

PROSES PEMBUATAN BAHAN BAKAR ALTERNATIF *BIOETHANOL* DARI LIMBAH PABRIK PASTA *WAFER* DRIYOREJO GRESIK SEBAGAI USAHA MENANGGULANGI PENCEMARAN LINGKUNGAN

Rosiana Umiati

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: rosiana_umiati@ymail.com

Dwi Heru Sutjahjo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: DwiHeru.C₂H₅OH@gmail.com

ABSTRAK

Semakin menipisnya cadangan minyak bumi yang *nonrenewable* di Indonesia dan meningkatnya konsumsi bahan bakar terutama untuk kendaraan bermotor mengakibatkan krisis BBM (Bahan Bakar Minyak). Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dicari bahan bakar alternatif, salah satunya adalah *bioethanol*. *Bioethanol* terbuat dari bahan yang mengandung karbohidrat atau glukosa. Pasta atau *cream wafer* yang sudah tidak layak konsumsi merupakan limbah produksi yang jumlahnya cukup banyak, sejauh ini masih belum banyak dimanfaatkan menjadi produk yang memiliki nilai tambah. Pasta yang sudah tidak layak konsumsi termasuk biomassa yang mengandung polisakarida, sangat mungkin untuk dimanfaatkan menjadi *bioethanol*. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah pasta *wafer* rasa stroberi yang sudah tidak layak konsumsi menjadi *bioethanol* yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pengganti atau pencampur premium. Proses penelitian ini terdiri dari tiga tahapan, yaitu tahap persiapan, tahap fermentasi dan tahap distilasi. Untuk dapat dipasarkan kadar *bioethanol* harus 90%. Selanjutnya, *bioethanol* diuji spesifikasinya sesuai standart mengacu kepada ASTM (*American Standart Testing of Materials*). *Bioethanol* akan diuji kadarnya, nilai kalor, *flash point*, *pour point*, viskositas dan densitas. Hasil dari penelitian ini didapatkan *bioethanol* yang optimal yaitu campuran 250 gr limbah pabrik pasta *wafer*, 500 ml air, 10 gr ragi pada lama fermentasi 4 hari. Pada distilasi *bioethanol* skala besar 2,5 kg limbah pasta *wafer* menghasilkan 500 ml *bioethanol* dengan kadar 94% dan diperoleh pada distilasi ketiga. Selain itu, juga menghasilkan ampas hasil fermentasi berupa minyak sebanyak 806 ml, yang mana minyak tersebut bisa digunakan sebagai biodiesel. Hasil uji karakteristik *bioethanol* dari limbah pabrik pasta *wafer* sebagai berikut: nilai kalor sebesar 6305,02 kkal/kg, *flash point* < 7°C, *pour point* > -31°C, densitas 0,8366 g/cm³ dan viskositas 4,3 cPs.

Kata kunci: Limbah pasta *wafer*, *bioethanol*, Biopremium

ABSTRACT

The depletion of nonrenewable petroleum reserves in Indonesia and increased fuel consumption, especially for a motor vehicle resulting in fuel crisis (fuel oil). To overcome this it is necessary to look for alternative materials, one of which is bioethanol. Bioethanol is made from materials that contain carbohydrates or glucose. Pasta or cream wafers that are not fit for consumption is production waste which is quite a lot and have so far not been widely utilized as a value-added product. Pasta wafer waste includ biomass that containing polysacaride which very likely to be utilized as bioethanol. This experiment to use strawberry flavored pasta wafers waste that are not fit for consumption it can be used as bioethanol, which as a substitute fuel or premium mixer. The experiment process of production involves the three stages. They are preparation, fermentation, and distillation stages. In order to be able to be accepted, the level of bioethanol in this product is should be 90%. Related to that, bioethanol is tested by using standard specifications refer to ASTM (American Standard Testing of Materials). The level of bioethanol will be tested, heating value, flash point, pour point, viscosity and density. Of this study that the optimal ratio of 250 gr waste of pasta *wafer* factory results 500 ml of water, 10 g yeast for 4 days fermentation. In the distillation of bioethanol, 2.5 kg waste of wafer mix snack factory producing 500 ml of bioethanol with percentage 94% in the third distillation. And also producing 806 ml oil residue of fermentation, and that residue can be used to biodiesel. The characteristics of the test results bioethanol of the waste of pasta *wafer* factory shows for the heating value of 6305.02 kcal/kg, flash point < 7°C, pour point > -31°C, density is 0.8363 g/cm³ and 4.3 cPs of viscosity.

