

## UJI KARAKTERISTIK PEMBAKARAN PREMIXED PADA METHYL ESTER SCHLEICHERA OLEOSA SEBAGAI CAMPURAN BAHAN BAKAR DIESEL

Djoko Wahyudi<sup>1</sup>, Dani Hari Tunggal Prasetyo<sup>2</sup>  
e-mail :djokowahyudi@gmail.com, dani.hari59@gmail.com  
<sup>1,2</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik  
Universitas Panca Marga, Indonesia

### ABSTRAK

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang dikembangkan saat ini. Biodiesel dapat digunakan secara langsung pada mesin kendaraan tanpa harus memodifikasi terlebih dahulu. Namun, sebelum digunakan diperlukan pengujian terlebih dahulu, salah satunya dengan uji karakteristik pembakaran *premixed*. Pengujian pembakaran *premixed* dilakukan dengan memvariasikan komposisi bahan bakar dan ekivalen ratio. Biodiesel yang digunakan sebagai campuran bersumber dari minyak kesambi (*schleichera oleosa*). Komposisi bahan bakar terdiri dari B0, B90K10, B80K20 dan B70K30 dengan ekivalen ratio 0,8, 1 dan 1,2. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *bunsen burner* untuk pengamatan secara visual. Hasil pengujian menghasilkan data laju pembakaran laminar tertinggi pada komposisi bahan bakar B90K10 pada ekivalen ratio 0,8, 1 dan 1,2 masing-masing sebesar 25,136 cm/s, 27,973 cm/s dan 24,641 cm/s. Sedangkan nilai laju pembakaran laminar terendah terdapat pada komposisi bahan bakar B70K30 dengan nilai berturut-turut pada ekivalen ratio 0,8, 1 dan 1,2 sebesar 21,786 cm/s, 22,431 cm/s dan 20,186 cm/s. Hal ini menunjukkan bahwa nilai laju pembakaran laminar dan tinggi api dipengaruhi oleh ekivalen ratio serta komposisi bahan bakar.

**Kata kunci:** Biodiesel, Komposisi Bahan Bakar, Ekivalen Ratio, Tinggi Api,

### PENDAHULUAN

Sektor ketahanan energi menjadi faktor strategis dalam pertumbuhan ekonomi. Salah satu kebijakan pemerintah dalam hal mewujudkan ketahanan energi dilakukan dengan cara penggunaan energi terbarukan. Pemerintah menargetkan dapat terwujudnya penggunaan energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 (Komite Nasional Keuangan Syariah, 2018). Salah satu kebijakan pemerintah dalam hal penggunaan energi terbarukan adalah pencampuran bahan bakar nabati dengan bahan bakar fosil jenis solar. Kebijakan tersebut diwujudkan pada tahun 2020 dengan komposisi penyampuran sebesar 7:3 (solar : minyak nabati) atau yang biasa disebut B30 (Direktorat Bioenergi, Dirjen EB, 2020).

Biodiesel merupakan jenis bahan bakar nabati yang dapat digunakan pada motor bakar dengan jenis mesin diesel. Biodiesel merupakan salah satu jenis bahan bakar terbarukan, ramah lingkungan dan bersumber dari bahan yang dapat diperbarui (R. A. Putri et al., 2018). Selain itu, penggunaan biodiesel dapat digunakan secara langsung pada kendaraan jenis mesin diesel tanpa harus memodifikasi mesin terlebih dahulu. Indonesia kaya pada sumber daya alam flora. Sumber daya alam flora yang tumbuh di Indonesia dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel. Salah satu jenis tanaman tersebut adalah tanaman kesambi.

