

PEMBUATAN BIOETANOL DARI BIJI CEMPEDAK MENGGUNAKAN METODE HIDROLISIS ASAM DAN FERMENTASI

Siti Miskah*, Wasti Saing, Coraima Siburian

*Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang – Prabumulih KM. 32 Indralaya Ogan Ilir (OI) 30662
Email: miskah56@yahoo.com

Abstrak

Salah satu alternatif dalam mendukung ketersediaan sumber daya energi terbarukan adalah dengan memanfaatkan sumber dari non fosil seperti bioetanol. Bioetanol merupakan etanol yang dibuat dari biomass yang mengandung komponen pati (karbohidrat) atau selulosa yang selanjutnya di fermentasi menggunakan bantuan mikroorganisme (*Saccharomyces cerevisiae*). Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah biji buah cempedak. Penelitian ini bertujuan membuat bioetanol dari biji buah cempedak dengan variasi penambahan jumlah ragi dan lamanya waktu fermentasi. Kemudian bioetanol ini ditentukan densitas, kadar etanol, viskositas dan nilai kalornya. Produksi bioetanol telah dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) dengan hidrolisis asam (HCl). Hidrolisat yang diperoleh selanjutnya difermentasi dengan penambahan massa ragi 1,8; 3,6; 5,4; 7,2; dan 9 gram serta lama fermentasi 1, 3, 5, 7, 9 hari. Hasil penelitian menunjukkan lama fermentasi dan banyak ragi mempengaruhi kadar etanol. Kadar etanol tertinggi diperoleh 1,10% pada penambahan ragi 9 gram dengan lama fermentasi 5 hari. Densitas bioetanol terendah diperoleh 0,8985 gr/ml pada penambahan ragi 9 gram dengan lama fermentasi selama 5 hari. Viskositas paling tinggi 1,0386 mm²/s. Nilai kalor tertinggi diperoleh 10.309,48 cal/gr.

Kata kunci: Bioetanol, fermentasi, hidrolisis asam, biji buah cempedak.

Abstract

One alternative in favor of the availability of renewable energy resources is to utilize non-fossil sources such as a bioethanol. Bioethanol is ethanol made from biomass component containing starch (carbohydrate) or cellulose. Furthermore it is fermented using microorganisms (Saccharomyces cerevisiae). The raw materials used in this research are cempedak seeds with variation of yeast additions and length of fermentation time. It is then determined the density, ethanol content, viscosity and calorific value. Bioethanol production was conducted through the process of converting carbohydrates into sugar (glucose) by acid hydrolysis (HCl). Hydrolysates were then fermented by adding yeast to obtain bioethanol. The used variables were yeast mass 1,8; 3,6; 5,4; 7,2; and 9 grams and fermentation time 1, 3, 5, 7 and 9 days. The results pointed out that addition of yeast and fermentation time affect the levels of ethanol. The optimum ethanol content obtained by 1,10% on the addition 9 grams of yeast with fermentation length for 5 days. The lowest bioethanol density was obtained 0.8985 gr/ml on the addition of 9 grams of yeast with fermentation length for 5 days. The highest viscosity is 1.0386 mm²/s. The highest calorific value is 10,309.48 cal/gr.

Keywords: Bioethanol, fermentation, acid hydrolysis, cempedak seeds.

1. PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan primer bagi kehidupan masyarakat. Jumlah populasi penduduk yang meningkat mengakibatkan peningkatan terhadap kebutuhan energi. Pada saat ini sumber energi yang masih digunakan masih di dominasi dengan bahan bakar fosil berupa minyak bumi,

batubara, dan gas bumi yang tidak dapat diperbaharui. Dengan mengkonsumsi energi yang terus meningkat dan cadangan bahan bakar fosil yang semakin menipis, maka diperlukan energi alternatif.

Pada tahun 2006, pemerintah telah mengeluarkan Peraturan Presiden Republik

Indonesia nomor lima tentang Kebijakan Energi Nasional. Kebijakan tersebut untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti Bahan Bakar Minyak (BBM) seperti bahan bakar nabati (*biofuel*). Hal ini tercantum dalam Instruksi Presiden nomor satu tahun 2006 tertanggal 25 Januari 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) sebagai bahan bakar lain. Salah satu bahan bakar nabati yang dapat dikembangkan adalah bioetanol.

Bioetanol merupakan bahan bakar terbarukan yang terbuat dari biomassa yang mengandung komponen pati, gula, dan selulosa, bioetanol juga dapat dijadikan pengganti bahan bakar fosil, sehingga pemakaian bioetanol lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar minyak dan gas bumi (Irvan, dkk 2016).

Seiring dengan semakin meningkatnya buah cempedak, maka tidak dapat dipungkiri bahwa keberadaan limbah hasil pengolahan cempedak juga akan semakin meningkat. Limbah yang dihasilkan diantaranya adalah berupa biji. Dari permasalahan inilah, sehingga muncul pemikiran untuk memanfaatkan limbah biji cempedak untuk diolah menjadi alkohol yang didukung dengan kandungan selulosa yang ada pada buah cempedak tersebut. Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk membuat alkohol dari biji cempedak yaitu dengan cara hidrolisis asam, fermentasi dan destilasi.

Pemanfaatan biji dari buah cempedak dapat digunakan untuk produksi bioetanol yang mampu mengurangi emisi gas karbondioksida tanpa memerlukan modifikasi pada kendaraan, karena bioetanol diperoleh melalui proses fermentasi biomassa dengan bantuan mikroorganisme.

