

Karakteristik Pembakaran Difusi Campuran Biodiesel Minyak Jarak Pagar (*Jathropa Curcas L*) - Etanol/Metanol Pada *Mini Glass Tube*

M. Arsad Al Banjari*, Lilis Yulianti, Achmad As'ad Sonief

Teknik Mesin Universitas Brawijaya Indonesia, MT Haryono, 167 - Malang (65145) – Indonesia

E-mail: arsyad.asoy@gmail.com

Abstract

Diffusion is a combustion which is performed on a diesel engine, biodiesel as a biofuel is used to replace fossil fuels. Many studies have looked at the effect of a mixture of biodiesel fuel-ethanol-methanol-diesel with different percentages in terms of engine performance and exhaust emissions, but have never done research on the characteristics of combustion and interface evaporation. This paper discusses how the comparison of the characteristics of the diffusion combustion mixture of biodiesel and biodiesel-ethanol-methanol in mini glass tube. The results showed that the use of biodiesel-ethanol occurred many explosions flame and lift off than biodiesel-methanol. Biodiesel-ethanol evaporation interfaces tend to be flat because there were many explosions so that the liquid fuel out of the burner. The use of biodiesel-methanol flame produces more stable than biodiesel-ethanol.

Keywords : Biodiesel, diffusion flame, combustion characteristics, interface evaporation.

PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia yang sangat besar terhadap bahan bakar fosil menyebabkan cadangan sumber energi tersebut semakin lama semakin berkurang. Selain itu berdampak buruk pada lingkungan karena dapat menyebabkan polusi udara. Hal ini membuat masyarakat sadar bahwa ketergantungan terhadap bahan bakar fosil harus segera dikurangi. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan adanya bahan bakar alternatif yang mudah didapatkan serta bersifat terbarukan (renewable). Salah satu pengganti bahan bakar konvensional dari minyak bumi adalah minyak nabati. Misalnya minyak kelapa, kemiri, kacang tanah, dan jarak pagar.

Minyak nabati memiliki nilai kalor yang hampir sama dengan bahan bakar konvensional, namun penggunaan langsung sebagai bahan bakar masih menemui kendala karena viskositas jauh lebih besar dibanding minyak diesel, hal ini menghambat proses injeksi dan mengakibatkan pembakaran tidak sempurna [2]. Upaya untuk mengurangi viskositas minyak nabati antara lain dengan cara emulsifikasi, pirolisis, dan transesterifikasi. Transesterifikasi adalah cara yang paling banyak dilakukan karena tidak membutuhkan energi dan suhu yang tinggi. Reaksi ini akan menghasilkan metil atau etil ester. Metil atau etil ester ini memiliki viskositas rendah dan nilai kalor yang mendekati bahan bakar konvensional. Metil ester atau etil ester inilah yang disebut dengan biodiesel.

Alkohol (metanol, etanol, propanol, dan butanol) dapat digunakan sebagai campuran bahan bakar dalam penggunaan mesin diesel atau bensin, dan karakteristik yang dimiliki membuat alkohol dapat dipakai pada mesin-mesin modern saat ini [5]. Penggunaan campuran bahan bakar biodiesel dan alkohol (etanol atau metanol) akan membuat sifat-sifat baru dari gabungan bahan bakar tersebut dalam hal viskositas, nilai kalor, angka cetana, *flash point*, dan densitas yang akan meningkatkan performa penggunaan biodiesel.

Dari beberapa penelitian [5] meneliti tentang karakteristik performa dan emisi gas buang dari sebuah mesin diesel Kubota berbahan bakar campuran biodiesel (85%)-etanol (15%) dan biodiesel (85%)-metanol (15%) dengan *intake air preheat* 30°C dan 85°C. Secara keseluruhan penggunaan biodiesel (100%) dapat mengurangi BSFC (*brake specific fuel consumption*), dengan penambahan etanol dan metanol akan sedikit meningkatkan BSFC karena nilai kalor yang rendah dari alkohol tetapi penambahan alkohol dapat mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan.

Penelitian [1] meneliti tentang karakteristik performa dan emisi gas buang dengan campuran diesel (D)-etanol (E)-biodiesel (B). D70/E20/B10 (Campuran A), D50/E30/B20 (Campuran B), D50/E40/B10 (Campuran C). Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa campuran A dapat beroperasi pada *timing* injeksi 13° BTDC (*before top dead center*) sedangkan campuran B dan C tidak dapat beroperasi. *Timing* mesin dirubah dengan memajukan ke 18° dan 21° dan semua campuran A, B, dan C dapat beroperasi, akan tetapi dampak perubahan *timing* mengakibatkan emisi gas buang NO dan CO meningkat dua kali lipat dari keadaan normal. Penggunaan etanol sebagai campuran bahan bakar tidak melebihi 20% (persentase volume), apabila melebihi maka mesin harus dimodifikasi agar dapat beroperasi.

Penelitian [4] meneliti tentang karakteristik pembakaran api difusi pada tabung mini dengan bahan bakar etanol. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa ketika debit bahan bakar meningkat, lokasi *interface* menjadi tidak stabil dan bahan bakar naik ke mulut tabung, gradien suhu luar tabung juga meningkat, akibatnya api berwarna kuning cerah dan meledak pada mulut tabung sehingga menyebabkan *instability flame*.

