

PENGARUH PENCAMPURAN KARBON NANO TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN DROPLET MINYAK SAWIT SEBAGAI BAHAN BAKAR BIODIESEL

Lutfi Syiyamuddin^[1], Ena Marlina^[2], Nur Robbi^[3]

^{[1], [2], [3]}Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Malang

Jl. MT. Haryono 193 Malang 65144, Indonesia

lutfisyiyamuddin@gmail.com

ena.marlina@unisma.ac.id

nurrobby@unisma.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan bahan bakar fosil berpotensi meningkatkan pencemaran udara dan berindikasi pada pemanasan global. Konsumsi bahan bakar fosil membutuhkan solusi alternatif yang ramah lingkungan. Biodiesel dari minyak nabati menjadi bahan bakar alternatif yang dapat digunakan untuk kebutuhan mesin diesel. Minyak sawit adalah minyak nabati yang dapat digunakan sebagai biodiesel melalui proses transesterifikasi yang bertujuan untuk mengurangi nilai viskositas. Viskositas yang lebih tinggi dari bahan bakar diesel dapat menyebabkan kerusakan pada mesin. Pencampuran minyak sawit dengan karbon nano dapat mengurangi biaya proses transesterifikasi. Pengujian pada studi ini, variasi minyak sawit murni, campuran karbon nano 1 ppm, dan 5 ppm dilakukan uji karakteristik pembakarannya. Pengujian dengan cara penetesan *droplet* dilakukan pada ruang bakar untuk mengetahui karakteristik pembakaran. Data pengujian menunjukkan penambahan variasi campuran karbon nano berpengaruh pada ukuran api yang lebih tinggi, suhu yang lebih panas, dan laju pembakaran yang lebih cepat.

Kata Kunci : *karbon nano, minyak sawit, pembakaran droplet, karakteristik pembakaran.*

PENDAHULUAN

Selama lebih dari dua abad, pasokan energi dunia sangat bergantung pada bahan bakar cair (fosil) mentah yang tidak terbarukan, dimana 90% diantaranya diperkirakan dikonsumsi untuk menghasilkan energi dan transportasi. Diketahui juga bahwa emisi dari pembakaran bahan bakar ini seperti karbon dioksida (CO₂), karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NOx) dan residu yang mengandung belerang adalah penyebab utama pemanasan global^[1]. Minyak nabati telah digunakan sebagai bahan bakar alternatif

untuk mesin diesel^[2]. Minyak nabati terdiri dari gliserol dan tiga varian asam lemak. Setiap asam lemak memberikan pengaruh berbeda pada proses pengapian yang berperan dalam proses pembakaran bahan bakar^[3]. Salah satu minyak nabati yang dapat digunakan dan diproses menjadi biodiesel adalah minyak sawit. Minyak sawit campuran muncul sebagai bahan bakar alternatif yang berperan pada kerja dalam mesin pembakaran dengan kriteria tertentu seperti perlunya modifikasi mesin, kerja mesin tanpa kendala, tidak berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan selama

produksi, transportasi, penyimpanan dan pemanfaatannya^[4].

