

# PEMBUATAN BIOETANOL DARI AMPAS SAGU DENGAN VARIASI RAGI SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

SUYATNO<sup>1)</sup> JULIANUS DANIEL RERY<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin

<sup>2)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri dan Kebumihan Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

Email : [suyatnoarief@gmail.com](mailto:suyatnoarief@gmail.com)

## ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk pembuatan bioetanol dari ampas sagu dengan variasi ragi.

Proses penelitian dilakukan menggunakan metode pengujian melalui proses pencampuran ampas sagu 3 kg dengan ragi tape 400 dan 600 gram, selanjutnya dilakukan proses fermentasi untuk menghasilkan alkohol sehingga dari proses fermentasi kemudian dilakukan destilasi untuk memisahkan air dan bioetanol.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa High Heating Value (HHV) 46276,6 kJ/Mol. Sedangkan Low Heating Value (LHV) 43936,6 kJ/mol dan temperatur nyala adiabatik (Tad) 2261,164 K. Hasil dari penelitian bioetanol yang di dapat dengan kadar 69% dan 83% kemudian dilakukan pengujian terhadap kompor bioetanol dengan konsumsi bahan bakar bioetanol berkadar 69% sebesar 0,00327 ltr/s dan bioetanol berkadar 83% yaitu 0,01488 ltr/s. Jadi semakin tinggi kadar bioetanol yang digunakan, maka semakin cepat waktu didihnya.

**Kata kunci :** *Ampas Sagu, Bioetanol, Fermentasi, Destilasi.*

---

## 1. PENDAHULUAN

Potensi tanaman sagu sangat besar terdapat di Provinsi Papua khususnya daerah-daerah rawa dan pesisir Danau Sentani dalam hal ini Kampung Yokiwa, Kampung Yokiwa sendiri memiliki tanaman sagu yang cukup besar yang berada di pesisiran Danau dan Sungai. Kampung Yokiwa yang berjarak cukup jauh dari Ibu Kota Kabupaten Jayapura terkadang menghambat perekonomian di Kampung tersebut karena jika melewati jalur darat bisa mengabdikan waktu berjam-jam karena kondisi jalan yang tidak terlalu bagus dan jauh, oleh karena itu masyarakat kampung sering menggunakan motor tempel (Jonson) sebagai transportasi, karena jarak menggunakan motor tempel (Jonson) lebih dekat jika menyeberangi Danau Sentani.

Bioetanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) merupakan etanol hasil fermentasi biomassa yang hadir sebagai bahan bakar alternatif, memiliki keunggulan karena mampu menurunkan emisi CO<sub>2</sub> hingga 18% dibandingkan dengan emisi bahan bakar fosil seperti minyak tanah. Bioetanol adalah salah satu contoh energi alternatif dalam kategori biofuel yang artinya bahan bakar alami yang bahan bakunya berasal dari alam, terutama tumbuhan-tumbuhan dan juga hewan yang merupakan jenis sumber daya alam yang renewable.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa proses dan cara pengolahan ampas sagu menjadi bioethanol serta menganalisa dan menghitung seberapa besar HHV ( *High Heating Value* ) dan LHV ( *Low Heating Value* ) bioetanol dari ampas sagu.

Bioetanol adalah senyawa alkohol dengan gugus hidroksil (OH), dua atom karbon (C), dengan rumus kimia C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH yang dibuat dengan cara fermentasi gula menggunakan khamir. Senyawa tersebut juga dapat diperoleh dengan cara sintetik berbahan etilena (CH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub>), yang lebih sering disebut etanol saja. Sementara itu, etanol dengan bahan baku gula disebut bioetanol karena gula berasal dari sumber-sumber hayati. Bioetanol diproduksi dengan menggunakan bahan baku hayati, karena itu bioetanol jika terjadi pencemaran tidak memberikan dampak lingkungan yang signifikan.

