

PROSES PEMBUATAN BAHAN BAKAR *BIOETHANOL* DARI PEMANFAATAN LIMBAH PABRIK *WAFER MIX SNACK* WRINGIN ANOM GRESIK

Didik Santoso

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: didik_santoso55@yahoo.com

Dwi Heru Sutjahjo

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

ABSTRAK

Minyak bumi merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui. Penggunaan minyak bumi sebagai bahan bakar di Indonesia setiap tahun mengalami peningkatan. Hal ini berbanding terbalik dengan produksi minyak bumi yang terus menerus mengalami penurunan. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dicari bahan bakar alternatif, salah satunya adalah *bioethanol*. *Bioethanol* terbuat dari bahan yang mengandung karbohidrat atau glukosa. Limbah *wafer mix snack* termasuk *biomassa* yang sangat baik untuk dijadikan bahan baku pembuatan *bioethanol*. Limbah pabrik *wafer mix snack* merupakan limbah yang jumlahnya cukup banyak dan sejauh ini masih belum dimanfaatkan secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah pabrik *wafer mix snack* menjadi *bioethanol* yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti atau pencampur premium "Biopremium". Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan membuat *bioethanol* berbahan baku limbah pabrik *wafer mix snack*. Proses ini terdiri dari tiga tahapan, yaitu tahap persiapan, tahap fermentasi dan tahap distilasi. Untuk dapat dipasarkan kadar *bioethanol* harus $\geq 90\%$. Selanjutnya, *bioethanol* diuji spesifikasinya sesuai standart mengacu kepada ASTM (*American Standart Testing of Materials*). *Bioethanol* akan diuji kadarnya (menggunakan *alcoholmeter*), nilai kalor (menggunakan metode *bomb calorimeter*), *flash point* (menggunakan metode ASTM D 93), *pour point* (menggunakan metode ASTM D 97), viskositas (menggunakan metode viscometer) dan densitas (menggunakan metode *gravimetry* ASTM D 1298). Hasil dari penelitian ini didapatkan perbandingan yang optimal yaitu 250 gr limbah pabrik wafer mix snack, 1500 ml air, 5 gr ragi dan lama fermentasi 4 hari. Kadar *bioethanol* limbah *wafer mix snack* diperoleh 95% setelah dilakukan distilasi keempat. Hasil uji karakteristik *bioethanol* limbah pabrik *wafer mix snack* menunjukkan untuk nilai kalor sebesar 6345,07 kkal/kg, *flash point* 9⁰C, *pour point* >-31⁰C, densitas 0,8346 kg/l dan viskositas 4,3 cPs

Kata kunci: *bioethanol*, limbah *wafer mix snack*, biopremium.

ABSTRACT

Petroleum is considered as one of non-renewable fuels. In Indonesia, the use of it increases for each year. In contrary with that, the petroleum production decreases continuously. Facing this problem, there should be an alternative fuel developed, such as bio ethanol. Bio ethanol is made from substances that contain carbohydrates or glucose. The waste of wafer mix is an excellent substance that can be the answered. Moreover, it is easy to find it in large number, but then Indonesian rarely drags their attention on it. Regarding to that fact, a study of developing the waste of wafer factory to produce bio ethanol as an alternative source that is added for bio premium is conducted. This study is an experimental research which aims to produce bio-ethanol that is developed from the waste of wafer snack mix factory. The 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 bio ethanol in this product is should be $\geq 90\%$. Related to that, bio ethanol is tested by using standard specifications refer to ASTM (*American Standard Testing of Materials*). The level of bio ethanol will be tested (using alcoholmeter), heating value (using the bomb Calorimeter), flash point (ASTM D 93 method), pour point (ASTM D 97 method), viscosity (viscometer method) and density (using methods gravimeter ASTM D 1298). The finding of this study found that the optimal ratio of 250 gr waste of wafer snack mix factory results 1500 ml of water, 5 g yeast for 4 days fermentation. The levels of waste bio ethanol mix snack wafers gained 95% after the fourth distillation. The characteristics of the test results bio ethanol of the waste of wafer snack mix factory shows for the heating value of 6345.07 kcal / kg, flash point 90C, pour point >-310C, density 0.8346 kg / l and 4.3 cPs viscosity.