Dari penelitian sebelumnya hanya menggunakan bahan bakar etanol pada sebuah tabung mini dengan mengamati penguapan dan nyala api. Juga beberapa penelitian mengenai bahan

bakar campuran biodiesel-etanol dan biodiesel-metanol yang aplikasinya pada mesin diesel *single cylinder* atau *multi cylinder* dengan meneliti performa mesin dan emisi gas buang yang dihasilkan, akan tetapi belum pernah diteliti tentang bagaimana karakteristik pembakaran biodiesel-alkohol (etanol dan metanol) tersebut.

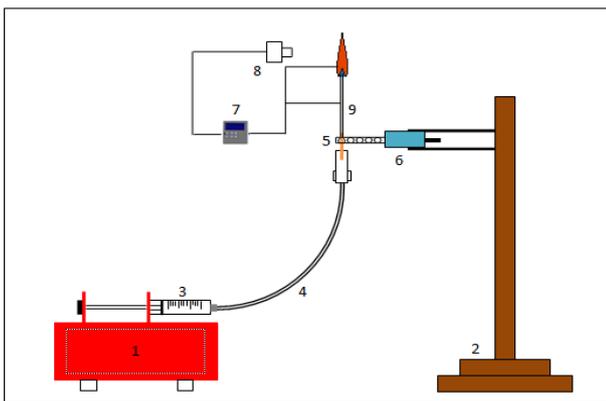
Dengan adanya masalah ini penulis mencoba melakukan penelitian tentang karakteristik pembakaran difusi campuran biodiesel etanol/metanol pada sebuah *mini glass tube* dengan persentase volume biodiesel (80%) dan etanol/metanol (20%) dengan variasi debit bahan bakar yaitu 1,5 ml/hr, 3 ml/hr, dan 4,5 ml/hr.

Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan membandingkan bagaimana karakteristik api dari pembakaran difusi campuran biodiesel (80%)-etanol/metanol (20%) pada sebuah *mini glass tube* dan melihat bagaimana penguapan bahan bakarnya pada tabung *burner* tersebut.

ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

Alat

Dalam pengujian ini, alat yang digunakan digunakan adalah *syringe pump*, *digital thermometer*, gelas ukur, *syringe*, *heater*, dan kamera. Penggunaan *heater* sangat diperlukan dalam penelitian ini agar bahan bakar biodiesel dapat mencapai titik nyala sehingga bisa digunakan pada *mini glass tube* tersebut.



Gambar 1. Instalasi Penelitian

Keterangan:

- 1. *Syringe pump*
- 2. Batang penyangga
- 3. *Syringe*
- 4. Selang bahan bakar
- 5. Tabung tembaga
- 6. *Heater*
- 7. *Digital thermometer*
- 8. Kamera
- 9. *Mini glass tube burner*

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biodiesel minyak jarak pagar, etanol absolut, dan metanol absolut. Berikut hasil pengujian properties bahan bakar yang dilaksanakan di

Laboratorium Motor Bakar Universitas Brawijaya.

Tabel 1. Biodiesel minyak jarak pagar (100%)

No	Karakteristik	Hasil
1	Viskositas (cst)	9,814
2	Titik nyala (°C)	90
3	Nilai kalor (Calori/gram)	9518,137
4	Massa jenis (gr/ml)	0,874

Tabel 2. Biodiesel minyak jarak pagar (80%)-etanol (20%)

No	Karakteristik	Hasil
1	Viskositas (cst)	7,008
2	Titik nyala (°C)	17
3	Nilai kalor (Calori/gram)	9228,845
4	Massa jenis (gr/ml)	0,858

Tabel 3. Biodiesel minyak jarak pagar (80%)-metanol (20%)

No	Karakteristik	Hasil
1	Viskositas (cst)	7,039
2	Titik nyala (°C)	11
3	Nilai kalor (Calori/gram)	9229,245
4	Massa jenis (gr/ml)	0,857

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sebuah *mini glass tube* dengan diameter dalam sebesar 1 mm dan dilakukan variasi debit bahan bakar yaitu sebesar 1,5 ml/hr, 3 ml/hr, dan 4,5 ml/hr. Dengan debit yang berbeda, maka kecepatan bahan bakar pada *burner* pun berbeda pula. Untuk mengetahuinya, dapat dihitung dengan persamaan 1.

$$Q = A \times v \tag{1}$$

Besarnya kecepatan bahan bakar dalam *mini glass tube burner* untuk setiap debit dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Kecepatan bahan bakar pada tiap debit

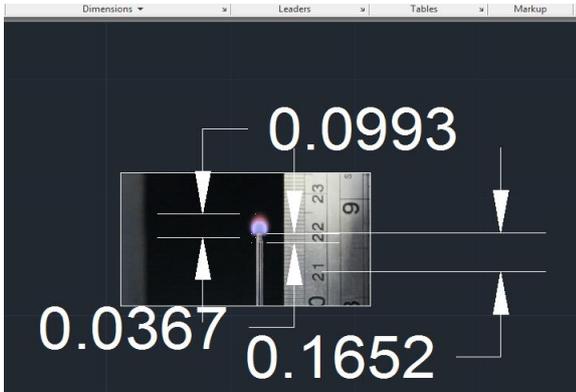
Debit bahan bakar (mL/hr)	Kecepatan bahan bakar (m/detik)
1,5	0.000531
3	0.010615
4,5	0.015924