Tanaman kesambi memiliki nama latin *Schleichera Oleosa*, tumbuh dan berkembang di Indonesia (Hanifah, 2020). Kesambi dapat hidup di daerah tropis dan berkembang di pulau Jawa, Bali, Sulawesi dan Maluku (Prasetyo, 2020). Kesambi dapat tumbuh pada ketinggian 500 mdpl (meter di atas permukaan laut). Kesambi memiliki buah dan di dalam buah terdapat biji. Biji kesambi mengandung minyak jika dilakukan proses pengepresan. Menurut (Sudrajat et al., 2010) biji kesambi memiliki kandungan minyak sebesar 70%. Kandungan minyak pada biji kesambi dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel.

Minyak kesambi sebelum digunakan sebagai bahan bakar pada mesin kendaraan diesel terlebih dahulu harus dilakukan pengolahan. Pengolahan minyak kesambi menjadi biodiesel terdiri dari proses degumming, esterifikasi, dan transesterifikasi (Kharis et al., 2019). Proses degumming dilakukan untuk menghilangkan kotoran / getah yang terkandung pada minyak kesambi (F. D. Putri et al., 2021). Esterifikasi dilakukan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas atau *free fatty acid* (FFA) (Oko & Irmawati, 2018). Diketahui minyak kesambi memiliki asam lemak bebas lebih dari 5%, oleh karena itu proses pembuatan biodiesel yang memiliki FFA lebih dari 5% harus diturunkan terlebih dahulu kandungan asam lemak bebasnya dengan cara proses esterifikasi. Proses

transesterifikasi merupakan reaksi antara trigliserin dengan alkohol sehingga terbentuk ester dan gliserol (Ristianingsih et al., 2016). Biodiesel yang telah diproduksi perlu dilakukan pengujian, salah satu proses pengujian tersebut dapat dilakukan dengan pengujian pembakaran eksternal. Salah satu proses pembakaran eksternal yang dilakukan adalah pembakaran *premixed*.

Pembakaran *premixed* merupakan proses reaksi pembakaran antara udara dan bahan bakar yang bercampur terlebih dahulu sebelum terjadi proses pembakaran (Wirawan et al., 2014). Pengujian pembakaran *premixed* pernah dilakukan oleh (Prasetyo et al., 2019) dengan menggunakan bahan bakar biosolar dan biodiesel kepuh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ekivalen ratio 0,8 menghasilkan laju pembakaran laminar tertinggi. (Pambudi et al., 2021) melakukan pengujian pembakaran *premixed* dengan bahan bakar biodiesel nyamplung ditambah dengan katalis  $Al_2O_3$ . Hasil pengujian menunjukkan pembakaran tertinggi pada ekivalen ratio 0,83. Kemudian (Nisak & Nasrul Ilminnafik, 2021) melakukan penelitian penambahan biodiesel kepuh pada bahan bakar petrodiesel. Hasil pengujian menunjukkan penyampuran bahan bakar biodiesel dengan bahan bakar petrodiesel menghasilkan penurunan kadar hidrokarbon (HC). Dari beberapa penelitian yang pernah dilakukan, perlu dilakukan pengujian bahan bakar alternatif lain. Salah satu bahan bakar alternatif tersebut adalah bahan bakar biodiesel dari minyak kesambi.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka pengujian yang akan dilakukan adalah uji karakteristik pembakaran *premixed* dengan menggunakan bahan bakar dexlite dengan menambahkan biodiesel kesambi. Hasil pengujian adalah karakteristik laju pembakaran laminar dan tinggi api untuk dilakukan analisis.

**METODE PENELITIAN**

Pengujian dilakukan dengan metode eksperimental. Pengujian dilakukan dengan pengamatan secara langsung atau secara visual pada api saat reaksi pembakaran berlangsung. Bahan pengujian yang digunakan adalah biodiesel dari bahan baku minyak kesambi. Komposisi bahan bakar yang digunakan saat pengujian dapat diamati pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi bahan bakar

Bahan bakar	Komposisi
B0	Minyak diesel 100%
B90K10	Minyak diesel 90%, kesambi 10%
B80K10	Minyak diesel 80%, kesambi 20%
B70K10	Minyak diesel 70%, kesambi 30%