Keywords : Bioethanol, The waste of wafer mix factory, biopremium.

PENDAHULUAN

Krisis energi di Indonesia sebagai akibat semakin menipisnya cadangan bahan bakar minyak khususnya dari bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbarui telah menuntut Indonesia untuk mencari sumber bahan bakar alternatif yang bersifat dapat diperbarui. Ketergantungan Indonesia terhadap minyak bumi dapat dikurangi dengan mengembangkan sumber energi alternatif berbahan baku minyak nabati. Menghadapi krisis BBM yang telah melanda Indonesia, maka 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. Salah satunya bahan bakar alternatif yang berasal dari alam yang diperuntukkan sebagai pengganti atau pencampur BBM jenis premium untuk sarana transportasi yang diberi nama *bioethanol* atau yang selanjutnya akan disebut biopremium.

Bahan baku untuk produksi *bioethanol* bisa didapatkan dari berbagai tanaman yang diantaranya adalah singkong (*cassava*), jagung (*corn*), gandum (*shorgum*), dan bahan seperti lainnya. Tanaman gula seperti tetes tebu (*molasses*), nira kelapa, nira aren dan sejenisnya juga dapat digunakan sebagai bahan baku produksi *bioethanol*. Bahkan tanaman berselulosa seperti jerami padi, onggok (limbah tapioka), janggol (tongkol) jagung dan lain sebagainya juga dapat dimanfaatkan untuk pembuatan *bioethanol*. Bahan baku lain yang memiliki kandungan karbohidrat tinggi yang sangat berpotensi untuk pembuatan *bioethanol* adalah limbah *wafer mix snack*.

Pada proses pembuatan *bioethanol* limbah *wafer mix snack* mencari parameter-parameter sehingga menghasilkan kadar *bioethanol* yang paling optimal. Parameter tersebut adalah memvariasi perbandingan volume air, berat ragi dan lama fermentasi. Selain itu, pada proses pembuatan *bioethanol* limbah *wafer mix snack* akan mencari karakteristik *bioethanol* tersebut serta melakukan perhitungan ekonomis berdasarkan harga *bioethanol* di pasaran.

Bahan bakar adalah material dengan suatu jenis energi yang bisa diubah menjadi energi berguna lainnya. Bahan bakar minyak adalah suatu senyawa organik yang dibutuhkan dalam suatu proses pembakaran dengan tujuan untuk mendapatkan energi dan merupakan hasil dari proses distilasi minyak bumi (*Crude Petroleum Oil*) menjadi fraksi-fraksi yang diinginkan. Bahan bakar hayati atau *biofuel* adalah setiap bahan bakar baik padatan, cairan ataupun gas yang dihasilkan dari bahan-bahan organik. *Biofuel* dapat dihasilkan secara langsung dari tanaman atau secara tidak langsung dari limbah industri, komersial, domestik atau pertanian.

Bioethanol merupakan bahan bakar (*ethyl alcohol* dengan rumus kimia C_2H_5OH) yang diproduksi dari bahan bakar nabati. *Bioethanol* merupakan suatu cairan bersih yang tidak berwarna, apabila digunakan tidak menyebabkan polusi lingkungan, dan apabila dibakar *bioethanol* menghasilkan gas asam arang (*carbondioxide* atau CO_2) dan air. Standar *bioethanol* yang berlaku (berdasarkan spesifikasi premium) adalah mengacu kepada ASTM (*American Standart Testing of Materials*).

Di Indonesia terdapat banyak industri-industri yang bergerak dalam bidang makanan ringan khususnya pabrik *wafer*. Dengan begitu dapat dibayangkan berapa banyak limbah pabrik *wafer mix snack* yang dihasilkan dari industri *wafer* di Indonesia. Hal ini membuktikan bahwa limbah *wafer mix snack* di Indonesia sangat melimpah. Dengan demikian limbah *wafer* sangat berpotensi dalam pembuatan *bioethanol*.

