

**PRODUKSI BIOETANOL DARI SINGKONG (*Manihot utilissima*)
DENGAN SKALA LABORATORIUM**

***PRODUCTION OF BIOETHANOL FROM CASSAVA (*Manihot utilissima*)
WITH LABORATORY SCALE***

Jhiro Ch. Mailool ¹⁾, Robert Molenaar ²⁾, Dedie Tooy ²⁾, Ireine A. Longdong ²⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian
Universitas Sam Ratulangi

²⁾ Dosen Teknik Pertanian Fakultas Pertanian
Universitas Sam Ratulangi

ABSTRACT

This research aims to study techniques bioethanol production from cassava to produce ethanol from cassava and determines the quality of the bioethanol produced by analyzing the ethanol content and pH as well as knowing the yield of bioethanol produced from the process is used. The results have been known to a variety of constraints in the production process from raw material storage, fermentation and distillation that can affect the end result in obtaining bioethanol from cassava. By using 5 kg of cassava feedstock with 3 times distillation process which has produced 215 ml of ethanol to 53% ethanol content and pH 6.902; 185 ml of ethanol to 74% ethanol content and pH 6.927, and 130 ml ethanol with 49% ethanol content and pH 6.573.

Keywords: Bioethanol.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari teknik produksi bioetanol dari singkong hingga menghasilkan bioetanol dari singkong dan menentukan nilai mutu dari bioetanol yang dihasilkan dengan menganalisis kadar etanol dan pH serta mengetahui rendemen yang dihasilkan dari proses bioetanol yang digunakan. Hasil penelitian telah diketahui berbagai macam kendala dalam proses produksi mulai dari penyimpanan bahan baku, fermentasi dan destilasi yang dapat mempengaruhi hasil akhir dalam memperoleh bioetanol dari singkong. Dengan menggunakan bahan baku 5 kg singkong dengan 3 kali proses destilasi telah dihasilkan yaitu 215 ml bioetanol dengan kadar etanol 53% dan pH 6,902; 185 ml bioetanol dengan kadar etanol 74% dan pH 6.927; dan 130 ml bioetanol dengan kadar etanol 49% dan pH 6,573.

Kata kunci : Bioetanol.

PENDAHULUAN

Sebagaimana halnya kebutuhan pangan dan sandang, kebutuhan energi secara global maupun nasional meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan dipacu oleh pertumbuhan ekonomi secara global dan pengaruh perkembangan teknologi (Zen, 1988).

Demikian juga keadaan ekonomi suatu negara yang berpengaruh pada kesejahteraan warganya yang tercermin dari corak dan gaya hidup juga menjadi pemacu peningkatan

kebutuhan energi. Secara umum dapat dikatakan bahwa laju pertumbuhan kebutuhan energi di negara berkembang lebih tinggi dibandingkan negara maju. Tertulis dalam Pusdatin (2012), kebutuhan energi suatu negara cenderung meningkat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi. Secara umum kebutuhan energi di dunia sampai saat ini masih bergantung pada sumberdaya fosil, terutama minyak dan gas bumi, serta batubara. Sumberdaya alam tersebut telah terbentuk dari ribuan tahun lalu. Tingkat konsumsi manusia terhadap energi fosil lebih tinggi dibandingkan

dengan laju pembentukannya. Padahal, sumberdaya energi tersebut termasuk sumberdaya tak terbarukan (*non renewables*), yang berarti bila dilakukan pengambilan terus-menerus maka pada suatu saat ketersediaannya di alam akan habis. Dengan harga minyak dunia yang sangat tinggi yaitu dikisaran 100 US\$ per barel menjadi masalah besar bagi negara-negara termasuk Indonesia. Dan tak menutup kemungkinan jika kelangkaan terjadi, maka harga akan semakin tinggi. Lonjakan harga ini akan memberikan dampak yang besar bagi pembangunan di Indonesia.

Pada abad ke-21, tidak hanya negara maju yang dituntut untuk mengembangkan program penganekaragaman sumber energi. Negara berkembang termasuk Indonesia, perlu mengembangkan energi alternatif dari sumberdaya yang ada, terutama sumberdaya terbarukan (Mangunwidjaja, 1988).

Dalam pelaksanaannya, usaha pengembangan dan pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan menyangkut masalah kelayakan ekonomi. Permasalahan ini akan lebih tampak bila usaha penerapannya dikembangkan di negara-negara yang sedang berkembang. Namun, penerapan teknologi tertentu masih belum layak secara ekonomi apabila diterapkan untuk wilayah pedesaan. Oleh karena itu perlu dipikirkan pengembangan teknologinya yang tepat guna agar tingkat adaptasinya dapat lebih tinggi bagi keadaan pedesaan dan pertanian di Indonesia (Mangunwidjaja dan Sailah, 2005). Sudah saatnya penggunaan sumber energi terbarukan berupa bahan bakar nabati (BBN) atau bioenergi ditingkatkan, menggantikan bahan bakar fosil yang semakin menipis, seperti dalam Inpres No 1/2006 dan Perpres No 5/2006 tentang kebijaksanaan energi nasional. Contoh bahan bakar nabati (BBN) cair yaitu pengganti bensin yang bernama bioetanol.

Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa (gula) menggunakan bantuan ragi/yeast terutama jenis *Saccharomyces cerevisiae*. Pemisahan bioetanol selanjutnya dilakukan dengan destilasi (Khaidir dkk, 2012).

Indonesia memiliki 60 jenis tanaman yang berpotensi menjadi sumber energi BBN. Bioetanol dapat dihasilkan dari bahan bergula (molasses, aren dan nira lain), bahan berpati (singkong, jagung, sagu, dan jenis umbi lainnya), dan bahan berserat (lignoselulosa).

Pada saat ini Pemerintah Indonesia masih memfokuskan pengembangan bioetanol dari bahan baku singkong dengan tidak menutup kemungkinan untuk menggunakan bahan baku lainnya yang lebih murah dan mudah didapatkan tanpa bersaing dengan bahan pangan maupun pakan.