Penelitian ini menggunakan *burner* dengan diameter 1,57 mm dan panjang 25 mm. Untuk menghitung luasan perpindahan panas dari *burner* ke bahan bakar dapat menggunakan persamaan 2.

$$A = \pi \times d \times t \tag{2}$$

Untuk mengetahui tinggi api dan penguapan

bahan bakar pada *mini glass tube burner*, dilakukan dengan mengambil visualisasi nyala api dan selanjutnya diukur menggunakan bantuan *software AutoCAD 2012*. Hasil rekaman yang sudah dijadikan foto lalu dimasukkan ke *software AutoCAD 2012*, kemudian dari gambar tersebut di tarik garis tegak lurus 1 cm pada penggaris, juga pada tinggi api dan *interface* bahan bakar nya. Cara pengukuran tinggi api dan penguapan bahan bakar terlihat pada gambar 2. Karena adanya perbedaan antara gambar sebenarnya dan teoritis, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:



Gambar 2. Cara pengukuran tinggi api dan jarak *interface* bahan bakar

$$\frac{\text{Tinggi Penggaris Teoritis}}{\text{Tinggi api teoritis}} = \frac{\text{Tinggi penggaris sebenarnya}}{X}$$

$$\frac{0,1652}{0,0993} = \frac{10}{X}$$

$$X = 6,01 \text{ mm}$$

Jadi, tinggi api sebenarnya adalah 6,01 mm. lalu untuk menghitung perbedaan *interface* bahan bakar yaitu:

$$\frac{\text{Tinggi Penggaris Teoritis}}{\text{Tinggi interface bahan bakar}} = \frac{\text{Tinggi penggaris sebenarnya}}{X}$$

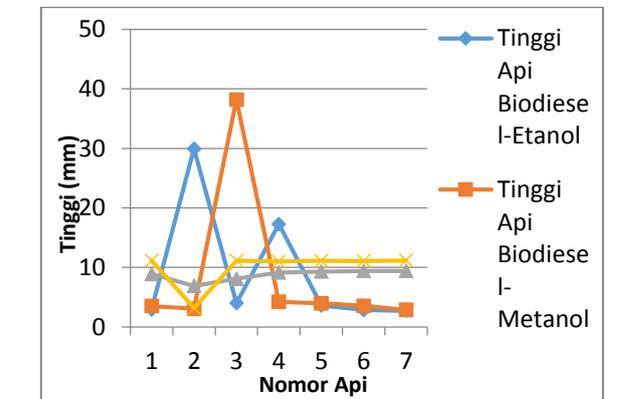
$$\frac{0,1652}{0,0367} = \frac{10}{X}$$

$$X = 2,22 \text{ mm}$$

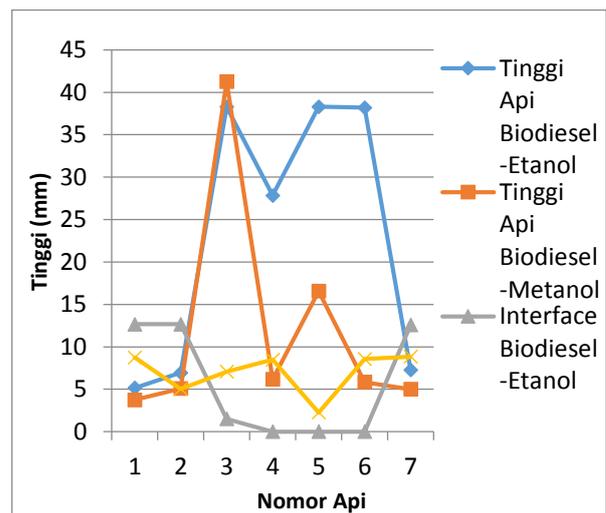
Jadi, perbedaan jarak *interface* bahan bakar sebenarnya adalah 2,22 mm. Untuk pengambilan data dengan perbedaan jarak kamera ke instalasi penelitian, maka perlu dilakukan perhitungan ulang tentang tinggi teoritis, tinggi api sebenarnya, dan *interface* penguapan bahan bakar.

Pada gambar 3 penggunaan campuran bahan bakar biodiesel-etanol dan biodiesel-metanol harus dengan *heater*, *heater* tersebut memiliki temperatur antara 300°C-400°C. Pada debit 1,5 ml/hr ini campuran biodiesel-metanol memiliki api tertinggi pada percobaan 3 yaitu sebesar 38,21 mm, sedangkan biodiesel-etanol memiliki api tertinggi pada percobaan 2 yaitu sebesar 29,95 mm. Penggunaan campuran bahan bakar biodiesel-

metanol memiliki kestabilan api yang lebih baik dibanding biodiesel-etanol, ini terlihat pada semua nomor 1-7 api. *Interface* bahan bakar lebih stabil pada campuran biodiesel-etanol, sedangkan *Interface* campuran biodiesel-metanol drastis turun pada nomor api 2. Untuk temperatur nyala api biodiesel-metanol 850°C lebih rendah dibanding etanol yang memiliki temperatur api 910 °C, temperatur *glass burner* dikisaran 110°C- 130°C. Temperatur *glass burner* meningkat karena pengaruh *heater* yang menyambung ke *glass burner*.



