

## **PENGARUH PENCAMPURAN TERPENTIN DENGAN CPO (CRUDE PALM OIL) TERHADAP PEMBAKARAN DOUBLE DROPLET**

**M. Nur Khalim<sup>1\*</sup>, Ena Marlina<sup>2</sup>, Nur Robbi<sup>3</sup>**

<sup>1\*</sup>Universitas Islam Malang.

E-mail: khalim98.jo@gmail.com

<sup>2</sup>Universitas Islam Malang.

E-mail: ena.marlina@unisma.ac.id

<sup>3</sup>Universitas Islam Malang.

E-mail: nurrobby@unisma.ac.id

### **ABSTRACT**

*Crude Palm Oil (CPO) is a vegetable oil that has the potential to be developed into biodiesel, but if applied directly CPO can damage the engine due to its high viscosity. Turpentine is one of the bio additives that can be used to lower the viscosity of vegetable oils. In this study, CPO was mixed with turpentine to reflect its viscosity. The method used in this study is true experimental research using double droplet combustion. In this study, there were three samples used, namely 100% CPO (pure CPO), 90% CPO (90% CPO + 10% turpentine), and 85% CPO (85% CPO + 15% turpentine). From this study, the highest temperature at 85% CPO was obtained at 674.1 °C. The fastest burning rate at CPO is 90% with a burning rate of 0 – 0.966 s on chanel 1 and 0 – 0.966 s on chanel 2. Meanwhile, the highest height in CPO is 85% with 21.41 mm and the highest fire width in CPO is 85% at 6.1 mm. from the research data, it can be concluded that the addition of terpenti is proven to reduce and improve the combustion quality of CPO droplets.*

**Keywords :** Biodiesel, CPO, Bio additive, Turpentine

### **ABSTRAK**

*Crude Palm Oil (CPO) merupakan minyak nabati yang sangat potensial untuk dikembangkan menjadi biodiesel, tapi jika diterapkan secara langsung CPO dapat merusak mesin karena viskositasnya yang tinggi. Terpentin merupakan salah satu bio aditif yang dapat digunakan menurunkan viskositas dari minyak nabati. Dalam penelitian ini CPO dicampur dengan terpentin untuk menerunkan viskositasnya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental nyata (*true experimental research*) dengan menggunakan pembakaran *double droplet*. Dalam penelitian ini terdapat tiga sampel yang digunakan yaitu CPO 100% (CPO murni), CPO 90% (90% CPO + 10% terpentin), dan CPO 85% (85% CPO + 15% terpentin). Dari penelitian ini diperoleh temperatur tertinggi pada CPO 85% sebesar 674,1 °C. *Burning rate* tercepat pada CPO 90% dengan laju pembakaran selama 0 – 0,966 s pada *chanel* 1 dan 0 – 0,966 s pada *chanel* 2. Sedangkan tinggi tertinggi pada CPO 85% dengan 21,41 mm dan lebar api tertinggi pada CPO 85% denag 6,1 mm. dari data penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan terpenti terbukti dapat menurunkan dan memperbaiki kualitas pembakaran droplet CPO.*

**Kata Kunci:** Biodiesel; CPO; Bio aditif; Terpentin

## PENDAHULUAN

Bahan bakar di era industrialisasi merupakan sebuah kebutuhan pokok yang sangat vital dalam kehidupan sehari-hari, baik untuk transportasi, industri, pembangkit energi listrik dan lain sebagainya. Berdasarkan dari laporan Rencana Strategis (RENSTRA) Kementerian ESDM tahun 2015-2019 rata-rata peningkatan kebutuhan bahan bakar fosil di Indonesia tiap tahunnya sebesar 36 juta *barrel oil equivalent* (BOE) dari tahun 2000 sampai tahun 2014, sedangkan cadangan minyak bumi di Indonesia hanya sebesar 3,6 miliar barel dan diperkirakan akan habis dalam 13 tahun mendatang [1]. Semakin menipisnya cadangan minyak bumi dan efek negatif yang ditimbulkan karena polusi bahan bakar minyak, mengharuskan adanya sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkepanjangan.

Biodiesel merupakan bakar alternatif yang dapat diperoleh dari pemrosesan minyak nabati maupun hewani [2]. Persediaan minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel sangatlah melimpah dan mudah untuk ditemui, emisi gas buang yang ditimbulkan oleh biodiesel sedikit karena kandungan oksigen didalamnya sehingga pembakaran lebih sempurna [3]. Salah satu bahan biodiesel yang sangat potensial untuk digunakan adalah *Crude Palm Oil* (CPO). CPO merupakan salah satu minyak nabati yang paling banyak di temui. Indonesia merupakan salah satu penghasil CPO terbesar di dunia [4]. Kekurangan minyak nabati adalah memiliki viskositas yang tinggi sehingga bila digunakan sebagai bahan bakar dalam jangka panjang dapat merusak mesin [5].

Permasalahan viskositas pada minyak nabati dapat di atasi dengan penambahan zat aditif. Terdapat dua macam zat aditif, yaitu aditif sintesis (buatan) dan bioaditif (berasal dari tumbuhan) seperti minyak akar wangi (*vertiver oil*), minyak sereh wangi (*cintronella oil*), minyak kayu putih (*cajeput oil*), dll [6]. Salah satu jenis bio aditif yang banyak di jumpai dan potensial untuk di kembangkan di Indonesia adalah terpentin. Terpentin merupakan minyak yang di hasilkan dari pemrosesan getah pinus [7].

