

PENGEMBANGAN ALAT DESTILATOR BIOETANOL MODEL REFLUK BERTINGKAT DENGAN BAHAN BAKU SINGKONG

Rochmad Winarso

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: boswin2001@gmail.com

Bahtiar Setya Nugraha

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: setyanugraha_72@yahoo.co.id

Taufik Santoso

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: taufiksantoso020@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penyediaan energi di masa depan merupakan permasalahan yang senantiasa menjadi perhatian bagi semua pihak. Seiring dengan meningkatnya pembangunan, kebutuhan akan energi terus meningkat. Disisi lain cadangan minyak bumi sebagai bahan bakar yang paling banyak dipakai saat ini semakin menipis karena sifatnya yang *non renewable*, oleh karena itu diperlukan upaya untuk mencari bahan bakar alternatif yang *renewable* sekaligus ramah lingkungan. Bioetanol sebagai salah satu bahan bakar alternatif sampai saat ini belum banyak digunakan. Padahal di Indonesia, banyak sekali sumber daya alam hayati yang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk memproduksi bioetanol, salah satunya adalah ubi kayu. Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar didasari oleh sifatnya yang mudah terbakar dan memiliki kalor-bakar netto besar. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan alat destilator bioetanol dengan fokus pengembangan pada pengembangan menara refluks dengan sistem bertingkat sehingga diharapkan bisa lebih optimal menghasilkan bioetanol dengan kadar tinggi. Pengembangan alat distilator bioethanol ini dimulai dari proses observasi lapangan yang dilanjutkan dengan studi literatur. Tahapan selanjutnya adalah proses perencanaan komponen-komponen dari peralatan tersebut dan dilanjutkan dengan proses pembuatan serta uji coba peralatan. Hasil penelitian ini telah dikembangkan alat destilator bioetanol dengan spesifikasi sebagai berikut: diameter tangki 400 mm, tinggi tangki 500 mm, terbuat dari bahan stainless steel A304 dengan ketebalan 2 mm. Kapasitas tangki yang diijinkan adalah $\frac{3}{4}$ dari volume tabung atau sebesar 40 liter. Dari hasil uji coba pada hasil proses distilasi fermentasi ketela pohon menghasilkan ethanol dengan kadar 92%.

Kata kunci: bioetanol, destilator, refluks bertingkat.

ABSTRACT

Energy supply in the future is an issue that is always a concern to all parties. Along with the increasing development, demand for energy continues to rise. On the other hand oil reserves to fuel most widely used today because of its dwindling non-renewable, therefore it is necessary to find alternative renewable fuels and environmentally friendly. Bioethanol as a fuel alternative to date has not been widely used. And in Indonesia, a lot of natural resources that can be used as a feedstock for producing bioethanol, one of which is cassava. The use of bioethanol as a fuel based on the nature of flammable and has a large net calorific burn. The purpose of this research is to develop bioethanol distillation equipment with a focus on the development of reflux tower development with a multilevel system that is expected to be more optimally produce bioethanol with high levels. Distilator bioethanol development tool started from the field observations, followed by the study of literature. Hereinafter stages is the process of planning the components of the equipment and proceed with the process of making and testing equipment. The results of this study have been developed bioethanol distillation equipment with the following specs: tank diameter 400 mm, height 500 mm tank, made of stainless steel with a thickness of 2 mm A304. Permitted tank capacity is $\frac{3}{4}$ of the volume of a tube or a total of 40 liters. From the test results to the results of the process of distillation of fermented cassava to produce ethanol content of 92%.

Keywords: bioetanol, destilator, multilevel reflux.

1. PENDAHULUAN

Penyediaan energi di masa depan merupakan permasalahan yang menjadi perhatian semua pihak baik pemerintah, industri, UMKM maupun masyarakat. Penyediaan energi merupakan faktor yang sangat penting dalam mendorong peningkatan pembangunan nasional terutama bagi negara berkembang seperti Indonesia. Seiring dengan meningkatnya pembangunan tersebut, kebutuhan energi akan terus meningkat, terutama pembangunan di sektor industri, pertumbuhan ekonomi, dan pertumbuhan penduduk. Di sisi lain penyediaan energi yang berasal dari perut bumi mengalami pengurangan sehingga harganya terus meningkat, sehingga saat ini perlu terus ditingkatkan penggunaan energi dari sumber energi baru dan terbarukan sebagai sumber energi alternatif.