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerobik (tanpa oksigen). Ragi atau fermentasi merupakan zat yang menyebabkan fermentasi. Ragi biasanya mengandung mikroorganisme yang melakukan fermentasi dan media biakan bagi mikroorganisme tersebut. Distilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan titik didihnya. Silika gel adalah butiran seperti kaca dengan bentuk yang sangat berpori, silika dibuat secara sintesis dari natrium silikat. Silika gel ini berfungsi untuk menyerap kandungan air yang ada pada *bioethanol* melalui proses distilasi. *Azeotrope* merupakan campuran 2 atau lebih komponen pada komposisi tertentu dimana komposisi tersebut tidak bisa berubah hanya melalui distilasi biasa.

Menurut Hardjono (2001:75), nilai kalor atau *heating value* adalah jumlah energi yang dilepaskan pada proses pembakaran persatuan volume atau persatuan massanya. Menurut Hardjono (2001:45), titik nyala (*flash point*) adalah temperatur terendah dimana uap minyak bumi dan bahan bakar dalam campurannya dengan udara akan menyala kalau dikenai uji (*test flame*) pada kondisi tertentu. Menurut Hardjono (2001:56), titik tuang (*pour point*) adalah temperatur terendah dimana minyak bumi dan produknya masih dapat dituang atau

mengalir apabila didinginkan pada kondisi tertentu. Menurut A. Hardjono (2001:40), densitas minyak adalah massa minyak per satuan volume pada suhu tertentu. Viskositas merupakan ukuran kekentalan fluida yang menyatakan besar kecilnya gesekan dalam fluida.

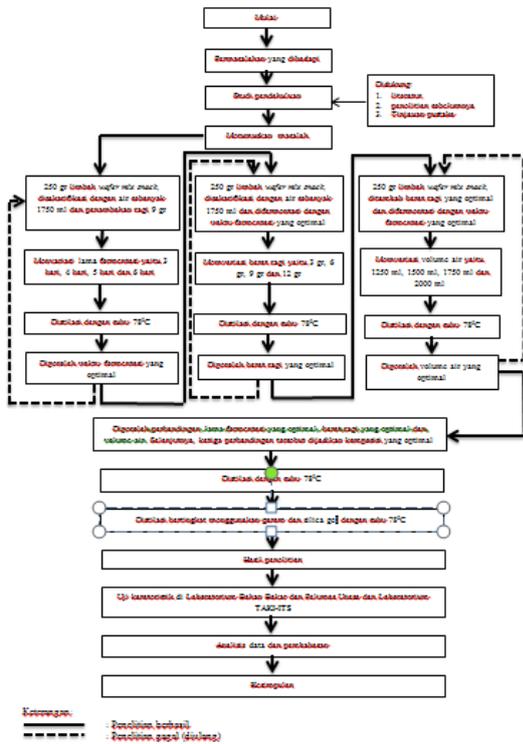
Penelitian ini melakukan proses pembuatan bahan bakar *bioethanol* dari pemanfaatan limbah pabrik *wafer mix snack* Wringin Anom Gresik. *Bioethanol* ini dapat digunakan sebagai pengganti atau pencampur premium (biopremium).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui perbandingan volume air, berat ragi dan lama fermentasi agar mendapatkan kadar *bioethanol* yang optimal. Ingin mengetahui perhitungan ekonomis *bioethanol* limbah pabrik *wafer mix snack* dibandingkan *bioethanol* yang di jual di lapangan. Mengetahui karakteristik *bioethanol* yang dihasilkan dari limbah pabrik *wafer mix snack* Wringin Anom Gresik. Mengetahui perbandingan jumlah limbah pabrik *wafer mix snack* terhadap jumlah dan kualitas *bioethanol* yang dihasilkan serta berapa banyak ampas hasil fermentasi yang diperoleh dan mengetahui penggunaan ampas hasil fermentasi.

Manfaat dari penelitian ini adalah Mahasiswa dapat mempelajari tentang uji coba pembuatan *bioethanol* berbahan baku limbah pabrik *wafer mix snack* Wringin Anom Gresik. Memberikan alternatif baru untuk mengatasi krisis energi khususnya bahan bakar premium. Memberikan peluang bisnis baru bagi masyarakat untuk membuat bahan bakar *bioethanol*. Memberdayakan dan meningkatkan perekonomian bagi masyarakat khususnya masyarakat Wringin Anom Gresik.

