

## **ANALISIS KARAKTERISTIK NYALA API DIFUSI MENGGUNAKAN CAMPURAN BAHAN BAKAR BIODIESEL MINYAK KELAPA SAWIT (*ELAEIS GUINEENSIS JACQ*) DENGAN SOLAR**

**Faisal Darmawan**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [faisal.22144@mhs.unesa.ac.id](mailto:faisal.22144@mhs.unesa.ac.id)

**Muhaji**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [muhaji61@unesa.ac.id](mailto:muhaji61@unesa.ac.id)

### **Abstrak**

Kebutuhan bahan bakar minyak bumi terus mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya konsumsi energi global. Salah satu alternatif bahan bakar yang berpotensi dikembangkan adalah biodiesel, yang dikenal lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik bahan bakar yang meliputi densitas, viskositas, dan titik nyala api, serta karakteristik nyala api yang mencakup lama pembakaran dan laju pembakaran. Pengujian karakteristik bahan bakar dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM, yaitu ASTM D1298 untuk densitas, ASTM D445 untuk viskositas, dan ASTM D93 untuk titik nyala api. Instrumen yang digunakan berupa *stopwatch* dan kamera. Alat yang digunakan berupa tungku pembakaran bahan *stainless*, tripod, suntikan. Penelitian ini menggunakan bahan bakar solar (B0), biodiesel minyak kelapa sawit (B100) dan biosolar (B20,B40,B60,B80). Hasil penelitian yang didapatkan yaitu: karakteristik sifat fisika bahan bakar berupa densitas tertinggi dihasilkan bahan bakar (B100), viskositas tertinggi dihasilkan bahan bakar (B100) dan titik nyala api tertinggi dihasilkan bahan bakar (B100) serta karakteristik nyala api berupa lama pembakaran paling lama dihasilkan bahan bakar (B100) dan laju pembakaran terendah dihasilkan bahan bakar (B100).

**Kata Kunci:** minyak kelapa sawit, biodiesel dan pembakaran difusi

### **Abstract**

*The need for petroleum fuel continues to increase along with the increase in global energy consumption. One of the alternative fuels that has the potential to be developed is biodiesel, which is known to be more environmentally friendly. This study aims to analyze the characteristics of fuels including density, viscosity, and flash point, as well as flame characteristics including burning time and burning rate. Fuel characteristic testing was carried out with reference to ASTM standards, namely ASTM D1298 for density, ASTM D445 for viscosity, and ASTM D93 for flash point. The instruments used were a stopwatch and a camera. The tools used were a stainless steel combustion furnace, tripod, and syringe. This study used diesel fuel (B0), palm oil biodiesel (B100) and biodiesel (B20, B40, B60, B80). The research results obtained were: the characteristics of the physical properties of the fuel in the form of the highest density produced by fuel (B100), the highest viscosity produced by fuel (B100) and the highest flash point produced by fuel (B100) as well as the flame characteristics in the form of the longest burning time produced by fuel (B100) and the lowest burning rate produced by fuel (B100).*

**Keywords:** palm oil, biodiesel and diffusion combustion

**Universitas Negeri Surabaya**

### **PENDAHULUAN**

Konsumsi energi global yang terus bertambah menyebabkan permintaan terhadap bahan bakar minyak bumi semakin meningkat. Di sisi lain, ketersediaan minyak bumi tidak mampu mengikuti laju pertumbuhan kebutuhan tersebut. Kondisi ini terjadi karena minyak bumi tergolong sumber energi tak terbarukan, mengingat proses pembentukannya berlangsung dalam kurun waktu yang sangat Panjang (Hindryawati dkk., 2014).

