

# Pengaruh Penambahan Bioaditif Minyak Sereh Wangi Dan Minyak Kayu Putih Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet Biodiesel B30

Muhammad Nizar Ramadhan<sup>1</sup>, Defrihans Galang Putranto<sup>2</sup>

Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan<sup>1,2</sup>  
nizarramadhan@ulm.ac.id<sup>1</sup>

**Abstrak**—Biodiesel B30 merupakan salah satu bahan bakar yang terbuat dari bahan bakar nabati sehingga lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar fosil. Nilai strategis dari bahan bakar B30 dimana bahan bakar nabati merupakan satu satunya sumber energi terbarukan yang bisa menghasilkan bahan bakar. Salah satu solusi penghematan bahan bakar minyak yaitu dengan menambahkan bahan aditif ke dalam bahan bakar minyak. Biodiesel B30 masih memerlukan pengembangan lagi agar dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif, salah satunya dengan penambahan zat aditif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan bioaditif minyak sereh wangi dan minyak kayu putih terhadap pembakaran droplet biodiesel B30. Persentase bioaditif minyak sereh wangi dan minyak kayu putih yang ditambahkan masing-masing adalah 10%, 20% dan 30%. Penelitian menggunakan metode pembakaran difusi, dengan mengubah sampel uji menjadi ukuran droplet, dengan tujuan memperbesar permukaan sampel uji agar lebih reaktif. Dari hasil pengujian karakteristik pembakaran droplet yang telah dilakukan, semakin banyak penambahan bioaditif minyak sereh wangi dan minyak kayu putih pada biodiesel B30 memberikan dampak antara lain berkurangnya nilai tinggi api, *ignition delay*, dan *flash point*, namun terjadi peningkatan pada nilai *burning rate* dan temperatur maksimal.

**Keywords**—Bioaditif, Biodiesel, Pembakaran droplet, Karakteristik pembakaran

**Abstract**—B30 biodiesel is a fuel made from biofuels so it is more environmentally friendly than fossil fuels. The strategic value of B30 fuel is that biofuel is the only renewable energy source that can produce fuel. One solution to saving fuel oil is by adding additives to fuel oil. Biodiesel B30 still requires further development so that it can be used as an alternative energy source, one of which is by adding additives. This research aims to determine the effect of adding citronella oil and eucalyptus oil bioadditives on the combustion of B30 biodiesel droplets. The percentages of citronella oil and eucalyptus oil bioadditives added were 10%, 20% and 30% respectively. The research uses a diffusion combustion method, by changing the test sample to droplet size, with the aim of enlarging the surface of the test sample to make it more reactive. From the results of tests on droplet combustion characteristics that have been carried out, the increasing number of bioadditives of citronella oil and eucalyptus oil in B30 biodiesel has impacts including reducing the high flame value, *ignition delay* and *flash point*, but there is an increase in the combustion rate and maximum temperature values.

**Keywords** — Bioadditives, Biodiesel, Droplet combustion, Combustion characteristics

## I. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara berkembang saat ini menjalani pertumbuhan populasi yang pesat. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penduduk Indonesia diproyeksikan sebanyak 278,8 juta jiwa pada 2023. Jumlah tersebut naik 1,1% dibandingkan pada tahun 2022 yang sebanyak 275,7 juta jiwa. Hal ini membuat Indonesia menjadi negara dengan penduduk terbanyak ke-3 di Asia. Ini artinya, Indonesia menyumbang sekitar 5,85% terhadap total penduduk Asia. Pertumbuhan penduduk yang teramat pesat inilah yang kemudian akan menimbulkan berbagai dampak di segala bidang kehidupan, termasuk kebutuhan penduduk Indonesia terhadap energi.

Saat ini, pemanfaatan energi masih didominasi dengan energi yang bersumber dari bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil sendiri merupakan jenis bahan bakar yang tidak terbarukan. Jika konsumsi bahan bakar fosil terus meningkat setiap tahunnya, Indonesia tentu akan mengalami krisis permintaan energi dalam beberapa tahun ke depan. Hal ini dapat membuat Indonesia krisis BBM dan bergantung pada BBM impor.