Tanaman yang berpotensi menghasilkan etanol yang sangat melimpah diantaranya nira, tanaman berpati ataupun tanaman berselulosa :

- a. Bahan yang mengandung glukosa, bahan ini ada pada tetes tebu/molasses, nira aren, nira kelapa, nira tebu sari buah-buahan dan lain-lain.
- b. Bahan yang mengandung pati/karbohidrat, bahan ini terdapat pada umbi-umbian seperti sagu, singkong, ketela, geplek, ubi jalar, talas, ganyong, jagung dan lain-lain.
- c. Bahan yang mengandung selulosa, selulosa terdapat dalam serat seperti serat kayu, serat tandan kosong kelapa sawit, serat pisang, serat nanas, ampas tebu dan lain-lain.

Bioetanol dapat diperoleh dari semua jenis tanaman atau bahan hayati yang mengandung gula atau pati. Bioetanol awalnya dibuat dari gula dan pati yang diperoleh dari tebu, jagung, singkong, dan lain-lain. Gula dari berbagai tanaman ini dapat langsung difermentasi oleh khamir menjadi etanol. Etanol berbahan gula ini selain disebut fermentation ethanol juga disebut bioetanol generasi pertama. Yang berarti, etanol dari sumber hayati yang ditemukan orang pertama kali. Seiring kebutuhan energi yang meningkat hadirlah bioetanol generasi kedua, ketiga, dan keempat.

Tabel 1. Titik Nyala dan Titik Didih.

Bahan Bakar	Titik Nyala (°C)	Titik Didih (°C)
Etanol	12,8	78,5
Minyak Tanah	38,0	175

Tabel 2. Sifat Fisika-Kimia Etanol

Properties	Nilai
Rumus molekul	$C_2H_5OH$
Bobot molekul (g/mol)	46,07
Warna	Bening
Bobot jenis (g/L)	789
Titik didih (°C)	78,5°C
Titik beku (°C)	-117°C
Titik nyala (°C)	12,8°C
Tekanan uap mmHg	50 pada 38 °C
Nilai kalor	21,09 – 29,80
Kalor spesifik (kcal/kg °C)	60
Keasaman	15,9
Viskositas (mPa.s)	1,2 pada 25°C
Indeks bias	1,36 pada 25°C
Angka Oktan	9

Etanol dikategorikan dalam dua kelompok utama, yaitu:

1. Etanol 95-96%, disebut dengan “etanol berhidrat”, yang dibagi dalam:
  - a. *Technical/raw spirit grade*, digunakan untuk bahan bakar spiritua, minuman, desinfektan, dan pelarut.
  - b. *Industrial grade*, digunakan untuk bahan baku industri dan pelarut.



- c. *Portable grade*, untuk minuman berkualitas tinggi.
2. Etanol > 99,5%, digunakan untuk bahan bakar.
- Jika dimurnikan lebih lanjut dapat digunakan untuk keperluan farmasi dan pelarut di laboratorium analisis. Etanol ini disebut dengan *Fuel Grade Ethanol* (FGE) atau *anhydrous ethanol* (etanol anhidrat) atau etanol kering, yakni etanol yang bebas air atau hanya mengandung air minimal.

#### A. Ampas Sagu

Ampas sagu merupakan limbah yang dihasilkan dari pengolahan sagu, kaya akan karbohidrat dan bahan organik lainnya. Pemanfaatannya masih terbatas dan biasanya dibuang begitu saja ke tempat penampungan atau ke sungai yang ada disekitar daerah penghasil. Oleh karena itu ampas sagu berpotensi menimbulkan dampak pencemaran lingkungan. Ampas sagu merupakan salah satu jenis limbah perkebunan yang didapatkan pada proses pengolahan tepung sagu. Perbandingan tepung dengan ampas yang dihasilkan pada pengolahan tepung sagu adalah sekitar 1:6. Dalam pengolahan empulur sagu diperoleh 18,5% pati dan 81,5% berupa ampas. Ampas sagu terdiri dari serat-serat empulur yang diperoleh dari hasil pemarkutan/pemerasan isi batang sagu. Limbah ampas merupakan bahan lignoselulosa yang sebagian besar tersusun atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Ampas sagu dapat digunakan untuk berbagai keperluan diantaranya sebagai pakan ternak, etanol dan bioethanol.

Tabel 3. Kandungan Nutrisi Ampas Sagu.

Zat Nutrisi	Sebelum Fermentasi
Protein	3,84 %
Lemak	1,48 %
Abu	5,40 %
Ca	0,32 %
P	0,05 %
Lemak Kasar	14,51 %

#### B. Bahan Bakar Alternatif

Bahan bakar alternatif adalah bahan bakar yang dapat digunakan untuk mengganti bahan bakar konvensional. Ini menuntut kita untuk dapat menghasilkan bahan bakar selain bahan bakar fosil/minyak bumi. Minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, karena sifatnya yang tidak dapat diperbaharui ini maka minyak sebagai sumber bahan bakar akan semakin menipis dan habis pada suatu saat nanti. Bahan bakar minyak merupakan sumber energi utama dalam menggerakkan roda kehidupan dunia, termasuk didalamnya roda ekonomi. Tanpa adanya bahan bakar, transportasi akan berhenti, industri akan tutup dan roda perekonomian akan berhenti.

Energi alternatif pengganti minyak bumi diantaranya :

1. Biogas
2. Solar sel
3. Bioetanol.
4. Biomasa.

#### C. Fermentasi

Definisi fermentasi meluas menjadi proses yang melibatkan mikroorganisme untuk menghasilkan suatu produk. Pada mulanya istilah fermentasi digunakan untuk menunjukkan proses perubahan glukosa menjadi etanol. Namun, istilah fermentasi berkembang lagi menjadi seluruh perombakan senyawa-senyawa organik yang dilakukan oleh mikroorganisme.

Syarat-syarat *yeast* yang dapat dipakai dalam proses fermentasi adalah :

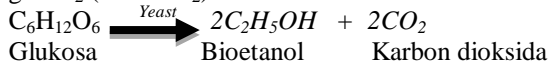
1. Mempunyai kemampuan tumbuh dan berkembang biak dengan cepat dalam substrat yang sesuai.
2. Dapat menghasilkan enzim dengan cepat untuk mengubah glukosa menjadi alkohol.



3. Mempunyai daya fermentasi yang tinggi terhadap glukosa, fruktosa, galaktosa, dan maltose.
4. Mempunyai daya tahan dalam lingkungan kadar alkohol yang relatif tinggi.
5. Tahan terhadap mikroba lain.

Gula adalah bahan yang umum dalam fermentasi. Beberapa contoh hasil fermentasi adalah etanol, asam laktat, dan hidrogen. Akan tetapi beberapa komponen lain dapat juga dihasilkan dari fermentasi seperti asam butirat dan aseton. Fermentasi untuk menghasilkan bioetanol oleh ragi yang merupakan perubahan gula-gula heksosa sederhana menjadi bioetanol dan  $\text{CO}_2$  secara anaerob, udara tidak diperlukan selama proses fermentasi, pada proses fermentasi terjadi pemecahan senyawa induk, dimana 1 molekul glukosa akan menghasilkan 2 molekul bioetanol, 2 molekul  $\text{CO}_2$  dan pembebasan energi.

Secara teoritis bahwa 1 gram gula akan dikonversikan menjadi 0,51 gram bioetanol (51% bioetanol) dan 0,49 gr  $\text{CO}_2$  (49%  $\text{CO}_2$ ).



Fermentasi alkohol merupakan proses pembuatan alkohol dengan memanfaatkan aktivitas *yeast*. Proses fermentasi adalah anaerob, yaitu mengubah glukosa menjadi alkohol, tetapi dalam pembuatan starter dibutuhkan suasana anaerob dimana oksigen diperlukan untuk pembiakan sel. Reaksinya adalah sebagai berikut :

- a. Pemecahan glukosa dalam suasana anaerob



- b. Pemecahan glukosa secara aerob



Proses pemecahan glukosa dengan bantuan *yeast* termasuk salah satu proses enzimatik karena *yeast* ini menghasilkan enzyme dan secara sederhana dapat dirumuskan sebagai berikut :



Bila biakan yang digunakan terlalu muda atau waktu inkubasi terlalu singkat, ada kemungkinan biakan tersebut masih dalam fase adaptasi, sehingga pertumbuhan belum optimal, tetapi apabila waktu inkubasi terlalu lama kemungkinan biakan telah mencapai fase stasioner, oleh karena itu biakan yang paling baik berada pada fase log yaitu fase pertumbuhan yang paling optimal. Semakin lama waktu fermentasi kadar bioetanol akan mengalami kenaikan, namun jika sudah mencapai optimum kadar etanol akan menurun.

Waktu fermentasi berpengaruh terhadap hasil karena semakin lama waktu fermentasi akan meningkatkan kadar bioetanol, namun bila fermentasi terlalu lama nutrisi dalam substrat akan habis dan khamir *Saccharomyces cerevisiae* tidak lagi dapat memfermentasikan bahan.

Fermentasi dapat terjadi karena adanya aktifitas mikroba penyebab fermentasi pada substrat yang sesuai. Faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi antara lain :

- a. Keasaman (pH)

pH substrat atau media fermentasi merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam kehidupan bakteri *saccharomyces cerevisiae*. *Saccharomyces cerevisiae* dapat tumbuh baik pada range 3 - 6, namun apabila pH lebih kecil dari 3 maka proses fermentasi akan berkurang kecepatannya pH yang paling optimum pada 4,5 - 5. Pada pH yang lebih tinggi, adaptasi *yeast* lebih rendah dan aktivitas fermentasinya juga meningkat.

- b. Suhu

Suhu fermentasi sangat menentukan perkembangbiakan selama fermentasi, tiap-tiap mikroorganisme memiliki suhu pertumbuhan yang maksimal, suhu pertumbuhan minimal, dan suhu optimal. Suhu yang optimum dalam perkembangbiakan *Saccharomyces cerevisiae* umumnya 27 - 32° C.

- c. Oksigen

Oksigen diperlukan untuk pertumbuhan *yeast* (starter) tapi tidak diperlukan dalam proses alkohol, karena proses fermentasi alkohol bersifat anaerob. Jika udara terlalu banyak maka mikroba hanya bekerja untuk memperbanyak jumlah *yeast* atau mikroba tersebut sehingga produksi etanol sedikit. Oksigen yang dibutuhkan untuk menghasilkan etanol maksimal adalah sebanyak 10 % keadaan anaerob dari volume tangki fermentor yang digunakan untuk fermentasi.



#### d. Waktu Fermentasi

Waktu fermentasi biasanya dilakukan selama 3-14 hari. Jika waktunya terlalu cepat *saccharomyces cereviae* masih dalam proses pertumbuhan sehingga alkohol yang dihasilkan jumlahnya sedikit dan jika terlalu lama maka *saccharomyces* akan mati. rata-rata waktu fermentasi adalah antara 75 - 78 jam atau sekitar 3 hari.

#### e. Nutrisi

Nutrisi diperlukan sebagai tambahan makanan bagi pertumbuhan *yeast*. Nutrisi yang diperlukan misalnya : garam ammonium ( $\text{NH}_4\text{CL}$ ),  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  atau urea,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  atau NPK, dan garam *phosphate* ( pupuk TSP ).

### D. Yeast/Ragi

*Yeast* dikenal sebagai bahan yang umum digunakan dalam fermentasi untuk menghasilkan etanol dalam bir, anggur dan minuman beralkohol lainnya. Untuk memproduksi alkohol dari pati dan gula digunakan khamir *Saccharomyces cereviseae*. Pemilihan tersebut bertujuan supaya didapatkan mikroorganisme yang mampu tumbuh dengan cepat dan mempunyai toleransi terhadap konsentrasi gula yang tinggi, mampu menghasilkan alkohol dalam jumlah yang banyak dan tahan terhadap alkohol tersebut. Temperatur pertumbuhan yang optimum untuk *Saccharomycess cereviseae* adalah 28-36 °C dan pH optimum untuk pertumbuhan sel khamir 4,5 – 5,5.

#### E. Destilasi

Destilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia (glukosa/dektrosa) berdasarkan kecepatan atau kemudahan menguap (*volatilitas*). Dalam penyulingan, campuran zat dididih sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali kedalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu.

Destilasi sederhana dasar pemisahannya adalah perbedaan titik didih yang jauh atau salah satu komponen bersifat *volatile*. Jika campuran dipanaskan maka komponen yang titik didihnya lebih rendah akan menguap terlebih dahulu, selain perbedaan titik didih juga perbedaan kevolatilan, yaitu kecenderungan sebuah substansi untuk menjadi gas. Destilasi ini dilakukan pada tekanan atmosfer, aplikasi destilasi sederhana digunakan untuk memisahkan campuran air dan alkohol.

#### F. Destilasi Bioetanol

Bioetanol yang diperoleh dari proses fermentasi masih berupa campuran antara air dengan etanol. Campuran larutan tersebut dapat dipisahkan dengan cara destilasi, karena destilasi mampu memisahkan dua atau lebih komponen cairan berdasarkan perbedaan titik didihnya, pada destilasi bioetanol suhu pemanas harus dijaga antara 79 °C – 86 °C pada suhu tersebut etanol akan menguap tetapi air tidak akan menguap.

Dari nilai efisiensi tertinggi diperoleh pada suhu 71 °C. waktu destilasi sampai pada suhu 85 °C tidak mempengaruhi nilai efisiensi yang diperoleh, peristiwa ini menunjukkan bahwa pada suhu 85 °C telah terjadi keseimbangan jumlah bahan teruapkan dan seluruh fase cair dalam larutan telah teruapkan seluruhnya sehingga tidak ada lagi penguapan larutan pada suhu tersebut.

Sedangkan pada suhu 71 °C mempunyai pengaruh nyata terhadap kadar etanol. Hal ini disebabkan karena titik didih etanol yang berada pada suhu antara 70 °C – 78 °C, pada suhu 78 °C etanol lebih dulu menguap dari air, sedangkan peningkatan suhu sampai 85 °C membuat kadar etanol destilat yang dihasilkan semakin menurun seiring dengan bertambahnya waktu destilat, karena semakin banyak fase cair lain selain etanol yang ikut teruapkan pada saat proses destilasi berlangsung.

#### G. Nilai Pemanasan

Bentuk nilai pemanasan yang pada umumnya digunakan. Nilai pemanasan dari bahan bakar merupakan angka positif yang sejajar dengan besarnya entalpi pembentukannya. Dua nilai pemanasan sering dinamakan dengan nilai pemanasan atas (HHV) dan nilai pemanasan bawah (LHV). Nilai pemanasan atas diperoleh apabila seluruh air yang dibentuk oleh pembakaran berupa uap. Nilai pemanasan atas melebihi nilai pemanasan bawah oleh energi yang diperlukan untuk menguapkan cairan yang dibentuk. Nilai pemanasan untuk HHV dan LHV juga bergantung pada apakah bahan bakar tersebut berupa cairan atau gas.



## H. Temperatur Nyala Adiabatik

Kurang bekerja  $W_{cv}$  (Energi volume konstan) dan cukup besarnya jumlah kinetik serta efek energi potensial yang menyebabkan energi yang terlepas dalam pembakaran ditransferkan dari reaktor hanya dalam 2 cara : oleh energi yang mendampingi hasil pembakaran yang ada dan oleh energi panas yang ditransferkan disekelilingnya. Transfer panas lebih kecil sedangkan energi yang lebih besar dibawa bersama-sama dengan hasil pembakaran dan demikian pula temperatur dari hasil pembakaran tersebut. Temperatur yang dapat dicapai oleh produk/hasil dalam batas operasi adiabatik dari reaktor disebut nyala adiabatik atau temperatur pembakaran adiabatik.

Temperatur nyala adiabatik dapat ditentukan dengan menggunakan perubahan massa dan perubahan dari prinsip-prinsip. Untuk mengilustrasikan prosedur tersebut, maka kita memperhatikan perbandingan antara udara pembakaran hasil-hasil pembakaran setiap bentuk ideal ampuran gas kemudian, dengan beberapa asumsi dasar diatas, keseimbangan kecepatan energinya direduksi ke bentuk :

$$T_{ad} = LHV \times 1000 / (2C \times CO_2 + C \times H_2O + a \times 3,76 \times 28 \times 36) \dots\dots\dots(3)$$

Untuk suatu bahan bakar spesifik dan temperatur dan tekanan khusus dari produk, temperatur nyala adiabatik maksimum adalah untuk pembakaran lengkap dengan jumlah udara yang digunakan sesuai dengan teori yang ada. Nilai dari temperatur produk pembakaran dapat beberapa ratusan derajat di bawah temperatur nyala adiabatik maksimum yang dihitung, untuk beberapa alasan. Sebagai contoh, sekali oksigen yang cukup dapat disediakan untuk memungkinkan pembakaran lengkap, membawa lebih banyak udara yang mencairkan hasil-hasil pembakaran, menurunkan temperaturnya. Pembakaran yang tidak lengkap cenderung yang menurunkan temperaur produk, dan pembakaran sering lengkap. Juga, pengilangan panas dapat dikurangi tapi tidak hilang keseluruhannya. Sebagai hasil dari temperatur tinggi yang dicapai, maka beberapa hasil pembakaran dapat dipisahkan. Pemisahan reaksi endotermik lebih rendah dari temperatur produk.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pengujian langsung, dengan menganalisa proses dan cara pembuatan bahan bakar alternatif dari ampas sagu.

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu :



Gambar. 1 Alat Destilasi



Gambar. 2 Alkohol Meter.



Gambar 3. Thermometer



Gambar 4. Kompor.



Gambar 5. Pipa Besi

## Bahan



Gambar 6. Ampas Sagu.



Gambar 7. Ragi Tape

### Variabel Penelitian

Ada tiga variabel yang dikaji dalam penelitian ini yaitu :

1. Variabel bebas ( *Independent variabel* ) : Variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian yaitu 400 gram, dan 600 gram jumlah masing-masing ragi tape.
2. Variabel terikat ( *Dependent variabel* ) : Variable yang besarnya tidak dapat di tentukan oleh peneliti, nilai variabel ini tergantung dari nilai variabel bebasnya yaitu hasil dari volume bioetanol.
3. Variabel terkontrol : Variable yang di tentukan oleh peneliti, dan nilai selalu konstan yaitu temperatur pada tabung destilasi dengan suhu 86°C.

Proses destilasi suhu pemanas harus dijaga antara 79 °C – 86°C.

### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### Prosedur Penelitian

##### Bahan Baku (Ampas Sagu)

Bahan baku ampas sagu sebelum diolah terlebih dahulu di jemur hingga kering, kemudian ditimbang 3 kg untuk dimasak, pada proses pemasakan ampas sagu ini bertujuan untuk menguraikan senyawa kompleks sehingga terbentuk gula sederhana (glukosa).



Gambar 8. Penjemuran dan Pemasakkan Ampas Sagu.

### Pencampuran Ampas Sagu dan Ragi

Setelah proses pemasakan ampas sagu, kemudian didinginkan dan dicampurkan dengan ragi. Pada penelitian ini pencampuran ragi yang digunakan yaitu ragi tape yang masing-masing 400 dan 600 gram, kemudian dimasukkan kedalam wadah plastik untuk difermentasi



Gambar 9. Pencampuran Ragi Tape

### Proses Fermentasi

Pada proses fermentasi ini bertujuan untuk menghasilkan alkohol dalam jumlah yang kecil, dalam fermentasi bioetanol perlu adanya penambahan ragi tape agar terjadinya reaksi hidrolisa dimana sukrosa diubah menjadi glukosa, sedangkan reaksi utama dalam fermentasi yaitu glukosa diubah menjadi etanol dan air. Proses fermentasi membutuhkan kurang lebih 3 sampai 14 hari untuk menghasilkan etanol.



Gambar 10. Hasil Fermentasi.

### Proses Destilasi

Proses destilasi/dehidrasi ini bertujuan untuk memisahkan bioetanol dan air. Hasil dari proses fermentasi diambil dan dimasukkan ke dalam tabung fermentor kemudian dimasak hingga titik didih bioetanol yaitu 79-86 °C.



Gambar 11. Proses Destilasi

### Hasil

Hasil dari proses destilasi kemudian dipindahkan ke dalam botol kaca dan diukur kadar bioetanolnya menggunakan alkohol meter, pada penelitian ini kadar etanol yang didapat yaitu 69 dan 83 %.