Hal ini menyebabkan ketergantungan manusia untuk menggunakan BBM (bahan bakar minyak), sementara cadangan sumber energi tersebut semakin lama semakin berkurang kuantitasnya. Oleh karena itu diperlukan pengganti atau energi alternatif untuk mengatasi masalah

tersebut (Banjari dkk., 2015). Untuk mengantisipasi permasalahan tersebut, diperlukan alternatif sumber energi terbarukan yang dapat diperbaharui secara berkelanjutan, mudah diperoleh, dan lebih ramah terhadap lingkungan. Beberapa contoh energi yang memenuhi kriteria tersebut antara lain energi angin, energi air, energi surya, serta pemanfaatan bahan bakar minyak nabati yang termasuk dalam kategori energi terbarukan. (Tobe dkk., 2020).

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang memiliki potensi besar, bersifat ramah lingkungan, serta tidak menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan. Bahan bakar ini dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor dan mampu menurunkan emisi gas buang dibandingkan dengan minyak diesel konvensional.

Selain itu, biodiesel dapat digunakan dalam kondisi murni maupun dalam bentuk campuran, dan diperuntukkan bagi mesin berbahan bakar diesel (Devita, 2015). Biodiesel merupakan bahan bakar yang dihasilkan dari minyak nabati yang bersumber dari sumber daya terbarukan. Berbagai jenis tanaman dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel, di antaranya kelapa sawit, kedelai, bunga matahari, jarak pagar, tebu, serta beberapa jenis tanaman lainnya (Rahayu, 2005).

Minyak kelapa sawit termasuk dalam kelompok minyak nabati yang memiliki sejumlah karakteristik yang menyerupai minyak solar (Anwar, 2015). Minyak sawit dengan kandungan *free fatty acid* (FFA) yang tinggi memerlukan tahap perlakuan awal sebelum digunakan sebagai bahan baku biodiesel, yaitu melalui proses reaksi esterifikasi (Mardawati, 2019).

Penelitian sebelumnya tentang pembakaran difusi telah dilakukan oleh beberapa orang, diantaranya: Muhamadi, *et al.* (2015) telah meneliti tentang biodiesel minyak jarak. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik nyala api hasil pembakaran jarak pagar dalam bentuk murni, terhidrolisis, dan metil ester. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metil ester terbakar selama 0,712 detik. Laju pembakaran tertinggi terjadi pada metil ester yaitu sebesar 0,003931cc/detik. Laju pelepasan energi metil ester yaitu sebesar 13.628,67 kkal/(kg.detik) paling menyerupai minyak solar, sedangkan laju terendah terjadi pada jarak pagar murni yaitu sebesar 8.200,94 kkal/(kg.detik).

Selain itu, Banjari (2015) melakukan penelitian terkait biodiesel berbahan baku minyak jarak pagar. Penelitian tersebut bertujuan untuk menganalisis serta membandingkan karakteristik nyala api pada pembakaran difusi campuran biodiesel sebesar 80% dengan etanol atau metanol sebesar 20% menggunakan mini *glass tube*, serta mengamati proses pengujian bahan bakar pada tabung burner yang digunakan.

Penelitian ini merupakan penelitian payung (kelompok) tentang produksi biodiesel dari minyak kelapa sawit dan pengaplikasiannya menggunakan bahan bakar solar (B0) yang dicampur dengan biodiesel minyak kelapa sawit dengan variasi (B20, B40, B60, B80 dan B100) dan akan diujikan karakteristik bahan bakar meliputi (densitas, viskositas dan titik nyala api) dan dilakukan uji eksperimen karakteristik nyala api meliputi (lama pembakaran dan laju pembakaran).

Hasil dari penelitian ini diharapkan karakteristik bahan bakar biodiesel telah memenuhi kriteria atau syarat mutu biodiesel yang telah ditetapkan oleh kementerian ESDM.

## METODE

### Jenis Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode eksperimen untuk mengkaji karakteristik bahan bakar dan karakteristik nyala api pada solar murni (B0), campuran solar-biodiesel dengan variasi B20, B40, B60, dan B80, serta biodiesel minyak kelapa sawit murni (B100).

