

MINI PLANT BIOETHANOL SINGKONG DENGAN PEMURNIAN DISTILASI SIEVE TRAY DAN DEHIDRASI CaO

Iqbal Nur Ikhsan¹; Nafidatul Ilmiah²; Nyoman Bagus A.S.³; Shandira Deseliane⁴; Agus Sukandi⁵;
Muhammad Hatta⁶; Erlangga Yudha pratama⁷

¹²³⁴⁵Teknik Mesin, LNG Academy-Politeknik Negeri Jakarta,
Bontang, 081519138416, deselianes@yahoo.com
⁶⁷LNG Academy-PT Badak NGL

Abstrak

Kulit singkong memiliki kandungan pati yang cukup tinggi dan merupakan limbah industri makanan yang kurang dimanfaatkan di Bontang. Dengan adanya kandungan karbohidrat tersebut memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi etanol pengganti BBM (Fuel Grade Ethanol). Tujuan dari penelitian ini adalah membuat rancang bangun alat yang dapat menghasilkan Fuel Grade Ethanol dari limbah kulit singkong, mengetahui perbandingan antara jumlah bahan baku limbah kulit singkong dengan produk bioetanol dan mengetahui karakteristik bioetanol yang dihasilkan. Proses yang digunakan untuk mengubah limbah singkong menjadi bioethanol meliputi hidrolisis, fermentasi, distilasi, dehidrasi dan kondensasi. Proses hidrolisis menggunakan katalis H₂SO₄ 0,3 M dan menghasilkan kadar gula sebesar 9,68% dan 11,05%. Proses fermentasi menggunakan Saccharomyces cerevisiae selama 7 hari dengan konversi gula menjadi etanol sebesar 50,46% dan selama 3 hari sebesar 12,38%. Proses distilasi dengan sieve tray menghasilkan distilat sebanyak 435 mL dengan kadar etanol 70,5%. Proses dehidrasi menggunakan CaO menghasilkan distillate sebanyak 288,9 mL dengan kadar etanol 99,997%. Alat telah berhasil dirancang dan dibangun dengan perbandingan produksi bioethanol sebesar 0,1926 liter tiap 1 kg limbah singkong yang digunakan.

Kata Kunci: Kulit Singkong, Bioetanol, Distilasi Sieve Tray, Dehidrasi

Abstract

Cassava skin contains high of starch and is a waste of food industry that is not utilized in Bontang. With obstetrical existence the carbohydrate enable to be exploited permanent upon which produce fuel grade ethanol. The objective if this research was to design of fuel grade ethanol mini plant from cassava skin, to get the comparison between the amounts of raw material of cassava skin with bioethanol product and to know about the characteristics of bioethanol. The processes used to convert waste into bioethanol include hydrolysis, fermentation, distillation, dehydration and condensation. The hydrolysis process use H₂SO₄ 0.3 M as catalyst and give sugar levels of 9.68% and 11.05%. The fermentation process used Saccharomyces cerevisiae for 7 days with 50.46% conversion of sugar to ethanol and for 3 days by 12,38%. The distillation process with sieve tray produces distillate of 435 mL with 70.5% ethanol content. The dehydration process using CaO produces distillate of 288.9 mL with ethanol content of 99.997%. The system has been successfully manufactured and produced with the specification of bioethanol production of 0.1926 liters per 1 kg of cassava waste used.

Keywords: Cassava Waste, Bioethanol, Sieve Tray Distillation, Dehydration

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di kota Bontang, hasil panen singkong atau ubi kayu menjadi bagian komoditas bahan pangan yang paling besar setelah padi dan jagung. Namun, tidak semua bagian singkong atau ubi kayu dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan. Beberapa bagian singkong seperti kulit dan pangkal ubi biasanya tidak diolah menjadi produk makanan. Berdasarkan hasil survei, limbah kulit singkong tersebut biasanya hanya dimanfaatkan menjadi pakan ternak, pupuk kompos, atau biasanya dibakar. Meskipun dikategorikan sebagai sampah, namun kulit singkong masih memiliki kandungan serat yang dapat digunakan sebagai sumber energi salah satunya yaitu bioetanol.