Oleh karena itu, penggunaan energi yang bersumber dari energi terbarukan mulai masif diterapkan di Indonesia. Salah satu BBM yang bersumber dari energi terbarukan adalah biodiesel B30. Biodiesel B30 merupakan salah satu bahan bakar nabati yang bersifat ramah lingkungan karena mudah terurai (*biodegradable*), tidak beracun (*non toxic*), dan menghasilkan gas buang berbahaya yang lebih sedikit dibandingkan dengan diesel.

Biodiesel merupakan ester metil asam lemak atau *fatty acid methyl ester* (FAME) yang terbuat dari minyak nabati atau hewani yang memenuhi standar mutu yang distandarkan. Biodiesel memiliki sifat fisik yang sama dengan minyak solar sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif kendaraan bermesin diesel [1]. Secara umum karakteristik biodiesel memiliki angka setana yang lebih tinggi dari minyak solar, dapat terdegradasi dengan mudah (*biodegradable*), tidak mengandung sulfur

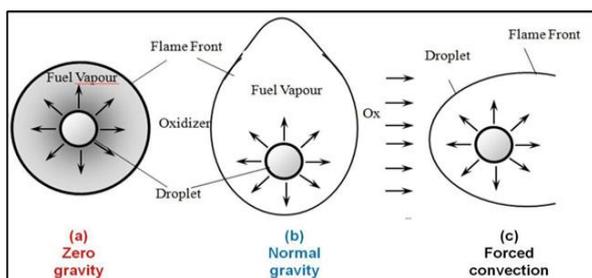
(atau sangat rendah, jika ada) dan senyawa aromatik, sehingga emisi pembakaran yang dihasilkan lebih ramah lingkungan dari pada bahan bakar minyak jenis minyak solar [2].

Salah satu solusi penghematan bahan bakar minyak dengan menambahkan bahan aditif ke dalam bahan bakar minyak yang bertujuan meningkatkan kinerja pembakaran atau menyempurnakan pembakaran dalam ruang bakar mesin, tenaga yang dihasilkan menjadi lebih besar, menurunkan emisi gas buang serta volume penggunaan bahan bakar minyak lebih sedikit setiap jarak tempuh atau satuan waktu pemakaian bahan bakar minyak [3].

Aditif merupakan sebuah zat dengan konsentrasi kecil yang ditambahkan kedalam suatu bahan, untuk meningkatkan kinerja bahan, tanpa merubah spesifikasi bahan tersebut. Aditif sendiri hampir memiliki kesamaan dengan katalis, namun aditif pada umumnya ikut bereaksi dengan bahan utamanya sedangkan katalis tidak akan ikut bereaksi. Aditif yang berasal dari tumbuhan disebut bioaditif. Salah satu bioaditif yang dapat dimanfaatkan adalah jenis minyak atsiri. Minyak atsiri merupakan minyak dari tanaman yang komponennya secara umum mudah menguap. Minyak atsiri biasanya larut dalam pelarut organik. Selain itu, komposisi oksigen dalam struktur kimia minyak atsiri dan kemampuan mereduksi ikatan antarmolekul penyusun bahan bakar seharusnya mampu meningkatkan reaksi pembakaran biodiesel B30.

Sereh adalah salah satu jenis rumput-rumputan yang termasuk ke dalam jenis tanaman tahunan yang membentuk rumpun tebal dengan tinggi sampai 2 meter. Komponen kimia dalam minyak sereh wangi cukup kompleks, namun komponen yang terpenting adalah sitronellal dan geraniol [4]. Minyak kayu putih merupakan salah satu jenis minyak atsiri yang dapat dimanfaatkan sebagai bioaditif atau zat yang mempercepat reaksi pembakaran. Dalam kandungan minyak kayu putih, terdapat zat bernama Sineol yang menjadi penyusun dominan. Selain itu minyak kayu putih memiliki unsur yang hampir sama seperti minyak atsiri lainnya. Senyawa hidrokarbon dalam

minyak atsiri dapat berperan penting dalam menyempurnakan pembakaran [5].