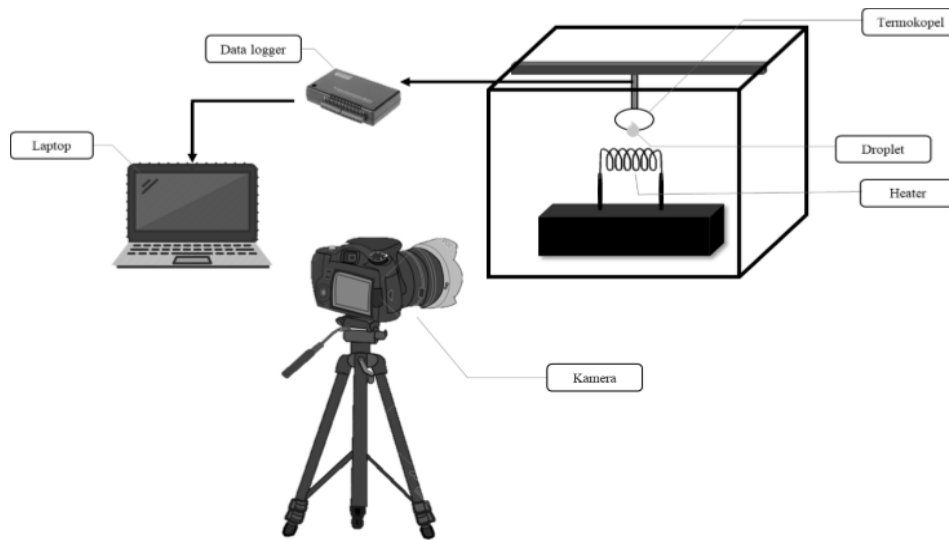
Bahan bakar dari minyak nabati dapat digunakan pada mesin, tetapi penggunaannya dapat merusak disebabkan viskositas yang tinggi^[5]. Proses transesterifikasi pada minyak sawit membutuhkan biaya yang besar sehingga untuk mengurangi nilai viskositas pada minyak sawit bisa dengan mencampurkan (*mixing*) zat bioaditif seperti karbon nano. Waktu tunda pengapian dapat dikurangi dengan menambahkan aditif dan berpengaruh pada karakteristik bahan bakar seperti performa, pembakaran dan emisi^[6]. Karbon nano yang digunakan berasal dari tempurung kelapa yang dibuat serbuk kemudian diperkecil menjadi ukuran nano.

Pada karbon nano yang dicampurkan dengan minyak sawit mengandung serat oksida aluminium. Penggabungan antara struktur mekanika kimia dan *fullerene-like* disebut rangkaian dimer C₆₀. Rangkaian ini menyerupai serat karbon. Sifat yang dimiliki

serat karbon antara lain tahan panas, semikonduktor, katalis, dan penyimpan energi yang baik^[7]. Sifat material karbon nano pada reaksi pembakaran dapat mencapai temperatur yang tinggi dan tahan terhadap panas sehingga proses pembakaran menjadi lebih efisien.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh pencampuran karbon nano dengan minyak sawit terhadap karakteristik pembakaran yang meliputi temperatur *droplet*, diameter *droplet*, tinggi api, lebar api, dan *burning rate*. Minyak sawit yang digunakan bukan berupa biodiesel yang sudah melalui proses transesterifikasi dan emulsifikasi, akan tetapi hanya dicampur dengan bioaditif karbon nano dari tempurung kelapa. Proses pembakaran bahan bakar campuran ini menggunakan metode penetesan *droplet*. Metode ini dilakukan mengingat proses pembakaran bahan bakar pada mesin diesel dengan cara di injeksikan. Bahan bakar yang disemprotkan berupa *spray* dan disusun oleh butiran-butiran yang biasa disebut dengan *droplet*.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Skema instalasi penelitian

Gambar 1. menjelaskan tentang instalasi penelitian. Tujuan pengujian data agar diketahui karakteristik pembakaran *droplet* campuran *crude palm oil* (CPO) dengan karbon nano pada variasi campuran minyak sawit murni, karbon nano 1 ppm dan 5 ppm dengan perbandingan minyak sawit sebanyak 1000 ml. *Droplet* dibuat dengan alat pembentuk droplet kemudian ditetaskan pada termokopel yang berfungsi mengukur temperatur *droplet*. Pengujian dilakukan dengan meletakkan tetesan 1 mm di ujung termokopel dan memanaskannya sampai terbakar dengan *heater* yang digantung 3 mm diatas tetesan^[8].

Karakteristik pembakaran meliputi temperatur *droplet*, diameter api, tinggi api, lebar api, dan *burning rate*. Temperatur api diukur memakai termokopel yang terhubung ke *data logger* dimana pembacaan datanya program *excel* pada laptop. Nyala api datanya diambil melalui kamera^[9].