Salah satu bahan pokok yang baik digunakan untuk menghasilkan bioetanol adalah singkong/ubi kayu. Namun pada saat ini Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian Indonesia sedang mengadakan program “Mengangkat Gengsi Singkong untuk Memperkuat Ketahanan Pangan Alternatif” sehingga singkong lebih diutamakan untuk persediaan bahan pangan (Anonimous, 2012). Bertolak dari hal tersebut, kemungkinan bahwa akan ada persaingan dalam penggunaan singkong sebagai sumber energi dengan penggunaan singkong sebagai bahan pangan. Namun hingga saat penelitian ini dilakukan belum tersedia data konkrit tentang konsumsi singkong sebagai bahan pangan. Masalah kemungkinan adanya persaingan kebutuhan singkong tersebut akan dapat diatasi jika petani singkong di setiap daerah lebih menaikan lagi produksi singkong.

Dengan kandungan pati yang tinggi dalam singkong maka untuk menjadikan singkong sebagai bahan utama pembuatan bioetanol akan lebih baik. Penggunaan bioetanol menjadi bahan bakar kendaraan dapat menjadi sebuah alternatif yang aman, karena sumbernya berasal dari tumbuhan dan dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari teknik produksi bioetanol dari singkong dan menghasilkan bioetanol dengan skala laboratorium; menentukan nilai mutu bioetanol dari singkong dengan menganalisis kadar etanol dan pH; dan mengetahui rendemen bioetanol yang dihasilkan dari proses pembuatan bioetanol yang digunakan.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Keteknikan Perbengkelan dan Laboratorium Pasca Panen Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Sam Ratulangi Manado. Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Agustus - September 2012.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pisau untuk mengupas singkong, pamarut singkong, wadah masak (panci), wadah fermentasi, alat destilasi, alat penyaring, termokopel LH *type* 666-190, gelas ukur 1 liter, labu ukur alkohol meter, pH meter Chott *type* Lab 850 dan alat tulis menulis.

Bahan utama yang digunakan adalah singkong dan bahan pembantu yaitu bakteri *Saccharomyces cerevisiae* dan lain-lain.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif terhadap pembuatan bioetanol dari singkong dengan skala laboratorium.

Prosedur Penelitian

Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku singkong dipersiapkan sebanyak 5 kg yang telah dikupas dan dicuci bersih, kemudian selanjutnya diadakan pamarutan hingga menghasilkan singkong yang telah halus. Masukan singkong halus kedalam panci dan tambahkan air sebanyak 4 liter per 1 kg singkong. Kemudian dipanaskan hingga suhu 100°C kurang lebih 30 menit sambil diaduk hingga mengental menjadi bubur. Setelah campuran singkong halus dan air telah menjadi bubur pati, dinginkan dahulu sebelum dilanjutkan untuk proses fermentasi.

Proses Fermentasi

Setelah bubur pati dingin, maka selanjutnya diadakan fermentasi yang bertujuan untuk mengkonversi larutan yang mengandung glukosa menjadi alkohol.

Bubur pati yang dihasilkan dipindahkan ke dalam wadah fermentasi.

Tambahkan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 10% dari total bubur pati yang terdapat dalam wadah fermentasi sedikit demi sedikit sambil diaduk agar tercampur rata.

Tutup rapat wadah fermentasi untuk mencegah kontaminasi dan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* akan bekerja secara optimal. Fermentasi berlangsung anaerob yaitu tak memerlukan udara dan tetap menjaga suhunya pada 30°C - 40°C.

Proses fermentasi berlangsung selama 2-3 hari dan setelah itu larutan pati akan berubah menjadi 3 lapisan yaitu lapisan

terbawah berupa endapan protein, dan diatasnya adalah air dan etanol.

Pisahkan larutan etanol dengan endapan protein dengan melakukan proses penyaringan.

Hasilnya yaitu larutan etanol yang masih mengandung air siap untuk diproses ke tahap selanjutnya yaitu proses destilasi.

Proses Destilasi

Proses destilasi dilakukan untuk memisahkan etanol dari larutan hasil fermentasi dengan cara memanaskan larutan tersebut dengan menjaga suhu pemanasan pada titik didih etanol yaitu 78°C, sehingga etanol lebih dahulu menguap dan penguapan tersebut dialirkan pada pipa, terkondensasi dan kembali lagi menjadi etanol cair.

Pada wadah masak telah terhubung pada termokopel dengan cara menempelkan kawat sensor panas termokopel ke wadah masak. Hal ini bertujuan untuk mengetahui berapa temperatur pada wadah masak sehingga memudahkan untuk pengaturan besarnya pembakaran agar dapat mempertahankan temperatur wadah masak pada suhu 78°C.

Alat destilasi terdiri dari kompor minyak tanah 14 sumbu untuk pembakaran, wadah masak untuk bahan hasil fermentasi terbuat dari panci *stainless steel* berkapasitas 10 liter, pipa untuk menyalurkan uap etanol dan proses kondensasi terdiri dari 2 bagian dengan ukuran masing-masing 3 meter, dan wadah untuk menampung hasil destilasi yaitu botol kaca.

Etanol cair yang telah dihasilkan dari proses destilasi selanjutnya dilanjutkan untuk pengukuran parameter kadar etanol dan pH (derajat keasaman).

Prosedur pengukuran parameter

Pengukuran kadar etanol dilakukan dengan menggunakan alkohol meter. Prinsip kerja dari alkohol meter berdasarkan berat jenis campuran antara alkohol dengan air. Cara pengukurannya yaitu memasukkan alkohol meter dalam gelas ukur yang panjangnya melebihi alkohol meter dan dalam gelas ukur tersebut telah berisi cairan etanol yang akan diukur. Alkohol meter akan tenggelam dan batas cairannya akan menunjukkan berapa kandungan etanol dalam larutan tersebut.