Bioetanol sebagai salah satu bahan bakar alternatif bagi masyarakat sampai saat ini belum banyak dikembangkan. Padahal di Indonesia, banyak sekali sumber daya alam hayati yang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk memproduksi bioetanol, salah satunya adalah ubi kayu. Disamping ubi kayu, bioetanol dapat dibuat dari bahan baku tanaman lain yang mengandung pati seperti; ubi jalar, padi, jagung, sagu. Jenis tanaman tersebut merupakan tanaman yang biasa di tanam rakyat hampir diseluruh Indonesia, sehingga jenis tanaman tersebut merupakan tanaman potensial untuk dipertimbangkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol

Dengan issue mengenai kelangkaan sumber minyak bumi dan polusi udara yang diakibatkannya, perlu diupayakan pencarian bahan bakar alternatif yang bisa diperbaharui dan ramah lingkungan. Salah satu upaya tersebut adalah dengan memanfaatkan sumber bahan nabati yang mudah dihasilkan (diperbaharui), salah satunya adalah bahan ubi kayu. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun alat pembuat bioetanol dari bahan ubi kayu dengan fokus pengembangan pada alat destilator dengan model refluks bertingkat sehingga diharapkan bisa lebih optimal menghasilkan bioetanol dengan kadar tinggi (diatas 90%). Unsur strategisnya adalah; upaya pengusahaan bahan bakar alternatif dalam rangka pencarian energi baru dan terbarukan yang bisa diterapkan pada skala Nasional.

Bioetanol (C_2H_5OH) merupakan salah satu biofuel yang hadir sebagai bahan bakul alternatif yang ramah lingkungan dan sifatnya yang terbarukan. Bioetanol dapat diproduksi dari berbagai bahan baku yang banyak terdapat di Indonesia, sehingga sangat potensial untuk diolah dan dikembangkan karena bahan bakunya sangat dikenal masyarakat. Tumbuhan yang potensial untuk menghasilkan bioetanol antara lain tanaman yang memiliki kadar karbohidrat tinggi, seperti: tebu, nira, aren, sorgum, ubi kayu, jambu mete (limbah jambu mete), garut, batang pisang, ubi jalar, jagung, bonggol jagung, jerami dan bagas [1].

Produksi etanol nasional pada tahun 2006 mencapai 200 juta liter. Kebutuhan etanol nasional pada tahun 2007 diperkirakan mencapai 900 juta kiloliter. Bioetanol adalah cairan yang dihasilkan dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat dengan bantuan mikroorganisme. Bahan baku pembuatan bioetanol ini dibagi menjadi tiga kelompok yaitu: bahan sukrosa (nira, tebu, nira nipah, nira sargum manis, nira kelapa, nira aren, dan sari buah mete), bahan berpati (bahan yang mengandung pati atau karbohidrat seperti tepung ubi, tepung ubi ganyong, sorgum biji, jagung, cantel, sagu, ubi kayu, ubi jalar, dan lain-lain, dan bahan berselulosa/lignoselulosa (tanaman yang mengandung selulosa /serat seperti kayu, jerami, batang pisang, dan lain-lain [2].

Pembuatan Bioethanol dari bahan baku ubi kayu atau singkong dilakukan melalui 4 tahapan yang meliputi tahap persiapan dan pengolahan bahan baku ubi kayu yang meliputi proses pengupasan, pencucian dan pamarutan ubi kayu. Tahap berikutnya adalah tahap hidrolisis yaitu tahap perubahan pati ketela menjadi glukosa. Tahap ini terdiri dari proses likuifikasi dan proses sakarifikasi. Proses likuifikasi yaitu pencampuran larutan pati dengan enzim alfa amilase, sedangkan proses sakarifikasi adalah pencampuran larutan pati dengan enzim glukamilase. Tahap berikutnya adalah proses fermentasi yang bertujuan untuk mengkonversi glukosa (gula) menjadi etanol dan CO_2 , dengan mencampurkan Ragi (yeast) kedalam larutan ethanol pada suhu ruang. Tahap berikutnya adalah proses distilasi untuk memisahkan alkohol dari broth dengan pemanasan pada suhu $78\text{ }^{\circ}C$ yang akan menguapkan alkohol menuju ke kondensor. Pengembangan alat distilator ini perlu terus dikembangkan sehingga mendapatkan ethanol dengan kadar lebih dari 90%.