Berdasarkan latar belakang di atas pencampuran terpentin dengan minyak sawit merupakan salah satu solusi untuk menciptakan bahan bakar yang murah, ramah lingkungan dan berkelanjutan akan tetapi penelitian mengenai penambahan terpentin dengan minyak sawit dengan metode *double droplet* belum pernah diteliti. Oleh karena itu peneliti ingin melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Pencampuran Terpentin dengan CPO (*Crude Palm Oil*) Terhadap Pembakaran *Double Droplet*”. Karena terpentin merupakan salah satu minyak atsiri yang cepat menguap dan akan mempengaruhi karakteristik pembakaran CPO.

## METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan metode eksperimental nyata (*true experimental research*) dimana pengamatan dilakukan secara langsung pada objek yang diteliti dengan cara membandingkan satu atau lebih kelompok pengujian dengan perlakuan dan tanpa perlakuan menggunakan *double droplet*.

Minyak yang digunakan dalam penelitian ini yaitu CPO dan terpentin. CPO merupakan minyak yang diperoleh dari proses ekstraksi daging buah tanaman kelapa sawit yang memiliki warna jingga kemerah-merahan [8]. CPO merupakan lemak semi padat yang memiliki komposisi tetap seperti minyak nabati lainnya yang tersusun atas komponen utama trigliserida dan nontrigliserida [8]. CPO yang digunakan dalam penelitian ini merupakan CPO murni tanpa campuran yang dijual bebas di toko-toko bahan kimia, dengan kandungan dan karakteristik sebagai berikut:

**Table 1.** Komposisi CPO

Bahan kimia komposisi	Cn:db	Rumus	Isi (%)	Masa molekul (g/mol)
Plamitat	16:0	(C16H32HA1 <sub>2</sub> )	40 -47	256,4241
Oleat	18:1	(C18H34HA1 <sub>2</sub> )	36-44	282,4614
Linoleat	18:2	(C18H32HA1 <sub>2</sub> )	6-12	280,4455
Stearat	18:0	(C18H36HA1 <sub>2</sub> )	3-6	284,2772
Palmitoleik	16:1	(C16H30HA1 <sub>2</sub> )	0-0,6	254,4042
Linolenat	18:3	(C18H30HA1 <sub>2</sub> )	0-0,5	278,4296

Sumber: Marlina *et al.*, (2020)**Table 2.** Karakteristik CPO

Properti	Parameter ukur
<i>Density</i>	918 kg/m <sup>3</sup> at 15 °C
<i>Kinematic viscosity</i>	40-45 mm <sup>2</sup> /s
<i>Cetane number</i>	42
<i>HHV</i>	39,5 MJ/kg
<i>Flash point</i>	267 °C
<i>Carbon residue</i>	0,32% wt
<i>Lodine value</i>	48-58 gl <sub>2</sub> /g

Sumber: J. Blin *et al.*, (2013)

Terpentin merupakan minyak yang diperoleh dari proses ekstraksi getah atau destilasi batang pohon pinus [7]. Terpentin merupakan minyak yang mudah terbakar, menguap, dan mengandung 40% *pinena* dari berat terpentin, yang terdiri dari 58% – 65% *pinena* dan *terpen* isometrik lainnya [11]. Umumnya terpentin tersusun dari campuran *isomer* tak jenuh, *hidrocarbon monoterpena bisiklis*, dan C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>. Terpentin yang digunakan dalam penelitian ini merupakan terpentin murni dari perusahaan lokal yang dapat dijumpai di toko bahan kimia. Terpentin memiliki komposisi dan karakteristik sebagai berikut:

**Table 3.** Komposisi terpentin

Senyawa	Isi (%)
<i>α-Pinena</i>	64,6
<i>Kamfena</i>	2,96
<i>β-Pinena</i>	4,38
<i>β-Mirsena</i>	1,81
<i>Dihidro 4 karena</i>	2,21
<i>δ-Karena</i>	9,97
<i>Simol</i>	6
<i>Limonena</i>	3,49
<i>γ-Terpinena</i>	2,15
<i>α-Terpinolena</i>	0,74
<i>α-Pinena oksida</i>	0,89
<i>Thujol</i>	0,31
<i>Verbenol</i>	0,45

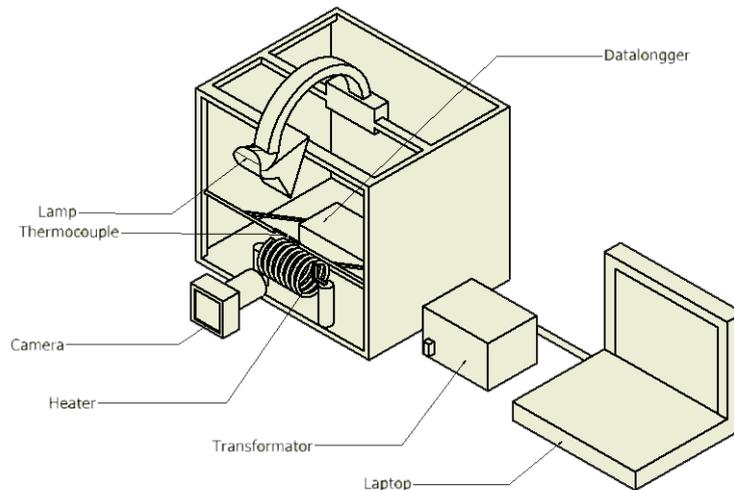
Sumber: Amini, Masruri, &amp; Rahman, (2014)

