

## PEMBUATAN BIOETANOL DARI NIRA NIPAH DENGAN ALAT HASIL REKAYASA TIPE P3HH-1

(*Manufacturing of Bioethanol from Nypa fruticans Sap with P3HH-1 Engineered Equipment*)

Djeni Hendra, Sri Komarayati & Heru S. Wibisono

<sup>1</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan  
Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610, Telp. 0251-8633378, Fax. 0251-86333413  
E-mail : djeni\_hendra@yahoo.co.id

Diterima 19 Januari 2015, Direvisi 6 Agustus 2015, Disetujui 1 Oktober 2015

### ABSTRACT

*High consumption of fossil fuel causes energy crisis since its reserve is decreasing. This fact stimulates many studies to find out alternative energy as fossil fuels substitute. Bioethanol is considered as one of the most important source of alternative energy extracted from plants. This research is aimed to provide tool engineering required in producing bioethanol from Nypa fruticans sap. The engineering is consisted of two reactors. The first reactor can be used for pasteurization, sacarification and fermentation. The important second reactor is used as a distillation unit. The tool engineering has important advantage by using SSF (Simultaneous Sacarification and Fermentation) technique. By using this technique, process of pasteurization and fermentation can be carried out in one reactor. However the low level of bioethanol flow rate becomes the weakness of this tool. The yield of Nypa fruticans sap was about 13.5% and the bioethanol content of 70-94.5% with an average of 84.8%. The yield of bioethanol distillation can be improved through the dehidration process. Bioethanol content can be increased from 94.5% to 98.5% by the dehidration process.*

*Keywords:* Tool engineering, bioethanol, Nypa fruticans sap, biofuels

### ABSTRAK

Meningkatnya konsumsi bahan bakar fosil sedangkan cadangannya semakin menurun menyebabkan terjadinya krisis energi. Hal ini memicu penggalian energi alternatif sebagai pengganti energi fosil tersebut. Bioetanol merupakan salah satu energi alternatif yang berasal dari bahan nabati. Penelitian ini bertujuan membuat alat/mesin pengolah bioetanol dari bahan nira nipah. Alat rekayasa yang dibuat terdiri dari 2 buah reaktor. Reaktor I berfungsi sebagai alat pasteurisasi, sakarifikasi dan fermentasi. Reaktor II berfungsi sebagai alat destilasi. Keunggulan alat ini terdapat pada penggunaan teknik *Simultaneous Sacarification and Fermentation* (SSF) dimana proses pasteurisasi dan fermentasi dapat dilakukan pada 1 reaktor. Laju alir uap bioetanol masih berlangsung lambat menjadi kelemahan alat ini. Rendemen nira nipah hasil ujicoba sebesar 13,5% dan kadar bioetanol berkisar antara 70-94,5% dengan rata-rata sebesar 84,8%. Hasil destilasi bioetanol dapat ditingkatkan melalui proses dehidrasi. Melalui proses dehidrasi kadar bioetanol 94,5% dapat meningkat menjadi 98,5%.

Kata kunci: Rekayasa alat, bioetanol, nira nipah, bahan bakar nabati

### I. PENDAHULUAN

Krisis energi yang melanda dunia khususnya bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbarui telah memacu untuk mendapatkan energi alternatif pengganti bahan bakar tersebut. Konsumsi bahan bakar fosil diperkirakan akan meningkat 57% dari tahun 2002 hingga 2025

sedangkan cadangan minyak bumi semakin berkurang akibat eksplorasi dan pemakaian oleh industri yang semakin berkembang. Berdasarkan laporan dari *Congressional Research Service* (CRS) kepada komisi energi, jika tidak ada perubahan pola konsumsi, cadangan minyak bumi hanya cukup untuk 30-50 tahun lagi (Prihandana & Hendroko, 2007).

Untuk menghadapi semakin berkurangnya cadangan minyak bumi dan semakin tingginya konsumsi bahan bakar minyak, Pemerintah Indonesia menerbitkan Instruksi Presiden No.1 tahun 2006 tanggal 25 Januari 2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati (*biofuel*) sebagai alternatif bahan bakar. Salah satu bahan bakar alternatif adalah bioetanol yang merupakan bahan bakar nabati berasal dari tanaman kehutanan dan perkebunan.

