

PENGARUH VARIASI DIAMETER TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN *DROPLET METHYL LAURAT* DAN *METHYL OLEAT*

Helmi Saktyawan^{1*}, Lilis Yuliati², Purnami³
Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur
helmisaktyawan28@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi diameter terhadap karakteristik pembakaran droplet methyl laurat dan methyl oleat. Karakteristik pembakaran droplet yang akan diamati meliputi: ignition delay time, burning time, tinggi api, evolusi diameter droplet dan temperatur droplet. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental (eksperimental research) yaitu dengan cara melakukan pengamatan langsung untuk memperoleh data sebab akibat melalui eksperimen guna mendapatkan data empiris yang secara langsung pada objek yang diteliti. Objek yang akan diambil datanya melalui tahapan tertentu untuk menghasilkan data yang bisa dibandingkan dengan menunjukkan perbandingan tertentu yang bisa dikaitkan. Penelitian dengan menguji variasi diameter droplet terhadap karakteristik pembakaran droplet metil laurat dan droplet metil oleat. Hasil dari penelitian ini berpengaruh terhadap karakteristik pembakaran droplet. Semakin besar diameter droplet yang dihasilkan akan semakin lama proses terbakarnya droplet dan dicapai pada temperatur maksimal, Proses evaporasi ini terdiri dari beberapa tahap meliputi transient heating, microexplosion, evaporation, equilibrium, dan residue evaporation phase. Pada senyawa jenuh, ignition delay time lebih tinggi dibandingkan senyawa tak jenuh. Ignition delay time dipengaruhi rantai karbon, semakin panjang rantai karbon tersebut akan mempengaruhi lamanya ignition delay time.

Kata kunci: Karakteristik Pembakaran Droplet, Methyl Laurat, Methyl Oleat, Variasi Diameter Droplet

EFFECT OF DIAMETER VARIATION ON COMBUSTION CHARACTERISTICS OF METHYL LAURATE AND METHYL OLEATE DROPLETS

Helmi Saktyawan^{1*}, Lilis Yuliati², Purnami³
Brawijaya University, Malang City, East Java
helmisaktyawan28@gmail.com

Abstract

The aim of this research is to determine the effect of diameter variations on the combustion characteristics of methyl laurate and methyl oleate droplets. The droplet burning characteristics that will be observed include: ignition delay time, burning time, flame height, droplet diameter evolution and droplet temperature. This research uses an experimental method (experimental research), namely by making direct observations to obtain causal data through experiments to obtain empirical data directly on the object under study. The object from which data will be taken goes through certain stages to produce data that can be compared by showing certain comparisons that can be linked. Research by testing variations in droplet diameter on the burning characteristics of methyl laurate droplets and methyl oleate droplets. The results of this study affect the characteristics of droplet combustion. The larger the diameter of the droplet produced, the longer the droplet combustion process will be and will be achieved at the maximum temperature. This evaporation process consists of several

stages including transient heating, microexplosion, evaporation, equilibrium, and residue evaporation phase. In saturated compounds, the ignition delay time is higher than in unsaturated compounds. Ignition delay time is affected by the carbon chain, the longer the carbon chain will affect the length of the ignition delay time.

Keywords: *The Characteristics of Droplet Combustion, Methyl Laurate, Methyl Oleate, Variation in Droplet Diameter*