Keywords : The waste of pasta wafer, bioethanol, biopremium.

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi dari bahan bakar minyak bumi berbahan dasar fosil seperti solar, bensin dan minyak tanah di berbagai negara di dunia dalam tahun terakhir ini mengalami peningkatan tajam yang berbanding lurus dengan semakin banyaknya jumlah kendaraan bermotor. Sedangkan ketersediaan cadangan sumber BBM semakin terbatas. Sudah saatnya ketergantungan kebutuhan energi fosil yang *nonrenewable* digantikan dengan energi yang *renewable*.

Menghadapi krisis BBM yang telah melanda Indonesia, para ahli mulai mencari alternatif baru sebagai sumber bahan bakar pengganti BBM dari minyak bumi dengan bahan bakar alternatif yang dapat diperbaharui (*renewable*) untuk diverifikasi ke dalam sumber energi masa depan. Pada saat ini para pakar teknologi yang tergabung dalam Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) telah mengembangkan bahan bakar alternatif untuk menggantikan keberadaan BBM yang sumbernya semakin menipis. Salah satunya bahan bakar alternatif yang berasal dari alam yang di peruntukkan sebagai pengganti atau pencampur BBM jenis premium untuk sarana transportasi yang diberi nama *bioethanol* atau yang selanjutnya akan disebut biopremium. (Sumber : <http://www.ristek.go.id> diakses 12/02/2013)

Pemerintah Indonesia menargetkan pada tahun 2025 substitusi bahan bakar nabati terhadap bahan bakar minyak mencapai 5% (Instruksi Presiden Nomor 1 Tahun 2006 tentang Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati atau *Biofuel* sebagai Bahan Bakar Alternatif). Sedangkan di Indonesia, *bioethanol* diproduksi

dari bahan mengandung karbohidrat seperti ubi kayu, jagung, atau limbah tebu (tetes) sehingga bersaing dengan pemanfaatannya untuk pangan, pakan dan industri. Oleh karena itu, bahan baku dari limbah industri dapat menjadi pilihan lain.

Limbah industri yang belum dimanfaatkan adalah limbah berupa pasta *wafer* atau biasa disebut *cream wafer*. Di kawasan Dryorejo Kabupaten Gresik ada sebuah industri yang bergerak dalam bidang pengolahan limbah dari industri *snack*. Industri tersebut mempunyai efek samping berupa limbah padat dan cair. Menurut Suwanto, selaku pengelola limbah, mengatakan bahwa jumlah limbah pasta *wafer* rata-rata mencapai 1 ton per bulan. Jika limbah tidak ditangani dengan seksama dapat menimbulkan potensi besar mencemari lingkungan.

Warga sekitar industri sudah sangat akrab dengan bau yang ditimbulkan dari limbah. Dalam keadaan kering limbah mengeluarkan bau tidak sedap, apalagi dalam keadaan basah pada saat musim penghujan. Bau tidak sedap ini muncul akibat proses pembusukan dari limbah yang sangat cepat. Oleh warga sekitar, limbah dari industri hanya dijadikan sebagai campuran pakan ternak. Pemanfaatan limbah pasta *wafer* sebagai bahan bakar alternatif diharapkan dapat menjadikan solusi terhadap permasalahan yang terjadi.

