

PENGARUH PENAMBAHAN TERPENTIN TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN *DROPLET* MINYAK JARAK SEBAGAI BAHAN BAKAR BIODIESEL

Eka Ristiana Firdaus¹, Ena Marlina², Margianto³

¹⁾ Universitas Islam Malang.

E-mail: ekaristifrds@gmail.com

²⁾ Universitas Islam Malang.

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

³⁾ Universitas Islam Malang.

E-mail: margianto@unisma.ac.id

ABSTRAK

Minyak nabati merupakan produk bahan alam dari keragaman hayati Indonesia yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai energi alternatif bahan bakar biodiesel. Salah satu minyak nabati yang dimaksud yaitu *Crude Jatropha Oil* (CJO) atau umumnya disebut dengan minyak jarak. Pada CJO terdapat komponen trigliserida, oleh karena itu CJO memiliki viskositas yang tinggi dan rendahnya laju penguapan. Metode pencampuran dengan minyak atsiri adalah salah satu cara untuk mengurangi nilai viskositas. Dalam penelitian ini menyelidiki secara eksperimental pembakaran *double droplet* dalam ruang bakar di suhu ruang menggunakan biodiesel CJO murni dan CJO yang dicampurkan dengan minyak terpentin dengan prosentase CJO 10% dan CJO 15%. *Droplet* berdiameter 1mm yang ditetaskan diujung termokopel dengan posisi horizontal. Kemudian akan dipanaskan dengan daya *heater* sebesar 170,9watt dimana jarak *droplet* dengan *heater* adalah 3mm dan jarak antara dua *droplet* adalah 5mm. Kamera dengan kecepatan 30 *frame/detik* digunakan untuk merekam proses pembakaran *droplet*. Hasil menunjukkan bahwa CJO 0% pada setiap waktu, mulai dari penyalaan *droplet* hingga api mati berlangsung selama 8,07 detik, CJO 10% selama 7,00 detik dan CJO 15% selama 5,83 detik. Tinggi dan lebar api yang paling besar nilainya terdapat pada variasi CJO 15% dengan tinggi 23,76 dan untuk lebar api bisa diperkirakan karena melebihi *frame* serta ukuran *burning rate* kecil pada variasi CJO 15%. Bahan bakar CJO 15% mudah menguap karena semakin kecil *droplet burning rate* maka kualitas pembakaran semakin baik, karena *droplet* yang kecil akan mudah menguap.

Kata Kunci: biodiesel; *droplet*; CJO; dan terpentin.

ABSTRAK

Vegetable oil is a product of natural ingredients from Indonesia's biodiversity that has the potential to be used as an alternative energy for biodiesel fuel. One of the vegetable oils in question is Crude Jatropha Oil (CJO) or generally referred to as castor oil. In CJO there is a triglyceride component, therefore CJO has a high viscosity and low evaporation rate. The method of mixing with essential oils is one way to reduce the viscosity value. In this study experimentally investigated the combustion of double droplets in a combustion chamber at room temperature using pure CJO biodiesel and CJO mixed with turpentine oil with a percentage of 10% CJO and 15% CJO. Droplets with a diameter of 1mm are dropped on the tip of the thermocouple in a horizontal position. Then it will be heated with a heater power of 170.9 watts where the droplet

distance from the heater is 3mm and the distance between the two droplets is 5mm. A camera with a speed of 30 frames/second was used to record the droplet combustion process. The results show that 0% CJO at all times, from droplet ignition to fire extinguishing lasts for 8.07 seconds, 10% CJO for 7.00 seconds and 15% CJO for 5.83 seconds. The highest flame height and width are found in the 15% CJO variation with a height of 23.76 and the fire width can be estimated because it exceeds the frame and the burning rate is small in the 15% CJO variation. 15% CJO fuel is volatile because the smaller the droplet burning rate, the better the combustion quality, because the smaller droplets evaporate easily.

Keywords: biodiesel; droplets; CJO; and turpentine.