Konfigurasi alat yang pernah dikembangkan terdiri dari : (i) reaktor fermentasi untuk mengonversi nira menjadi alkohol; dan (ii) alat distilasi berfungsi memisahkan bioetanol dari broth, yang terdiri dari: tabung boiler dan kondensor. Reaktor fermentasi mampu menghasilkan broth yang mengandung 4,52 % bioetanol. Sedangkan ekstraksi bioetanol dari broth oleh proses distilasi mampu menghasilkan 180,8 mL dari setiap 4 L hasil fermentasi [5]. Penelitian yang lain yang telah dilakukan telah menghasilkan alat-alat utama dalam pengolahan bioethanol dengan kapasitas 100liter proses. Hasil pengujian mesin memberikan hasil sebagai berikut: Pamarut memiliki kapasitas 613 kg / jam dengan penggerak disel 7.5 HP pada putaran 180 rpm. Efisiensi

pemasak pada saat pemanasan awal mencapai 38 % dengan menggunakan dengan menggunakan bahan bakar kayu dengan kadar air 50 %. Proses pendinginan bahan dalam cooling mash pada kondisi mantap adalah 1400 k kal setiap 5 menit. Kapasitas boiler mencapai 14 kg uap / jam [1]. Penelitian lainnya adalah pengembangan alat destilasi bioethanol berpendingin air menggunakan sumber pemanas elektrik. Alat destilasi yang dihasilkan mampu menampung bahan yang akan didestilasi sebanyak 1500ml, dan dilengkapi dengan pengatur suhu, Thermostat dan dimmer, sehingga suhu proses destilasi dapat diatur secara manual. Alat dilengkapi dengan pemanas elektrik berdaya 350 watt, alat juga dilengkapi dengan sistem pendingin air untuk menurunkan suhu uap ethanol pada proses destilasi. Kadar bio ethanol yang didestilasi menggunakan alat ini dapat ditingkatkan hingga diperoleh kadar alcohol sebanyak $\pm 60\%$ dengan kapasitas kerjanya adalah 6 liter/jam [3].

2. METODE PENELITIAN

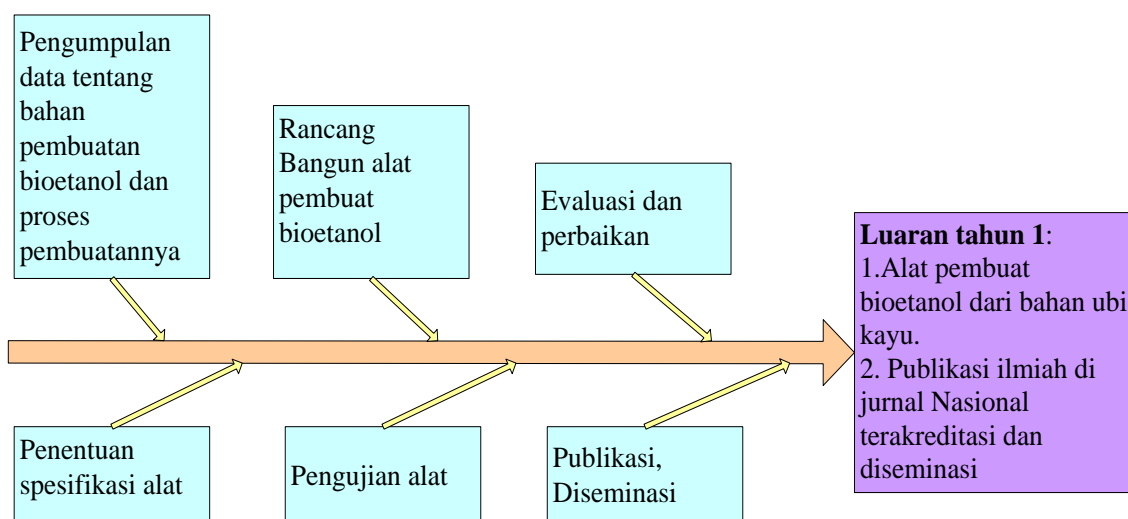
Pengembangan alat destilator bioethanol dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut :

2.1. Tahap Persiapan

Tahap ini dimulai dengan proses pengumpulan data tentang bahan pembuatan bioethanol dan proses pembuatannya berdasarkan referensi yang tersedia. Setelah data terkumpul dilanjutkan dengan proses penentuan spesifikasi peralatan pembuat bioethanol (distilator) yang akan dikembangkan.