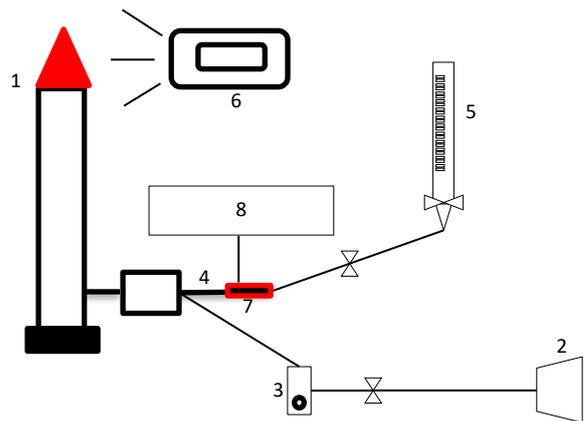
Keterangan:

- B : Dexlite
- K : Biodiesel kesambi

Setelah menentukan komposisi bahan bakar, maka langkah selanjutnya menentukan alat yang digunakan untuk uji pembakaran. Alat yang digunakan pada uji pembakaran yaitu:

1. *Bunsen burner*
2. Kompresor
3. *Flow meter*
4. Pipa alir bahan bakar
5. Buret
6. Kamera
7. *Heater*
8. *Termocontrol*

Alat uji karakteristik pembakaran dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Alat uji pembakaran *premixed*

Langkah pengujian dilakukan dengan cara menentukan debit bahan bakar yang akan digunakan. Debit bahan bakar yang digunakan sebesar 1 ml/menit dan diatur dengan menggunakan buret. Kemudian dilanjutkan dengan menentukan debit udara, debit udara dihasilkan melalui kompresor. Debit udara diatur dengan menggunakan *flowmeter*. Debit udara yang digunakan saat reaksi pembakaran dapat diamati pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi udara saat pengujian

Komposisi bahan bakar	Ekivalen ratio ( $\phi$ )		
	$\phi$ 0,8 (l/menit)	$\phi$ 1 (l/menit)	$\phi$ 1,2 (l/menit)
B0	3,97	3,17	2,64
B90K10	4,08	3,26	2,72
B80K10	4,2	3,36	2,80
B70K10	4,31	3,44	2,87

Setelah menentukan komposisi bahan bakar dan debit udara maka dilanjutkan dengan menentukan temperatur yang akan digunakan untuk menguapkan bahan bakar. Temperatur yang digunakan sebesar 200°C dan diatur menggunakan *thermocontrol*. Ketika semua komponen telah diatur maka langkah selanjutnya mengalirkan bahan bakar menuju *heater*

agar menjadi uap. Setelah bahan bakar menjadi uap, kemudian dialirkan menuju *mixing chamber* agar bercampur dengan udara yang telah ditentukan debitnya. Setelah bercampur pada *mixing chamber*, bahan bakar dan udara dialirkan menuju *bunsen burner* untuk dilakukan pengamatan. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan kamera. Kamera berfungsi untuk proses perekaman pada nyala api. Setelah proses perekaman pada nyala api kemudian dilanjutkan dengan penyimpanan data hasil untuk dilakukan analisis. Analisis data pengujian berupa nilai laju pembakaran dan nilai tinggi api. Untuk menghitung laju pembakaran menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

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

Keterangan:

- SL : Laju pembakaran (cm/s)
- V : Kecepatan reaktan (cm/s)
- $\alpha$  : Sudut api ( $^{\circ}$ )