**Tabel 4.** Karakteristik terpenin

Properti	Parameter ukur
<i>Flash Poin</i>	38 °C
<i>Cloud Point</i>	-15 °C
<i>Pour Point</i>	-23 °C
<i>Density</i>	0,92 kg/m <sup>3</sup>
<i>Cetane Index</i>	38
<i>Higer Calorific Value</i>	44400 kJ/Kg
<i>Kinematic Viscosity</i>	2,4 mm <sup>2</sup> /s at 40 °C
<i>Laten Heat of Vaporization</i>	285 kJ/Kg

Sumber: Dubey & Gupta, (2016)

Pada penelitian ini CPO akan di campur dengan terpenin dengan variasi campuran CPO 100 (CPO tanpa campuran terpenin), CPO 90% (CPO dengan campuran 90% CPO + 10% terpenin), CPO 85% (CPO dengan campuran 85% CPO + 15% terpenin). Setelah pencampuran selesai maka droplet akan diletakan pada ujung termokopel dengan menggunakan alat pembentuk droplet dengan diameter 1 mm, kemudian droplet akan dipanaskan dengan pemanas agar terjadi pembakaran. Data hasil pengujian akan diperoleh dari *data longger* berupa waktu dan suhu dan dari kamera berupa vidio pengujian yang nanti akan diproses lebih lanjut menggunakan *frame studio* untuk menjadikan vidio menjadi beberapa *frame* dan aplikasi *image j* untuk mengukur lebar droplet, tinggi api, dan lebar api.



**Gambar 1.** Instalasi penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah penelitian dilakukan maka akan diperoleh beberapa data sebagai berikut:

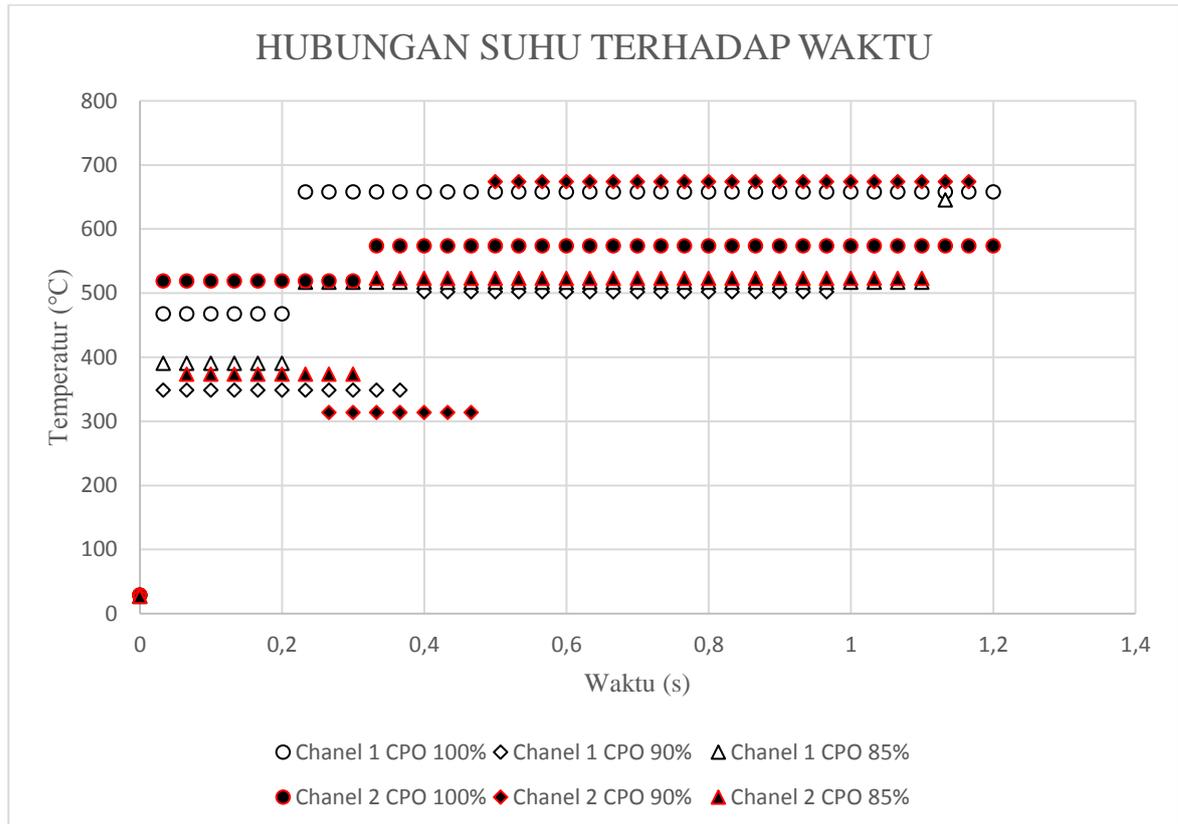
**Tabel 5.** Hasil pengujian karakteristik pembakaran droplet CPO dengan variasi CPO 100%, CPO 90%, CPO 85%

Variasi Campuran	Karakteristik Pembakaran									
	<i>Burning max</i> (mm <sup>2</sup> /s)		Temperatur nyala (°C)		Temperatur max (°C)		Tinggi api max (mm)		Lebar api max (mm)	
	Chn 1	Chn 2	Chn 1	Chn 2	Chn 1	Chn 2	Chn 1	Chn 2	Chn 1	Chn 2
CPO 100%	1,29	1,15	467,6	518,9	658,1	573,7	19,32	18,09	6	5,18
CPO 90%	1,02	0,94	348,6	313,7	502	674,1	20,55	19,15	4,31	4,55
CPO 85%	1,17	1,02	390,3	373,4	645,3	523,1	19,18	21,41	5,33	6,1

