

Pengaruh Campuran Biodiesel-Minyak Nabati-Minyak Atsiri Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Diesel

Hamdan Hariyanto¹, Adhes Gamayel¹, Kasum¹, Fajar Mulyana²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta, Jl Boulevard Raya No.2 Grand Depok City, Kota Depok, Jawa Barat 16412

²Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Artikel info: Diterima: 4 Mei 2021 | Disetujui: 15 Mei 2021 | Tersedia online: 31 Mei 2021

Abstrak

Permintaan bahan bakar semakin hari semakin meningkat dan dibutuhkan bahan bakar alternatif untuk mengatasi ketersediaan minyak bumi. Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang dihasilkan dari proses transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewan. Biodiesel memiliki keunggulan bebas sulfur, kandungan aromatis yang rendah, dan biodegradable. Pengembangan lainnya adalah penggunaan minyak nabati dan minyak atsiri secara langsung pada motor bakar sebagai bahan bakar tambahan. Pada penelitian ini dilakukan pencampuran bahan bakar Biodiesel (B30) dengan minyak jarak (castor oil) sebanyak 4% dan minyak atsiri (Turpentine oil, pine oil, Clove oil) dengan masing-masing persentase 1%. Pengujian menggunakan mesin diesel satu silinder dan variasi putaran 1000, 1250, dan 1500 rpm. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan nilai viskositas, densitas, dan emisi gas buang pada pencampuran tiga jenis bahan bakar (biodiesel-minyak jarak castor-minyak atsiri). Selain itu, studi ini diperlukan agar dapat menggali potensi minyak nabati yang dapat digunakan secara langsung pada mesin diesel sebagai campuran bahan bakar. Campuran bahan bakar dengan minyak cengkeh menghasilkan nilai viskositas tertinggi yaitu 3,84 Cst dan nilai densitas yaitu 0,95 gr/ml. Nilai CO tertinggi yaitu 0.03% dengan campuran minyak turpentin pada putaran mesin 1500 rpm dan nilai HC tertinggi adalah campuran minyak pinus dengan nilai 38 ppm pada putaran mesin 1000 rpm. Kalor laten yang tinggi pada minyak atsiri mengakibatkan suhu ruang bakar menurun secara drastis dan menimbulkan emisi gas buang yang lebih tinggi daripada menggunakan B30. Secara umum, penggunaan campuran biodiesel-minyak jarak castor-minyak atsiri belum dapat dilakukan pada mesin diesel karena menghasilkan emisi gas buang yang lebih tinggi daripada B30.

Kata Kunci : *Mesin Diesel, biodiesel, minyak atsiri, minyak cengkeh, minyak turpentine, minyak pinus. emisi*

Abstract

The demand of fuel has increased in the several years ago and need alternative fuel to overcome the limitation of fossil fuels. Biodiesel is an alternative fuel produced from the transesterification process of vegetable oils or animal fats. The advantage of biodiesel are non-sulfur, low aromatic content, and biodegradable. The use of vegetable oil and essential oil as additional fuel has been developed. In this study, Biodiesel (B30) was mixed with vegetable oil (castor oil) in percentage of 4% and essential oils (Turpentine oil, pine oil, Clove oil) with

¹ Corresponding author E-mail address: adhes@jgu.ac.id

a percentage of 1%. The single cylinder engine was tested with variation of engine speed in 1000, 1250, and 1500 rpm. The objective of this research is to find the viscosity, density and emission of the fuel mixture. In addition, this study is needed in order to explore the potential of vegetable oils that can be used directly in diesel engines as a fuel mixture. The mixture of fuel with clove oil produces the highest viscosity value of 3.84 Cst and density value of 0.95 gr/ml. The highest CO emission value is 0.03% with turpentine oil at 1500 rpm and the highest HC emission is pine oil with a value of 38 ppm at 1000 rpm. High latent evaporation in essential oils led to decreased temperature of combustion chamber and results higher exhaust emissions than using B30.

Keywords: Diesel engine, biodiesel, essential oil, clove oil, turpentine oil, pine oil, emission.