Pendahuluan

Kebutuhan bahan bakar untuk saat ini terus mengalami peningkatan, sedangkan ketersediaan energi bahan bakar fosil semakin hari semakin menurun. Pemerintah melalui peraturan Menteri ESDM tahun 2018 No. 41 menetapkan bahwa Indonesia akan bertahap menerapkan biodiesel sebagai pengganti bahan bakar diesel. Penggunaan bahan bakar fosil tidak hanya menimbulkan kelangkaan ketersediannya, melainkan juga berdampak pada perubahan suhu lingkungan (*global warming*), perubahan iklim dan cuaca (Reham *et al.*, 2015; Ramakrishnan *et al.* 2019; Bhimani *et al.*, 2013; Elsanusi *et al.*, 2017). Saat ini beberapa bahan bakar alternatif yang populer adalah biodiesel (Radhakrishnan *et al.*, 2018, Melo-Espinosa *et al.*, 2015), *green gasoline* (Joensen *et al.*, 2011), dan *biosyngas* (Reham *et al.*, 2015). Biodiesel diproduksi dari sumber daya alam yang jumlahnya melimpah dan dapat diolah melalui beberapa metode diantaranya transesterifikasi, pirolisis, mikroemulsifikasi, dan blending (Zahan dan Kano, 2018). Pengembangan dan penelitian energi terbarukan saat ini mulai menjadi tren dan terus dilakukan, karena bioenergi memiliki kelebihan dibandingkan bahan bakar fosil. Sebagai contoh, hasil emisi dari bahan bakar biodiesel lebih bersih jika dibandingkan dengan bahan bakar dari fosil. Pembakaran dari bahan bakar biodiesel dapat mengurangi karbon monoksida (CO), total poliakromatik hidrokarbon (THC), *particulate matter* (PM), dan poliakromatik karbon (PAH), namun emisi dari gas nitrogen oksida (NOx) masih tinggi (Sadhik Basha, 2018; Sadhik Basha dan Anand, 2014; Vellaiyan, 2020; Vellaiyan *et al.*, 2018; Vellaiyan *et al.*, 2019). Sehingga penggunaan bahan bakar dari biodiesel merupakan solusi yang ramah lingkungan.

Latar Belakang

Properti fisik pada biodiesel tergantung dari proses fisika dan kimia yang dilakukan pada biodiesel, juga dapat bervariasi secara signifikan tergantung komposisi kimianya (Torres-jimenez *et al.*, 2011). Pada minyak nabati, polaritas dan struktur geometri dari komposisi asam lemak berpengaruh terhadap penguapan dan pengapiannya. Minyak nabati yang didominasi asam lemak dengan geometri yang lurus menghasilkan temperature yang tinggi pada saat pengapian namun membutuhkan waktu evaporasi lebih lama. Hal ini dipengaruhi gaya intermolekuler dari asam lemak yang kuat, sehingga pada saat evaporasi terbentuk gelembung di dalam droplet (Marlina *et al.*, 2020).

Berbagai – macam biodiesel yang beredar pada umumnya, dengan bahan dasar pembentuk biodiesel adalah FAME, merupakan biodiesel yang diperoleh dari proses transesterifikasi minyak nabati atau hewani menggunakan metanol. Proses transesterifikasi adalah proses kimia yang mengubah trigliserida dalam minyak nabati menjadi metil ester dan gliserol. Hasil dari proses tersebut, adalah berbagai jenis metil ester (*fatty acid methyl ester*/FAME). Terdapat banyak jenis FAME, diantaranya adalah metil oleat dan metil laurat. Metil laurat merupakan FAME jenuh dengan rumus kimia $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOCH}_3$ atau $\text{C}_{13}\text{H}_{26}\text{O}_2$, merupakan FAME yang mempunyai rantai karbon relatif pendek. Metil laurat hanya memiliki ikatan tunggal dalam rantai karbonnya. Metil oleat merupakan salah satu jenis FAME dengan rantai karbon yang lebih panjang dan memiliki beberapa ikatan tunggal serta ikatan rangkap 2 (merupakan FAME tak jenuh) dengan rumus kimia $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOCH}_3$ atau $\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2$ Senyawa *metil laurat* merupakan konstituen

dari beberapa jenis *biodiesel* seperti minyak kelapa (44,56 wt%) dan *palm kernel oil* (48,38 wt%). Tingkat kejenuhan senyawa *metil laurat* dibandingkan senyawa tak jenuh *metil oleat* mendorong stabilitas oksidatif yang lebih baik. Faktor – faktor yang mempengaruhi produk metil ester asam oleat diantaranya adalah perbandingan rasio molar reaktan dan waktu reaksi (Hui, 1996 dalam Widayanto, 2007).

