

Pengaruh komposisi etanol sebagai zat aditif pada *Sterculia Foetida Methil Ester* terhadap pembakaran difusi

Dani Hari Tunggal Prasetyo^{1*}, Djoko Wahyudi²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Panca Marga
Jl. Yos Sudarso 107, Pabean, Dringu, Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia

*Corresponding author: dani.hari59@gmail.com

Abstract

*The amount of fossil energy reserves, especially fuel oil, which is dwindling, is the main focus for finding alternative energy sources. One of the most popular renewable energies today is biodiesel. Biodiesel can be obtained from free fatty acids from plants. One type of plant that can produce biodiesel as a raw material is kepuh (*Sterculia foetida*). The kepuh plant produces crude oil through fruit seeds which can be processed into biodiesel. However, biodiesel has a high viscosity value that affects the combustion reaction. Therefore we need an additive, namely ethanol to accelerate the combustion reaction. This study aims to determine the effect of the composition of ethanol in biodiesel on the characteristics of diffusion combustion. The research method used is the combustion diffusion test. The variables used in this study were the composition of biodiesel and ethanol. The composition of ethanol is 0%, 5%, 10%, 20%, 30%. The test results produce data that ethanol has an effect on the rate of diffusion of combustion and flame height. The combustion rate increases with the addition of ethanol and the flame height decreases with the addition of ethanol.*

Keywords: Biodiesel, Ethanol, Diffusion Combustion, Combustion Rate, Flame Height.

Abstrak

Jumlah cadangan energi fosil khususnya bahan bakar minyak yang semakin menipis menjadi fokus utama untuk mencari sumber energi alternatif. Salah satu sumber energi alternatif yang populer saat ini adalah bahan bakar biodiesel. Biodiesel dapat diperoleh dari asam lemak bebas tumbuh-tumbuhan. Salah satu jenis tanaman yang dapat menghasilkan bahan baku biodiesel adalah tanaman kepuh (*sterculia foetida*). Tanaman kepuh menghasilkan minyak mentah melalui biji buah yang dapat diolah menjadi biodiesel. Namun, biodiesel memiliki nilai viskositas yang tinggi sehingga mempengaruhi reaksi pembakaran. Oleh karena itu diperlukan zat aditif yaitu etanol untuk mempercepat reaksi pembakaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi etanol pada biodiesel terhadap karakteristik pembakaran difusi. Metode penelitian yang digunakan adalah pengujian pembakaran difusi. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah komposisi biodiesel dan etanol. Konsentrasi etanol yang digunakan sebesar 0%, 5%, 10%, 20%, 30%. Hasil pengujian menghasilkan data bahwa etanol memberikan efek pada laju pembakaran difusi dan tinggi api. Laju pembakaran meningkat seiring dengan penambahan etanol sedangkan tinggi api menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi etanol.

Kata kunci: Biodiesel, Etanol, Pembakaran Difusi, Laju Pembakaran, Tinggi Api.

Pendahuluan

Upaya untuk mencari solusi terhadap ketergantungan pada bahan bakar fosil menjadi fokus utama saat ini. Hal ini dikarenakan konsumsi masyarakat terhadap energi fosil yang semakin meningkat [1].

Meningkatnya konsumsi energi fosil menyebabkan krisis energi baik di tingkat global maupun nasional. Oleh karena itu diperlukan langkah strategis untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil [2,3]. Langkah strategis tersebut dapat

dilakukan dengan cara mengganti energi fosil dengan energi alternatif [4].

Salah satu jenis energi alternatif adalah biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar nabati yang dapat digunakan pada mesin diesel sebagai bahan bakar [5]. Biodiesel berwujud ester metil asam lemak atau biasa disebut *fatty acid methyl ester* (FAME) [6]. Biodiesel dapat diperoleh dari lemak tumbuhan atau lemak hewan melalui metode esterifikasi dan transesterifikasi. Biodiesel berwujud cair sama halnya dengan bahan bakar minyak yang berasal dari energi fosil. Indonesia kaya akan sumber daya alam flora (tumbuh-tumbuhan) [7]. Berbagai jenis tanaman dapat tumbuh di Indonesia. Salah satu tanaman yang tumbuh di Indonesia dan dapat digunakan sebagai biodiesel adalah tanaman kepuh [8].

