

## **PENGARUH PENAMBAHAN TERPENTIN TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN DROPLET MINYAK BUNGA MATAHARI SEBAGAI BIODIESEL**

**Moh. Hidayatur Rohman<sup>1\*)</sup>, Ena Marlina<sup>2</sup>, Margianto<sup>3</sup>**

<sup>1\*)</sup>Universitas Islam Malang.  
email: dayatdayat178@gmail.com

<sup>2</sup> Universitas Islam Malang.  
email: ena.marlina@unisma.ac.id

<sup>3</sup> Universitas Islam Malang.  
email: margianto@unisma.ac.id

### **ABSTRAK**

*Biodiesel banyak dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif saat ini. Salah satu biodiesel yang dapat diproduksi dengan skala yang sangat besar adalah biodiesel minyak bunga matahari (CSFO). CSFO memiliki kandungan asam lemak jenuh yang rendah dan bersifat polar, sehingga sangat cocok untuk digunakan sebagai bahan bakar biodiesel. CSFO tidak dapat digunakan secara langsung karena viskositasnya yang cukup tinggi sehingga akan merusak mesin jika digunakan dalam jangka waktu yang panjang. Penambahan aditif adalah salah satu cara untuk memperbaiki kualitas minyak nabati terutama viskositasnya. Minyak terpentin merupakan salah satu bioaditif yang cukup populer dan merupakan produk unggulan di Indonesia. Minyak terpentin memiliki bentuk cair dan berwarna jernih. Minyak terpentin juga memiliki kandungan alpha pinene (C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>) turpene hydrocarbon yang cukup kaya sehingga dapat dengan mudah terbakar. Minyak terpentin dapat memperbaiki kualitas dari CSFO karena minyak terpentin lebih mudah menguap dan memiliki viskositas sekaligus titik nyala yang lebih rendah. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan dengan mencampurkan CSFO dengan minyak terpentin menggunakan metode penelitian experimental. Dua droplet digunakan sebagai perumpamaan layaknya butiran yang disemprotkan ke dalam motor bakar melalui sprayer. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi prosentase minyak terpentin maka laju pembakaran semakin cepat, temperatur nyala semakin rendah, temperatur droplet semakin rendah, dan lebar api semakin kecil. Berbeda dengan tinggi api, api tertinggi berada pada CSFO murni karena fenomena ledakan mikro. Dari ketiga variasi pengujian, hasil terbaik berada pada variasi 15% karena laju pembakaran semakin cepat, temperatur lebih rendah, dan jelagat hitam semakin berkurang.*

**Kata Kunci:** Diesel; Biodiesel; Minyak Bunga Matahari; Bioaditif; Minyak Terpentin

### **ABSTRACT**

*Biodiesel is being developed as an alternative fuel nowadays. One of the biodiesels that can be produced on a very large scale is sunflower oil biodiesel (CSFO). CSFO has a low content of saturated fatty acids and is polar, making it very suitable for use as biodiesel fuel. CSFO cannot be used directly because its viscosity is high enough that it will damage the engine if used for a long time. Adding additives is one way to improve the quality of vegetable oils, especially their viscosity. Turpentine oil is one of the most popular bioadditives and is a superior product in Indonesia. Turpentine oil has a liquid form and is clear in color. Turpentine oil also contains*

*alpha pinene (C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>) terpene hydrocarbon which is rich enough so that it can be easily burned. Turpentine oil can improve the quality of CSFO because turpentine oil is more volatile and has a lower viscosity and flash point. Therefore, this research was conducted by mixing CSFO with turpentine oil using experimental research methods. Two droplets are used as an analogy like the droplets that are sprayed into the combustion engine through a sprayer. The results of this study indicate that the higher the percentage of turpentine oil, the faster the combustion rate, the lower the flame temperature, the lower the droplet temperature, and the smaller the width of the flame. In contrast to the flame height, the highest flame is at CSFO purely due to the micro-explosion phenomenon. Of the three variations of the test, the best results were in the 15% variation because the burning rate was getting faster, the temperature was lower, and black soot was decreasing.*

**Keywords:** Diesel; Biodiesel; Sunflower Oil; Bioadditives; Turpentine Oil

## PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu, konsumsi energi di Indonesia akan terus meningkat. Peningkatan ini akan terus terjadi dikarenakan populasi manusia, jumlah alat transportasi, serta aktivitas industri yang terus meningkat. Sumber energi yang sangat populer digunakan salah satunya adalah minyak bumi, yang sering disebut dengan nama bahan bakar minyak (BBM). cadangan BBM lambat laun akan terus menipis, dan BBM sendiri memiliki sifat tidak dapat diperbarui [1].

Motor bakar diesel atau sering disebut dengan mesin diesel adalah salah satu mesin penggerak yang memiliki sistem pembakaran dalam. Sistem pembakaran di dalam ruang bakar mesin diesel tersebut yaitu dengan penyemprotan bahan bakar ke dalam silinder motor yang terdapat udara bertekanan dan memiliki temperatur tinggi [2]. Motor bakar diesel pada umumnya menggunakan minyak bumi yang diolah menjadi bahan bakar minyak berupa solar. Selain mesin bensin, mesin diesel juga merupakan salah satu motor bakar yang banyak digemari karena kemampuan dan harga bahan bakarnya yang lebih murah dibandingkan dengan bahan bakar bensin [3].