2.2. Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan dimulai dengan penentuan rencana desain distilator, perencanaan dimensi dan material tangki distilator, perhitungan kalor yang dibutuhkan, perhitungan kebutuhan bahan bakar, perhitungan tebal dinding tangki distilator, perencanaan penguat tangki distilator dan pembuatan gambar kerja. Tahap berikutnya adalah tahap pembuatan peralatan yang terdiri dari pembuatan rangka, pembuatan plendes, pembuatan tangki distilator, pembuatan kondensor, proses perakitan dan finishing. Diagram *fish bone* dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram *fish bone* penelitian

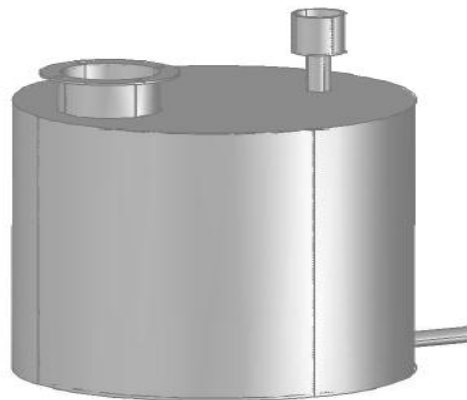
2.3. Tahap Pengujian

Tahap pengujian dilakukan setelah alat distilator selesai dibuat. Tahap ini diperlukan untuk mengetahui kinerja dari peralatan yang telah dibuat. Pengujian dilakukan terhadap material utama yaitu hasil fermentasi dari ketela pohon. Pengujian terhadap hasil fermentasi dari ketela pohon dilakukan dengan memakai variabel berubah yaitu jenis fermenternya dan lama proses fermentasi.

3. PERANCANGAN ALAT DISTILATOR BIOETHANOL

Bagian utama dari alat ini terdiri dari tangki distilator, menara refluks dan kondensor. Bahan material tangki distilator penyulingan adalah Stainless steel dengan tebal 2 mm yang berbentuk silinder dengan diameter 400 mm dan tinggi 500 mm dan di letakkan secara vertikal. Keunggulan tangki vertikal di banding di letakkan secara horisontal adalah (1). Mudah dibuat, (2). Mudah pemasangannya, (3). Mudah pemeliharaannya dan pengecekan, (4). Bidang yang dipanaskan lebih lebar, sehingga waktu penguapannya lebih cepat.

Bentuk penampang tangki sebagaimana gambar 2 dan berdasarkan dimensi diatas volume tangki maksimal adalah 55 liter. Perhitungan tebal tangki didasarkan pada asumsi tekanan maksimal dalam tabung adalah 2 atm atau 196200 N/m². Bahan Stainless Steel A 304 dengan tegangan tarik (σ) = 515 Mpa atau 515.106 N/m². Analisa yang digunakan meliputi analisa kekuatan tangki terhadap kemungkinan belah, analisa kekuatan tabung terhadap kemungkinan putus dan analisa kekuatan tabung berdasarkan pengaruh temperatur. Analisa terhadap kekuatan belah tangki menunjukkan bahwa tebal minimal yang diijinkan untuk konstruksi ini adalah 0,035 mm, analisa terhadap kekuatan putus tabung menunjukkan bahwa tebal minimal yang diijinkan untuk konstruksi ini adalah 0,038 mm dan analisa terhadap pengaruh temperatur menunjukkan bahwa tebal minimal yang diijinkan untuk konstruksi ini adalah 1,03 mm. Berdasarkan analisa diatas dengan memperhatikan proses pembuatan ditentukan tebal tabung yang digunakan adalah 2 mm



Gambar 2. Dimensi penampang tangki

Bagian menara refluks terbuat dari pipa stainless steel dengan diameter 4 inch dan tinggi 2000 mm. Tebal dari pipa tersebut adalah 2 mm. Menara terdiri dari enam tingkat yang terdiri dari lima tingkat menara *rectifier* dan satu menara refluks. Menara *rectifier* berisi batu alam yang berfungsi menghambat dan penyaring uap air sedangkan menara refluks berfungsi untuk menghasilkan embun larutan ethanol yang akan diuapkan kembali. Bentuk menara sebagaimana gambar 3.