Keterangan:

- CPO 100% = 100% CPO Murni
- CPO 90% = 90% CPO + 10% Terpentin
- CPO 85% = 85% CPO + 15% Terpetin
- Temperatur nyala = temperatur awal pembakaran droplet
- Temperatur Max = temperatur tertinggi pada pembakaran
- Chn 1 = Chanel 1
- Chn 2 = Chanel 2

### 1. Pengaruh Penambahan Terpentin Terhadap Temperatur Api



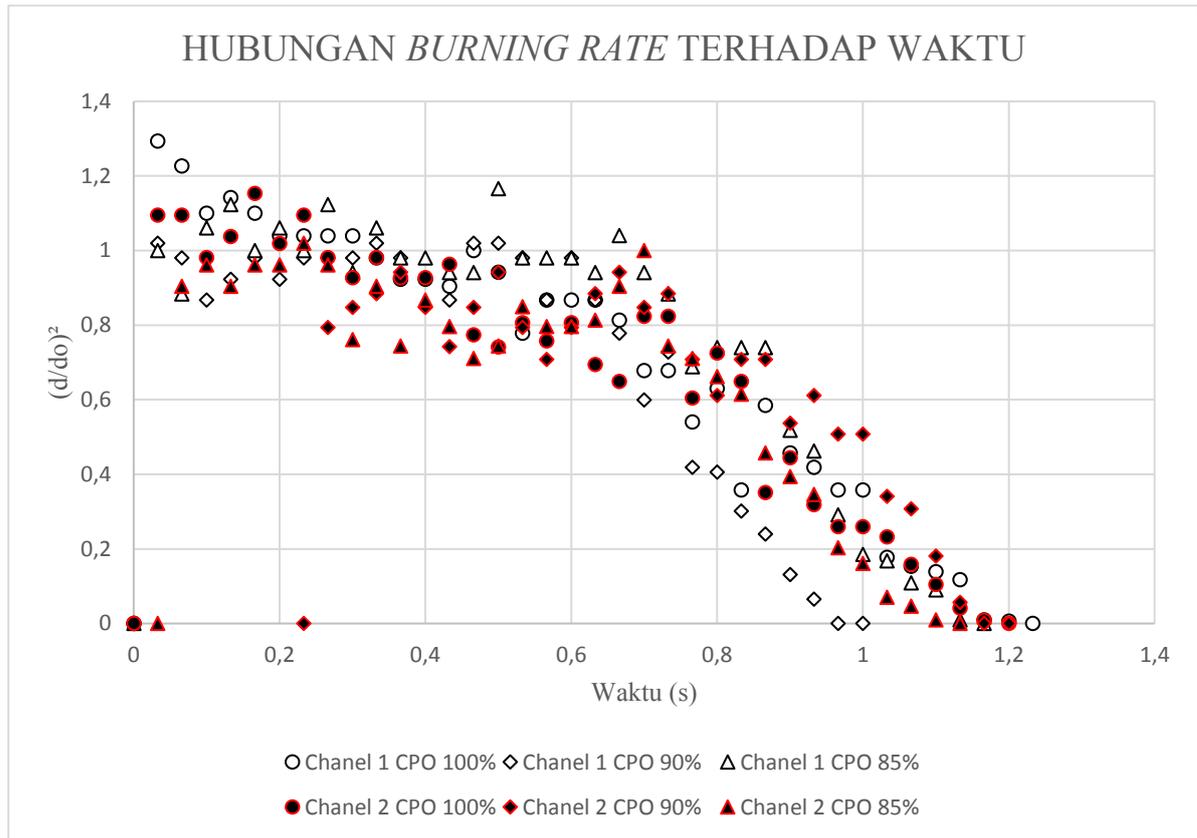
Gambar 2. Grafik temperatur droplet CPO

Pada gambar 2 kita dapat mengetahui bahwa penambahan terpenin terhadap pembakaran droplet CPO dengan berbagai variasi berpengaruh terhadap temperatur pembakaran droplet. Grafik diatas menunjukkan bahwa CPO 85% memiliki temperatur nyala yang lebih rendah dari CPO 90% dan CPO 100. CPO 100% membutuhkan temperatur penyalaaan yang lebih tinggi karena CPO didominasi oleh asam lemak non polar. Hal ini sesuai dengan pernyataan [14] yang menyebutkan bahwa polaritas yang lemah pada minyak nabati akan menyebabkan reaktifitas antar molekul yang rendah dan suhu yang dibutuhkan untuk penyalaaan yang tinggi. Penambahan terpenin berpengaruh terhadap penurunan viskositas CPO, sehingga pembakaran terjadi dalam kurun waktu yang lebih singkat. Hal ini sesuai dengan pernyataan [9] yang mengatakan kandungan aromatik pada minyak atsiri dapat menurunkan viskositas dan meningkatkan flash point.