Produksi bioetanol dapat dilakukan dengan menggunakan alat rekayasa. Rekayasa alat pengolah bioetanol perlu didesain sedemikian rupa guna menghasilkan kualitas (kadar bioetanol) dan kuantitas bioetanol (rendemen). Tulisan ini mempelajari rekayasa alat pembuat bioetanol. Alat pengolah bioetanol yang dibuat menggunakan sistem *Simultaneous Sacarification and Fermentation* (SSF). Sistem SSF memiliki keuntungan dalam hal proses dan desain. Sistem SSF memungkinkan untuk melakukan 3 proses sekaligus dalam 1 reaktor, yaitu sakarifikasi, pasteurisasi, dan fermentasi. Alat rekayasa akan diujicoba dengan menggunakan bahan baku nira nipah. Nira nipah merupakan salah satu bahan baku yang berpotensi untuk diolah menjadi bioetanol. Total komposisi kimia nira nipah adalah 19,5% berat, terutama terdiri dari sukrosa, glukosa, dan fruktosa (Tamuaidu, 2013). Tamuaidu (2013) dalam Chairul (2013) juga menyatakan bahwa potensi pohon nipah dapat menghasilkan 0,4 sampai 1,2 liter nira nipah per pohon per hari. Sampai saat ini pengolahan bioetanol nira nipah masih sebatas pada skala laboratorium. Vernandos (2008) melakukan proses fermentasi nira nipah sebanyak 300 ml dan Sodiq (2011) melakukan fermentasi nira nipah sebanyak 8.000 ml. Berdasarkan informasi tersebut, maka diperlukan rekayasa alat untuk mengolah bioetanol pada skala yang lebih besar.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Rekayasa alat pengolah bioetanol dan uji coba dilakukan di Laboratorium Pengolahan Kimia dan Energi Hasil Hutan, Pusat Litbang Hasil Hutan, Bogor. Pengambilan bahan baku nira nipah dan informasi yang berkaitan dengan kegiatan rekayasa alat dilakukan di Jawa Tengah.

### B. Bahan dan Peralatan

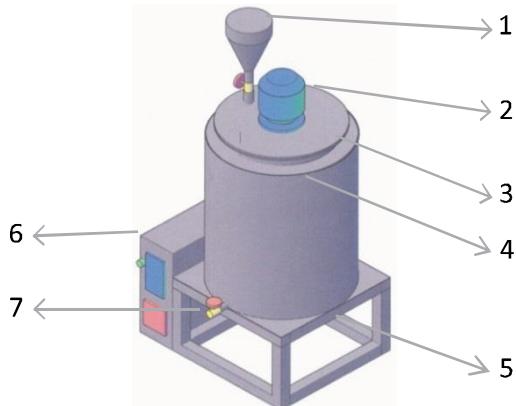
Bahan yang digunakan dalam rekayasa alat pengolah bioetanol adalah 2 tabung *stainless steel* SS 304 dengan tebal 1,5 mm, *band heater*, *thermocouple*, *temperatur control*, kabel listrik, dan kawat katoda *stainless steel* untuk las listrik. Sedangkan bahan yang digunakan untuk produksi bioetanol adalah nira nipah sebanyak 50 liter dan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*).

Peralatan diantaranya adalah mesin potong besi, mesin las listrik, mesin bubut, mesin bor, timbangan analitik, timbangan kasar, gelas ukur 100 ml, 250 ml, dan 1000 ml, erlemeyer, alat ukur kadar gula (*brix meter*), alat ukur kadar alkohol (*alcohol meter*), dan termometer.