Biji Cempedak

Di Indonesia cempedak begitu melimpah. Namun penggunaan dan pemanfaatan dari biji buah cempedak itu sendiri masih sangat kurang. Biji buah cempedak mengandung gizi yang lebih tinggi dibandingkan dengan biji buah nangka. Berikut tabel perbandingan komponen gizi antara biji buah cempedak, biji buah nangka, per 100 gram:

Tabel 1. Perbandingan Kandungan Gizi Biji Buah Cempedak dengan Biji Buah Nangka per 100 gram

Komponen Gizi	Biji Buah Cempedak	Biji Buah Nangka
Energi (kkal)	116	106
Protein (g)	3,0	1,2
Lemak (g)	0,4	0,3
Karbohidrat (g)	28,6	27,6
Kalsium (g)	20	20
Fosfor (mg)	30	19

Besi (mg)	1,5	0,9
Air (g)	67,0	70,0

(Sumber: Direktorat Gizi Departemen Kesehatan Indonesia, 1992)

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa biji cempedak mengandung karbohidrat (28,6 g/100 g), yang jumlahnya lebih tinggi dibandingkan dengan biji buah nangka. Protein biji cempedak (3,0 g/100 g) melebihi setengah dari kandungan protein biji nangka, dan ketersediaannya yang melimpah maka biji cempedak berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bioetanol pengganti bahan bakar minyak (BBM).

Bioetanol

Bioetanol memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan bensin. Beberapa kelebihan bioetanol yaitu mengandung 35% oksigen, memiliki nilai oktan yang tinggi yaitu sebesar 96-113, ramah lingkungan karena gas buangnya rendah terhadap senyawa-senyawa yang berpotensi sebagai polutan seperti karbon monoksida, rumah kaca, lebih utama karena bioetanol bisa diperbaharui (Hambali dkk, 2007).

Etanol diperoleh dengan proses fermentasi melalui bantuan mikroorganisme yakni ragi. Penamaan bio adalah untuk membedakannya dari etanol yang diproses dari minyak bumi (minyak fosil) melalui proses hidrasi etilenan dengan katalis asam. Bioetanol dapat digunakan:

- Sebagai bahan bakar kendaraan.
- Sebagai bahan minuman alkohol.
- Sebagai bahan bakar roket.
- Sebagai bahan kimia dasar denyawa organik.
- Sebagai antiseptik.
- Sebagai *antidote* beberapa racun.
- Sebagai pelarut untuk parfum, cat dan larutan obat.
- Digunakan untuk pengobatan untuk mengobati depresi dan obat bius.

Bioetanol diproduksi dari biomassa terbarukan seperti pati, gula atau bahan *lingocellulosic*. Masing-masing bahan baku dalam pembuatan bioetanol memiliki cara yang berbeda untuk pengolahannya. Berikut pengklasifikasian berdasarkan bahan baku yang digunakan, proses, dan pemanfaatannya:

- Klasifikasi berdasarkan bahan baku serta prosesnya:
 - Etanol nabati: Secara mikrobiologis menggunakan bahan baku berpati (jagung, ubi kayu dan umbi-umbian lain), serta bahan yang mengandung gula (molasses, tebu, *sweet sorghum*, aren, dan jenis palem lainnya) dan bahan berserat (onggok, jerami, dan sekam, tongkol jagung, ampas tebu, dan kulit kakao).
 - Etanol sintesis: Secara sintesis menggunakan bahan baku antara lain

minyak mentah, gas. Saat ini produksi etanol sintesis kurang dari 5% dari total produksi.

2. Klasifikasi berdasarkan kandungan air:
 - a. Etanol 95-96% (alkohol prima super, prima I, dan alkohol prima II) disebut etanol hidrat yang dibagi dalam: *Technical/raw spit grade*, digunakan untuk bahan bakar spiritus, minuman, desinfektan dan pelarut. *Industrial grade*, digunakan untuk bahan baku industri pelarut. *Potable grade*, untuk minuman berkualitas tinggi.
 - b. Etanol 99,5% (*anhydrous ethanol*) dengan kandungan air 0,05%, digunakan untuk bahan bakar. Jika dimurnikan lebih lanjut dapat digunakan untuk keperluan farmasi dan pelarut di laboratorium analisis. Etanol ini disebut *fuel grade ethanol* (FGE) atau *anhydrous ethanol* (etanol anhidrat) atau etanol kering, yakni etanol yang bebas air atau hanya mengandung air minimal.
3. Klasifikasi berdasarkan pemanfaatannya:
 - a. Untuk industri (*industrial grade*), sebagai pelarut pada pembuatan vernis, minyak wangi, *iodium tincture* dan spiritus. Di laboratorium digunakan sebagai pelarut senyawa bersifat polar, di bidang kedokteran sebagai bahan baku pembuatan *chloroform*.
 - b. Untuk minuman beralkohol (*portable grade*).
 - c. Untuk bahan bakar (*fuel grade ethanol*).

Ciri khas bioetanol adalah berbentuk cairan yang tidak berwarna dengan bau khas, dapat melarutkan zat organik, mudah menguap, titik didih 78°C, dan berat molekul 46,07 gram. Adapun sifat fisika etanol terdiri dari:

Tabel Sifat Fisika dari Etanol

No.	Sifat Fisik Etanol	
1.	Rumus Molekul	CH ₃ CH ₂ OH
	Massa	
2.	Molekul Relatif	46,07 gr/mol
3.	Titik didih normal	78,32°C
4.	Titik beku	-114,3°C
5.	Densitas pada 20°C	0,7893 g/cm ³
6.	Kelarutan dalam air 20°C	Sangat larut
7.	Viskositas pada 20°C	1,17 Cp
8.	Kalor spesifik 20°C	0,579 kal/g°C
9.	Kalor pembakaran 25°C	7092,1 kal/g
10.	Indeks bias	1,36

(Sumber: Rizani, 2000)

Ragi

Pada penelitian ini, mikroba yang digunakan adalah ragi *Saccharomyces cerevisiae*. *Saccharomyces cerevisiae* dikenal memiliki daya konversi gula menjadi etanol karena memiliki

enzim zimase dan invertase. Enzim invertase berfungsi sebagai pemecah sukrosa menjadi monosakarida (glukosa dan fruktosa). Sedangkan untuk enzim zimase mengubah glukosa menjadi etanol (Judoamidjojo dkk, 1992).