Pengukuran pH (derajat keasaman) dilakukan dengan menggunakan pH meter. pH meter adalah alat untuk mengukur tingkat keasaman dan kebasaaan suatu larutan.

Keasaman dalam larutan itu dinyatakan sebagai kadar ion hidrogen disingkat dengan [H+], atau sebagai pH yang artinya $-\log [H^+]$. Dengan kata lain pH merupakan ukuran kekuatan suatu asam. pH suatu larutan dapat diukur dengan beberapa cara antara lain dengan jalan menitrasi larutan dengan asam dengan indikator atau yang lebih teliti lagi dengan pH meter. Pengukur pH tingkat asam dan basa pada larutan dalam hal ini yaitu larutan etanol bekerja secara digital. pH larutan disebut asam bila kurang dari 7, pH larutan disebut basa bila lebih dari 7, dan pH larutan disebut netral bila pH sama dengan 7. Cara penggunaan pH meter yaitu mencelupkan kedalam larutan etanol yang akan diukur dan secara otomatis alat bekerja mengukur dan nilai pH larutan akan ditampilkan dalam angka digital. Pada saat pertama kali pH meter dicelupkan dalam larutan etanol ini, maka angka yang ditunjukkan masih berubah-ubah, sehingga harus menunggu sampai angka digital yang ditampilkan telah stabil.

Perhitungan rendemen dilakukan untuk mengetahui persentase hasil bagi antara etanol yang dihasilkan dengan jumlah bahan baku. Adapun rendemen yang akan diukur yaitu :

Rendemen fermentasi

Untuk mengetahui presentase hasil bagi antara larutan etanol dan air hasil fermentasi dengan jumlah bahan baku yaitu singkong, air dan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* dengan menggunakan persamaan (1).

$$R_f = \frac{H_f}{B_p} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

Rf = Rendemen fermentasi (%)

Hf = Larutan hasil fermentasi yang telah disaring dan siap untuk didestilasi (liter)

Bp = Volume bubur pati (liter)

Rendemen destilasi

Untuk mengetahui presentase hasil bagi antara bioetanol hasil destilasi dengan jumlah larutan etanol dan air hasil fermentasi dengan menggunakan persamaan (2).

$$R_d = \frac{B_d}{H_f} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

Rd = Rendemen destilasi (%)

Bd = Bioetanol hasil destilasi (liter)

Hf = Larutan hasil fermentasi (liter)

Perhitungan hasil bioetanol dari per kilogram singkong

Untuk mengetahui berapa banyak bioetanol yang akan dihasilkan dari per kilogram bahan utama singkong dengan menggunakan teknik produksi sesuai dengan prosedur penelitian yang dilakukan dengan menggunakan persamaan (3).

$$J_e = \frac{1}{J_b} \times B_d \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

Je = Jumlah etanol per kilogram singkong (liter/kg)

Jb = Jumlah bahan baku (kg)

Bd = Bioetanol yang dihasilkan (liter)

Perhitungan nilai kalori dari bioetanol yang dihasilkan

Untuk mengetahui nilai kalori bioetanol yang dihasilkan dari masing-masing hasil destilasi dengan menggunakan persamaan (4).

$$\frac{\text{Kadar etanol yang dihasilkan}}{\text{Kadar etanol acuan}} \times 6100 \text{ kkal/liter} \times \text{jumlah etanol} \dots\dots\dots(4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem Produksi Bioetanol dari Singkong

Penelitian ini telah memproduksi bioetanol dari singkong dengan menggunakan sistem produksi sederhana dengan skala laboratorium. Sistem produksi terdiri dari beberapa proses yaitu penyiapan bahan baku, proses fermentasi dan proses destilasi.

Penyiapan bahan baku yaitu mempersiapkan bahan utama singkong yang telah dikupas bersih sebanyak 5 kg dan diparut hingga halus. Singkong yang digunakan yaitu singkong varietas mentega dengan umur panen \pm 6 bulan. Selanjutnya dimasak dengan 20 liter air sambil diaduk hingga singkong hancur dan menyatu dengan air menjadi bubur pati, setelah itu mendinginkannya hingga dingin.

Proses selanjutnya yaitu proses fermentasi dengan menggunakan bantuan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* atau yang disebut dengan ragi. Pencampuran bubur pati dengan ragi yaitu pada saat bubur pati telah dingin dan menambahkan ragi sebanyak 500 gr dengan cara mencampurkan sedikit demi sedikit hingga ragi larut dengan bubur pati. Banyaknya penggunaan ragi mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Rikana dan Adam (2008) yaitu semakin banyak ragi yang ditambahkan maka etanol yang dihasilkan juga semakin banyak, sehingga bakteri yang mengurai glukosa menjadi etanol pun semakin banyak.

Proses fermentasi dilakukan selama lebih dari 72 jam dan berlangsung secara anaerob atau tidak memerlukan oksigen sehingga wadah yang dipakai harus tertutup. Setelah itu, hasil fermentasi tersebut disaring dengan menggunakan saringan 60 mesh yang biasa digunakan untuk penyaringan santan/teh, penyaringan ini bertujuan untuk memisahkan larutan campuran air dan etanol dengan endapan protein. Dan yang akan dipakai untuk proses selanjutnya yaitu larutan campuran air dan etanol. Hasil penyaringan tersebut yaitu 18,34 liter larutan campuran air dan etanol dan ini yang menjadi bahan utama dalam proses destilasi.

Jika dibandingkan dengan proses pembuatan bioetanol yang ditulis oleh Richana tahun 2011, dengan 3 kali proses berbeda yaitu liquifikasi, sakarifikasi dan fermentasi, dan dengan menggunakan cara enzimatik dan mampu menghasilkan larutan setelah fermentasi berkadar etanol 8%-12%. Sedangkan pada proses fermentasi yang telah dilakukan dalam penelitian ini, walau sangat sederhana dengan hanya sekali proses dan menyatukan proses liquifikasi, sakarifikasi dan fermentasi dengan menggunakan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* dapat menghasilkan larutan hasil fermentasi yang siap untuk didestilasi berkadar etanol 6,7%. Jadi, fermentasi sederhana yang telah dilakukan dalam penelitian ini cukup baik tak kalah jauh dibandingkan dengan memakai ketiga proses secara enzimatik tersebut.