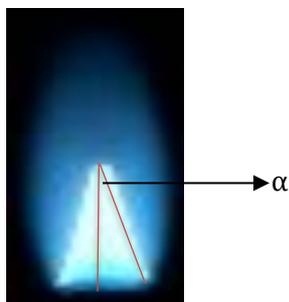
Untuk menghitung kecepatan reaktan maka persamaan yang digunakan adalah persamaan (2) sebagai berikut:

$$V = \frac{Q_{udara} + Q_{reaktan}}{A} \quad (2)$$

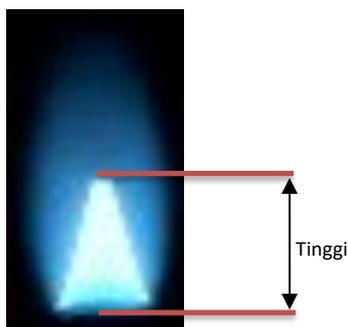
Keterangan:

- V : Laju reaktan (cm/s)
- $Q_{udara}$  : Debit udara (ml/menit)
- $Q_{reaktan}$  : Debit bahan bakar (ml/menit)

Untuk mengukur nilai sudut api dapat dilihat pada Gambar 2 sedangkan untuk mengukur tinggi api dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Pengukuran sudut api.

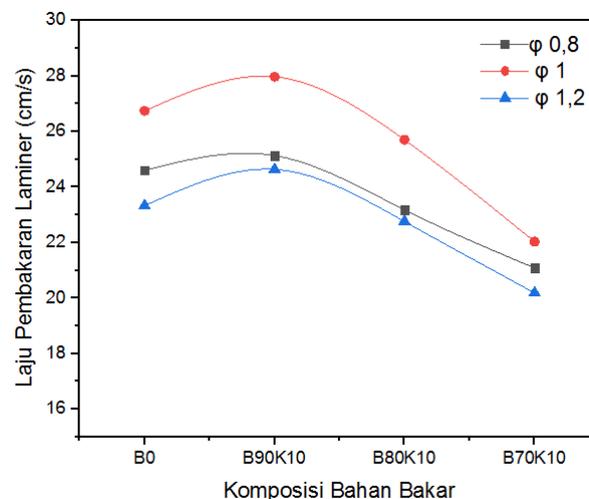


Gambar 3. Pengukuran tinggi api.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Laju Pembakaran Laminer

Analisis pengujian karakteristik pembakaran *premixed* pada biodiesel kesambi (*schleichera oleosa*) sebagai tambahan bahan bakar diesel menghasilkan data laju pembakaran laminer. Hasil pengujian dapat diamati pada Gambar 4 sebagai berikut:

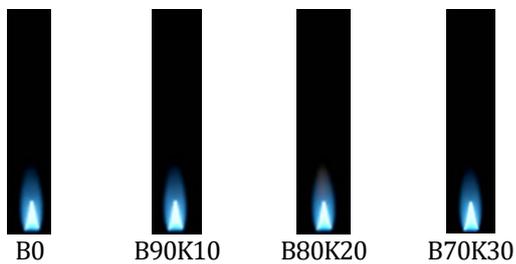


Gambar 4. Laju pembakaran *premixed* biodiesel kesambi sebagai tambahan bahan bakar diesel.