### C. Prosedur Kerja

1. Penggeraan rekayasa alat pengolah bioetanol adalah sebagai berikut:
  - a. Rancang bangun reaktor untuk proses pasteurisasi, sakarifikasi yang dipergunakan juga sebagai alat untuk proses pasteurisasi dan fermentasi bahan baku bioetanol (Gambar 1)
  - b. Rancang bangun reaktor destilasi dan 2 kondensor untuk mendinginkan uap etanol menjadi cairan (Gambar 3)
  - c. Penggeraan pengelasan dan perakitan rangka meja reaktor untuk pemasakan (*pasteurisasi*), dan reaktor untuk destilasi dan pembuatan 2 alat pendingin (*condensor*).
  - d. Penggeraan pembentukkan 2 plat *stainless steel* menjadi bentuk tabung, tabung bagian dalam dengan ukuran Ø 380 mm, tinggi 600 mm yang dililit oleh *band heater* dan tabung luar dengan ukuran Ø 440 mm, tinggi 600 mm sesuai dengan gambar rancang bangun.
  - e. Penggeraan pengelasan tutup atas reaktor, pemasangan kran pada corong masuknya bahan baku, pemasangan kran untuk mengeluarkan bahan baku dan perakitan dudukan *electromotor* untuk pengadukkan bahan baku.
  - f. Penggeraan pembentukkan 2 plat *stainless steel* menjadi bentuk tabung dalam dengan ukuran Ø 380 mm, tinggi 600 mm dan tabung luar dengan ukuran Ø 500 mm, tinggi 600 mm sesuai dengan gambar rancang bangun.
  - g. Penggeraan dan pemasangan *electric heater* di bagian dinding bawah tabung.

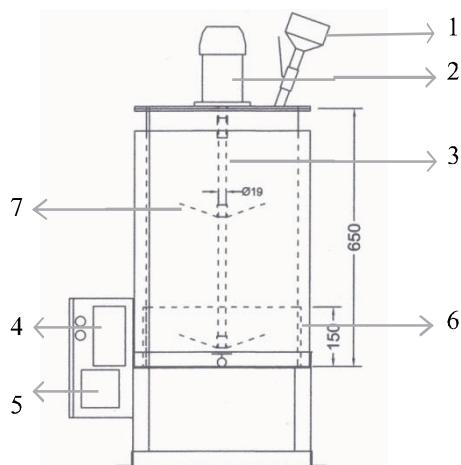
h. Pembuatan, pengerajan pengelasan dan perakitan 2 tabung pendingin uap etanol panas (*condensor*) yang dilengkapi dengan temperatur controller di tabung ke 1.



**Gambar 1. Rancang bangun reaktor pengolahan bahan baku bioetanol (Reaktor 1)**  
**Figure 1. The reactor design of bioethanol raw materials process (Reactor 1)**

Keterangan (*Remarks*):

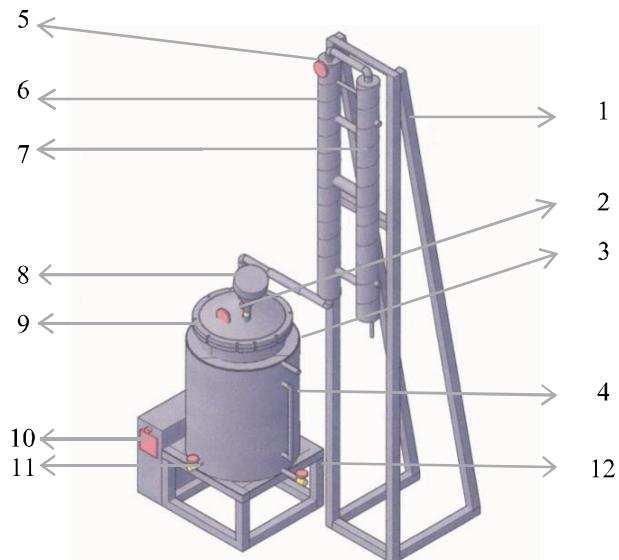
1. Corong pemasukan (*Entering funnel*)
2. Motor pengaduk  $\frac{1}{4}$  HP 3 phase (*Electromotor  $\frac{1}{4}$  HP 3 phase*)
3. Tabung bagian dalam (*Inner tube*)
4. Pelindung pemanas (*Shield of band heater*)
5. Dudukan tabung (reaktor) (*Tube holder*)
6. Kotak panel (*Box panel*)
7. Kran pengeluaran bahan (*Faucet of materials output*)



**Gambar 2. Reaktor 1 untuk pengolahan bahan baku bioetanol**  
**Figure 2. Reactor 1 for processing raw materials of bioethanol**

Keterangan (*Remarks*):