Bakteri ini termasuk dalam *family Saccharomycetales* dengan genus *Saccharomyces* (Alexopoulos dkk, 1986). Mikroba ini mampu mengkonversi selulosa dan hemiselulosa berantai karbon 5 menjadi bioetanol. Glukosa dibuat dari pati yang terkandung di dalam biji cempedak. Proses pembuatannya menggunakan zat pembantu yaitu hidrolisa enzim.

Dalam proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut air dilakukan dengan penambahan air dan enzim, kemudian dilakukan proses peragian atau fermentasi gula menjadi etanol dengan menambahkan ragi.

Ragi ini hidup pada kondisi pH 3-6 dengan temperatur maksimal 40-50°C dan minimal 0°C (Sudarmadji dkk, 1997).

Proses Pembuatan Bioetanol

Secara umum, keseluruhan proses pembuatan bioetanol meliputi tiga tahapan, yaitu persiapan bahan baku, fermentasi dan pemurnian. Setiap tahapan mempengaruhi keberhasilan tahapan berikutnya.

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Pada tahap persiapan, bahan baku berupa padatan harus dikonversi terlebih dahulu menjadi larutan gula sebelum akhirnya difermentasi untuk menghasilkan etanol. Biji cempedak termasuk berbahan pati sehingga memerlukan perlakuan awal atau *pretreatment* hingga memperoleh gula sederhana. Pada penelitian ini, pengolahan awal yang dilakukan adalah pencucian, pengecilan ukuran, penjemuran, kemudian penghalusan biji buah cempedak hingga menjadi tepung.

2. Tahap Hidrolisis Asam

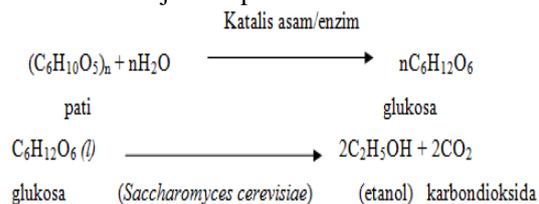
Hidrolisa merupakan proses dekomposisi kimia yang menggunakan air untuk memisahkan ikatan kimia dengan substansinya. Sedangkan hidrolisa pati adalah pemecahan molekul amilum menjadi bagian-bagian penyusunnya yang lebih sederhana, yaitu dekstrin, isomaltosa, maltose dan glukosa (Purba, 2009).

Hidrolisis selulosa dapat dilakukan secara enzimatik dan kimiawi. Hidrolisis secara enzimatik dapat dilakukan dengan menggunakan enzim selulase, sedangkan hidrolisis secara kimiawi dapat dilakukan dengan menggunakan asam, yaitu asam kuat konsentrasi rendah maupun asam lemah konsentrasi tinggi. Asam yang digunakan dalam proses hidrolisis selulosa antara lain asam sulfat, asam klorida, asam fosfat, asam nitrat dan asam trifluoasetat (TFA). Pemilihan asam dan konsentrasi yang akan digunakan tergantung pada jenis sampel yang akan dihidrolisis (Sastroamidjojo, 2005).

Penggunaan asam klorida sebagai katalisator hidrolisis karena asam klorida (HCl) merupakan asam kuat yang bersifat monoprotik. Dimana proses pembentukan H⁺ terjadi dalam satu tahap, sehingga reaksi hidrolisis yang dikatalisnya berlangsung relatif cepat dibandingkan dengan H₂SO₄. Selain faktor tersebut, asam klorida juga merupakan asam kuat yang relatif aman, karena pada proses penetralan dengan menggunakan NaOH akan menghasilkan NaCl yang tidak berbahaya, apabila dibandingkan dengan HNO₃ yang akan menghasilkan gas NO₂ yang sangat beracun.

3. Tahap Fermentasi

Fermentasi alkohol adalah proses penguraian karbohidrat/glukosa menjadi etanol dan CO₂ yang dihasilkan oleh aktifitas suatu jenis mikroba yang disebut khamir dalam keadaan anaerob. Perubahan dapat terjadi jika mikroba tersebut bersentuhan dengan makanan yang sesuai bagi pertumbuhannya. Fermentasi dilakukan pada kisaran suhu 27-32°C. Pada tahap ini akan dihasilkan gas CO₂ sebagai produk sampingan dan *sludge* sebagai limbahnya. Reaksi yang terjadi pada proses produksi bioetanol secara sederhana ditunjukkan pada reaksi berikut ini:



4. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Fermentasi Alkohol

Fermentasi alkohol merupakan proses yang terjadi karena adanya aktifitas suatu jenis mikroba yang disebut khamir. Besar kecilnya aktifitas hidup mikroba ini akan menentukan jumlah alkohol yang terbentuk dan aktifitas ini juga dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut umumnya berhubungan erat dengan penyediaan dan pemakaian nutrisi yang digunakan untuk menunjang aktifitas hidupnya. Berikut ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi alkohol:

1. Jenis Mikroorganisme
2. Lama fermentasi
3. Derajat keasaman
4. Kadar gula
5. Suhu

5. Tahap Pemurnian

Pada penelitian ini proses pemurnian yang dilakukan adalah distilasi. Distilasi merupakan proses pemisahan dan pemurnian produk dari hasil fermentasi etanol. Proses distilasi dilakukan dengan cara mendidihkan campuran etanol dan air. Etanol mempunyai titik didih yang lebih

rendah (78°C) dibandingkan air (100°C) sehingga etanol akan menguap terlebih dahulu dibandingkan air, selanjutnya uap etanol dikondensasi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah ragi dan lama waktu fermentasi terhadap densitas, kadar bioetanol, nilai viskositas dan nilai kalor pada pembuatan bioetanol dari biji buah cempedak. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Bioproses Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Alat dan Bahan

Alat

- 1) Pipet tetes
- 2) Labu destilasi
- 3) *Blender*
- 4) Gelas ukur
- 5) Batang pengaduk
- 6) *Hot plate*
- 7) *Beaker glass*
- 8) Ember
- 9) Kertas pH
- 10) Tutup gabus
- 11) Viskometer
- 12) Botol fermentasi
- 13) Klem
- 14) Statif
- 15) *Erlenmeyer*
- 16) Termometer
- 17) Kertas saring
- 18) Corong *buchner*
- 19) Pompa vakum
- 20) Kalorimeter
- 21) Piknometer
- 22) *Gas chromatography (GC)*
- 23) *Autoclave*
- 24) Neraca tiga lengan
- 25) Neraca analitis
- 26) *Cutter*
- 27) Spatula
- 28) Corong

Bahan

1. Biji cempedak
2. *Saccharomyces cerevisiae*
3. Aquades
4. Larutan HCl 0,5 N
5. Larutan NaOH 25%
6. Alumunium foil

Prosedur Penelitian

Biji buah cempedak yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Kota Indralaya, Kabupaten Ogan Ilir, Provinsi Sumatera Selatan.

