

## Kajian Pengaruh Pemanasan Awal Terhadap Karakteristik Nyala Api *Laminar Jet Flame* Dan Efisiensi Pembakaran Pada *Gas Stove* Bioetanol

I Made Kartika Dhiputra, Numberi Johni Jonatan

*Flame and Combustion Research Group Laboratory of Thermodynamics*

Fakultas Teknik Universitas Indoensia, Depok. 16424

No.Telp.08128266036, (021) 7270032, No.Fax (021) 7270033

E-mail: [dhiputra\\_made@yahoo.com](mailto:dhiputra_made@yahoo.com), [j\\_numberi@yahoo.com](mailto:j_numberi@yahoo.com),

### Abstrak

Aplikasi pemanfaatan nyala api pembakaran *laminar jet flame* pada kompor gas yang digunakan dalam kehidupan rumah tangga di Indonesia khususnya di Papua masih sangat tinggi, terutama pada daerah-daerah yang masih menggunakan bahan bakar minyak tanah. Kajian Pembakaran *laminar jet flame* khususnya pada penggunaan kompor gas masih banyak hal-hal yang perlu dikaji, karena masih langkanya publikasi maupun literatur tentang karakteristik pembakaran premix udara/bioetanol bertekanan terkait efisiensi termal maupun karakteristik nyala api - *laminar jet flame*. Kajian dalam penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh pemanasan awal / *preheating* terhadap karakteristik nyala api – *laminar jet flame* pembakaran pada *gas stove* dengan bahan bakar bioetanol 60%, khususnya karakteristik struktur nyala api, distribusi temperatur dan efisiensi termal terhadap bilangan laju aliran campuran udara/bioetanol pada bilangan Reynolds rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur api, distribusi temperatur dan efisiensi termal sangat dipengaruhi oleh tingginya suhu pemanasan awal, dimana peningkatan suhu pemanasan awal menyebabkan efisiensi termal meningkat mencapai nilai maksimum tetapi daerah kestabilan nyala api maupun panjang lidah api semakin berkurang. Variasi pemanasan awal dipengaruhi oleh perubahan konsentrasi gas bioetanol sesuai tekanan kompresi udara pada *gas stove* bioetanol.

**Kata Kunci:** *Laminar Jet Flame*, *Gas Stove* Bioetanol, *Preheating*, Karakteristik Nyala Api.

### Pendahuluan

Aplikasi nyala api pembakaran *laminar jet flame* dalam rancangan penelitian ini menggunakan kompor bioetanol, Bahan bakar dengan spesifikasi kadar etanol 60%. pengujian dilakukan dengan menggunakan stove etanol bertekanan etanol. Stove dengan bahan bakar etanol 60% dapat menyala dengan mengeluarkan suara dari burner karena terjadi pembakaran udara dan uap air ikut terbakar di burner. Komponen terpenting dalam pembakaran bioetanol di *gas stove* adalah burner. Burner merupakan titik *flame* bertemunya bahan bakar dan oksigen yang menimbulkan pembakaran sempurna dengan efisiensi pembakaran yang tinggi. Fenomena pembakaran yang terjadi adalah penguapan etanol menjadi gas, sehingga menimbulkan temperature yang tinggi dan efisiensi termal tinggi pada proses pembakaran *gas stove* bioetanol.

Tingkat pemanasan dengan temperature yang tinggi dan proses waktu pembakaran yang cepat, merupakan persyaratan yang penting dalam proses pemanasan awal. Aplikasi pemanfaatan nyala api laminar jet flame dengan bahan bakar bioetanol dalam memperluas jangkauan proses pemanasan menggunakan *gas stove* karena tingginya kecepatan perpindahan panas yang dominan secara konveksi [1]. Teknik pemanasan awal dengan proses pembakaran yang cepat memungkinkan penghematan energy dan peningkatan kualitas nyala api [2]. Selain itu terjadi efisiensi pembakaran *laminar jet flame* pada *gas stove* berbahan bakar bioetanol dengan tujuan untuk meningkatkan laju perpindahan panas secara konveksi. Telah terbukti banyak penelitian *laminar jet flame* pemanasan awal nyala api pada *gas stove* bioetanol sangat dipengaruhi oleh struktur aerodinamis dari api. [1-12]. Jenis api (premix atau difusi), Jarak Burner ke *cooled plate*, kombinasi rasio campuran bahan bakar dan udara serta

bilangan Reynolds merupakan factor yang sangat penting mempengaruhi efisiensi termal [3].