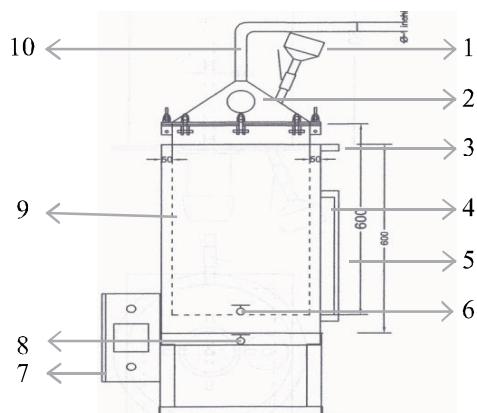
1. Corong pemasukan bahan (*Entering material funnel*)
2. Motor pengaduk  $\frac{1}{4}$  HP 3 Phase (*Electromotor  $\frac{1}{4}$  HP 3 Phase*)
3. As pengaduk (*Bar mixer*)
4. Inverter (*Inverter*)
5. Pemanas (*Band heater*)
6. Pengontrol panas (*Thermocontrol*)
7. Baling-baling pengaduk bahan (*Propeller of material mixer*)



**Gambar 3. Rancang bangun reaktor 2 dan pendingin destilasi bioetanol**  
**Figure 3. Reactor design 2 and condenser of bioethanol distillation**

Keterangan (Remarks):

1. Tiang pendingin (Condensor support)
2. Pengukur suhu di reaktor destilasi (Thermocontrol on distillation reactor)
3. Tabung luar berisi air (Outer tube that contain of water)
4. Petunjuk level air (Water level)
5. Pengukur suhu condensor 1 (Thermocontrol on condensor 1)
6. Pendingin 1 (Condensor 1)
7. Pendingin 2 (Condensor 2)
8. Corong pemasukan bahan baku (Entering raw material funnel)
9. Tabung/ reaktor bagian dalam (bahan baku) (Inner tube/reactor)
10. Kotak panel (Box panel)
11. Kran untuk pengeluaran sisa destilasi (Faucet for distillation residu output)
12. Kran untuk pemasukan air (Faucet for water input)



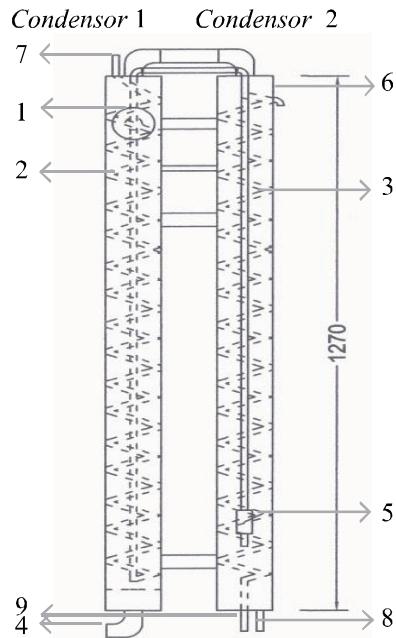
**Gambar 4. Reaktor 2 destilasi bahan baku bioetanol**  
**Figure 4. Reactor 2 for bioethanol raw materials distillation**

Keterangan

1. Corong pemasukan bahan (Raw materials input funnel)
2. Thermometer reactor (Thermometer of reactor)

(Remarks):

3. Pengeluaran uap air panas (*Hot steam output*)
4. Jacket air (*Water jacket*)
5. Level control air panas (*Level of hot water control*)
6. Pengeluaran sisa destilasi etanol (*Ethanol distillation residu output*)
7. Kotak panel (*Box panel*)
8. Kran untuk mengeluarkan air pemanas (*Faucet for issuing hot water*)
9. Tabung bagian dalam (*Inner tube*)
10. Pipa laju alir uap etanol ke kondensor (*Ethanol flowrate pipe to condensor*)



**Gambar 5. Dua tabung pendingin (*condensor*)**  
**Figure 5. Two tubes of condensor**

Keterangan (*Remarks*):

1. Kontrol thermometer (*Thermometer control*)
2. Pipa sekat bentuk spiral untuk pendingin berisi air di *condensor 1* (*Spiral shape of insulation pipe for cooler that contain of water in condensor 1*)
3. Pipa sekat bentuk spiral untuk laju alir uap bioethanol (*Spiral shape of insulation pipe for steam flow rate of bioethanol*)
4. Pipa *input* uap etanol (*Input pipe of ethanol steam*)
5. Pipa pemasukan air untuk mendinginkan uap etanol di *condensor 1* (*Water input pipe for cooling ethanol steam on condensor 1*)
6. Pipa pengeluaran air pada *condensor 2* (*Water output pipe on condensor 2*)
7. Pipa pengeluaran air pada *condensor 1* (*Water output pipe on condensor 1*)
8. Pipa pemasukan air pada *condensor 2* (*Water input pipe on condensor 2*)
9. Pipa *output* etanol (*Ethanol output pipe*)