METODE

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
Variabel bebas atau disebut dengan *independent variable* dalam penelitian ini adalah memvariasi perbandingan volume air, berat ragi, dan lama fermentasi.
- Variabel Terikat
Variabel terikat (*Variable Response*) dapat disebut hasil atau variabel yang dipengaruhi oleh variabel lain (Ahmad Mutohar,2012 : 35). Variabel terikat pada penelitian ini adalah kadar *bioethanol*, nilai kalor

(*heating value*), titik nyala (*flash point*), titik tuang (*pour point*), densitas dan viskositas.

• Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan usaha untuk menghilangkan pengaruh variabel-variabel lain selain variabel bebas yang mempengaruhi hasil variabel terkait.

Beberapa variabel kontrol dalam penelitian ini antara lain:

- 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

Instrumen penelitian pada proses pembuatan bioethanol dari batang jagung ini adalah sebagai berikut:

- 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.

Data dalam penelitian ini diperoleh dengan cara melakukan percobaan terhadap obyek yang akan diteliti dan mencatat data-data yang diperlukan. Data-data yang diperlukan adalah komposisi yang sesuai pada pembuatan *bioethanol* berbahan baku limbah pabrik *wafer mix snack* agar memperoleh hasil yang maksimal. Setelah itu, baru dilakukan pengujian karakteristik dari *bioethanol* tersebut di laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya, laboratorium Unit Produksi Pelumas Pertamina Surabaya dan laboratorium FMIPA-ITS Surabaya.

Prosedur Penelitian

- Tahap persiapan
 - Membeli limbah pabrik *wafer mix snack* dari industri *wafer* Wringin Anom Gresik dengan harga Rp 1.250,00 per Kg.
 - Limbah pabrik *wafer mix snack* kemudian dilakukan proses sakarifikasi yaitu proses untuk memecah karbohidrat menjadi glukosa.
 - Mendidihkan volume air dengan variasi 1250 ml, 1500 ml, 1750 ml dan 2000 ml.
 - Masukkan 250 gr limbah pabrik *wafer mix snack* ke dalam air yang sudah mendidih.
 - Aduk hingga limbah pabrik *wafer mix snack* seperti bubur.
 - Dinginkan limbah pabrik *wafer mix snack* dengan air yang sudah ditaruh pada ember besar supaya proses pendinginan lebih cepat.
- Tahap fermentasi
 - Siapkan botol/jirigen untuk proses fermentasi.
 - Fermentasi limbah pabrik *wafer mix snack* dilakukan dengan menambahkan ragi *saccharomyces* (ragi tape) dengan variasi berat ragi 3 gr, 6 gr, 9 gr dan 12 gr.
 - Masukkan limbah pabrik *wafer mix snack* yang sudah disakarifikasi dan penambahan ragi pada botol/jirigen. Tutup botol/jirigen dan pastikan tidak ada kebocoran udara.
 - Memvariasi lama fermentasi yaitu 3 hari, 4 hari, 5 hari dan 6 hari.
 - Bubur limbah *wafer mix snack* hasil fermentasi disaring dan diperas untuk memisahkan antara cairan dengan ampas
- 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 destilasi.
 - Memasang *condensor liebig* sebagai pendingin pada proses penguapan. Pada *condensor liebig* dipasang selang yang telah dialiri air untuk mempercepat pendinginan.
 - Setelah disaring limbah pabrik *wafer mix snack* sebanyak 1000 ml 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 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 2. Data hasil distilasi terhadap lama fermentasi

No	Jumlah limbah wafer mix snack (gr)	Jumlah Perbandingan			Kadar bioethanol (%)	Jumlah bioethanol (ml)
		Air (ml)	Ragi (gr)	Lama waktu (hari)		
1	250	1750	9	3	25	100
2	250	1750	9	4	43	100
3	250	1750	9	5	30	100
4	250	1750	9	6	28	100

- Mencari perbandingan berat ragi yang optimal

Tabel 3. Data hasil distilasi terhadap perbandingan berat ragi

No	Jumlah limbah wafer mix snack (gr)	Jumlah perbandingan			Kadar bioethanol (%)	Jumlah bioethanol (ml)
		Air (ml)	Ragi (gr)	Lama waktu (hari)		
1	250	1750	3	4	28	100
2	250	1750	6	4	43	100
3	250	1750	9	4	37	100
3	250	1750	12	4	34	100

