

## Temperatur, Warna Nyala Api, dan Tinggi Api pada Pembakaran Premixed Bioetanol dari Lontar (*Borassus Flabellifer*)

Adi Y. Tobe<sup>1\*</sup>, Defmit B. N. Riwu<sup>1</sup>, Jack C. A. Pah<sup>1</sup>, Dominggus. G. H. Adoe<sup>1</sup>, Rivanto Baitanu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Jl. Adi Sucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001

\*Corresponding author: adi.tobe@staf.undana.ac.id

### ABSTRAK

Salah satu energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan adalah bioetanol. Bioetanol adalah alkohol yang diproduksi dari tumbuh-tumbuhan dengan menggunakan mikroorganisme melalui proses fermentasi. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis karakteristik pembakaran premixed bioetanol dari lontar (*Borassus Flabellifer*) yakni temperatur api, tinggi api dan warna nyala api. Dalam penelitian ini variasi udara yang diberikan dari debit udara 0 ml/min sampai blow off dengan kelipatan 50 ml/min. Hasil penelitian yang didapatkan pada pembakaran premixed yakni udara yang diberikan semakin banyak maka warna nyala api akan semakin berwarna biru, temperatur api semakin meningkat dan tinggi api semakin rendah.

### ABSTRACT

*Bioethanol is a renewable energy that can be used as an alternative fuel. Bioethanol is alcohol produced from plants by using microorganisms through a fermentation process. This study aims to determine and analyze the combustion characteristics of premixed bioethanol from Lontar (*Borassus Flabellifer*), including: temperature, flame height and flame color. The research method uses a variety of air to be inserted, starting from 0 ml/min air flow to blow off in multiples of 50 ml/min. From the results of research that has been done, it shows that in premixed combustion the more air volume is given, the more blue the color of the flame will be, the temperature of the fire will increase and the height of the fire will be lower.*

**Keywords:** *premixed bioethanol combustion, temperature, flame height, flame color*

### PENDAHULUAN

Salah satu energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan adalah bioetanol. Bioetanol adalah alkohol yang diproduksi dari tumbuhan dengan menggunakan mikroorganisme melalui proses fermentasi. Pengenalan energi alternatif tersebut merupakan upaya untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Ada tiga kelompok penghasil bioetanol yaitu nira bergula, pati dan bahan serat alias lignoselulosa. Semua bahan baku bioetanol yang disebutkan mudah didapatkan dan dikembangkan di Indonesia yang memiliki lahan luas dan subur.

Pemanfaatan bioetanol dari berbagai kelompok penghasil etanol menjadi suatu inovasi yang terus dikaji. Salah satu bahan penghasil etanol yang memiliki potensi di NTT adalah sopi. Sopi merupakan hasil sadapan dari pohon Lontar (*Borassus*

*flabellifer*) yang banyak tumbuh di daerah beriklim kering seperti di Nusa Tenggara (khususnya di NTT). Masyarakat NTT mengolah nira lontar ini menjadi minuman tradisional beralkohol (sopi) sebagai suatu simbol pemersatu satu sama lain.

Sopi yang akan dijadikan bioetanol tidak sepenuhnya mengandung alkohol murni. Pada minuman tradisional ini, kandungan sopi masih terdapat campuran antara air dan alkohol. Apabila langsung diaplikasikan sebagai bahan bakar maka mesin tidak akan bekerja secara normal. Untuk mengurangi kadar air dalam sopi, proses destilasi perlu dilakukan. Destilasi adalah proses pemisahan bahan cairan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Minuman sopi di isi dalam gelas labu kemudian dipanaskan sampai suhu titik didih etanol (kurang lebih 79°C). Tetapi, biasanya pada suhu 80-81°C etanol akan menguap dan uap etanol akan berubah ke fase

cair, disalurkan melalui condensor dan ditampung dalam gelas ukur. Etanol yang dihasilkan kemudian akan diuji karakteristiknya melalui pembakaran.