Variabel -Variabel Penelitian

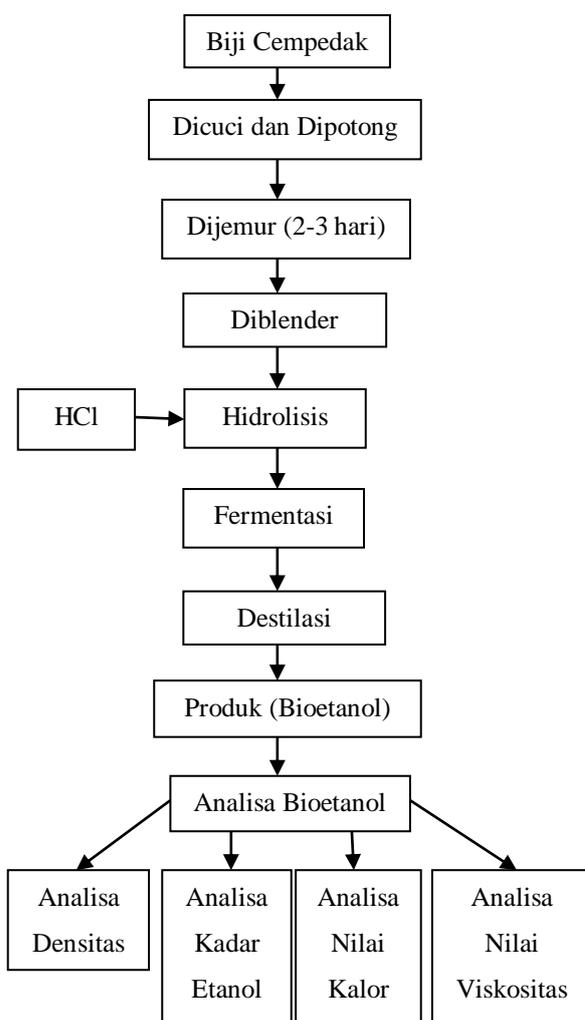
Variasi yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

- 1) Variasi lama waktu fermentasi: 1, 3, 5, 7, dan 9 hari..
- 2) Variasi penambahan jumlah ragi: 1,8; 3,6; 5,4; 7,2; dan 9 gr.

Persiapan Bahan Baku

- 1) Biji cempedak dicuci bersih terlebih dahulu, kemudian dipotong kecil-kecil, dan dijemur selama 2-3 hari.
- 2) Biji dihaluskan dengan cara diblender hingga menjadi tepung.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir penelitian

Deskripsi Proses

Proses Hidrolisis

- a. Tepung biji cempedak dicampur dengan *aquadest* sebanyak 100 ml dengan berat tepung biji cempedak sebesar 20 gram.
- b. Kemudian dihidrolisis dengan HCl sebanyak 100 ml dan suhu 100°C selama 60 menit hingga terbentuk *slurry*.

- c. Hasil hidrolisis disaring dengan menggunakan kertas saring untuk memperoleh larutan gula sederhana (glukosa).
- d. Mengukur pH larutan glukosa yaitu antara 4-5 dimana pH dinetralkan dengan larutan NaOH 25%.
- e. Setelah proses hidrolisis selesai, bahan didinginkan hingga suhu kamar dengan cara memasukkan sampel didalam *beaker glass* ke dalam ember yang berisi air keran hingga suhunya turun.

Fermentasi

- a. Sampel hasil proses hidrolisis dituang ke dalam 5 erlenmeyer yang berbeda.
- b. Tambahkan *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 1,8 gr, 3,6 gr, 5,4 gr, 7,2 gr dan 9 gr ke dalam setiap wadah dan ditutup menggunakan tutup gabus.
- c. Lakukan fermentasi selama 1, 3, 5, 7, dan 9 hari dengan suhu maksimum mencapai 36°C.

Destilasi

- a. Siapkan seperangkat alat destilasi, kemudian tuangkan hasil fermentasi ke dalam labu destilasi.
- b. Selama proses destilasi berlangsung perhatikan suhu destilasi pada 78-80°C dan proses destilasi dihentikan.
- c. Hasil destilasi disaring kembali dan diambil padatnya, sedangkan destilat ditampung dan diukur volume destilat serta kadar bioetanol yang diperoleh.

Analisa Densitas

- a. Piknometer 5ml digunakan untuk mengukur nilai densitas bioetanol.
- b. Piknometer dikeringkan ke dalam oven pada temperatur 100°C selama 30 menit kemudian dinginkan sampai suhu kamar.
- c. Berat piknometer kosong ditimbang pada suhu kamar.
- d. Menimbang berat piknometer yang telah diisi *aquadest* penuh pada suhu kamar.
- e. Menghitung volume piknometer.
- f. Menimbang berat piknometer yang telah diisi penuh dengan sampel bioetanol yang akan ditentukan densitasnya pada suhu kamar.
- g. Lakukan hal yang sama menggunakan sampel lainnya.