- Mencari perbandingan volume air yang optimal

Tabel 4. Data hasil distilasi terhadap perbandingan volume air

No	Jumlah limbah wafer mix snack (gr)	Jumlah perbandingan			Kadar bioethanol (%)	Jumlah bioethanol (ml)
		Air (ml)	Ragi (gr)	Lama waktu (hari)		
1	250	1250	6	4	25	100
2	250	1500	6	4	48	100
3	250	1750	6	4	43	100
4	250	2000	6	4	23	100

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

Tabel 5. Data hasil distilasi bertingkat

Distilasi	Volume <i>bioethanol</i> yang dihasilkan(ml)	Kadar <i>bioethanol</i> (%)
Distilasi I	1500	48
Distilasi II	900	84
Distilasi III	700	89
Distilasi IV	450	95

- Hasil karakteristik *bioethanol* limbah *wafer mix snack*
 - 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 flash point, densitas dan pour point dilakukan di laboratorium Unit Produksi Pelumas Surabaya (UPPS) PT. Pertamina, nilai kalor dilakukan di laboratorium FMIPA-ITS, sedangkan untuk viskositas dan kadar *bioethanol* pengujian dilakukan di laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas Jurusan Teknik Mesin Unesa.
 - Pengujian yang dilakukan di laboratorium FMIPA-ITS untuk mengetahui nilai kalor diperlukan 100 ml *bioethanol* limbah wafer mix snack, untuk pengujian pour point, flash point dan densitas dilakukan di laboratorium UPPS PT. Pertamina diperlukan 250 ml *bioethanol* limbah wafer mix snack. Sedangkan untuk pengujian karakteristik viskositas, dan kadar *bioethanol* dilakukan di laboratorium bahan bakar dan pelumas UNESA diperlukan 100 ml *bioethanol* limbah

wafer mix snack. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Perbandingan karakteristik *bioethanol* limbah wafer mix snack dengan *bioethanol* murni

Karakteristik	<i>Bioethanol</i> murni	<i>bioethanol</i> limbah wafer mix snack	Satuan
Kadar	99,5 *	95 *	%
Densitas	0,789 ▫	0,8346 ***	Kg/l
Nilai kalor	6380 ▫	6345,07 **	Kcal/kg
Pour point	-17,2 ▫	> -31 ***	°C
Flash point	12* [♣]	9 ***	°C
Viskositas	1,17 * [♣]	4,3 *	cPs

Keterangan :

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

- Hasil distilasi

Diketahui hasil proses distilasi pada tabel 4.3 diperoleh bahwa kadar *bioethanol* yang paling optimal adalah 18% dengan perbandingan 250 gr limbah *wafer mix snack* dengan 1500 ml, 6 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 1250 ml, 1500 ml, 1750 ml, dan 2000 ml didapatkan 1500 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 *wafer mix snack* menjadi *bioethanol*.

Pada berat ragi yang optimal adalah 6 gr ini ditunjukkan dari perbandingan yang sama dan dilakukan penambahan jumlah ragi menjadi 9 gr dan 12 gr membuat kadar *bioethanol* menurun sedangkan pemberian

ragi 3 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 4.3. 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 4 kali proses distilasi untuk mencapai kadar *bioethanol* 95%. 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 gell*.

Destilasi pertama kadar *bioethanol* 48% 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 84% selanjutnya karena kadar airnya masih terlalu tinggi maka pada distilasi ketiga kembali diberi campuran garam sehingga kandungan *bioethanol* meningkat menjadi 89%, dilakukan lagi distilasi keempat dengan menggunakan campuran garam dan diberikan *silica gell* pada pangkal *condensor liebving* sehingga kadar *bioethanol* meningkat menjadi 95%.

Dari kadar ini baru bisa dilakukan uji karakteristik karena kadar *bioethanol* sudah mencapai >90%.