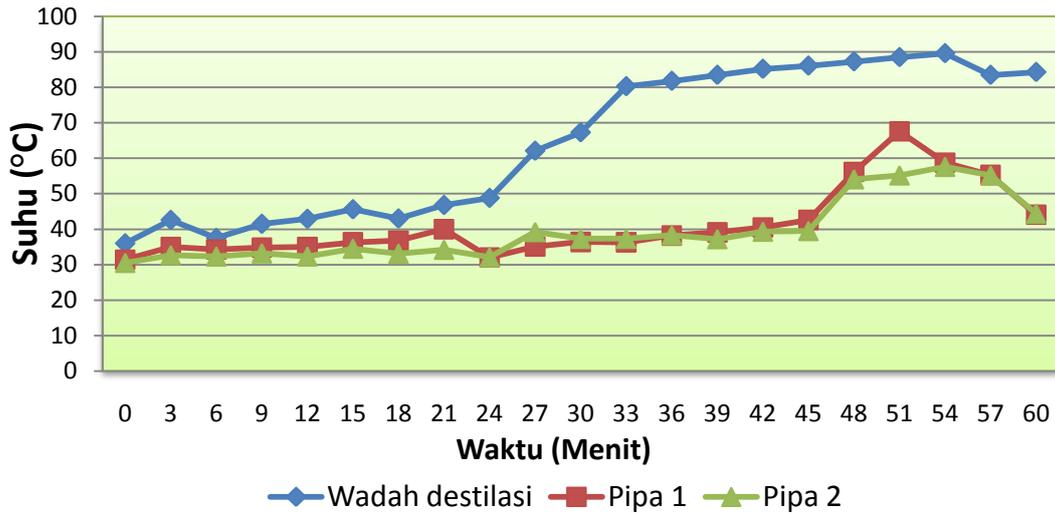
Proses selanjutnya yaitu proses destilasi yaitu untuk memisahkan etanol dari larutan hasil fermentasi. Pemisahan ini dilakukan dengan menggunakan alat destilasi sederhana. Pada dasarnya, prinsip alat yang digunakan sama dengan alat destilasi konvensional yang biasa digunakan untuk pembuatan cap tikus. Namun, beberapa komponen yang digunakan berbeda karena wadah destilasi hanya berkapasitas 10 liter dengan sumber panas memakai kompor minyak tanah 14 sumbu, dan untuk proses penguapan dan kondensasi dialirkan dalam pipa galvanis berdiameter 2 inci sepanjang 2 x 3,5 meter. Adapun pengukuran suhu yang dilakukan selama proses destilasi dengan memakai termokopel. Hal ini dilakukan untuk memudahkan dalam pengaturan suhu untuk mengatur agar suhu wadah destilasi dapat bertahan pada titik didih etanol 78°C dan mencegah agar tidak sampai pada titik didih air 100°C.

Untuk proses destilasi dilakukan dalam tiga kali ulangan sehingga larutan hasil fermentasi yang telah disaring dibagi tiga. Larutan hasil fermentasi dipanaskan hingga etanol menguap melewati pipa I dan akan terkondensasi melewati pipa II sehingga menetes dalam bentuk etanol cair dan hasil tersebut adalah bioetanol. Adapun hasil destilasi dapat dilihat dalam tabel 1.

Pengukuran suhu

Pengamatan dan pengukuran suhu dilakukan pada tiga titik yang berbeda pada alat destilasi. Titik yang pertama yaitu pada wadah destilasi dan bukan pada bahan di dalam wadah destilasi, kondisi ini memiliki kelemahan karena tidak memberikan informasi yang tepat untuk suhu bahan yang sementara didestilasi. Titik yang kedua yaitu pada pipa I, dan titik yang ketiga yaitu pada pipa II. Pada kedua titik ini pipa I dan pipa II telah diberikan lubang kecil yang berguna untuk pengukuran suhu uap di dalam pipa. Pengukuran suhu dilakukan setiap 3 menit selama 60 menit dan diukur pada masing-masing titik yang telah ditentukan. Pengaturan besarnya api kompor hanya dengan cara manual. Ketika didapatkan suhu wadah destilasi telah menunjukkan di atas angka 78°C maka besarnya api harus dikurangi. Semakin lama waktu memanaskan wadah destilasi, maka suhu cairan di dalam wadah destilasi akan semakin panas mendekati titik didih air. Sehingga, proses mendidihnya air akan mengakibatkan banyaknya air yang akan menguap bersama-sama dengan etanol jika suhu wadah destilasi telah mendekati titik didih air yaitu 100°C. Hasil pengukuran suhu pada ketiga proses destilasi dapat dilihat pada lampiran 1, lampiran 2 dan lampiran 3.