Pada grafik diatas kita juga dapat melihat bahwa temperatur tertinggi terjadi pada Chanel 2 dengan CPO 90%. Penambahan 10% terpenin kedalam CPO menyebabkan viskositas CPO menurun. Penurunan viskositas menyebabkan titik nyala droplet CPO 90% lebih rendah, pada pembakaran droplet CPO 90% terdapat perbedaan suhu antara chanel 1 dan chanel 2. Perbedaan suhu antara chanel 1 dan chanel 2 disebabkan karena chanel 1 menyala lebih awal menyebabkan

*chanel 1* memiliki temperatur yang lebih rendah dibanding *chanel 2*, sedangkan pada *chanel 2* memiliki temperatur yang paling tinggi yang disebabkan karena radiasi dari pembakaran *chanel 1* membuat tegangan menurun drastis sehingga menyebabkan pembakaran yang singkat dan suhu tinggi. Pada gambar grafik diatas kita juga bisa melihat bahwa titik nyala CPO 85% lebih tinggi daripada CPO 90% hal ini disebabkan penambahan terpentin yang terlalu banyak pada CPO membuat *droplet* semakin jenuh sehingga dapat menurunkan kualitas pembakaran.

## 2. Pengaruh Penambahan Terpentin Terhadap *Burning rate*

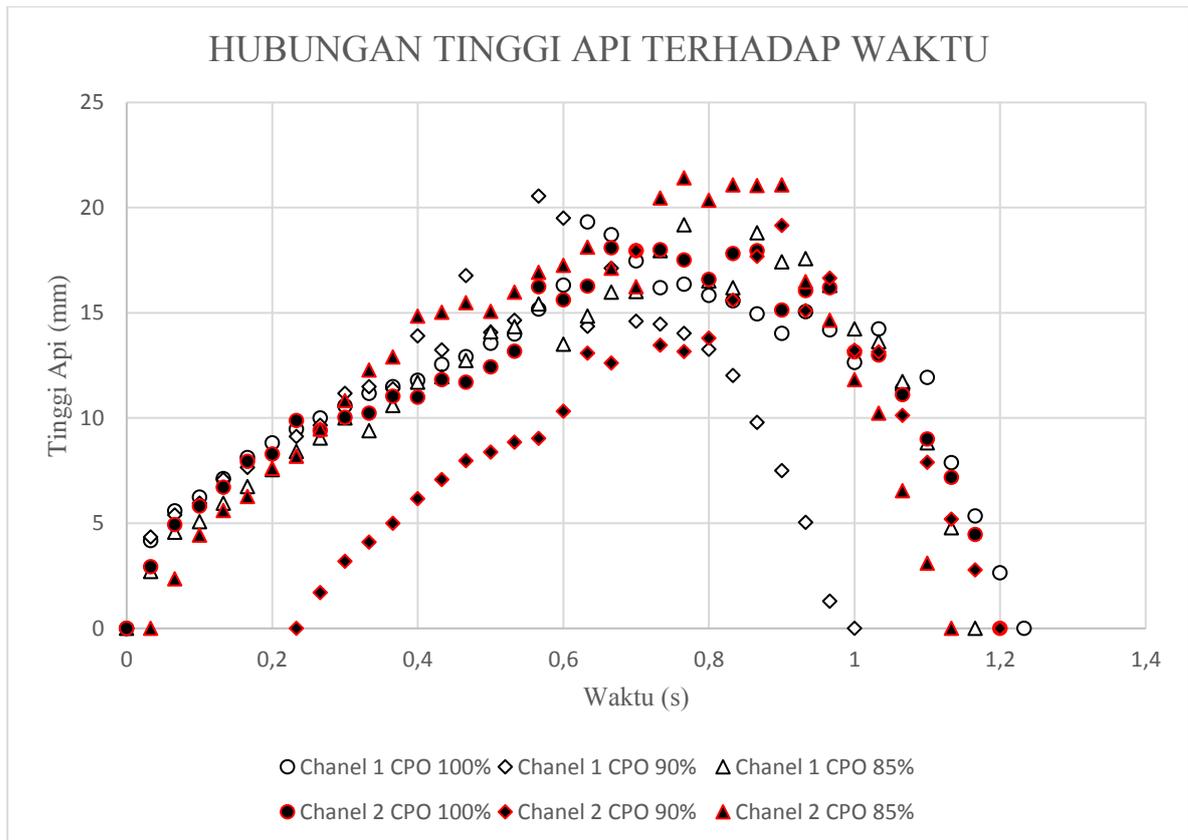


**Gambar 3.** Grafik *burning rate droplet* CPO

Gambar 3 menunjukkan hasil *burning rate* dari tiap pengujian. Dari gambar tersebut kita dapat mengetahui bahwa *burning rate* CPO 100% merupakan yang terbesar sedangkan CPO 90% dan CPO 85% lebih kecil. *Burning rate* yang semakin kecil menunjukkan bahwa pembakaran tersebut lebih baik karena nilai *burning rate* berbanding lurus dengan kuadrat droplet, semakin kecil nilai *burning rate* maka pembakaran semakin lama. CPO terdiri dari asam lemak nonpolar myebabkan gaya van der Waals didalamnya lemah sehingga gaya tarik menarik antar molekul didalamnya kecil menyebabkan laju pembakaran yang lambat [5]. Karakteristik pembakaran CPO dengan tambahan terpentin lebih baik daripada *droplet* CPO 100%, hal ini dikarenakan viskositas *droplet* yang menurun sehingga menyebabkan transfer panas dapat terjadi lebih cepat.

Pada gambar grafik diatas CPO 90% memiliki nilai *burning rate* yang lebih kecil dibanding dengan CPO 85% hal ini disebabkan karena penambahan terpentin yang semakin banyak akan menyebabkan *droplet* lebih jenuh sehingga menghambat pembakaran. Pada pembakaran *droplet* CPO 90% dapat dilihat terdapat perbedaan waktunya antara *chanel 1* dan *chanel 2*, perbedaan antara waktu nyala *chanel 1* dan *chanel 2* sebesar 0,2 detik. Perbedaan waktu nyala ini terjadi akibat adanya transfer energi yang tidak merata, *droplet chanel 1* menerima panas lebih awal dari *droplet chanel 2* sehingga terjadi pembakaran pada *droplet chanel 1* sedangkan pada *droplet chanel 2* menyala setelah 0,2 detik dari *droplet chanel 1*.