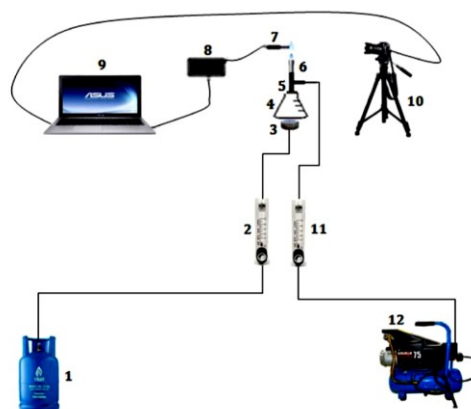
Proses pembakaran bioetanol hasil destilasi menjadi suatu kunci untuk mengetahui karakteristik bioetanol. Pembakaran sempurna yang ditunjukkan dari hasil pembakaran bioetanol dapat memberikan suatu Gambaran yang bagus terhadap produksi bioetanol. Bioetanol diuji berdasarkan konsentrasi alkohol yang terdapat pada hasil destilasi minuman sopi. Karakteristik hasil pembakaran seperti warna nyala api, tinggi api, temperatur api dan kalor yang dikeluarkan menjadi suatu parameter penting dalam penelitian ini. Maka dari itu pengujian karakteristik pembakaran premixed bioetanol perlu dilakukan. Hasil yang baik akan menjadi suatu pertimbangan khusus dalam mengembangkan bioetanol sebagai suatu energi alternatif.

#### METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental nyata yaitu pengujian langsung pada obyek yang akan diteliti tujuannya untuk memperoleh data melalui eksperimen yang akan dilakukan. Datadata yang didapatkan akan diolah berdasarkan rumus-rumus yang ada.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah presentasi penambahan udara dari debit udara 0 ml/min sampai *blow off* dengan kelipatan 50, variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah debit uap bioetanol yaitu 0,08 ml/min sedangkan variable terikat dalam penelitian (Karakteristik Pembakaran Premixed Bioetanol Dari Lontar (*Borassus Flabellifer*) ini yakni temperature api, tinggi api dan warna nyala api.

Sebelum melakukan proses pengambilan data, perlu mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan. Setelah semuanya tersedia mulailah merangkai alat-alat tersebut menjadi sebuah rangkaian. Berikut ini Gambar 1. rangkaian alat penelitian :

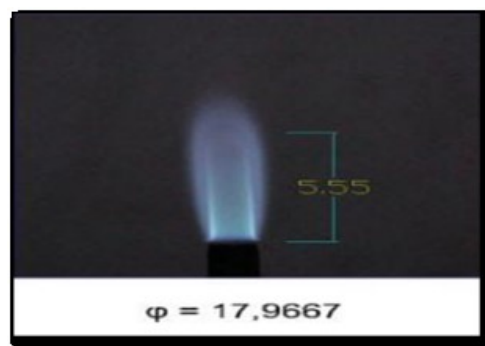


Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data dilakukan pada pembakaran uap bioetanol 95%. Data yang didapat dari hasil penelitian yakni: tinggi api, warna nyala api, dan temperatur api kemudian dianalisa. Tinggi nyala api bioetanol dihitung menggunakan software AutoCAD 2015. Foto nyala api yang sudah diambil pada saat penelitian dimasukkan dalam dalam aplikasi AutoCAD 2015 dan ubah ukuran foto nyala api dengan skala 1:1, sesudah itu ukur tinggi api dari ujung mulut burner sampai ujung atas api. Seperti pada Gambar 2 berikut:

Contoh perhitungan tinggi warna nyala api bioetanol dengan debit udara dari 50ml/min.

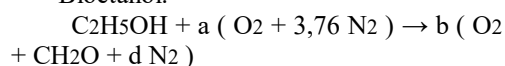


Gambar 2. Pengukuran Tinggi Api

**Perhitungan AFR Stoikiometri, AFR Aktual dan Equivalence Ratio.**

Perhitungan AFR Stoikiometri untuk Bioetanol

- Reaksi pembakaran Stoikiometri Bioetanol.