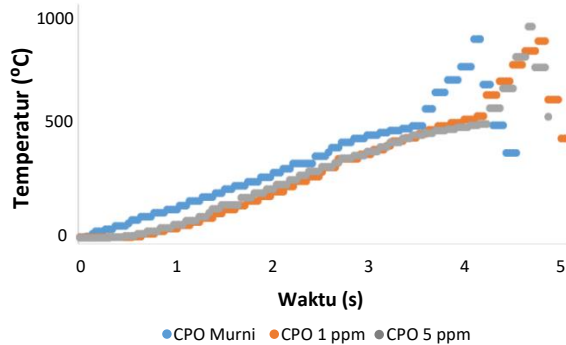
Pengukuran temperatur menggunakan termokopel jenis K diameter 0,2 mm dengan rentang temperatur yang diukur antara 0°C - 1370°C, kemudian

dihubungkan ke *data logger* dan laptop untuk mencatat data. Pengambilan data visualisasi dilakukan dengan kamera Canon EOS 600D dengan pengaturan resolusi 1020p dan jumlah gambar yang diambil 60 fps. Pengambilan data selama pembakaran *droplet* dilakukan saat mulai nyala api sampai api mati. *Heater* yang digunakan untuk memanaskan materialnya adalah nikel. Hasil video yang diambil dengan kamera kemudian dioalah menjadi foto dengan aplikasi *free studio*. Gambar yang sudah diperoleh dapat digunakan untuk mengukur diameter *droplet*, tinggi api, lebar api, dan menghitung *burning rate* nya^[10].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Pencampuran Minyak Sawit dengan Karbon Nano Terhadap Temperatur *Droplet*

Temperatur Terhadap Waktu



Gambar 2. Grafik pengaruh variasi campuran minyak sawit dengan karbon nano pada temperatur terhadap waktu

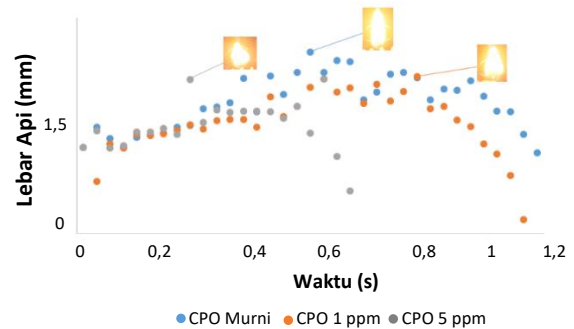
Gambar 2. menunjukkan pengaruh variasi campuran karbon nano dengan minyak sawit pada temperatur saat terjadi pembakaran. Temperatur dihitung mulai sejak nyala api terjadi sampai api mati. Temperatur tertinggi ditunjukkan pada variasi campuran CPO 5 ppm dengan 903°C kemudian CPO murni dengan 856°C dan CPO 1 ppm dengan 847°C.

Variasi campuran CPO 5 ppm perubahan temperaturnya paling tinggi. Semakin besar variasi campuran karbon nano pada minyak sawit maka semakin tinggi temperatur yang dapat dicapai mengingat karbon nano yang bersifat tahan panas sehingga memungkinkan bahan bakar habis dengan temperatur pembakaran yang lebih tinggi. Penyalaan bahan bakar disebabkan oleh temperatur. Peningkatan konsumsi bahan bakar secara spesifik berakibat pada pengurangan daya yang dihasilkan.

Pengaruh Pencampuran Minyak Sawit dengan Karbon Nano Pada Lebar Api Terhadap Waktu

Lebar Api Terhadap Waktu

2,5



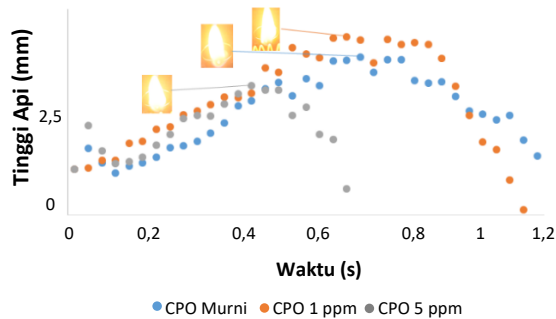
Gambar 3. Grafik pengaruh variasi campuran minyak sawit dengan karbon nano pada lebar api terhadap waktu

Lebar api dihitung dari awal nyala api sampai mati api lalu *heater* dimatikan. Pada Gambar 3. menunjukkan data variasi masing-masing dari yang paling lebar adalah CPO murni dengan lebar 2,1 mm, kemudian CPO 1 ppm dan CPO 5 ppm masing-masing 1,89 mm dan 1,78 mm. Kandungan asam lemak pada biodiesel minyak sawit menyebabkan perubahan ukuran membesar dan mengecil pada api. Pada variasi CPO murni kandungan asam lemak minyak sawit yang dominan menyebabkan penguapan bahan bakar kesamping lebih mudah terjadi. Karbon nano tidak banyak berperan aktif pada proses evaporasi kesamping.