1. PENDAHULUAN

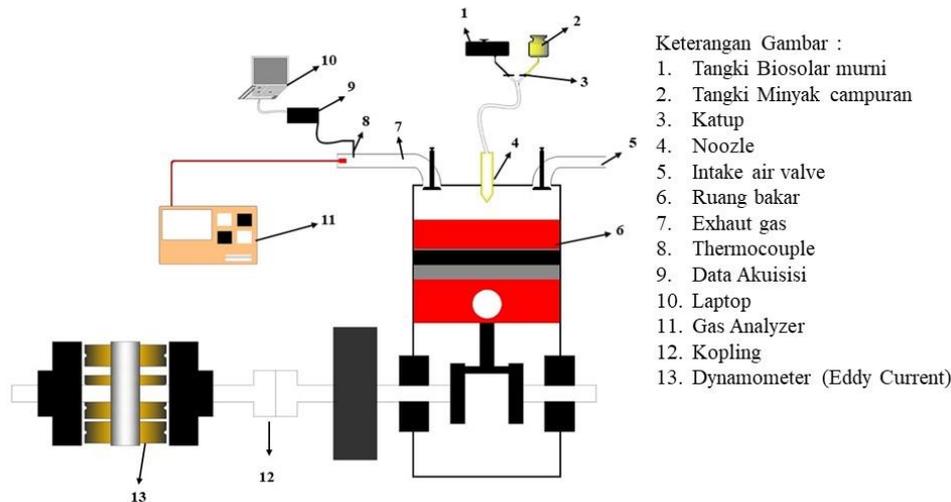
Permintaan energi terbarukan dan energi pengganti dari minyak bumi telah meningkat beberapa tahun terakhir. Salah satu yang terus dikembangkan adalah biodiesel dimana saat ini Indonesia telah mengimplementasikan kadar biodiesel dalam solar sebanyak 30% (B30). Keunggulan yang dimiliki biodiesel adalah kandungan sulfur rendah, gugus aromatis rendah, nilai kalor tinggi dan *biodegradable* [1]. Sebelum berkembang menjadi B30, telah banyak penelitian tentang penggunaan biodiesel dengan kadar 20% (B20). Salah satu penelitian tentang performa mesin diesel yang menggunakan B20 telah dilakukan oleh Wibisono et al, (2020) [2]. Ditemukan hasil bahwa performa mesin diesel Caterpillar 3196 dengan menggunakan B20 masih masuk dalam standar yang diizinkan. Selanjutnya, penelitian tentang Emisi gas buang pada B20 dengan bahan minyak sawit, minyak biji kepuh, dan minyak jelantah telah dilakukan [3]. Dalam penelitian tersebut ditemukan bahwa minyak biji kepuh memiliki kadar asap, emisi CO dan HC terendah. Biodiesel berbahan minyak kedelai telah diuji emisi gas buang dan temperatur ruang bakar [4]. Hasil pengujian menjelaskan bahwa emisi gas buang CO dan HC mengalami penurunan saat menggunakan bahan bakar B10, B20 dan B30.

Minyak nabati dapat dicampurkan secara langsung dengan solar dan diuji ke mesin diesel. Agarwal & Agarwal (2007) [5] mencampurkan minyak jarak pagar dari kadar 10-100%. Semakin tinggi campuran minyak nabati pada solar menyebabkan nilai viskositas semakin tinggi. Hal menyebabkan proses atomisasi menjadi tidak homogen dan pembakaran menjadi tidak sempurna [6]. Viskositas tinggi juga berdampak pada adanya endapan pada saluran pembakaran, nozzle, dan saluran pompa bahan bakar [7]. Berdasarkan kondisi tersebut, biodiesel perlu ditambahkan dengan minyak yang mudah menguap untuk dapat menurunkan nilai viskositas dan membantu terjadinya titik nyala.