Biodiesel banyak dikembangkan saat ini sebagai energi alternatif pengganti minyak bumi, akan tetapi tidak dapat digunakan secara langsung karena viskositasnya yang tinggi sehingga perlu aditif untuk memperbaiki kualitasnya [4]. Biodiesel sendiri dapat diproduksi dari berbagai minyak nabati seperti minyak kelapa, minyak kacang, minyak bunga matahari, minyak kemiri, minyak zaitun, minyak jarak, dan minyak kedelai [3]. Selain sifatnya yang dapat diperbaharui, biodiesel juga memiliki sifat yang lebih ramah terhadap lingkungan dan dapat diproduksi dengan skala yang besar, oleh karena itu perlu dilakukan pengembangan lagi terhadap minyak nabati yang posisinya bisa menggantikan minyak bumi sebagai bahan bakar mesin diesel [5].

Bunga matahari adalah salah satu tanaman biji minyak unggulan yang dibudidayakan untuk produksi minyak dunia. Minyak bunga matahari merupakan salah satu pilihan untuk produksi biodiesel dalam skala besar tergantung pada budidaya massalnya. Minyak nabati yang pada dasarnya berasal dari tanaman merupakan bahan awal terbaik untuk memproduksi biodiesel karena konversi trigliserida murni menjadi metil ester asam lemak yang tinggi dan waktu reaksi yang relatif singkat [6]. Beberapa parameter kualitas biodiesel yang dihasilkan dari minyak bunga matahari (densitas, viskositas kinematik, nilai kalor) terbukti sangat stabil. Hal ini dikarenakan sifat-sifat yang serupa antara asam lemak yang paling bervariasi (asam oleat dan linoleat), oleh karena itu perubahan komposisi minyak tidak mengakibatkan perubahan besar dalam parameter kualitas biodiesel. Nilai RMSD untuk kandungan asam lemak minyak bunga matahari diperoleh asam oleat 2,9%, asam linoleat 3,2%, asam stearat 0,4%, dan palmitat 0,2% [7]. Dalam pengaplikasiannya minyak nabati memiliki viskositas yang cukup tinggi, oleh karena itu banyak peneliti yang menambahkan bioaditif untuk mengurangi viskositas dari minyak nabati tersebut.

Minyak atsiri (bioaditif) adalah unsur yang didapat dari tumbuhan untuk menambah kandungan sekaligus meningkatkan kualitas dari bahan bakar. Minyak atsiri memiliki sifat yang

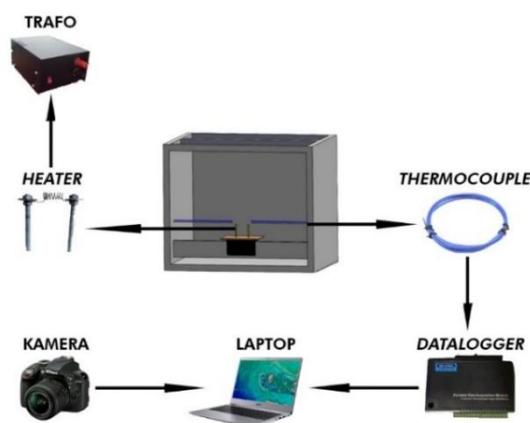
mudah menguap. Minyak gandapura, minyak cengkeh, minyak terpentin, minyak pala, minyak kayu putih, dan minyak sereh adalah minyak atsiri yang dapat dimanfaatkan sebagai bioaditif karena senyawa penyusunnya terdapat rantai siklik dan oksigen yang cukup besar [8].

Terpentin, yang dalam istilah inggrisnya adalah *Turpentine* ( $C_{10}H_{16}$ ), merupakan hasil dari proses destilasi dari getah pinus. Komposisi kimia dari minyak terpentin akan bervariasi, tergantung dari faktor geografis pohon pinus, spesies pohon, dan proses destilasi yang digunakan [9]. Terpentin memiliki bentuk cair dan berwarna jernih agak kekuningan. Terpentin juga merupakan pelarut yang kuat oleh karena itu biasa digunakan sebagai bahan pelarut dalam industri minyak cat [10]. Minyak terpentin hanya ditentukan oleh satu mutu, yaitu warna jernih, komposisi *Alpha pinene* dan *Betha pinene*, kandungan kotoran dan Aroma khas minyak terpentin. Terpentin memiliki kandungan "*Alpha pinene*"  $C_{10}H_{16}$  *Turpene Hydrocarbon* yang cukup kaya dan mudah untuk terbakar, karena itu minyak terpentin juga dapat digunakan untuk bahan bakar [11].

Penelitian ini didasari karena semakin menipisnya cadangan minyak bumi, sehingga perlu adanya penelitian tentang biodiesel sebagai energi terbarukan. Penelitian ini membahas tentang pengaruh penambahan minyak terpentin terhadap karakteristik pembakaran *droplet* minyak bunga matahari sebagai biodiesel. Karakteristik yang dimaksud meliputi temperatur *droplet*, tinggi api, lebar api, dan *burning rate*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan minyak terpentin terhadap karakteristik pembakaran *droplet* pada minyak bunga matahari (*crude sunflower oil*), serta menciptakan bahan bakar biodiesel campuran yang ramah lingkungan.