Pengaruh Pencampuran Minyak Sawit dengan Karbon Nano Pada Tinggi Api Terhadap Waktu

Tinggi Api Terhadap Waktu

4,5

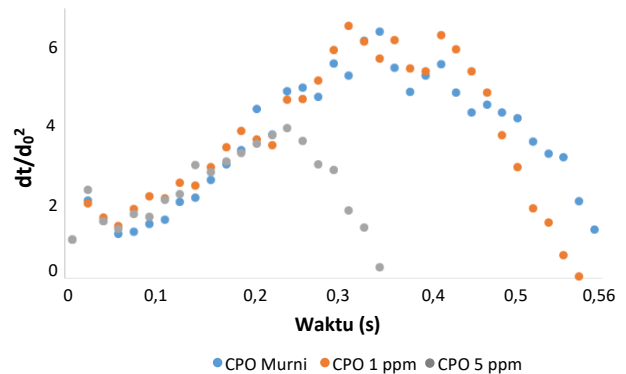


Gambar 4. Grafik pengaruh variasi campuran minyak sawit dengan karbon nano pada tinggi api terhadap waktu

Tinggi api terhadap waktu dihitung sejak terjadi nyala api hingga api mati. Pada gambar 4. menunjukkan tinggi api maksimal pada variasi CPO 1 ppm dengan tinggi 3,89 mm diikuti dengan variasi CPO murni dan CPO 5 ppm dengan tinggi api 3,45 mm dan 2,82 mm. Karbon nano yang dicampurkan dengan minyak sawit memiliki perbedaan temperatur pembakaran dan titik didih. Reaksi asam lemak, sifat semikonduktor dan gaya gravitasi menyebabkan evaporasi (penguapan) pada bahan bakar naik ke atas. Campuran karbon nano pada CPO 1 ppm menjadi penyeimbang kandungan asam lemak minyak sawit dan membantu penguapan terjadi keatas dan ditunjang oleh gaya gravitasi.

Pengaruh Pencampuran Minyak Sawit dengan Karbon Nano pada *Burning Rate*

Burning Rate



Gambar 5. Grafik pengaruh variasi campuran minyak sawit dengan karbon nano pada *burning rate*

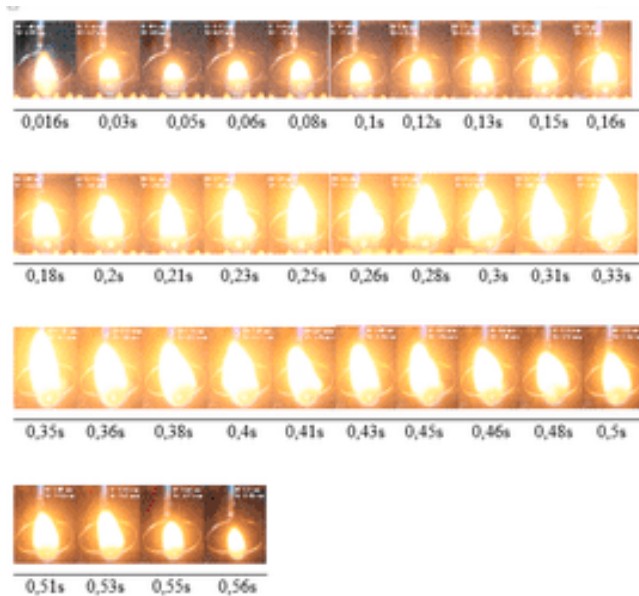
Burning rate merupakan kecepatan laju pembakaran dimulai dari terjadinya nyala api sampai api habis^[11]. Perhitungan *burning rate* dipengaruhi oleh nilai diameter api selama pembakaran. Besarnya diameter api dipengaruhi proses evaporasi dan pembakaran. Variasi perubahan diameter api dipengaruhi oleh penguapan yang terjadi pada saat proses pembakaran sekaligus menunjukkan data kecepatan laju pembakarannya. Parameter *burning rate* dapat diketahui melalui rumus $d(t)^2 = d_0^2 - Kt$. d_0 adalah diameter awal droplet. $d(t)^2$ adalah dua kali lipat diameter droplet. t adalah waktu pembakaran dan K adalah *burning rate*.