Pada hasil pengukuran suhu pada proses destilasi ke-1 yang terdapat dalam lampiran 2, dapat dilihat bahwa suhu wadah destilasi cukup baik karena suhu tertingginya hanya mencapai pada 89.6°C. Walaupun pada proses destilasi ini terdapat sedikit kesalahan yaitu tidak dipasangnya penyangga antara kompor dan wadah destilasi sehingga api yang dihasilkan kompor sedikit lama dalam proses naiknya suhu karena kurangnya udara dari luar yang masuk dalam ruang pembakaran di kompor dan api yang menyala kurang sempurna. Ini menyebabkan proses mendidihnya etanol, kondensasi, hingga menetesnya etanol ke dalam wadah



Gambar 1. Grafik hubungan waktu dengan perubahan suhu pada destilasi ke-1

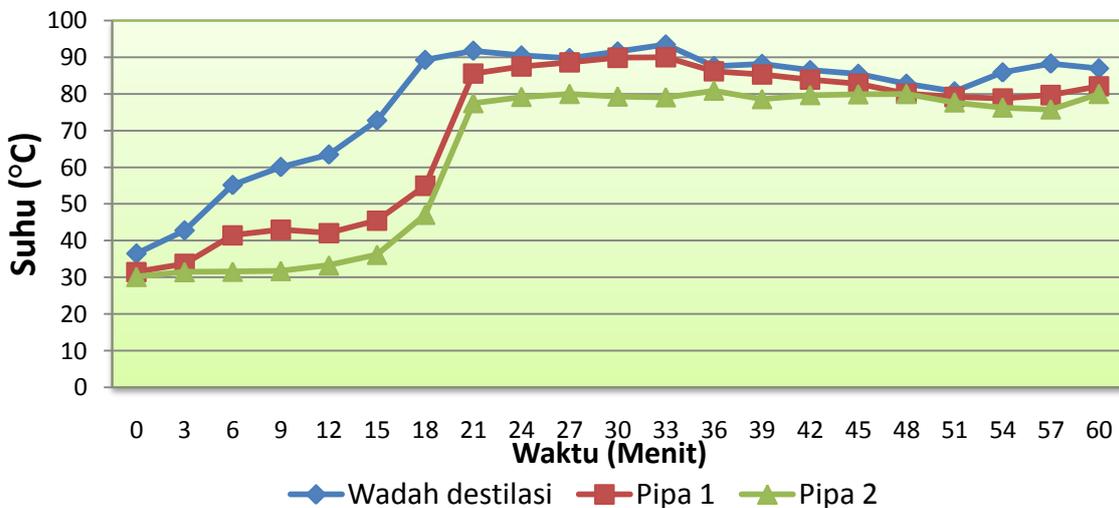
penampung terjadi sedikit lebih lama yaitu pada menit ke 39 - 48. Namun adanya sedikit kesalahan tersebut, ada keuntungan yang bisa terlihat yaitu pada titik pengukuran di pipa 1 dan pipa 2 kenaikan suhu yang terjadi hanya mencapai 67,6°C pada pipa 1 dan 57,6°C pada pipa 2 dan ini sangat memudahkan proses terjadinya kondensasi yang terjadi pada pipa 2. Kenaikan suhu ini dapat dilihat dalam gambar 1.

Pada hasil pengukuran suhu pada proses destilasi ke-2 yang terdapat dalam lampiran 3, dapat dilihat bahwa naiknya suhu disetiap titik lebih cepat terjadi sehingga menetesnya etanol setelah terkondensasi terjadi pada saat suhu wadah destilasi telah mencapai bahkan melewati titik didih etanol yaitu 78°C dan hal itu terjadi berkisar pada menit ke 21 - 33. Pada gambar 2 menunjukkan bahwa disetiap titik

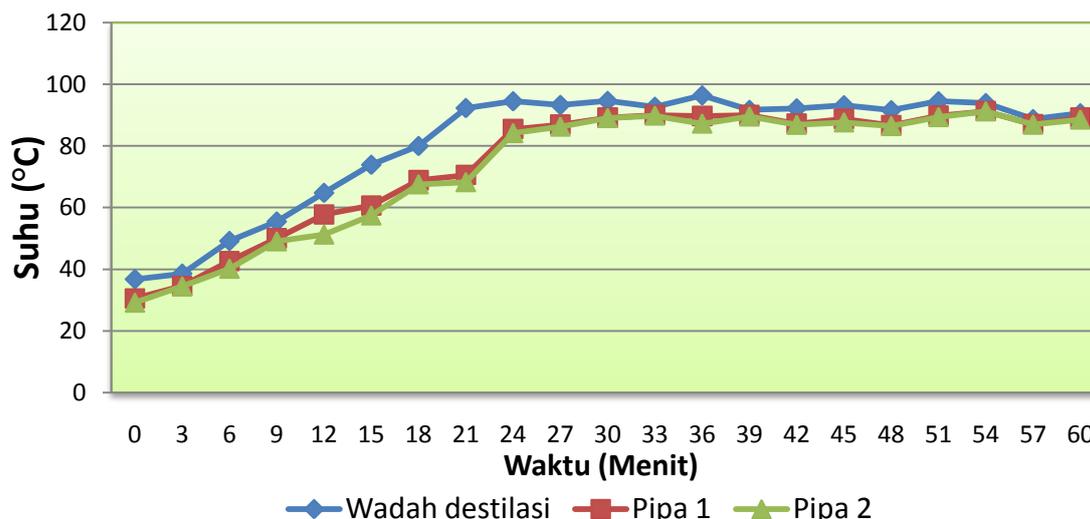
suhu yang diukur berangsur-angsur naik hingga menit ke 18 dan selanjutnya suhu di ketiga titik berada diantara 75,8°C - 93,5°C. Suhu tertinggi wadah destilasi yaitu pada menit ke 33 dimana suhu mencapai 93,5°C.

Pada hasil pengukuran suhu disetiap titik yang telah ditentukan dalam proses destilasi yang ke-3 dalam lampiran 4 juga hampir sama dengan destilasi ke-2 yaitu naiknya suhu di setiap titik lebih cepat terjadi dan proses menetesnya bioetanol ke dalam wadah penampung yaitu pada menit ke 18 - 30. Grafik kenaikan suhu pada destilasi ke-3 dapat dilihat dalam gambar 3.