Perhitungan kebutuhan panas didasarkan pada asumsi bahan baku hasil fermentasi yang akan di destilasi mengandung 15 % ethanol dan air 85 %, sehingga pada kapasitas maksimal 40 liter mengandung 6 liter ethanol dan 34 liter air. Ethanol mempunyai panas jenis 0,57 Kkal/kg⁰C dan titik didih 78 ⁰C, sedangkan air mempunyai panas jenis 1 Kkal/kg⁰C dan titik didih 100 ⁰C. Berdasarkan data tersebut dapat ditentukan kebutuhan kalor sensibel ethanol sebesar 140,22 Kkal dan kalor sensibel air sebesar 2142 Kkal sehingga total kebutuhan kalor sensibel sebesar 2.282,22 Kkal. Sedangkan kebutuhan kalor laten ethanol sebesar 1224 Kkal dan kalor laten air sebesar 18.326 Kkal sehingga total kebutuhan kalor laten sebesar 19.550 Kkal. Dengan mengasumsikan kerugian pembakaran dan penguapan sebesar 20% maka kebutuhan kalor untuk penguapan sebesar 26.198,22 Kkal. Proses pembakaran yang dilakukan menggunakan bahan baku dari gas LPJ yang mempunyai nilai kalor dalam pembakaran sebesar 11.220 Kkal/kg, sehingga total bahan bakar yang digunakan selama proses tersebut direncanakan membutuhkan bahan baku pembakaran dari gas LPG sebesar 2,34 kg.

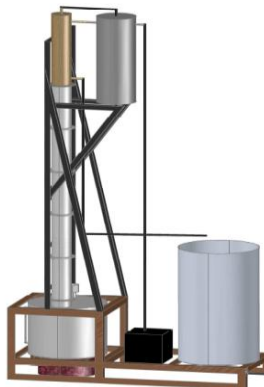
Bagian kondensor terbuat dari plat aluminium yang mempunyai diameter 250 mm dan tinggi 750 mm dengan ketebalan 2 mm. Di dalam pipa kondensor terdapat pipa tembaga yang di rol berbentuk spiral dengan ukuran diameter 3/4 inch. Bentuk kondensor sebagaimana gambar 4. Hasil lengkap proses perancangan alat distilator sebagaimana gambar 5.



Gambar 3. Penampang menara refluks



Gambar 4. Kondensor



Gambar 5. Hasil perancangan

4. PEMBUATAN ALAT DISTILATOR BIOETHANOL

Proses pembuatan dimulai dengan pemilihan peralatan yang tepat yang meliputi: Alat ukur (meteran, busur derajat, mistar baja dan jangka sorong ketelitian 0,02 mm), siku, penggores dan penitik, gergaji, gerinda dan ragum, mesin bubut dan perlengkapannya, mesin bor dan perlengkapannya, mesin las dan perlengkapannya, elektroda berdasarkan standart AWS, diameter elektroda = 2,6 mm dan panjang elektroda = 350 mm, pahat bubut, mata bor ukuran diameter 6 mm.

Dalam pembuatan mesin destilator bioethanol ini, pertama mempelajari dan memahami proses kerja mesin. Dalam pembuatan mesin ini juga mempertimbangkan pemilihan bahan yang akan digunakan. Selanjutnya gambar kerja dipersiapkan untuk proses pembuatan. Langkah kerja yang dilakukan untuk pembuatan mesin bioethanol ini adalah pengukuran bahan, pemotongan bahan, pengelasan dan proses pemesinan yang meliputi : membubut, mengebor dan pengerolan. Hasil proses pembuatan sebagaimana gambar 6.



Gambar 6. Hasil proses pembuatan mesin distilasi bioethanol sistem refluks bertingkat.