Kulit singkong memiliki kandungan pati yang lebih besar yaitu sebesar 44% - 59% berat kering dibandingkan dengan rumput yang memiliki kadar selulosa 40% berat kering dan daun kering yang memiliki kadar selulosa 40,75% berat kering. (Richana, 2013)

Rumput dan daun kering merupakan bahan baku pada penelitian bioetanol yang telah dilakukan sebelumnya oleh alumni LNG Academy. Kedua percobaan yang telah dilakukan, menghasilkan bioetanol dari rumput kering 45,3% dengan distilasi sederhana dan daun kering dengan kemurnian 71% dengan distilasi-adsorpsi silika gel. Sedangkan, kadar bioetanol yang diperbolehkan sebagai campuran bahan bakar (*Fuel Grade Ethanol*) yaitu sebesar 95%-99,8%. (Badan Standarisasi Nasional, 2012)

Oleh karena itu, dilakukan penelitian rancang bangun alat penghasil alat *Fuel Grade Ethanol* dari limbah kulit singkong (*Manihot esculenta*) untuk memanfaatkan limbah organik yang memiliki kadar pati yang lebih besar dengan metode pemurnian distilasi sieve tray dan dehidrasi CaO sebagai upaya meningkatkan kemurnian bioetanol yang dihasilkan.

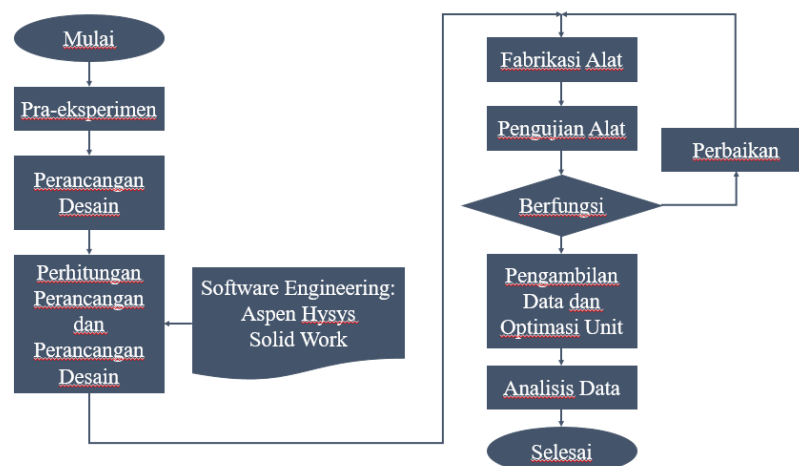
1.2 Tujuan

- Membuat rancang bangun alat yang dapat menghasilkan Fuel Grade Ethanol dari limbah kulit singkong.
- Mengetahui perbandingan antara jumlah bahan baku limbah kulit singkong dengan produk bioetanol.
- Mengetahui karakteristik bioetanol yang dihasilkan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir

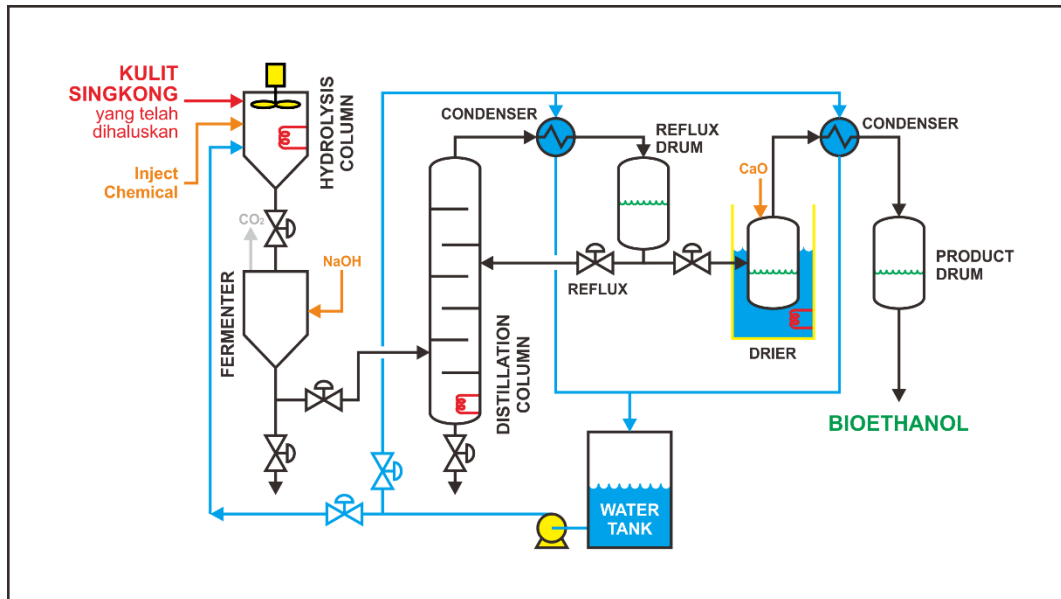
Gambar 1 berikut menunjukkan diagram alir pengerjaan mini plant bioethanol singkong dengan pemurnian distilasi sieve tray dan dehidrasi CaO.