Minyak atsiri adalah kelompok minyak yang mudah menguap. Minyak atsiri didapatkan dari tumbuhan dengan proses ekstraksi daun, batang, akar, dan daun. Saat ini, minyak atsiri banyak digunakan untuk bahan parfum dan industri Kesehatan [8]. Minyak cengkeh, minyak pinus dan minyak turpentine adalah beberapa contoh dari minyak atsiri yang telah digunakan dalam penelitian uji performa mesin diesel. Mbarawa, 2010 [9] mencampurkan minyak cengkeh hingga 75% pada solar dan hasil uji menyatakan bahwa HC menurun dengan bertambahnya kadar minyak cengkeh dalam solar. Penambahan minyak cengkeh sebagai bioaditif pada solar diteliti oleh Kadarohman et al (2012) [10] dan ditemukan bahwa kandungan terpena dalam minyak cengkeh mampu menjadi jembatan terjadinya pencampuran yang sempurna antara minyak cengkeh dan solar sehingga pembakaran menjadi lebih baik. Penelitian Campuran Minyak turpentine dan solar dilakukan oleh Anand et al (2010) [11] dan campuran minyak pinus-solar diteliti oleh Vallinayagam et al, (2019) [12]. Hasil dari penelitian tersebut menyatakan bahwa emisi gas buang mengalami penurunan. Dari beberapa penelitian diatas, belum ada penelitian tentang pencampuran biodiesel, minyak nabati dan minyak atsiri. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian ini dengan tujuan untuk mendapatkan nilai emisi gas buang pada pencampuran tiga jenis bahan bakar. Selain itu, studi ini diperlukan agar dapat menggali potensi minyak nabati yang dapat digunakan secara langsung pada mesin diesel sebagai campuran bahan bakar.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan adalah mencampurkan bahan bakar dengan prosentase tertentu, menguji nilai viskositas dan densitas, kemudian diuji dalam mesin diesel satu silinder type R175A. Hasil pengujian yang diamati adalah emisi gas buang yaitu CO dan HC yang diukur menggunakan alat uji orsat. Pengujian stationeri Mesin diesel ini menggunakan variasi kecepatan yaitu 1000, 1250, dan 1500 rpm. Detail instalasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1



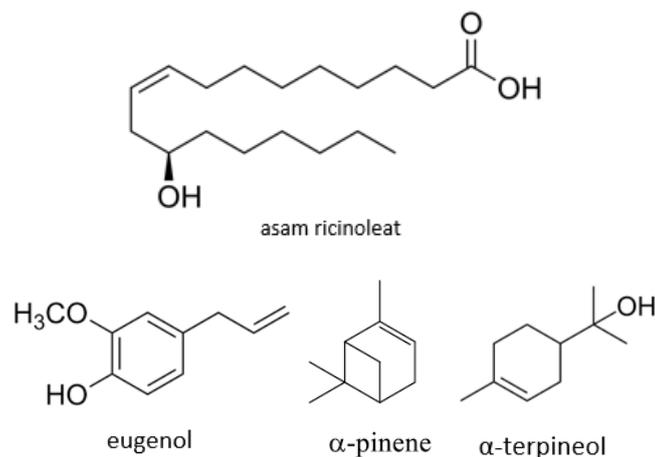
Gambar 1. Skema Instalasi Penelitian

Bahan bakar yang digunakan adalah biodiesel/biosolar (B30) yang didapatkan pada stasiun penjualan bahan bakar umum (SPBU) pertamina. Minyak nabati yang digunakan adalah minyak jarak castor (*Ricinus communis L*) dan minyak atsiri yang dipakai adalah minyak cengkeh, minyak pinus, dan minyak turpentine. Campuran bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini menggunakan notasi agar mudah dalam penulisannya tertulis dalam tabel 1.

Tabel 1. Inisial Penyederhanaan penulisan campuran bahan bakar

No	Inisial	Deskripsi
1	B30	Biodiesel (B30) dengan volume per volume 100%
2	B95C4CK1	B30 dg 95%, Minyak Castor 4%, Minyak cengkeh 1%
3	B95C4T1	B30 dg 95%, Minyak Castor 4%, Minyak turpentine 1%
4	B95C4P1	B30 dg 95%, Minyak Castor 4%, Minyak pinus 1%

Minyak jarak castor memiliki kandungan asam lemak tak jenuh yang tinggi yaitu asam lemak risinoleat dengan kadar yang dapat mencapai 80-90% [13]. Komposisi terbesar dari minyak cengkeh adalah eugenol yang memiliki gugus hidroksil. Selain itu, α -pinene merupakan komposisi terbesar pada minyak pinus dan α -terpineol adalah komposisi terbesar pada minyak turpentine.