2. Uji coba alat pengolah bioetanol
  - a. Cairan nira nipah segar sebanyak 50 liter, diukur pH dan kadar gula, kemudian di masukkan ke dalam reaktor pemasakan (reaktor I) melalui corong pemasukan bahan cairan.
  - b. Reaktor dipanaskan dalam keadaan tertutup selama 10 menit pada suhu 50-60°C, kemudian didinginkan tanpa menggunakan alat sampai pada suhu 28°C.
  - c. Dilakukan pengaturan pH dengan penambahan larutan ammonium hingga pH 5,5 sambil diaduk.
  - d. Ditambahkan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) dengan rasio 2 g/100 ml untuk 1 reaktor fermentor sebanyak 2% (b/v).
  - e. Nira nipah difermentasi dengan suhu 28°C dalam reaktor fermentor, dan diaduk setiap 6 (enam) jam sekali selama 3 menit.
  - f. Setelah proses fermentasi (72 jam), nira nipah

- dipindahkan ke dalam reaktor destilasi (reaktor II) yang dilengkapi alat pendingin (*condensor*).  
g. Reaktor destilasi dipanaskan pada suhu 78–80°C.  
h. Destilat etanol yang dihasilkan diukur rendemen dan kadar etanol.

#### D. Analisis Data

Analisis data hasil uji coba ditabulasi kemudian dievaluasi dan dianalisis keunggulan dan kelemahan alat hasil rekayasa.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Rekayasa Alat Pengolah Bioetanol

Alat rekayasa yang dibuat terdiri dari 2 buah reaktor. Reaktor pertama berfungsi sebagai alat pasteurisasi, sakarifikasi dan fermentasi. Reaktor kedua berfungsi sebagai alat destilasi. Reaktor pertama dipergunakan untuk proses pasteurisasi cairan nira, akan tetapi bisa dipergunakan untuk proses sakarisasi atau hidrolisis pada suhu 40–50°C sambil diaduk dengan putaran konstan selama 48 jam, selain itu fungsi reaktor pertama dapat dipergunakan untuk proses fermentasi.

Spesifikasi reaktor pertama.

- Kapasitas : 60 liter
- Diameter tabung luar : 440 mm
- Diameter tabung dalam : 380 mm
- Tinggi tabung : 650 mm
- Bahan : *Stainless steel* 304 tebal 1,5 mm
- Pengaduk : *Electromotor* 1/4 Hp, 3 Phase
- Pemanas reaktor: *Band heater* 3000 watt, 220 volt.
- Kotak panel: Inverter, temperatur kontrol digital dan kontaktor.

Fungsi reaktor kedua dan pendingin (*condensor*) adalah untuk proses pemisahan komponen berdasarkan titik didihnya. Titik didih etanol murni adalah 78°C sedangkan titik didih air adalah 100°C. Dengan memanaskan larutan pada suhu antara 78–80°C akan mengakibatkan sebagian besar etanol menguap dan dilakukan kondensasi akan dihasilkan etanol cair dengan kadar yang tinggi.

Reaktor kedua berfungsi sebagai alat untuk memanaskan cairan hasil fermentasi berdasarkan titik didihnya dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Kapasitas reaktor : 60 liter
- Diameter tabung dalam : 380 mm
- Diameter tabung luar : 500 mm
- Tinggi tabung : 600 mm



(a) (b)

**Gambar 6. Prototipe alat pengolah bioetanol**  
**Figure 6. The prototype of bioethanol cultivating tools**

Keterangan (*Remarks*) : a. Alat pasteurisasi, sakarifikasi, dan fermentasi, (*Pasteurization, sacarification, and fermentation equipments*)  
b. Alat destilasi (*Distillation equipment*)

- Bahan : *Stainless steel 304*, tebal 1,5 mm
- Pemanas : *Heater immersion* 3.000 Watt, 220 volt 1 phase.
- Dilengkapi dengan: *Box panel*, temperatur control, *thermocouple*, kran pengisian air, dan kran pengeluaran sisa bahan.