PENDAHULUAN

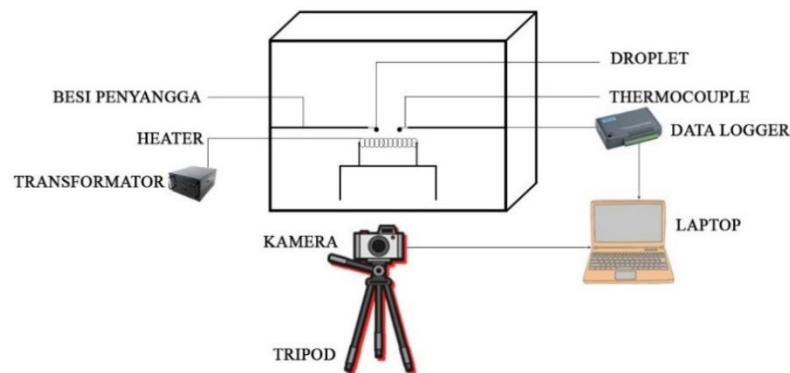
Era industrialisasi, bahan bakar minyak memegang peranan yang penting dalam mendukung perkembangan industri dan transportasi tanah air. Kenaikan konsumsi daya yang selangit ini diperkirakan akan terkonsentrasi di Amerika Latin, Afrika dan kantong-kantong perkotaan Asia. Untuk mengurangi terjadinya hal tersebut akan dilakukan pemanfaatan tumbuhan. Banyaknya berbagai macam tumbuhan yang tumbuh di Indonesia sangat bermanfaat bagi kehidupan, salah satunya akan diproduksi menjadi bahan bakar minyak nabati yang sudah di ekstrak. Biodiesel dapat digunakan sebagai bahan bakar minyak nabati pengganti bahan bakar fosil dimana ketersediaan energi dapat terbarukan dan tidak beracun, [1]. Biodiesel cenderung meningkatkan kinerja dan karakteristik emisi mesin diesel yang dapat mengurangi pemanasan global dan emisi gas buang. Namun, biodiesel minyak nabati memiliki viskositas dan densitas yang lebih tinggi yang menyebabkan permasalahan pada operasi mesin, seperti timbulnya kerak karbon pada komponen dan saluran bahan bakar seperti injektor, ring piston, katup, dan filter bahan bakar [2]. Viskositas minyak nabati lebih tinggi dari minyak solar karena minyak nabati memiliki rantai hidrokarbon dari kandungan trigliserida yang panjang [7,5]. Tertulis dalam jurnal [3], untuk mengurangi viskositas dan densitas yang terdapat pada minyak nabati yaitu dengan pencampuran bahan lain seperti etanol (alkohol) dan minyak kayu putih (minyak atsiri). Minyak atsiri merupakan bahan alami yang dapat melarutkan bahan organik dan tersusun atas komponen yang mudah menguap dan berat jenis yang rendah [7]. Salah satu minyak atsiri yaitu minyak terpentin yang diproses dengan cara destilasi dari getah tusam. Terpentin merupakan cairan pelarut yang kuat dan cukup kaya dengan kandungan "Alpha – Pinene" ($C_{10}H_{16}$) *Turpene Hydrocarbon* yang mudah terbakar, oleh sebabnya terpentin dapat digunakan sebagai bahan bakar [11]. Banyak penelitian tentang karakteristik pencampuran dan pembakaran minyak nabati telah dilakukan [5,7,8], namun masih banyak yang belum terungkap karena karakteristik pembakarannya yang sangat kompleks, sehingga masih diperlukan penelitian yang intensif terutama mengenai karakteristik pembakaran minyak nabati dengan metode *double droplet*, maka tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penambahan minyak terpentin terhadap karakteristik pembakaran *droplet* minyak jarak (CJO).

METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu minyak jarak dimana pada minyak jarak memiliki 16-18 atom karbon per molekul hidrokarbon, sehingga viskositas minyak jarak lebih tinggi (lebih kental) dan daya pembakarannya sebagai bahan bakar masih rendah [14]. Minyak jarak memiliki viskositas pada 40°C sebesar 35,52 cSt, sedangkan bahan bakar biodiesel pada umumnya memiliki nilai viskositas antara 2,2 - 5,3 cSt [4]. Minyak nabati tersusun dari beberapa jenis asam lemak, sedangkan komponen terbesar dalam CJO adalah oleat ($C_{18}H_{34}O_2$), palmitat ($C_{16}H_{32}O_2$) dan stearat ($C_{18}H_{36}O_2$) yang tergolong asam lemak nonpolar [2,5,7]. Minyak jarak ini akan dicampurkan dengan minyak terpentin. Minyak terpentin pada dasarnya bahan bakar nabati yang dapat dengan mudah diperoleh dari resin, oleoresin, yang diekstraksi dari getah pohon pinus. Secara fisik, itu adalah cairan kekuningan, buram, tidak berwarna, berbau, tidak dapat bercampur

dengan air. Secara kimia, minyak terpentin mudah menguap dan mudah terbakar. Karena sifat-sifatnya yang menonjol seperti “viskositas, nilai kalor” rendah, memiliki potensi yang memadai untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil konvensional [9]. Minyak terpentin mempunyai kandungan "Alpha – Pinene" ($C_{10}H_{16}$) [11] dan viskositas pada 30°C sebesar 2,5 cSt [12].

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental nyata (*experimental research*) dimana pengamatan dilakukan secara langsung pada objek yang diteliti dengan cara membandingkan variasi CJO 0% (100% minyak jarak murni), CJO 10% (90% minyak jarak + 10% terpentin), dan CJO 15% (85% minyak jarak + 15% terpentin). Dalam penelitian ini yaitu dilakukan pencampuran minyak secara *mixing* terlebih dahulu antara minyak jarak dengan minyak terpentin, dengan metode pembakaran *double droplet* yang dipanaskan menggunakan *heater* di ruang bakar. Dapat dilihat instalasi berikut:



Gambar 1. Instalasi Penelitian

Untuk memulai pengambilan data ini, dapat diukur dahulu jarak *thermocouple* dengan *heater* dengan jarak 3mm dan jarak antara 2 *droplet* yaitu 5 mm. Setelah mengatur jarak *thermocouple* dengan *heater* kemudian menyuntikan *droplet* menggunakan alat pembentuk *droplet* berdiameter 1,0 mm dan kemudian dipanaskan dengan *heater*. Pergerakan *droplet* api dari mulai penyalaan *heater*, *droplet* mendidih, api menyala hingga api padam diamati menggunakan kamera dengan kecepatan 30 *frame/detik*. Untuk pengukuran temperatur *droplet* menggunakan *thermocouple* yang direkam oleh data *logger* yang telah tersambung dengan laptop. Dalam proses pembakaran ini akan dihasilkan karakteristik pembakaran bahan bakar yang meliputi: *Ignition delay*, visualisasi api (tinggi dan lebar api), *burning rate*, temperatur dan *Microexplosion* yang dapat meningkatkan efisiensi pembakaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang telah dilakukan menghasilkan beberapa data yang dilampirkan pada tabel berikut.

