

Karakteristik Pembakaran Premixed dari Campuran FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) dan Solar Murni

Dominggus. G. H. Adoe¹, Piter Talo², Jack Carol Adolf Pah^{3*}, Adi Y. Tobe⁴, Defmit B. N. Riwu⁵
¹⁻⁵) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Jl. Adi Sucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001

*Corresponding author: jack_pah@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan solar murni ke dalam FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) pada proses pembakaran premixed, terhadap perubahan temperatur api dan warna nyala api. Percobaan dilakukan dengan membakar campuran minyak FAME dan minyak solar murni, dengan persentase FAME dan solar murni sebesar 70%:30%, 80%:20%, 90%:10%, dan 95%:5%. Hasil pengujian pembakaran premixed dari campuran ini kemudian diamati warna nyala apinya dengan bantuan camera digital dan temperatur nyala apinya pada 2 titik, yang mana diukur secara langsung dengan menggunakan termokopel. *Equivalence ratio* pada pembakaran ini dihitung untuk semua komposisi campuran FAME dan minyak solar. Dari data hasil penelitian dan analisis, dapat dilihat bahwa semakin kecil *equivalence ratio* maka temperatur api akan meningkat. Hal ini terjadi karena udara yang ditambahkan dalam proses pembakaran tercampur sempurna dengan bahan bakar, sehingga kalor yang dihasilkan semakin besar dan juga temperatur semakin meningkat. Selain itu juga dapat terlihat bahwa temperatur pada titik 1 lebih tinggi dari pada titik 2. Hal ini menunjukkan bahwa titik 1 merupakan zona pembakaran akhir, dimana bahan bakar telah terbakar habis. Warna nyala api juga akan menjadi semakin biru ketika *equivalence ratio* semakin kecil.

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of adding pure diesel fuel into FAME (Fatty Acid Methyl Ester) in the premixed combustion process, on changes in temperature and flame color. The experiment was carried out by burning a mixture of FAME oil and pure diesel oil, with the mixed percentage of FAME and pure diesel fuel are 70%:30%, 80%:20%, 90%:10%, dan 95%:5%. From the analysis that has been done, it can be concluded that the smaller the equivalence ratio, the temperature will increase. This happens because the air added in the combustion process is perfectly mixed with the fuel, so that the heat generated is greater and the temperature also increases. In addition, it can also be seen that the temperature at point 1 is higher than point 2. This indicates that point 1 is the final combustion zone, where the fuel has burned out. The color of the flame will also become bluer when the equivalence ratio is getting smaller.

Keywords: Premixed Combustion, FAME oil and Pure Diesel, Equivalence Ratio, Fire Temperature, Flame Color

PENDAHULUAN

Dari waktu ke waktu kebutuhan manusia akan bahan bakar minyak sebagai salah satu sumber energi semakin meningkat setiap harinya. Beberapa contoh penggunaan bahan bakar minyak dalam kehidupan sehari-hari seperti pada kendaraan, kebutuhan rumah tangga seperti memasak, listrik dan lain sebagainya. Seperti yang diketahui bahwa ketersediaan minyak di alam sekarang ini sudah sangat terbatas sehingga perlu adanya

sumber energi alternatif agar dapat menunjang permintaan energi yang semakin meningkat sekarang ini. Ditinjau dari hal tersebut, ada banyak sekali potensi energi yang dapat dikembangkan dan diperbaharui serta ketersediaannya di alam masih tergolong banyak serta ramah lingkungan. Salah satu contoh yaitu pemanfaatan minyak nabati sebagai pengganti minyak yang sering digunakan pada umumnya.

Pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan bakar alternatif sedang dilakukan oleh

pemerintah Indonesia sekarang ini sebagai langkah awal untuk tidak lagi terlalu bergantung sepenuhnya terhadap bahan bakar fosil dengan cara memanfaatkan salah satu minyak nabati dalam hal ini adalah minyak kelapa sawit sebagai bahan dasar dari FAME (Fatty Acid Methyl Ester). FAME adalah minyak kelapa sawit yang telah melewati proses transesterifikasi [2] yang kemudian dicampurkan dengan solar dengan prosentase FAME 20%, sehingga dari pencampuran tersebut dikenal dengan istilah B20 atau biosolar.