Gambar 1. Bentuk nyala api dalam pembakaran droplet

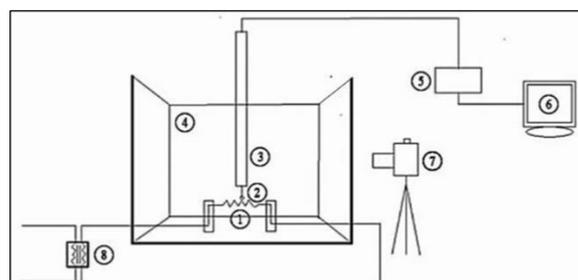
Proses pembakaran droplet termasuk ke dalam proses difusi, dikarenakan bahan bakar serta oksigen tidak dalam keadaan tercampur sebelum mendapatkan energi aktivasi. Saat mendapat energi panas maka droplet akan menguap serta tercampur dengan oksigen di sekitarnya sehingga menghasilkan api, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Pembakaran droplet bertujuan untuk memperluas bidang kontak bahan bakar dengan oksigen semakin luas sehingga dapat terjadi reaksi pembakaran yang baik.

Beberapa hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan bioaditif sebagai campuran bahan bakar berpengaruh terhadap karakteristik pembakaran yang terjadi. Penambahan bioaditif minyak cengkeh dengan persentase 1%, 2%, 3% dan 4% ke dalam biodiesel minyak jarak menunjukkan hasil pembakaran berupa menurunnya temperatur pembakaran, *ignition delay*, *burning rate* dan dimensi nyala api [4]. Selain itu, ada juga penelitian tentang penambahan bioaditif minyak cengkeh dan minyak kayu putih terhadap kecepatan pembakaran minyak jarak pagar. Hasil penelitian menunjukkan penambahan bioaditif minyak cengkeh dan minyak kayu putih dapat meningkatkan laju pembakaran minyak jarak pagar [5].

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan bioaditif minyak serih wangi dan minyak kayu putih terhadap karakteristik pembakaran droplet biodiesel B30, berupa tinggi api, *ignition delay*, *burning rate*, *flash point*, dan temperatur pembakaran.

## II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Penelitian dilakukan sesuai dengan instalasi penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Keterangan:

1. Heater
2. Thermocouple
3. Penjepit thermocouple
4. Ruang uji
5. Data logger
6. Laptop
7. Kamera
8. Transformator

Gambar 2. Instalasi penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pembakaran droplet pada biodiesel B30 dengan penambahan bioaditif minyak serih wangi dan minyak kayu putih dengan variasi persentase 10%, 20%, dan 30%. Parameter yang diamati dalam penelitian ini berupa tinggi api, *ignition delay*, *burning rate*, *flash point*, dan temperatur pembakaran. Pengambilan data dilakukan dengan pengulangan 3 kali pada setiap prosesnya. Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain heater, thermocouple tipe K, ruang uji pembakaran, data logger, laptop, kamera, dan transformator.

Pembuatan droplet dilakukan dengan menggunakan suntikan insulin dan mendorong ujung pembuat tetesan ke bawah dengan diameter 1 mm toleransi  $\pm 0,1$  mm. Droplet yang terbentuk kemudian diletakkan pada thermocouple yang berfungsi sebagai penyangga droplet sekaligus untuk mengukur temperatur api.

Proses pengambilan data dilakukan dengan thermocouple yang dihubungkan ke data logger pada laptop. Pencatatan dan perekaman temperatur menggunakan software WaveScan 2.0. Kemudian heater dihidupkan bersamaan dengan

kamera yang dalam proses merekam. Proses perekaman tersebut berlangsung dari penguapan droplet hingga munculnya nyala api dari droplet tersebut. Setelah api mulai menyala, *heater* dimatikan. Selanjutnya perekaman data temperatur dihentikan melalui *software* WaveScan 2.0 dan proses perekaman pada kamera juga dihentikan. Data yang telah terekam disimpan untuk dilanjutkan ke proses pengolahan data.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang didapat pada penelitian ini merupakan karakteristik pembakaran yang dihasilkan dari biodiesel B30 murni, biodiesel B30 dengan tambahan bioaditif minyak serih wangi, serta biodiesel B30 dengan tambahan bioaditif minyak kayu putih. Pengambilan data yang dilakukan meliputi visualisasi nyala api, jeda pembakaran, burning rate, flash point dan temperatur tertinggi.