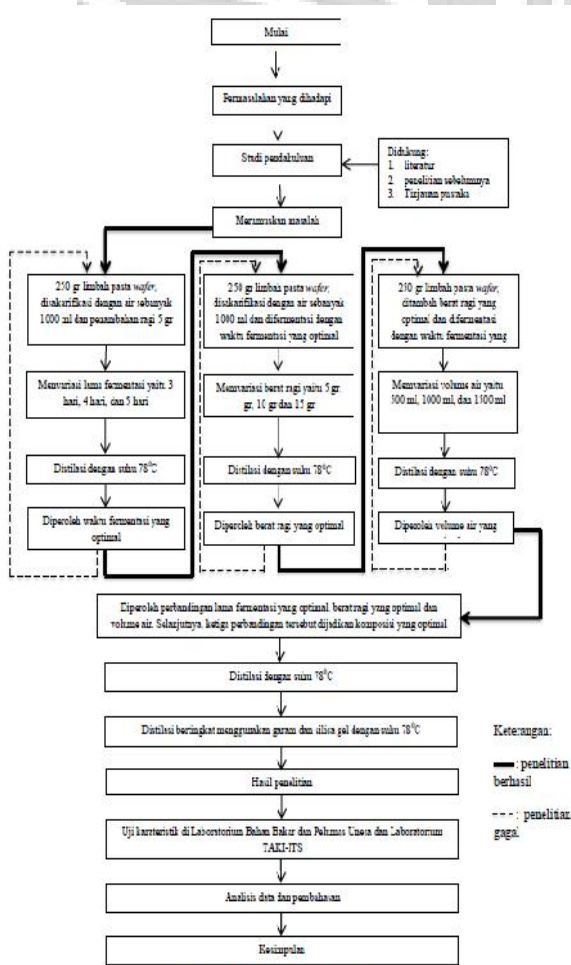
Setelah melihat beberapa kenyataan di atas perlu dilakukan pengkajian lebih dalam tentang bahan bakar alternatif sebagai sumber energi baru. Penelitian ini membuat *bioethanol* dari pemanfaatan limbah pasta *wafer* yang saat ini masih belum diperhatikan oleh sebagian kalangan masyarakat.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana proses pembuatan bioethanol dari limbah pasta wafer, mengetahui perhitungan ekonomis berdasarkan kajian dari lapangan dan mengetahui karakteristik hasil bioethanol dari limbah pasta wafer.

Manfaat dari penelitian ini adalah menambah pengetahuan akan pemanfaatan limbah industri yang diaplikasikan dengan kemajuan teknologi, sebagai usaha penanggulangan pencemaran lingkungan, memberikan alternatif baru untuk mengatasi krisis energi dan memberikan nilai tambah bagi pasta wafer.

METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya, laboratorium Unit Produksi Pelumas Pertamina Surabaya, laboratorium Balai Riset Dan Standarisasi Surabaya dan laboratorium FMIPA-ITS Surabaya.

Variabel Penelitian

- Variabel bebas
Memvariasi perbandingan volume air, berat ragi, dan lama fermentasi.
- Variabel Terikat
Kadar *bioethanol*, nilai kalor (*heating value*), titik nyala (*flash point*), titik tuang (*pour point*), densitas dan viskositas.
- Variabel Kontrol
 - Ragi yang digunakan dalam proses fermentasi adalah ragi tape (*Saccharomyces cereviceae*).
 - Berat limbah pabrik *wafer mix snack* tetap yaitu 250 gr.
 - Temperatur pada proses fermentasi merupakan temperatur tetap dalam ruangan.
 - Dilakukan penambahan garam dan silika gel pada distilasi bertingkat.
 - Temperatur pada proses distilasi adalah 78⁰ C.

Instrumen Penelitian

- Timbangan elektronik dengan akurasi 0,1 gram
- Gelas ukur
- *Alcoholmeter*
- *Thermocontrol*
- *Bomb Calorimeter*, untuk mengukur *heating value* ASTM D 240
- *Viscometry*, untuk mengukur viscosity ASTM D 445

- *Gravimetry*, untuk mengukur densitas ASTM D 1298
- Line High Term UKM-135, untuk mengukur flash point ASTM D 93
- Ref.SR-N21H, untuk mengukur pour point ASTM D 97.
- Memvariasi lama fermentasi yaitu 3 hari, 4 hari dan 5 hari.
- Campuran limbah pasta wafer hasil fermentasi disaring untuk memisahkan antara cairan dengan minyak.