5. PENGUJIAN ALAT

Proses pengujian alat distilator dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut :

5.1 Proses Fermentasi

Proses fermentasi dilakukan dengan proses sebagai berikut:

- a) Penyiapan bahan baku yaitu ketela pohon yang sudah tua dan masih segar sebanyak 10 kg.
- b) Pengupasan singkong dan kemudian cuci dengan air bersih
- c) Pamarutan singkong menggunakan parutan ketela
- d) Pencampuran parutan ketela dengan air sebanyak 15 liter dan pengadukan
- e) Pemasakan bahan campuran dalam *cooker tank* untuk disertai pengadukan sampai campuran berubah kekentalanya.
- f) Pengadukan dilakukan hingga adonan mengental seperti jelly dan mulai terasa berat untuk diaduk. Proses ini disebut dengan proses gelatinasi.
- g) Pengecekan suhu adonan menggunakan termometer celup untuk memastikan temperatur adonan mencapai $80^{\circ} - 85^{\circ} \text{C}$.
- h) Apabila suhu telah mencapai $80^{\circ} - 85^{\circ} \text{C}$ masukkan Enzym Alfa Amylase sebanyak 10 ml sambil terus diaduk sampai adonan berubah menjadi lebih cair seperti sup dan terasa ringan ketika diaduk. Proses ini disebut proses likuifikasi
- i) Pertahankan suhu pada $90-95^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam dengan cara mengatur besar kecilnya api.
- j) Mematikan kompor, biarkan adonan mendingin hingga mencapai suhu rendah, yaitu 60°C .
- k) Pada suhu itu masukkan Enzym Gluco Amylase sebanyak 10 ml sambil diaduk hingga merata. Pertahankan adonan pada suhu 60°C selama 1 jam,
- l) Biarkan adonan mendingin hingga suhu sekitar $270-300^{\circ}\text{C}$. Tahapan ini disebut Proses Sakarifikasi. Pada kondisi ini gula kompleks dipecah lagi menjadi cairan gula sederhana dengan proses rendah ($12\%-14\%$)
- m) Setelah cairan gula sederhana mendingin ($270-300^{\circ}\text{C}$), masukkan cairan tersebut kedalam tong fermentor. Selanjutnya masukkan 20 gram pupuk Urea dan 5 gram NPK dan dilanjutkan dengan proses pengadukan.
- n) Setelah itu masukkan ragi roti sebanyak 15 gram dan aduk juga hingga merata.
- o) Kemudian tutup tabung fermentor dengan rapat/kedap udara dan menyalurkan selang pada wadah yang sudah diisi air (untuk mengetahui reaksi dari fermentasi/keluarnya gelembung udara).
- p) Keseluruhan aktivitas ini memerlukan ketelitian agar bahan baku tidak terkontaminasi oleh mikroba lainnya.
- q) Komposisi pada saat fermentasi dengan bahan baku ketela pohon adalah sebagai berikut :
 - 1) Air = 15 kg.
 - 2) Ketela pohon = 10 kg.
 - 3) Enzym Alfa Amylase = 10 ml.
 - 4) Enzym Gluco Amylase = 10 ml.

- 5) Ragi = 15 gram.
6) NPK = 5 gram.
7) Urea = 20 gram.
- r) Proses fermentasi ini dilakukan selama 3 sampai 7 hari. Proses reaksi dari komposisi bahan biasanya dipertengahan waktu proses dan ketika sudah pada waktu yang ditentukan reaksi dari komposisi tersebut (ragi) sudah mati/tidak bereaksi lagi, dikarenakan berlebihnya kadar alkohol sehingga reaksi dari ragi tidak mampu bertumbuh lagi
- s) Setelah tepat pada waktu yang telah ditentukan keluarkan cairan fermentasi dari fermentor kemudian saring untuk memisahkan limbah padat (sludge) dan cairan yang sudah mengandung etanol berkadar rendah (2-5%). Cairan hasil fermentasi ini disebut cairan Bir.