Dalam proses pembakaran terjadi reaksi oksidasi yang sangat cepat antara bahan bakar dan oksidator yang menghasilkan cahaya dan panas [1]. Pembakaran premixed adalah proses pembakaran yang terjadi dimana campuran bahan bakar dan oksigen telah tercampur sebelum dilakukan pembakaran. Kualitas dari pembakaran pada pembakaran premixed dipengaruhi oleh homogenitas dari campuran udara dan bahan bakar [1].

Penelitian tentang pembakaran premixed sudah banyak dilakukan dengan menggunakan bahan bakar konvensional maupun bahan bakar dari minyak nabati seperti penggunaan minyak kelapa murni, minyak jarak pagar dan minyak biji kapuk [3].

Dari proses pembakaran, AFR berpengaruh terhadap *equivalence ratio* yaitu jika $\phi > 1$ maka terdapat kelebihan bahan bakar dan campurannya disebut sebagai campuran kaya bahan bakar (fuel-rich mixture). Sedangkan jika $\phi < 1$ campurannya disebut sebagai campuran miskin bahan bakar (fuel lean mixture) dan jika $\phi = 1$ maka itu merupakan campuran stoikiometrik (pembakaran sempurna). *Equivalence ratio* sendiri mempengaruhi warna api dan temperatur api [4].

Berdasarkan pernyataan di atas maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik dari pembakaran premixed campuran FAME dan solar, dalam hal ini adalah temperatur api dan warna nyala api dengan memperhitungkan *equivalence rationya*.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan minyak FAME dan solar murni yang diproduksi oleh PT. PERTAMINA (PERSERO) Kupang – NTT. Adapun komposisi asam lemak yang terkandung di dalam FAME seperti dapat dilihat pada tabel dibawah ini [2].

Tabel 1. Komposisi asam lemak minyak FAME

Asam Lemak	Rumus Kimia	Prosentase Massa (%)
Asam Miristat	$C_{14}H_{28}O_2$	0,06
Asam Palmitat	$C_{16}H_{32}O_2$	16,04
Asam Stearat	$C_{18}H_{36}O_2$	28,71
Asam Oleat	$C_{18}H_{34}O_2$	43,8
Asam Linoleat	$C_{18}H_{32}O_2$	8,64

Persamaan untuk menghitung $AFR_{stoikiometri}$ adalah:

$$AFR_{stoikiometri} = \frac{M_{udara}}{M_{bahan\ bakar}} \quad (1)$$

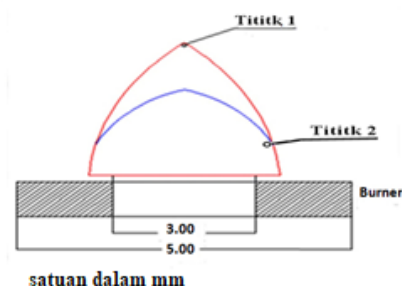
AFR_{Aktual} dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$AFR_{Aktual} = \frac{\rho_{udara} \cdot Q_{udara}}{\rho_{bahan\ bakar} \cdot Q_{bahan\ bakar}} \quad (2)$$

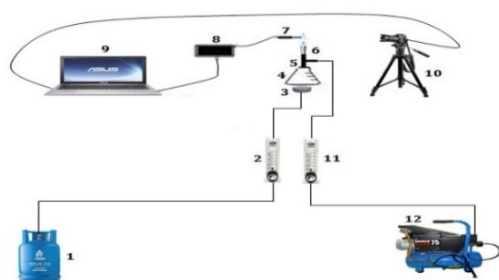
Untuk menghitung *equivalence ratio* digunakan persamaan :

$$\phi = \frac{AFR_{stoikiometri}}{AFR_{Aktual}} \quad (3)$$

Titik pengukuran temperatur nyala api diambil pada 2 titik yaitu pada titik 1 dan 2 seperti pada Gambar 1. Ukuran *burner* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Titik Pengukuran Temperatur Nyala Api