Pada gambar 5. menunjukkan grafik *burning rate* yang terjadi pada campuran minyak sawit dengan karbon nano. Nilai $dt/d0^2$ terhadap t (waktu) yang menjadi indikator perhitungan *burning rate*^[12]. Jika diurutkan, laju pembakaran dari waktu yang tercepat tercatat pada variasi campuran CPO 5 ppm, CPO 1 ppm, dan CPO murni. CPO 5 ppm habis pada waktu ke 0,33 kemudian CPO 1 ppm dan CPO murni masing-masing habis pada waktu ke 0,55 dan 0,56.

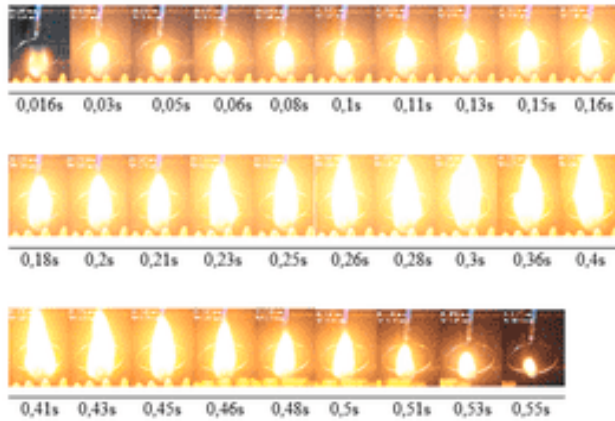
Sifat karbon nano adalah semikonduktor, dengan konduktivitas yang

tinggi dan tahan terhadap panas dapat menyebabkan pembakaran lebih cepat terjadi ketika dicampur dengan minyak sawit. Karbon nano yang dicampurkan ke minyak sawit dapat mengurangi pengaruh asam lemak pada minyak sawit ketika terjadi pembakaran dan menyebabkan minyak sawit lebih cepat habis ketika dipanaskan.

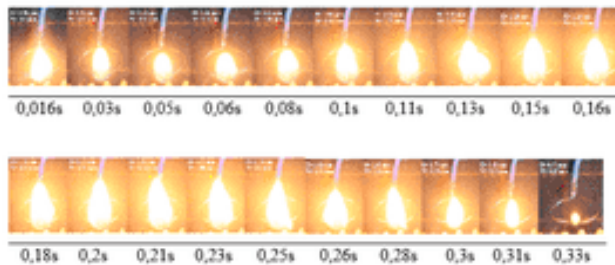
Gambar Visualisasi Nyala Api



Gambar 6. Visualisasi Nyala Api pada Variasi Campuran CPO Murni



Gambar 7. Visualisasi Nyala Api pada Variasi Campuran CPO 1 ppm



Gambar 8. Visualisasi Nyala Api pada Variasi Campuran CPO 5 ppm

Gambar 6, 7, dan 8 menunjukkan visualisasi nyala api pada ketiga variasi campuran minyak sawit dengan karbon nano. Kecepatan nyala api pada variasi campuran CPO murni selama 0,016s - 0,56s, pada CPO 1 ppm dan CPO 5 ppm masing-masing selama 0,016s – 0,55s dan 0,016s – 0,33s dimana hal ini menjelaskan bahwa kecepatan nyala api terjadi pada variasi campuran karbon nano yang lebih banyak yaitu 5 ppm. Karbon nano dengan kandungan serat oksida aluminium yang menyerupai serat karbon menjadikannya sebagai pemicu lebih cepat terjadinya laju pembakaran karena bersifat semikonduktor dan konduktivitasnya yang tinggi.