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental. pengamatan dilakukan secara langsung pada objek yang akan diteliti dengan cara membandingkan satu atau lebih kelompok pengujian dengan perlakuan dan tanpa perlakuan. Adapun variasi campuran yang diuji adalah minyak bunga matahari murni, 10% minyak terpentin, dan 15% minyak terpentin. Diameter *droplet* ditentukan sebesar 1 mm, dan temperatur awal pembakaran menggunakan temperatur ruangan yang berkisar antara  $25^{\circ}C$ - $30^{\circ}C$ . Penelitian ini menggunakan dua *droplet* untuk mengetahui karakteristik yang dihasilkan dari dua *droplet* yang saling berdekatan. Rangkaian instalasi peralatan yang digunakan untuk pengujian ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 1. Skema Instalasi Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil penelitian yang diperoleh yaitu video nyala api dan data temperatur selama proses pembakaran. Hasil dari video nyala api kemudian dikonversi menjadi beberapa frame melalui aplikasi *free studio*, maka dapat diperoleh data *burning rate time* atau lama api menyala dari awal api muncul hingga bahan bakar habis terbakar. Hasil yang diperoleh selanjutnya yaitu temperatur pembakaran dari awal proses pembakaran hingga bahan bakar habis terbakar dengan

menggunakan aplikasi *data logger*. Diameter *droplet* ditentukan sebesar 1 mm pada kedua *thermocouple*. Jarak spasi antara *droplet* 1 dengan *droplet* 2 sepanjang 5 mm, sedangkan jarak antara kedua *thermocouple* dengan *heater* sepanjang 3 mm.

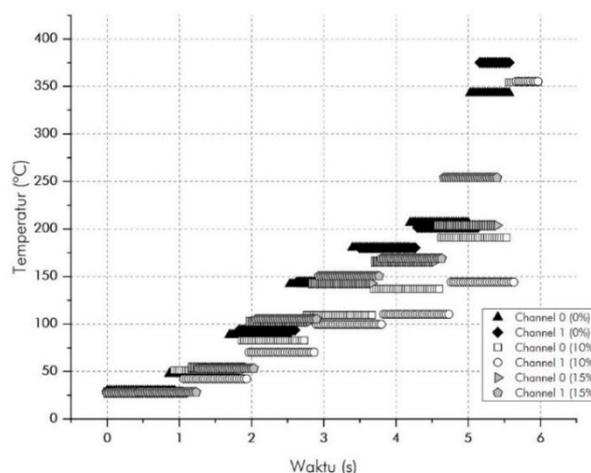
Berikut ini adalah hasil rekapitulasi dari 3 kali pengujian yang meliputi *burning rate max* yang berarti laju pembakaran tertinggi dihitung dari perubahan *droplet* setiap interval waktu, temperatur nyala yang berarti temperatur ketika pertama kali api menyala, temperatur *max* yang berarti temperatur tertinggi selama satu proses pembakaran, tinggi api *max* yang berarti api tertinggi selama proses pengujian, lebar api *max* yang berarti lebar api dengan api terlebar selama pengujian.

Tabel 1. Hasil Rekapitulasi Pengujian

Variasi Campuran	Karakteristik Pembakaran									
	<i>Burning rate max</i> (mm <sup>2</sup> /s)		Temperatur nyala (°C)		Temperatur <i>max</i> (°C)		Tinggi api <i>max</i> (mm)		Lebar api <i>max</i> (mm)	
	Chn 1	Chn 0	Chn 1	Chn 0	Chn 1	Chn 0	Chn 1	Chn 0	Chn 1	Chn 0
0%	2,03	2,05	144	142	375	343	31,414	30,852	10,12	13,37
10%	1,84	1,26	110	136	355	354	26,878	26,761	7,375	9,088
15%	1,08	1,16	105	102	253	203	27,385	27,421	9,052	7,325

Tabel rekapitulasi pada setiap variasi di atas didapat dari seluruh data selama proses pengujian. Selanjutnya seluruh data yang didapat pada setiap pengujian dapat digambarkan dalam grafik untuk melihat pengaruh dan perbedaan pada tiap variasi campuran.

### 1. Pengaruh Variasi Campuran Minyak Terpentin dan Minyak Bunga Matahari terhadap Temperatur *Droplet*



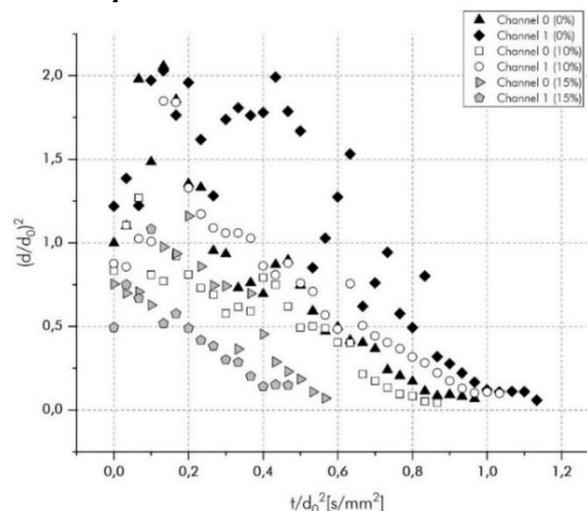
Gambar 2. Grafik Hubungan Temperatur Ketiga Variasi terhadap Waktu

Gambar di atas menunjukkan bahwa CSFO murni memiliki hasil temperatur maksimal yang nilainya tertinggi diantara dua variasi campuran lain yang berada pada *channel* 1 sebesar 375°C. Tingginya hasil yang didapat pada CSFO murni *channel* 1 disebabkan oleh lamanya proses penyalan yang mengakibatkan *heater* terus menyala sedikit lebih lama, sehingga temperatur otomatis juga akan terus naik hingga mencapai *flash point*. Hasil tertinggi selanjutnya berada pada variasi campuran 10% yang berada pada *channel* 1 sebesar 355°C. Hasil tersebut menunjukkan

temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan CSFO murni pada *channel* 1, hal ini disebabkan oleh nilai titik didih minyak terpentin yang lebih rendah daripada minyak bunga matahari, sehingga dengan penambahan 10% minyak terpentin tersebut membantu mengurangi nilai titik didih pada minyak bunga matahari. Temperatur maksimal dengan nilai terendah berada pada variasi campuran 15% pada *channel* 0 yaitu sebesar 203°C. Sama halnya dengan variasi 10%, semakin banyak campuran minyak terpentin maka nilai titik didih pada minyak bunga matahari juga akan semakin berkurang.