### 3. Pengaruh Penambahan Terpentin Terhadap Tinggi Api

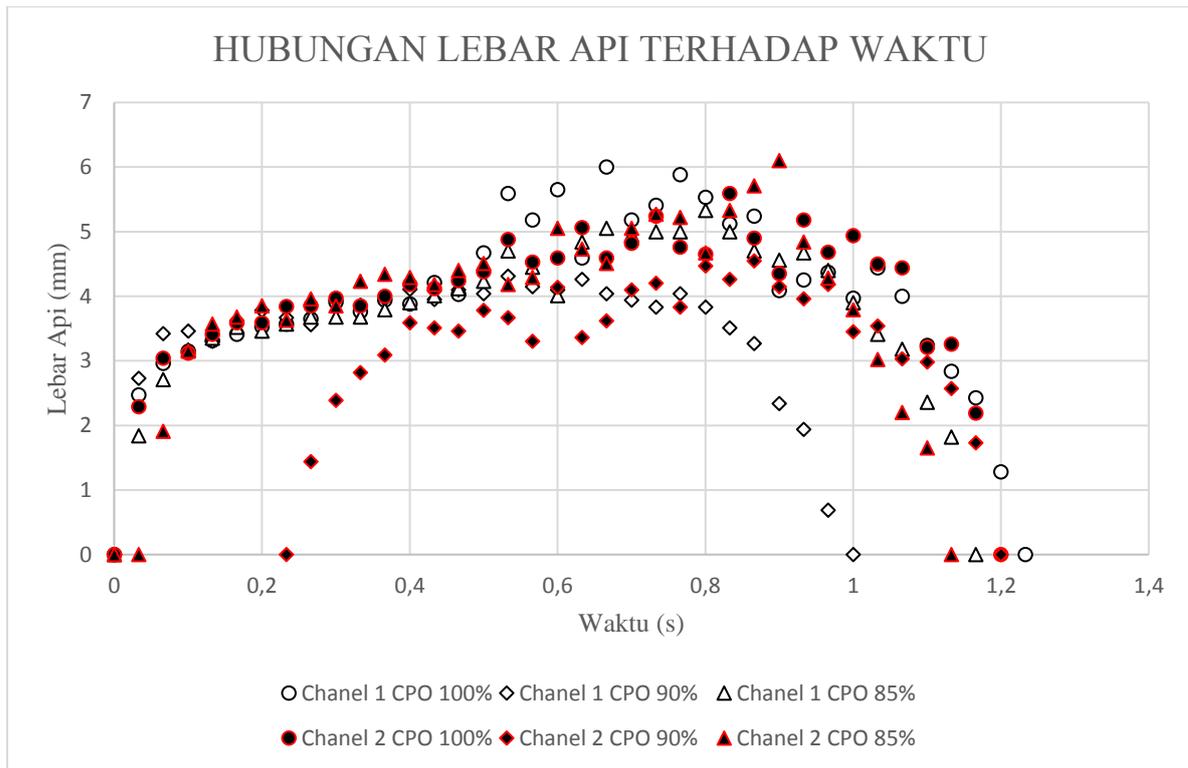


Gambar 4. Grafik tinggi api *droplet* CPO

Pada gambar 4 kita dapat mengetahui tinggi api yang dihitung dari awal mula pembakaran *droplet* hingga mati. Pada grafik dapat dilihat bahwa tinggi api maksimal yang terjadi yaitu CPO 85% sebesar 19,18 mm pada *chanel* 1 dan 21,41 mm pada *chanel* 2, sedangkan pada CPO 90% tinggi api maksimal yaitu 20,55 mm pada *chanel* 1 dan 19,15 mm pada *chanel* 2, dan pada CPO 100% yaitu sebesar 19,32 mm pada *chanel* 1 dan 18,09 mm pada *chanel* 2.

Penambahan terpentin terbukti berpengaruh terhadap perubahan tinggi api, ini dapat dilihat pada CPO 85 % api lebih tinggi dibanding dengan CPO 100%. Perbedaan tinggi api ini menunjukkan bahwa penambahan terpentin kedalam *droplet* CPO berpengaruh terhadap tinggi api yang dihasilkan, hal ini disebabkan karena terpentin dapat mengurangi viskositas *droplet* CPO sehingga meningkatkan pembakaran *droplet*.