### Tempat Penelitian

- Pengujian laboratorium terkait karakteristik sifat fisika bahan bakar berupa densitas, viskositas dan titik nyala

api dilakukan di laboratorium motor bakar Universitas Brawijaya.

- Pengujian karakteristik nyala api dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas Program Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya.

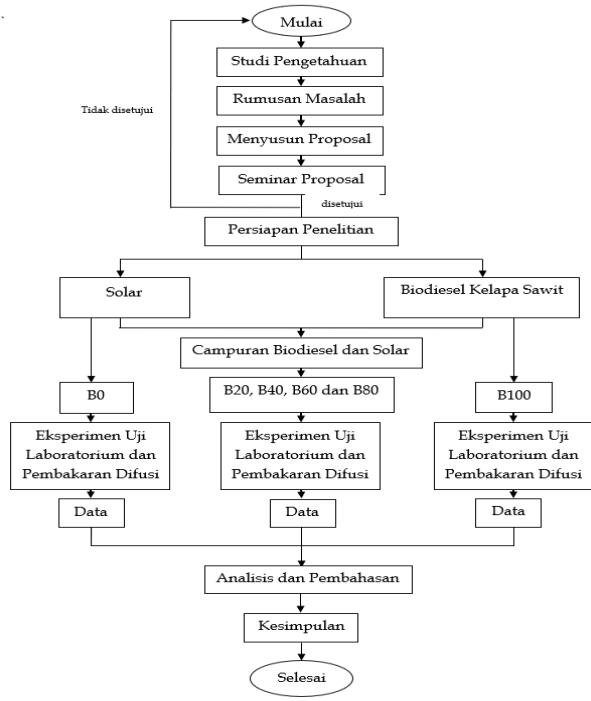
### Objek Penelitian

Objek Penelitian adalah bahan bakar minyak solar murni (B0), biosolar minyak kelapa sawit (B20, B40, B60 dan B80) dan biodiesel minyak kelapa sawit (B100).

### Variabel penelitian

- Variabel Bebas**  
Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bahan bakar solar murni (B0), berbagai variasi campuran solar dengan biodiesel minyak kelapa sawit, yaitu B20, B40, B60, dan B80, serta biodiesel murni (B100).
- Variabel Terikat**  
Variabel terikat pada penelitian ini mencakup karakteristik bahan bakar yang meliputi densitas, viskositas, serta titik nyala api.
- Variabel Kontrol**  
Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah:
  - Bahan baku berupa minyak kelapa sawit mentah atau *Crude Palm Oil* (CPO) diperoleh melalui platform *e-commerce*.
  - Bahan bakar minyak solar murni (B0) yang digunakan diperoleh dari kampus PPNS (Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya).
  - Proses konversi minyak kelapa sawit menjadi biodiesel dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya.
  - Pengujian menggunakan suhu ruangan 25°C-35°C.
  - Volume bahan bakar yang digunakan pada setiap pengujian adalah sebesar 0,2 ml.

### Rancangan Studi



Gambar 1. Rancangan Penelitian



Gambar 2. Instrumen Penelitian

#### Perlengkapan dan Instrumen Penelitian

- Alat Penelitian
  - Meja
  - Tripod
  - Botol Kaca
  - Suntikan
  - Termokopel tipe K
  - Pematik
  - *Magnetic Stirrer*
- Bahan Penelitian
  - Solar (B0)
  - Biodiesel (B100)
- Instrumen penelitian
  - Termometer Digital
  - Kamera iPhone 12 Pro
  - *Stopwatch*