Grafik diatas menunjukkan temperatur nyala yang bervariasi. CSFO murni memiliki temperatur nyala sebesar 144°C pada *channel* 0 dan 142°C pada *channel* 1, variasi 15% sebesar 136°C pada *channel* 0 dan 110°C pada *channel* 1, variasi 10% sebesar 102°C pada *channel* 0 dan 105°C pada *channel* 1. Hasil menunjukkan bahwa semakin banyak prosentase campuran minyak terpentin, maka temperatur nyala akan semakin rendah. Hal ini dikarenakan titik nyala dari minyak terpentin yang lebih rendah dan sifat polar dari minyak bunga matahari [12]. Sifat polar tersebut menyebabkan gaya tarik menarik antar molekul atom dari minyak bunga matahari. Penambahan minyak terpentin pada minyak bunga matahari membuat ruang antar asam lemak dalam molekul trigliserida memicu mobilitas elektron sehingga berpotensi untuk meningkatkan reaktivitas dan menyebabkan rantai trigliserida karbon lebih fleksibel [12]. Maka dari itu CSFO murni memiliki titik nyala tertinggi dibandingkan dengan variasi penambahan minyak terpentin, karena membutuhkan energi panas yang lebih besar untuk menyala dan terbakar sehingga ignition delay menjadi lebih lama.

## 2. Pengaruh Variasi Campuran Minyak Terpentin dan Minyak Bunga Matahari terhadap *Burning Rate Droplet*



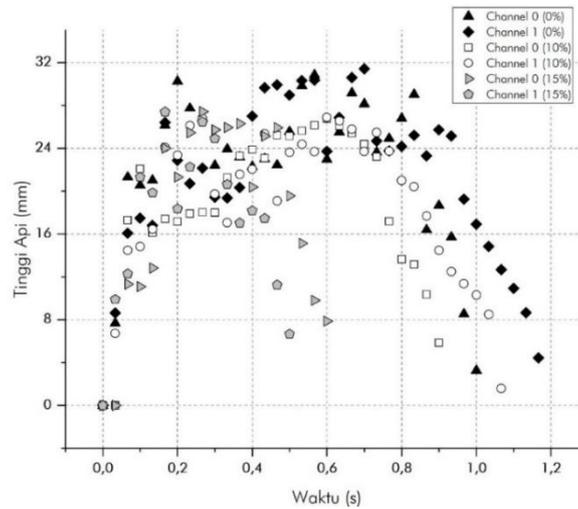
Gambar 3. Grafik Hubungan *Burning Rate* Ketiga Variasi terhadap Waktu

Hasil perhitungan burning rate pada grafik di atas menunjukkan bahwa variasi campuran 15% menjadi yang terbaik yang dibuktikan oleh nilai terendah pada burning max yaitu sebesar 1,08 mm<sup>2</sup>/s pada *channel* 1, dan diikuti dengan variasi campuran 10% sebesar 1,26 mm<sup>2</sup>/s pada *channel* 0. Hal ini dikarenakan sifat dari minyak terpentin yang dapat mengurangi viskositas dan mempercepat penguapan, sehingga gelembung dan ledakan mikro pada droplet berkurang dalam volatilitas dan laju pembakaran yang lebih tinggi [12].

CSFO murni memiliki viskositas dan tegangan permukaan yang lebih besar dibandingkan CSFO yang telah divariasikan dengan minyak terpentin, sehingga gelembung pada droplet sulit untuk memecah permukaan droplet [13]. Sulitnya gelembung untuk memecah permukaan droplet mengakibatkan gelembung terus membesar, sehingga ukuran droplet juga ikut membesar.

Perhitungan burning akan menunjukkan nilai yang tinggi jika diameter droplet membesar. Maka dari itu, CSFO murni menjadi yang tertinggi yaitu sebesar 2,05 mm<sup>2</sup>/s pada *channel* 0.