Analisa Kadar Etanol

- a. Hidupkan GC dan komputer PC.
- b. Pada komputer PC buka *software GC Solution*. Kemudian pilih metode yang digunakan, jika analisa kadar bioetanol maka pilih metode etanol pada daftar yang tersedia.
- c. Sebelum menganalisa sampel, tentukan nilai standar dengan menggunakan etanol murni (*slope test*). Klik tombol “single run” pada

- komputer dan tunggu hingga muncul tulisan "Ready".
- Kemudian, ambil etanol murni menggunakan *micro syringe* sebanyak 1 μL .
 - Masukkan etanol kedalam GC melalui split injector kemudian klik tombol "Start" pada GC. Kemudian etanol akan masuk ke dalam GC akan masuk ke dalam kolom (Capilar RTX -1, ID: 0,25 mm, L : 30m).
 - Selanjutnya akan di *detector* oleh FID (*Flash Lodization Detector*).
 - Pada layar komputer akan muncul grafik serta luas area lengkungan grafik, catat luas area grafik untuk dijadikan sebagai standar.
 - Lakukan hal yang sama menggunakan sampel lainnya.

Analisa Nilai Kalor

- Letakkan kapsul yang berisi sampel pada *Bomb*.
- Ikat elektroda dengan salah satu ujung tali penghantar, dan ujung tali lainnya menyentuh sampel.
- Masukkan *bomb* dalam *bucket*.
- Pada menu "calorimeter operation" pilih menu "start preweight" untuk memasukkan sampel ID, berat sampel dan bomb yang digunakan.
- Selesai pengaturan tekan tombol "start" untuk memulai pengukuran.
- Tunggu beberapa menit dan hasil pengukuran akan tercetak pada *printer*.
- Pastikan *bucket* dan *bomb* dalam keadaan bersih setelah selesai pengukuran dan untuk melakukan pengukuran berikutnya, tanpa harus melakukan *start pretest*.
- Lakukan hal yang sama menggunakan sampel lainnya.

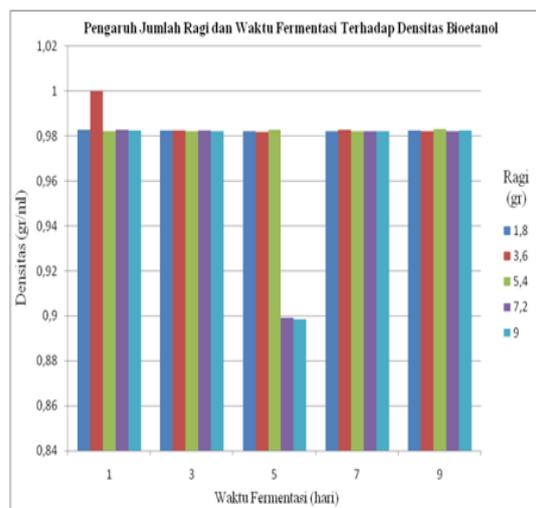
Analisa Viskositas

- Bioetanol dimasukkan ke dalam viskometer.
- Mengukur waktu yang dibutuhkan bioetanol dengan menggunakan stopwatch digital.
- Menghitung nilai viskositas.
- Lakukan hal yang sama pada sampel berikutnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Jumlah Ragi dan Waktu Fermentasi Terhadap Densitas Bioetanol

Dalam penelitian ini, ada beberapa variasi banyaknya jumlah ragi dan lama waktu fermentasi yang dilakukan. Untuk variasi tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Pengaruh Jumlah Ragi dan Waktu Fermentasi Terhadap Densitas Bioetanol

Dari gambar 2. terlihat bahwa densitas bioetanol diperoleh paling tinggi 1 gr/ml pada waktu fermentasi selama 1 hari dengan penambahan ragi sebanyak 3,6 gr. Dimana densitas tersebut melebihi dari densitas bioetanol absolut yaitu sebesar 0,789 gr/ml (Badan Standar Nasional, 2009). Selanjutnya densitas bioetanol pada waktu fermentasi 1, 3, 7, dan 9 hari menunjukkan angka yang tidak jauh berbeda. Namun berbeda halnya pada waktu fermentasi 5 hari dengan penambahan ragi 9 dan 7 gr yang menunjukkan densitas bioetanol 0,8991 dan 0,8985 gr/ml. Hal ini dikarenakan lama fermentasi memiliki pengaruh terhadap *density* alkohol yang diuji dimana pengaruh tersebut berupa penurunan dalam nilai *density* seiring bertambahnya waktu, bahwa semakin lama fermentasi maka aktivitas mikrobial mengalami pertumbuhan dengan berkembang biak semakin banyak, sehingga dengan semakin meningkatnya jumlah mikroba maka semakin banyak pula karbohidrat yang terurai menjadi alkohol. Dengan meningkatnya jumlah alkohol ini maka berat atau densitas daripada campuran alkohol-air akan semakin rendah.

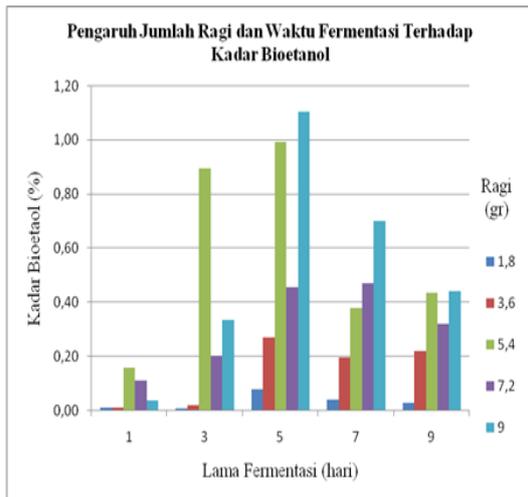
Semakin banyak jumlah ragi maka semakin rendah nilai densitas. Hal ini karena ragi *Saccharomyces cerevisiae* merubah glukosa menjadi etanol, dimana jika ragi yang diberikan banyak maka etanol yang dihasilkan juga akan semakin banyak dan begitu juga sebaliknya, sehingga densitasnya akan semakin rendah. Hal ini menunjukkan bahwa etanol yang dihasilkan masih belum murni karena bercampur dengan air.