#### 4. Pengaruh Penambahan Terpentin Terhadap Lebar Api

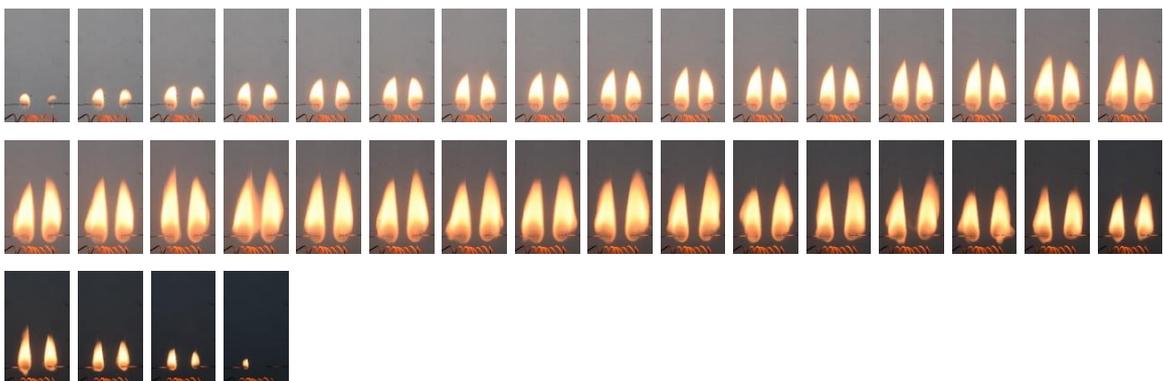


Gambar 5. Grafik lebar api *droplet* CPO

Pada gambar 5 kita dapat mengetahui bahwa penambahan terpentin dapat mempengaruhi lebar api. Lebar api maksimal yang terjadi yaitu pada CPO 85% sebesar 5,33 mm pada *chanel* 1 dan 6,1 mm pada *chanel* 2, pada CPO 90% lebar api maksimal yaitu 4,31 mm pada *chanel* 1 dan 4,55 mm pada *chanel* 2, sedangkan pada CPO 100% lebar api maksimal yaitu 6 mm pada *chanel* 1 dan 5,18 mm pada *chanel* 2. Dari grafik diatas kita dapat mengetahui bahwa secara keseluruhan lebar api CPO 100% lebih dominan dari CPO 90% dan CPO 85%, perbedaan ini terjadi karena penambahan terpentin pada CPO menyebabkan terjadinya perubahan *droplet* dan laju pembakaran yang lebih tinggi sehingga *microexplosion* berkurang dan menyebabkan api hasil pembakaran *droplet* CPO dengan terpentin tidak melebar. Sedangkan pada *droplet* CPO 85% memiliki lebar api yang paling tinggi hal ini dikarenakan terjadi *microexplosion* karena perbedaan titik didih antara terpentin dan CPO sehingga berpengaruh terhadap lebar api. Munculnya *microexplosion* menyebabkan nyala api yang cepat dan melebar [15].

#### 5. Visualisasi Nyala Api

##### a. CPO 100%



**b. CPO 90%**



**c. CPO 85%**



Pada visualisasi gambar diatas kita dapat mengetahui bahwa penambahan terpentin terhadap deoplet CPO berpengaruh terhadap karakteristik pembakarannya. Pada gambar diatas kita dapat mengetahui bahwa penambahan terpentin dapat mempersingkat pembakaran, dari hasil penelitian diperoleh waktu pembakaran CPO 100% 0 – 1,2 s pada chanel 1 dan 0 – 1,166 s pada chanel 2, pada CPO 90% selama 0 – 0,966 s pada chanel 1 dan 0 – 0,966 s pada chanel 2, sedangkan pada CPO 85% selama 0 – 1,133 s pada chanel 1 dan 0 – 1,066 s pada chanel 2. dari visualisasi kita dapat mengetahui bahwa lama waktu pembakaran tercepat adalah pembakaran CPO 90%, sedangkan pada CPO 100% memiliki waktu pembakaran yang paling lama, ini membuktikan bahwa penambahan terpentin dapat memper baiki karakteristik pembakaran droplet CPO.

Pada visualisasi pembakaran diatas kita juga mengetahui bahwa pembakaran droplet CPO 100% akan menghasilkan api yang lebih membulat dibandingkan dengan api dari droplet CPO 90% dan 85%. Api pada pembakaran droplet CPO 100% lebih membulat karena laju penguapan yang rendah yang disebabkan oleh viskositas droplet CPO yang tinggi, sedangkan pada droplet CPO dengan tambahan terpentin akan cenderung lebih memanjang ini disebabkan karena terjadi penguapan yang tinggi.

Dari visuali sasi diatas kita dapat mengetahui pada pembakaran CPO 90% tidak terjadi peristiwa *microexplosion*, ini dapat terjadi karena pada CPO 90% penambahan terpentin mengurangi viskositas CPO sehingga membuat panas cepat merambat dan mempercepat terjadinya pembakaran. Menghilangnya *microexplosion* menunjukkan laju pembakaran yang sangat tinggi [16]. Sedangkan pada CPO 100% dan CPO 85% terjadi *microexplosion*, ini dapat terjadi karena adanya perbedaan titik didip pada droplet tersebut. Pada CPO 100% *microexplosion* terjadi akibat persebaran panas yang lambat pada droplet sehingga terjadi perbedaan titik didih antara bagian droplet yang dekat dengan sumber panas dengan bagian droplet yang jauh dari sumber

panas. Sedangkan pada CPO 85% microexplosion terjadi akibat perbedaan dari titik didih antara CPO dengan terpenin.