### 3. Pengaruh Variasi Campuran Minyak Terpentin dan Minyak Bunga Matahari terhadap Tinggi Api

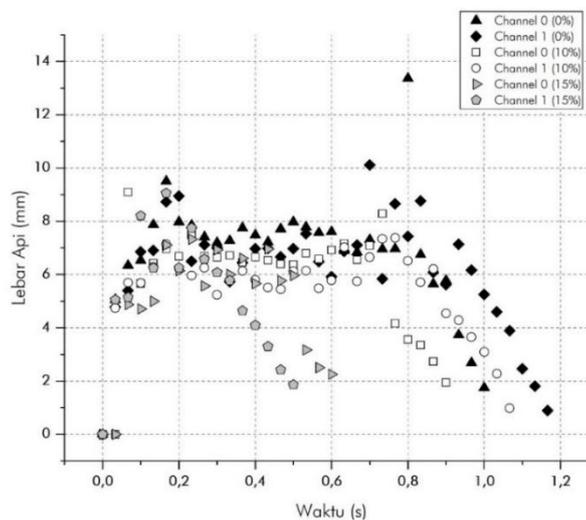


Gambar 4. Grafik Hubungan Tinggi Api Ketiga Variasi terhadap Waktu

Pada gambar 4 menunjukkan bahwa tinggi api maksimal yang nilainya terbesar terdapat pada CSFO murni yaitu sebesar 31,414 pada *channel* 1. Hal ini disebabkan oleh sering terjadinya fenomena *microexplosion* pada CSFO murni, sehingga mengakibatkan ukuran api yang cukup berontak. Tinggi api diukur dari titik terluar dari bentuk visualnya, sehingga fenomena *microexplosion* juga akan mempengaruhi ukuran tinggi api. Berbeda dengan variasi campuran 15% dan 10% yang menghasilkan tinggi api yang lebih kecil daripada CSFO murni, hal ini menunjukkan bahwa *microexplosion* menghilang dalam volatilitas dan laju pembakaran yang lebih tinggi [14].

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa variasi campuran 10% memiliki tinggi api maksimal yang lebih kecil dibandingkan dengan variasi 15%. Hasil tersebut disebabkan karena semakin banyak prosentase campuran minyak terpenin maka sifat minyak bunga matahari akan lebih mudah menguap, sehingga api akan lebih tinggi pada penguapan yang lebih tinggi.