#### A. Visualisasi nyala Api

Berikut merupakan hasil visualisasi nyala api yang didapatkan dari pengujian:



Gambar 3. Visualisasi api B30 100%

Pada gambar 3 sampai gambar 8, dapat dilihat bahwa visualisasi nyala api berwarna api lebih didominasi dengan warna kuning. Ini menandakan temperatur pada pembakaran yang terjadi < 1500 °C. Pada gambar 3, tinggi api tertinggi terjadi pada pembakaran biodiesel B30 murni dengan ketinggian 38 mm (kotak kuning).



Gambar 4. Visualisasi api B30 90% : minyak serih wangi 10%

Sedangkan untuk pembakaran dengan penambahan bioaditif minyak serih wangi seperti ditunjukkan pada gambar 4 sampai dengan gambar 6, didapatkan tinggi api tertinggi pada campuran 10% minyak serih wangi dengan ketinggian 35 mm (kotak hijau) dan terpendek pada campuran 30% dengan ketinggian 25 mm (kotak merah).



Gambar 5. Visualisasi api B30 80% : minyak serih wangi 20%



Gambar 6. Visualisasi api B30 70% : minyak serih wangi 30%



Gambar 7. Visualisasi api B30 90% : minyak kayu putih 10%

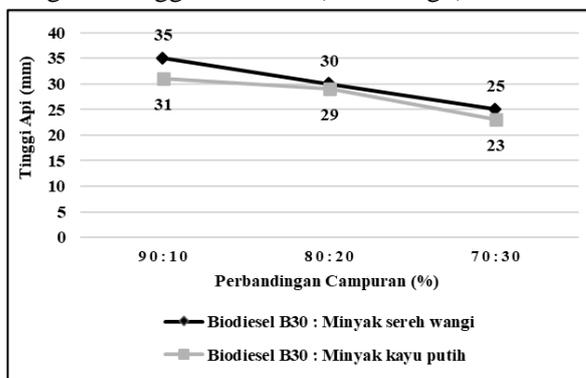


Gambar 8. Visualisasi api B30 80% : minyak kayu putih 20%



Gambar 9. Visualisasi api B30 70% : minyak kayu putih 30%

Kemudian untuk pembakaran dengan penambahan bioaditif minyak kayu putih seperti ditunjukkan pada gambar 7 sampai dengan gambar 9, tinggi api tertinggi didapatkan pada campuran minyak kayu putih 10% dengan ketinggian 31 mm (kotak biru) dan tinggi api terpendek pada campuran minyak kayu putih 30% dengan ketinggian 23 mm (kotak ungu).



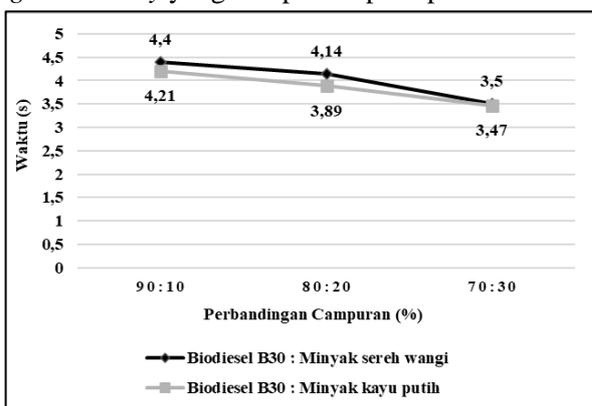
Gambar 10. Grafik perbandingan tinggi api terhadap persentase campuran bioaditif pada pembakaran droplet

Pada gambar 10 menunjukkan adanya penurunan tinggi api yang dihasilkan seiring

dengan kenaikan persentase campuran bioaditif minyak serih wangi dan minyak kayu putih pada pembakaran droplet. Ini menandakan bahwa penambahan persentase bioaditif pada bahan bakar dapat menurunkan dimensi api [5]. Faktor lain yang berpengaruh terhadap tinggi nyala api yaitu kecepatan penguapan dan difusi bahan bakar. Semakin cepat bahan bakar menguap dan berdifusi ke udara, maka nyala api yang dihasilkan akan lebih tinggi [6].

