

PRODUKSI DAN UJI KUALITAS BIOETANOL DARI NIRA SIWALAN (*BORASSUS FLABELLIFIER LINN*) DENGAN ADSORBEN BATUAN ZEOLIT

Alrafly Rizky Putra Henryansyah

Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail: alrafly.19061@mhs.unesa.ac.id

Muhaji

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail: muhaji61@unesa.ac.id

Abstrak

Pertumbuhan sektor transportasi semakin besar sehingga dapat meningkatkan kebutuhan bahan bakar. Persentase produksi dan konsumsi bahan bakar di Indonesia berbanding terbalik, hal ini dapat menyebabkan persediaan bahan bakar semakin menipis dan kelangkaan bahan bakar, sehingga perlu dicari bahan bakar alternatif yaitu bioetanol. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis ukuran mesh zeolit dan kelayakan secara ekonomis bahan baku bioetanol dari nira siwalan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan bahan nira siwalan yang memiliki kandungan gula sebanyak 10-20%. Proses pembuatan bioetanol dilakukan melalui proses fermentasi dan distilasi bertingkat. Bahan baku nira siwalan sebanyak 1000 ml dipasteurisasi selama 30 menit pada suhu 62°C. Kemudian di fermentasi selama 2 hari menggunakan ragi *saccharomyces cerevisiae* 60 gram, urea 0,6 gr dan distilasi bertingkat (1, 2, 3, 4 dan 5) pada suhu 78°C. Pada distilasi 1 dan 2 dilakukan tanpa menggunakan adsorben, sedangkan distilasi 3, 4 dan 5 menggunakan adsorben batuan zeolit dengan variasi ukuran mesh 60, 70 dan 80 pada suhu pemanasan zeolit 140°C. Hasil dari penelitian mendapatkan ukuran mesh yang optimal dengan mesh 80 menghasilkan kadar etanol tertinggi yaitu 92%. Perhitungan nilai ekonomis bioetanol nira siwalan sebesar Rp. 233.369; per liter.

Kata Kunci: Nira Siwalan, Zeolit, Bioetanol, Karakteristik

Abstract

The growth of the transportation sector is getting bigger, so it can increase the need for fuel. The percentage of fuel production and consumption in Indonesia is inversely proportional this can lead to dwindling fuel supplies and fuel scarcity, so it is necessary to look for alternative fuels, namely bioethanol. The purpose of this study was to analyze the size of the zeolite mesh, and the economic feasibility of bioethanol raw materials from siwalan sap. This study used an experimental method with siwalan sap, which has a sugar content of 10-20%. The process of making bioethanol is carried out through multilevel fermentation and distillation processes. As much as 1000 ml of siwalan sap is pasteurized for 30 minutes at 62°C. Then fermented for 2 days using 60 grams of *Saccharomyces cerevisiae* yeast, 0.6 grams of urea, and multilevel distillation (1, 2, 3, 4, and 5) at 78°C. Distillations 1 and 2 were carried out without using an adsorbent, while distillations 3, 4, and 5 used a zeolite rock adsorbent with variations in mesh sizes of 60, 70, and 80 at a zeolite heating temperature of 140°C. The results of the study obtained from measurements indicate that optimal mesh with mesh 80 produces the highest ethanol content of 92%. Calculation of the economic value of bioethanol siwalan sap at Rp. 233.369 / liter.

Keywords: Nira Siwalan, Zeolite, Bioethanol, Characteristics.

PENDAHULUAN

Bagian Sektor transportasi darat adalah penunjang pengguna bahan bakar minyak (BBM) yaitu sekitar 90%. Perkembangan sektor transportasi darat tersebut terhadap peningkatan konsumsi BBM mengalami peningkatan sebesar 8,6% per tahun, hal ini seiring dengan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor yang sangat cepat yaitu sekitar 21,17% per tahun menyebabkan konsumsi BBM yang cukup besar (Sitorus dkk., 2014). Selain pada sektor transportasi darat, peningkatan laju konsumsi BBM juga dipengaruhi oleh aktivitas industri

dan rumah tangga. Pada tahun 2019 total konsumsi energi final Indonesia sekitar 114 MTOE dengan perincian transportasi 40%, industri 36%, rumah tangga 16% dan sektor lainnya masing-masing 2% dan 6% (Suharyati dkk., 2019).

Penggunaan BBM yang dilakukan secara terus menerus dapat menyebabkan timbulnya krisis energi. Indonesia termasuk negara yang sedang menghadapi krisis energi, adapun cara untuk mengatasi masalah ini yaitu dengan memanfaatkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar (Donuata dkk., 2019). Berdasarkan Data statistik minyak dan gas bumi tahun

2019, cadangan BBM yang tidak terbarukan sudah sangat menipis terbukti pada tahun (2019) cadangan minyak hanya sebesar 3,8 miliar barel (Kementerian Energi, 2019). Bila diasumsikan tidak ada penemuan cadangan baru, maka diperkirakan minyak bumi akan habis dalam 9 tahun (Setyono dan Kiono, 2021).