Tabel.1 hasil pengujian karakteristik droplet biodiesel minyak jarak yang dicampurkan terpentin dengan berbagai variasi campuran.

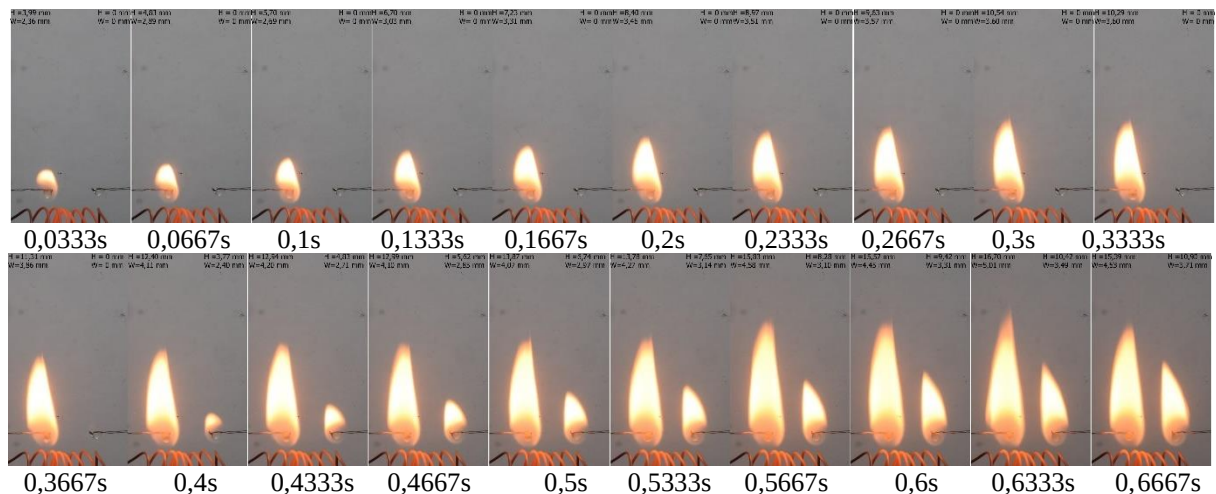
No.	Variasi Campuran	Karakteristik Pembakaran									
		Burning rate max (mm ² /s)		Temperatur nyala (°C)		Temperatur max (°C)		Tinggi api max (mm)		Lebar api max (mm)	
		Chn 2	Chn 1	Chn 2	Chn 1	Chn 2	Chn 1	Chn 2	Chn 1	Chn 2	Chn 1
1.	CJO 0%	1,695	2,526	265	341	608	706	22,30	17,28	5,22	4,93
2.	CJO 10%	1,458	2,086	211	184	530	362	22,27	18,31	5,80	6,02
3.	CJO 15%	1,319	1,378	245	282	530	567	22,36	23,76	5,90	5,79

Keterangan:

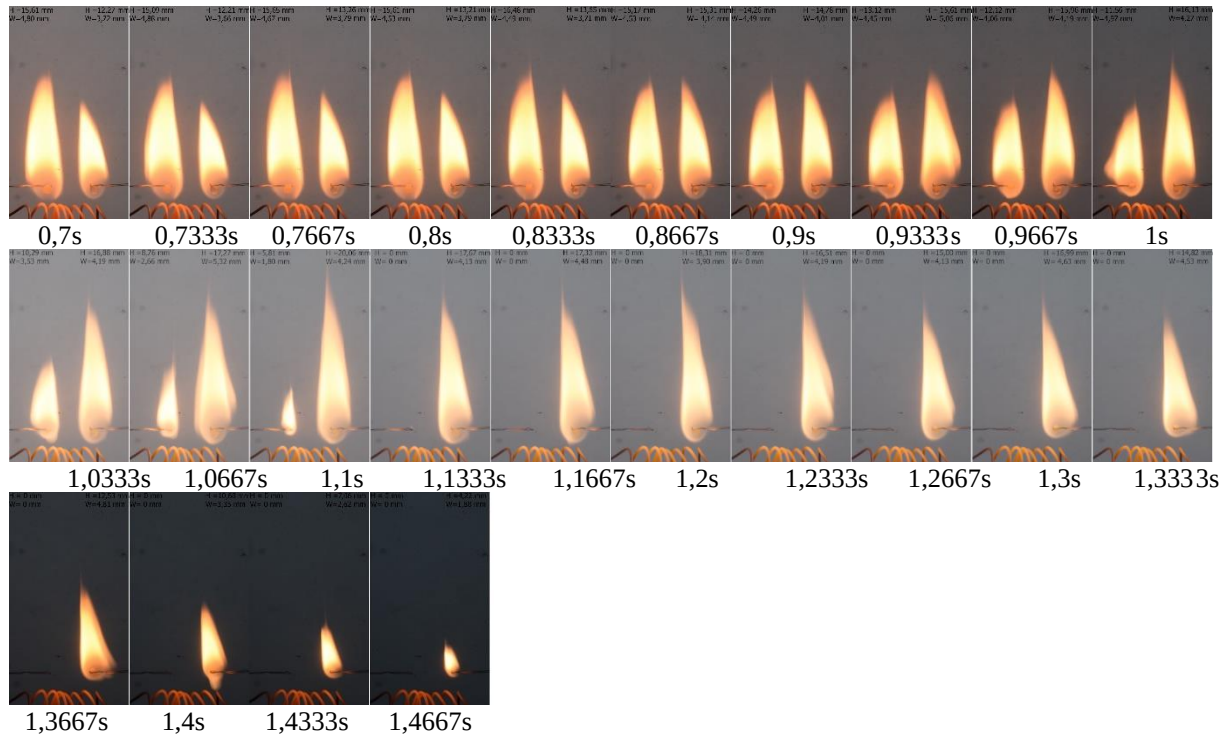
CJO 0% = 100% minyak jarak murni
 CJO 10% = 90% minyak jarak dan 10% terpentin
 CJO 15 % = 85% minyak jarak dan 15% terpentin
 Chn 1 = Droplet channel 1
 Chn 2 = Droplet channel 2
 Burning rate max = droplet perubahan
 Temperatur nyala = suhu ketika api menyala pertama
 Temperatur max = suhu tertinggi saat pembakaran
 Tinggi api max = tinggi api tertinggi saat pembakaran
 Lebar api max = lebar api tertinggi saat pembakaran