### B. Ignition Delay

*Ignition delay* adalah waktu yang diperlukan sebuah bahan bakar untuk menyala mulai dari saat menerima panas. Gambar 10 menunjukkan hasil *ignition delay* yang didapatkan pada penelitian ini.



Gambar 11. Grafik perbandingan *ignition delay* terhadap persentase campuran bioaditif pada pembakaran droplet

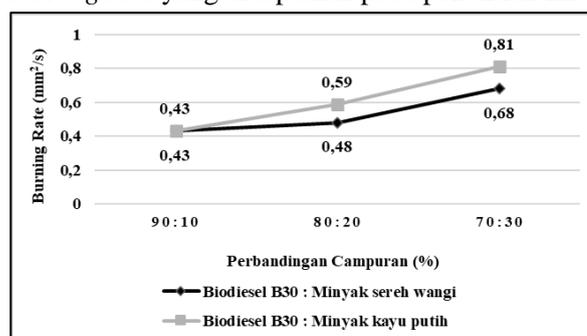
Pada gambar 11, dapat dilihat adanya penurunan *ignition delay* yang dihasilkan seiring dengan naiknya persentase campuran minyak serih wangi dan minyak kayu putih pada pembakaran droplet. Untuk *ignition delay* pada biodiesel B30 murni memperoleh waktu 4,6 s. Untuk persentase penambahan bioaditif minyak serih wangi, *ignition delay* terlama pada campuran 10 % dengan waktu 4,4 s dan *ignition delay* tercepat pada campuran 30 % dengan waktu 3,5 s. Kemudian pada persentase penambahan bioaditif minyak kayu putih, *ignition delay* terlama didapatkan pada campuran 10 % dengan waktu 4,21 s dan *ignition delay* tercepat pada campuran 30 % dengan waktu 3,47 s. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa semakin besar

persentase bioaditif pada bahan bakar, maka dapat menurunkan *ignition delay* [4].

Nilai *ignition delay* berhubungan dengan nilai *flash point* pembakaran. Tingginya nilai *flash point* membuat *ignition delay* berlangsung lama karena kecepatan penguapan bahan bakar yang lambat dan membutuhkan temperatur yang tinggi untuk penyalaan api. *Flash point* sendiri merupakan titik nyala dari suatu bahan bakar pada suhu terendah dimana bahan bakar menghasilkan uap dan bercampur dengan udara dan membentuk campuran yang dapat menyala atau terbakar. Jadi bahan bakar yang memiliki *flash point* yang rendah akan memiliki waktu jeda pembakaran yang singkat.

### C. Burning Rate

*Burning rate* adalah waktu yang diperlukan bahan bakar untuk terbakar sampai habis. *Burning rate* didapatkan dari hasil perbandingan antara diameter droplet terhadap lama waktu bahan bakar habis terbakar. Gambar 12 menunjukkan hasil *burning rate* yang didapatkan pada penelitian ini.



Gambar 12. Grafik perbandingan *burning rate* terhadap persentase campuran bioaditif pada pembakaran droplet

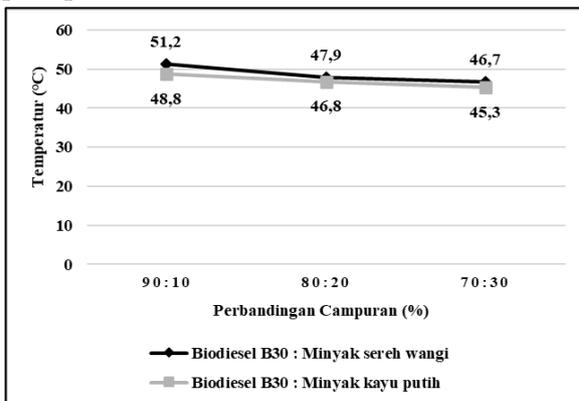
Pada gambar 12 terjadi peningkatan nilai *burning rate* yang dihasilkan seiring dengan naiknya persentase campuran bioaditif minyak serih wangi dan minyak kayu putih pada pembakaran droplet. Untuk *burning rate* pada biodiesel B30 murni memperoleh 0,41 mm<sup>2</sup>/s. Sedangkan pada persentase penambahan bioaditif minyak serih wangi, *burning rate* terendah didapatkan pada campuran 10 % dengan nilai 0,43 mm<sup>2</sup>/s dan *burning rate* tertinggi pada campuran 30% dengan nilai 0,68 mm<sup>2</sup>/s. Kemudian pada persentase penambahan bioaditif minyak kayu putih, *burning rate* terendah didapatkan pada