Gambar 3. Grafik perbandingan tinggi api dan *interface* penguapan bahan bakar biodiesel-etanol dan biodiesel metanol dengan debit 1,5 ml/hr

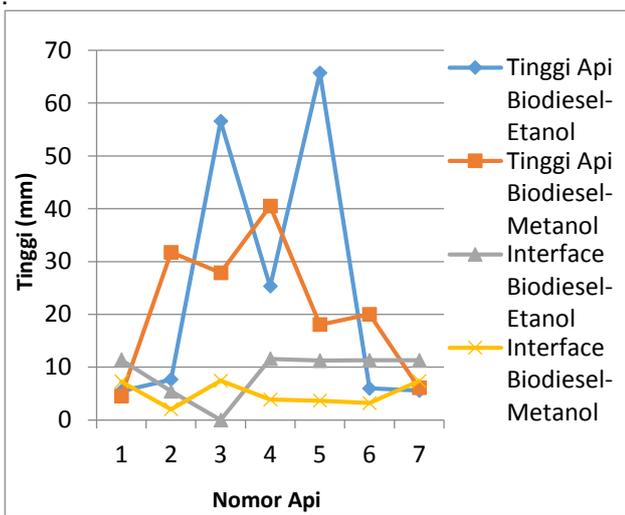


Gambar 4. Grafik perbandingan tinggi api dan *interface* penguapan bahan bakar biodiesel-etanol dan biodiesel metanol dengan debit 3 ml/hr

Pada gambar 4 terlihat nyala api dengan bahan bakar biodiesel-metanol lebih stabil dibanding biodiesel-etanol. Dengan menurunnya jarak *interface* bahan bakar pada tabung kaca atau cairan bahan bakar naik, maka tinggi api pun akan meningkat drastis. Pada penguapan biodiesel-etanol nomor 3-6 bernilai 0 (nol), ini terjadi karena bahan bakar yang masih pada fase cair naik ke tabung kaca dan keluar menyembur ke atas tabung sehingga bahan bakar

tersebut terbakar diatas dan menyebabkan ledakan. Secara keseluruhan, bahan bakar biodiesel-etanol memiliki api yang lebih tinggi dibanding biodiesel-metanol.

Pada gambar 5 sering terjadi ledakan nyala api pada penggunaan bahan bakar biodiesel-etanol. *Interface* penguapan bahan bakar juga bernilai tinggi untuk biodiesel-etanol dibanding biodiesel-metanol. Pada gambar 9-11 sebagai visualisasi nyala api untuk biodiesel-etanol terlihat cairan bahan bakar melompat sangat tinggi sehingga nyala api pada *mini glass tube* berpisah jauh dengan nyala api bahan bakar cair yang keluar. Ketidakstabilan api biodiesel-etanol sering terjadi pada debit 4,5 ml/hr ini, sedangkan pada nyala api biodiesel-metanol memiliki api yang cukup tinggi dan merah, akan tetapi api masih tetap menempel pada ujung burner.



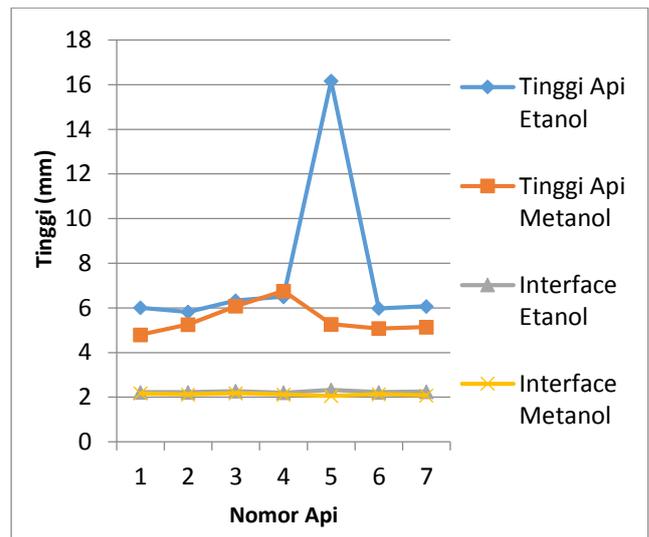
Gambar 5. Grafik perbandingan tinggi api dan *interface* penguapan bahan bakar biodiesel-etanol dan biodiesel metanol dengan debit 4,5 ml/hr

Gambar 9-14 memperlihatkan visualisasi nyala api pembakaran difusi dan *interface* penguapan bahan bakar biodiesel-etanol dan biodiesel-metanol. Terlihat nyala api dan *interface* penggunaan bahan bakar biodiesel-metanol lebih stabil dibanding biodiesel-etanol karena perbedaan properties bahan bakar dari kedua campuran tersebut.

Pada gambar 6 dengan melihat kecenderungan grafik secara umum yaitu jika tinggi api meningkat maka tinggi penguapan bahan bakar pun akan meningkat. Untuk bahan bakar metanol, tinggi api lebih stabil dikisaran 5-7 mm dibanding etanol pada nomor api 5 mengalami kenaikan drastis/ledakan di angka 16 mm. *Interface* tingkat penguapan bahan bakar pun terlihat untuk metanol memiliki angka yang lebih rendah dibanding etanol.