1. Visualisasi Api

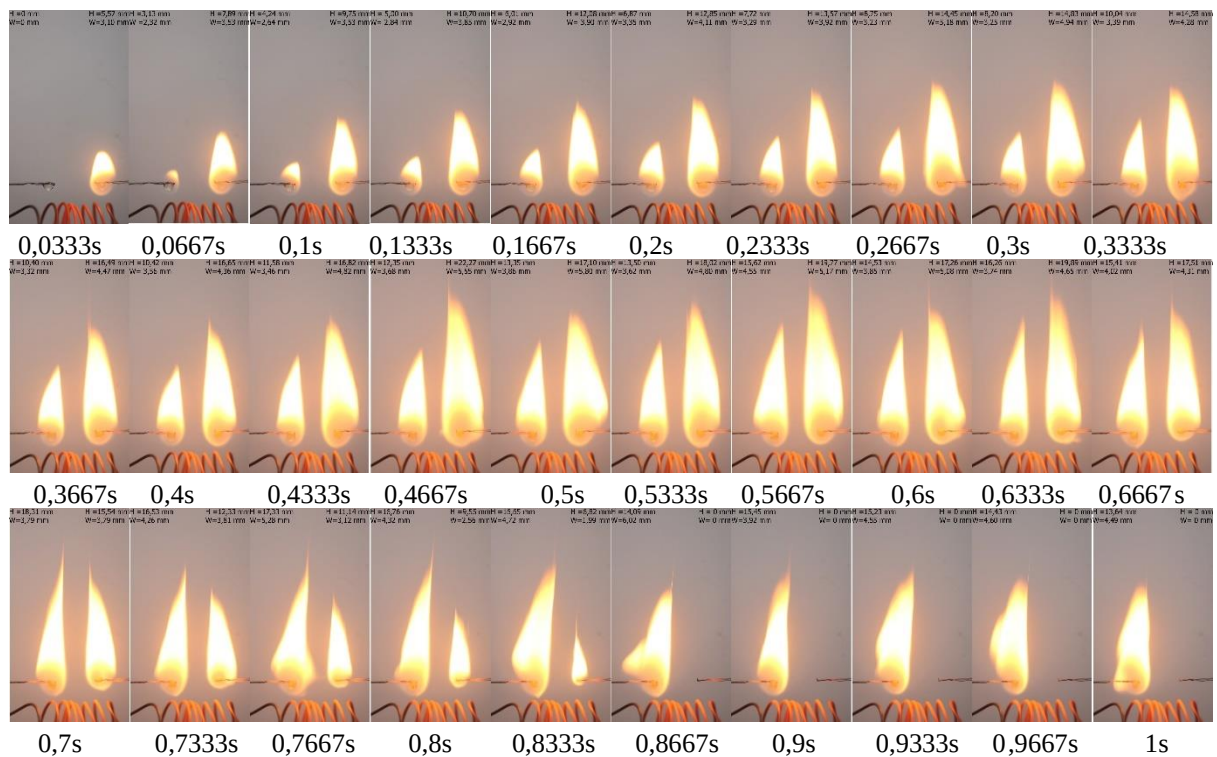
a. CJO 0%

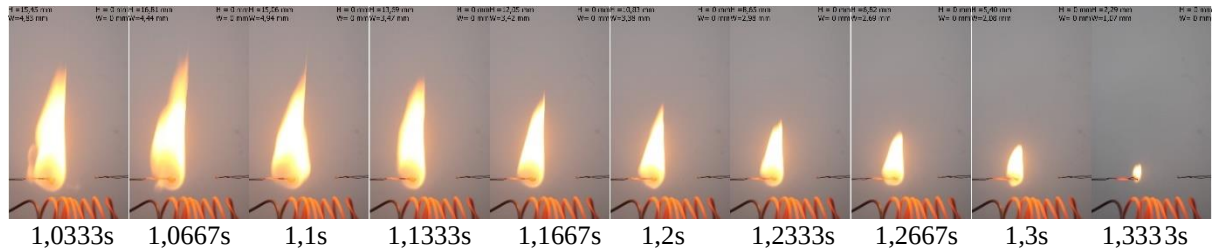


Pengaruh Penambahan Terpentin terhadap Karakteristik Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak sebagai Bahan Bakar Biodiesel