Tanaman kepuh (*sterculia foetida*) merupakan salah satu jenis tumbuhan yang banyak tumbuh di pulau Jawa dan Sumatra [9]. Biasanya pohon kepuh banyak tumbuh di area pemukiman. Pohon kepuh menghasilkan buah sedangkan biji pada buah dapat menghasilkan minyak. Minyak kepuh ini lah yang dapat dijadikan sebagai bahan baku sebagai biodiesel. Biodiesel kepuh merupakan salah satu dari beberapa jenis biodiesel yang berasal dari jenis-jenis tumbuh-tumbuhan yang terdapat di Indonesia [10].

Tanaman kepuh merupakan salah satu jenis tumbuhan yang tumbuh di Indonesia dan pada saat ini masih belum dimanfaatkan secara optimal. Hal ini dikarenakan jumlah populasi tanaman kepuh masih belum banyak jika dibandingkan dengan jumlah tanaman sawit yang tumbuh di Indonesia. Selain itu, pohon kepuh lebih dominan dimanfaatkan pada kayunya saja sebagai bahan *furniture* [8,11]. Namun, beberapa penelitian biodiesel kepuh telah digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Hasil pengujian biodiesel sebagai bahan bakar adalah biodiesel kepuh dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel.

Penelitian pembakaran *premixed* biodiesel telah dilakukan. Salah satu pengujian pembakaran *premixed* yang

pernah dilakukan adalah penggunaan bahan bakar biodiesel kepuh sebagai tambahan bahan bakar diesel. Hasil pengujian menghasilkan data bahwa penambahan bahan bakar biodiesel kepuh dengan konsentrasi sebesar 10% menghasilkan nilai laju pembakaran yang hampir sama dengan laju pembakaran bahan bakar diesel murni (tanpa campuran) [12]. Namun, diperlukan metode pengujian pembakaran yang lain. Salah satu metode pembakaran tersebut adalah metode pembakaran difusi disertai dengan penambahan etanol. Selain sebagai upaya untuk menghemat energi fosil. Penambahan etanol perlu dilakukan agar dapat diketahui pengaruh etanol terhadap karakteristik pembakaran difusi.

Etanol memiliki wujud cair, mudah menguap, mudah terbakar, tidak berwarna, dan merupakan alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Etanol dapat digunakan sebagai campuran bahan bakar [13]. Hal ini dapat diketahui melalui pengujian performa mesin diesel yang dilakukan oleh Rima dkk, (2021). Etanol ditambahkan sebesar 10% pada bahan bakar diesel. Hasil penelitian didapatkan data peningkatan performa mesin serta penurunan emisi gas buang [14]. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan etanol sebesar 10% dapat meningkatkan nilai torsi dan daya. Selain itu, dapat menurunkan emisi gas buang seperti CO dan HC. Jika dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar diesel murni (tanpa campuran).

Etanol memiliki kandungan oksigen sehingga menyebabkan reaksi pembakaran lebih sempurna. Kemampuan bahan bakar untuk menguap disebut *Volatility*. Jika bahan bakar sulit menguap maka bahan bakar sulit bercampur dengan udara saat terjadinya reaksi pembakaran. *Volatility* etanol yang tinggi menyebabkan dapat digunakan untuk kompresi mesin yang lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan sifat pembakaran pada mesin diesel. Mesin diesel membutuhkan kompresi yang tinggi pada ruang bakar sehingga mesin diesel dapat bekerja dengan optimal. Oleh karena itu,

etanol cocok digunakan sebagai tambahan atau zat aditif pada bahan bakar diesel [15].

Pengujian pembakaran *premixed* dan pengujian performa mesin serta emisi gas buang dengan menambahkan etanol pada bahan bakar diesel telah dilakukan. Namun, diperlukan metode pengujian lain sebagai tambahan informasi pengaruh etanol pada pembakaran. Salah satu metode pengujian tersebut adalah metode pembakaran difusi dengan memvariasikan konsentrasi etanol. Metode pengujian pembakaran difusi yang akan dilakukan dapat memberikan informasi mengenai komposisi etanol yang tepat sebagai tambahan pada bahan bakar diesel.