- Hasil analisis karakteristik *bioethanol*
 - Pengujian kadar *bioethanol* ini menggunakan *alcoholmeter*, diperoleh kadar *bioethanol* limbah *wafer mix snack* 95 %. Pada tabel 4.6 *bioethanol* murni mempunyai kadar 99,5%, sedangkan kadar *bioethanol* limbah *wafer mix snack* lebih rendah yaitu 95%. Hal ini disebabkan karena pada *bioethanol* limbah *wafer mix snack* masih terdapat kandungan kadar air.
 - Pengujian densitas *bioethanol* limbah *wafer mix snack* menggunakan metode ASTM D 1298 diperoleh hasil 0,8346 g/cm³. Pada tabel 4.6 menunjukkan densitas *bioethanol* murni sebesar 0,789 g/cm³, sedangkan densitas *bioethanol* limbah *wafer mix snack* lebih tinggi yaitu 0,8346 g/cm³. Hal ini disebabkan karena pada *bioethanol* *wafer mix snack* terdapat kandungan air. Semakin kecil densitas berarti semakin baik pula kualitasnya.
 - Flash point *bioethanol* *wafer mix snack* lebih rendah dari *bioethanol* murni yaitu 9oC sedangkan untuk *bioethanol* murni 12oC. Hal ini membuktikan bahwa *bioethanol* *wafer mix snack* akan mudah terbakar dibandingkan *bioethanol* murni. Jadi dapat disimpulkan semakin rendah flash point suatu bahan bakar, maka bahan tersebut akan makin mudah terbakar, namun sebaliknya semakin tinggi flash point suatu bahan, maka bahan tersebut akan makin sulit terbakar.

- Pour point *bioethanol* wafer mix snack lebih baik dibandingkan *bioethanol* murni. Untuk pour point *bioethanol* wafer mix snack yaitu $>-31^{\circ}\text{C}$ sedangkan untuk *bioethanol* murni hanya mencapai -17°C . Hal ini menunjukkan bahwa *bioethanol* wafer mix snack dapat digunakan pada daerah tropis maupun daerah dingin termasuk di Indonesia.
- Heating value *bioethanol* wafer mix snack sebesar 6345,07 Kcal/Kg sedangkan untuk *bioethanol* murni sebesar 6380 Kcal/Kg. Heating value *bioethanol* wafer mix snack yang dihasilkan hampir mendekati dari heating value *bioethanol* murni. Dari sini dapat disimpulkan bahwa energi yang dihasilkan *bioethanol* wafer mix snack hampir sama dengan energi yang dihasilkan *bioethanol* murni.
- Dari Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas UNESA viskositas kadar *bioethanol* wafer mix snack dengan kadar 95% adalah 4,3 cPs sedangkan *bioethanol* murni mempunyai viskositas 1,17 cPs.
- Perhitungan ekonomis
 Dalam penelitian ini menghasilkan 450 ml *bioethanol wafer mix snack* dengan kadar 95% memerlukan bahan 1000 gr limbah *wafer mix snack* dengan ragi sebesar 20 gr dan air 6000 ml. Berikut ini adalah rincian biaya pembuatan *bioethanol* limbah *wafer mix snack*.

Biaya listrik	Rp 2.697,-
Bahan baku	Rp 1.250,-
Transportasi	Rp 180,-
Ragi	Rp 1.200,-
Garam	Rp 1.420,-
<u>Silika gel</u>	<u>Rp. 1.250,-</u> +
Total biaya	Rp 7.997,-

Jadi untuk harga perliter *bioethanol* wafer snack dapat diperoleh:

$$\frac{1000 \text{ ml}}{450 \text{ ml}} \times \text{Rp } 7.997 = \text{Rp } 17.771$$

Harga *bioethanol* dipasaran saat ini adalah Rp. 42.500,- (Sumber: Toko Tidar Kimia Jl. Tidar 260 Surabaya, *bioethanol* produksi PTPN XI Lumajang Jawa Timur). Sedangkan keuntungan yang yang didapat dari pembuatan *bioethanol wafer mix snack* sebesar $\text{Rp } 42.500 - \text{Rp } 17.771 = \text{Rp } 24.729,-$ per liter.