5.2 Proses Distilasi

Proses pengujian alat distilatordilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut :

- Menuangkan larutan hasil fermentasi kedalam tangki destilatordilalui hopper.
- Melakukan proses pemanasan tangki dislilatordengan menyalakan kompor pemanas.
- Menghidupkan pompa air dan memastikan bahwa sirkulasi air telah berjalan dengan baik pada menara pendingin dan tangki destilatordilalui pengaturan stop kran. Sirkulasi air dimaksudkan agar dapat mengontrol kebutuhan panas pada menara pendingin dan pipa kondensor.
- Proses pemanasan berlangsung kurang lebih 1 jam dan temperatur uap naik hingga mencapai suhu 780C.
- Nyala api dijaga agar temperatur tetap pada suhu 780C untuk menghasilkan ethanol dengan kadar maksimal.
- Ethanol keluar dari pipa kondensor, dan apabila ethanol sudah tidak menetes lagi, itu menandakan kandungan ethanol pada ketela sudah habis, kemudian matikan kompor pemanas dan pompa air.

6. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan proses pengembangan tersebut telah dihasilkan prototipe mesin distilatordilao bioethanol dengan kapasitas tangki distilasi 40 liter dengan spesifikasi lengkap sebagai berikut:

- Rangka mesin
 - Rangka utama : Baja profil L dengan ukuran 40 x 40 x 4 mm.
 - Rangka pendukung : Baja plat dengan ukuran 40 x 4 mm.
- Tanki Destilatordilao
 - Plat Stainless Steel A 304 tebal 2 mm
 - Pipa Stainless Steel A 304 Ø 400 mm dan tinggi 500 mm
- Menara Refluk
 - Pipa Stainless Steel A 304 Ø 4" dan tinggi 2000 mm
 - Pipa tembaga Ø 1/4"
- Tanki Kondensordilao
 - Pipa tembaga Ø 1/2"
 - Pipa Stainless Steel A 304 tebal 2 mm dan tinggi 750 mm

Berdasarkan serangkai proses pengujian dengan menggunakan bahan baku ketela dengan variasi lama fermentasi didapatkan hasil sebagaimana tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian proses distilasi dengan variasi lama fermentasi

Pengujian	Lama Fermentasi	Temperatur Reflux	Kadar Ethanol (%)			Rata rata (%)
I	3 hari	83°	85	85	85	88,5
II	3 hari	83°	92	92	92	
III	5 hari	83°	90	90	90	91,5
IV	5 hari	83°	93	93	93	
V	7 hari	83°	92	92	92	92
VI	7 hari	83°	92	92	92	

Hasil tersebut menunjukkan bahwa mesin yang dikembangkan dengan menggunakan refluks bertingkat telah mampu menghasilkan etanol dengan kadar lebih besar dari 90% seperti yang telah dirancang sebelumnya. Dalam proses pengujian dengan variasi lama fermentasi menunjukkan bahwa terjadi perbedaan hasil yang signifikan antara lama fermentasi 3 hari dan 5 hari, tetapi pada lama fermentasi 5 hari dan 7 hari tidak terjadi perbedaan yang signifikan.

7. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa telah dikembangkan alat distilator bioethanol dengan spesifikasi sebagai berikut: diameter tangki 400 mm, tinggi tangki 500 mm, terbuat dari bahan stainless steel A304 dengan ketebalan 2 mm. Kapasitas tangki yang diijinkan adalah $\frac{3}{4}$ dari volume tabung atau sebesar 40 liter. Dari hasil uji coba pada hasil proses distilasi fermentasi ketela pohon menunjukkan kadar tertinggi yang dapat dihasilkan dari mesin distilasi bioethanol dengan sistem refluks bertingkat ini adalah 92%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hambali., dkk. (2007). *Teknologi Bioenergi*, Jakarta: Argo Media Pustaka.
- [2] Puji L, dkk, (2007). *Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Bioetanol Terhadap Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Mesin Bensin (otto) Pada Siklus Urban (UC) dan Ekstra Urban (EUC)*, Departemen Teknik Lingkungan dan Teknik Mesin, Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung.
- [3] Rahmat B, dkk, (2012). *Rancang-bangun Alat Produksi Bioetanol*, Program Studi Agroteknologi Universitas Siliwangi.
- [4] Guritno B., dkk, 2011. "Desain Unit Pengolahan Bioetanol Untuk Petani Di Desa Ngajum Kecamatan Sumber Pucung Kabupaten Malang", *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol.2, No. 1 Tahun 2011 : 83-91, Universitas Brawijaya
- [5] Makky M. dkk, (2011). *Rancang Bangun Alat Destilasi Bioethanol Berpendingin Air Menggunakan Sumber Pemanas Elektrik*, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Andalas.