Properties masing-masing bahan bakar untuk viskositas dan *flash point* metanol memiliki angka yang lebih rendah dibanding etanol. Hal ini tentu mempengaruhi nyala api dan penguapan bahan bakar, semakin rendah viskositas dan *flash point* maka nyala api pun cenderung lebih stabil. Untuk

temperatur nyala api metanol lebih rendah dibanding etanol, ini dikarenakan nilai kalor yang rendah pada bahan bakar metanol dan temperatur *glass burner* stabil dikisaran 29°C dan 30°C. Sebagai perbandingan nyala api etanol dan metanol dapat dilihat pada gambar 15-20. Nyala api etanol memiliki warna biru yang lebih cerah dibanding metanol yang memiliki warna api biru kemerahan (lebih pucat). Dengan kondisi perlakuan yang sama, dapat dilihat bahwa nilai kalor suatu bahan bakar akan mempengaruhi warna nyala api, dan kestabilan api pun terlihat pada penggunaan metanol dibanding etanol.

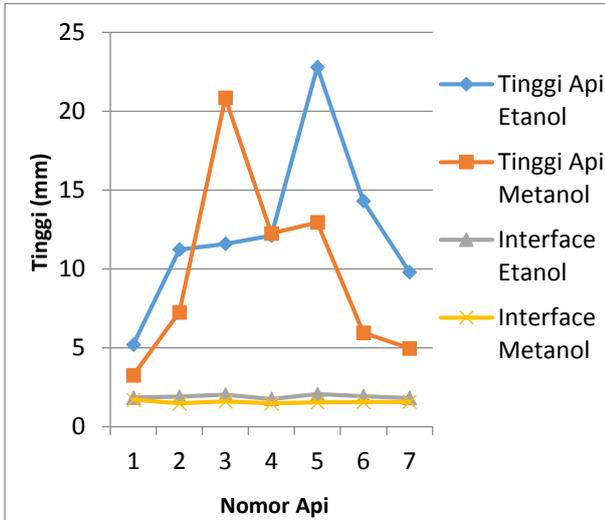


Gambar 6. Grafik perbandingan tinggi api dan *interface* penguapan bahan bakar etanol dan metanol dengan debit 1,5 ml/hr

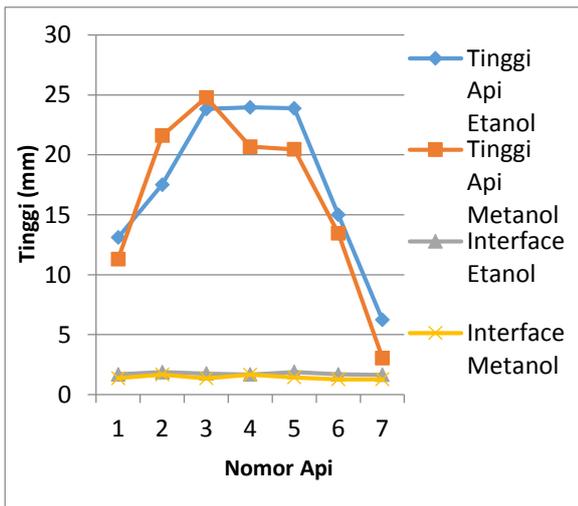
Pada gambar 7 terlihat nyala api pada bahan bakar metanol mengalami kenaikan angka pada 20 mm, akan tetapi etanol secara keseluruhan memiliki api yang jauh lebih tinggi dibanding metanol. Kestabilan api mulai berkurang pada metanol dengan debit 3 ml/hr ini, terlihat pada percobaan nomor api 3. Untuk api tertinggi bernilai 23,31 (etanol) dan 20,84 (metanol), sedangkan api terendah bernilai 5,65 (etanol), dan 3,26 (metanol). *Interface* tingkat penguapan bahan bakar pun masih terlihat untuk metanol memiliki angka yang lebih rendah dibanding etanol. Untuk temperatur nyala api metanol 720°C lebih rendah dibanding etanol yang memiliki temperatur api 760 °C, temperatur *glass burner* masih stabil dikisaran 29°C dan 30°C.

Pada gambar 8 *Interface* tingkat penguapan bahan bakar etanol masih lebih tinggi dibanding metanol. Akan tetapi pada nomor api 2, tinggi api bahan bakar metanol lebih tinggi dibanding etanol. Pada debit 4,5 ml/hr ini bahan bakar etanol dan metanol mulai mengalami kestabilan tinggi api. Untuk temperatur nyala api metanol 770°C lebih rendah dibanding etanol yang memiliki temperatur api 820 °C, temperatur *glass burner* masih stabil dikisaran

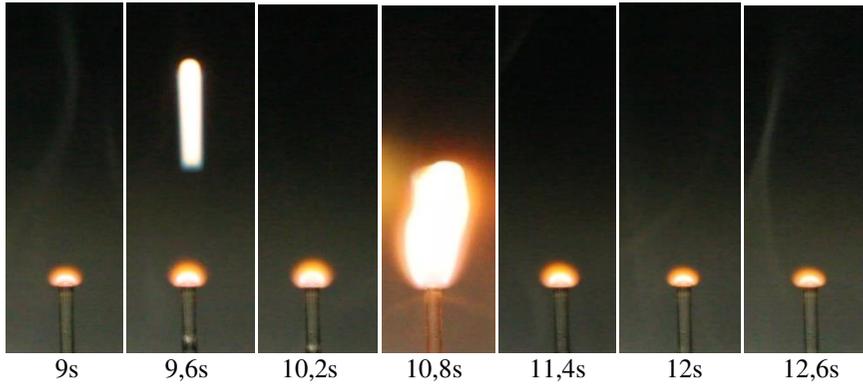
29°C dan 30°C. Visualisasi api etanol dan metanol terdapat pada lampiran 3 dan 6, dimana nyala api etanol masih lebih cerah dibanding metanol yang api nya berwarna kuning gelap. Sedikit bahan bakar metanol menyembur sehingga api melompat ke samping atas dari ujung burner.