### 4. Pengaruh Variasi Campuran Minyak Terpentin dan Minyak Bunga Matahari terhadap Lebar Api

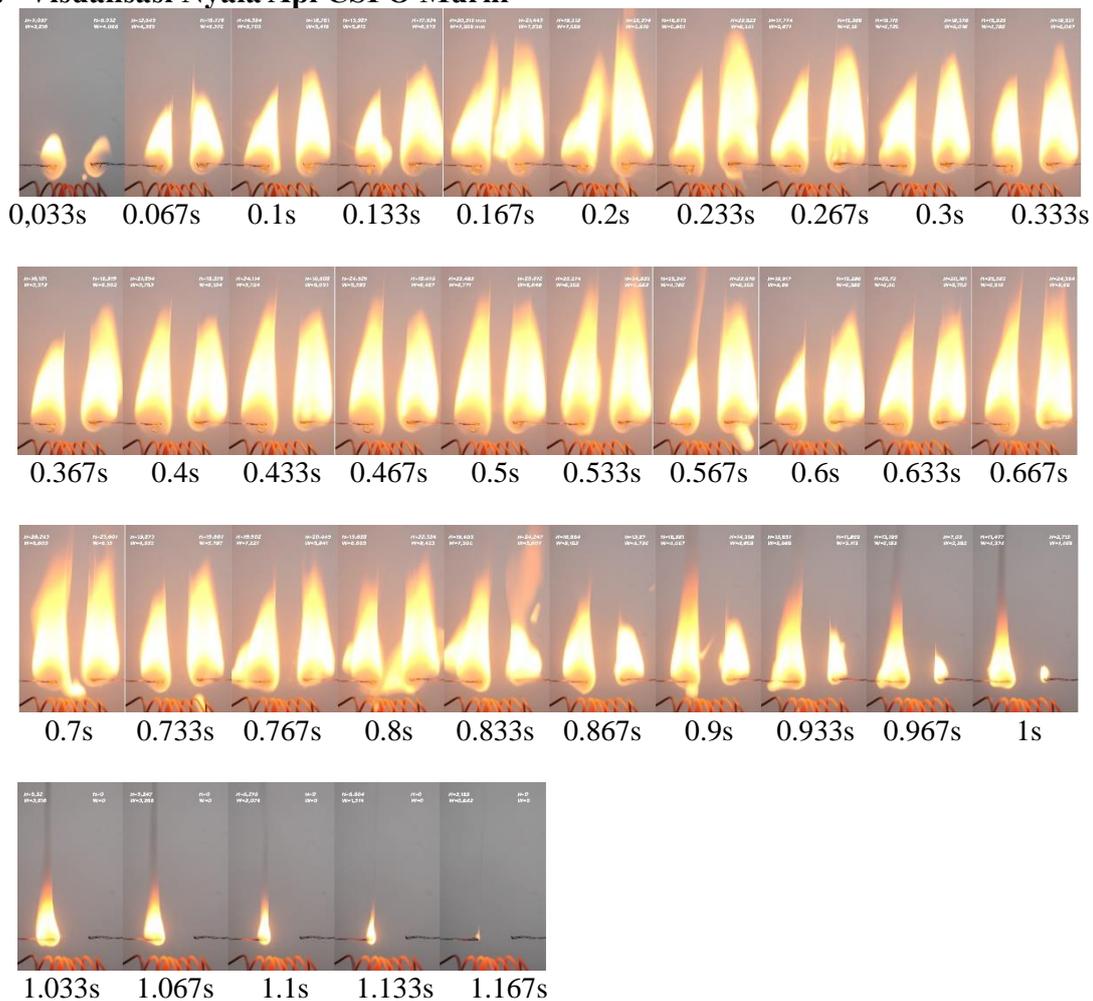


Gambar 5. Grafik Hubungan Lebar Api Ketiga Variasi terhadap Waktu

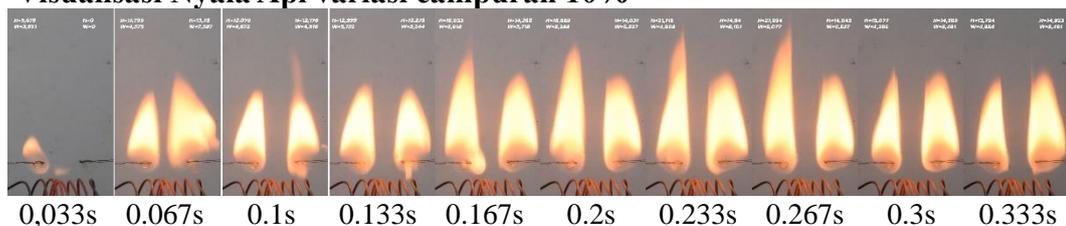
Pada grafik lebar api di atas sama halnya dengan data tinggi api yang memiliki nilai tertinggi adalah CSFO murni pada *channel 0* sebesar 13,37 mm. Data yang diperoleh disebabkan oleh satu fenomena yang sama yaitu *microexplosion*, sehingga lebar api diukur dari titik terluar termasuk fenomena tersebut. Berbeda dengan hasil tinggi api sebelumnya, lebar api variasi campuran 10% memiliki lebar api yang lebih besar dibandingkan dengan variasi campuran 15%. Hal ini disebabkan oleh sifat lebih mudah menguap pada prosentase campuran 15% minyak terpentin, sehingga api cenderung tinggi dan tidak melebar [15]. Selain itu, dengan prosentase 15% minyak terpentin, maka peristiwa *microexplosion* juga semakin berkurang sehingga lebih sedikit percikan api ke kanan maupun ke kiri yang menyebabkan lebar api lebih kecil.

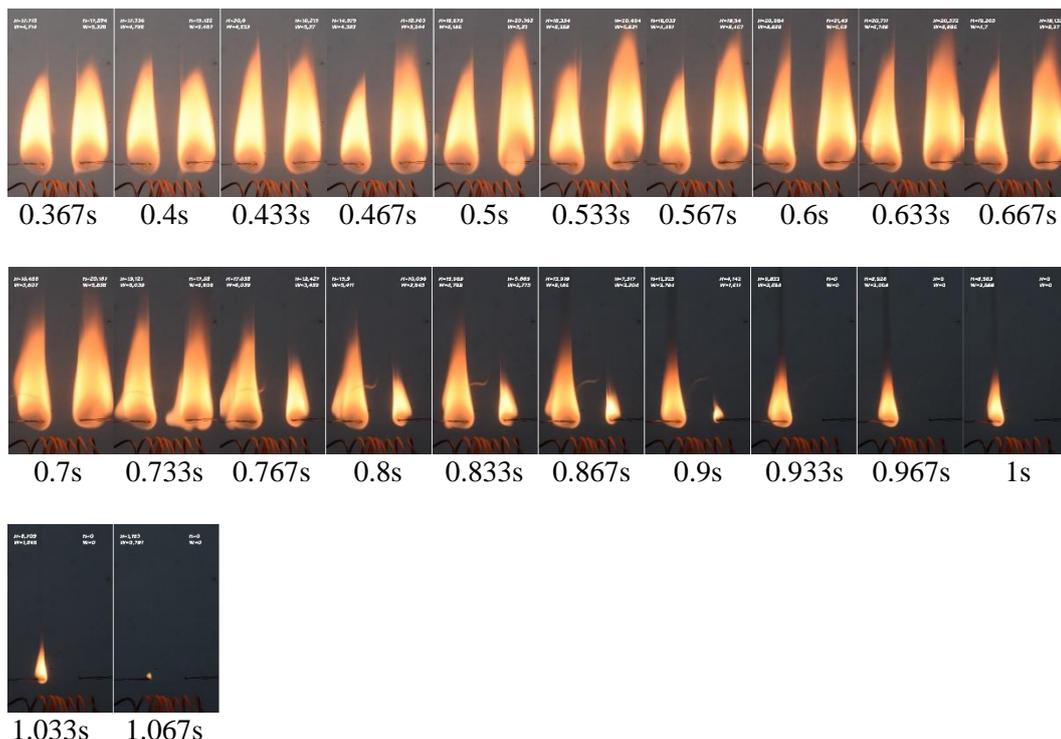
## 5. Visualisasi Nyala (Tinggi dan Lebar Api)

### a. Visualisasi Nyala Api CSFO Murni

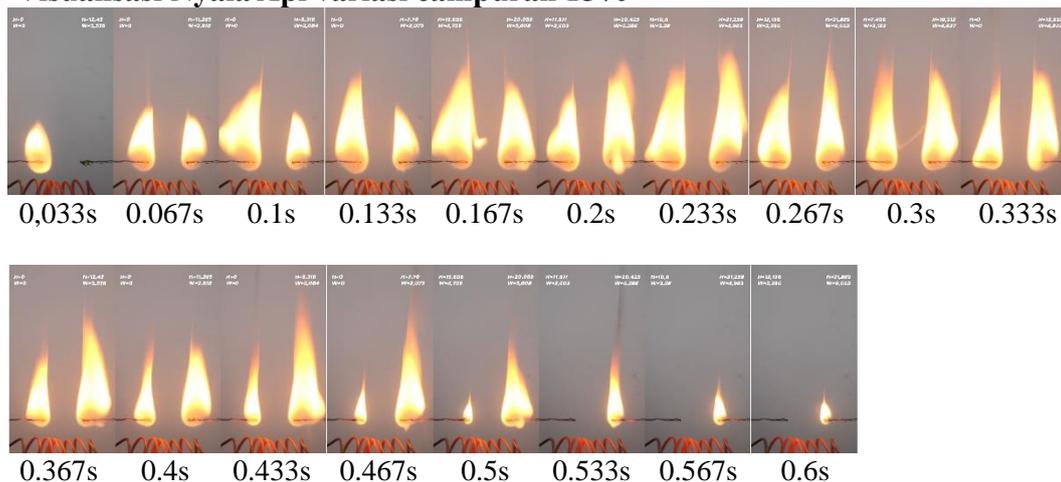


### b. Visualisasi Nyala Api variasi campuran 10%





**c. Visualisasi Nyala Api variasi campuran 15%**



Pada pembahasan gambar visualisasi di atas membahas tentang bentuk visualisasi api yang menunjukkan hasil laju pembakaran pada saat api mulai menyala hingga api padam. CSFO murni menyala selama 1,167s, variasi campuran 10% selama 1,067s, dan variasi campuran 15% selama 0,6s. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak prosentase campuran minyak terpentin maka laju pembakaran juga akan semakin meningkat. Hal ini sangat sesuai dikarenakan selain untuk mengurangi viskositas, minyak terpentin juga membantu proses penguapan. Minyak terpentin memiliki titik didih yang lebih rendah dibandingkan dengan minyak bunga matahari, sehingga dengan ditamhkannya minyak terpentin maka akan membantu mengurangi titik didih dari minyak bunga matahari tersebut. Hal ini didukung oleh sifat polar dari minyak bunga matahari yang sangat membantu selama proses pencampuran [12].

Visualisasi api pada gambar di atas memperlihatkan bahwa pada setiap pengujian terjadi fenomena ledakan api/microexplosion. Pada visualisasi di atas menunjukkan bahwa fenomena microexplosion paling banyak terjadi pada pengujian CSFO murni. Terjadinya microexplosion disebabkan oleh perbedaan titik didih dalam kandungan minyak [16]. Minyak bunga matahari memiliki komposisi utama yaitu asam lemak tak jenuh ganda, sehingga lebih

mudah mendidih. Karena sifatnya yang lebih mudah mendidih maka lebih cepat pula asam lemak menyusup ke dalam gliserol. Maka pada tekanan tertentu minumbulkan gelembung dan akan meledak menjadi ledakan mikro. Gambar di atas juga menunjukkan bahwa fenomena microexplosion berkurang seiring dengan volatilitas dan laju pembakaran yang lebih tinggi [12].

Api yang dihasilkan dari pembakaran di atas memiliki pola aliran nyala api tidak beraturan atau acak yang mengindikasikan aliran dengan gerakan sangat aktif. Hal tersebut menunjukkan bahwa nyala api di atas adalah jenis aliran api turbulen. Turbulensi terjadi karena pengujian dilakukan dengan jenis pembakaran difusi, sehingga faktor media penguapannya sangat mempengaruhi jenis aliran api. Nyala api yang dihasilkan pada gambar di atas menunjukkan bentuk api yang lonjong ke atas, hal tersebut juga dikarenakan oleh jenis dari pembakaran, yaitu jenis pembakaran difusi. Bagian dengan panas terendah berada pada bagian bawah yaitu daerah yang berada di sekitaran droplet, bagian dengan panas sedang yaitu berada pada bagian tengah dengan nyala kuning cerah, bagian terpanas berada pada bagian atas dengan warna kuning kemerahan, dan pada bagian ter atas berwarna hitam adalah produk dari pembakaran yang berupa asap hitam.

Minyak terpentin terbukti membantu mengurangi emisi gas buang pada minyak bunga matahari. Seperti pada visualisasi api di atas yang menunjukkan bahwa emisi terbanyak terjadi pada CSFO murni, sebanyak 9 frame dengan asap hitam di atasnya, terbanyak kedua yaitu variasi campuran 10% sebanyak 5 frame, dan yang terakhir adalah variasi campuran 15% sebanyak 3 frame. Hasil ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Dubey et.al., 2010 yang membuktikan bahwa semakin banyak prosentase minyak terpentin maka emisi gas buang juga akan lebih berkurang.

## KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi prosentase campuran maka temperatur akan semakin rendah. Hal ini disebabkan oleh nilai titik didih minyak terpentin yang lebih rendah daripada minyak bunga matahari, sehingga dengan penambahan minyak terpentin tersebut membantu mengurangi nilai titik didih pada minyak bunga matahari
2. Burning rate yang diperoleh menunjukkan bahwa variasi campuran 15% menjadi yang terbaik, hal ini dikarenakan sifat minyak terpentin yang dapat membantu mengurangi viskositas, mempercepat penguapan, dan memiliki titik didih yang rendah. sehingga semakin tinggi prosentase minyak terpentin, maka laju pembakaran akan semakin cepat.
3. CSFO murni memiliki tinggi api maksimal yang nilainya terbesar. Hal ini disebabkan oleh sering terjadinya fenomena microexplosion pada CSFO murni, sehingga mengakibatkan ukuran api yang cukup berontak. Tinggi api diukur dari titik terluar dari bentuk visualnya, sehingga fenomena microexplosion juga akan mempengaruhi ukuran tinggi api. Variasi campuran 10% memiliki tinggi api maksimal yang lebih kecil dibandingkan dengan variasi 15%. Hasil tersebut disebabkan karena semakin banyak prosentase campuran minyak terpentin maka sifat minyak bunga matahari akan lebih mudah menguap, sehingga api akan lebih tinggi pada penguapan yang lebih tinggi.
4. Lebar api yang memiliki nilai terbesar adalah CSFO murni. sama halnya tinggi api, Data yang diperoleh disebabkan oleh satu fenomena yang sama yaitu microexplosion, sehingga lebar api diukur dari titik terluar termasuk fenomena tersebut. Variasi campuran 15% memiliki lebar yang nilainya lebih kecil. Hal ini dikarenakan sifat lebih mudah menguap pada prosentase campuran 15% minyak terpentin, sehingga api cenderung tinggi dan tidak melebar.
5. Semakin banyak prosentase campuran minyak terpentin maka laju pembakaran juga akan semakin meningkat. Visualisasi api yang didapat memperlihatkan bahwa pada setiap pengujian terjadi fenomena ledakan api/microexplosion. Penelitian ini membuktikan bahwa semakin