Visualisasi diatas kita juga dapat membandingkan warna api yang dihasilkan dari pembakaran. Pada gambar diatas kita dapat melihat bahwa warna api pada droplet dengan penambahan terpenin lebih terang serta jelaga yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan pembakaran droplet CPO 100%. Adanya jelaga pada pembakaran droplet CPO 100% menunjukkan bahwa pembakaran yang terjadi tidak sempurna, hal ini disebabkan karena CPO merupakan minyak nabati nonpolar yang tersusun dari rantai hidrokarbon yang panjang sehingga memiliki viskositas yang tinggi sehingga ketika dibakar akan menimbulkan jelaga karena pembakaran yang tidak sempurna [17]. Selain pada CPO 100% jelaga juga muncul pada CPO 85% ini dikarenakan dengan penambahan terpenin 15% droplet akan lebih jenuh sehingga kualitas pembakaran menurun.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian *droplet* CPO 100%, CPO 90%, dan CPO 85% dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan terpenin terbukti dapat mengurangi viskositas CPO. Ini dapat dibuktikan dengan CPO 100% memiliki titik nyala yang lebih tinggi dibanding dengan CPO dengan penambahan terpenin. Sedangkan temperatur nyala tertinggi yaitu pada CPO dengan penambahan terpenin 10% dikarenakan viskositas CPO yang menurun sehingga meningkatkan laju pembakaran.
2. CPO 100% memiliki laju pembakaran yang lebih lambat dibanding dengan CPO 90% dan CPO 85%. Lambatnya pembakaran pada CPO 100% disebabkan karena viskositas CPO yang tinggi, dengan menambahkan terpenin kedalam CPO dapat menurunkan viskositasnya sehingga laju pembakaran akan lebih singkat.
3. Tinggi api maksimum terjadi pada CPO dengan penambahan terpenin 85%, ini dikarenakan penambahan terpenin mengurangi viskositas CPO sehingga tegangan permukaan. Sedangkan pada CPO 100% api cenderung membulat sehingga memiliki tinggi api yang rendah, hal ini dikarenakan CPO memiliki viskositas dan tegangan permukaan yang tinggi.
4. Lebar api maksimal terjadi pada pembakaran CPO 85%, ini terjadi karena dengan penambahan terpenin 15% terjadi perbedaan titik didih antara terpenin dan CPO sehingga membuat api melebar.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] A. Fitriyatus, A. Fauzi, and B. Juanda, "Peramalan Penyediaan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia dengan Model Sistem Dinamik Prediction of Fuel Supply and Consumption in Indonesia with System Dynamics Model Pendahuluan," vol. 17, no. 2, pp. 118–137, 2018.
- [2] T. B. G. Egziabher and S. Edwards, "Biodiesel energi baru terbarukan," *Africa's potential Ecol. Intensif. Agric.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [3] B. P. Anand, C. G. Saravanan, and C. A. Srinivasan, "Performance and exhaust emission of turpentine oil powered direct injection diesel engine," *Renew. Energy*, vol. 35, no. 6, pp. 1179–1184, 2010, doi: 10.1016/j.renene.2009.09.010.
- [4] H. J. Purba, B. M. Sinaga, T. Novianti, and R. Kustiari, "Industri Biodiesel Indonesia The Impact of Trade Policy on Indonesia ' s Biodiesel Industry Development," vol. 36, no. 1, pp. 1–24, 2018.
- [5] 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.

- [6] K. Sudhakar and A. Kadarohman, "Laporan Energi," vol. 5, pp. 467–479, 2019, doi: 10.1016/j.egy.2019.04.009.
- [7] Saputra, R. A., Wigraha, N. A., & Widayana, G. (2017). Pengaruh Pencampuran Bahan Bakar Pertalite Dengan Minyak Terpentin Dan Minyak Atsiri Terhadap Penurunan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Supra X 125. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 5(2).
- [8] S. Arita, M. B. Dara, and J. Irawan, "Pembuatan Metil Ester Asam Lemak Dari Cpo Off Grade Dengan Metode Esterifikasi-Transesterifikasi," *J. Tek. Kim.*, vol. 15, no. 2, pp. 34–43, 2008, doi: 52-150-1-PB.
- [9] E. Marlina, M. Basjir, M. Ichiyanagi, T. Suzuki, G. Jeremy, and W. Anggono, "The Role of Eucalyptus Oil in Crude Palm Oil As Biodiesel Fuel," vol. 3, no. 1, pp. 33–38, 2020.
- [10] Blin, J., Brunschwig, C., Chapuis, A., Changotade, O., Sidibe, S. S., Noumi, E. S., & Girard, P. (2013). Characteristics of vegetable oils for use as fuel in stationary diesel engines—Towards specifications for a standard in West Africa. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 580-597.
- [11] Ringgani, R., Budhijanto, B., & Budiman, A. (2016). Kinetika reaksi isomerisasi  $\alpha$ -pinene. *Eksergi*, 13(1), 7-12.
- [12] R. Amini, Masruri, and M. Rahman, "Analisis minyak terpentin (Pinus merkusii) hasil produksi perusahaan lokal dan perdagangan menggunakan kromatografi gas-Spektroskopi massa (KG-SM) serta metode pemurniannya," *Student J.*, vol. 1, no. 1, pp. 147–153, 2014.
- [13] P. Dubey and R. Gupta, "Effects of dual bio-fuel ( Jatropha biodiesel and Turpentine oil ) on a single cylinder naturally aspirated diesel engine without EGR," *Appl. Therm. Eng.*, 2016, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.12.125.
- [14] 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 The effect of fatty acid polarity on the combustion characteristics of vegetable oils droplets," 2019, doi: 10.1088/1757-899X/494/1/012036.
- [15] Marlina, E., Basjir, M., & Purwati, R. D. (2022). The Response of Adding Nanocarbon to the Combustion Characteristic of Crude Coconut Oil (CCO) Droplets. *Automotive Experiences*, 5(1), 68-74.
- [16] 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*, no. August, p. 122721, 2021, doi: 10.1016/j.fuel.2021.122721.
- [17] E. Marlina, H. Y. Nanlohy, I. G. K. Puja, and H. Riupassa, "Droplet combustion behavior of crude palm oil-carbon nanoparticles blends Droplet combustion behavior of crude palm oil- carbon nanoparticles blends," 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1034/1/012039.