Dalam penelitian ini ditemukan bahwa tekanan distribusi temperature dan kecepatan nyala api *laminar jet flame* pada *reaksizone* pembakaran awal dengan suhu yang tinggi. Hargrave et al [5] memeriksa struktur aerodinamis dari stoikiometri pembakaran nyala api bioetanol dan udara dengan bilangan Reynolds rendah nyala api *laminar jet flame* sepenuhnya terjadi turbulensi. [3,7,15]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan meningkatnya bilangan Reynolds pada zona reaksi pembakaran nyala api akan menjadi lebih panjang, tebal dan menyebar. Hargrave et al. [9]. Diselidiki nyala api *laminar jet flame* pada campuran udara dan bahan bakar bioetanol menimbulkan terjadinya fluks pada panas puncak yang terletak di daerah *reaksizone* karena kecepatan rata-rata maksimal dari suhu api. Reaksi suhu nyala api pembakaran yang tinggi terjadi di daerah *reaksizone*.



Gambar 1. Daerah *reaksizone*.

Variasi bilangan Reynolds rendah yang menghasilkan nyala api premix maupun api difusi pada pusat inti api diatur melalui flow meter pembakaran, jarak *burner* ke *water cooled plat* pembakaran, dan diameter *nozzle* [7]. Hasil pengamatan inti pusat nyala api suhunya rendah mengakibatkan wilayah di titik pelat gas stove mengalami stagnasi lebih dingin dari suhu maksimum terhadap jarak api yang optimal. Jarak api yang optimal adalah sama dengan panjang nyala api dari daerah inti ke daerah potensial pembakaran pada gas stove bioetanol. Jarak pemisahan optimum untuk suhu terendah pada burner memiliki dampak yang signifikan pada suhu panas permukaan api *laminar jet flame* yang dipengaruhi oleh ratio kesetaraan bilangan Reynolds [10-12]. Penelitian pemanasan awal *laminar jet flame* dan efisiensi pembakaran pada *gas stove bioethanol* tentang karakteristik pembakaran dan efisiensi termal

dari *laminar jet flame* nyala api tunggal dan penelitian ini masih sangat terbatas.

Tinggi pemanasan merupakan parameter penting yang mempengaruhi karakteristik nyala api, distribusi temperature dan efisiensi termal. Dalam penelitian ini optimasih pembakaran gas stove bioetanol dianalisis melalui modifikasi ketinggian pemanasan nyala api *gas stove* bioetanol rumah tangga. [3,5,9,11,18]. Dengan tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh pengaruh pemanasan awal ketinggian nyala api terhadap bilangan Reynolds rendah yang digunakan pada *gas stove* bioetanol yang kaya bahan bakar dan miskin udara. Penelitian ini menggunakan bahan bakar bioethanol sebagai sumber bahan bakar pada gas stove rumah tangga karena bahan bakar fosil gas elpiji dan minyak tanah mahal dan sangat susah didapat di daerah Papua yang menjadi objek penelitian. Bilangan Reynolds rendah yang digunakan dalam pembakaran gas stove bioetanol adalah 60-400, yang merupakan aplikasi dari nilai pembakaran awal suhu rendah *burner gas stove* bioetanol [17]. Untuk memperkirakan kinerja *gas stove* bioetanol, efisiensi termal merupakan indicator penting yang harus ditekankan. Peningkatan efisiensi termal gas stove bioetanol akan mengurangi jumlah konsumsi bahan bakar, mengurangi emisi polutan gas buang dirumah atau pembakaran (*clean stove*) ramah lingkungan. Efisiensi termal juga dipengaruhi oleh daerah suhu pembakaran, struktur nyala api, variasi ketinggian pemanasan awal. Oleh karena itu suhu pemanasan awal struktur nyala api harus tinggi. Distribusi temperature dan efisiensi termal untuk bilangan Reynolds rendah yang kaya bahan bakar dan miskin udara. Dalam penelitian ini tinggi pemanasan awal bervariasi dari (H) 4-60 mm (sesuai dengan  $H=d$  0,44-6,67). Di sini d, menunjukkan diameter bagian dalam tabung.