Gambar 2. Skema Alat Penelitian

Keterangan :

1. LPG (*Lequified Petroleum Gas*) 12 Kg
2. *Flowmeter* LPG
3. Pemanas / *Heater*
4. Labu *Erlenmeyer*
5. "T" *Connector*
6. Nosel / *Burner*
7. *Thermocouple*
8. *Thermometer*
9. Komputer
10. Kamera
11. *Flowmeter* Udara
12. Kompresor

Untuk mengukur temperatur pada nyala api digunakan *thermocouple* dengan rentang temperatur pengukuran $-200^{\circ}\text{C} - 1250^{\circ}\text{C}$. Jumlah pengukuran data adalah 3 kali pengukuran untuk 3 variasi sampel untuk masing-masing komposisi bahan bakar.

Massa aliran uap campuran dapat dihitung menggunakan persentase komponen 1 dikali massa uap komponen 1, ditambah persentase komponen 2 dikali massa uap komponen 2.

Skema alat penelitian bisa dilihat pada Gambar 2. Pengambilan data temperatur api dan visualisasi nyala api dimulai dari debit udara 50 ml/min dan dinaikan dengan kelipatan 50 ml/min atau 10 ml/min hingga api mengalami *blow off*. Untuk mengambil visualisasi warna api digunakan kamera Canon EOS 600D, sedangkan untuk penyusunan gambar api digunakan *software AutoCAD 2007*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

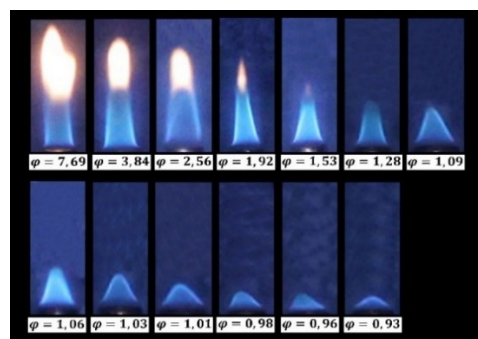
Dari hasil penelitian didapat AFR_{stok} campuran dari campuran FAME dan solar seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. AFR_{Stok} dari Campuran FAME-Minyak Solar

Campuran FAME dan Solar	Massa Aliran Udara Stoikiometri Campuran (g/jam)	Massa Aliran Uap Bahan Bakar (g/jam)	AFR_{stok} campuran
70% + 30%	0,4615	0,03481	13,2576
80% + 20%	0,4311	0,03317	12,9966
90% + 10%	0,4006	0,03153	12,7053
95% + 5%	0,3853	0,03071	12,5464

Dari gambar 2 menunjukkan bahwa api dapat menyala stabil pada debit udara 50 ml/min dengan api dalam keadaan difusi hingga *equivalence ratio* 0,88.

Dari foto visualisasi tersebut dapat dilihat bahwa warna nyala api berwarna biru yang menandakan pembakaran yang terjadi mendekati AFR stoikiometri dimana sebagian besar adalah pembakaran *premixed*.

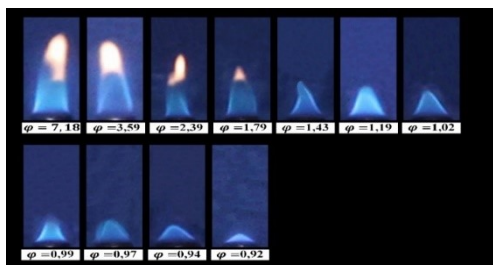


Gambar 2. Visualisasi api pada prosentase campuran FAME 70% dan solar 30%

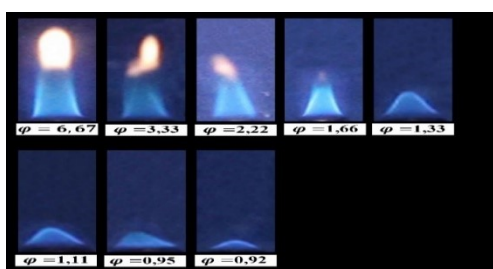
Pada *equivalence ratio* dibawah 1,53 dapat dilihat seluruh api berwarna biru. Warna nyala api tersebut merupakan nyala api *premixed* yang dihasilkan dari pencampuran bahan bakar dan udara yang disuplai dari kompresor. Nilai *equivalence ratio* semakin mendekati 1 dan nyala api yang dihasilkan lebih terang karena pembakaran mendekati kondisi stoikiometri.