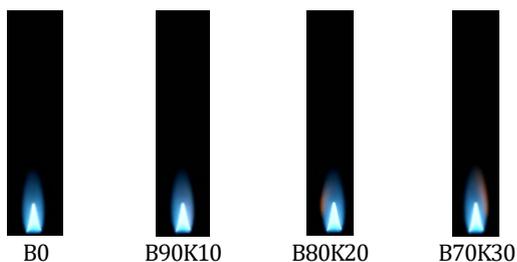
Pada Gambar 4 dapat diamati komposisi bahan bakar mempengaruhi laju pembakaran laminer. Laju pembakaran laminer pada komposisi B90K10 memiliki nilai laju pembakaran tertinggi diantara komposisi bahan bakar yang lain. Komposisi bahan bakar B90K10 pada ekivalen ratio 0,8, 1 dan 1,2 masing-masing sebesar 25,136 cm/s, 27,973 cm/s dan 24,641 cm/s. Sedangkan nilai laju pembakaran laminer terendah terdapat pada komposisi bahan bakar B70K30 dengan nilai berturut-turut pada ekivalen ratio 0,8, 1 dan 1,2 sebesar 21,786 cm/s, 22,431 cm/s dan 20,186 cm/s. Nilai laju pembakaran laminer pada komposisi B90K10 mendekati dengan nilai komposisi bahan bakar B0 (dexlite murni). Nilai laju pembakaran pada komposisi B0 pada masing-masing ekivalen ratio 0,8, 1 dan 1,2 sebesar 24,604 cm/s, 26,746 cm/s dan 23,332 cm/s. Data yang telah diperoleh menjelaskan bahwa pada komposisi bahan bakar B90K10 mendekati karakteristik bahan bakar B0. Dapat diamati laju pembakaran turun pada komposisi bahan bakar B80K20 dan B70K30, hal ini dikarenakan pada komposisi tersebut terjadi peningkatan nilai densitas jika dibandingkan dengan komposisi bahan bakar B0 dan B90K10. Nilai densitas dan viskositas berpengaruh pada reaksi pembakaran dikarenakan asam lemak dan gliserol pada bahan bakar sulit terurai (Banjari et al., 2015). Pada bahan bakar biodiesel asam lemak dan gliserol merupakan inhibitor yang dapat mengganggu reaksi pembakaran. Meningkatnya asam lemak dan gliserol yang merupakan inhibitor menyebabkan nilai

laju pembakaran laminar semakin menurun. Selain itu, penurunan laju pembakaran laminar dipengaruhi oleh nilai kalor. Semakin rendah nilai kalor maka laju pembakaran akan menurun. Nilai kalor merupakan jumlah energi panas yang dibebaskan dengan maksimum oleh bahan bakar saat terjadi reaksi pembakaran (Prasetyo et al., 2021).

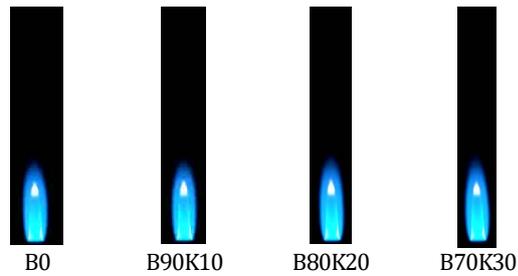
Pada Gambar 4 dapat diamati hubungan ekivalen ratio dengan laju pembakaran laminar. Nilai laju pembakaran pada ekivalen ratio 1 memiliki nilai laju pembakaran yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan ekivalen ratio 0,8 dan 1,2. Hal ini disebabkan pada ekivalen ratio 1, komposisi bahan bakar dan udara pada posisi stokiometri. Dimana komposisi bahan bakar dan udara seimbang. Sedangkan pada ekivalen ratio 0,8 dan 1,2 memiliki komposisi kaya dan miskin. Pada ekivalen ratio 0,8 memiliki komposisi miskin bahan bakar sedangkan pada ekivalen ratio 1,2 memiliki komposisi kaya bahan bakar. Pada ekivalen ratio dengan komposisi kaya bahan bakar menyebabkan bahan bakar sulit untuk beroksidasi secara menyeluruh. Sisa bahan bakar yang tidak beroksidasi akan bereaksi dengan udara dilingkungan sehingga menimbulkan reaksi pembakaran difusi (Bachtiar et al., 2019). Saat pembakaran difusi terjadi diluar lingkungan menimbulkan sudut api semakin mengecil, hal ini disebabkan bahan bakar terdorong keluar pada ujung *bunsen burner* dan menyebabkan lidah api semakin memanjang serta berefek pada laju pembakaran. Selain itu, laju pembakaran dipengaruhi oleh intensitas massa yang dikandung oleh komposisi reaktan. Semakin rendah intensitas massa maka reaksi pembakaran akan lebih mudah terbakar. Komposisi udara yang digunakan saat pengujian dapat diamati pada Tabel 2 sedangkan gambar api hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 5 hingga 7 sebagai berikut.