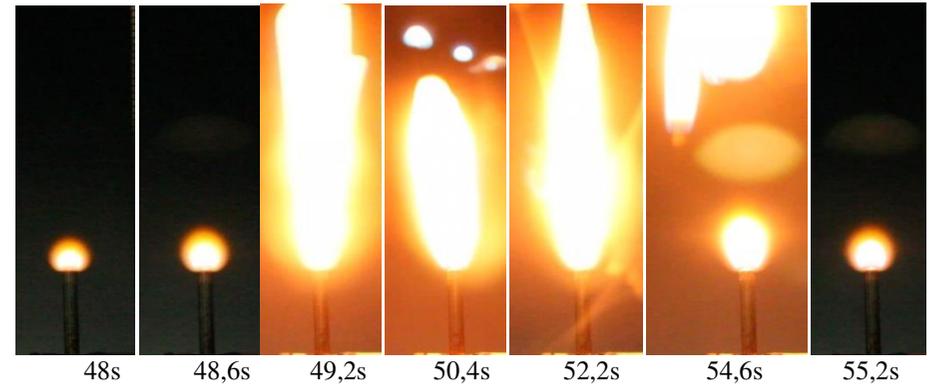
Gambar 7. Grafik perbandingan tinggi api dan *interface* penguapan bahan bakar etanol dan metanol dengan debit 3 ml/hr



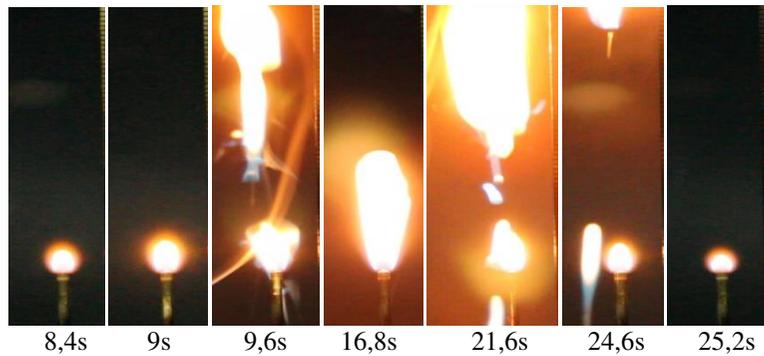
Gambar 8. Grafik perbandingan tinggi api dan *interface* penguapan bahan bakar etanol dan metanol dengan debit 4,5 ml/hr



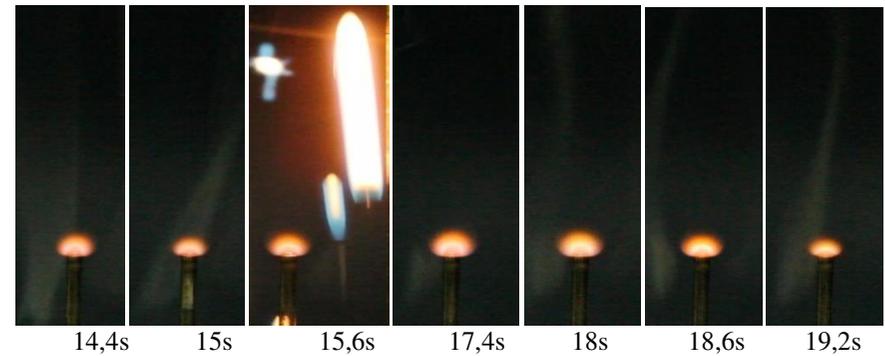
Gambar 9. Nyala api bahan bakar biodiesel-etanol pada *mini glass tube* dengan debit 1,5 ml/hr



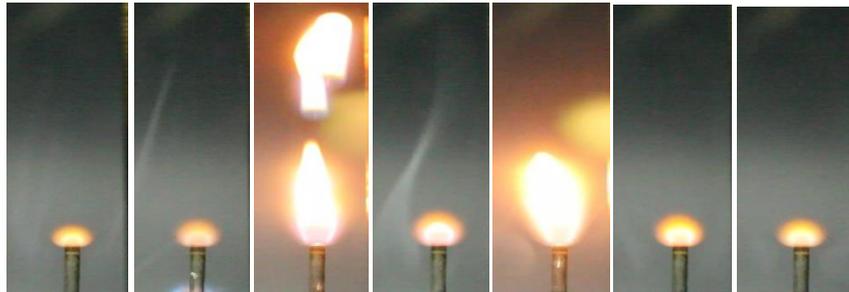
Gambar 10. Nyala api bahan bakar biodiesel-etanol pada *mini glass* dengan debit 3 ml/hr



Gambar 11. Nyala api bahan bakar biodiesel-etanol pada *mini glass tube* dengan debit 4,5 ml/hr



Gambar 12. Nyala api bahan bakar biodiesel-metanol pada *mini glass tube* dengan debit 1,5 ml/hr