Bahan bakar campuran FAME dan solar murni yang terbakar sempurna dengan udara menyebabkan kondisi api mendekati pembakaran stoikiometri, sehingga pembakaran terjadi secara *premixed*. Selain itu dapat dilihat bahwa semakin rendah *equivalence ratio* warna nyala api yang dihasilkan semakin biru.

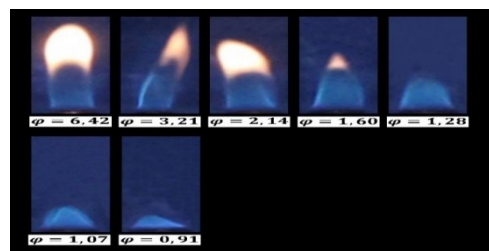
Visualisasi api dengan variasi campuran FAME dan solar dengan prosentase lainnya dapat dilihat pada gambar 3 – 5.



Gambar 3. Visualisasi api pada prosentase campuran FAME 80% dan solar 20%



Gambar 4. Visualisasi api pada prosentase campuran FAME 90% dan solar 10%

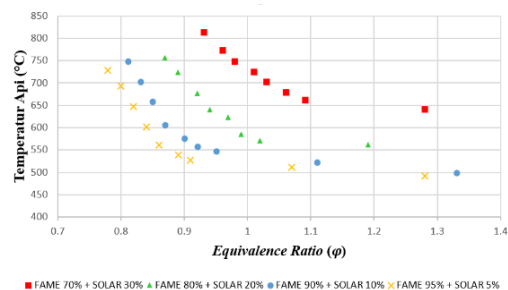


Gambar 5. Campuran FAME 95% dan solar 5%

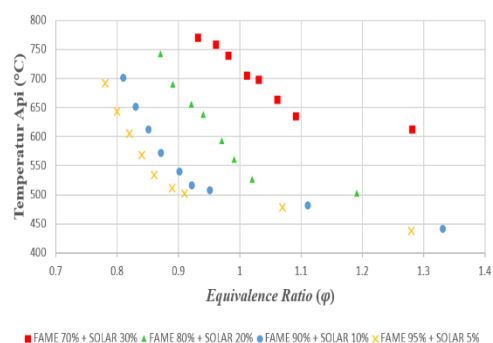
Dari gambar 3–5 terlihat bahwa perbedaan campuran bahan bakar dan juga variasi debit udara yang ditingkatkan berpengaruh pada warna api yang awalnya banyak terdapat warna kuning akan semakin berkurang dan api akan berubah menjadi semakin banyak warna biru. Hal tersebut bisa terjadi karena kondisi pembakaran semakin mendekati pembakaran stoikiometri dan bahan bakar hampir terbakar seluruhnya secara *premixed*.

Dapat dilihat pula bahwa pada *equivalence ratio* ($\varphi > 3$) api dapat menyala stabil. Hal tersebut bisa terjadi dikarenakan dalam perhitungan *equivalence ratio*, udara yang digunakan adalah udara yang disuplai dari kompresor ke dalam *burner* dan udara dari lingkungan diabaikan sehingga nilai *equivalence ratio* yang didapatkan tinggi.