Upaya untuk mengurangi konsumsi dan ketergantungan penggunaan bahan bakar fosil adalah dengan membuat dan menggunakan bahan bakar nabati (BBN), menurut Lubad dan Widiastuti, (2010) *Biofuel* atau bahan bakar nabati (BBN) adalah bahan bakar yang dapat diperbaharui (*renewable*) dan diproduksi melalui tanaman-tanaman seperti singkong, tebu, minyak sawit, dan lain-lain. hal ini sesuai dengan kebijakan pemerintah tentang penggunaan energi baru terbarukan (EBT) yang diatur pada peraturan pemerintah no. 79 tahun 2014 tentang kebijakan Energi Nasional. Pemerintah memiliki target penggunaan Energi Baru Terbarukan paling sedikit pada tahun 2025 sebanyak 23% dan tahun 2050 sebanyak 31% (Pemerintah Indonesia, 2014).

Sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui untuk mengganti BBM antara lain bioetanol, biosolar, biodiesel, dan lain-lain. Salah satu pemanfaatan dari energi alternatif adalah dengan menggunakan bioetanol. Bioetanol merupakan bahan bakar cair melalui proses pengolahan tumbuhan menjadi etanol yang melalui tahapan fermentasi dengan bantuan *mikroorganisme* dilanjutkan dengan proses distilasi (Donuata dkk., 2019). Menurut Senam (2009), kelebihan bioetanol dibanding dengan Bahan Bakar Minyak (BBM) adalah memiliki titik nyala tiga kali lebih tinggi dan menghasilkan emisi Hidrokarbon (HC) lebih sedikit. Bioetanol juga memiliki nilai oktan yang lebih tinggi sehingga dapat menggantikan fungsi bahan aditif seperti *tetra butyl eter* dan *tetra etil timbale* (Amine and Barakat, 2019)

Pembuatan bioetanol memiliki beberapa sumber yang dapat dijadikan sebagai bahan baku diantaranya bahan yang mengandung pati dan gula seperti jagung, ubi kayu, gandum, sagu, nira aren, dan nira siwalan. Salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku bioetanol adalah nira siwalan (*Borassus flabellifer linn.*) yang berasal dari pohon siwalan dan banyak tersebar di hampir seluruh wilayah Indonesia (Apriyanti, 2018). Menurut Saputra (2016), nira merupakan cairan yang diperoleh dari bagian dan jenis tanaman tertentu yang rasanya manis. Rasa manis dari nira siwalan disebabkan karena mengandung kadar gula 10-20% per 100 ml (Bila *et al.*, 2011). Menurut Suseno dkk., (2000) kandungan karbohidrat yang ada pada nira siwalan per 100 gr adalah 13,54%, Potensi kandungan karbohidrat dan gula yang tinggi dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif yaitu bioetanol.

Tabel 1 Kandungan Nira

No	Komposisi	Nira Siwalan (%)
1	Kadar Air	87,66
2	Kadar Gula	10,96
3	Protein	0,28
4	Lemak	0,02
5	Kadar Abu	0,10

Sumber: Suseno dkk., (2000)

Tabel 2 Kandungan Nira Panceng

No	Komposisi	Nira Siwalan (%)
1	Kadar Gula	11,64

Sumber: Pengujian Pribadi

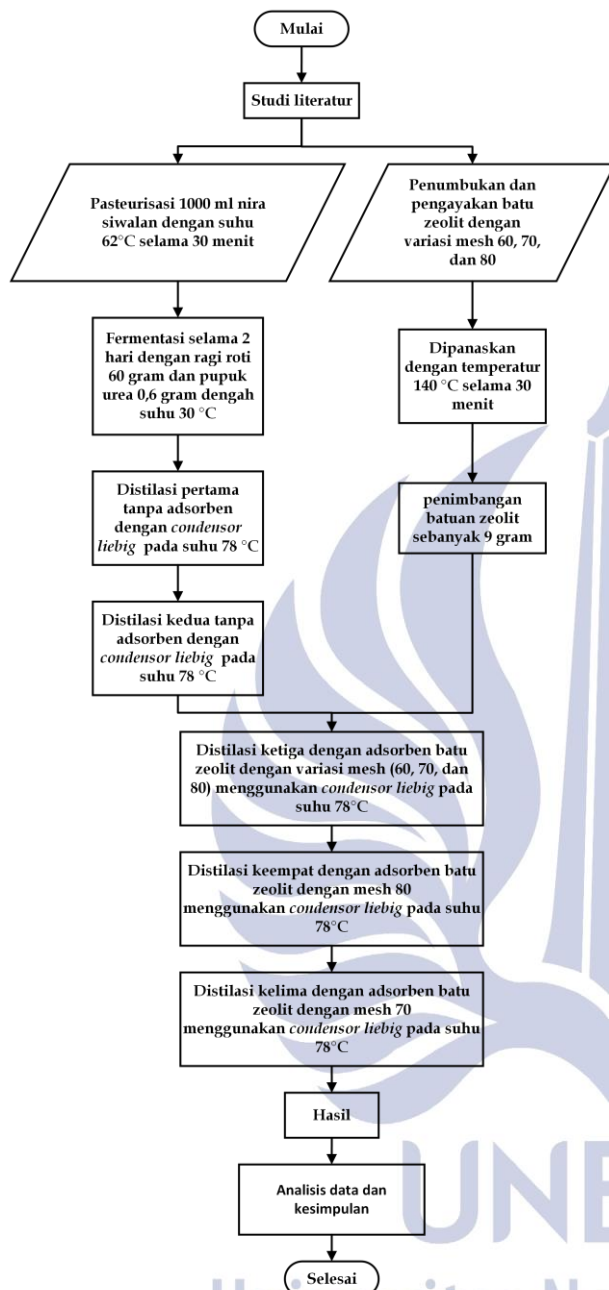
Proses pembuatan bioetanol dari nira siwalan dilakukan proses *Pasteurisasi* yaitu nira siwalan sebanyak 1000 ml dididihkan dengan suhu 62°C ke dalam panci bervolume 4 liter untuk membunuh mikroba sehingga meningkatkan daya simpan nira siwalan. Kemudian dilakukan proses fermentasi.