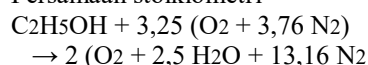
$$\text{Atom C} \Rightarrow b = 2$$

$$\text{Atom H} \Rightarrow c = \frac{6}{2} = 3$$

$$\text{Atom O} \Rightarrow a = \frac{26+c}{2} = \frac{4+3}{2} = \frac{7}{2} = 3,5$$

$$\text{Atom N} \Rightarrow d = 3,5 \times 3,76 = 13,16$$

Persamaan stoikiometri



$$\begin{aligned} \text{Massa Udara} &= 3,5 \times (O_2 + 3,76 N_2) \\ &= 3,5 \times ((2 \times 16) + (3,76 \times (2 \times 14))) \\ &= 3,5 \times (32 + 105,28) \\ &= 3,5 \times 137,28 \\ &= 480,48 \end{aligned}$$

Massa Bahan Bakar

$$\Rightarrow C_2H_5OH = (2 \times 12) + (5 \times 1) + (16) + (1) = 46$$

Maka AFR Stoikiometri

$$\begin{aligned} &= \frac{M_{\text{Udara}}}{M_{\text{Bahan Bakar}}} \\ &= \frac{480,48}{46} \\ &= 10,445 M_{\text{udara}}/M_{\text{bahan bakar}} \end{aligned}$$

Untuk debit bioetanol yang menguap 0,08ml/min, massa alir stoikiometrinya adalah:

$$\text{Massa alir udarastoik} = 10,445 \times (\text{massa alir bioetanol yang menguap})$$

$$\text{Massa alir udarastoik} = 10,445 \times (\rho \times Q)$$

$$\text{Massa alir udarastoik} = 10,445 \times (0,86 \times 0,08)$$

$$\text{Massa alir udarastoik} = 10,445 \times 0,0688$$

$$\text{Massa alir udarastoik} = 0,719 \text{ gram/min.}$$

Perhitungan AFR aktual untuk Bioetanol

- Menghitung massa alir udara stoikiometri bioetanol.
- Massa alir udara stoik = 150% × 0,719 = 1,078

- Massa udara aktual didapatkan dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Massa udara aktual} &= \rho_{\text{udara}} \times Q_{\text{udara}} \\ &= 0,0012 \times 50 = 0,06 \text{ gr/min.} \end{aligned}$$

Sehingga perhitungan untuk AFR aktual bioetanol adalah:

$$\begin{aligned} \text{AFR}_{\text{aktual bioetanol}} &= \frac{m_{\text{udara}}}{m_{\text{bahan bakar}}} \\ &= \frac{\rho_{\text{udara}} \times Q_{\text{udara}}}{\rho_{\text{bahan bakar}} \times Q_{\text{bahan bakar}}} \end{aligned}$$

Contoh pada debit udara 50ml/min maka AFR bioetanol adalah

$$\text{AFR}_{\text{aktual bioethanol}} = \frac{0,0012 \times 50}{0,86 \times 0,08} = 0,8721.$$

Perhitungan Equivalence Ratio Bioetanol

Rumus yang digunakan untuk menghitung equivalence ratio pada pembakaran bioetanol:

$$\phi = \frac{(AFR)_{\text{stoik}}}{(AFR)_{\text{aktual}}}$$

$$\phi = \frac{(M_{\text{udara}}/M_{\text{fuel}})_{\text{stoik}}}{(M_{\text{udara}}/M_{\text{fuel}})_{\text{aktual}}}$$

$$\phi = \frac{(M_{\text{udara}})_{\text{stoik}}}{(M_{\text{fuel}})_{\text{aktual}}} \times \frac{(M_{\text{fuel}})_{\text{stoik}}}{(M_{\text{udara}})_{\text{aktual}}}$$