Gambar 1. Diagram Alir Pengerjaan

2.2 Perancangan Proses

Proses pembuatan bioetanol terjadi dalam tiga tahap. Tahap pertama adalah persiapan bahan baku, yang berupa proses hidrolisa pati menjadi glukosa. Tahap kedua berupa proses fermentasi, merubah glukosa menjadi etanol dan CO₂. Sedangkan tahap ketiga yaitu pemurnian hasil dengan cara distilasi dan absorpsi.

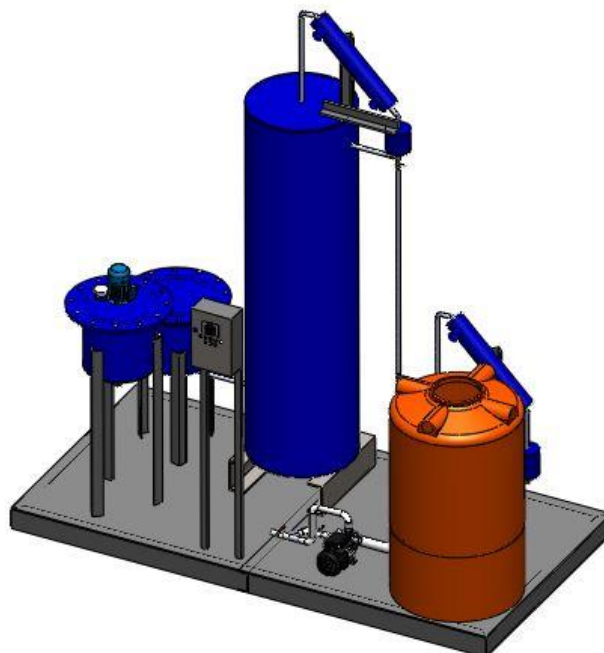


Gambar 2. Mass Balance Proses Mini Plant Fuel Grade Ethanol Kulit Singkong

2.2 Perancangan Alat

Dalam pembuatan alat pengolahan bioetanol ini terdapat beberapa tahap yang dilakukan dalam sisi mekanikalnya, yaitu:

- Penentuan volume masing- masing bejana sesuai dengan kebutuhan proses. Menentukan dimensi kolom distilasi dengan Constant Molar Overflow (Sinott, 2003). Penentuan dimensi condenser dengan Cengel (2002).
- Penentuan material alat sesuai dengan fluida kerja dan *life time*.
- Penentuan ketebalan dan MAWP masing-masing bejana berdasarkan ASME Boiler & Pressure Vessel Section VIII Division 1 (ASME, 2007 dan ASME, 2001).
- Penentuan jenis dan ketebalan insulasi.
- Penentuan dimensi dan material *piping* & jenis *valve* yang akan digunakan (ASME, 2008 dan API, 2004).
- Perancangan tata letak dan struktur *support* bejana.
- Penentuan sistem sirkulasi air pendingin.
- Pelaksanaan fabrikasi



Gambar 3. Desain Alat Mini Plant Fuel Grade Ethanol Kulit Singkong

2.3 Perancangan Sistem Instrumentasi, Kontrol dan Kelistrikan

Dalam pembuatan sistem kontrol (**Badan Standarisasi Nasional, 2000**) pada alat pengolahan bioetanol ini terdapat beberapa tahap yang dilakukan, yaitu:

- Penentuan parameter kontrol pada proses, yaitu level, temperatur, tekanan, dan laju alir.
- Penentuan kontroler yang digunakan, yaitu arduino.
- Penentuan peralatan listrik yang diperlukan, yaitu motor dan heater.
- Penentuan alat ukur dan instrumentasi yang digunakan, yaitu level switch, thermocouple, pressure gauge, dan solenoid valve.
- Pembuatan sistem kontrol untuk proses.
- Perancangan sistem kelistrikan untuk sumber daya peralatan dengan tegangan suplai 220 VAC.
- Perancangan sistem proteksi kelistrikan.