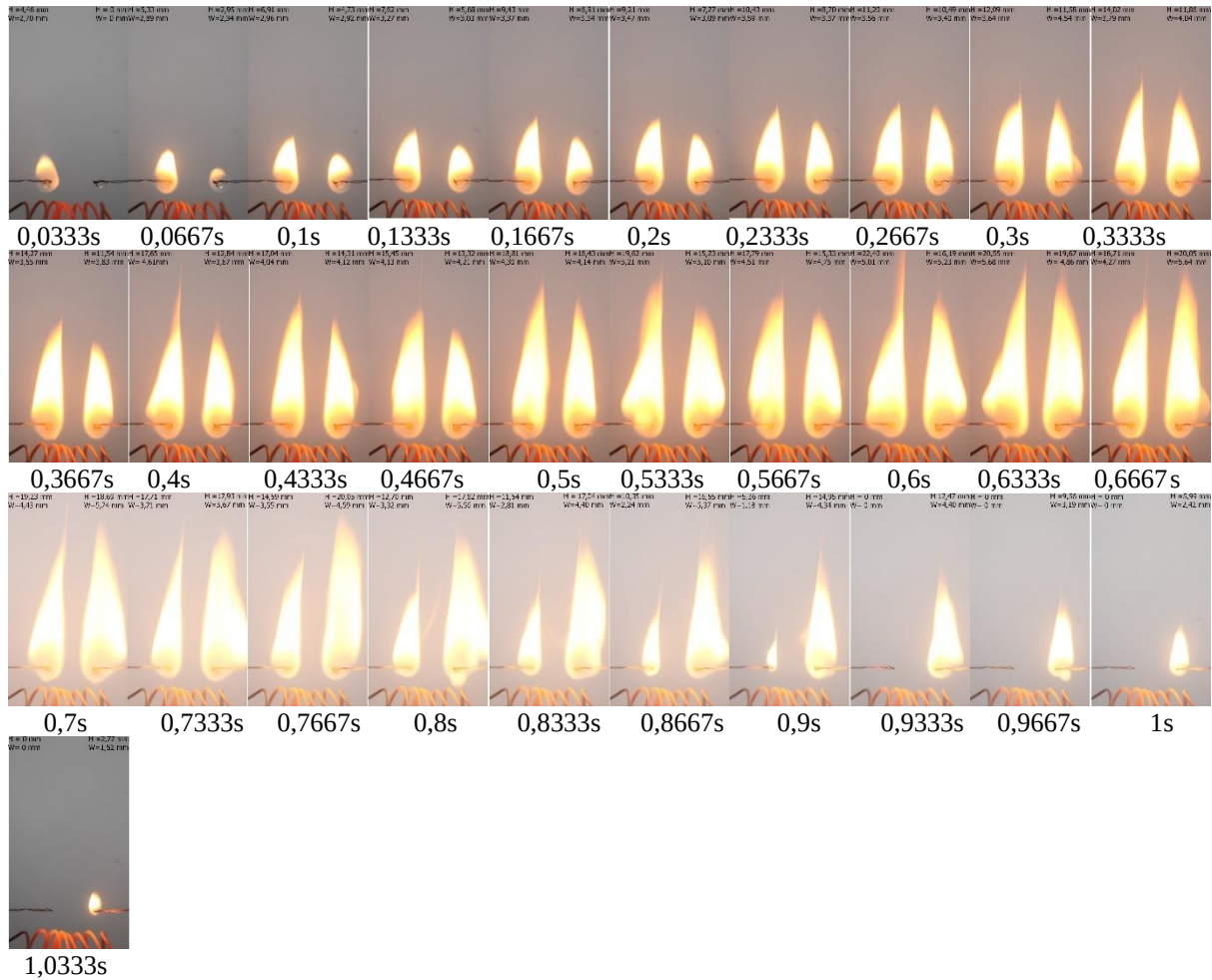


a. CJO 10%





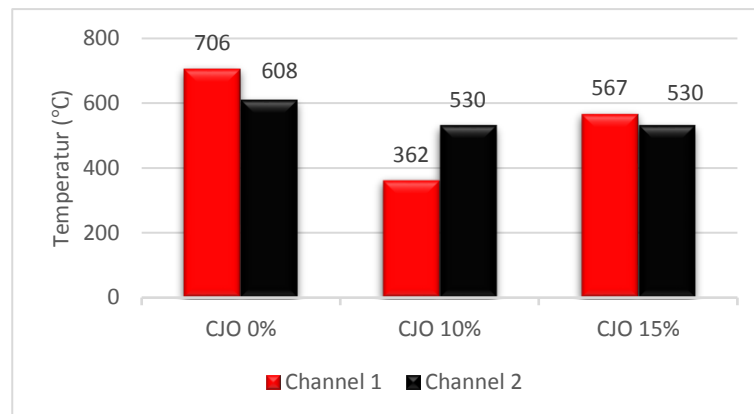
b. CJO 15%



Untuk mendorong *droplet* lain menyala juga dapat disebabkan karena *microexplosion*, itu terjadi ketika *droplet* mendidih dan membentuk gelembung yang kemudian meledak menjadi percikan api. Penampakan *microexplosion* dilihat pada *frame* ke 30 CJO 0%, *frame* ke 8, 14, 15, 19, 23, 26, 30, 31, 32 CJO 10% dan *frame* ke 9, 12, 16, 18, 19, 20, 22, 24, 25, 26, 27, 28 CJO 15%, penambahan minyak atsiri atau terpentin dengan minyak jarak pagar mentah membuat molekul bahan bakar lebih reaktif sehingga semakin banyak persentase minyak terpentin yang ditambahkan maka semakin banyak terjadinya *microexplosion*. *Microexplosion* adalah *droplet* yang meledak karena penguapan di dalam *droplet*. Ledakan mikro memecah *droplet* menjadi partikel kecil, yang membantu mempercepat penguapan dan pembakaran, sehingga pembakaran yang lebih sempurna dapat terjadi. [8] membuktikan bahwa *microexplosion* terjadi karena adanya perbedaan titik didih asam lemak atau *fatty acid* yang terkandung didalamnya dan juga disebabkan adanya kandungan air pada biodiesel dan membantu proses pembakaran dengan laju pembakaran yang lebih tinggi

dan karena ketika terdapat banyak asam lemak pada penambahan minyak atsiri yang kemudian asam lemak tersebut menyusup ke dalam gliserol dan membentuk gelembung lalu meledak menjadi *microexplosion* [13]. Daerah *droplet* adalah zona primer (awal) pada partikel karbon bereaksi. Warna nyala api menandakan energi yang dihasilkan dalam proses pembakaran, warna api yang terdapat dari semua *frame* api hasil penelitian yaitu warna kuning terang yaitu zona bercahaya pada pembakaran karbon dimana api berwarna terang menunjukkan bahwa pembakaran menghasilkan energi yang besar, kuning kemerahan bagian luar yaitu zona utama komposisi bahan bakar bereaksi dan warna hitam di ujung api adalah produk dari reaktan berupa jelaga.

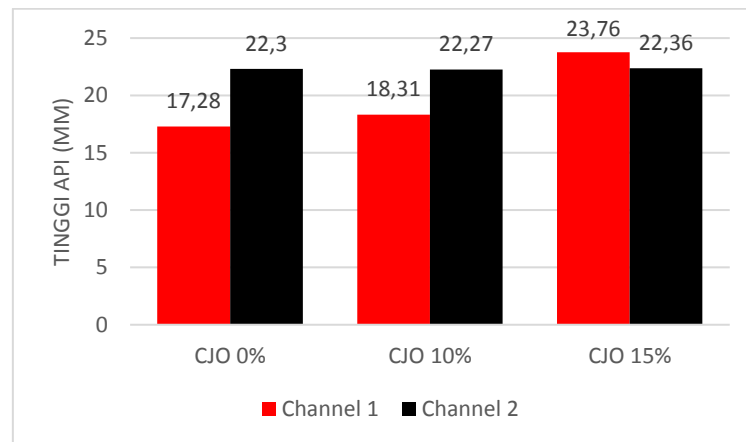
2. Pengaruh penambahan terpentin terhadap temperatur *droplet* campuran terpentin-biodiesel minyak jarak.



Gambar 2. Grafik temperatur maksimum