Pendingin (*condensor*) uap etanol dibuat 2 buah, dengan fungsi satu sama lainnya berbeda :

- Diameter : 4 inchi
- Tinggi : 127 cm
- Bahan kondensor : *Stainless steel 304*
- Pipa penyekat : Ø ½ inc *Stainless steel 304*
- Dilengkapi dengan temperatur kontrol di pendingin 1

Pendingin 1 berfungsi sebagai tempat terjadinya pemisahan antara uap air dan uap etanol, laju alir uap air akan turun kembali karena terhalang oleh kisi kisi bola kaca, sedangkan uap etanol akan terus menerobos ke pendingin 2. Fungsi dari pipa penyekat adalah untuk laju alir air pendingin yang sewaktu waktu dialirkan jika temperatur pendingin 1 sudah terlalu panas.

Pendingin 2 berfungsi untuk mendinginkan laju alir uap etanol yang masuk ke dalam pipa penyekat menjadi etanol cair dengan kadar tinggi. Telah dilakukan perbaikan pada reaktor 2, yaitu pipa yang menuju ke kondensor 1 telah diperpendek dan posisi kondensor (pendingin) diturunkan agar tidak menghambat proses laju alir uap etanol yang dihasilkan.

## B. Uji Coba Pembuatan Bioetanol dari Nira Nipah Menggunakan Reaktor Hasil Rekayasa

Alat pengolah bioetanol hasil rekayasa, menggunakan teknik SSF (*Simultaneous Sacarification and Fermentation*). Proses SSF memiliki kelebihan dalam hal efisiensi proses, dimana

proses pasteurisasi dan fermentasi dapat dilakukan pada satu reaktor, sehingga reaktor yang dibutuhkan lebih sedikit.

Menurut Dahan, Sari, & Ismadyar (2009) nira nipah mengandung sukrosa sebanyak 13-17%, ini merupakan suatu bahan yang sangat potensial untuk diolah menjadi bioetanol. Nira nipah yang diuji coba sebanyak 50 liter, diukur pH serta kadar gula. Berdasarkan hasil pengukuran, didapat data cairan nira awal yang tersaji pada Tabel 1.

Nira nipah dengan pH 6,05 ditambahkan larutan amonium hingga pH mencapai 5,5 lalu dipanaskan (pasteurisasi) pada suhu 45°C. Pasteurisasi bertujuan membunuh organisme yang merugikan (bakteri, virus, protozoa, dan lain-lain). Setelah mencapai suhu pasteurisasi, kemudian didinginkan sampai suhu 26-28°C dan ditambahkan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) sebanyak 2% (b/v) untuk difermentasikan pada suhu ruang (26-28°C) selama 72 jam. Proses fermentasi dimaksudkan untuk mengkonversi glukosa (gula) menjadi etanol. Pada proses fermentasi, ragi yang digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae* karena jenis ini dapat berproduksi tinggi, toleran terhadap alkohol yang cukup tinggi (12-18% v/v), tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap aktif melakukan fermentasi pada suhu 24-32°C. Putra dan Amran 2009 menyatakan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* mempunyai daya fermentasi yang tinggi terhadap glukosa, fruktosa, galaktosa, maltose dan mempunyai daya tahan dalam lingkungan di kadar alkohol yang relatif tinggi serta tahan terhadap mikroba lain pembuatan bioetanol dari nira nipah dalam skala menengah dengan kapasitas 70 liter (50 liter nira nipah) dengan kondisi pH 4,5 dan waktu fermentasi 36 jam dengan menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan konsentrasi bioetanol 14% (Chairul, 2013). Dalam skala yang lebih kecil/laboratorium, pembuatan bioetanol dari

**Tabel 1. Karakteristik awal bahan baku nira nipah**

**Table 1. *Nypa fruticans sap raw material's characteristics***

Data (Data)	Nilai (Value)
Volume ( <i>volume</i> )	50 liter
pH ( <i>pH</i> )	6,05
Kadar gula ( <i>glucose level</i> )	14%
Kadar Alkohol ( <i>alcohol level</i> )	0%