Gambar 5. Api pada ekivalen ratio 0,8



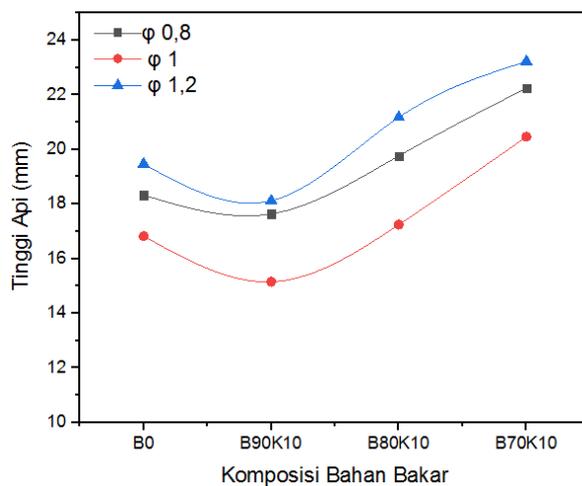
Gambar 6. Api pada ekivalen ratio 1



Gambar 7. Api pada ekivalen ratio 1,2

### Tinggi Api

Analisis pengujian karakteristik pembakaran *premixed* pada biodiesel kesambi (*schleichera oleosa*) sebagai tambahan bahan bakar diesel menghasilkan data tinggi api. Hasil pengujian dapat diamati pada Gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 8. Nilai tinggi api pembakaran *premixed* biodiesel kesambi sebagai tambahan bahan bakar diesel.

Pada Gambar 8 dapat diamati hubungan ekivalen ratio dan komposisi bahan bakar terhadap nilai tinggi api. Komposisi bahan bakar B70 K10 memiliki nilai tinggi api tertinggi jika dibandingkan dengan komposisi bahan bakar yang lain. Nilai tinggi api tertinggi pada komposisi bahan bakar B70K30 dengan ekivalen ratio 0,8, 1 dan 1,2 masing-masing sebesar 22,246 mm, 20,462 mm dan 23,216 mm. Nilai tinggi api terendah pada masing-masing ekivalen ratio terletak pada komposisi bahan bakar B90K10. Nilai tinggi api terendah pada ekivalen ratio 0,8, 1 dan 1,2 masing-masing sebesar 17,641 mm, 15,154 mm dan 18,127 mm. Data hasil pengujian memberikan informasi bahwa komposisi bahan bakar mempengaruhi karakteristik pembakaran khususnya pada nilai tinggi api. Komposisi bahan bakar biodiesel yang lebih banyak memberikan efek meningkatnya nilai tinggi api. Hal ini dikarenakan biodiesel memiliki viskositas dan densitas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan bakar diesel jenis dexlite. Viskositas dan densitas mempengaruhi reaksi pembakaran sehingga bahan bakar sulit menguap. Selain itu, nilai viskositas yang tinggi pada bahan bakar menyebabkan nilai tinggi api cenderung meningkat. Hal

ini dikarenakan bahan bakar sulit bereaksi dengan udara secara menyeluruh sehingga bahan bakar terdorong keluar pada ujung burner (Bachtiar et al., 2019).

Ekivalen ratio 1,2 memiliki nilai tinggi api yang tinggi jika dibandingkan dengan ekivalen ratio 0,8 dan 1. Hal ini menunjukkan bahwa nilai ekivalen ratio mempengaruhi nilai tinggi api. Komposisi bahan bakar dengan komposisi tidak stokiometri menimbulkan bahan bakar sulit bereaksi. Pada komposisi miskin bahan bakar, udara lebih dominan sehingga mengakibatkan proses reaksi kurang lancar. Pada komposisi kaya, bahan bakar sulit terurai karena oksigen sulit beroksidasi dan menimbulkan banyak reaktan yang belum terbakar (Bakhri et al., 2021). Adanya komposisi kaya dan miskin pada komposisi bahan bakar menimbulkan efek tinggi api menjadi meningkat. Selain itu, nilai kalor yang rendah juga dapat mempengaruhi nilai tinggi api. Semakin rendah nilai kalor maka tinggi api cenderung meningkat.