Hal ini disebabkan oleh distilasi yang dilakukan hanya distilasi sederhana bukan distilasi azeotrop serta kurang telitinya dalam menjaga temperatur distilasi sehingga uap yang

keluar bukan hanya bioetanol melainkan bercampur dengan air (Irvan dkk, 2016).

Pengaruh Jumlah Ragi dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol

Analisa Menggunakan Metode Gas Chromatography



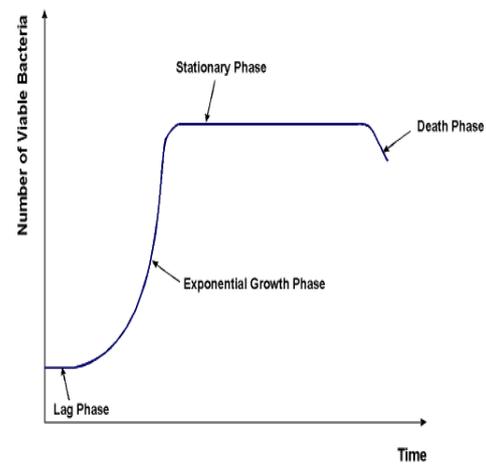
Gambar 3. Pengaruh Jumlah Ragi dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol

Dari gambar diatas terlihat bahwa kadar bioetanol yang paling tinggi dihasilkan pada waktu 5 hari dengan massa ragi 9 gr sebesar 1,10%. Pada penambahan ragi sebanyak 1,8; 3,6; dan 5,4 gr juga menghasilkan kadar etanol paling tinggi dengan fermentasi selama 5 hari apabila dibandingkan dengan waktu fermentasi lainnya dengan penambahan banyak ragi yang sama. Dari grafik diatas diketahui ketika penambahan ragi sebanyak 1,8 gr menghasilkan kadar etanol 0,08%. Pada penambahan ragi sebanyak 3,6 gr menghasilkan kadar etanol 0,27% dan kemudian pada penambahan ragi sebanyak 5,4 gr menghasilkan kadar etanol 0,99%. Hal ini dikarenakan *Saccharomyces cerevisiae* memasuki fase stasioner (*stationary phase*).

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa kadar bioetanol pada sampai hari ketiga menunjukkan kenaikan yang cukup signifikan karena *Saccharomyces cerevisiae* berada pada *lag phase*, dimana pada fase ini kadar bioetanol tertinggi yang dihasilkan masih sedikit yakni 0,89%.

Selanjutnya memasuki hari ketujuh dan hari kesembilan *Saccharomyces cerevisiae* memasuki fase kematian (*death phase*), dimana hal ini menyebabkan kadar bioetanol yang dihasilkan mengalami penurunan secara perlahan hingga 50%. Hal ini menunjukkan bahwa waktu optimal untuk proses fermentasi adalah 5 hari. Semakin lama waktu fermentasi, kadar bioetanol akan

semakin meningkat sampai batas waktu tertentu dan kemudian menurun.



Gambar 4. Kurva Pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*

(<http://www.devbio.biology.gatech.edu/>)

Gambar 4. di atas menunjukkan adanya masa pertumbuhan pada mikroba *Saccharomyces cerevisiae* yang mempengaruhi banyaknya kadar etanol yang dihasilkan. *Saccharomyces cerevisiae* memiliki empat fase pertumbuhan, yaitu fase adaptasi, fase tumbuh cepat, fase stasioner, dan fase kematian. Fase adaptasi (*lag phase*) ditunjukkan dengan garis kurva yang mulai menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan. Pada fase ini *Saccharomyces cerevisiae* mengalami pertumbuhan yang sangat cepat. Pada fase ini, terjadi pemecahan gula secara besar-besaran untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*. Hasil pemecahan gula tersebut adalah bioetanol. Bioetanol dihasilkan paling besar pada fase ini.

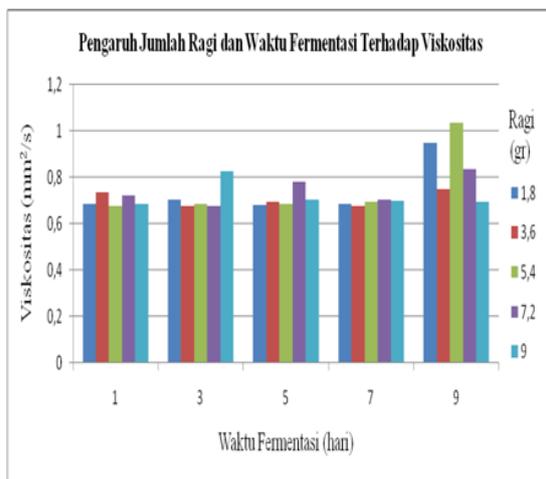
Fase stasioner digambarkan dengan kurva mendatar yang menunjukkan jumlah *Saccharomyces cerevisiae* yang hidup sama dengan yang mati. Fase kematian (*death phase*) ditunjukkan dengan penurunan garis kurva. Selama fase ini *Saccharomyces cerevisiae* yang mati jumlahnya lebih banyak sampai pada akhirnya semua *Saccharomyces cerevisiae* mati. Hal ini menyebabkan bioetanol yang dihasilkan oleh ragi semakin sedikit.

Waktu fermentasi juga mempengaruhi jumlah gas CO₂ yang dihasilkan. Semakin lama proses fermentasi maka gas CO₂ yang dihasilkan semakin banyak (Hambali dkk, 2007). Peningkatan produksi gas ini menyebabkan penurunan nilai pH, karena gas CO₂ sering disebut gas asam atau memiliki sifat asam sehingga CO₂ berkontribusi terhadap nilai pH (Kartohardjono dkk, 2007). Kondisi ini menyebabkan pertumbuhan *Saccharomyces*

cerevisiae terganggu dan menyebabkan semakin sedikit bioetanol yang akan dihasilkan (Datar dkk, 2004 dalam Azizah dkk, 2012). Menurut (Roukas, 1994 dalam Azizah dkk, 2012), kisaran pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* adalah pada pH 3,6-6,5. Produksi optimal bioetanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* terjadi pada pH 4,5 (Elevri dan Putra, 2006).