Berdasarkan informasi dan latar belakang yang telah diuraikan, maka dilakukan penelitian tentang pengaruh konsentrasi etanol sebagai tambahan bahan bakar biodiesel kepuh. Media pengujian pembakaran menggunakan *bunsen burner* tipe silinder terbuka. Hasil penelitian pembakaran difusi dapat memberikan informasi tentang pengaruh konsentrasi etanol terhadap karakteristik pembakaran difusi.

Tinjauan Pustaka

Biodiesel merupakan salah satu jenis bahan bakar terbarukan. Biodiesel berasal asam lemak rantai panjang sebagai ester monoalkil. Biodiesel dapat diperoleh dari lemak nabati maupun hewan. Biodiesel memiliki kandungan oksigen kisaran 10% hingga 20% jika dibandingkan minyak diesel yang berasal dari fosil [16]. Salah satu bahan baku biodiesel dapat diperoleh dari minyak biji kepuh yang diperoleh dari proses pengepresan pada biji buah kepuh.

Tanaman kepuh (*sterculia foetida*) banyak tumbuh di daerah tropis. Di Indonesia pohon kepuh banyak di temui di pulau Jawa, Sumatra dan Sulawesi. Pohon kepuh memiliki banyak manfaat, mulai dari kayu, daun dan buahnya. Buah kepuh menghasilkan biji kepuh. Biji kepuh ini lah yang dapat menghasilkan minyak sebagai bahan baku biodiesel [17].

Etanol merupakan kelompok alkohol [18]. Etanol merupakan senyawa yang

mengandung karbon (C), hidrogen (H) dan oksigen (O) [19]. Pada ilmu kimia etanol disebut dengan etil alkohol. Etanol memiliki persamaan kimia CH_3OH . Sifat etanol memiliki wujud tidak berwarna, mudah terbakar selain itu etanol dapat digunakan sebagai campuran bahan bakar alternatif.

Metode Penelitian

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimental. Hal pertama yang dipersiapkan adalah mempersiapkan sampel biodiesel kepuh. Biodiesel kepuh di proses melalui metode esterifikasi dan transesterifikasi. Hal ini dilakukan karena biodiesel kepuh memiliki asam lemak bebas lebih dari 2%. Setelah biodiesel telah dipersiapkan maka langkah selanjutnya adalah mempersiapkan komposisi bahan bakar yang akan diuji pembakarannya. Komposisi bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi bahan bakar

Bahan Bakar	Komposisi Bahan Bakar
B100 E0	Biodiesel 100%
B95 E05	Biodiesel 95% E5%
B90 E10	Biodiesel 90% E10%
B80 E20	Biodiesel 80% E20%
B70 E30	Biodiesel 70% E30%

Setelah selesai ditentukan komposisi bahan bakar. Langkah selanjutnya adalah menentukan karakteristik bahan bakar. Bahan bakar yang di uji karakteristiknya digunakan untuk pengujian pembakaran difusi. Karakteristik bahan bakar pada tiap-tiap komposisi dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Karakteristik Bahan Bakar

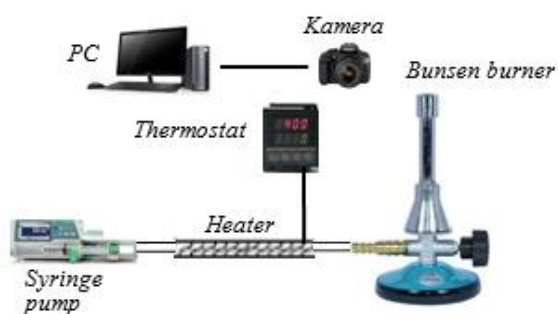
Komposisi Bahan Bakar	Viskositas (cSt)	Densitas (gram/ml)	Nilai Kalor (Cal/gram)
B100 E0	3,1	0,840	11.100
B95 E5	3	0,833	11.320
B90 E10	2,8	0,826	11.570
B80 E20	2,7	0,821	11.890
B70 E30	2,5	0,818	12.110

Untuk melakukan pencampuran bahan bakar agar sesuai dengan komposisi maka dilakukan dengan cara pengadukan. Pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Pengadukan dilakukan selama 10 menit dengan suhu 40°C. Setelah diaduk maka dilakukan penurunan suhu hingga suhu sesuai dengan temperature lingkungan. Gambar pengadukan bahan bakar dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses pengadukan bahan bakar