Fermentasi adalah suatu proses terjadinya perubahan kimia pada suatu substrat organik melalui aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Proses fermentasi ini dilakukan dengan penambahan ragi 60 gram dan urea 0,6 gr dalam waktu 2 hari.

Proses distilasi penyulingan adalah proses pemisahan campuran dua atau lebih zat kimia berdasarkan perbedaan kecepatan titik didih bahan dan pemanasan. Proses ini dilakukan dengan *condensor liebig* disini akan terjadi proses kondensasi yang akan memisahkan alkohol dengan air. Saat distilasi pertama menggunakan *condensor liebig* tidak digunakan adsorben batu zeolit, pada distilasi kedua menggunakan *condensor liebig* tanpa menggunakan adsorben. Tujuan dari distilasi 1 dan 2 tanpa adsorben adalah pada distilasi 1 dan 2 kadar air yang terdapat pada etanol cenderung lebih tinggi. Pada distilasi ketiga, keempat dan kelima menggunakan batuan zeolit dengan daya serap air yang besar, sehingga untuk mendapatkan kadar etanol $\geq 95\%$ dapat lebih cepat.

METODE

➤ Rancangan Penelitian



Gambar 1 Rancangan Penelitian

Tempat dan Waktu Penelitian

➤ Tempat Penelitian

Proses pembuatan bioetanol berbahan baku nira siwalan dilakukan di Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

➤ Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari sampai Mei 2023.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah:

➤ Variabel Bebas

Variabel bebas dapat disebut penyebab. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini yaitu batu zeolit dengan mesh 60, 70, dan 80

➤ Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah kadar etanol dan densitas

➤ Variabel Kontrol

Bahan baku untuk pembuatan bioetanol yaitu nira siwalan yang diperoleh dari Kecamatan Panceng, Kabupaten Gresik. Batu zeolit klinoptilolit untuk adsorben diperoleh dari Ady Water, Surabaya. Dengan berat zeolit tiap mesh sebanyak 9 gram. Proses pasteurisasi pada suhu 62°C selama 30 menit. Proses fermentasi selama 2 hari dengan suhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$, ragi yang digunakan sebanyak 60 gram/liter. Proses distilasi menggunakan titik didih bioetanol dengan suhu 78°C. Pada proses pemanasan adsorben batu zeolit menggunakan temperatur 140°C selama 30 menit.

➤ Alat, Bahan, dan Instrumen Penelitian

➤ Alat Penelitian

- Kompor listrik berdaya 300 watt
- Labu distilasi kapasitas 1000 ml
- Bend Connector
- Statif klem
- Filter crucible
- Condensor liebig
- Wadah penampung air
- Pompa aquarium
- Selang air
- Elenmeyer 250 ml
- Jerigen kapasitas 5 liter
- Alat penumbuk
- Saringan mesh 60, 70, dan 80
- Oven
- Labu distilasi kapasitas 1000 ml



Gambar 2 Labu Distilasi

- *Bend Connector*



Gambar 3 *Bend Connector*

- *Condensor liebigh*



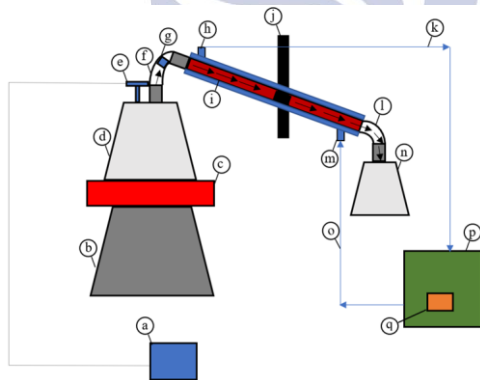
Gambar 4 *Condensor Liebig*

- Labu erlenmeyer



Gambar 5 *Erlenmeyer*

➤ Rangkaian Alat Distilasi



Gambar 6 Rangkaian Alat

Keterangan

- Thermocontrol*
- Dudukan kompor
- Kompor listrik berdaya 300 watt
- Labu distilasi kapasitas 1000 ml
- Thermocouple*
- Bend Connector*
- Filter crucible*
- Lubang out
- Condensor liebigh*
- Statif dan klem
- Selang out
- Bend tube*
- Lubang in
- Erlenmeyer 250 ml
- Selang in