Tetapi kadar bioetanol yang dihasilkan dalam penelitian ini masih terlalu kecil, hal ini disebabkan oleh distilasi yang dilakukan adalah distilasi sederhana dan kurang telitinya dalam menjaga suhu distilasi sehingga hasil yang diperoleh kurang optimal.

Pengaruh Jumlah Ragi dan Waktu Fermentasi Terhadap Viskositas

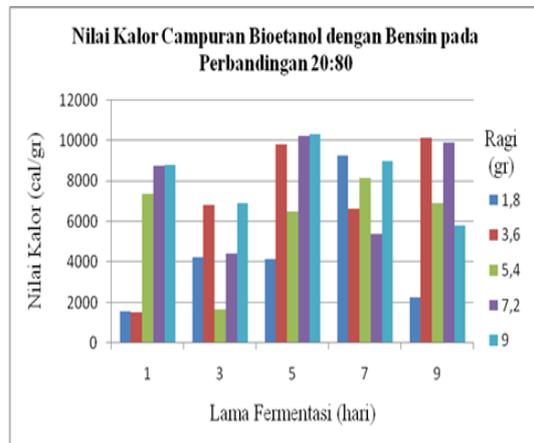


Gambar 5. Pengaruh Jumlah Ragi dan Waktu Fermentasi Terhadap Viskositas

Gambar 5. menunjukkan ketika fermentasi selama 3 hari dengan penambahan ragi sebanyak 9 gr dan fermentasi selama 9 hari dengan penambahan ragi 1,8 dan 5,4 gr mengalami kenaikan dibandingkan yang lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa viskositas bioetanol dari penelitian ini sudah mendekati viskositas bioetanol murni yaitu 1,17 Cp (Rizani, 2000). Semakin kecil viskositas bioetanol, semakin baik digunakan untuk bahan bakar. Sebaliknya, semakin besar viskositas fluida maka semakin sulit suatu fluida untuk mengalir dan juga menunjukkan semakin sulit suatu benda bergerak di dalam fluida tersebut. viskositas paling tinggi diperoleh 1,0386 mm²/s pada penambahan ragi sebanyak 5,4 gr dengan lama fermentasi 9 hari. Nilai viskositas terendah diperoleh 0,6822 mm²/s pada penambahan ragi sebanyak 1,8 gr dengan lama fermentasi 5 hari.

Pengaruh Jumlah Ragi dan Waktu Fermentasi Terhadap Nilai Kalor

Nilai Kalor Campuran Bioetanol dengan Bensin pada Perbandingan 20:80

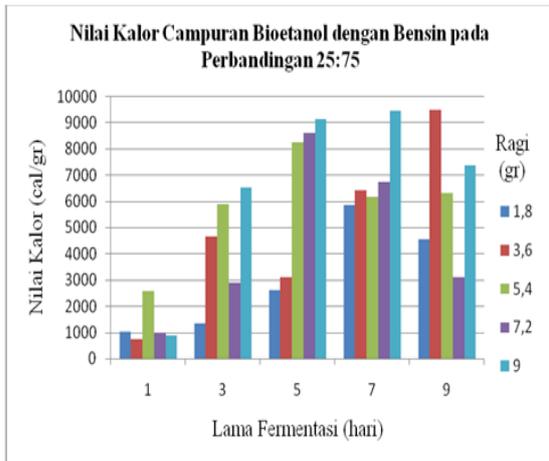


Gambar 6. Nilai Kalor Campuran Bioetanol dengan Bensin pada Perbandingan 20:80

Gambar 6. menunjukkan nilai kalor campuran bioetanol dengan bensin pada perbandingan 20:80, paling tinggi diperoleh 10.309,48 cal/gr pada penambahan ragi sebanyak 9 gr dan difermentasi selama 5 hari. Hal ini dikarenakan kadar etanol paling tinggi diperoleh saat fermentasi 5 hari dengan penambahan ragi sebanyak 9 gr. Nilai kalor bioetanol murni adalah 6380 cal/g (Richard, M.F., Ronald, W., R. 2005). Maka dapat disimpulkan pada penelitian ini, campuran bensin dan bioetanol menghasilkan nilai kalor yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan nilai kalor dari bioetanol saja. Nilai kalor paling rendah diperoleh saat fermentasi selama 1 hari dengan penambahan ragi sebanyak 3,6 gr.

Lama waktu fermentasi dan banyaknya jumlah ragi mempengaruhi nilai kalor yang diuji pada campuran bensin dan bioetanol karena hal tersebut mempengaruhi kadar etanol yang dihasilkan. Berdasarkan gambar di atas, perubahan nilai kalor cenderung fluktuatif seiring dengan perubahan waktu fermentasi dan banyaknya jumlah ragi yang ditambahkan. Selain itu, saat pengujian banyaknya bensin dan bioetanol yang menguap juga mempengaruhi nilai kalor campuran itu sendiri. Semakin banyak bensin yang menguap maka nilai kalornya pun akan semakin rendah ketika diuji.

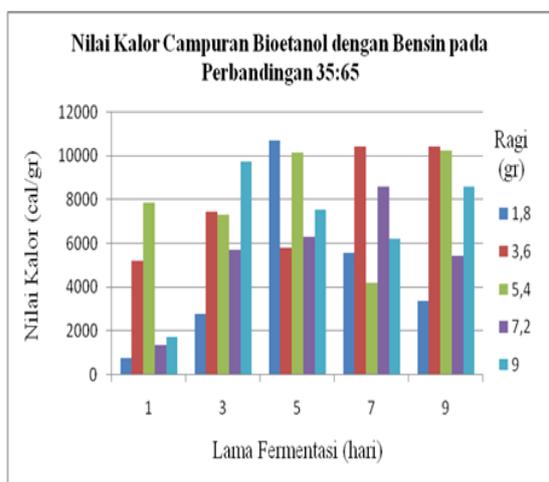
Nilai Kalor Campuran Bioetanol dengan Bensin pada Perbandingan 25:75



Gambar 7. Nilai Kalor Campuran Bioetanol dengan Bensin pada Perbandingan 25:75

Nilai kalor campuran bioetanol dengan bensin pada perbandingan 25:75 tertinggi diperoleh 9.466,526 pada saat fermentasi selama 9 hari dengan penambahan ragi 3,6 gr. Pada fermentasi selama 5 hari nilai kalor mengalami kenaikan seiring dengan penambahan jumlah ragi. Sebaliknya, pada fermentasi selama 1, 3, 7, dan 9 hari perubahan nilai kalor fluktuatif. Hal ini disebabkan karena banyaknya bensin dan bioetanol yang menguap pada saat akan diuji pada kalorimeter.