Setelah proses pencampuran biodiesel dengan etanol selesai. Maka langkah selanjutnya adalah melakukan persiapan alat pengujian bahan bakar. Media pengujian bahan bakar menggunakan *bunsen burner* dengan tipe silinder terbuka. Dimensi *bunsen burner* memiliki diameter luar 14 mm dan diameter dalam 12 mm sedangkan tinggi *bunsen burner* 140 mm. Skema pengujian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengujian pembakaran difusi

Pada Gambar 2 diperlihatkan alur pengujian pembakaran. Pengujian pembakaran dimulai dengan mengatur debit bahan bakar yang akan digunakan. Debit bahan bakar yang digunakan adalah sebesar 5 ml per menit. Laju bahan bakar diatur dengan menggunakan *syringe pump*.

Setelah pengaturan debit bahan bakar maka langkah selanjutnya adalah melakukan langkah pengujian pembakaran difusi. Pengujian diawali dengan memanaskan pipa *heater* dengan suhu 185°C. Suhu dijaga agar tetap konstan dengan menggunakan *thermostat*. Kemudian bahan bakar dialirkan menuju pipa *heater* agar terjadi konversi fluida dari cair menjadi gas. Fluida gas di alirkan menuju *bunsen burner* kemudian dipantikkan api. Reaksi pembakaran menghasilkan api pada ujung *bunsen burner*. Api yang dihasilkan direkam dengan menggunakan kamera. Setelah selesai proses perekaman dilanjutkan dengan menyimpan data untuk dilakukan analisa. Analisa dilakukan dengan cara menghitung laju pembakaran dan tinggi api yang dihasilkan. Untuk menghitung laju pembakaran persamaan yang digunakan adalah persamaan (1).

$$SL = V \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

Keterangan :

SL : Laju pembakaran (cm/s)

V : Kecepatan reaktan (cm/s)

α : Sudut api ($^{\circ}$)

Kecepatan reaktan bahan bakar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2) sebagai berikut.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

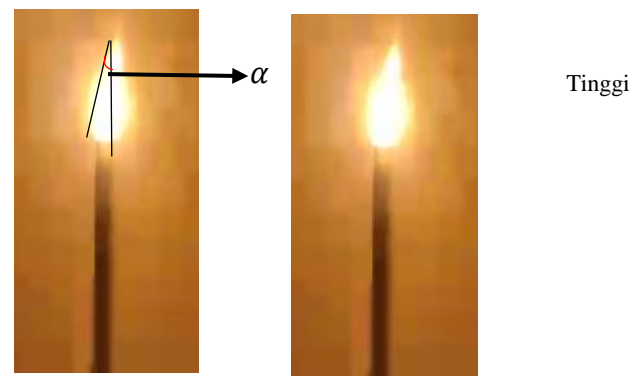
Keterangan :

V : Kecepatan reaktan (cm/s)

Q : Debit bahan bakar (ml/s)

A : Luas penampang *bunsen burner* (cm²)

Sedangkan untuk menghitung sudut dan tinggi api ditunjukkan pada Gambar 3.



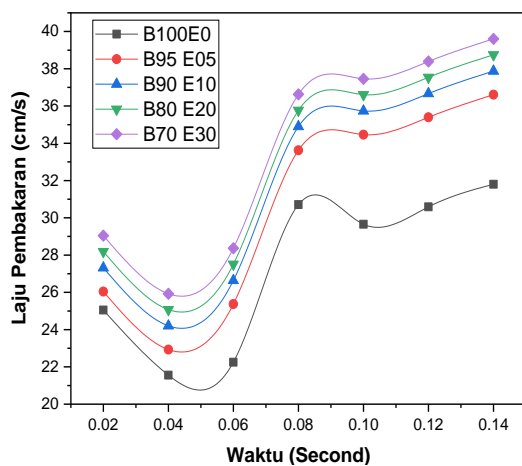
Gambar 3. (a) Pengukuran sudut api (b) Pengukuran tinggi api

Hasil dan Pembahasan

Parameter yang digunakan pada pengujian karakteristik biodiesel dengan penambahan etanol adalah laju pembakaran dan tinggi api. Hasil pengujian dapat diamati pada subbab laju pembakaran dan tinggi api sebagai berikut.