### PENUTUP

Hasil pengujian karakteristik pembakaran *premixed* pada methyl ester *schleichera oleosa* sebagai campuran bahan bakar diesel menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hubungan komposisi bahan bakar dengan laju pembakaran laminar mempengaruhi karakteristik api. Karakteristik api memberikan dampak pada nilai laju pembakaran dan nilai tinggi api. Nilai laju pembakaran laminar tertinggi terdapat pada komposisi B90K10 sedangkan nilai laju pembakaran laminar terendah pada komposisi bahan bakar B70K30. Pada komposisi B80K20 dan B70K30 nilai laju pembakaran mengalami penurunan. Menurunnya laju pembakaran disebabkan oleh viskositas, densitas dan nilai kalor yang terkandung pada bahan bakar. Selain itu, viskositas, densitas dan nilai kalor menyebabkan reaksi pembakaran tidak sempurna. Selain itu, adanya penambahan biodiesel menyebabkan jumlah asam lemak dan gliserol meningkat. Kemudian untuk nilai tinggi api terjadi peningkatan seiring dengan penambahan komposisi biodiesel. Nilai tinggi api terendah pada komposisi B90K10 sedangkan tertinggi pada komposisi B70K30. Nilai tinggi api sulit meningkat disebabkan nilai viskositas dan densitas yang meningkat pada komposisi bahan bakar. Hal ini dikarenakan biodiesel mengandung gliserol, sehingga bahan bakar sulit terurai saat proses reaksi pembakaran.
2. Hubungan ekivalen ratio ( $\varphi$ ) dengan laju pembakaran menunjukkan perbedaan nilai pada setiap hasil pengujian. Nilai laju pembakaran laminar tertinggi terdapat pada ekivalen ratio 1 sedangkan nilai laju pembakaran terendah terdapat pada ekivalen ratio 1,2. Hal ini dikarenakan pada ekivalen ratio 1 memiliki komposisi bahan bakar

dan udara stokiometri sehingga reaktan terbakar secara menyeluruh dan sedikit reaktan yang tersisa serta berdifusi. Nilai tinggi api tertinggi terdapat pada ekivalen ratio 1,2, hal ini dikarenakan pada ekivalen ratio 1,2 merupakan reaksi kaya bahan bakar sehingga gliserol pada bahan bakar sulit terurai. Sulit terurainya gliserol mengakibatkan terjadinya pembakaran difusi pada ujung *bunsen burner* sehingga bahan bakar terdorong keluar pada ujung bunsen burner. Gliserol pada biodiesel merupakan penghambat laju pembakaran sehingga membutuhkan banyak udara agar terjadi proses pembakaran secara optimal. Nilai tinggi api terus meningkat seiring dengan meningkatnya ekivalen ratio.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bachtiar, H. H., Fachri, B. A., & Ilminnafik, N. (2019). Flame characteristics of diffusion of calophyllum inophyllum methyl ester on mini glass tube. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 57(1), 40–47.
- Bakhri, S., Wahyudi, D., & Muhammad, A. (2021). Uji karakteristik nyala api pembakaran premix bioetanol dari ampas tebu. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 10(2), 209–215.  
<https://doi.org/10.24127/trb.v10i2.1694>
- Banjari, M. A. Al, Yuliati, L., As, A., Mesin, T., Brawijaya, U., Haryono, M. T., & Indonesia, M. (2015). *Karakteristik Pembakaran Difusi Campuran Biodiesel Minyak Jarak Pagar ( Jathropa Curcas L ) - Etanol / Metanol Pada Mini Glass Tube*. 6(1), 85–93.
- Direktorat Bioenergi, Dirjen EB, E. (2020). *Pedoman Umum Penanganan dan Penyimpanan Biodiesel dan B30 FINAL*.
- Hanifah, L. (2020). Potensi Kesambi ( *Scheichera oleosa* ) sebagai Kandidat Imunomodulator. *Prosiding Seminar Nasional Biologi di Era Pandemi COVID-19 Gowa, 19 September 2020, September*, 119–126.
- Kharis, N., Sutjahjono, H., Arbiantara, H., Setyawan, D. L., & Ilminnafik, N. (2019). Karakteristik Biodiesel dari Minyak Biji Randu (Ceiba Pentandra) dengan Proses Transesterifikasi Menggunakan Katalis NaOH. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 12(1), 37.  
<https://doi.org/10.24843/jem.2019.v12.i01.p07>
- Komite Nasional Keuangan Syariah. (2018). Masterplan Ekonomi Syariah Indonesia 2019-2024. *Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional*, 1–443.  
[https://knks.go.id/storage/upload/1573459280-MasterplanEksyar\\_Preview.pdf](https://knks.go.id/storage/upload/1573459280-MasterplanEksyar_Preview.pdf)
- Nisak, R. Z. K., & Nasrul Ilminnafik, S. junus. (2021).

