental karagenan sebagai alternatif bahan bakar rumah tangga*. Usulan PKM. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Machbubatul. 2008. *Pembuatan Kaldu Dari Kepala Ikan Tuna Dengan Cara Hidrolisis Asam*. Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Meilianti, S. 2009. *Formulasi Gel Bioetanol dengan Pengental Polimer Asam Akrilat*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Nasirotunnisa. 2010. *Analisis Nilai Kalor Bahan Bakar Biomassa yang Dapat Dimanfaatkan Menggunakan Kompor Biomassa*. Skripsi Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Nurdyastuti, I. 2005. *Teknologi Proses Produksi Bioetanol*. (<http://www.geocities.com>). Diakses tanggal 15 Mei 2012.
- Patabang, Daud. 2009. *Analisis Nilai Kalor Secara Eksperimental dan Teoritik dari Briket Kulit Kemiri*. Majalah Mektek. Universitas Tadulako. Palu.
- Rahadian, Dimas. 2011. *Bioetanol dari Bahan Lignoselulosa : Tantangan Menuju Komersialisasi*. (<http://rahadiandimas.staff.uns.ac.id>). Diakses tanggal 27 Juli 2012.

^{*)} Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

^{**)} Dosen Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

- Soenarto, Budi Soelaiman. 2010. *Soelaiman Budi Soenarto : Peracik Bioetanol Padat yang Murah & Praktis Untuk Masyarakat Pedesaan*.
(<http://indonesiaproud.wordpress.com/2010/12/24/soelaiman-budi-sunarto-peracik-bioetanol-padat-yang-murah-untuk-masyarakat-pedesaan>). Diakses tanggal 29 April 2012.
- Tjokroadikoesoemo. 1986. *HFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Triaswati, Indra dan Lani Nurhayanti. 2010. *Pembuatan Bioetanol Gel sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak tanah*. Skripsi Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro Semarang.
- Wijaya, I Made Anom Sutrisna, dkk. 2012. *Potensi Nira Kelapa Sebagai Bahan Baku Bioetanol*. Jurnal Bumi Lestari. Universitas Udayana. Bali.
- Wulandari, Anindita Etri. 2011. *Pemanfaatan Sampah Buah Menjadi Bioetanol Dengan Proses Fermentasi*. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang.

^{*)} Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

^{**)} Dosen Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang