



ANALISIS KALOR BAKAR DAN VOLUME ETANOL HASIL FERMENTASI NIRA AREN DENGAN VARIASI FERMENTOR

Hendro S Manalu dan Rappel Situmorang

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

hendro.manalu07@gmail.com

Diterima: Agustus 2020. Disetujui: September 2020. Dipublikasikan: Oktober 2020

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui volume, massa destilat etanol dan nilai kalor bakar yang terdapat pada nira aren. Penelitian ini menggunakan metode fermentasi dengan 2 jenis fermentor yaitu *Saccharomyces cerevisiae* dan *Zymomonas mobilis* dengan penambahan 20 gr dan 30 gr pada 1000 ml nira aren dengan fermentasi selama 72 jam. Hasil fermentasi kemudian didestilasi pada temperatur 78 °C dan mengetahui komposisi dengan menggunakan Spektroskopi FTIR dan uji kalor bakar dengan Kalorimeter Bom. Dari penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa peningkatan komposisi fermentor berbanding lurus dengan volume, dan nilai kalor bakar destilat. Kualitas etanol terbaik diperoleh dari penambahan 30 gr *Saccharomyces cerevisiae* dengan massa destilat 1,0009 gr dengan nilai kalor bakar 4.833,77 cal/g atau setara dengan 933.870,84 kJ/mol dan dapat digunakan sebagai bahan bakar terbarukan baik secara tradisional maupun modern.

Kata Kunci: *Fermentor, Kalor Bakar, Saccharomyces cerevisiae, Zymomonas mobilis, Spektroskopi FTIR, Kalorimeter Bom*

ABSTRACT

This study aims to determine the volume, mass of ethanol distillate and the heating value of the fuel contained in palm sap. This study uses a fermentation method with 2 types of fermenters namely Saccharomyces cerevisiae and Zymomonas mobilis with the addition of 20 gr and 30 gr to 1000 ml palm sap with fermentation for 72 hours. The fermentation results are then distilled at 78 °C and find out the composition by using FTIR spectroscopy and the combustion heat test with Bomb Calorimeter. From the research carried out, it is known that the increase in the composition of the fermentor is directly proportional to the volume, and the value of the distillate's heating heat. The best quality of ethanol is obtained from the addition of 30 grams of Saccharomyces cerevisiae with a distillate mass of 1,0009 grams with a heating value of 4,833.77 cal/g or equivalent to 933,870.84 kJ/mol and can be used as a renewable fuel both traditional and modern.

Keywords: *Fermenters, Burnt Heat, Saccharomyces cerevisiae, Zymomonas mobilis, FTIR Spectroscopy, Bomb Calorimeter*

PENDAHULUAN

Bioetanol merupakan bahan kimia ramah lingkungan yang dapat digunakan dalam banyak hal. Bioetanol dapat digunakan sebagai bahan

bakar kendaraan, namun dengan kemurnian etanol yang tinggi. Bahan baku dalam pembuatan bioetanol kemudian bergerak mencari alternatif pada hasil pertanian bidang pangan, terutama bahan-bahan yang

mengandung kadar selulosa yang tinggi. Salah satu bahan pangan tersebut adalah nira aren (Suarna, 2006).

Pemanfaatan nira aren sebagai bahan baku pembuatan bioetanol, nira aren harus diolah melalui proses fermentasi. Proses fermentasi ini berlangsung pada suhu tetap selama 72 jam pada kondisi anaerob yang dilakukan dengan fermentasi sukrosa dan jika dibiarkan lagi maka alkohol yang terbentuk berubah menjadi asam asetat (Richana, 2011).

Terdapat beberapa jenis fermentor yang dapat digunakan untuk menghasilkan alkohol dari kandungan selulosa dalam limbah cair nira, dengan ciri khas dan kelebihan masing-masing fermentor, selain faktor suhu dan waktu. Nilai kalor pembakaran suatu zat adalah kalor yang dibebaskan apabila suatu zat dibakar sempurna dengan menggunakan oksigen. Dalam hal pembakaran etanol dengan oksigen maka akan terjadi pemecahan etanol membentuk dua dan air yang disertai dengan pembebasan kalor (Dasuki, 2000).

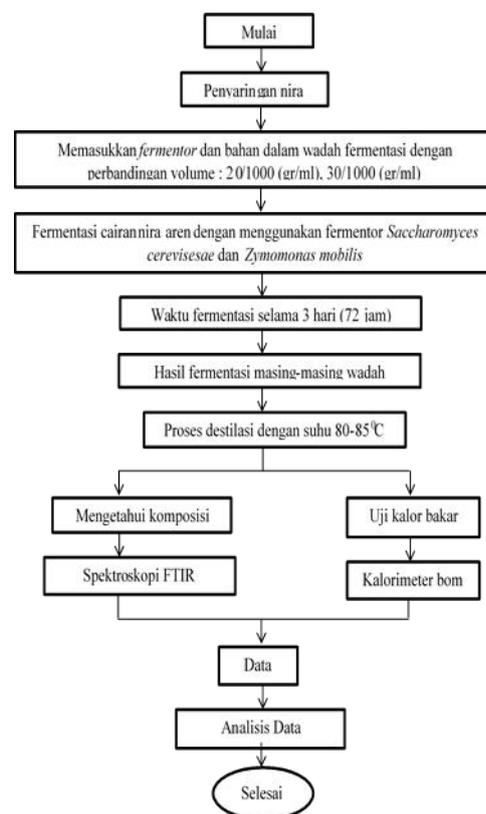
Dengan harapan penelitian ini dapat memberikan hasil evaluasi mengenai etanol yang diperoleh dari fermentasi nira aren dan nilai kalor bakar yang baik dari proses pembakaran menggunakan kalorimeter bom sehingga layak menjadi energi terbarukan.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk menganalisis hasil penelitian ini adalah metode eksperimen. Penelitian ini menggunakan bahan dari nira aren dengan campuran fermentor *Saccharomyces cerevisiae* dan *Zymomonas mobilis*. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Fisika, Politeknik Kimia Industri Medan (PTKI-MEDAN), Sumatera Utara.

Dalam percobaan ini akan dilakukan dalam 4 tahap yaitu proses pengolahan nira, proses fermentasi nira aren menjadi bioetanol, proses destilasi hasil fermentasi dan proses pengujian etanol dengan kalorimeter bom.

Pada penelitian ini data yang diperoleh dari pengujian yang divariasikan akan dianalisa dan disajikan dalam bentuk deskriptif, tabel, dan grafik. Dibawah ni merupakan gambar diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil dan Analisis Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan 2 jenis fermentor yaitu : *Saccharomyces cerevisiae*, *Zymomonas mobilis* dengan penambahan fermentor masing-masing dengan variasi 20 gram dan 30 gram pada penambahan 1000 ml nira aren murni dengan proses fermentasi 72 jam untuk masing-masing fermentor. Proses fermentasi dilakukan dengan kondisi yang sama baik temperatur dan pH yang sama. Data berikut menunjukkan pengaruh komposisi fermentor dengan hasil penelitian.

2. Fermentasi

Peneliti melakukan proses fermentasi dengan menggabungkan bahan fermentor *Zymomonas mobilis* dan *Saccharomyces cerevisiae* dengan nira aren selama 72 jam.

Tabel 1. Volume Nira Aren dan Massa *Zymomonas Mobilis*

No	Volume Nira Aren (ml)	Massa <i>Zymomonas Mobilis</i> (gr)
1.	1000 ml	20 gr
2	1000 ml	30 gr

Tabel 2. Volume Nira Aren dan Massa *Saccharomyces cerevisiae*

No	Volume Nira Aren (ml)	Massa <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (gr)
1.	1000 ml	20 gr
2.	1000 ml	30 gr



Gambar 2. Pencampuran bahan fermentor dengan nira aren murni

Proses fermentasi dengan cara penggabungan antara bahan fermentor dengan nira aren murni. Pada tahap ini bahan fermentor berupa bakteri langsung bereaksi dengan nira aren dengan adanya muncul gelembung kepermukaan seperti gambar 4.1 diatas.

3. Destilasi

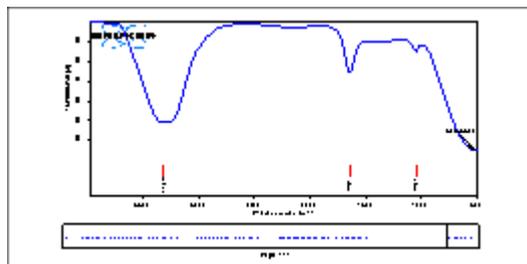
Proses destilasi pada penelitian ini dilakukan dengan cara destilasi konvensional (sederhana), yaitu proses destilasi berlangsung jika campuran dipanaskan dan sebagian komponen volatil menguap naik dan didinginkan sampai mengembun didinding kondensor. Pada destilasi sederhana tidak terjadi fraksinasi pada saat kondensasi karena komponen campuran tidak banyak. Destilasi sederhana sering digunakan untuk tujuan pemurnian sampel dan bukan pemisahan kimia dalam arti sebenarnya.



Gambar 3. Proses Destilasi Sederhana

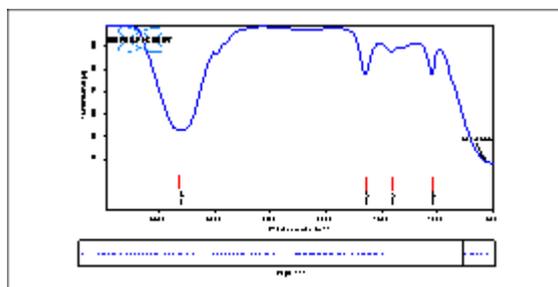
4. Spektroskopi FTIR

Spektroskopi FTIR merupakan suatu teknik analisis yang cepat, sederhana, dan non-destruktif dengan seluruh sifat kimia dalam contoh dapat diungkapkan dan dimunculkan pada spektrum FTIR. Hasil analisa dengan menggunakan Spektroskopi FTIR pada masing-masing sampel terdapat pada gambar dibawah.



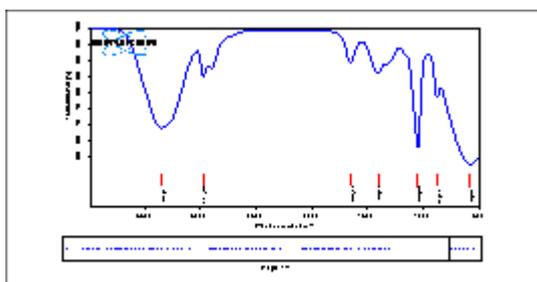
Gambar 4. Spektrum FTIR Etanol Dari Nira Aren Dengan Penambahan Bahan Fermentor *Saccharomyces cerevisiae* 20 gr

Pada gambar grafik diatas dapat diketahui data spektrum FTIR pada nilai gelombang 3.319,94 cm⁻¹ dengan transmisi terkecil yaitu 50% dan transmisi terbesar pada nilai gelombang 2.600 cm⁻¹ ke 1.750 cm⁻¹ yaitu hampir 100% dan pada nilai gelombang 1.500 cm⁻¹ ke 1.000 cm⁻¹ memiliki transmisi 85%.



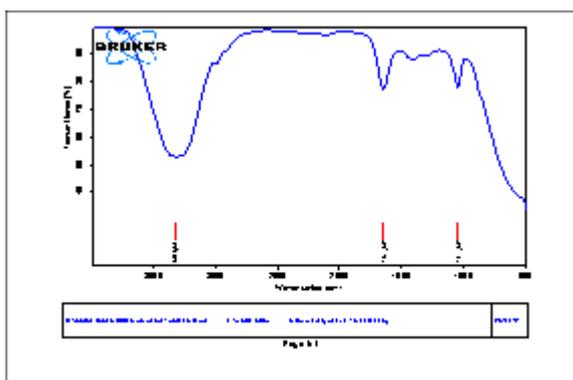
Gambar 5. Spektrum FTIR Etanol Dari Nira Aren Dengan Penambahan Bahan Fermentor *Saccharomyces cerevisiae* 30 gr

Pada gambar grafik diatas dapat diketahui data spektrum FTIR pada nilai gelombang 3.327,45 cm⁻¹ dengan transmisi terkecil yaitu 54% dan transmisi terbesar pada nilai gelombang 2.600 cm⁻¹ ke 1.750 cm⁻¹ yaitu hampir 100% dan pada nilai gelombang 1.644,56 cm⁻¹ ke 1.000 cm⁻¹ memiliki transmisi 80% sampai 85% dengan panjang gelombang yang berubah-ubah.



Gambar 6. Spektrum FTIR Etanol Dari Nira Aren Dengan Penambahan Bahan Fermentor *Zymomonas mobilis* 20 gr

Pada gambar grafik diatas dapat diketahui data spektrum etanol dengan mencermati puncak serapan gelombang yang diperlihatkan dapat dianalisis bahwa diantara gelombang 2.600 cm⁻¹ ke 1.700 cm⁻¹ terdapat serapan yang kuat dan melebar pada transmisi hampir 100%. Dan pada bilangan gelombang 1.650,95 cm⁻¹ ke 500 cm⁻¹ menghasilkan gelombang yang berubah-ubah.



Gambar 7. Spektrum FTIR Etanol Dari Nira Aren Dengan Penambahan Bahan Fermentor *Zymomonas mobilis* 30 gr

Pada gambar grafik diatas dapat diketahui data spektrum etanol hampir sama dengan hasil Spektrum FTIR Etanol Dari Nira Aren Dengan Penambahan Bahan Fermentor *Zymomonas mobilis* 20 gr hanya mempunyai sedikit perbedaan pada bilangan gelombang 1.644,39 cm⁻¹ ke 1.044,69 cm⁻¹.

Maka dari hasil analisis FTIR ini dapat disimpulkan bahwa semua sampel mengandung etanol.

5. *Saccharomyces cerevisiae*

Penggunaan *Saccharomyces cerevisiae* sebagai fermentor dalam penelitian ini digunakan sebagai pembanding dengan fermentor jenis lain untuk mengetahui

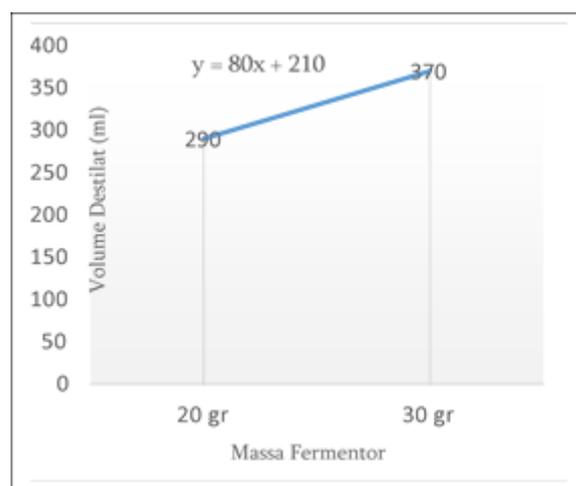
kemampuan *Saccharomyces cerevisiae* dengan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini baik dari segi volume destilat yang diperoleh serta nilai kalor bakar yang diperoleh dari hasil penelitian.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh data seperti ditunjukkan dalam tabel 4.2 dibawah.

Tabel 3. Komposisi *Saccharomyces cerevisiae* dengan hasil penelitian

No	Komposisi <i>Saccharomyces cerevisiae</i>		Volume destilat (ml)	Massa uji kalori meter bom (gr)	Kalor bakar (cal/gr)
1	1000 ml	20 gr	290	2,20	1.284,33
2	1000 ml	30 gr	370	1,0009	4.856,53

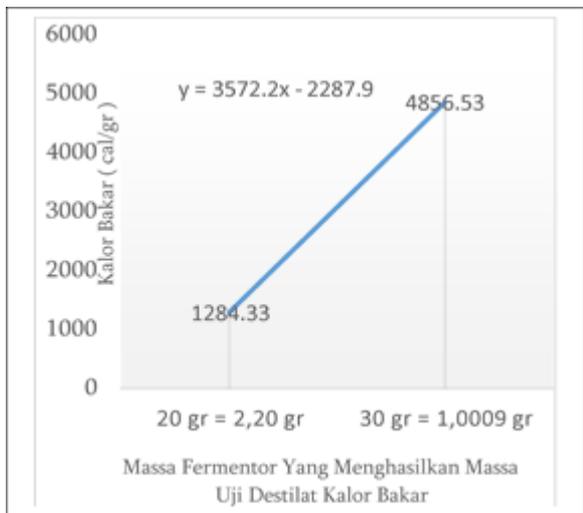
Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penambahan *Saccharomyces cerevisiae* diketahui bahwa meningkatnya massa fermentor yang digunakan dalam 1000 ml nira aren murni serta meningkatkan volume destilat yang diperoleh dalam penelitian setelah dilakukan proses destilasi pada suhu 780C. Data yang menunjukkan pengaruh peningkatan massa fermentor dengan volume destilat ditunjukkan gambar 4.7 dibawah dengan persamaan regresi linear $y = 80x + 210$.



Gambar 8. Pengaruh komposisi *Saccharomyces cerevisiae* dengan volume destilat

Peningkatan massa uji destilat dan konsentrasi etanol dalam destilat

mempengaruhi nilai kalor bakar yang diperoleh dalam pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan massa fermentor yang digunakan dalam fermentasi turut mempengaruhi nilai kalor bakar hasil destilat ditunjukkan dalam gambar 4.8 dibawah dengan persamaan regresi linear $y = 3.572,2x - 2.287,9$.



Gambar 9. Pengaruh massa uji destilat *Saccharomyces cerevisiae* dengan kalor bakar

6. *Zymomonas mobilis*

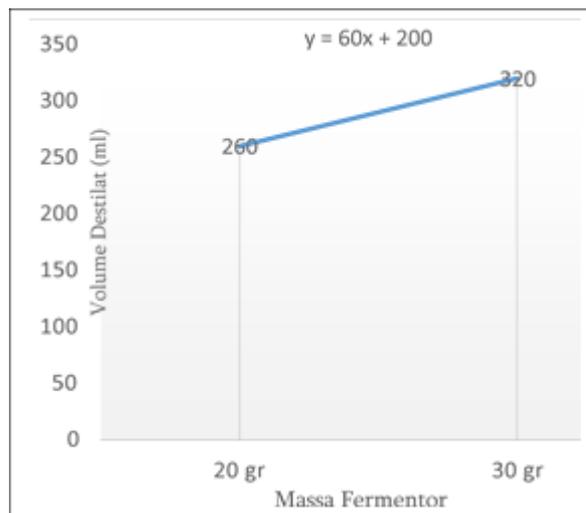
Penggunaan *Zymomonas mobilis* sebagai fermentor dalam penelitian ini digunakan sebagai pembandingan dengan fermentor jenis lain untuk mengetahui kemampuan *Zymomonas mobilis* dengan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini baik dari segi volume destilat yang diperoleh serta nilai kalor bakar yang diperoleh dari hasil penelitian.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh data seperti ditunjukkan dalam tabel 4.3 dibawah.

Tabel 4. Komposisi *Zymomonas mobilis* dengan hasil penelitian

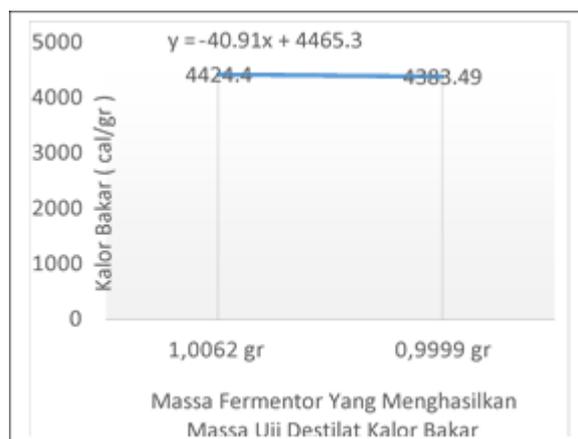
No	Komposisi <i>Zymomonas mobilis</i>		Volume destilat (ml)	Massa uji kalori meter bom (gr)	Kalor bakar (cal/gr)
1	1000 ml	20 gr	260	1,0062	4.424,40
2	1000 ml	30 gr	320	0,9999	4.383,49

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penambahan fermentor *Zymomonas mobilis* diketahui bahwa meningkatnya massa fermentor yang digunakan dalam 1000 ml nira aren murni menghasilkan volume destilat lebih sedikit yang diperoleh dalam penelitian setelah dilakukan proses destilasi pada suhu 780C. Data yang menunjukkan pengaruh peningkatan massa fermentor dengan volume destilat ditunjukkan gambar 4.9 dibawah dengan persamaan regresi linear $y = 60x + 200$.



Gambar 10. Pengaruh komposisi *Zymomonas mobilis* dengan volume destilat

Peningkatan massa uji destilat dan konsentrasi etanol dalam destilat mempengaruhi nilai kalor bakar yang diperoleh dalam pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan massa fermentor yang digunakan dalam fermentasi turut mempengaruhi nilai kalor bakar hasil destilat ditunjukkan dalam gambar 4.10 dibawah dengan persamaan regresi linear $y = -40,91x + 4.465,3$.



Gambar 11. Pengaruh massa uji destilat *Zymomonas mobilis* dengan kalor bakar

Dalam penelitian ini analisis persamaan regresi linear bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh satu atau lebih variabel bebas (X) terhadap satu variabel terikat (Y) . Analisa regresi linear merupakan salah satu metode untuk menentukan hubungan satu variabel dengan variabel-variabel lainnya.

7. Nilai Kalor Bakar

Pengukuran nilai kalor bakar dapat diketahui melalui pengujian kalorimeter bom dimana hasil destilatnya dilakukan dengan cara destilasi untuk menghasilkan etanol dari nira aren yang dicampur dengan bahan fermentor.

Setelah hasil destilatnya diketahui , pengukuran nilai kalor bakar dilakukan melalui pengujian menggunakan kalorimeter bom. Secara teori dapat ditentukan nilai kalor bakarnya dengan rumus mencari nilai kalornya yaitu :

$$\text{Nilai kalor bakar (Q)} = (\Delta T \times c)/m \text{ atau } Q = ((T_2 - T_1) \times c)/m$$

Dimana :

c = 2.575,6 (Cal/0C) merupakan ketetapan setiap bahan yang dibakar untuk menaikkan 10C temperatur air dan perangkat kalorimeter

T1 = Suhu awal selama pengujian (0C)

T2 = Suhu akhir selama pengujian (0C).

Pembahasan

Berdasarkan perbandingan yang dilakukan antara nilai kalor bakar secara teori dan penelitian nilai perbandingan tersebut diperoleh data pada tabel 4.4.

Tabel 5. Perbandingan nilai kalor bakar secara teori dengan hasil penelitian

No	Nama fermentor	Massa Destilat (gr)	Teori (kJ/kg)	Praktek (kJ/kg)	% Kesalahan
1	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (20 gr)	2,200	4.917,066	5.394,186	9,7%

2	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (30 gr)	1,0009	21.615,552	20.397,426	5,6%
3	<i>Zymomonas mobilis</i> (20 gr)	1,0062	19.351,542	18.582,48	3,9%
4	<i>Zymomonas mobilis</i> (30 gr)	0,9999	19.473,468	18.410,658	5,4%

Hasil yang diperoleh dari pengolahan data untuk nilai kalor bakar etanol dapat dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Derikson Situmorang (2017) dimana dalam penelitiannya menggunakan bahan limbah cair kopi dengan fermentor *Saccharomyces cerevisiae* dan *Zymomonas mobilis*.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan etanol nira aren lebih baik dari etanol limbah cair kopi dimana nilai kalor bakar yang terbaik dalam penelitian ini ditunjukkan oleh *Saccharomyces cerevisiae* 30 gr sebesar 4.636,54 cal/gram atau setara dengan 18.410,658 kJ/kg sedangkan pada penelitian sebelumnya ditunjukkan oleh *Zymomonas mobilis* 100 gr sebesar 8.821,41 kJ/kg dimana hasil nilai kalor bakar dari *Saccharomyces cerevisiae* 30 gr dua kali lipat lebih besar dari nilai kalor bakar *Zymomonas mobilis* 100 gr.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan tujuan dari penelitian ini dan data yang diperoleh dari hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan yaitu: Nilai kalor yang diperoleh dari pengukuran dengan menggunakan bom kalorimeter memiliki nilai yang bervariasi yaitu pada penambahan fermentor *Saccharomyces cerevisiae* 20 gr sebesar 1.284,33 cal/gram dengan volume destilat sebesar 290 ml dan massa uji kalorimeter bom sebesar 2,20 gr , *Saccharomyces cerevisiae* 30 gr sebesar 4.856,53 cal/gram dengan volume destilat sebesar 370 ml dan massa uji kalorimeter bom sebesar 1,0009 gr, *Zymomonas mobilis* 20 gr sebesar 4.424,40

cal/gram dengan volume destilat sebesar 260 ml dan massa uji kalorimeter bom sebesar 1,0062 gr dan *Zymomonas mobilis* 30 gr sebesar 4.383,49 cal/gram dengan volume destilat sebesar 320 ml dan massa uji kalorimeter bom sebesar 0,9999 gr. Kualitas etanol terbaik diperoleh dari penambahan 30 gr *Saccharomyces cerevisiae* dengan massa destilat 1,0009 gram, dengan nilai kalor bakar 4.833,77 cal/g atau setara dengan 933.870,84 kJ/mol dan dapat digunakan sebagai bahan bakar terbarukan baik secara tradisional maupun modern sementara sebagai bahan bakar modern (bioetanol) yaitu sebesar 1.364 kJ/mol. Oleh karena itu etanol dari nira aren sangat baik digunakan sebagai bahan bakar yang terbarukan.

Berkaitan dengan penelitian ini penulis menyarankan: Perlu dilakukan pengkajian terlebih dahulu mengenai jenis dan kualitas fermentor yang dijual dipasaran sehingga dapat digunakan dalam proses fermentasi dan sesuai dengan hasil yang diharapkan, Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kandungan dalam nira aren sebelum dilakukan proses fermentasi termasuk mengenai kualitas nira aren tersebut sehingga tidak mengubah komposisi sampel dalam proses penelitian dan perlu dilakukan pengkajian dan studi literatur yang lebih mendalam mengenai pengolahan nira aren menjadi bahan baku dalam pembuatan etanol.

DAFTAR PUSTAKA

Almu M.A. dkk.,(2014), Analisa Nilai Kalor dan Laju Pembakaran Pada Briket Campuran Biji Nyamplung (*Calophyllum mophyllum*) dan Abu Sekam Padi, *Dinamika Teknik Mesin Universitas Mataram, Mataram*

Anang Arsyad W.M.D & Irwan Said.,(2015), Analisis Kalor dan Sintesis Bioetanol Dari Serabut Kelapa Sawit Sebagai Alternatif Bahan Bakar Terbarukan, *Pendidikan Kimia Universitas Tadulako, Palu*

Cheng, Ngoh Gek., Hasan, Masitah., Kumoro, Andri Chahyo., Ling, Chew Fui., Tham, Margaret.,(2009), Production of Ethanol by Fed-Batch Fermentation.

Pertanika J.Sci & Technol 17 (2): 399-408. ISSN: 0128-7680

Iskandar, Y.,(2009), Penentuan Konsentrasi Alkohol Dalam Tapati Ketan Hitam Secara Piknometri Berdasarkan Lama Waktu Fermentasi, *Fakultas FMIPA Universitas Padjajaran Jatinagor, Bandung*

Khak, M.dkk.,(2014), Optimalisasi Fermentor Untuk Produksi Etanol Dan Analisis Hasil Fermentasi Menggunakan Gas Chromatografi, *Jurnal Matematika, Saint dan Teknologi, Yogyakarta*

Laila K.M.,(2011), Penentuan Kadar Kolesterol Dengan Metode Kromatografi Gas, *Agrointek, Jawa Timur*

Richana, N.,(2011), Bioetanol: Bahan Baku, Teknologi, Produksi Dan Pengendalian Mutu, *Penerbit Nuansa, Bandung*

Situmorang, Derikson.,(2017), Analisis Kalor Bakar Dan Komposisi Etanol Hasil Fermentasi Limbah Cair Kopi Dengan Variasi Fermentor, *Unimed, Medan*

Syauqiah, Isna.,(2015), Pengaruh Waktu Fermentasi Dan Persentase Starter Pada Nira Aren (*Arenga Pinnata*) Terhadap Bioethanol Yang Dihasilkan, *Info Teknik, Kalimantan Selatan*

W.B.Subrimobdi.,(2016), Studi Eksperimental Pengaruh Penggunaan *Saccharomyces Cerevisiae* Terhadap Tingkat Produksi Bioetanol Dengan Bahan Baku Nira Siwalan, *Jurnal Tugas Akhir, Yogyakarta*