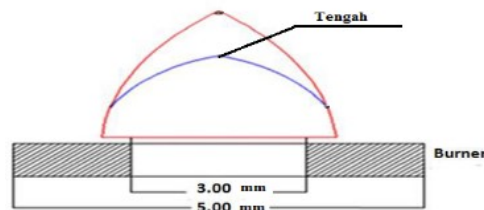
$$\phi = \frac{(M_{\text{udara}})_{\text{stoik}}}{(M_{\text{udara}})_{\text{aktual}}}$$

misalnya perhitungan equivalence ratio untuk pembakaran bioetanol dengan debit udara 50 ml/min adalah:

$$\phi = \frac{(M_{\text{udara}})_{\text{stoik}}}{(M_{\text{udara}})_{\text{aktual}}}$$

$$\phi = \frac{1,078}{0,06} = 17,9667$$

Pengukuran temperatur api dilakukan pada 1 titik yaitu pada bagian tengah api. Seperti pada Gambar 3 di berikut:



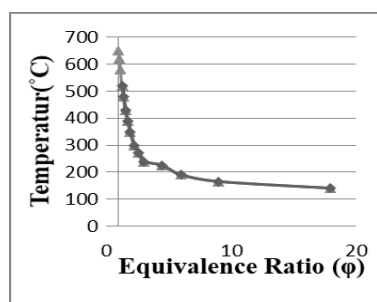
Gambar 3. Skema pengukuran temperatur nyala api

Pengukuran temperatur api menggunakan *Thermocouple* dan *Thermometer*, diukur langsung pada titik yang telah ditentukan dengan durasi waktu selama 10 detik. Dari hasil pengukuran temperatur api dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 1 : Tabel Hubungan Temperatur Api Terhadap *Equivalence Ratio* dan Udara

Qudara(ml/min)	<i>Equivalence Ratio</i> ( $\phi$ )	Temperatur (°C)
50	17.9667	140
100	8.9833	165
150	5.9889	190
200	4.4917	225
250	3.5933	240
300	2.9944	273
350	2.5667	299
400	2.2458	350
450	1.9963	389
500	1.7967	430
550	1.6333	480
600	1.4972	520
650	1.3821	580
700	1.2833	620
750	1.1978	650

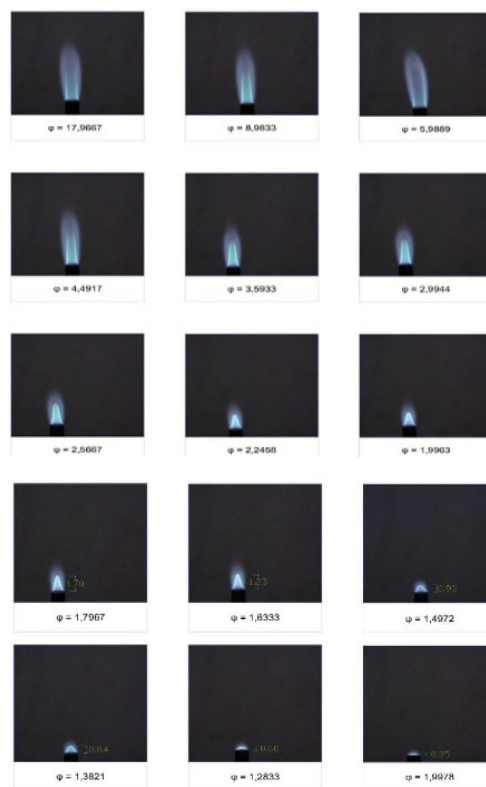
Dari hasil pengukuran temperatur api pada table 1, dari data yang sudah diperoleh kemudian dibuat dalam bentuk grafik. Bisa dilihat pada grafik berikut:



Gambar 4: Grafik Hubungan Temperatur Api Terhadap *Equivalence Ratio* dan Udara

Pada Tabel 1 dan Gambar 4 dapat dilihat bahwa temperatur api semakin meningkat maka *equivalence ratio* semakin kecil sebaliknya jika temperatur api semakin rendah maka *equivalence ratio* semakin besar.