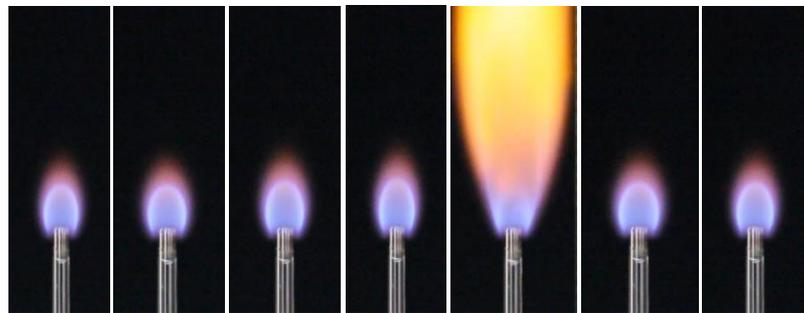
22,2s 22,8s 23,4s 24s 26,4s 27s 27,6s

Gambar 13. Nyala api bahan bakar biodiesel-metanol pada *mini glass tube* dengan debit 3 ml/hr



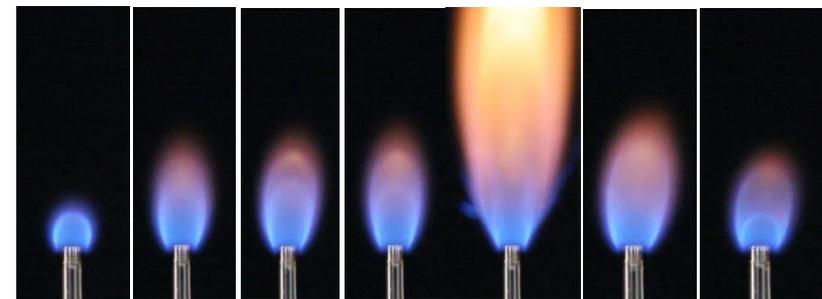
5,4s 6s 6,6s 7,2s 7,8s 9s 9,6s

Gambar 14. Nyala api bahan bakar biodiesel-metanol pada *mini glass tube* dengan debit 4,5 ml/hr



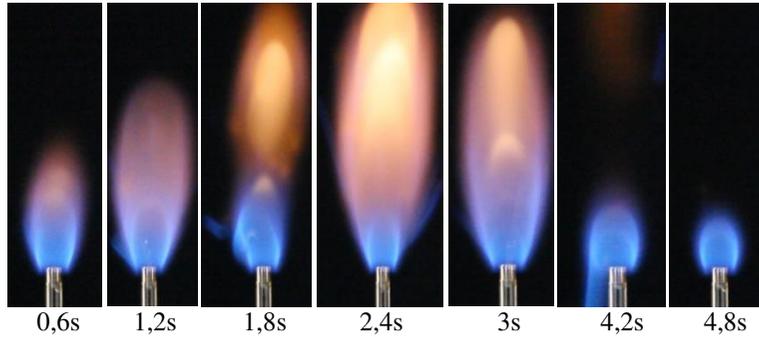
22,8s 24s 24,6s 25,8s 26,4s 27s 27,6s

Gambar 15. Nyala api bahan bakar etanol pada *mini glass tube* dengan debit 1,5 ml/hr

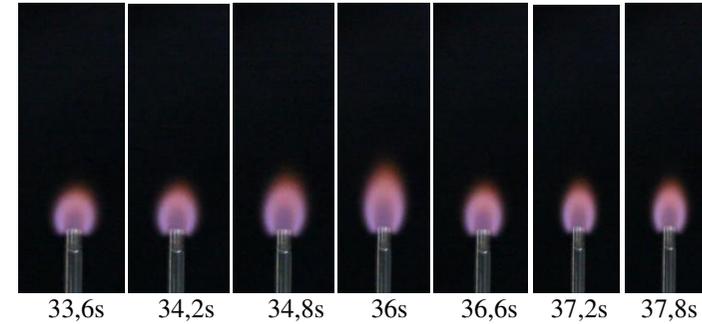


4,8 s 5,4 s 6s 7,8 s 8,4 s 9s 9,6s

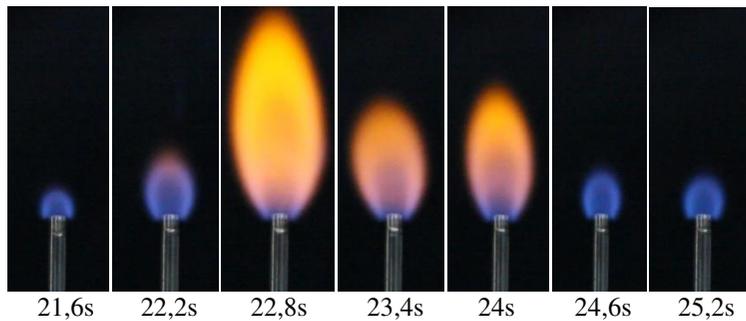
Gambar 16. Nyala api bahan bakar etanol pada *mini glass tube* dengan debit 3 ml/hr



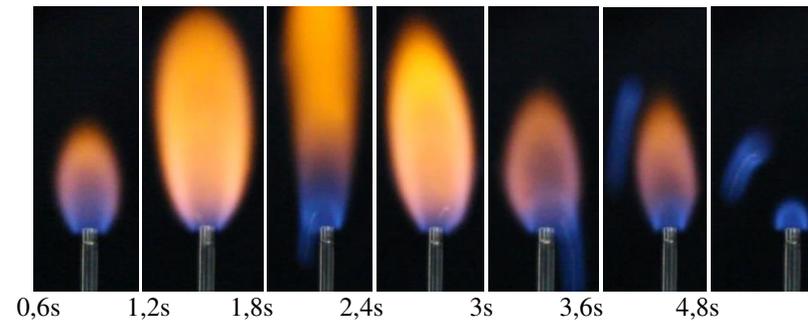
Gambar 17. Nyala api bahan bakar etanol pada *mini glass tube* dengan debit 4,5 ml/hr