Tabel 1. Hasil Penelitian

Bahan Baku	Jumlah Ragi (gr)	Bahan Baku (kg)	Volume air (ltr)	Waktu Fermentasi (hari)	Volume Hasil (ml)	Kadar Alkohol (%)
Ampas/serat sagu	400	3	15	9	180	69
	600	3	15	9	200	83

Ampas sagu seberat 3 kg yang telah dimasak hingga mengental selanjutnya didinginkan dan dicampur ragi tape yang masing-masing 400 dan 600 gram kemudian dimasukkan ke dalam wadah plastik dan disimpan di ruangan tertutup untuk proses fermentasi kurang lebih 9 hari.

Selanjutnya hasil dari proses fermentasi dimasak untuk memisahkan etanol dan air yang masih tercampur, kemudian hasil dari proses destilasi diukur kadar alkohol.

### Perhitungan Nilai Kalor Atas dan Nilai Kalor Bawah

#### Perhitungan Nilai Kalor Bawah $C_2H_5OH$

Spesies (i)	$C_{pi}$ [J/mol K]
$O_2$	29,18 – 37,28
$N_2$	29,12 – 35,97
$H_2O$	33,58 – 51,1
$CO_2$	37,22 – 60,35
$C_2H_5OH + a ( O_2 + 3,76 N_2 )$	$\longrightarrow$ $b CO_2 + c H_2O + d N_2$

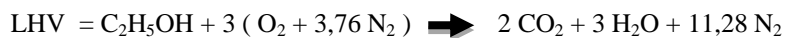
$$C : \quad b = 2$$

$$H : \quad 2c = 6$$

$$O : \quad 2b + c = 2a$$

$$N : \quad d = 3,76a$$

Jika diselesaikan :  $a = 3$  ;  $b = 2$  ;  $c = 3$  ;  $d = 11,28$



$$LHV = \{ 1 \times ( 12 \times 2 + 6 ) \times (-235,310) + 0 \} \text{ kJ} \rightarrow \{ 2 \times ( 12 + 32 ) \times (- 393,52 ) + 3 \times ( 2 + 16 ) \times (- 241,83 ) + 3 \times 3,76 \times 0 \} \text{ kJ}$$

$$= 30 \times (- 235,310 ) + 88 \times (- 393,52 ) + 54 \times (-241,83 ) + 11,28$$

$$= - 7059,3 + -34629,76 + -2258,82 + 11,28$$

$$LHV = - ( - 43936,6 ) \text{ kJ/mol}$$

$$LHV = 43936,6 \text{ kJ/mol}$$

#### Perhitungan Nilai Kalor Atas $C_2H_5OH$

$$LHV = HHV - 2340$$

$$43936,6 = HHV - 2340$$

$$HHV - 2340 = 43936,6$$

$$HHV = 43936,6 + 2340$$

$$HHV = 46276,6 \text{ kJ/Mo}$$

#### Temperatur Nyala Adiabatik $C_2H_5OH$

$$T_{ad} = LHV \times 1000 / ( 2C \times CO_2 + C \times H_2O + a \times 3,76 \times 28 \times 35,97 )$$

$$T_{ad} = 43936,6 \times 1000 / ( 88 \times 60,35 + 54 \times 51,1 + 3 \times 3,76 \times 28 \times 35,97 )$$

$$= 43936,6 \times 1000 / ( 5310,8 + 2759,4 + 11360,76 )$$

$$= 43936,6 \times 1000 / 19430,96$$

$$= 2261,164 \text{ K}$$

#### Pengujian Bioetanol Pada Kompor

Data hasil pengujian bioetanol berkadar 69 % dan 83 % terhadap kompor bioetanol dengan membandingkan konsumsi bahan bakar.

Tabel 2. Pengujian Bioetanol

No	Bahan Bakar (%)	Volume BB awal (ml)	Volume air awal (ml)	Volume BB akhir (ml)	BB terpakai (ml)	Waktu didih ( menit )
1	Bioetanol 69	180	200	120	60	18,31
2	Bioetanol 83	180	200	130	50	3,36

Dari hasil pengujian bioetanol 69 % dan 83 % data yang didapat menunjukkan Bioetanol dengan kadar 69 % dengan waktu didih yaitu 18,31 menit dengan pemakaian bahan bakar sebanyak 60 ml. Pada bioetanol berkadar 83 % dengan waktu didih 3,36 menit dengan pemakaian bahan bakar sebanyak 50 ml. Dapat disimpulkan dari hasil percobaan bahwa semakin tinggi kadar bioetanol yang digunakan, maka semakin cepat waktu didihnya.