Temperatur yang di dapat pada kedua *droplet* persentase CJO 0% ini sangat tinggi, hal ini disebabkan karena minyak jarak murni memiliki viskositas yang lebih tinggi dan titik nyala lebih besar daripada pembakaran *droplet* minyak jarak yang sudah dicampurkan minyak adiktif berupa terpentin, minyak jarak memiliki titik nyala pada suhu 85°C [3] dan jika *droplet* terus dipanaskan sampai habis terbakar maka temperatur yang didapat juga semakin tinggi sedangkan pada persentase CJO 10% dan CJO 15% temperatur yang didapat lebih rendah dari temperatur minyak jarak murni, hal ini dilihat dari penambahan minyak terpentin yang dimana terpentin sendiri memiliki nilai titik nyala sebesar 33°C - 38°C (Standar Mutu Minyak Terpentin Berdasarkan Sifat Fisika dan Sifat Kimiawi Menurut SNI 7633-2011) akan mendorong minyak jarak untuk terbakar sehingga *droplet* akan mudah terbakar dan untuk menghabiskan *droplet* terbakar membutuhkan temperatur yang lebih rendah dari temperatur pembakaran pada *droplet* minyak jarak murni, hal ini terjadi disebabkan oleh penambahan zat adiktif berupa minyak terpentin menyebabkan medan magnet lebih kuat sehingga mampu memutus ikatan molekul asam lemak, ikatan asam lemak yang telah terputus membutuhkan sedikit energi aktivasi untuk bereaksi [10] dan disebabkan sifat dari api yaitu mengalami perpindahan kalor secara radiasi eksotern dan endotern dimana energi panas berpindah dari channel bersuhu lebih tinggi ke channel yang bersuhu lebih rendah atau juga dapat dikatakan energi panasnya memiliki gaya tarik menarik, sehingga terdapat temperatur yang berbeda. Temperatur yang berbeda dapat di akibatkan dari salah satu pemanasan *droplet* yang belum tercukupi. Tingkat penguapan yang cepat menyebabkan suhu pengapian lebih rendah karena energi panas diubah menjadi panas laten untuk perubahan fasa selama penguapan [6,5], terlihat dari penguapan yang cepat, maka konsumsi bahan bakar akan semakin rendah. Dapat disimpulkan percobaan yang terbaik terdapat pada hasil percobaan dengan variasi penambahan terpentin 15% yaitu penyalan *droplet* hingga api mati berlangsung selama 5,8 detik, karena semakin banyak persentase penambahan terpentin pada minyak jarak maka semakin cepat *droplet* menguap dan *ignition delay time* semakin cepat juga.