- Wadah penampung air
- Pompa aquarium
- Bahan Penelitian
 - Nira Siwalan



Gambar 7 Nira Siwalan

- Ragi Roti



Gambar 8 Ragi Roti

- Pupuk Urea
- Air dan Es batu
- Batu Zeolit



Gambar 9 Batu Zeolit

- Gemuk (*Grease*)

➤ Instrumen Penelitian

- Timbangan Digital



Gambar 10 Timbangan Digital
Spesifikasi:

- Merk : ACIS
- Kapasitas : 500 gr
- Ketelitian : 0,01 gr

- Gelas Beaker



Gambar 11 Gelas Beaker

Spesifikasi

- Merk : Iwaki
- Kapasitas : 1000 ml

- Gelas Ukur



Gambar 12 Gelas Ukur

Spesifikasi

- Kapasitas : 100 ml

- Alkoholmeter



Gambar 13 Alkoholmeter

Spesifikasi

- Kadar : 0-100%
- Kapasitas : 100 ml

- Thermocontrol



Gambar 14 Thermocontrol

Spesifikasi

- Suhu : 0-400°C
- Tipe : Analog

- Thermocouple



Gambar 15 Thermocouple

Spesifikasi

- Tipe : Thermocouple K
- Suhu : 0-400°C

- Gas Chromatography – Flame Ionization Detector
- Piknometri
- Viscometer bath
- Bomb calorimeter
- Pensky-martens closed cup

Prosedur Penelitian

- Tahap Persiapan
 - Menyiapkan bahan baku nira siwalan
 - Mengukur volume nira siwalan dan ragi sesuai takaran
- Tahap Pasteurisasi
 - Menyiapkan peralatan yang dibutuhkan untuk proses pasteurisasi
 - Memasukan nira siwalan kedalam panci kemudian dididihkan dengan temperatur 62°C selama 30 menit. Kemudian didinginkan sampai suhu normal kembali
- Tahap Fermentasi
 - Menyiapkan nira siwalan yang sudah di pasteurisasi
 - Menghalukan ragi roti (*Saccharomyces Cerevisiae*) sebanyak 60 gram dan urea 0,6 gram.
 - Memasukan ragi roti dan urea ke dalam jerigen
 - Kemudian menutup dan memutar jerigen agar ragi tercampur rata. Jerigen dirapatkan hingga tidak ada udara didalam jerigen. Masukkan selang yang menjadi penghubung antara jerigen dan botol berisi air.
 - Ditambahkan plastik dan isolasi pada bagian luar tutup jerigen agar lebih rapat.
 - Proses fermentasi dilakukan dengan temperatur +/- 30°C selama 2 hari.

- Tahap Penyiapan Batu Zeolit
 - Menghancurkan dan mengayak batu zeolit dengan ukuran mesh 60, 70, dan 80.
 - Batu zeolit dipanaskan pada suhu 140°C selama 30 menit dengan oven.
 - Menimbang sesuai kebutuhan (9 gram) dan masukan ke dalam filter crucible
- Tahap Distilasi
 - Distilasi Tahap Pertama
 - Menyiapkan alat untuk proses distilasi
 - Cairan hasil fermentasi nira siwalan dimasukan ke dalam labu distilasi dan dipanaskan dengan titik didih bioetanol 78°C.
 - Pada proses distilasi diberikan es batu dalam ember air agar *condensor liebig* tetap dingin.
 - Dari distilasi pertama didapat bioetanol, kemudian diukur kandungan alkoholnya dengan menggunakan alkoholmeter.
 - Kemudian hasil dari distilasi pertama dilakukan tahap distilasi yang kedua untuk meningkatkan kadar etanol yang dihasilkan
 - Distilasi Bertingkat
 - Peneliti melakukan distilasi secara berkelanjutan untuk mencapai kadar bioetanol >95%. Pada distilasi tahap ini ditambahkan batu zeolit sebanyak 9 gram dengan variasi mesh batu zeolit 60, 70, dan 80 yang telah dimasukan kedalam filter crucible.
 - Variasi batu zeolit yang memiliki kadar etanol tertinggi kemudian didistilasi dalam skala besar.
 - Jika sudah mendapatkan kadar bioetanol diatas 95% maka selanjutnya telah siap untuk dianalisis karakteristiknya.
 - Tahap distilasi selesai

➤ Perhitungan % Yield

Perhitungan *yield* digunakan untuk melakukan perhitungan terhadap volume awal dan volume akhir yang dihasilkan suatu produk

$$\text{Yield/Rendemen} = \frac{\text{Volume Etanol yang diperoleh}}{\text{volume awal etanol}} \times 100\%$$

➤ Perhitungan ekonomis

Perhitungan ekonomis pada penelitian ini mencakup beberapa hal agar mengetahui harga pembuatan bioetanol dari nira siwalan. Dengan perhitungan ini maka akan diketahui nilai

ekonomis bioetanol nira siwalan kemudian akan dibandingkan dengan harga bioetanol yang dijual di pasaran.

Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode diskriptif kuantitatif untuk menganalisis hasil berupa tabel, dan metode diskriptif kualitatif untuk menganalisis hasil berupa grafik dengan mengumpulkan data atau informasi dari setiap hasil perubahan yang terjadi melalui eksperimen secara langsung.

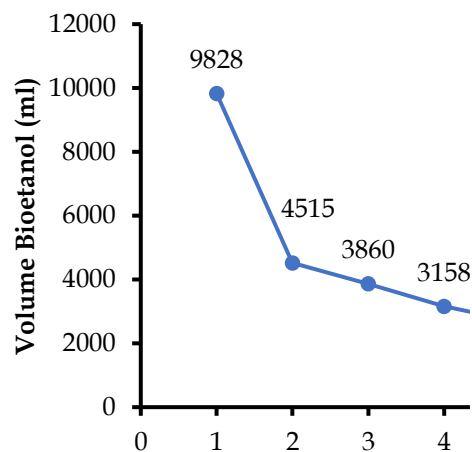
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

• Hasil Penelitian dan Pembahasan Volume dan Kenaikan Kadar Bioetanol Hasil Distilasi Bertingkat

Distilasi bertingkat pembuatan bioetanol dari bahan baku nira siwalan mempunyai beberapa tahapan proses dimulai dari proses *pasteurisasi*, tujuan *pasteurisasi* adalah membunuh mikroba yang merusak zat-zat yang terkandung dalam bahan baku, kemudian langkah selanjutnya adalah proses fermentasi, dalam satu kali proses pembuatan dilakukan fermentasi cairan sebanyak 1000 ml nira siwalan, 60 gram ragi roti, dan 0,6 gram pupuk urea. Berikut merupakan tabel volume dan kenaikan kadar bioetanol.

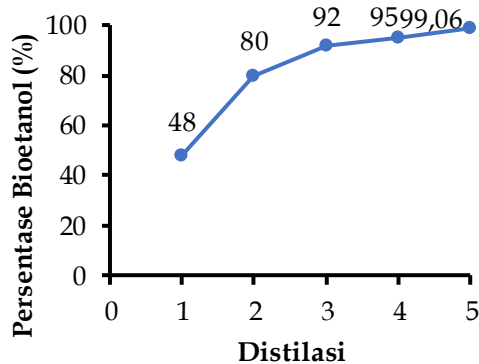
Tabel 3 Volume dan Kenaikan Kadar Bioetanol

No	Distilasi	Kadar Etanol (%)	Volume Awal (ml)	Volume Hasil (ml)
1	I	48	62500	9828
2	II	80	9828	4515
3	III	92	4515	3860
4	IV	95	3860	3158
5	V	99,06	3158	2658



Gambar 16 Grafik Volume Hasil Distilasi Bertingkat Berdasarkan tabel 4 dan gambar 16, menunjukan proses distilasi 1 hingga distilasi ke 5, pada distilasi pertama volume campuran bioetanol dan air yang dihasilkan 9828

ml dengan kadar etanol yang dihasilkan 48%, adanya campuran air yang ikut menguap bersama dengan uap etanol meskipun menggunakan titik didih etanol disebabkan oleh molekul air memiliki sifat saling tarik-menarik antar sesamanya, air yang berada di permukaan hanya akan melakukan tarik-menarik dengan partikel air yang berada dibawah dan di sampingnya. Secara umum udara memiliki suhu yang sedikit lebih tinggi daripada air. Karena suhu udara lebih tinggi daripada air maka energi yang ada di udara lebih banyak daripada energi yang ada di air, energi yang berada di udara akan diserap oleh air yang berada di permukaan. Akibatnya air yang berada di permukaan akan mengalami pertambahan energi yang membuat molekul air dipermukaan akan bergerak semakin cepat, sehingga air akan melepaskan diri dari tarikan molekul air yang berada dibawahnya, selain itu terdapat beberapa molekul air yang memiliki energi yang cukup untuk melepaskan diri sehingga penguapan air tidak hanya terjadi pada suhu titik didih air sekitar 100°C.