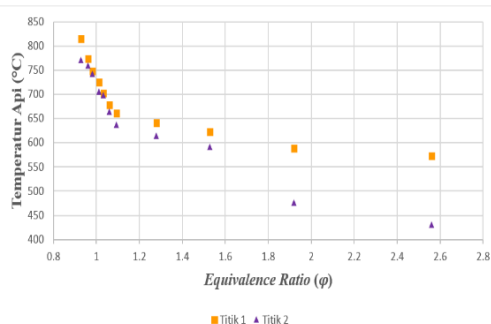
Garafik hubungan Temperatur Nyala Api terhadap *equivalence ratio* seperti pada Gambar 7 dan Gambar 8 berikut:



Gambar 7. Grafik hubungan *equivalence ratio* dengan temperatur api dititik 1 untuk variasi semua campuran FAME dan solar



Gambar 8. Grafik hubungan *equivalence ratio* dengan temperatur api dititik 2 untuk variasi semua campuran FAME dan solar



Gambar 9. Hubungan *equivalence ratio* dengan temperatur api pada prosentase FAME 70% dan solar 30%

Pada Gambar 9 dapat dilihat grafik hubungan *equivalence ratio* dengan temperatur api pada prosentase FAME 70% dan solar 30%. Dari hubungan pada grafik ini dapat diketahui bahwa semakin besar *equivalence ratio* maka temperatur api semakin menurun, sebaliknya jika *equivalence ratio* semakin kecil maka temperatur api semakin meningkat. Hal ini dikarenakan udara yang semakin banyak sehingga mendekati stoikiometri maka bahan bakar yang terbakar semakin banyak menghasilkan kalor yang tinggi dan menyebabkan temperatur meningkat pula.

Temperatur pada titik 1 lebih tinggi dari temperatur pada titik 2 dikarenakan titik 2 merupakan zona reaksi sehingga titik 1 temperaturnya selalu paling tinggi akibat

bahan bakar yang telah terbakar habis seluruhnya.

Prosentase campuran FAME dan solar berpengaruh terhadap temperatur api dikarenakan prosentase dari solar sendiri sangat berpengaruh, sebab semakin besar prosentase solar terhadap FAME maka kalor yang dihasilkan akan semakin besar sehingga temperatur akan meningkat pula.

Temperatur pada ujung api lebih tinggi dari temperatur pada tepi api. Hal ini terjadi karena pada bagian tepi api adalah zona reaksi yang disebabkan perbedaan temperatur produk lebih tinggi dari pada temperatur reaktan sehingga temperaturnya lebih rendah dari pada bagian ujung api. Sedangkan pada bagian ujung api merupakan daerah dimana bahan bakar terbakar seluruhnya sehingga temperatur pada ujung api yang paling tinggi.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian karakteristik pembakaran *premixed* dari campuran FAME (Fatty Acid Methyl Ester) dan solar murni dapat ditarik kesimpulan bahwa :

- Semakin banyak persentase solar dan *equivalence ratio* semakin kecil maka api yang dihasilkan semakin stabil serta warna api semakin biru.
- Variasi campuran FAME dan solar berpengaruh terhadap temperatur api, dimana semakin besar persentase solar terhadap FAME akan menyebabkan semakin tinggi temperatur nyala api.
- Temperatur api pada titik 1 lebih tinggi dari pada titik 2 dikarenakan yang terjadi adalah pada titik 1 bahan bakar telah terbakar seluruhnya. Sedangkan titik 2 adalah zona reaksi dimana temperatur produk lebih tinggi dari pada temperatur reaktan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Wardana, ING, 2008. *Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran*. Malang : PT.

- Danar Wijaya Brawijaya University Press.
- [2]. PT. PERTAMINA (PERSERO), 2014. Bahan Bakar Minyak.
- [3]. Syamsul Bahri La Muhaya, I.N.G. Wardana, Denny Widhiyanuriyawan, 2015. Pembakaran *Premixed* Minyak Nabati pada *Bunsen Burner Type* Silinder. Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
- [4]. Anggara Dharma P, I.N.G. Wardana, Nurkholis Hamidi, 2013. Pengaruh Variasi *Equivalent Ratio* Terhadap Karakteristik Api Pembakaran *Premixed* Minyak Jarak Pada *Burner*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- [5]. Riwu, Defmit B. N, 2016. Kecepatan Pembakaran *Premixed* Campuran Minyak Jarak – *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) Pada *Circular Tube Burner*, Jurnal Rekayasa Mesin Vol. 7, No. 2 Tahun 2016 : 41 – 47.