2.4 Proses Eksperimen

Dalam penelitian ini data primer didapat dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Dilakukan hidrolisis untuk mengubah pati pada limbah kulit singkong menjadi glukosa dengan larutan H_2SO_4 0,3 M pada suhu $120^{\circ}C$ sambil diaduk selama 5 menit setelah suhu tercapai pada kolom hidrolisis. Hasil hidrolisis kemudian diuji dengan *brix refractometer* untuk mengetahui kadar glukosa yang dihasilkan.
- Dilakukan fermentasi dari hasil hidrolisis dengan penambahan ragi, NPK, urea dan gula. Hasil fermentasi kemudian diuji dengan *brix refractometer* untuk mengetahui kadar glukosa yang tersisa.
- Dilakukan distilasi pada kolom distilasi sieve tray untuk pemisahan etanol dan air. Distilat kemudian diuji dengan piknometer untuk mengetahui kadar etanol dengan membandingkan dengan kurva standar etanol.
- Dilakukan dehidrasi dengan CaO untuk pemurnian etanol lebih lanjut. Kemudian hasil dehidrasi diuji dengan piknometer untuk mengetahui kadar etanol dengan membandingkan dengan kurva standar etanol.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Alat



Gambar 4. Hasil Alat Mini Plant Fuel Grade Ethanol Kulit Singkong

- Dimensi Total
 - Panjang : 2,4 m
 - Lebar : 1,2 m
 - Tinggi : 2,4 m

- b. Material
- Kolom Hidrolisis : Stainless Steel
 - Kolom Fermenter : Stainless Steel
 - Kolom Distilasi : Carbon Steel dengan Sieve Tray Stainless Steel
 - Kondenser : Carbon Steel dengan Inner Tube Copper Nickel
 - Kolom Dehidrasi : Stainless Steel
 - Product Drum : Carbon Steel
 - Tangki Air : Plastik
 - Process Piping : Stainless Steel Tube & Flexible Hose
 - Water Piping : PVC
 - Base & Support : Carbon Steel

3.2 Analisa Produk

a. Produk Kolom Hidrolisis

Hasil dari proses hidrolisis menggunakan asam sulfat 0,3 M. Semakin tingginya konsentrasi glukosa maka etanol yang akan terbentuk akan semakin besar pula karena bahan yang akan difermentasi menjadi etanol adalah glukosa. Pengujian kadar glukosa pada penelitian menggunakan alat brix refractometer. Refraktometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kadar atau konsentrasi bahan terlarut. Perbedaan kadar glukosa pada setiap sampel. Hal ini dikarenakan kandungan pati pada sampel yang diambil berbeda sehingga mempengaruhi glukosa yang dihasilkan.

Tabel 1. Hasil Percobaan nilai total gula atau brix kolom hidrolisis

No.	Komposisi Bahan (%VH ₂ SO ₄)	Skala Brix	Kadar Glukosa
1.	10 %	9.8	9.68 %
2.		11.2	11.05 %

b. Produk Kolom Fermenter

Proses fermentasi berlangsung secara anaerob. Indikator keberhasilan proses fermentasi dapat pula diketahui dengan cara melihat gelembung-gelembung udara yang ada pada indikator aquades, yang merupakan gas karbondioksida (CO₂) salah satu hasil dari fermentasi.

Hasil kadar gula setelah proses fermentasi yang diperoleh dari kolom fermenter pada alat fuel grade ethanol seperti pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Hasil Percobaan kolom fermenter

No.	Lama Fermentasi (Jam)	Skala Brix		Kadar Glukosa		Glukosa Terkonversi
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	
1.	504 jam	9,8	4,8	9.68 %	4,79 %	50,46 %
2.	72 jam	11,2	9,8	11,05 %	9,68%	12,38%

Berdasarkan Tabel 2 ditunjukkan bahwa terdapat perbedaan glukosa sisa setelah fermentasi pada sampel pertama dan kedua. Hal tersebut dikarenakan kandungan glukosa awal yang berbeda dan disimpulkan bahwa waktu fermentasi yang lebih lama akan menyebabkan glukosa terkonversi menjadi bioetanol secara sempurna.

c. Produk Kolom Distilasi

Pengukuran kadar etanol pada percobaan ini adalah menggunakan metode berat jenis. Pengukuran dilakukan melalui penimbangan dengan berat larutan etanol dalam piknometer menggunakan neraca analitik pada suhu kamar. Piknometer yang digunakan di dalam penelitian ini adalah piknometer yang berukuran 25 mL. Kadar ethanol dari sample kolom distilasi diperoleh seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Output Distilasi

No.	Keberadaan Etanol	Volume (mL)	Massa Piknometer	Massa	Berat Jenis	Kadar Ethanol
1.	Distilat	435	15,31	37,68	0,895	70,5 %
2.	Bottom	12578		39,95	0,986	7,3 %