1. Laju pembakaran

Laju pembakaran diperoleh dari hasil perkalian antara sudut api yang dihasilkan dengan kecepatan reaktan bahan bakar. Pengujian laju pembakaran difusi biodiesel kepuh dengan penambahan etanol menghasilkan data yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan komposisi bahan bakar terhadap laju pembakaran (cm/s).

Hasil pengujian laju pembakaran difusi pada Gambar 4 menunjukkan terdapat pengaruh konsentrasi etanol terhadap nilai laju pembakaran. Laju pembakaran tertinggi terdapat pada komposisi B70E30 dibandingkan dengan komposisi bahan bakar yang lain. Laju pembakaran B70E30 menghasilkan laju pembakaran sebesar 39,60 cm/s pada waktu 0,14 detik. Sedangkan laju pembakaran terendah pada komposisi B100E0 dengan laju pembakaran 31,08 cm/s pada waktu yang sama. Laju pembakaran mengalami peningkatan setiap penambahan etanol. Laju pembakaran dipengaruhi oleh dimensi api. Dimensi api tersebut berupa sudut api yang dihasilkan. Dimensi api dipengaruhi oleh konsentrasi etanol. Hal ini dikarenakan terjadi

microexplosion. *Microexplosion* menyebabkan bahan bakar lebih cepat terbakar. Lebih mudah terbakarnya bahan bakar disebabkan oleh nilai *flash point* yang terkandung pada etanol yang lebih rendah dibandingkan dengan *flash point* biodiesel. *Flash point* yang rendah menyebabkan etanol lebih mudah terbakar terlebih dahulu [15]. Oleh karena itu, laju pembakaran pada konsentrasi etanol yang tinggi menimbulkan laju reaksi pembakaran yang tinggi.

Laju pembakaran maksimum yang dihasilkan dengan data hasil pengujian yang dapat diamati pada Gambar 4 menunjukkan bahwa campuran biodiesel dengan etanol menghasilkan pembakaran maksimum. Hal ini dikarenakan, penambahan etanol dapat meningkatkan nilai kalor sehingga mempercepat penguapan campuran bahan bakar. Selain itu, penambahan etanol pada bahan bakar dapat meningkatkan kadar oksigen sehingga menghasilkan reaksi pembakaran sempurna. Pembakaran sempurna hidrokarbon terjadi dengan oksigen yang cukup untuk menghasilkan uap air dan karbon dioksida.

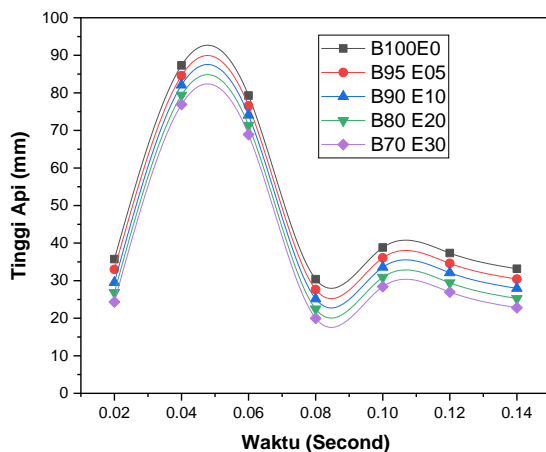
Pada proses awal pembakaran, diperlukan sejumlah energi untuk memisahkan atom hidrogen dan karbon dari molekul hidrokarbon serta atom oksigen. Atom oksigen memiliki keelektronegatifan paling besar, sehingga atom karbon dan hidrogen berikatan lebih kuat dengan atom oksigen membentuk molekul uap air (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2). Pada komposisi B100E0 hasil pengujian menunjukkan laju pembakaran terendah pada semua variasi pengujian. Laju pembakaran merupakan kemampuan bahan bakar mengubah bahan bakar menjadi bentuk energi. Persamaan yang digunakan adalah kecepatan reaktan (V) dikalikan dengan sin sudut alfa api (α) sesuai dengan Persamaan (1). Selain nilai kalor yang tinggi pada komposisi bahan bakar B70E30. Peningkatan laju pembakaran dipengaruhi oleh efisiensi termal yang tinggi saat terjadi reaksi pembakaran.