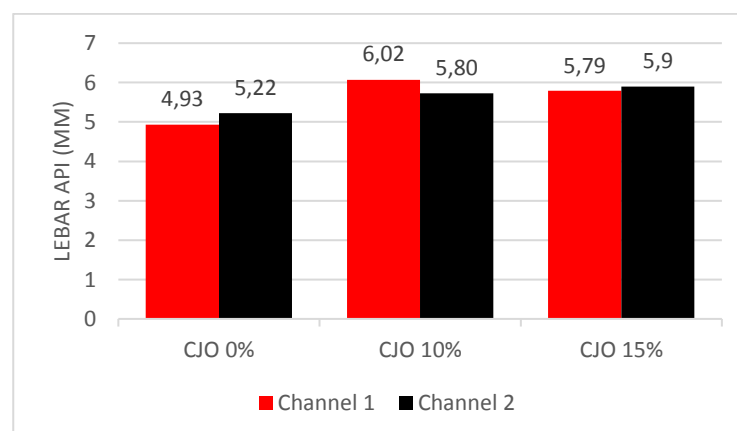
3. Pengaruh penambahan terpentin terhadap tinggi api *droplet* campuran terpentin-biodiesel minyak jarak.



Gambar 3. Grafik tinggi api maksimum

Grafik menunjukkan bahwa pada channel 2 persentase CJO 0%, channel 2 persentase CJO 10% dan channel 1 persentase CJO 15% memiliki tinggi api yang paling tinggi yang disebabkan adanya dimana partikel api terjadi gaya tarik menarik sehingga pancaran api dari kedua *droplet* dari beberapa persentase tersebut menghasilkan tinggi api yang berbeda. Faktor lain yaitu terjadi dari salah satu api yang mengalami *microexplosion* atau percikan api sehingga tinggi api rendah dan lebar api bertambah. Tinggi api mewakili kecepatan penguapan *droplet*, jika waktu penguapan lebih cepat maka nyala api yang dihasilkan lebih tinggi, tinggi api juga didapatkan dari api yang memanjang ke atas sebelum membentuk jelaga. Melihat dari hasil ketiga variasi percobaan, CJO 15% memiliki tinggi maksimal sebesar 23,76mm lebih tinggi, urutan berikutnya CJO 10% dan yang paling kecil yaitu CJO 0% jika dihitung dari tinggi maksimal rata-rata, hal tersebut membuktikan bahwa dari penelitian ini penambahan minyak atsiri berupa terpentin sangat membantu proses pembakaran lebih efisien. Semakin banyak persentase penambahan terpentin maka viskositas yang terdapat pada bahan bakar akan semakin kecil dan proses pembakaran menghasilkan visualisasi tinggi yang maksimal.

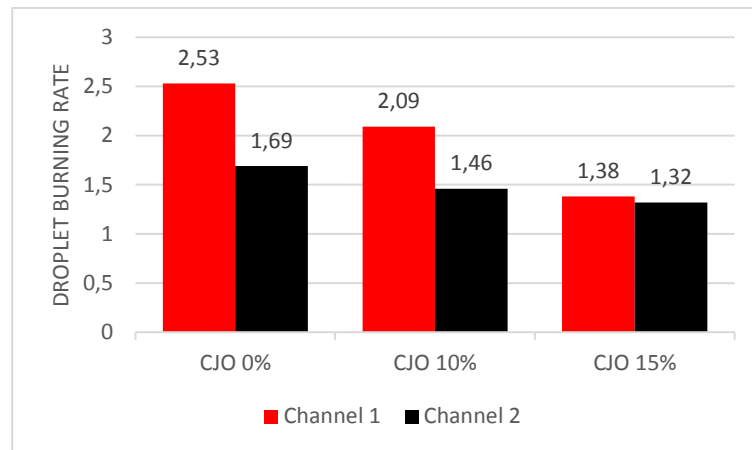
4. Pengaruh penambahan terpentin terhadap lebar api *droplet* campuran terpentin-biodiesel minyak jarak.



Gambar 4. Grafik lebar api maksimum

Grafik menunjukkan bahwa pada channel 2 persentase CJO 0%, channel 1 persentase CJO 10% dan channel 2 persentase CJO 15% memiliki lebar api yang paling tinggi disebabkan oleh salah satu api yang mengalami *microexplosion* atau percikan api sehingga lebar api bertambah. Lebar nyala api mewakili kecepatan penguapan *droplet*, jika waktu penguapan lebih cepat maka nyala api yang dihasilkan lebih tinggi dan tidak lebar. Melihat dari hasil ketiga variasi percobaan, CJO 10% memiliki lebar api maksimal sebesar 6,07mm lebih besar dari pada variasi CJO 0% dan CJO 15% karena pada *frame* api dengan lebar tersebut mengalami ledakan api yang sangat besar dapat dilihat pada gambar visualisasi api *frame* ke 26 detik 0,8667. Akan tetapi tidak memungkingkan pada variasi 10% baik, karena pada CJO 15% *frame* ke 22 dan 24 juga terjadi ledakan api yang keluar dari *frame* atau tidak tertangkap kamera sehingga tidak dapat terhitung menggunakan *imagej*, akan tetapi bisa diperkirakan.