PENUTUP

Simpulan

- Variasi perbandingan terbaik yang menghasilkan kadar *bioethanol* paling optimal untuk pembuatan *bioethanol* dari limbah pabrik *wafer mix snack* ini adalah 250 gr limbah pabrik *wafer mix snack* dengan volume air 1500 ml serta penambahan ragi sebanyak 6 gram kemudian lama fermentasi 4 hari.
- Pada penelitian ini dilakukan distilasi sebanyak 4 kali distilasi untuk menghasilkan *bioethanol* limbah pabrik wafer mix snack $>90\%$. Distilasi pertama menghasilkan *bioethanol* dengan kadar 48% sebanyak 1500 ml. Distilasi kedua menghasilkan *bioethanol* dengan kadar 84% sebanyak 900 ml. Distilasi ketiga menghasilkan *bioethanol* dengan kadar 89% sebanyak 700 ml. Distilasi keempat menghasilkan *bioethanol* dengan kadar 95%.

- Pada distilasi bertingkat digunakan silica gell dan garam. Hal ini dilakukan karena bioethanol dan air sangat sulit untuk dipisahkan sehingga kedua komponen tersebut termasuk azeotrope (dua komponen yang selisih titik didihnya berdekatan).
- Hasil pengujian karakteristik dari bioethanol berbahan baku limbah pabrik wafer mix snack ini adalah nilai kalori 6345,07 Kcal/kg, flash point 9 oC, pour point >-31 °C, viskositas 4,3 cPs, densitas 0,8346 gr/cm³, dan kadar bioethanol 95,5%.
- Harga 1 liter bioethanol limbah pabrik wafer mix snack dengan kadar 95% sebesar Rp 17.771,-. Sedangkan untuk bioethanol murni harganya Rp 42.500,- (sumber: Toko Tidar Kimia Jl. Tidar 260 Surabaya, bioethanol produksi PTPN XI Lumajang Jawa Timur). Dari pembuatan bioethanol limbah pabrik wafer mix snack dapat diperoleh keuntungan sebesar Rp 24.729,- per liter.

Saran

- Untuk menghasilkan bioethanol limbah pabrik wafer mix snack yang berkualitas sebaiknya dalam proses fermentasi 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 gell dan penambahan garam.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. Azeotrope, (Online), <http://majarimagazine.com/2007/11/proses-distilasi-campuran-biner.html>, diakses 27 Februari 2013.
- Anonim. biofuel, (Online), <http://id.wikipedia.org/wiki/biofuel>, diakses 1 Januari 2013.
- Anonim. bioetanol, (Online), <http://id.wikipedia.org/wiki/bioetanol>, diakses 15 Januari 2013.
- Anonim. Destilasi, (Online), <http://id.wikipedia.org/wiki/destilasi>, diakses 25 Januari 2013.
- Anonim. Fermentasi, (Online), <http://id.wikipedia.org/wiki/fermentasi>, diakses 23 Januari 2013.
- Anonim. Ragi, (Online), <http://id.wikipedia.org/wiki/ragi>, diakses 15 Januari 2013.
- Anonim. Silka gel, (Online), http://id.wikipedia.org/wiki/silika_gel, diakses 25 Januari 2013.
- Badan Pusat Statistik. (2010). Statistik Industri Besar dan Sedang. Jakarta-Indonesia
- George Granger Brown. (1973). Unit Operations. New York Tokyo: Modern Asia Edition
- Hardjono. A. (2001). Teknologi Minyak Bumi. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hariani, Ike. 2013. Proses Produksi Bioethanol Dari Bahan Baku Buah-buahan yang Sudah Tidak Layak Konsumsi. Skripsi Program S1 Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya
- Muthohar, Ahmad. 2012. Pemanfaatan Limbah Kulit/Jerami Nangka (Artocarpus Heterphylius) Sebagai Bahan Bakar Alternatif (Bioethanol). Skripsi Program S1 Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.
- Prihandana, Rama, dkk. (2007). Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan. Jakarta: PT AgromediaPustaka.
- Sugiyono, Dr. 2010. Statistika Untuk Penelitian. Bandung: Alfabeta
- Wenda. 2011. Pembuatan Bioethanol Dari Pemanfaatan Limbah Tepung Beras Pabrik *Rose Brand*. Surabaya: Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.