Pada Gambar 4 dapat diamati penurunan laju pembakaran difusi saat

konsentrasi etanol yang rendah. Komposisi bahan bakar B100E0 memiliki nilai laju pembakaran terendah dibandingkan dengan variasi komposisi bahan bakar yang lain. Nilai laju pembakaran menurun seiring berkurangnya konsentrasi etanol. Hal ini terjadi karena viskositas dan densitas yang tinggi. Dapat diamati pada Tabel 2, nilai densitas dan viskositas terus menurun seiring bertambahnya konsentrasi etanol. Sedangkan komposisi bahan bakar B100E0 tidak terdapat tambahan etanol dan memiliki nilai viskositas dan densitas yang tinggi jika dibandingkan dengan komposisi bahan bakar yang lain. Viskositas dan densitas yang tinggi menyebabkan sulit terjadinya reaksi pembakaran. Hal ini dikarenakan, partikel banyak terjadi gesekan dengan partikel lainnya sehingga sulit terurai sehingga menghambat laju reaksi pembakaran [19–21].

2. Tinggi api

Pengaruh komposisi bahan bakar mempengaruhi nilai tinggi api. Nilai tinggi api berbeda-beda pada setiap komposisi bahan bakar. Hasil pengujian dapat diamati pada Gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 5. Hubungan komposisi bahan bakar terhadap tinggi api (mm).

Pada Gambar 5 dapat diamati nilai tinggi api saat proses terjadinya pembakaran difusi. Nilai tinggi api meningkat dengan berkurangnya konsentrasi etanol. Nilai tinggi api tertinggi terdapat pada komposisi B100E0 sedangkan terendah pada komposisi B70E30. Nilai tertinggi terdapat pada waktu ke 0.04 detik dengan nilai 87,31

mm sedangkan nilai terendah terdapat dengan waktu yang sama pada waktu ke 0.04 detik dengan nilai 76,917 mm. Tinggi api meningkat ketika terjadi ledakan pada semua variasi komposisi bahan bakar. Hal ini dikarenakan nilai tinggi api meningkat dengan berkurangnya konsentrasi etanol. Selain itu, meningkatnya nilai tinggi pada nyala api terjadi karena volume bahan bakar meningkat saat terjadi reaksi pembakaran namun tidak diikuti dengan meningkatnya volume oksidator.

Menurunnya volume oksidator saat reaksi pembakaran dikarenakan proses oksidasi saat pembakaran difusi bercampur secara alami tanpa percampuran secara mekanik [20]. Proses oksidasi dipengaruhi oleh jumlah oksigen yang terkandung pada saat reaksi pembakaran. Saat terjadi pemanasan pada etanol, atom oksigen sulit bereaksi dengan atom karbon dan hidrogen, sehingga menyebabkan reaksi pembakaran semakin lambat sedangkan nyala api akan semakin meningkat [23]. Saat pembakaran difusi dengan konsentrasi minim etanol terjadi oksidasi yang menurun. Hal ini disebabkan konsentrasi etanol yang rendah, sehingga kadar oksigen turut rendah. Etanol dapat meningkatkan kadar oksigen pada saat reaksi pembakaran. Hal ini menunjukkan reaksi pembakaran yang terjadi tidak sempurna. Karena kekurangan etanol sebagai zat aditif atau sebagai penyedia oksigen [15].

Selain penurunan konsentrasi etanol, meningkatnya nilai tinggi nyala api dipengaruhi oleh viskositas dan densitas bahan bakar. Dapat diamati nilai viskositas dan densitas bahan bakar pada Tabel 2. Nilai viskositas yang besar menyebabkan tinggi nyala api cenderung meningkat dikarenakan bahan bakar tidak bereaksi secara menyeluruh sehingga bahan bakar terdorong keluar pada ujung *bunsen burner*. Bahan bakar yang terdorong keluar pada *bunsen burner* menyebabkan terjadinya pembakaran disekitar *bunsen burner* sehingga tinggi nyala api semakin meningkat [21]. Nilai kalor yang rendah pada komposisi bahan bakar turut

mempengaruhi nilai tinggi api. Semakin rendah nilai kalor maka tinggi api cenderung meningkat. Hal ini dikarenakan energi thermal yang terkandung pada bahan bakar rendah. Rendahnya energi thermal menyebabkan bahan bakar sulit terurai. Sehingga partikel-partikel saling bergesekan dan memperlambat reaksi pembakaran. Nilai kalor turut mempengaruhi nilai tinggi api. Semakin rendah nilai kalor maka nilai tinggi api semakin meningkat. Nilai kalor mempengaruhi jumlah energi yang dilepaskan saat proses pembakaran. Rendahnya nilai kalor mengindikasikan pembakaran menjauhi dari sempurna. Oleh karena itu, nilai kalor yang rendah menyebabkan nilai tinggi api semakin meningkat. Nilai kalor dapat diamati pada Tabel 2 [8, 20, 22].