**Tabel 2. Hasil destilasi bioetanol dengan alat hasil rekayasa**  
**Table 2. Result of bioethanol distillation with engineering tools**

Hasil destilasi (ml) ( <i>Distillation yield</i> )	Kadar bioetanol (%) ( <i>bioethanol content</i> )
453	83,5
521	83,5
455	84,0
494	87,0
448	88,0
406	89,0
433	91,0
430	93,0
430	94,5
430	90,0
430	86,0
400	84,0
375	83,0
300	80,0
250	80,0
250	75,0
250	70,0

nira nipah dengan kapasitas 8 liter dengan menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan konsentrasi bioetanol 12% (Sodiq, 2011). Setelah proses fermentasi, tahapan selanjutnya dilakukan destilasi. Destilasi bertujuan memisahkan air dan etanol berdasarkan titik didihnya. Titik didih etanol murni adalah 78°C sedangkan titik didih air adalah 100°C. Dengan memanaskan larutan pada suhu rentang 78–80°C akan mengakibatkan sebagian besar etanol menguap. Kadar bioetanol hasil destilasi dari penggunaan alat hasil rekayasa tersaji pada Tabel 2.

Pengukuran kadar alkohol menggunakan alkoholmeter. Langkah-langkah pengukuran menggunakan alkoholmeter (Feryanto, 2007) adalah dengan memasukkan destilat sebanyak 100 ml ke dalam gelas ukur, kemudian alkoholmeter dicelupkan ke dalam destilat. Batas yang tercelup pada permukaan destilat menunjukkan kadar alkohol pada sampel yang diuji. Dari hasil uji coba pembuatan bioetanol dengan reaktor hasil

rekayasa, ternyata menunjukkan hasil kadar etanol yang beragam, berkisar antara 70-94,5% akan tetapi ada kenaikan kadar etanol tertinggi pada pengambilan sampel ke 9 yaitu 94,5% (Tabel 2). Etanol mencapai kadar tertinggi tersebut diduga bahwa suhu pada pendingin 1 berada pada suhu optimum dimana etanol dapat terpisah dengan uap air secara maksimal. Pada pengambilan sampel ke 17 kadar bioetanol yang dihasilkan hanya sebesar 70%. Nilai ini mengindikasikan bahwa laju alir uap etanol ke kondensor 1 terpengaruh oleh suhu yang terlalu tinggi sehingga proses pemisahan etanol dengan uap air tidak berjalan optimal. Dapat diketahui bahwa kadar etanol 70% terdapat kandungan air yang terbawa oleh etanol pada saat proses pemisahan. Untuk mengatasi suhu laju alir uap etanol terlalu tinggi hal ini perlu segera diturunkan suhunya dengan cara mengalirkan air ke kondensor 1 agar suhu pada kondensor 1 berada di bawah suhu 90°C, sehingga diperoleh kadar etanol yang maksimal.

**Tabel 3. Hasil dehidrasi bioetanol**  
**Table 3. Result of bioethanol dehydration**

Kadar bioetanol awal (%) (The first of bioethanol content)	Kadar bioetanol akhir (%) (The last of bioethanol content)
80,0	89,0
83,0	91,0
91,0	95,0
93,0	97,5
94,5	98,5

Kadar bioetanol hasil uji coba belum mencapai standar untuk substitusi bahan bakar premium, akan tetapi dapat ditingkatkan kadarnya melalui proses dehidrasi. Prinsip proses dehidrasi tidak jauh berbeda dengan cara destilasi. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, secara umum kadar bioetanol mengalami kenaikan setelah dilakukan dehidrasi (Tabel 3). Untuk bioetanol awal dengan kadar 80% naik menjadi 89% setelah di dehidrasi. Selain itu, sampel dengan kadar etanol 94,5% jika didehidrasi akan naik kadarnya menjadi 99,5%. Hasil ujicoba alat rekayasa menghasilkan rendemen bioetanol sebesar 13,5%.