Kualitas pembakaran sangat mempengaruhi kinerja (*performance*) mesin diesel. Salah satu yang paling mempengaruhi adalah karakteristik *spray* pada *nozzle*, pada berbagai variasi diantaranya tekanan injeksi, variasi lubang *injector* dan variasi *impingement distance on flat-wall*. Karakteristik semprotan bahan bakar diesel yang meliputi *tip penetration* dan sudut semprotan, distribusi diameter *droplet* baik kualitas maupun kuantitasnya. Penelitian mengenai karakteristik dari bahan bakar diesel atomisasinya perlu dilakukan. Karena hal tersebut yang nantinya akan mempengaruhi karakteristik pembakaran diantaranya *burning time*, *ignition delay time*, tinggi api, diameter *droplet* dan temperatur *droplet*. Proses pembakaran *droplet (spray)* merupakan faktor penting yang menentukan kinerja motor bakar.

Pembakaran bahan bakar cair terjadi melalui beberapa tahap, diawali dengan pemanasan dan penguapan bahan bakar, pencampuran uap bahan bakar – oksidator dan penyalaan / pembakaran campuran uap bahan bakar – oksidator (Yuliati, 2023). Untuk mendapatkan proses penguapan yang terjadi dengan cepat, diperlukan bahan bakar cair dengan permukaan yang luas. Hal ini dicapai dengan mengatomisasi bahan bakar menjadi *droplet* dengan ukuran yang relatif kecil. Diameter *droplet* merupakan satu parameter penting yang menentukan tahapan proses pembakaran *droplet*. Karena itu perlu diketahui korelasi antara diameter *droplet* dan karakteristik pembakaran *droplet*.

Biodiesel tersusun dari berbagai macam jenis FAME, yang mempunyai properties berbeda – beda. Pembakaran *droplet* dari campuran bahan bakar dengan perbedaan volatilitas yang tinggi berpotensi menghasilkan atomisasi sekunder sehubungan dengan adanya pendidihan dalam cairan *superheated* menyebabkan terjadinya *microexplosion* (Chao *et al*, 2019). Fenomena *microexplosion* ini akan memperpendek *droplet lifetime* (Han *et al*^(b), 2017). *Microexplosion* juga terjadi pada tahap evaporasi *droplet*. Laju evaporasi berlangsung dalam 3 fase awal yaitu *transient heating*, *microexplosion evaporation*, dan *equilibrium evaporation phase*, tetapi berlangsung lambat pada *residue evaporation phase* sebagai fase akhir evaporasi. Fenomena *microexplosion* yang kuat akan memudahkan proses *droplet*. Kekuatan *microexplosion* juga akan meningkat dengan naiknya temperatur lingkungan (Wang *et al*, 2019).

Oleh karena itu, berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis melakukan penelitian mengenai pengaruh variasi diameter terhadap karakteristik pembakaran *droplet methyl laurat* dan *methyl oleat*. Karakteristik pembakaran dari *droplet* yang diamati pada penelitian ini meliputi, *burning time*, *ignition delay time*, tinggi nyala api, evolusi diameter *droplet*, dan temperatur *droplet*. Pengamatan dilakukan pada tahap variasi diameter terhadap karakteristik pembakaran *droplet methyl laurat* dan *methyl oleat*.

Tujuan

Merujuk pada latar belakang diatas, dapat disimpulkan untuk tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi diameter terhadap karakteristik pembakaran *droplet methyl laurat* dan *methyl oleat*. Karakteristik pembakaran *droplet* yang akan diamati meliputi: *ignition delay time*, *burning time*, tinggi nyala api, evolusi diameter *droplet* dan temperatur *droplet*.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental (*eksperimental research*) yaitu dengan cara melakukan pengamatan langsung untuk memperoleh data sebab akibat melalui

eksperimen guna mendapatkan data empiris yang secara langsung pada objek yang diteliti. Objek yang akan diambil datanya melalui tahapan tertentu untuk menghasilkan data yang bisa dibandingkan dengan menunjukkan perbandingan tertentu yang bisa dikaitkan. Penelitian dengan menguji variasi diameter *droplet* terhadap karakteristik pembakaran *droplet metil laurat* dan *droplet metil oleat*.

Variebel Bebas

Variebel bebas merupakan variebel ukur dari penelitian yang nilainya ditentukan lebih dahulu oleh peneliti sebelum melakukan penelitian untuk memperoleh nilai dari variebel terikat sebagai fenomena yang diamati pada penelitian. Variebel bebas dari penelitian ini terdiri variasi diameter mulai ukuran 0,7 mm; 0,8 mm; 0,9 mm; 1,00 mm; 1,1 mm dan 1,2 mm. Untuk bahan bakar yang digunakan adalah metil oleat dan metil oleat.