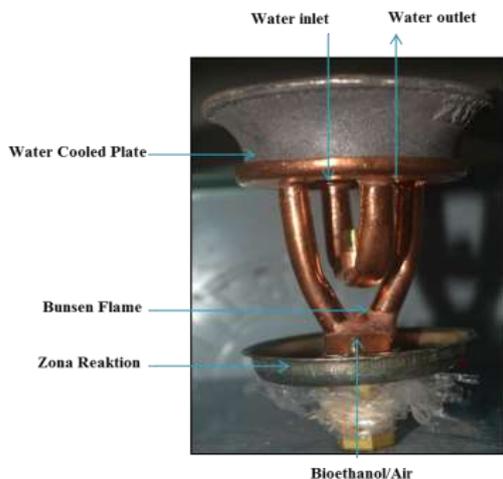
### Eksperimental Set-Up

Gambar. 1 menunjukkan skema dari peralatan eksperimental penelitian Gas Stove bioetanol. Gas stove yang digunakan adalah kompor gas rumah tangga, bahan bakar yang digunakan adalah bioetanol kadar 60%. Bioetanol dan udara secara bersamaan di campur dalam tabung tekanan 3000 mL kemudian

diinjeksikan kedalam pembakaran *Bunsen burner*, yang dikendalikan oleh *flow meter*, dan alat pengukur tekanan. Proses pembakaran *gas stove bioetanol* terjadi secara vertical keatas *water cooled plate* sampai terjadi nyala api secara merata. Penelitian ini dilakukan untuk melihat fenomena struktur awal nyala api, ketinggian nyala api, distribusi temperatur, dan efisiensi termal.



Gambar 2. Eksperimental Penelitian Gas Stove Bioetanol



Gambar 3. Bunsen Burner Eksperimental

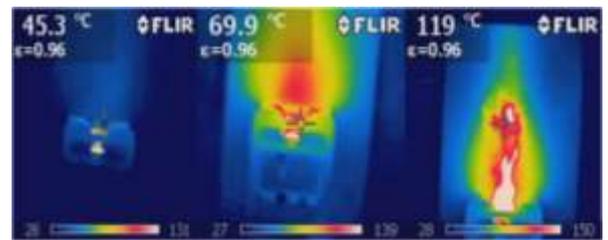
Ketinggian pemanasan awal nyala api *laminar jet flame* didefinisikan sebagai jarak dari pintu keluar burner ke *water cooled plate* pembakara. Dalam pengukuran distribusi temperature, water air-cooled, 10 mm dan 60 mm, digunakan sebagai *bunsen burner*. Efisiensi termal *laminar jet flame* didefinisikan sebagai persentase dari *input* termal yang masuk ke daerah udara pendingin. Oleh karena itu efisiensi termal ( $\eta$ ) dapat ditentukan dengan persamaan 1.

$$\eta = \frac{\dot{M} \times C_p \times \Delta T}{Q \times H_v} \times 100\% \quad 1$$

Dimanah  $\dot{M}$  (kg/s) menunjukkan laju aliran udara,  $C_p$  (kJ/kg) adalah pemanas spesifik udara,  $\Delta T$  adalah perbedaan suhu anatar inlet dan outlet udara pendingin,  $Q$  (m<sup>3</sup>/s) adalah konsumsi bahan bakar bioetanol dan  $H_v$  (kJ/m<sup>3</sup>) nilai pemanasan bioetanol. Distribusi temperature laminar jet flame pada ketinggian nyala api awal pembakaran dapat diukur menggunakan *camera thermal imagine*.