5. Pengaruh penambahan terpenin terhadap *burning rate droplet* campuran terpenin-biodiesel minyak jarak.



Gambar 5. Grafik *burning rate* maksimum

Kedua *droplet* dari beberapa persentase tersebut terlihat adanya peningkatan diameter di beberapa titik setelah penurunan diameter, hal ini sebelum terjadinya *microexplosion* karena terdapat perbedaan titik didih dari berbagai asam lemak penyusun minyak jarak dan terpenin. Ketika energi panas yang diberikan meningkat, asam lemak dengan titik didih yang lebih rendah lebih mungkin untuk menguap dan membentuk gelembung dalam *droplet*, yang kemudian meledak sehingga membentuk percikan api. Percikan itu dikenal sebagai *microexplosion* [13]. *Microexplosion* ini ditandai dengan peningkatan lebar api di beberapa titik. Setelah *microexplosion*, diameter cenderung menurun secara signifikan, hal ini karena asam lemak yang sudah terputus ikatannya akan menurunkan energi aktivasi [10] dan lebih mudah bereaksi saat proses pemanasan, sehingga waktu proses pembakaran juga lebih cepat. Melihat dari tersebut, *burning rate* yang bagus yaitu terdapat pada persentase CJO 15% dengan nilai 1,378mm pada channel 1 dan 1,319mm pada channel 2, hal ini disebabkan bahwa jika semakin kecil *droplet burning rate* maka kualitas pembakaran semakin baik, karena kemungkinan *droplet* yang kecil akan mudah menguap. Nilai *burning rate* besar menggambarkan bahwa bahan bakar memiliki titik didih yang tinggi dan sukar menguap.

KESIMPULAN

Variasi penambahan minyak atsiri berupa terpenin sangat berpengaruh terhadap karakteristik dan visualisasi api yang meliputi tinggi dan lebar api, semakin banyak persentase penambahan minyak terpenin terhadap minyak jarak maka tinggi api, lebar api semakin tinggi nilainya. Semakin kecil *droplet burning rate* maka kualitas pembakaran semakin baik, karena *droplet* yang kecil akan mudah menguap. Penelitian selanjutnya sangat disarankan untuk pencampuran dengan bioadiktif lain, agar jelaga yang dihasilkan lebih ramah lingkungan dan efisien.

DAFTAR RUJUKAN

Buku

- [14] Erliza Hambali, A. S. (2006). *Jarak pagar tanaman penghasil biodiesel*. Jakarta: Penebar Swadaya.

Jurnal

- [1] David M. Fernandes, D. Q. (2014). Development of an algorithm for correction of specific gravity of biodiesel. *Renewable Energy*, 507-510.
- [2] Ena Marlina, H. Y. (2021). Droplet combustion behavior of crude palm oil-carbon nanoparticles blends. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- [3] Ena Marlina, I. W. (2019). The effect of fatty acid polarity on the combustion characteristics of vegetable oils droplets . *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- [4] Ena Marlina, M. B. (2020). The Role of Eucalyptus Oil in Crude Palm Oil As Biodiesel Fuel. *Automotive Experiences*, 33-38.
- [5] Ena Marlina, M. B. (2022). The Response of Adding Nanocarbon to the Combustion Characteristic of Crude Coconut Oil (CCO) Droplets. *Automotive Experiences*, 68-74.
- [6] Ena Marlina, W. W. (2020). The role of pole and molecular geometry of fatty acids in vegetable oils droplet on ignition and boiling. *Renewable Energy*, 596–603.
- [7] Ena Marlina, W. W. (2021). The role of 1.8-cineole addition on the change in triglyceride geometry and combustion characteristics of vegetable oils droplets. *Fuel*.
- [8] Misbachudin, L. Y. (2017). Pengaruh Persentase Biodiesel Minyak Nyamplung – Solar Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet . *Jurnal Rekayasa Mesin*, 9-14.
- [9] Pankaj Dubey, R. G. (2016). Effects of dual bio-fuel (Jatropha biodiesel and Turpentine oil) on a single cylinder naturally aspirated diesel engine without EGR. *Renewable Energy*.
- [10] Purnami, I. W. (2018). Improvement Of Droplet Combustion Speed Of Kapuk Randu Oil With Addition Of Cengkeh Oil As Catalyst. 134-138.
- [11] Randy A Saputra, N. A. (2017). Pengaruh Pencampuran Bahan Bakar Pertalite Dengan Minyak Terpentin Dan Minyak Atsiri Terhadap Penurunan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Supra X 125. *Jurnal Jurusan Pendidikan Teknik Mesin (Jjptm)* .
- [12] Recep Yumrutas, M. H. (2008). Investigation of purified sulfate turpentine on engine performance and exhaust emission. *Fuel*, 252-259.
- [13] Rosyadi, A. A. (2013). Pengaruh Microexplosion Terhadap Karakteristik Pembakaran Bahan Bakar Minyak Jarak Pagar (Jathropa Curcas L.) Pada Berbagai Diameter Droplet. *Rotor*.