#### Tahapan Penelitian

- Tahap Persiapan
  - Menyiapkan seluruh peralatan, bahan, serta instrumen yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian..
  - Menyiapkan bahan bakar.
  - Termokopel dipasang di atas tungku pembakaran dan dihubungkan dengan termometer digital AMTAST TM-902C.
  - Kamera diposisikan sejajar dengan arah nyala api menggunakan bantuan tripod.
- Pengambilan Data
  - Kamera iPhone 12 Pro mulai diaktifkan.
  - Termometer digital AMTAST TM-902C dinyalakan.
  - Mengkondisikan ruangan agar menjadi gelap.
  - Mengisi biodiesel minyak kelapa sawit B100, solar B0 dan campurannya (B20, B40, B60 dan B80) sebesar 0,2 ml menggunakan suntikan pada tungku pembakaran secara bergantian.
  - Menyalakan bahan bakar menggunakan pematik.
  - Proses pembakaran diamati, kemudian data yang diperlukan berupa rekaman video nyala api dicatat atau disimpan.
  - Membersihkan dan menunggu temperatur tungku pembakaran (20°-30°C) untuk setiap campuran bahan bakar.
  - Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali untuk memperoleh data yang valid.

#### Teknik Analisa Data

Data penelitian dianalisis menggunakan metode deskriptif kuantitatif untuk menginterpretasikan hasil pengujian karakteristik bahan bakar, yang mencakup densitas, viskositas, dan titik nyala, serta hasil pengujian karakteristik nyala api difusi berupa durasi pembakaran dan laju pembakaran.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pencampuran antara biodiesel minyak kelapa sawit dan solar (biosolar) dilakukan menggunakan alat *magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan sebesar 300 rpm selama 10 menit. Hasil dari proses pencampuran bahan bakar tersebut ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Bahan Bakar Campuran Biodiesel Minyak Kelapa Sawit dengan Solar

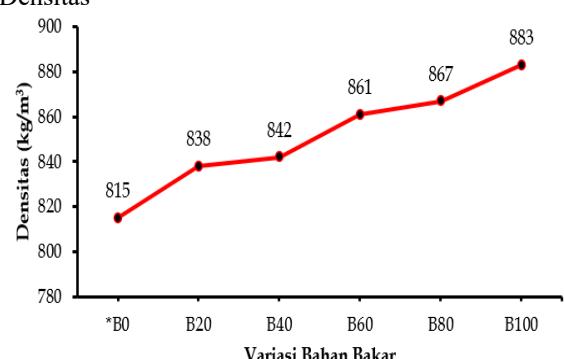
#### Pengujian Karakteristik Bahan Bakar

Pengujian karakteristik sifat fisika bahan bakar solar (B0), biodiesel minyak kelapa sawit (B100) dan biosolar (B20, B40, B60, B80) meliputi pengujian densitas, viskositas dan titik nyala. Hasil pengujian karakteristik bahan bakar tersebut ditunjukkan pada tabel 1. dibawah ini:

Tabel 1. Karakteristik Bahan Bakar

Bahan Bakar	Pengujian		
	Densitas (kg/m³)	Viskositas (cSt)	Titik Nyala °C
B0	815	2	52
B20	838	4,8	55
B40	842	5,2	63
B60	861	5,5	65
B80	867	5,6	78
B100	883	6	94

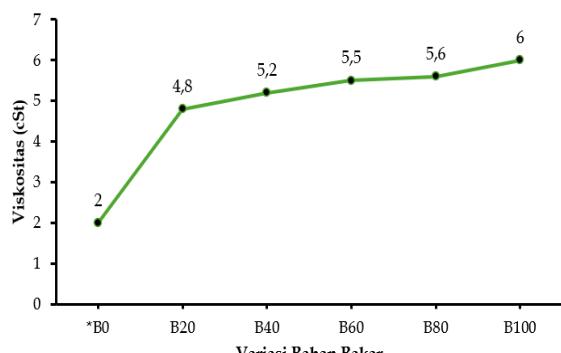
#### • Densitas



Gambar 4. Grafik Karakteristik Densitas Bahan Bakar

Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 1. dan Gambar 4. menunjukkan tren kenaikan nilai dari bahan bakar solar (B0) sampai biodiesel minyak kelapa sawit (B100). Bahan bakar dengan nilai densitas tertinggi dihasilkan oleh bahan bakar biodiesel minyak kelapa sawit (B100) sebesar  $883\text{kg/m}^3$ . Bertambahnya nilai densitas pada setiap variasi bahan bakar hingga biodiesel dipengaruhi oleh pemisahan gliserol dari metil ester yang tidak sempurna, gliserol yang tersisa dapat menaikkan densitas biodiesel karena gliserol mempunyai densitas tinggi.