Gambar 17 Grafik Kenaikan Kadar Bioetanol

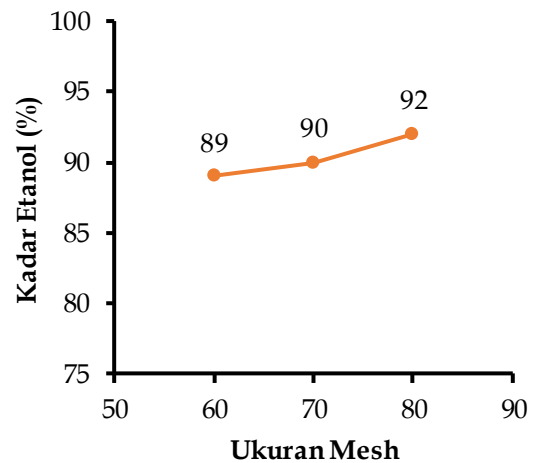
Peningkatan kadar etanol pada distilasi ketiga menggunakan adsorben batuan zeolit jenis *klinoptilolit* pada *Filter crucible* yang berfungsi sebagai pengikat molekul air yang menembus ke dalam volume pori adsorben hidrofilik dan memisahkan campuran etanol-air. Distilasi pertama dan kedua tidak menggunakan adsorben batuan zeolit dikarenakan kandungan air yang terdapat pada bioetanol nira siwalan cenderung lebih tinggi, sehingga daya serap batuan zeolit akan cepat mengalami penumpukan kadar air atau sudah mencapai masa jenuh sehingga tidak akan maksimal, sedangkan pada distilasi ketiga, keempat, dan kelima menggunakan batuan zeolit sebagai adsorben pada proses *azeotrop* (dua komponen yang selisih titik didihnya berdekatan), untuk memisahkan komponen *azeotrop* ini diperlukan sebuah adsorben sebagai pengikat kadar air sehingga kadar etanol mengalami peningkatan.

Proses Distilasi dengan Menggunakan Adsorben Batuan Zeolit

Penelitian ini bertujuan untuk mencari keberhasilan alat distilasi menggunakan *condensor liebieg* dengan penambahan adsorben batuan zeolit menggunakan mesh 60, mesh 70 dan mesh 80. Ukuran partikel yang digunakan pada penelitian ini adalah mesh 60, mesh 70, dan mesh 80. Sedangkan temperatur pemanasan untuk mengaktivasi zeolit yang digunakan adalah 140°C.

Tabel 4 Variasi Ukuran Mesh

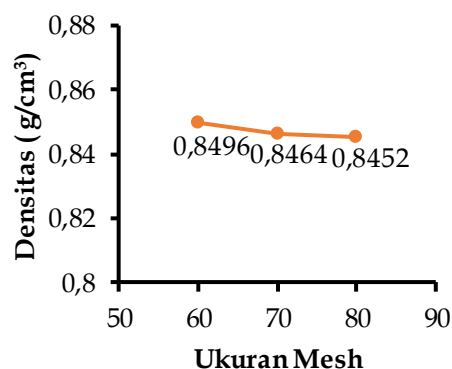
NO	Ukuran Partikel (Mesh)	Awal		Akhir	
		Kadar Etanol	Densitas	Kadar Etanol	Densitas
1	60	80	0,8788	89	0,8496
2	70	80	0,8788	90	0,8464
3	80	80	0,8788	92	0,8452



Gambar 18 Grafik Variasi Mesh dan Kadar Bioetanol

Berdasarkan tabel 5 dan gambar 17 dapat diketahui dengan penambahan adsorben batuan zeolit mengalami peningkatan, pada distilasi ketiga dengan variasi mesh 60 batuan zeolit didapatkan kadar 89%, variasi mesh 70 batuan zeolit didapatkan kadar 90% dan mesh 80 batuan zeolit didapatkan kadar 92%.

Peningkatan kadar etanol yang berbeda ini disebabkan oleh Ukuran partikel. Ukuran partikel yang akan dipisahkan juga merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kapasitas dan laju adsorpsi zeolit terhadap adsorbat tertentu, Ukuran partikel zeolit juga berkaitan dengan luas permukaan zat, semakin kecil ukuran partikel maka semakin besar luas permukaan kontak antar zat, dengan demikian semakin banyak luas permukaan yang akan kontak akan menghasilkan adsorpsi air yang lebih banyak.



Gambar 19 Grafik Densitas Bioetanol

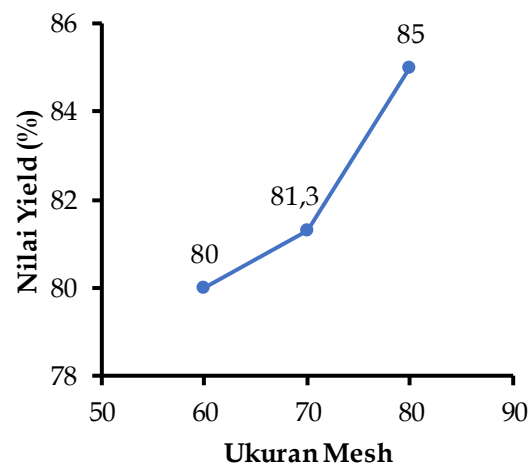
Berdasarkan tabel 5 dan gambar 18 diketahui densitas etanol menurun setelah didistilasi dengan menggunakan variasi mesh adsorben zeolit, pada variasi mesh 60 didapatkan nilai densitas sebesar 0,8496 g/cm³, variasi mesh 70 didapatkan nilai densitas sebesar 0,8464 g/cm³, dan mesh 80 didapatkan nilai densitas sebesar 0,8452 g/cm³. Penurunan densitas paling tinggi terjadi pada variasi mesh 80 adsorben yaitu 0,8452 g/cm³. Peningkatan kadar etanol berbanding terbalik dengan nilai densitas yang dihasilkan, semakin tinggi kadar etanol maka semakin rendah nilai densitas yang dihasilkan.