Prosedur Penelitian

- Tahap persiapan
 - Membeli limbah pabrik pasta *wafer* dari PT. Garuda Food Gresik dengan harga Rp 1.500,00 per Kg.
 - Limbah pabrik pasta *wafer* kemudian dilakukan proses sakarifikasi yaitu proses untuk memecah karbohidrat menjadi glukosa.
 - Mendidihkan volume air dengan variasi 500 ml, 1000 ml dan 1500 ml.
 - Masukkan 250 gr limbah pabrik pasta *wafer* ke dalam air yang sudah mendidih.
 - Aduk hingga limbah pabrik pasta *wafer* tercampur rata.
 - Dinginkan limbah pabrik pasta *wafer* dengan air yang sudah ditaruh pada ember besar supaya proses pendinginan lebih cepat.
- Tahap fermentasi
 - Siapkan botol/jirigen untuk proses fermentasi.
 - Fermentasi limbah pabrik pasta wafer dilakukan dengan menambahkan ragi *saccharomyces* (ragi tape) dengan variasi berat ragi 5 gr, 10 gr dan 15 gr.
 - Masukkan limbah pabrik pasta wafer yang sudah disakarifikasi dan penambahan ragi pada botol/jirigen. Tutup botol/jirigen dan pastikan tidak ada kebocoran udara.
 - Tahap distilasi
 - Memasang *thermocontrol* pada kompor listrik untuk mengatur suhu.
 - Menyiapkan labu distilasi dengan kapasitas 1000 ml dan labu penampung hasil distilasi.
 - Memasang *thermocouple* pada labu distilasi.
 - Memasang *condensor liebig* sebagai pendingin pada proses penguapan. Pada *condensor liebig* dipasang selang yang telah dialiri air untuk mempercepat pendinginan.
 - Setelah disaring limbah pasta *wafer* dimasukkan ke dalam labu distilasi.
 - Kemudian proses distilasi dimulai dengan memanaskannya pada suhu 78°C sesuai titik didih *bioethanol*.
 - Mengukur kadar *bioethanol* hasil distilasi dengan menggunakan alcoholmeter.
 - Untuk proses pengujian karakteristik *bioethanol* maka proses distilasi harus mencapai kadar *bioethanol* di atas 90%.
 - Dalam penelitian ini dibutuhkan tiga kali atau lebih pengulangan proses distilasi untuk mendapatkan kadar *bioethanol* di atas 90% .
 - Langkah berikutnya adalah distilasi kedua. Langkah yang dilakukan hampir sama dengan proses distilasi pertama, namun ada sedikit tambahan supaya diperoleh kadar *bioethanol* lebih maksimal. Tambahan tersebut adalah

dengan menambahkan garam dan silika gel ke dalam proses distilasi. Silika gel yang dipasang diantara gelas labu dengan condensor liebig ini berfungsi sebagai penyerap kelembaban air. Dengan demikian hasil pada proses distilasi kedua ini akan menghasilkan kadar bioethanol yang lebih tinggi dari pada proses distilasi pertama.

Proses distilasi ketiga ini sama dengan proses distilasi kedua. Setelah melakukannya, ukur hasil bioethanol yang didapat. Hasil maksimum yang dapat dihasilkan dari proses distilasi sederhana ini hanya sampai kadar alkohol 95%.

Teknik Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini diperoleh dengan melakukan eksperimen melalui pengujian terhadap obyek yang akan diteliti dan mencatat data-data yang diperlukan. Data yang diperlukan adalah komposisi yang sesuai pada pembuatan *bioethanol* berbahan baku limbah pasta *wafel* agar memperoleh hasil yang optimal. Kemudian baru dilakukan pengujian karakteristik dari *bioethanol* tersebut di Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas Unesa, Lab. Pertamina Perak dan Lab. FMIPA ITS.

Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode statistik deskriptif, dengan mengumpulkan informasi atau data dari setiap hasil perubahan yang terjadi melalui eksperimen secara langsung. Tujuan penggunaan metode statistik deskriptif, untuk menggambarkan sifat suatu keadaan yang sementara berjalan pada saat penelitian dilakukan dan memeriksa sebab-sebab dari suatu gejala tertentu (Sugiyono, 2010: 29).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

- Mencari perbandingan lama waktu fermentasi yang optimal

Tabel 1. Data hasil distilasi terhadap lama fermentasi

No	Jumlah limbah pasta wafel (gr)	Jumlah Perbandingan			Kadar <i>bioethanol</i> (%)	Jumlah <i>bioethanol</i> (ml)
		Air (ml)	Ragi (gr)	Lama waktu (hari)		
1	250	1000	5	3	40	100
2	250	1000	5	4	55	100
3	250	1000	5	5	42	100

- Mencari perbandingan berat ragi yang optimal

Tabel 2. Data hasil distilasi terhadap perbandingan berat ragi

No	Jumlah limbah pasta wafel (gr)	Jumlah perbandingan			Kadar <i>bioethanol</i> (%)	Jumlah <i>bioethanol</i> (ml)
		Air (ml)	Ragi (gr)	Lama waktu (har)		
1	250	1000	5	4	55	100
2	250	1000	10	4	60	100
3	250	1000	15	4	44	100

- Mencari perbandingan volume air yang optimal

Tabel 3. Data hasil distilasi terhadap perbandingan volume air

No	Jumlah limbah pasta wafel (gr)	Jumlah perbandingan			Kadar <i>bioethanol</i> (%)	Jumlah <i>bioethanol</i> (ml)
		Air (ml)	Ragi (gr)	Lama waktu (har)		
1	250	500	10	4	68	100
2	250	1000	10	4	60	100
3	250	1500	10	4	53	100

- Pembuatan bioethanol skala besar

Berdasarkan hasil distilasi didapatkan parameter yang menghasilkan kadar bioethanol paling optimal. Selanjutnya parameter tersebut dijadikan parameter untuk pembuatan bioethanol skala besar.

Tabel 4. Data hasil distilasi bertingkat

Distilasi	Volume <i>bioethanol</i> yang dihasilkan (ml)	Kadar <i>bioethanol</i> (%)
Distilasi I	1500	68
Distilasi II	800	89
Distilasi III	500	94

- Hasil karakteristik *bioethanol* limbah pasta wafer
Setelah mendapatkan kadar *bioethanol* 95% maka dilakukan pengujian terhadap nilai kalor (heating value), titik tuang (pour point), titik nyala (flash point), densitas, viskositas dan kadar *bioethanol* untuk mengetahui kelayakan *bioethanol* dari limbah pabrik wafer mix snack ini sebagai bahan baku alternatif campuran premium (biopremium).

Pengujian yang dilakukan di laboratorium FMIPA-ITS untuk mengetahui nilai kalor diperlukan 100 ml *bioethanol* limbah pasta wafer, untuk pengujian *pour point*, *flash point* dan densitas dilakukan di laboratorium UPPS PT. Pertamina diperlukan 300 ml *bioethanol* limbah pasta wafer. Sedangkan untuk pengujian karakteristik viskositas dan kadar *bioethanol* dilakukan di laboratorium bahan bakar dan pelumas UNESA diperlukan 100 ml *bioethanol* limbah pasta wafer. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut.

Tabel 5. Perbandingan karakteristik *bioethanol* limbah wafer mix snack dengan *bioethanol* murni

Karakteristik	<i>Bioethanol</i> murni	<i>bioethanol</i> limbah pasta wafer	Satuan
Kadar	99,5 *	94 *	%
Densitas	0,789 ^	0,8363 ***	g/cm ³
Nilai kalor	6380 ^	6302,02 **	Kcal/kg
Pour point	1,2 ^	> -31 ***	°C
Flash point	12*	< 7 ***	°C
Viskositas	1,17 *	4,3 *	cP/s

Keterangan :