Kesimpulan

Hasil pengujian pengaruh komposisi etanol sebagai zat aditif pada biodiesel menghasilkan nilai laju pembakaran difusi dan tinggi api. Hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa laju pembakaran difusi tertinggi terdapat pada komposisi bahan bakar B70E30 sedangkan laju pembakaran terendah pada komposisi B100E0. Etanol mempengaruhi laju pembakaran difusi. Semakin besar komposisi etanol maka laju pembakaran semakin meningkat. Hal ini dikarenakan etanol dapat menghasilkan panas yang optimal sehingga mempercepat penguapan campuran bahan bakar. Tinggi api tertinggi terdapat pada komposisi bahan bakar B100E0 sedangkan nilai terendah tinggi api terdapat pada komposisi B70E30. Nilai tinggi api berbanding terbalik dengan nilai laju pembakaran. Meningkatnya nilai tinggi api disebabkan berkurangnya konsentrasi etanol pada biodiesel. Berkurangnya etanol menyebabkan sulit terjadi reaksi pembakaran. Hal ini dikarenakan volume oksidator saat reaksi pembakaran berkurang. Pembakaran difusi merupakan pembakaran secara alami antara bahan bakar dengan udara dilingkungan sehingga suplai oksidator tidak dapat ditentukan saat pengujian.

Referensi

- [1] M. Arsad Al Banjari, L. Yuliati, and A. As'ad Sonief, 'Karakteristik Pembakaran Difusi Campuran Biodiesel Minyak Jarak Pagar (*Jathropa Curcas L*) - Etanol/Metanol Pada Mini Glass Tube', *J. Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 85–93, 2015, doi: 10.21776/ub.jrm.2015.006.01.12.
- [2] Y. Effendi and S. Syaiful, 'Uji daya mesin diesel dengan hot EGR menggunakan bahan bakar campuran biosolar, metanol kadar rendah, dan *jatropha*', *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 153–161, 2020, doi: 10.24127/trb.v8i2.1030.
- [3] D. H. T. Prasetyo, D. Wahyudi, and A. Muhammad, 'The Effect of Biogas Purification Process Using Calcium Oxide-Based Sorbents on the Diffusion Flame Combustion Characteristics (Pengaruh Proses Pemurnian Biogas Menggunakan Kalsium Oksida Terhadap Karakteristik Pembakaran Api Difusi)', vol. 4, no. 3, 2021.
- [4] S. Bakhri, D. Wahyudi, and A. Muhammad, 'Uji karakteristik nyala api pembakaran premix bioetanol dari ampas tebu', *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 2, pp. 209–215, 2021, doi: 10.24127/trb.v10i2.1694.
- [5] M. N. Sasongko, 'Pengaruh Prosentase Minyak Goreng Bekas Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet Biodiesel', *FLYWHEEL J. Tek. Mesin Untirta*, vol. IV, no. Volume IV Nomor 2, Oktober 2018, pp. 8–13, 2018, [Online]. Available: <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jwl/article/view/3656>.
- [6] H. H. Bachtiar, B. A. Fachri, and N. Ilminnafik, 'Flame characteristics of diffusion of *calophyllum inophyllum* methyl ester on mini glass tube', *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, vol. 57, no. 1, pp. 40–47, 2019.
- [7] Wahyono and R. Anis, 'Pembuatan Alat Produksi Gas Hidrogen Dan