Perhitungan Yield %

Yield adalah perbandingan antara massa produk awal dengan massa produk akhir atau persentase volume etanol yang dihasilkan dari proses produksi etanol. Berdasarkan hukum keseimbangan massa, massa yang masuk dengan massa yang keluar bernilai sama namun pada proses distilasi menggunakan *condensor liebig*, massa yang masuk tidak sesuai dengan massa hasil atau massa yang keluar hal ini disebabkan adanya kebocoran pada proses distilasi menggunakan *condensor liebig*. Selain itu adanya campuran air dan etanol yang terperangkap pada batuan zeolit yang mengakibatkan massa yang keluar atau hasil mengalami *lossis*

Tabel 5 Perhitungan % Yield

No	Volume Etanol						% Yield
	Awal	Hasil	Sisa	Lossis	Etanol awal	Etanol akhir	
1	300	240	45	15	80	89	80
2		244	52	4	80	90	81,3
3		255	40	5	80	92	85



Gambar 20 Grafik % Yield

Berdasarkan tabel 6 dan gambar 19 dapat diketahui yield untuk distilasi ketiga % yield tertinggi didapatkan pada mesh 80 dengan jumlah yield 85% dan 81,3% yield pada mesh 70, sedangkan %yield terendah oada mesh 60 dengan % yield 80%.

Pada penggunaan mesh 60 penyerapan yang terjadi kurang optimal dikarenakan ukuran partikel yang lebih besar dibandingkan mesh 70 dan 80, sehingga daya serap air dan selektifitas etanol cenderung lebih kecil dibandingkan dengan mesh 70 dan 80

Perhitungan Nilai Ekonomis

Proses pembuatan bioetanol membutuhkan bahan baku sebanyak 63000 ml nira siwalan, 3750 gram ragi roti, 37,5 gram pupuk urea dan zeolit 342 gram untuk menghasilkan bioetanol dengan kadar 99,06% dengan volume 2658 ml. Berikut ini adalah tabel rincian biaya pembuatan bioetanol dari nira siwalan.

Tabel 6 Nilai Ekonomis Bioetanol

No	Bahan Baku	Banyaknya	Harga (Rp)	Total
1	Nira Siwalan	42 Botol	Rp. 7000/botol	Rp. 294.000
2	Ragi Roti	3750 gram	Rp. 43.000 / 500 gram	Rp. 322.500
3	Pupuk Urea	37,5 gram	Rp. 10.000/ kg	Rp. 375

No	Bahan Baku	Banyaknya	Harga (Rp)	Total
4	Batu Zeolit	342 gram	Rp. 10.000 / kg	Rp. 3.420
Total				Rp. 620.205

Berdasarkan perhitungan diatas maka peneliti dapat menghitung berapa volume yang dapat dihasilkan dalam 1 liter bahan baku nira siwalan pembuatan bioetanol.

$$\frac{1000 \text{ ml}}{2658 \text{ ml}} \times \text{Rp. 620.295} = \text{Rp 233.369}$$

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan penelitian produksi bioetanol dari nira siwalan sebagai bahan bakar alternatif menggunakan bahan baku nira siwalan dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- Keberhasilan alat distilasi *condensor liebig* menggunakan adsorben pada tahap distilasi ketiga menghasilkan kadar bioetanol maksimal sebesar 92% dengan mesh 80.
- Biaya bahan baku untuk pembuatan bioetanol dari nira siwalan per satu liter sebesar Rp 233.369

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dapat disampaikan beberapa saran yaitu sebagai berikut

- Nira siwalan harus terhindar dari cahaya dan suhu panas sehingga mencegah terjadinya fermentasi alami
- Pembuatan bioetanol dari nira siwalan tidak ekonomis dari segi harga jual, maka dari itu peneliti menyarankan untuk bahan baku nira siwalan dibuat sebagai minuman tradisional.
- Apabila dilakukan penelitian lanjutan bioetanol nira siwalan terkait dengan nilai ekonomis harap mencari perbandingan yang tepat antara pengurangan komposisi ragi dan penambahan urea.
- Pada proses distilasi perlu diperhatikan bahwa tidak ada celah kebocoran, karena jika terjadi kebocoran maka uap bioetanol akan keluar melewati celah-celah sehingga mengakibatkan banyaknya lossis. Tempat yang paling sering mengalami kebocoran yaitu sambungan *Bend Connector*, *filter crucible*, *condensor liebieg*, sambungan antara labu dan *thermocouple*.
- Perlu dilakukan penimbangan berat awal dan berat akhir batu zeolit setelah digunakan untuk mengetahui air yang terserap oleh batu zeolit.