Kelebihan alat hasil rekayasa dapat digunakan untuk bahan baku dalam bentuk cairan (nira) dan maupun padatan (empulur sagu, empulur sawit, limbah kayu). Untuk bahan padatan (bahan berlignoselulosa) berbeda cara pengolahannya. Bahan padatan diproses dengan cara sakarifikasi/hidrolisis pada suhu 50°C selama 48 jam sambil diaduk pada putaran konstan. Selain itu, karena prinsip alat ini menggunakan teknik SSF, maka dapat melakukan dua proses sekaligus, yaitu pasteurisasi atau sakarifikasi dan fermentasi.

Selain memiliki kelebihan, alat pengolah bioetanol hasil rekayasa ini memiliki beberapa kelemahan pada reaktor 1 (pasteurisasi dan fermentasi). Reaktor 1 ini tidak bisa digunakan secara kontinyu, hanya bisa untuk satu kali proses saja. Artinya, untuk proses fermentasi berikutnya baru bisa dilakukan ketika proses fermentasi yang sedang berjalan telah selesai. Sehingga harus menunggu proses fermentasi yang sedang berlangsung selesai terlebih dahulu, baru bisa memulai lagi untuk proses fermentasi selanjutnya. Karena prinsip alat hasil rekayasa ini menggabungkan dua proses pada satu reaktor, yaitu pasteurisasi dan fermentasi.

Pada reaktor 2, laju alir bioetanol menuju *condensor* 1 masih berjalan lambat, Hal ini disebabkan karena tempat laju alir uap etanol ke *condensor* 1 pipanya terlalu panjang. Untuk penyempurnaan alat tersebut, panjang pipa perlu dipotong ± 10 cm, dengan mengurangi panjang pipa tersebut, diharapkan uap etanol akan cepat naik ke pipa dan kemudian akan masuk ke *condensor* 1 sehingga proses destilasi bioetanol akan berlangsung lebih cepat.

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Alat rekayasa pengolah bioetanol terdiri dari kedua reaktor. Reaktor pertama dirancang menggunakan teknik SSF (*Simultaneous Sacarification and Fermentation*) yang berfungsi sebagai alat fermentasi, sakarifikasi dan pasteurisasi. Reaktor kedua berfungsi sebagai alat destilasi. Reaktor kedua memiliki 2 pendingin (*condensor*). Pendingin 1 berfungsi sebagai pemisah antara uap air dan uap etanol sedangkan pendingin 2 berfungsi untuk mendinginkan uap etanol yang masuk ke dalam pipa penyekat menjadi etanol cair dengan kadar tinggi. Hasil ujicoba alat rekayasa dapat menunjukkan bahwa alat rekayasa dapat memproduksi bioetanol nira nipah dengan kadar sebesar 70-94,5% dan rendemen sebesar 13,5%.

### B. Saran

Perlu dibuat alat dehidrasi untuk meningkatkan kadar bioetanol, sehingga kadar bioetanol 99,5%, dapat dipergunakan sebagai bahan substitusi bensin premium selain itu perlu dibuat

beberapa alat fermentor agar proses destilasi bioetanol bisa kontinyu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chairul, S.M. & Yenti (2013). Pembuatan bioetanol dari nira nipah menggunakan *Saccharomyces cereviceae*. *Jurnal Teknobiologi*, IV(2), 105 – 108.
- Dahlan, M.H., Sari, D.D., & Ismadyar. (2009). Pemekatan nira nipah menggunakan membran selulosa asetat. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya*, 5(2), 21-27.
- Feryanto, D. (2007). Pengukuran alkoholmeter. <http://www.alkoholmeter/meterlak.com>. Diakses tanggal 22 Desember 2014.
- Prihandana, R., Hendroko, R. & Nuramin, M. (2007). *Menghasilkan biodiesel murah*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Putra, A.E. & Amran H. (2009). *Pembuatan bioetanol dari nira siwalan secara fermentasi fase cair menggunakan fermipan*. Semarang: Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro.
- Sodiq, M. (2011). *Fermentasi skala nira nipah skala plot menjadi bioethanol menggunakan Saccharomyces cerevisiae*. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Tamuniadu, P. & Saka, S. (2013). Comparative study of nutrient supplements and natural inorganic components in ethanolic fermentation of nypa sap. *Journal of The Japan Institute of Energy*, 92, 181-186.
- Vernandos, A & Huda, N. (2008). *Fermentasi nira nipah menjadi etanol menggunakan Saccharomyces cerevisiae*. Pekanbaru: Universitas Riau.