Pada saat cairan yang menetes sudah bersamaan dengan uap yang keluar menandakan bahwa etanol yang terkandung dalam cairan yang didestilasi kemungkinan telah habis dan yang menetes itu sebagian



Gambar 2. Grafik hubungan waktu dengan perubahan suhu pada destilasi ke-2



Gambar 3. Grafik hubungan waktu dengan perubahan suhu pada destilasi ke-3

besar adalah air, sedangkan uap yang keluar bersama tetesan air tersebut adalah uap air. Tindakan yang harus dilakukan adalah mengganti wadah penampung agar bioetanol yang diperoleh pada wadah penampung pertama tidak banyak tercampur dengan air yang telah terkondensasi. Jadi di setiap proses destilasi masing-masing terjadi pergantian wadah penampung dan yang dipakai sebagai bioetanol hasil destilasi adalah pada wadah penampung yang pertama saja, karena cairan yang diperoleh dalam wadah kedua di masing-masing proses destilasi sudah tidak lagi mengandung etanol.

Pengukuran Parameter

Pengukuran kadar alkohol dilakukan dengan menggunakan alkohol meter. Sebelumnya alkohol meter telah dikalibrasi untuk mengetahui bagaimana akurasi/ketepatan (presisi) dengan mengukur alkohol 75% berlabel yang didapatkan dari apotek. Sedangkan untuk pengukuran pH yaitu dengan menggunakan pH meter, sedangkan kalibrasi untuk pH meter tak perlu lagi karena pH meter yang digunakan telah dilengkapi

dengan *buffer* yang berguna untuk menstabilkan indikator pengukuran pada angka pH ± 7 . Adapun hasil pengukuran yang telah diperoleh dan dapat dilihat dalam tabel 1.

Dalam tabel 1 memperlihatkan bahwa pada jumlah larutan sebelum destilasi dalam hal ini larutan tersebut adalah hasil fermentasi yang telah disaring dibagi tiga bagian yaitu 6 liter untuk destilasi ke-1, 6 liter untuk destilasi ke-2, dan 6,34 liter untuk destilasi ke-3. Keseluruhan larutan yang siap didestilasi tersebut sebelumnya telah diukur kadar etanolnya yaitu 6,7 %. Setelah destilasi, larutan yang masih terdapat di dalam wadah masak kemudian diukur berapa banyak yang tidak terdestilasi dan tetap berada dalam wadah masak. Dan hasil pengukuran tersebut yaitu pada proses destilasi ke-1 jumlah larutan yang tidak terdestilasi sebanyak 5,42 liter, pada proses destilasi ke-2 jumlah larutan yang tidak terdestilasi sebanyak 5,45 liter, dan pada destilasi ke-3 jumlah larutan yang tidak terdestilasi sebanyak 5,58.

Dalam proses destilasi ke-1, bioetanol yang dihasilkan yaitu sebanyak 215 ml dengan kadar etanol 53% dan pH 6,902. Pada proses

Tabel 1. Beberapa hasil pengukuran

Jenis pengukuran	Destilasi		
	Ke-1	Ke-2	Ke-3
Jumlah larutan sebelum destilasi (l)	6	6	6,34
Kadar etanol sebelum destilasi (%)	6,7 %	6,7 %	6,7 %
Jumlah larutan setelah destilasi (l)	5,42	5,45	5,58
Kadar etanol setelah destilasi (%)	53 %	74 %	49 %
Jumlah bioetanol hasil destilasi (ml)	215 ml	185 ml	130 ml
pH larutan bioetanol	6,902	6,927	6,573

destilasi ke-2, bioetanol yang dihasilkan yaitu sebanyak 185 ml dengan kadar etanol 74% dan pH 6,927. Sedangkan pada proses destilasi ke-3, bioetanol yang dihasilkan yaitu sebanyak 130 ml dengan kadar etanol 49% dan pH 6,573.

Kadar etanol yang dihasilkan pada proses destilasi ke-2 lebih tinggi dibandingkan dengan destilasi ke-1 dan destilasi ke-3. Ini dikarenakan pada proses destilasi ke-1 terdapat sedikit kesalahan pada waktu penggantian wadah destilasi dimana saat etanol yang terkandung dalam larutan di dalam wadah masak kemungkinan telah habis dan yang menguap, terkondensasi dan menetes dari pipa 2 ke dalam wadah penampung bukan lagi etanol melainkan air sehingga tercampur bersama dengan bioetanol dan menyebabkan kadar air dalam bioetanol meningkat, jumlahnya semakin banyak, namun kadar etanolnya telah berkurang.

Pada proses destilasi ke-2, beberapa faktor yang mempengaruhi proses destilasi telah diminimalisir karena berbagai kekurangan yang terjadi pada proses destilasi ke-1 tak lagi terulang pada destilasi ke-2 sehingga hasil yang didapatkan lebih baik dari hasil destilasi yang lain.

Sedangkan pada proses destilasi ke-3 yang paling rendah kadar etanolnya dan paling sedikit jumlah bioetanol, hal ini disebabkan karena pada setiap pembagian larutan yang siap untuk didestilasi ini tidak didahulukan dengan pengadukan agar terbagi rata. Mengingat jika larutan yang siap untuk didestilasi tersebut tidak diaduk dahulu, maka etanol yang terkandung didalamnya akan berada pada bagian atas larutan karena berat jenis etanol lebih rendah dibandingkan dengan air dan protein yang masih terkandung dalam larutan tersebut. Jadi, proses destilasi ke-3 ini mendapatkan bagian dari sisa pembagian, sehingga etanol yang terkandung pada larutan sebelum didestilasi telah banyak terbagi ke dalam proses destilasi ke-1 dan ke-2 yang telah dilakukan sebelumnya.

Untuk pengukuran pH yang telah didapatkan dari ketiga hasil tersebut telah

memenuhi syarat dalam standar mutu bioetanol untuk bahan bakar. Namun untuk kadar etanol yang didapatkan dalam tiga kali destilasi masih belum memenuhi syarat untuk dijadikan sebagai bahan bakar.

Perhitungan Rendemen

Ada beberapa perhitungan rendemen yang telah dilakukan yaitu rendemen fermentasi, rendemen destilasi dan perhitungan hasil bioetanol dari per kilogram singkong. Hasil beberapa perhitungan tersebut dapat dilihat dalam tabel 2.