KESIMPULAN

1. Temperatur tertinggi tercatat pada variasi campuran 5 ppm yang menyebabkan bahan bakar lebih cepat habis, karena karbon nano bersifat tahan panas dan ketika dicampurkan menjadi bioaditif pada minyak sawit membuat pembakaran mencapai temperatur tertinggi.
2. Ukuran api seperti diameter, tinggi, dan lebar api pada saat pembakaran menunjukkan data yang variatif. Perubahan ukuran bahan bakar dipengaruhi oleh kandungan asam lemak minyak sawit, sifat karbon nano, perbedaan temperatur didih, temperatur penguapan, dan temperatur penyalaan. Tinggi api lebih tinggi pada variasi CPO 1 ppm dikarenakan reaksi asam lemak, sifat semikonduktor dan gaya gravitasi menyebabkan evaporasi (penguapan) pada bahan bakar naik ke atas. Campuran karbon nano pada CPO 1 ppm menjadi penyeimbang kandungan asam lemak minyak sawit dan membantu penguapan terjadi keatas dan ditunjang oleh gaya gravitasi. Untuk lebar api lebih tinggi tercatat pada variasi CPO Murni disebabkan kandungan asam lemak minyak sawit yang dominan menyebabkan penguapan bahan bakar kesamping lebih mudah terjadi.
3. *Burning rate* atau laju kecepatan nyala api tertinggi ditunjukkan oleh variasi campuran CPO 5 ppm, karena sifat karbon nano lebih cepat menghantarkan panas sehingga menyebabkan laju pembakaran pada variasi campuran 5 ppm lebih cepat terbakar dan habis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Sheehan, V. Camobreco, J. Duffield, M. Graboski, and H. Shapouri, "An overview of biodiesel and petroleum diesel life cycles," *U.S. Department Agric. U.S. Dep. Energy*, no. May, pp. 1–60, 1998, doi: 10.2172/771560.
- [2] R. D. Misra and M. S. Murthy, "Blending of additives with biodiesels to improve the cold flow properties, combustion and emission performance in a compression ignition engine - A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 5, pp. 2413–2422, 2011, doi: 10.1016/j.rser.2011.02.023.
- [3] 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.
- [4] A. A. Aziz, M. F. Said, and M. A. Awang, "Performance of Palm Oil-Based Biodiesel Fuels in a Single Cylinder Direct," *Palm Oil Dev.*, vol. 42, no. January, pp. 15–24, 1993.
- [5] J. Blin *et al.*, "Characteristics of vegetable oils for use as fuel in stationary diesel engines - Towards specifications for a standard in West Africa," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 22, pp. 580–597, 2013, doi: 10.1016/j.rser.2013.02.018.
- [6] S. A. Basha and K. Raja Gopal, "A review of the effects of catalyst and additive on biodiesel production, performance, combustion and emission characteristics," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 1, pp. 711–717, 2012, doi: 10.1016/j.rser.2011.08.036.
- [7] I. G. Ketut Puja, I. N. G. Wardana, Y. S. Irawan, and M. A. Choiron, "The role of Carica papaya latex and aluminum oxide on the formation of carbon nanofibre made of coconut shell," *Adv. Nat. Sci. Nanosci. Nanotechnol.*, vol. 9, no. 3, 2018, doi: 10.1088/2043-6254/aad1a9.
- [8] E. Marlina, M. Basjir, M. Ichiyanagi, 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.
- [9] 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, pp. 0–7, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/494/1/012036.
- [10] R. Sepriyatno, A. Wahab, E. Marlina, J. Teknik, M. Universitas, and I. Malang, "Karakteristik Pembakaran Droplet Pada Minyak Jarak Sebagai Bahan Bakar Biodesel," pp. 1–6.
- [11] T. Chomiak, T. J. Rychter, and A. Teodorczyk, "Universal method for determination of burned-gas zone geometry in SI piston engines," *SAE Tech. Pap.*, 1990, doi: 10.4271/900685.
- [12] M. S. Wu and S. I. Yang, "Combustion characteristics of multi-component cedar bio-oil/kerosene droplet," *Energy*, vol. 113, pp. 788–795, 2016, doi: 10.1016/j.energy.2016.07.097.