- Oksigen Tipe', *J. Tek. Energi*, vol. 12, no. 1, 2016, [Online]. Available: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/eksergi/article/view/283/251%0Ahttps://jurnal.polines.ac.id/index.php/eksergi/article/view/283>.
- [8] D. H. T. Prasetyo, N. Ilminnafik, and S. Junus, 'The Flame Characteristics of Diesel Fuel Blend with Kepuh (*Sterculia Foetida*) Biodiesel', *J. Mech. Eng. Sci. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 70–80, 2019, doi: 10.17977/um016v3i22019p070.
- [9] A. Maryanti, *Press Budidaya (Sterculia foetida Linn)*, vol. 1. 2014.
- [10] O. By, R. Sudradjat, D. Hendra, and D. Setiawan, 'DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI (Transesterification Process for Manufacturing Kepuh Seed Biodiesel)', pp. 145–155, 2010.
- [11] N. Imamah, S. N. Ilmiah, and Slamet Ifandi, 'Jurnal Matematika & Sains', vol. 2, no. 1, pp. 181–188, 2022.
- [12] U. S. Dharma, E. Nugroho, and M. Fatkuahman, 'Analisa Kinerja Mesin Diesel Berbahan Bakar', *J. Tek. Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, vol. 7, no. 1, pp. 1–10, 2018.
- [13] I. M. Mara, I. M. A. Sayoga, I. M. Nuarsa, I. B. Alit, and K. Wiratama, 'Analisis unjuk kerja motor bensin 4 langkah 1 silinder 100 cc berbahan bakar etanol', *Din. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 1, p. 10, 2020, doi: 10.29303/dtm.v10i1.300.
- [14] R. Z. K. Nisak and S. junus Nasrul Ilminnafik, 'Performance and Emissions of Mixed Ethanol-Biodiesel *Calophyllum Inophyllum* Fueled Diesel Engine', *Int. J. Emerg. Trends Eng. Res.*, vol. 9, no. 8, pp. 1124–1128, 2021, doi: 10.30534/ijeter/2021/16982021.
- [15] S. Hartanto, 'Pemanfaatan Bioaditif Serai Wangi-Etanol Pada Kendaraan Roda Dua Berbahan Bakar Peralite', *J. Tek. Mesin ITI*, vol. 3, no. 2, p. 35, 2019, doi: 10.31543/jtm.v3i2.264.
- [16] L. Y. Ibrahim Ahmad Ibadurrohman, Nurkholis Hamid, 'V12 n2', no. November 2020, pp. 315–323, 2021.
- [17] N. L. S. Midel Delfi Wehelmina Ndolu*, Ni Luh Arpiwi and Program, 'Journal of Biological Sciences.', *J. Ecol.*, vol. 48, no. 3, p. 752, 1960, doi: 10.2307/2257356.
- [18] T. F. Mulia, 'Kaji Eksperimental Pengaruh Subtitusi Etanol Pada Biosolar B20 Terhadap Kinerja Mesin Diesel', *J. Tek. Mesin Univ. Riau*, pp. 1–5, 2019.
- [19] J. Artikel, T. Mesin, S. Tinggi, and T. Warga, 'Pengaruh Penambahan Etanol Di Bahan Bakar', vol. 6, no. 2, pp. 45–52.
- [20] D. B. N. Riwu, I. N. G. Wardana, and L. Yulianti, 'Kecepatan Pembakaran Premixed Campuran Minyak Jarak - Liquefied Petroleum Gas (LPG) Pada Circular Tube Burner', vol. 7, no. 2, pp. 41–47, 2016.
- [21] H. H. Bachtiar, B. A. Fachri, and N. Ilminnafik, 'Mekanik dan Ilmu Thermal Api Karakteristik Difusi *Calophyllum inophyllum* Methyl Ester pada Mini Kaca Tabung', vol. 1, pp. 40–47, 2019.
- [22] G. Soebiyakto, D. U. Effendy, U. W. Malang, K. Malang, U. W. Malang, and K. Malang, 'Studi Simulasi Karakteristik Nyala Api Pembakaran Difusi', no. Ciastech, pp. 453–460, 2020.
- [23] Arwin, L. Yulianti, and A. S. Widodo, 'Karakteristik Pembakaran Droplet Campuran Bahan Bakar Bensin-Etanol', *Semin. Nas. Inov. dan Apl. Teknol. Ind. 2019*, pp. 291–296, 2019.
- [24] I. Arnif and D. Budianto, 'Studi Eksperimental Penyalaan Biodiesel pada Burner Simulator Skala Kecil', *Prosiding*, vol. XVIII, pp. 9–10, 2019.