Dalam tabel 2 telah tertulis bahwa rendemen fermentasi yaitu 67,93%. Perhitungan tersebut dihasilkan dari jumlah larutan campuran etanol dan air hasil fermentasi yang telah disaring dan terpisah dari endapan protein atau total dari ketiga bagian larutan yang siap untuk didestilasi yaitu 18,34 liter, kemudian dibagi dengan volume bubur pati yaitu 27 liter dan dikalikan dengan 100%. Perlu diketahui bahwa volume bubur pati tersebut adalah hasil campuran 5 kg singkong, 20 liter air dan 500 gr ragi.

Perhitungan rendemen destilasi diperoleh dari jumlah bioetanol hasil destilasi dari ketiga proses destilasi yang telah dilakukan yaitu 0,53 liter bioetanol, dibagi dengan jumlah larutan campuran etanol dan air hasil fermentasi yang telah disaring dan terpisah dari endapan protein atau total dari ketiga bagian larutan yang siap untuk didestilasi yaitu 18,34 liter. Kemudian dikalikan dengan 100 % maka akan didapatkan hasilnya yaitu 2,89 %. Jadi persentase antara larutan hasil fermentasi yang telah disaring dan siap didestilasi dengan hasil destilasi adalah 2,89 %.

Perhitungan hasil bioetanol per kilogram singkong yaitu untuk mengetahui berapa banyak bioetanol yang dihasilkan dari per kilogram bahan utama singkong dengan menggunakan teknik produksi sesuai dengan prosedur penelitian yang dilakukan. Untuk mengetahuinya yaitu dengan cara, satu dibagi dengan jumlah bahan baku yaitu 5 kg singkong bersih dan dikalikan dengan total

Tabel 2. Hasil perhitungan rendemen

Jenis perhitungan	Hasil perhitungan
Rendemen fermentasi	67,93 %
Rendemen destilasi	2,89 %
Hasil bioetanol per kilogram singkong	0,106 liter/kg

etanol yang telah dihasilkan dari tiga kali destilasi yaitu 0,53 liter, maka akan menghasilkan bioetanol sebanyak 0,106 liter/kg

Dengan asumsi rata-rata per hektar di Sulawesi Utara dapat menghasilkan 130,6 kwintal singkong (BPS, 2012) atau 13.060 kg per hektar. Jika dari per kilogram singkong dapat diperoleh singkong bersih yang telah dikupas dan siap untuk menjadi bahan baku hanya sebanyak $\pm 80\%$, maka dari 13.060 kg singkong bisa dipakai sebagai bahan bakunya yaitu sebanyak 10.448 kg. Untuk mengetahui berapa asumsi bioetanol yang dapat dihasilkan per hektar singkong di Sulawesi utara yaitu, hasil bersih 10.448 kg/ha dikalikan dengan 0,106 liter/kg, maka diperkirakan akan didapatkan $\pm 1.107,49$ liter bioetanol per hektar singkong.

Dari segi energi, efisiensi penggunaan bahan bakar pada proses destilasi yang dipakai untuk bahan bakar di kompor pada saat 3 kali destilasi, masing-masing 1 jam dan menghasilkan bioetanol sebanyak 0,53 liter, yaitu $\pm 1,3$ liter minyak tanah. Untuk nilai kalori minyak tanah yang didistribusikan oleh Pertamina yaitu ± 9.000 kkal/liter (Triastuti dkk, 2010). Nilai kalori minyak tanah yang dipakai yaitu 1,3 liter minyak tanah dikalikan dengan 9.000 kkal/liter adalah 11.700 kkal.

Menurut Muljadi (2009), untuk nilai kalori bioetanol dengan kadar etanolnya dikisaran 75% yakni mempunyai rata-rata ± 6.100 kkal/liter. Untuk perhitungan nilai kalori di setiap hasil destilasi, diperoleh dengan cara yaitu kadar etanol yang dihasilkan dibagi dengan 75 % (kadar etanol acuan) kemudian dikalikan dengan 6.100 kkal/liter dan dikalikan lagi dengan jumlah etanol di setiap hasil destilasi. Maka telah didapatkan nilai kalori di setiap hasil destilasi yakni, nilai kalori dari bioetanol 53 % sebanyak 215 ml hasil destilasi ke-1 adalah 926,79 kkal, nilai kalori dari bioetanol 74 % sebanyak 185 ml hasil destilasi ke-2 adalah 1113,45 kkal, dan nilai kalori dari bioetanol 49 % sebanyak 130 ml hasil destilasi ke-3 adalah 518,09 kkal. Total nilai kalori dari ketiga hasil tersebut yaitu 2558,33 kkal.

Jadi dalam penelitian ini, untuk menghasilkan bioetanol dari singkong dengan nilai kalori 2558,33 kkal dibutuhkan energi sebanyak 11.700 kkal dari minyak tanah. Maka pemilihan dan penggunaan sumber energi masih kurang tepat dan belum efisien. Kelemahan-kelemahan utama yang dihadapi

pada proses destilasi yaitu yang pertama adalah sistem pemanasan masih banyak yang hilang karena setiap pemanasan yang dilakukan belum terarah. Yang kedua yaitu di setiap proses destilasi telah ditetapkan selama 60 menit, tetapi lamanya waktu efektif pelaksanaan destilasi berdasarkan pengamatan untuk menentukan akhir pengumpulan hasil destilasi kurang dari 60 menit. Dan yang ketiga yaitu sulitnya mengatur suhu optimal pemanasan dalam proses destilasi. Dengan demikian jika ketiga hal tersebut dapat diperbaiki maka efisiensi penggunaan energi akan dapat ditingkatkan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan bioetanol dari singkong dengan sistem produksi sederhana berskala laboratorium. Penulis juga telah mempelajari dan mengetahui berbagai macam kendala-kendala dalam proses produksi mulai dari penyiapan bahan baku, fermentasi dan destilasi yang dapat mempengaruhi hasil akhir dalam memperoleh bioetanol dari singkong, sehingga jika untuk penelitian lanjutan akan dapat meminimalkan kesalahan-kesalahan tersebut.