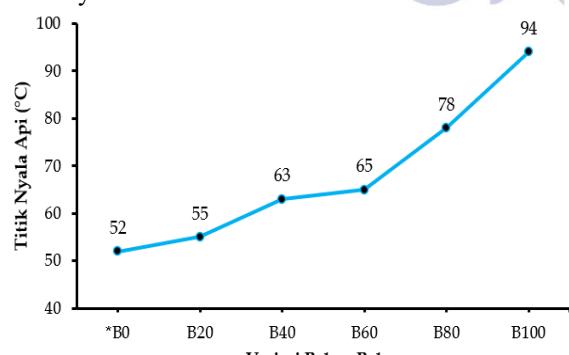
- Viskositas



Gambar 5. Grafik Karakteristik Viskositas Bahan Bakar

Berdasarkan tabel 1. dan gambar grafik 5. menunjukkan tren kenaikan nilai dari bahan bakar solar (B0) hingga biodiesel minyak kelapa sawit (B100). Hasil tersebut dapat dianalisis bahwa nilai viskositas terendah dihasilkan oleh bahan bakar biosolar (B20) dengan nilai  $4,8\text{cSt}$ , sedangkan bahan bakar dengan nilai viskositas tertinggi dihasilkan oleh bahan bakar biodiesel minyak kelapa sawit (B100) dengan nilai  $6\text{cSt}$ . Peningkatan nilai viskositas pada setiap variasi bahan bakar hingga biodiesel dipengaruhi oleh konsentrasi katalis, seperti NaOH dan KOH, serta rasio minyak terhadap metanol dalam proses transesterifikasi yang berperan terhadap pembentukan gliserol dan tingkat efisiensi reaksi.

- Titik Nyala



Gambar 6. Grafik Karakteristik Titik Nyala Bahan Bakar

Berdasarkan data yang tersaji pada Tabel 1. dan Gambar 6. menunjukkan tren kenaikan nilai dari bahan bakar solar (B0) sampai biodiesel minyak kelapa sawit

(B100). Hasil tersebut dapat dianalisis bahwa titik nyala api terendah dihasilkan oleh bahan bakar biosolar (B20) dengan nilai  $55^{\circ}\text{C}$ , sedangkan bahan bakar dengan nilai titik nyala api tertinggi dihasilkan oleh biodiesel minyak kelapa sawit (B100) dengan titik nyala api  $94^{\circ}\text{C}$ . Kenaikan titik nyala pada biodiesel terutama disebabkan oleh tingginya *fatty acid methyl ester* (FAME) dengan volatilitas atau penguapan rendah, serta berkurangnya kadar katalis (metanol) setelah pemurnian.

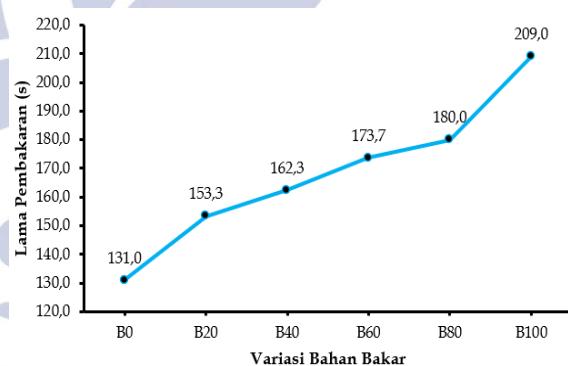
### Pengujian Karakteristik Nyala Api

Pengujian karakteristik nyala api dari bahan bakar solar (B0), biodiesel minyak kelapa sawit (B100) dan biosolar (B20, B40, B60, B80) meliputi pengujian eksperimen lama pembakaran dan laju pembakaran. Hasil pengujian karakteristik bahan bakar tersebut ditunjukkan pada tabel 2. dan 3. dibawah ini:

Tabel 2. Lama Pembakaran

Sampel	Pengujian Lama Pembakaran (s)			
	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	Rata-rata
B0	128	131	134	131,0
B20	153	150	157	153,3
B40	160	163	164	162,3
B60	170	174	177	173,7
B80	177	178	185	180,0
B100	211	209	207	209,0

- Lama Pembakaran



Gambar 7. Grafik Eksperimen Lama Pembakaran

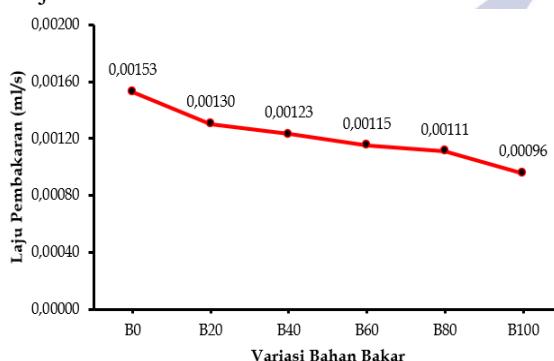
Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 2. dan grafik pada Gambar 7. terlihat adanya tren peningkatan nilai dari bahan bakar solar murni (B0) hingga biodiesel minyak kelapa sawit (B100). Hasil analisis menunjukkan bahwa bahan bakar dengan waktu pembakaran tercepat adalah solar (B0) dengan rata-rata waktu pembakaran sebesar  $131,0$  s, sedangkan waktu pembakaran terlama terjadi pada biodiesel minyak kelapa sawit murni (B100) dengan rata-rata sebesar  $209,0$  s. Peningkatan rata-rata waktu pembakaran tersebut dipengaruhi oleh karakteristik bahan bakar, seperti viskositas, *flash point* atau titik nyala, serta persentase campuran biodiesel yang digunakan. Semakin besar fraksi biodiesel dalam campuran biosolar, nilai viskositas dan titik nyala cenderung meningkat, yang selanjutnya berpengaruh terhadap lamanya durasi

pembakaran. Viskositas bahan bakar yang tinggi dapat memperpanjang waktu pembakaran karena menghambat aliran bahan bakar dan proses pencampuran dengan udara.

Tabel 3. Laju Pembakaran

Laju Pembakaran (ml/s)		
Sampel	Volume (ml)	Hasil
B0	0,2	0,00153
B20	0,2	0,00130
B40	0,2	0,00123
B60	0,2	0,00115
B80	0,2	0,00111
B100	0,2	0,00096

- Laju Pembakaran



Gambar 8. Grafik Eksperimen Laju Pembakaran

Berdasarkan tabel 3. dan gambar grafik 8. menunjukkan tren menurun nilai dari bahan bakar solar (B0) sampai biodiesel minyak kelapa sawit (B100). Rata-rata laju pembakaran tertinggi dihasilkan oleh bahan bakar solar (B0) dengan nilai 0,00153ml/s. Sedangkan, rata-rata laju pembakaran terendah dihasilkan oleh bahan bakar biodiesel minyak kelapa sawit B100 dengan nilai 0,00096ml/s. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi biodiesel dalam campuran bahan bakar menyebabkan penurunan nilai laju pembakaran. Selain itu, laju pembakaran juga dipengaruhi oleh karakteristik bahan bakar yang digunakan. Bahan bakar dengan viskositas yang lebih tinggi memerlukan energi yang lebih besar untuk teratomisasi dan bercampur dengan udara selama proses pembakaran, sehingga laju pembakaran yang terjadi menjadi lebih rendah.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan serta analisis tentang pengujian karakteristik bahan bakar dan karakteristik nyala api untuk bahan bakar solar (B0), Biosolar (B20, B40, B60 dan B80) dan Biodiesel (B100), maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Karakteristik bahan bakar berupa densitas, viskositas, dan titik nyala cenderung mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya persentase biodiesel dalam campuran biosolar. Nilai tertinggi untuk densitas, viskositas, dan titik nyala diperoleh pada biodiesel minyak kelapa sawit murni (B100).