- Performance and Emissions of Mixed Ethanol-Biodiesel Calophyllum Inophyllum Fueled Diesel Engine. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 9(8), 1124–1128. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2021/1698> 2021
- Oko, S., & Irmawati, S. (2018). Sintesis Biodiesel Dari Minyak Sawit Menggunakan Katalis Cao Superbasa Dari Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam. *Jurnal Teknologi*, 10(2), 113–122.
- Pambudi, S., Ilminnafik, N., Junus, S., & Kustanto, M. N. (2021). Experimental study on the effect of nano additives  $\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$  and equivalence ratio to Bunsen flame characteristic of biodiesel from nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*). *Automotive Experiences*, 4(2), 51–61. <https://doi.org/10.31603/ae.4569>
- Prasetio, W. S. (2020). *Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Kesambi (Schleichera Oleosa Lour Oken) Terhadap Pertumbuhan Bakteri Salmonella Typhi*. Universitas Islam Negri Maulana Malik Ibrahim.
- Prasetiyo, D. H. T., Ilminnafik, N., & Junus, S. (2019). The Flame Characteristics of Diesel Fuel Blend with Kepuh (*Sterculia Foetida*) Biodiesel. *Journal of Mechanical Engineering Science and Technology*, 3(2), 70–80. <https://doi.org/10.17977/um016v3i22019p070>
- Prasetiyo, D. H. T., Wahyudi, D., & Muhammad, A. (2021). *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 )*. 4(3).
- Putri, F. D., Pratama, A. S., Sauzsa, F. El, & Setyawardhani, D. A. (2021). Pemurnian Minyak Biji Kesambi (*Schleichera oleosa*) sebagai Bahan Baku Pembuatan Minyak Goreng. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, 5(2), 75–81.
- Putri, R. A., Muhammad, A., & Ishak, I. (2018). Optimasi Proses Pembuatan Biodiesel Biji Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L.*) Melalui Proses Ekstraksi Reaktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 6(2), 16. <https://doi.org/10.29103/jtku.v6i2.472>
- Ristianingsih, Y., Hidayah, N., & Sari, F. W. (2016). Pembuatan Biodiesel Dari Crude Palm Oil (Cpo) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Melalui Proses Transesterifikasi Langsung. *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, 2(1), 38. <https://doi.org/10.34128/jtai.v2i1.23>
- Sudrajat, R., Pawoko, E., Hendra, & Setiawan. (2010). *Pembuatan Biodiesel Dari Biji Kesambi*.  
Wirawan, I. K. G., Wardana, I. N. G., Soenoko, R., & Wahyudi, S. (2014). Premixed combustion of kapok (*Ceiba pentandra*) seed oil on perforated burner. *International Journal of Renewable Energy Development*, 3(2), 91–97. <https://doi.org/10.14710/ijred.3.2.91-97>