Dari tiga kali proses destilasi yang telah dilakukan dan hasil yang telah diperoleh yaitu, pada destilasi ke-1 menghasilkan bioetanol sebanyak 215 ml dengan kadar etanol 53% dan pH 6,902, pada destilasi ke-2 menghasilkan bioetanol sebanyak 185 ml dengan kadar etanol 74% dan pH 6,927, dan pada destilasi ke-3 menghasilkan bioetanol sebanyak 130 ml dengan kadar etanol 49% dan pH 6,573. Walaupun pH dari bioetanol yang dihasilkan telah memenuhi syarat dalam standar mutu bioetanol untuk bahan bakar, namun untuk kadar etanol yang didapatkan dalam tiga kali destilasi masih belum memenuhi syarat untuk dijadikan sebagai bahan bakar.

Hasil penelitian menunjukkan rendemen dengan menggunakan bahan baku singkong 5 kg, air 20 liter dan ragi 500 gr, maka persentase hasil fermentasi yang akan dihasilkan dari campuran tersebut yaitu 67,93 %, sedangkan persentase antara larutan hasil fermentasi yang telah disaring dan siap didestilasi dengan hasil destilasi yaitu 2,89 % dan setiap 1 kg singkong akan menghasilkan bioetanol sebanyak 0,106 liter.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 2012. *Singkong dapat memperkuat ketahanan pangan*. <http://www.ekon.go.id/news/2012/04/17/singkong-dapat-perkuat-ketahanan-pangan>. Diakses tanggal 12 November 2012.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2012. *Tanaman Pangan*. http://www.bps.go.id/tnmn_pgn.php?kat=3. Diakses tanggal 10 Agustus 2012.
- Khaidir, Setyaningsih, Haerudin. 2012. *Dehidrasi bioetanol menggunakan zeolit alam termodifikasi*. Jurnal Teknologi Industri Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Mangunwidjaja, D. 1988. *Prospek dan Peran Pengembangan Bioenergi di Indonesia*. Bogor.
- Mangunwidjaja, D dan Sailah, I. 2005. *Pengantar Teknologi Pertanian*. Penebar Swadaya. Depok.
- Muljadi, E. 2009. *Pemakaian gasohol sebagai bahan bakar pada kendaraan bermotor*. Semarang.
- Pusdatin 2010, *Buku Pegangan Statistik Ekonomi Energi Indonesia DESDM 2010*. http://www.esdm.go.id/publikasi/indonesia-energy-outlook/ringkasan-eksekutif/doc_download/1255-ringkasan-eksekutif-indonesia-energy-outlook-2010.html. diakses tanggal 29 Oktober 2012.
- Triastuti dkk, 2010. *Solusi cerdas atasi tumpukan limbah daun nilam (Pogestemon Cablin) sebagai bioenergi alternatif*. Universitas Negeri Malang.
- Zen. 1988. *Energi, Sumberdaya, Lingkungan Hidup dalam Pembangunan Berkesinambungan*. Penerbit Dian Rakyat. Jakarta.
-

Lampiran 1. Tabel hasil pengukuran suhu pada proses destilasi ke-1

Waktu (Menit)	Suhu (°C)		
	Wadah destilasi	Pipa 1	Pipa 2
0	36.0	31.4	30.5
3	42.6	35.0	32.7
6	37.5	34.3	32.3
9	41.5	34.8	33.2
12	42.9	35.0	32.3
15	45.6	36.3	34.5
18	43.0	36.8	33.1
21	46.8	40.0	34.2
24	48.8	32.0	32.1
27	62.1	35.1	39.2
30	67.3	36.4	37.3
33	80.3	36.3	37.3
36	81.8	38.2	38.3
39	83.5	39.1	37.2
42	85.2	40.5	39.3
45	86.1	42.6	39.5
48	87.3	56.2	54.1
51	88.5	67.6	55.2
54	89.6	58.8	57.6
57	83.5	55.3	55.2
60	84.3	44.1	44.4

Lampiran 3. Tabel hasil pengukuran suhu pada proses destilasi ke-3

Waktu (Menit)	Suhu (°C)		
	Wadah destilasi	Pipa 1	Pipa 2
0	36.8	30.6	29.2
3	38.6	34.6	34.5
6	49.2	42.7	40.2
9	55.5	50.1	49.1
12	64.8	57.8	51.3
15	73.9	60.7	57.5
18	80.0	68.9	67.6
21	92.3	70.6	68.3
24	94.5	85.5	84.2
27	93.3	87.0	86.3
30	94.6	89.2	89.1
33	92.7	90.1	89.9
36	96.4	89.7	87.3
39	91.7	90.1	89.6
42	92.2	87.3	86.9
45	93.2	88.8	87.7
48	91.6	86.7	86.5
51	94.5	89.9	89.4
54	93.9	91.3	91.3
57	88.7	87.1	87.0
60	90.6	89.2	88.6

Lampiran 2. Tabel hasil pengukuran suhu pada proses destilasi ke-2

Waktu (Menit)	Suhu (°C)		
	Wadah destilasi	Pipa 1	Pipa 2
0	36.5	31.5	30.2
3	42.8	33.7	31.5
6	55.2	41.5	31.6
9	60.1	43.0	31.8
12	63.5	42.1	33.3
15	72.8	45.5	36.2
18	89.3	55.0	47.1
21	91.8	85.6	77.5
24	90.5	87.5	79.2
27	89.8	88.6	80.0
30	91.6	89.9	79.3
33	93.5	90.0	79.1
36	87.6	86.2	80.9
39	88.2	85.3	78.6
42	86.5	83.9	79.7
45	85.5	82.8	79.9
48	82.8	80.1	80.0
51	80.7	79.2	77.7
54	85.9	78.8	76.3
57	88.3	79.7	75.8
60	87.0	82.1	80.0