Gambar 4 menunjukkan bahwa tempetaur api pada bagian tengah api sangat tinggi. Pada tengah api adalah daerah dimana bahan bakar dan udara terbakar seluruhnya, semakin banyak udara maka panas yang dihasilkan semakin tinggi. Visualisasi nyala api *bioetanol* 95% pada proses pembakaran dengan variasi udara 50 ml/min sampai 750 ml/min.



Gambar 5 : Visualisi Nyala Api

Gambar 5 di atas dapat kita lihat bahwa warna nyala api berwarna biru dengan stabil pada debit udara 750 ml/min sehingga mendapatkan *equivalence ratio* 1,19, hal ini menunjukkan pembakaran yang terjadi mendekati pembakaran *stoikiometri* ( $\phi=1$ ) dan bahan bakar yang terbakar hampir seluruhnya. Udara yang diberikan semakin meningkat, warna nyala api akan semakin berwarna biru yang dimana merupakan pembakaran *premixed*.

Dapat kita lihat pada Gambar api dengan *equivalence ratio* 17,9 bahwa semua bagian api berwarna biru dan memiliki dua lapis kerucut api, kerucut bagian luar yang menyelimuti kerucut dalam api dengan warna biru dan tipis ini merupakan pembakaran difusi.

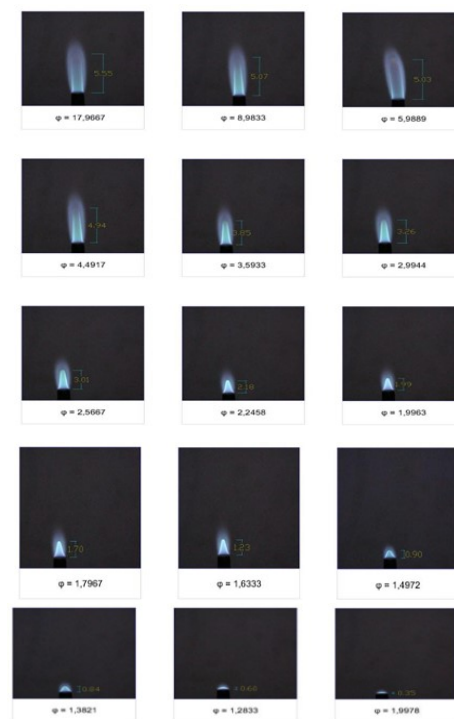
Hal ini terjadi akibat dipengaruhi oleh udara dari sekitar api. Sedangkan kerucut api bagian dalam yang berwarna biru terang merupakan pembakaran *premixed*, ini terjadi akibat pencampuran bahan bakar dan udara yang disuplai dari kompresor.

Penambahan udara sangat mempengaruhi warna nyala api, udara yang diberikan semakin banyak dan seimbang dengan bahan bakar maka api akan cenderung lebih berwarna biru, seperti pada Gambar 6 ( $\phi=1,1978$ ) dengan debit udara 750 ml/min.

Hal ini menunjukkan bahwa proses pembakaran mendekati pembakaran *stoikiometri* dimana bahan dan udara terbakar dengan sempurna. Jika udara yang diberikan melebihi 750 ml/min maka api tidak dapat menyala, karena udara yang diberikan melebihi bahan bakar (tidak seimbang).

*Equivalence ratio* semakin rendah bentuk warna nyala api juga akan berubah, Gambar di atas dari *equivalence ratio* 17,9 bentuk nyala api tinggi dengan sudutnya yang kecil pada *equivalence ratio* 1,19 bentuk nyala api semakin pendek dengan sudutnya yang semakin besar.