Gambar 18. Nyala api bahan bakar metanol pada *mini glass tube* dengan debit 1,5 ml/hr



Gambar 19. Nyala api bahan bakar etanol pada *mini glass tube* dengan debit 3 ml/hr



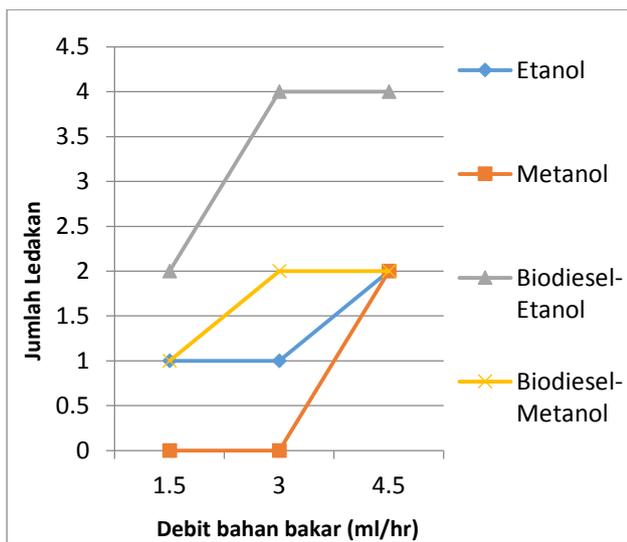
Gambar 20. Nyala api bahan bakar etanol pada *mini glass tube* dengan debit 4,5 ml/hr

Dapat dilihat pada gambar 21 yaitu semakin bertambahnya debit bahan bakar maka kecenderungan ledakan yang terjadi semakin bertambah. Ledakan ditunjukkan dengan perubahan ukuran api secara tiba-tiba dengan perubahan ukuran yang sangat signifikan, baik lebar api maupun tinggi api. Setelah mengalami ledakan ukuran api secara bertahap menjadi kecil kembali. Hal ini terjadi secara berulang-ulang, seperti membentuk sebuah siklus yang periodik.

Disamping itu terlihat bahwa penggunaan bahan bakar baik hanya etanol ataupun biodiesel-etanol memiliki jumlah ledakan nyala api pada *mini glass tube* lebih banyak. Ini terjadi dikarenakan pada properties bahan bakar etanol dan campuran biodiesel-etanol memiliki viskositas dan titik nyala yang tinggi dibanding metanol dan campuran biodiesel-metanol. Maka dari itu sering kali terjadi nya cairan bahan bakar naik pada *mini glass tube* dan mengakibatkan ledakan. Yang membuat nyala api menjadi tidak stabil.

Tabel 5. Data hasil perhitungan ledakan

No	Debit (ml/hr)	Ledakan			
		Etanol	Metanol	Biodiesel-Etanol	Biodiesel-Metanol
1	1,5	1	0	2	1
2	3	1	0	4	2
3	4,5	2	2	4	2



Gambar 21. Hubungan variasi debit bahan bakar pada *mini glass tube* terhadap ledakan

KESIMPULAN

Kestabilan api dengan bahan bakar biodiesel-metanol jauh lebih baik dibanding biodiesel-etanol. Ini dikarenakan viskositas dan *flash point* yang lebih tinggi menyebabkan banyaknya kuantitas bahan bakar cair yang naik ke *mini glass tube* dan menyebabkan api kehilangan kestabilan.

Semakin jauh *interface* jarak penguapan bahan bakar pada *mini glass tube*, maka nyala api dapat berlangsung lebih stabil dan apabila semakin dekat jarak *interface* penguapan bahan bakar api menjadi tidak stabil dan bahan bakar kemungkinan bisa keluar dari mulut tabung.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Dattatray Bapu Hulwan, Satishchandra V. Joshi. 2011. *Performance, emission and combustion characteristic of a multicylinder DI diesel engine running on diesel-ethanol-biodiesel blends of high ethanol content.* ScienceDirect Journal. 5042-5055.

[2] Djajeng Sumangat, Tatang Hidayat. 2008. *Karakteristik Metil Ester Minyak Jarak Pagar Hasil Proses Transesterifikasi Satu Dan Dua Tahap*; Institut Pertanian Bogor, Bogor.

[3] H. Tse, C.W. Leung, C.S. Cheung. 2014. *Investigation On The Combustion Characteristics And Particulate Emissions From A Diesel Engine Fueled With Diesel-Biodiesel-Ethanol Blends.* ScienceDirect Journal 343-350.

[4] J. Chen, X.F. Peng, Z.L. Yang, J. Cheng. 2008. *Characteristics Of Liquid Ethanol Diffusion Flames From Mini Tube Nozzles.* ScienceDirect Journal. 460-466.

[5] Nadir Yilmaz. 2011. *Performance and emission characteristics of a diesel engine fuelled with biodiesel-ethanol and biodiesel-methanol blends at elevated air temperatures.* ScienceDirect Journal. 440-443.