Gambar 4. Pemanasan Awal Nyala Api Gas Stove Bioetanol 60 %

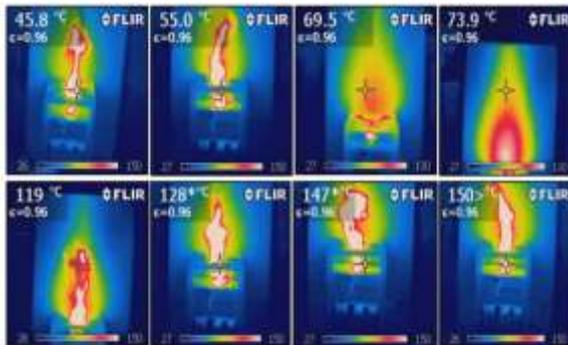


Gambar 5. Distribusi Temperatur Nyala Api Gas Stove Bioetanol 60 %

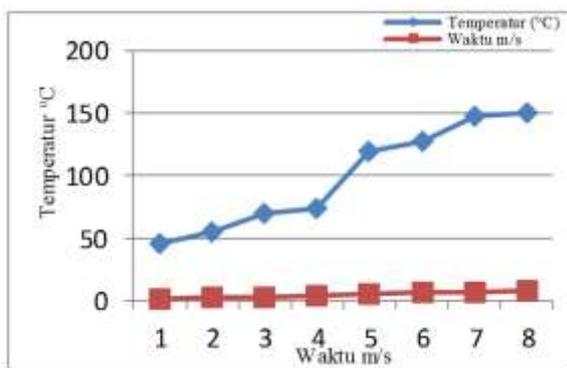
## Hasil dan Diskusi

Penelitian pemanasan awal terhadap efisiensi pembakaran laminar jet flame pada gas stove bioetanol menggunakan Bunsen burner dengan efek pemanasan yang tinggi (H), dari karakteristik pembakaran, struktur nyala api, distribusi temperature dan efisiensi termal. Dalam eksperimen pembakaran nyala api *laminar jet flame* kaya bahan bakar dan miskin udara. Pembakaran bioetanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) pada *burner gas stove* dengan injeksi kecepatan yang diatur pada kran *flow meter* (persentase volumetric Bioetanol). Ketinggian pemanasan (H) yaitu pengukuran tingginya nyala api yang keluar dari Bunsen burner kearah vertical *water inlet* (z) dan *water outlet* (r). Dalam pengukuran distribusi temperature menggunakan *camera thermal imagine* dapat direkam suhu terendah 45°C - 150°C temperature permukaan dari nyala api pada *Bunsen burner gas stove* Bioetanol. Bentuk karakteristik

nyala api dan distribusi temperature dapat diidentifikasi pada gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Karakteristik nyala api *laminar Jet Flame*



Gambar 7. Perbandingan antara Temperatur dan Waktu pemanasan awal *laminar jet flame*

## Kesimpulan

Pengaruh pemanasan awal tingginya nyala api (H) pada karakteristik pembakaran dipengaruhi oleh struktur nyala api, distribusi temperature, dan efisiensi termal, diselidiki menggunakan Bunsen burner pada gas stove bioetanol kaya bahan bakar dan miskin udara. jenis struktur nyala api dengan ketinggian pemanasan yang berbeda di pengaruhi oleh distribusi temperature tergantung pada struktur api, yang disebabkan oleh variasi ketinggian pemanasan awal. Konsentrasi kadar bioetanol dan injeksi kecepatan. Hasil menunjukkan bahwa ketinggian pemanasan optimal burner, ditandai oleh luasan *zonereaktion* temperature yang tinggi dan efisiensi termal tertinggi, walaupun kestabilan nyala api maupun panjang lidah api semakin berkurang.

## Referensi

[1] Viskanta R. *Exp Therm Fluid Sci* 1993; 6:111-34.  
[2] Kilham JK, Purvis MRI. *Combust Sci Technol* 1978; 18:81-90.

[3] I Made Kartika Dhiputra, *Kajian Experimental Flashback flame pada Bunsen burner bahan bakar LPG*; 2012. Yogyakarta.  
[4] Chen, J. X.F. Peng, Z. L. Yang, J Cheng. 2008. *Characteristics of Liquid ethanol diffusion flames from mini tube nozzles*. Tsinghua University, Beijing, China.  
[5] Hargrave GK, Fairweather M, Kilham JK. *Int J Heat Fluida Flow* 1987; 8:55-63.  
[6] Conolly R, Davies RM. *Int J Heat MassTransfer* 1972; 15:2155-72.  
[7] Milson A, Chigier NA. *Combust Flame* 1973; 21:295-305.  
[8] Fairweather M, Kilham JK, Nawaz S. *Int J Heat Fluid Flow* 1984; 5:21-7.  
[9] Hargrave GK, Fairweather M, Kilham JK. *Int J Heat Fluid Flow* 1987; 8:132-8.  
[10] Baukal CE, Gebhart B. *Combust Sci Technol* 1995; 104:339-57.  
[11] Van der Meer TH. *Exp Therm Fluid Sci* 1991; 4:115-26.  
[12] Ashman PJ, Junus R, Stubington JF, Sergent GD. *Combust Sci Technol* 1994; 103:283-98.  
[13] Makikov GK, Lobanov DL, Makikov KY, Lisienko VG, Viskanta R, Fedorov AG. *Int J Heat Mass Transfer* 2001; 44:1751-8.  
[14] Fairweather M, Kilham JK, Mohebi-Ashtiani A. *Combust Sci Technol* 1984; 35:225-38.  
[15] Zhang Y, Bray KNC. *Combust Flame* 1999; 116:671-4.  
[16] Foat T, Yap KP, Zhang Y. *Combust Flame* 2001; 125:839-51.  
[17] Dong LL, Cheung CS, Leung CW. *Int J Heat Mass Transfer* 2002; 8:979-92.  
[18] Moffat RJ. *Exp Therm Fluid Sci* 1988; 1:3-17.