Proses distilasi dari tabel 3 kadar ethanol pada hasil distilasi mencapai kemurnian 70,5% dengan volume 435 mL. Sedangkan bottom produk yang dihasilkan sebanyak 12578 mL dengan kandungan alkohol 7,3%.

d. Produk Kolom Dehidrasi

Reaksi yang terjadi antara H₂O dengan CaO yaitu eksotermis sehingga menghasilkan panas dan membentuk hidrat. Setelah dicampur dan diaduk selama 1 menit, campuran tersebut dipanaskan pada suhu 80°C. Uap yang terbentuk merupakan etanol, kemudian dikondensasikan menggunakan pendingin. Etanol cair hasil keluaran diukur kadarnya menggunakan piknometer pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Output Dehidrasi

No.	Keberadaan Etanol	Volume (mL)	Massa Piknometer	Massa	Berat Jenis	Kadar Ethanol
1.	Distilat	288,9	15,31	36,62	0,852	99,997 %

Berdasarkan tabel 4 proses dehidrasi mampu meningkatkan kemurnian yang ethanol yang tinggi hingga 99,997%, dimana ethanol dengan kemurnian tersebut termasuk dalam ethanol kering dan sesuai dengan standar untuk pencampuran bahan bakar atau gasohol.

Untuk mengetahui bioethanol yang dihasilkan tiap kilogram feed yang digunakan maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$J_e = \frac{1}{J_b} \times B_d$$

$$= \frac{1}{1,5} \times 0,2889 = 0,1926 \text{ L/kg}$$

Dimana:

J_e = Jumlah Bioethanol per kilogram feed (Liter/kg)

J_b = Jumlah bahan baku (kg)

B_d = Bioethanol yang dihasilkan (Liter)

(Mailool, Molenaar, Tooy, & Longkong)

Berdasarkan persamaan diatas, didapatkan perhitungan hasil bioethanol per kilogram kulit singkong sebesar 0,1926 Liter untuk setiap 1 kg bahan baku.

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapatkan adalah:

- a. Telah berhasil dilakukan perancangan dan pembangunan SEM-FGDE: “Semi-Continuous Mini Plant Fuel Grade Ethanol Manihot esculenta” Dengan Metode Pemurnian Distilasi Sieve Tray dan Dehidrasi CaO.
- b. Perbandingan bioethanol yang dihasilkan SEM-FGDE: “Semi-Continuous Mini Plant Fuel Grade Ethanol Manihot esculenta” Dengan Metode Pemurnian Distilasi Sieve Tray dan Dehidrasi CaO sebanyak 0,1926 Liter tiap kilogram singkong yang digunakan.
- c. Bioethanol yang dihasilkan SEM-FGDE: “Semi-Continuous Mini Plant Fuel Grade Ethanol Manihot esculenta” Dengan Metode Pemurnian Distilasi Sieve Tray dan Dehidrasi CaO memiliki kemurnian 99,997%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] API, *API 610 Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries*, Washington, D.C: American Petroleum Institute, 2004.
- [2] ASME, *ASME Boiler and Pressure Vessel Section VIII Division 1 Code*, New York: The American Society of Mechanical Engineers, 2007.
- [3] ASME, *ASME Process Piping B31.3-2008*, New York: The American Society of Mechanical Engineers, 2008
- [4] ASME, *ASME Boiler & Pressure Vessel Section II D Code*, New York: The American Society of Mechanical Engineers, 2001
- [5] Badan Standarisasi Nasional, *Bioetanol Terdenaturasi Untuk Gasohol.*, Jakarta: BSN, 2012
- [6] Badan Standarisasi Nasional, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)* Yayasan PUIL, Jakarta, 2000
- [7] Cengel, A. Yunus & Boles, A. Michael, *Thermodynamics An Engineering Approach*, Fourth Edition, McGraw-Hill, New York 2002.
- [8] Mailool, J.C., Molenaar, R, Tooy, D., & Longkong I.A. (t.thn). *PRODUKSI BIOETANOL DARI SINGKONG (Manihot utilissima) DENGAN SKALA LABORATORIUM*. Universitas Sam Ratulangi.
- [9] Richana, Nur. 2013. *Mengenai Potensi Ubi Kayu dan Ubi Jalar*. Bandung :Nuansa Cendikia.
- [10] Sinnott, R. *Coulson & Richardson's Chemical Engineering*. Great Britain: Butterworth Heinemann, 2003