campuran 10 % dengan nilai 0,43 mm<sup>2</sup>/s dan *burning rate* tertinggi pada campuran 30 % dengan nilai 0,81 mm<sup>2</sup>/s.

Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap *burning rate* adalah nilai *flash point*. Nilai *flash point* mempengaruhi *ignition delay* dan *burning rate* dimana bahan bakar yang mudah terbakar atau memiliki penyalaan api dengan temperatur yang rendah, mempunyai penyalaan api yang cepat dan waktu pembakaran yang singkat. *Burning rate* didapatkan dari hasil perbandingan antara diameter droplet terhadap lama waktu bahan bakar habis terbakar, dimana semakin lama waktu nyala api pembakaran droplet, maka kecepatan pembakarannya semakin lambat [5].

#### D. Flash Point

*Flash point* atau titik nyala adalah kondisi temperatur terendah dimana bahan bakar dapat menyala bila disulut oleh api. Gambar 13 menunjukkan hasil *flash point* yang didapatkan pada penelitian ini.



Gambar 13. Grafik perbandingan *flash point* terhadap persentase campuran bioaditif pada pembakaran droplet

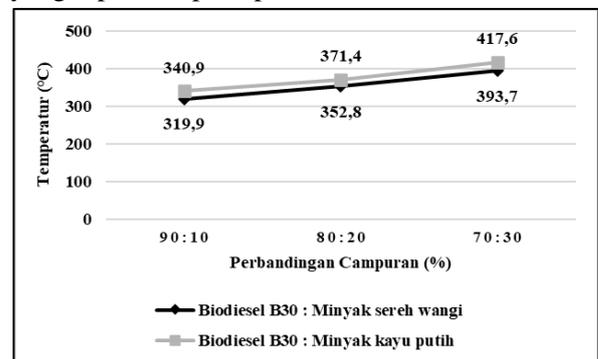
Penurunan nilai *flash point* yang dihasilkan berbanding terbalik dengan kenaikan persentase campuran bioaditif minyak sereh wangi dan minyak kayu putih pada pembakaran droplet, seperti yang ditunjukkan pada gambar 13. Untuk *flash point* yang dihasilkan pada pembakaran droplet biodiesel B30 murni berada pada angka 54,5 °C. Untuk pembakaran droplet dengan penambahan bioaditif minyak sereh wangi, *flash point* tertinggi didapatkan pada campuran 10% dengan nilai 51,2 °C dan *flash point* terendah pada campuran 30 % dengan nilai 46,7 °C. Sedangkan

pada pembakaran droplet dengan penambahan bioaditif minyak kayu putih, *flash point* tertinggi pada campuran 10 % dengan nilai 48,2 °C dan *flash point* terendah pada campuran 30 % dengan nilai 45,3 °C. Pada spesifikasi biodiesel B30, terdapat titik nyala api minimum 52 °C dan penambahan bioaditif minyak sereh wangi dan minyak kayu putih mempercepat penyalaan api karena menurunkan flash point B30.

*Flash point* dipengaruhi oleh kecepatan penguapan (*volatility*) dimana penguapan ini tergantung oleh karakteristik bahan bakarnya sendiri apakah mudah menguap dan terbakar pada suhu rendah atau menguap dan terbakar pada suhu yang tinggi. *Flash point* juga dipengaruhi oleh densitas bahan bakar dimana kerapatan jenis variasi campuran bahan bakar menentukan kecepatan *flash point* terjadi. Karakteristik bioaditif dapat mempengaruhi laju pembakaran biodiesel B30, karena pengaruh kandungan sitronelal yang terkandung pada minyak sereh wangi dan sineol yang terkandung pada minyak kayu putih sebagai penyusun dominan memberikan efek untuk merubah struktur ikatan dari bahan bakar biodiesel B30.