banyak prosentase minyak terpentin maka titik awan juga akan lebih berkurang. Yang dibuktikan dengan semakin berkurangnya asap hitam dari pembakaran.

#### DAFTAR RUJUKAN

- [1] Yunizurwan, “Analisis Potensi dan Peluang Ekonomi Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar (*Jatropha Curcas* L) Sebagai Bahan Bakar Alternatif,” 2007.
- [2] S. Muksin, “Kajian Pemakaian Bahan Bakar Pada Motor Diesel Generator Mak Di Pltd Gunung Patti Semarang Jawa Tengah,” *J. Teknol.*, vol. 11, no. 2, pp. 2030–2038, 2014.
- [3] W. Najibullah, A. Wahab, and E. Marlina, “Pengaruh Penambahan Bahan Bakar Minyak Jarak (*Jatropha* Oil) dan Bioaditif Terhadap Performa dan Emisi Gas Buang Pada Mesin Diesel,” *J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, 2017.
- [4] E. Marlina, W. Wijayanti, L. Yuliati, and I. N. G. Wardana, “The role of pole and molecular geometry of fatty acids in vegetable oils droplet on ignition and boiling characteristics,” *Renew. Energy*, vol. 145, pp. 596–603, 2020, doi: 10.1016/j.renene.2019.06.064.
- [5] N. K. Julianti, T. K. Wardani, I. Gunardi, and A. Roesydi, “Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit RBD dengan Menggunakan Katalis Berpromotor Ganda Berpenyangga  $\gamma$ -Alumina ( $\text{CaO/MgO}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) dalam Reaktor Fluidized Bed,” *Tek. Pomits*, vol. 3, no. 2, pp. 143–147, 2014.
- [6] M. Thirumarimurugan, V. M. Sivakumar, A. M. Xavier, D. Prabhakaran, and T. Kannadasan, “Preparation of Biodiesel from Sunflower Oil by Transesterification,” *Int. J. Biosci. Biochem. Bioinforma.*, vol. 2, no. 6, pp. 441–444, 2012, doi: 10.7763/IJBBB.2012.V2.151.
- [7] G. A. Pereyra-Irujo, N. G. Izquierdo, M. Covi, S. M. Nolasco, F. Quiroz, and L. A. N. Aguirrezábal, “Variability in sunflower oil quality for biodiesel production: A simulation study,” *Biomass and Bioenergy*, vol. 33, no. 3, pp. 459–468, Mar. 2009, doi: 10.1016/j.biombioe.2008.07.007.
- [8] A. Kadarohman, “Eksplorasi Minyak Atsiri Sebagai Bioaditif Bahan Bakar Solar,” *Pengajaran MIPA*, vol. 14, no. 2, p. 20, 2009.
- [9] W. S. Pono, *Buku Pegangan Hasil Hutan Bukan Kayu*, no. August 2013. Yogyakarta: POHON CAHAYA, 2013.
- [10] H. Sastrohamidjojo, *Kimia minyak atsiri*. Gadjah Mada University Press, 2014.
- [11] R. A. Saputra, N. A. Wigraha, and G. Widayana, “Pengaruh Pencampuran Bahan Bakar Pertalite Dengan Minyak Terpentin Dan Minyak Atsiri Terhadap Penurunan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Supra X 125,” *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 5, no. 2, Jul. 2017, doi: 10.23887/jjtm.v5i2.11690.
- [12] E. Marlina, W. Wijayanti, L. Yuliati, and I. N. G. Wardana, “The role of 1.8-cineole addition on the change in triglyceride geometry and combustion characteristics of vegetable oils droplets,” *Fuel*, vol. 314, no. August, p. 122721, 2022, doi: 10.1016/j.fuel.2021.122721.
- [13] E. Marlina, I. N. G. Wardana, L. Yuliati, and W. Wijayanti, “The effect of fatty acid polarity on the combustion characteristics of vegetable oils droplets,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 494, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/494/1/012036.
- [14] E. Marlina, M. Basjir, and R. D. Purwati, “The Response of Adding Nanocarbon to the Combustion Characteristic of Crude Coconut Oil (CCO) Droplets,” *Automot. Exp.*, vol. 5, no. 1, pp. 68–74, 2022, doi: 10.31603/ae.4954.
- [15] E. Marlina, H. Y. Nanlohy, I. Gusti Ketut Puja, and H. Riupassa, “Droplet combustion behavior of crude palm oil-carbon nanoparticles blends,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1034, no. 1, p. 012039, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1034/1/012039.
- [16] E. Marlina, M. Basjir, M. Ichianagi, T. Suzuki, G. J. Gotama, and W. Anggono, “The

role of eucalyptus oil in crude palm oil as biodiesel fuel,” *Automot. Exp.*, vol. 3, no. 1, pp. 33–38, 2020, doi: 10.31603/ae.v3i1.3257.