Nilai Kalor Campuran Bioetanol dengan Bensin pada Perbandingan 35:65

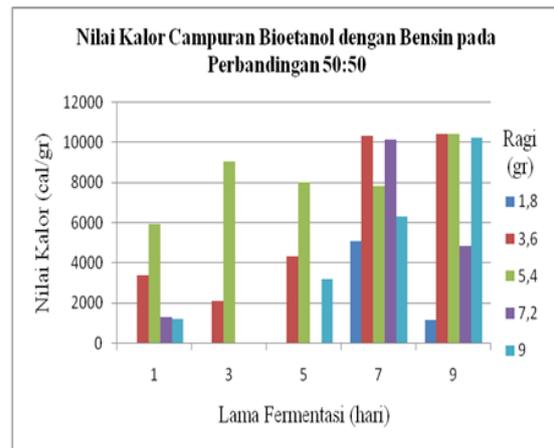


Gambar 8. Nilai Kalor Campuran Bioetanol dengan Bensin pada Perbandingan 35:65

Pada pengujian ini, nilai kalor terendah diperoleh 734,0605 cal/gr saat fermentasi selama

1 hari dengan penambahan ragi sebanyak 1,8 gr. Hal ini disebabkan karena bioetanol yang diuji mempunyai kadar etanol yang sangat rendah dan masih banyak mengandung air. Nilai kalor paling tinggi pada perbandingan ini diperoleh 10.678,96 cal/gr pada penambahan ragi sebanyak 1,8 gr dan difermentasi selama 5 hari. Banyaknya bensin yang menguap pada saat pengujian juga mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan.

Nilai Kalor Campuran Bioetanol dengan Bensin pada Perbandingan 50:50



Gambar 9. Nilai Kalor Campuran Bioetanol dengan Bensin pada Perbandingan 50:50

Nilai kalor tertinggi pada perbandingan ini diperoleh 10.391,4 cal/gr dengan penambahan ragi sebanyak 5,4 gr yang difermentasi selama 9 hari. Analisa nilai kalor campuran bioetanol dengan bensin pada perbandingan 50:50 menghasilkan 6 sampel yang tidak dapat diuji pada alat kalorimeter. Hal ini disebabkan karena sampel yang diuji mempunyai kadar etanol yang sangat rendah dan perbandingannya yang cukup tinggi dengan bensin. Bioetanol yang dihasilkan masih banyak mengandung air sehingga ketika dicampur dengan bensin akan menyebabkan nilai kalor turun. Banyaknya bensin yang menguap pada saat pengujian juga mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan, yaitu:

1. Fermentasi dalam waktu 5 hari menghasilkan parameter yang mendekati nilai standar antara lain densitas rendah, kadar etanol tinggi, viskositas rendah, dan nilai kalor tinggi.
2. Pada penambahan ragi 9 gr menghasilkan kadar bioetanol dan nilai kalor yang meningkat. Sebaliknya, densitas dan viskositas turun.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexopoulos, C. J., H. C. Bold, Dan T. Develoryas, 1986. *Morphology of Plant and Fungi*. Fourth Edition. Halper & Row Publisher. New York.
- Azizah, N. et al. 2012. Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Kadar Alkohol, pH, dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi Bioetanol dari Whey dengan Substitusi Kulit Nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 1 (3): 72-77.
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. Etanol Nabati. SNI 3565:2009.
- Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI. 1992. Daftar Komposisi Bahan Makanan. Bhartara Karya Aksara, Jakarta.
- Elevri, P.S., Putra, S.R., 2006. Produksi Etanol Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* yang Diamobilisasi dengan Agar Batang. *Jurnal Akta Kimindo*. 1 (2): 105-114.
- Hambali E., 2007. Teknologi Bioenergi. Bogor: PT. Agromedia Pustaka.
- Irvan, Ayu, W.P., Sri, U.S., Bambang, T. 2016. Pengaruh Konsentrasi Ragi dan Waktu Fermentasi pada Pembuatan Bioetanol dari Biji Cempedak. *Jurnal Teknik Kimia*. 5 (2): 21-26.
- Kartohardjono, S., Anggara, Subihi, dan Yuliusman. 2007. Absorpsi CO₂ dari Campurannya dengan CH₄ atau N₂ Melalui Kontaktor Membran Serat Berongga Menggunakan Pelarut Air. *Jurnal Teknologi* 11 (2): 97-102.
- Purba, R. P. 2009. Produksi Etanol dengan Variasi Inokulum dan Kadar Pati Jagung pada Kultur Sekali Unduh. Skripsi. Fakultas Teknobiologi. Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Yogyakarta.
- Richard, M.F., Ronald, W., R. 2005. *Elementary Principles of Chemical Processes*. 3rd Edition. USA: McGraw-Hill, Inc.
- Rizani K.Z., 2000. Pengaruh Konsentrasi Gula Reduksi dan Inokulum (*Saccharomyces cerevisiae*) pada Proses Fermentasi sari Kulit Nanas (*Ananas comosus*, L. Merr) untuk Produksi Etanol. Skripsi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.
- Sastrohamidjojo, H. 2005. Kimia Organik. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. sebagai Bioetanol. *Jurnal Neutrino*. 7 (2): 71-76.
- Sudarmadji, S., Haryono, Bambang., dan Suhandi. 1997. Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian, ed. ke-4. Yogyakarta: Liberty.