- * dilakukan di laboratorium bahan bakar dan pelumas UNESA
- ** dilakukan di laboratorium FMIPA ITS
- *** dilakukan di laboratorium UPPS PT.Pertamina
- ^ A. Hurdjono, 2001
- ▲ Physical & Theoretical Chemistry Lab. Safety home
- ▲ George Granger Brown, 1973

- Perhitungan Biaya

Setelah proses pembuatan *bioethanol* limbah pasta wafer, maka perlu diadakan perhitungan biaya keseluruhan untuk mengetahui harga per liter *bioethanol* tersebut. Dalam penelitian ini menghasilkan 500 ml *bioethanol* pasta wafer dengan kadar 94% memerlukan bahan 2500 gr limbah pasta wafer dengan ragi sebesar 50 gr dan air 5000 ml. Berikut ini adalah rincian biaya pembuatan *bioethanol* limbah pasta wafer.

Biaya listrik	= Rp 3.071,25
Pembelian bahan baku	= Rp 3.750,-
Transportasi Gresik-Surabaya	= Rp 9.000,-
Ragi	= Rp 3.000,-
Garam	= Rp 520,-
Silica gel	= Rp 1.250,-
Biaya Lain-lain	= Rp 50.250
<hr/>	
Total biaya	= Rp 70.841,25

Pembahasan

Hasil proses distilasi pada tabel 4.3 diperoleh bahwa kadar *bioethanol* yang paling optimal adalah 68% dengan perbandingan 250

gr limbah pasta *wafer* dengan 500 ml, 10 gr ragi, dan lama waktu fermentasi 4 hari. Dari beberapa variasi volume air, ragi dan lama fermentasi merubah kandungan karbohidrat menjadi *bioethanol* membutuhkan komposisi yang tepat. Dari variasi volume air yang digunakan untuk proses sakarifikasi yaitu 250 ml, 500 ml, 1000 ml, dan 1500 ml didapatkan 500 ml yang paling optimal hal ini menunjukkan jika campuran air semakin banyak maka campuran terlalu encer jadi tidak baik dan jika terlalu kental maka ragi kurang maksimal mengubah kandungan glukosa pada limbah pasta *wafer* menjadi *bioethanol*.

Pada berat ragi yang optimal adalah 10 gr ini ditunjukkan dari perbandingan yang sama dan dilakukan penambahan jumlah ragi menjadi 15 gr membuat kadar *bioethanol* menurun sedangkan pemberian ragi 5 gr *bioethanol* belum banyak yang terbentuk sehingga kadarnya lebih rendah.

Dari variasi lama waktu fermentasi didapatkan 4 hari adalah waktu yang paling optimal hal ini ditunjukkan pada tabel 4.1. Semakin lama waktu fermentasi maka kadar *bioethanol* semakin menurun karena pada proses fermentasi yang lama akan menghasilkan asam cuka. Jika waktu fermentasi terlalu singkat maka *bioethanol* yang di fermentasikan belum terbentuk secara keseluruhan.

Untuk mencapai kadar *bioethanol* >90% maka dilakukan distilasi bertingkat yaitu dengan 3 kali proses distilasi untuk mencapai kadar *bioethanol* 94%. Pada keadaan ini *bioethanol* dan air sangat sulit untuk dipisahkan karena kedua komponen tersebut termasuk *azeotrope* (dua komponen yang selisih titik didihnya berdekatan), oleh sebab

itu untuk pemisahan *bioethanol* dan air harus dilakukan distilasi bertingkat dengan menggunakan garam dan *silica gel*.

Distilasi pertama kadar *bioethanol* 68% lalu ditingkatkan dengan distilasi kedua yaitu penambahan garam sehingga campuran *bioethanol* dan air menjadi lebih pekat sehingga proses distilasi menjadi lebih mudah dan kadar *bioethanol* meningkat menjadi 89% selanjutnya dilakukan lagi distilasi ketiga dengan menggunakan campuran garam dan diberikan *silica gel* pada pangkal *condensor liebig* sehingga kadar *bioethanol* meningkat menjadi 94%. Dari kadar ini baru bisa dilakukan uji karakteristik karena kadar *bioethanol* sudah mencapai >90%.