Tabel 3. Nilai HHV dan LHV Berbagai Bahan Bakar.

Jenis Bahan Bakar	HHV (kj/mol)	LHV (kj/mol)
Hidrogen	141,8	119,96
Metana	55,9	50
Solar	44,8	43,3
Bensin	47	43,448
Minyak bumi	54,543	42,686
Kerosin	46,2	43

- **Konsumsi Bahan Bakar Bioetanol 69 %.**

$$fc = \frac{(\text{vol awal} - \text{vol akhir})}{t}$$

$$fc = \frac{60}{18,31}$$

$$fc = \frac{0,06}{18,31}$$

$$fc = 0,00327 \text{ ltr/s}$$

- **Konsumsi Bahan Bakar Bioetanol 83 %.**

$$fc = \frac{50}{3,36}$$

$$fc = \frac{0,05}{3,36}$$

$$fc = 0,01488 \text{ ltr/s}$$

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Ampas sagu seberat 3 kg dengan jumlah ragi yang masing-masing 400 dan 600 gram dengan volume air 15 liter dan lama fermentasi 3-9 hari dapat menghasilkan bioetanol dengan kadar 69% dan 83%.
2. Hasil dari perhitungan nilai High Heating Value (HHV) yang didapat dari bioetanol ampas sagu adalah 46276,6 kJ/Mol. Sedangkan Low Heating Value (LHV) adalah 43936,6 kJ/mol dan titik nyala adiabatik (Tad) adalah 2261,164 K. Hasil HHV dan LHV bioetanol dari ampas sagu dibandingkan dengan HHV dan LHV bioetanol dari singkong yaitu HHV = 44755,76 dan LHV = 52325,76. Titik nyala adiabatik Tad = 2850,041. Nilai HHV sendiri harus lebih tinggi dari nilai LHV.
3. Hasil dari pengujian bioetanol terhadap kompor dengan kadar 69% waktu didihnya 18,31 menit dengan pemakaian bahan bakar sebanyak 60 ml. Sedangkan bioetanol dengan kadar 83% waktu didihnya 3,36 menit dengan pemakaian bahan bakar sebanyak 50 ml. Konsumsi bahan bakar dari bioetanol kadar 69 % adalah 0,00327 ltr/s dan bioetanol kadar 83 % adalah 0,01488 ltr/s.
4. Dari hasil pengujian pada kompor bioetanol dengan kadar 69 % jumlah air awal yaitu 200 ml dan yang berkurang yaitu 20 ml. Sedangkan bioetanol kadar 83 % jumlah air awal 200 dan air yang berkurang yaitu 50 ml, jadi semakin tinggi kadar bioetanol maka semakin cepat proses penguapan air yang dimasak.
5. Semakin tinggi kadar bioetanol, maka semakin cepat waktu didihnya.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Fahri F. Polii, 2016, Penelitian Pembuatan Etanol Dari Serat/Ampas Sagu. Balai Riset Dan Standarisasi Industri Manado.
- Khairunnisah, Marniati Salim, Elida Mardiah, 2014, Produksi Bioetanol Dari Ampas Sagu (Metroxylon Sp) Melalui Proses Pretreatment Dan Metode Simultaneous Saccharification Fermentation (Ssf).
- Komarayati, S., Dan Gusmailina, 2010, Prospek Bioetanol Sebagai Pengganti Minyak Tanah. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Hasil Hutan.
- Noviyanto Galuh Subekti, 2013. Pemanfaatan Singkong (Monihot Esculenta) Menjadi Bioetanol Sebagai



Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Tanah.  
Riza Fahmi Sukmawati, Salimatul Milati, 2009. Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Singkong.  
Yosep Maturbongs, 2011. Pemanfaatan Nira Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif Dengan Metode Destilasi Fraksional.  
[wikipedia.org/wiki/Bahan\\_bakar\\_etanol](http://wikipedia.org/wiki/Bahan_bakar_etanol).  
[wikipedia.org/wiki/Sagu](http://wikipedia.org/wiki/Sagu).