Variebel Terikat

Variebel terikat adalah merupakan variebel hasil penelitian yang nilainya bergantung dari nilai variebel bebasnya. Nilai dari variebel terikat diperoleh dari hasil pengukuran data selama penelitian dari pengolahan data tersebut. Variebel terikat yang diamati selama penelitian ini terdiri dari *ignition delay time*, *burning time*, temperatur *droplet*, evolusi diameter *droplet*, dan tinggi nyala api.

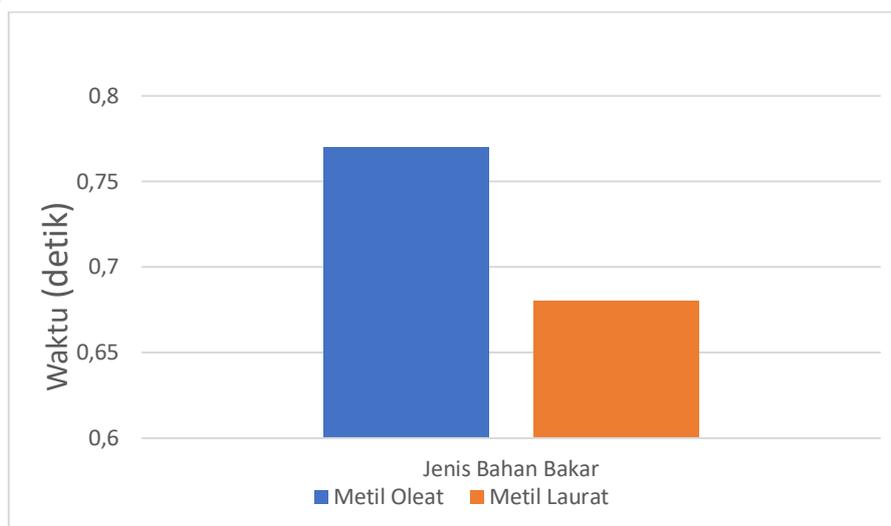
Variebel Terkontrol

Variebel terkontrol merupakan variebel yang di kontrol agar besar nilainya tetap konstan dan telah di tentukan oleh peneliti sebelum penelitian berlangsung. Variebel terkontrol pada penelitian ini adalah temperatur.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan dengan mengambil data variasi diameter *droplet* metil laurat dan metil oleat. Penelitian ini didapatkan data pada variasi diameter terkecil pada variabel bebas penelitian ini pada karakteristik pembakaran *droplet* metil laurat dan metil oleat dengan menggunakan video frame rate 60 fps (*frame per second*) yang didapat dari kamera lalu dipotong setiap fram dengan menggunakan *software adobe premiere pro*.

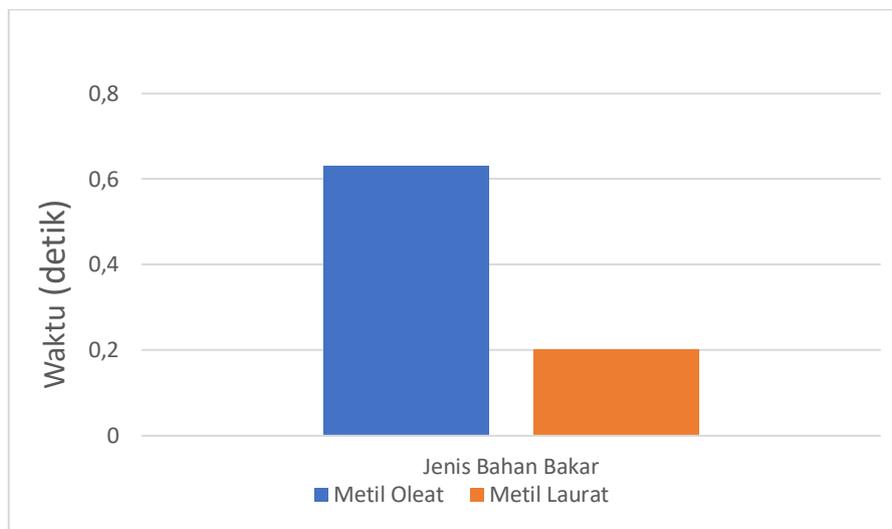
Pengaruh Variasi Diameter terhadap Ignition Delay Time Pada Droplet Metil Laurat dan Metil Oleat