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan penggunaan berat pada batuan zeolit yang optimal sehingga mencegah terjadi tekanan yang mengakibatkan bocornya uap etanol ke udara
- Apabila dilakukan penelitian lanjutan, gunakan adsorben dengan mesh yang lebih halus daripada mesh 80, karena semakin kecil diameter pada zeolit maka luas permukaan pada zeolit semakin besar yang berakibat semakin banyaknya air yang akan terserap
- Penggunaan *filter crucible* sebaiknya selalu dijaga kebersihannya dengan cara dicuci dan di ambil sisa sisa batu dengan sikat agar sisa-sisa batu zeolit tidak melekat pada *filter crucible* sehingga mengakibatkan uap yang mengalir tidak bisa melewati *filter crucible*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih saya haturkan untuk Kedua Orang tua (Bapak Syamsul Hadi dan Ibu Heni Agustina Mariatuti) yang tiada henti memberikan do'a, nasehat, serta dukungan baik moril dan material sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Prof. Dr. Drs. Muhaji, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing skripsi pada penelitian ini atas kritik, saran dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis. Dr. A. Grummy Wailanduw, M.Pd., M.T. selaku dosen penguji skripsi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Ika Nurjannah, S.Pd., M.T. selaku dosen penguji skripsi Program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Rekan-rekan Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas yang sudah bekerja sama satu sama lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Amine, M., & Barakat, Y. 2019. "Properties of gasoline ethanol methanol ternary fuel blend compared with ethanol-gasoline and methanol-gasoline fuel blends". *Egyptian Journal of Petroleum*, 28(4), 371–376. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2019.08.006>
- Apriyanti, I. R. 2018. "Studi Potensi Pemanfaatan Limbah Serat Batok Siwalan (*Borassus Flabellifer* L) Sebagai Bahan Baku Kerajinan Lokal (Benang)". In *Jurnal Teknologia Aliansi Perguruan Tinggi (APERTI) BUMN* (Vol. 1, Issue 1).
- Bila, N., Haisya, S., Dwi Utama, B., Cahyo Edy, R., & Aprilia, H. M. 2011. "The Potential of Developing Siwalan Palm Sugar (*Borassus flabellifer* Linn.) as One of the Bioethanol Sources to Overcome Energy Crisis Problem in Indonesia". *International Conference on Environmental Engineering and Applications IPCBEE*, 17

- Donuata, G. O., Serangmo, F. K. Y., & Gauru, I. 2019. "Pembuatan Bioetanol Skala Laboratorium Sebagai Bahan Bakar Alternatif Untuk Pengembangan Energi Terbarukan Dari Bahan Baku Serbuk Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca Formatypica*)" (Vol. 2, Issue 2).
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2019. Statistik Minyak dan Gas Bumi 2019 Oil and Gas Statistics. <http://www.migas.esdm.go.id/>.
- Lubad, A. masykur, & Widiastuti, P. 2010. "Program Nasional Biofuel dan Realitasnya di Indonesia". In Lembaran Publikasi Lemigas (Vol. 44, Issue 3).
- Pemerintah Indonesia. 2014. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.79 Tahun 2014 Tentang Kebijakan Energi Nasional. Hukum Online, 1–60
- Saputra Jaya, R., & Ginting, S. 2016. "Pengaruh Suhu Pemanasan Dan Lama Penyimpanan Terhadap Perubahan Kualitas Nira Aren (*Arenga Pinnata*)". In *Ilmu dan Teknologi Pangan J.Rekayasa Pangan dan Pert* (Vol. 4)
- Sebayang, A. H., Masjuki, H. H., Chyuan Ong, H., Dharma, S., Silitonga, A. S., Mahlia, T. M. I., & Aditiya, H. B. (2016). *A Prospective of Bioethanol Production from Biomass as Alternative Fuel for Spark Ignition Engine*. RSC. Adv. Vol 6, 14964–14992. <https://doi.org/10.1039/C5RA24983J>
- Senam. 2009. "Prospek Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Yang Terbarukan Dan Ramah Lingkungan". *Prosiding Seminar Nasional*.
- Setyono, A. E., & Kiono, B. F. T. 2021. "Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050". *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2(3), 154–162. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11157>
- Sitorus, B., Didiet, R., & Hidayat, R. 2014. "Pengelolaan Penggunaan Bahan Bakar Minyak yang Efektif pada Transportasi Darat *Effective Management of Fuel Use for Land Transportation*". *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)*, 01(02).
- Suharyati, Pambudi, S. H., Wibowo, J. L., & Pratiwi, N. I. 2019. Energi Indonesia 2019 Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional.
- Suseno, P., Surjoseputro, S., Indarto Suseno, T. P., & Anita, dan K. 2000. "Minuman Probiotik Nira Siwalan: Kajian Lama Penyimpanan Terhadap Daya Anti Mikroba *Lactobacillus Casei* Pada Beberapa Bakteri Patogen". *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*, 1(1)