PENUTUP

Simpulan

Penelitian yang menggunakan limbah pasta *wafer* sebagai bahan dasar pembuatan *bioethanol* ini dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- Pada penelitian ini dilakukan proses pembuatan *bioethanol* limbah pasta *wafer* skala besar. Pada pembuatan *bioethanol* skala besar digunakan komposisi yang optimal yaitu 2500 gr limbah pasta *wafer*, 50 gr ragi, 5000 ml volume air dan di fermentasi selama 4 hari. Hasil distilasi pertama skala besar menghasilkan *bioethanol* dengan kadar 68% sebanyak 1500 ml selama 2 jam. Distilasi kedua dengan kapasitas 1000 ml menghasilkan *bioethanol* dengan kadar 89% sebanyak 800 ml dengan penambahan garam 150 gr selama 1,5 jam. Distilasi ketiga sama dengan distilasi kedua, menghasilkan *bioethanol* dengan kadar 94% sebanyak 500 ml dengan penambahan garam 80 gr

dan *silica gel* 50 gr selama 1 jam. Selain itu menghasilkan ampas berupa minyak sebanyak 806 ml, yang kemungkinan dapat dijadikan biodiesel.

- Total biaya bersih yang dikeluarkan untuk pembuatan 1 liter *bioethanol* limbah pabrik pasta *wafer* dengan kadar 94% adalah sebesar Rp 91.700.
- Hasil pengujian karakteristik dari *bioethanol* berbahan baku limbah pabrik pasta *wafer* ini adalah nilai kalori 6305,02 Kcal/kg, *flash point* < 7°C, *pour point* > -31°C, viskositas 4,3 cPs, densitas 0,8363 gr/cm³, dan kadar *bioethanol* 94%.

Saran

Saran yang peneliti sampaikan adalah sebagai berikut:

- Untuk menghasilkan *bioethanol* limbah pabrik pasta *wafer* yang berkualitas sebaiknya dalam proses fermentasi dan distilasi jangan sampai terjadi kebocoran dikarenakan jika terjadi kebocoran maka *bioethanol* yang dihasilkan tidak akan optimal.
- Sebaiknya wadah/tempat fermentasi menggunakan tangki dari *stainless steel*, hal ini untuk mencegah ledakan selama proses fermentasi.
- Untuk menghasilkan *bioethanol* dengan kadar >90% tidak bisa hanya dengan satu kali distilasi saja akan tetapi diperlukan distilasi bertingkat menggunakan *silica gel* dan penambahan garam.
- Sebaiknya limbah tidak dibuang sembarangan, diperlukan tempat khusus agar tidak mempengaruhi lingkungan sekitar industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. Bahan bakar alternatif. (Online), <http://www.ristek.go.id> , diakses 12 Februari 2013.
- Anonim. INPRES No. 1 tahun 2006. (Online), <http://www.ri.go.id> , diakses 18 Februari 2013.
- Anonim. Kuliah Pencemaran Lingkungan, (Online), <http://eprints.undip.ac.id>, diakses 06 Mei 2013.
- Anonim. Peraturan Presiden No. 5 tahun 2006. (Online), <http://www.ri.go.id> , diakses 14 Februari 2013.
- Anonim. Pokok-Pokok Kebijakan Energi Nasional. (Online), <http://esdm.go.id/news-archives/56-artikel/3342-pokok-pokok-kebijakan-energi-nasional.html>, diakses 02 Februari 2013.
- Anonim. Produksi dan konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia. (Online), <http://www.ditjen.migas.co.id> , diakses 11 Februari 2013.
- George Granger Brown. (1973). Unit Operations. New York Tokyo: Modern Asia Edition
- Hardjono. A. (2001). Teknologi Minyak Bumi. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sugiyono. 2010. Statistika Untuk Penelitian. Bandung: Alfabeta
- TIM. 2010. Panduan Penulisan Skripsi Program S1. Surabaya: Jurusan Pendidikan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Surabaya.