Hasil pengukuran tinggi api menggunakan AutoCAD 2015 dari debit udara 50ml/mnt-750ml/mnt. Dari hasil pengukuran tinggi api, dapat dilihat pada Gambar 6 menunjukkan bahwa dari debit udara 50ml/mnt-750ml/mnt tinggi api semakin pendek. Tinggi api dipengaruhi oleh penambahan udara, semakin banyak udara yang disuplai, api cenderung semakin pendek dan sebaliknya apabila udara semakin sedikit tinggi api cenderung semakin tinggi.



Gambar 6. Pengukuran Tinggi Api

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian temperatur api, warna nyala api, dan tinggi api pada pembakaran *premixed bioetanol* dari lontar (*borassus flabellifer*) dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Udara yang diberikan semakin banyak dan seimbang dengan bahan bakar maka temperatur api semakin tinggi dan warna nyala api akan semakin berwarna biru.
- Pada hipotesis awal terbukti bahwa *equivalence ratio* semakin tinggi (17,9667) maka temperatur api akan semakin rendah, warna nyala api tidak stabil, ukuran api semakin tinggi dan sebaliknya apabila *equivalence ratio* semakin kecil (1,1978), maka temperatur api semakin meningkat, warna nyala api semakin biru dan tinggi api semakin pendek

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. Azhar Hanif Fadholi Dan Muhaji. "Uji Karakteristik Nyala Api Dari Bioetanol Kulit Durian (*Durio Zibethinus*)." *JPTM*. Volume 08 Nomor 03 (Tahun 2019): Hal 73-80.
- [2]. Andre Dwiky Kurniawan, Semin, dan Tjoek Suprajitno. "Analisa Penggunaan Bahan Bakar Bioethanol Dari Batang Padi Sebagai Campuran Pada Bensin." *Jurnal Teknik Pomits* Vol. 3, No. 1, ((2014)): 34-38.
- [3]. Ika Kusuma Nugraheni, Robby Haryadi<sup>2</sup>. "Pengujian Emisi Gas Buang Motor Bensin Empat Tak Satu Silinder Menggunakan Campuran Bahan Bakar Premium Dengan Etanol." *Jurnal Elemen* Volume 4 Nomor 1 (Juni 2017): 22-28.
- [4]. Imam Prasetyo, Sarjito, Marwan Effendy. "Analisa Performa Mesin Dan Kadar Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Dengan Memanfaatkan Bioetanol Dari Bahan Baku Singkong Sebagai Bahan Bakar Alternatif Campuran Peralite." *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* Vol. 19, No. 2 (Juli 2018): 43-54.
- [5]. Moh. Arif Batutah. "Distilasi Betingkat Bioetanol Dari Buah Maja (*Aegle Marmelos L.*)." *Jurnal IPTEK* Vol.21 No.2, (Desember 2017): 9-18.
- [6]. Galih Panji Arimba\*, Jasman, Hasanuddin, Syahrul. "Pemurnian Bioetanol Limbah Kulit Nanas Menggunakan Alat Destilasi Sederhana Model Kolom Refluks." *Jurnal Zarah*, Vol. 7 No. 1 ((2019)): 22-28.
- [7]. La Ode M. Abdul Wahid. "Pemanfaatan Bio-ethanol Sebagai Bahan Bakar Kendaraan Berbahan Bakar Premium." *jurnal* (2015): 63-74.
- [8]. I Gede Wiratmaja. "Pengujian Karakteristik Fisika Biogasoline Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Bensin Murni." *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin cakram* Vol. 4 No.2. (Oktober 2010 ): 145-154.
- [9]. Defmit B. N. Riwu<sup>1</sup>, I.N.G.Wardana<sup>2</sup>, Lilis Yuliat<sup>3</sup> "Kecepatan pembakaran Premixed Campuran Minyak Jarak LIQUEFIED PETROLEUM GAS (LPG) Pada CIRCULAR TUBE BURNER." *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol. 17, No.2. 2016.