Gambar 1 Pengaruh variasi diameter terhadap *ignition delay time* pada *droplet* metil laurat dan metil oleat

Berdasarkan Gambar 1 diketahui jika urutan *ignition delay time* dari tertinggi sampai yang terendah, yaitu variasi diameter 0,2 metil oleat dan variasi diameter 0,2 metil laurat dengan nilai masing-masing 0,77 s dan 0,68 s. Dari gambar grafik diatas dapat disimpulkan bahwa untuk hasil *ignition delay time* pada metil oleat itu didapatkan lebih tinggi daripada metil laurat dikarenakan berdasarkan karakteristik metil oleat yang mempunyai rantai karbon yang relatif panjang dapat mempengaruhi lamanya *ignition delay time* dan kemampuan bahan bakar yang dapat menyerap panas dibandingkan dengan metil laurat yang mempunyai rantai karbon yang relatif pendek. Penelitian *ignition delay time* merupakan interval waktu ketika *droplet* mulai terpapar pada lingkungan dengan temperatur tinggi hingga nyala api mulai diamati.

Pengaruh Variasi Diameter terhadap Burning Time Pada Droplet Metil Laurat dan Metil Oleat



Gambar 2 Pengaruh variasi diameter terhadap burning time pada droplet metil laurat dan metil oleat

Parameter Burning Time merupakan interval waktu antara nyala api mulai terbentuk hingga padam. Pada gambar 2 diketahui jika urutan *burning time* mulai dari yang tertinggi sampai yang terendah, yaitu variasi diameter 0,2 metil oleat dan variasi diameter 0,2 metil laurat dengan nilai masing-masing 0,63 s dan 0,2 s. Dari gambar tersebut disimpulkan bahwa metil oleat mempunyai nyala api lebih tinggi dibandingkan pembakaran metil laurat.

Kesimpulan

Setelah mengetahui karakteristik dari masing-masing jenis bahan bakar FAME dan memiliki data dari masing-masing karakteristik pembakaran tersebut diharapkan bias memperkirakan karakteristik pembakaran dari biodiesel dengan komposisi FAME tertentu. Selanjutnya bila ingin memperbaiki pembakaran satu jenis biodiesel dengan jenis biodiesel yang lainnya.

Daftar Pustaka

A.Adib R, dkk. (2013). Pengaruh *Microexplosion* Terhadap Karakteristik Pembakaran Bahan Bakar Minyak Jarak Pagar (*Jathropa Curcas L.*) Pada Berbagai Diameter Droplet. Universitas Jember. Vol. (VI):1

Arwin. (2018). Karakteristik Pembakaran Droplet Campuran Bahan Bakar Bensin-Etanol. Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri 2019.

- Ibadurrohman, Ibrahim A. (2021). Pengaruh Panjang Rantai karbon dan Derajat Ketidakjenuhan Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet Asam Lemak Tunggal. Universitas Brawijaya. (XII): 331-347
- Misbachudin. (2017). Pengaruh Persentase Biodiesel Minyak Nyamplung – Solar Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet. Universitas Brawijaya. (VIII): 9-14
- Nuva, dkk. (2019). Ekonomi Politik Energi Terbarukan dan Pengembangan Wilayah: Persoalan Pengembangan Biodiesel di Indonesia. Institut Pertanian Bogor. Jurnal Sosiologi Pedesaan. hal: 110-118
- Yuliati, L. (2023). Dinamika dan Nyala Api Pembakaran Droplet Campuran *Metil Laurat – Metil Oleat*. Universitas Brawijaya. (XIV)
- Wijayanto, Vera D. (2020). Efek Bentonit Pada Karakteristik Pembakaran *Droplet* Biodiesel Kelapa Sawit. Universitas Brawijaya. (XI): 331-338