- Karakteristik pembakaran berupa lama pembakaran dan laju pembakaran menunjukkan perubahan yang signifikan dari bahan bakar solar (B0) hingga bahan bakar biodiesel (B100). Dengan hasil lama pembakaran terlama 209,0 sekron dan laju pembakaran yang menurun bahan bakar menurun seiring bertambahnya kadar biodiesel disetiap variasi bahan bakar, dari 0,00153ml/s pada bahan bakar solar (B0) menjadi 0,00096ml/s pada bahan bakar biodiesel minyak kelapa sawit (B100).

## Saran untuk Penelitian Selanjutnya

Berdasarkan hasil penelitian, analisis, dan pembahasan yang telah dilakukan, beberapa saran dapat diajukan untuk pengembangan penelitian di masa mendatang, yaitu:

- Pengujian karakteristik bahan bakar dapat dilanjutkan dengan menambahkan pengujian *cetane number* atau angka setana.
- Disarankan untuk penelitian selanjutnya untuk mengujikan *base fuel* sebagai pembanding agar mendapatkan data pembanding yang lebih akurat.
- Disarankan untuk penelitian selanjutnya mengenai pembakaran difusi biodiesel untuk melakukan uji lab kandungan oksigen internal pada bahan bakar biodiesel dan biosolar jika digunakan untuk variasi campuran.
- Penelitian selanjutnya disarankan untuk dilakukan pada sistem pembakaran dalam guna mengetahui pengaruh karakteristik bahan bakar dan nyala api terhadap daya, efisiensi, serta emisi mesin.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua yang senantiasa memberikan doa terbaik dengan tulus serta motivasi agar penulis terus berkembang. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada Ir. Priyo Heru Adiwibowo, S.T., M.T., IPM selaku Koordinator Program Studi S1 Teknik Mesin, serta Prof. Dr. Drs. Muhamadi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing, yang dengan kesabaran senantiasa memberikan arahan dan motivasi selama penyelesaian tugas akhir ini. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada Aris Purwanto, S.Pd., M.Sc. dan Handini Novita Sari, S.Pd., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang sangat berharga bagi perbaikan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anwar. (2015). Modifikasi Minyak Sawit Sebagai Pensusustansi Minyak Solar Modifi ed Palm Oil As Diesel Fuel Substitutes. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS".
- Bahri. (2015). Pembakaran Premixed Minyak Nabati pada Bunsen Burner Type Silinder. Jurnal Rekayasa Mesin.
- Devita. (2015). Biodiesel Sebagai Bioenergi Alternatif Dan Prospektif. Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian Medan.
- Hindryawati. (2014). Transesterification of used cooking oil over alkali metal (Li, Na, K) supported rice husk silica as potential solid base catalyst. Engineering Science and Technology.

Mardawati. (2019). Produksi Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit Kasar Off Grade Dengan Variasi Pengaruh Asam Sulfat Pada Proses Esterifikasi Terhadap Mutu Biodiesel Yang Dihasilkan. Jurnal Industri Pertanian.

Muhaji, Wardana, Yulianti, & Sasongko. (2015). Combustion of Pure, Hydrolyzed and Methyl Ester Formed of Jatropha Curcas Lin oil .

Tobe. (2020). Pengaruh Penambahan Solar Murni terhadap Karakteristik Pembakaran Difusi Uap Minyak Kelapa. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana.