#### E. Temperatur Tertinggi

Gambar 14 menunjukkan temperatur tertinggi yang diperoleh pada penelitian ini.



Gambar 14. Grafik perbandingan temperatur tertinggi terhadap persentase campuran bioaditif pada pembakaran droplet

Pada gambar 14, dapat dilihat adanya peningkatan temperatur tertinggi yang dihasilkan seiring dengan naiknya persentase campuran minyak sereh wangi dan minyak kayu putih pada pembakaran droplet. Untuk temperatur tertinggi pada biodiesel B30 murni, didapatkan pada

temperatur 303,4 °C. Dengan penambahan bioaditif minyak sereh wangi, temperatur terendah didapatkan pada campuran 10% dengan nilai 319,9 °C dan temperatur tertinggi pada campuran 30 % dengan nilai 393,7 °C. Kemudian dengan penambahan bioaditif minyak sereh kayu putih, temperatur terendah didapatkan pada campuran 10 % dengan nilai 340,9 °C dan temperatur tertinggi pada campuran 30 % dengan temperatur 417,6 °C. Nilai temperatur yang didapatkan tentunya sejalan dengan visualisasi nyala api pada gambar 3 sampai gambar 9, dimana nyala api didominasi warna kuning (efisien) dengan nilai temperatur yang berada pada nilai < 1500 °C.

Faktor lain penyebab tinggi rendahnya temperatur disebabkan oleh lama pembakaran. Penambahan persentase bioaditif minyak sereh wangi dan minyak kayu putih mengakibatkan kecepatan penguapan bahan bakar biodiesel B30 dan kecepatan reaksinya terhadap oksigen lebih cepat dibandingkan biodiesel B30 murni, dan hal ini mengakibatkan laju pelepasan panas pada bahan bakar biodiesel B30 lebih besar.

#### IV. KESIMPULAN

Penambahan bioaditif minyak sereh wangi dan minyak kayu putih sebagai campuran bioediesel B30 pada pembakaran droplet memberikan dampak signifikan untuk menurunkan tinggi api, *ignition delay* dan *flash point*, tetapi tidak memberi dampak signifikan pada peningkatan *burning rate* dan temperatur tertinggi. Oleh karena

itu, penambahan bioaditif minyak sereh wangi dan minyak kayu putih tidak terlalu mengubah karakteristik pembakaran droplet, tetapi hanya mempercepat penyalaan api (*ignition delay*) pada biodiesel B30.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ningtyas, D.P., Budhiyanti, S.A., Sahubawa, L., "Pengaruh Katalis Basa (NaOH) pada Tahap Reaksi Transesterifikasi terhadap Kualitas Biofuel dari Minyak Tepung Ikan Sardin," pada Jurnal Teknosains 2, 2013, hal.71-158.
- [2]Nurhadi, I., Pengaruh Penggunaan Biodiesel Terhadap Performa dan Komponen Utama pada Motor Pokok KRI Weling-822, Tesis, Surabaya: Teknik Sistem dan Pengendalian Kelautan, Insitut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015.
- [3] Prahmana, R. A., Alfian, D. G. C., Supriyadi, D., Silitonga, D. J., & Muhyi, A., "Pengaruh Komposisi Campuran Minyak Sereh Wangi dan Minyak Cengkeh terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel," pada Journal of Science and Applicative Technology, 4(2), 2020, hal. 82-85.
- [4] Pinandito, G. N., Pengaruh Persentase Penambahan Minyak Cengkeh Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet Biodiesel Minyak Jarak, Thesis (Sarjana), Malang: Universitas Brawijaya, 2016.
- [5] Sasmita, K. D., Pengaruh Penambahan Bioaditif Minyak Cengkeh Dan Minyak Kayu Putih Terhadap Kecepatan Pembakaran Droplet Minyak Jarak, Thesis (Sarjana), Malang: Universitas Brawijaya, 2018.
- [6] Misbachudin., Yuliati, L., Novareza, O., "Pengaruh Persentase Biodiesel Minyak Nyamplung-Solar Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet," pada Jurnal Rekayasa Mesin, v.8, n.1, pp. 9-14, Mei 2017.