Gambar 2. Komposisi terbesar pada minyak jarak castor, minyak cengkeh, minyak pinus, dan minyak turpentine

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian viskositas

Tabel 2. Hasil pengujian viskositas

No	Campuran Minyak	Viskositas
		40°C
1	B30	3,25
2	B95C4T1	3,80
3	B95C4CK1	3,84
4	B95C4P1	3,78

Viskositas merupakan suatu ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida, jika nilai viskositas tinggi maka berpengaruh terhadap pembakaran didalam ruang bakar. Semakin tinggi nilai viskositas maka proses atomisasi (pengkabutan) bahan bakar semakin tidak sempurna. Hal ini dikarenakan minyak yang keluar pada nosel terlalu kental mengakibatkan ukuran droplet saat atomisasi menjadi tidak homogen. Ketika proses atomisasi menghasilkan ukuran droplet yang tidak homogen, maka proses pembakaran menjadi tidak sempurna. Ketika proses pembakaran tidak sempurna berlangsung terus menerus, dapat mengakibatkan usia injektor lebih singkat dan dinding ruang bakar menjadi mudah kotor. Sesuai tabel 2, B30 memiliki viskositas paling kecil dan campuran bahan bakar tertinggi terjadi pada penambahan minyak jarak castor dan minyak cengkeh. Hal ini dimungkinkan karena adanya struktur molekul yang besar pada minyak jarak castor yaitu asam ricinoleat dan eugenol pada minyak cengkeh. Kedua struktur molekul tersebut berukuran besar sehingga menyebabkan gerakan molekul menjadi lebih lambat. Jika dihubungkan dengan viskositas, semakin cepat gerakan molekul maka viskositas bernilai kecil.

Pengujian Densitas

Tabel 3. Hasil Pengujian densitas

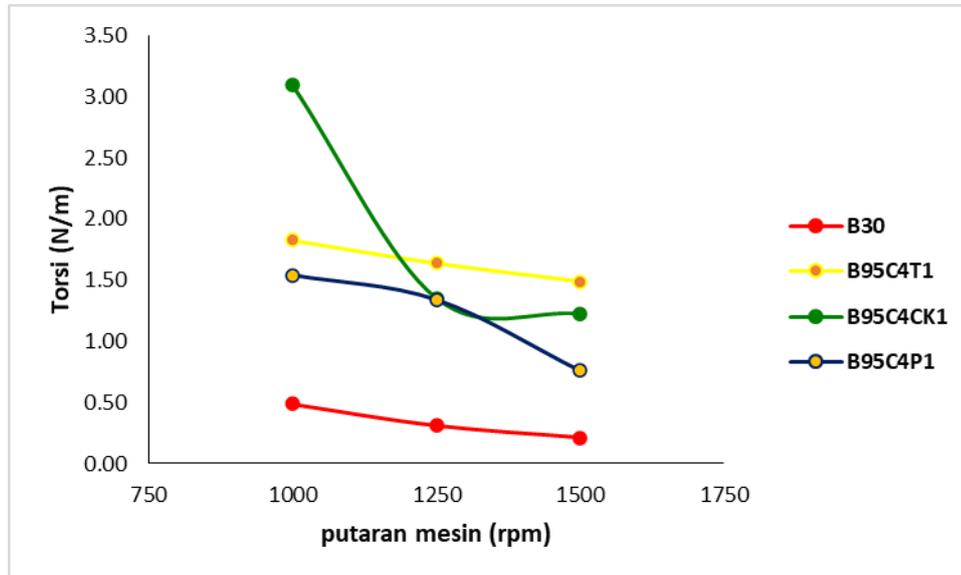
No	Campuran Minyak	Densitas
		gr/ml
1	B30	0,93
2	B95C4T1	0,94
3	B95C4CK1	0,95
4	B95C4P1	0,94

Densitas memberikan indikasi adanya *ignition delay* dan energi spesifik [14]. Densitas secara langsung berpengaruh terhadap injektor karena estimasi jumlah bahan bakar yang masuk dalam injektor dilakukan berdasarkan volume yang dimiliki. Pada tabel 3 densitas tertinggi terdapat pada B95C4CK1. Hal ini disebabkan bentuk molekul asam ricinoleat pada minyak jarak castor dan eugenol pada minyak cengkeh merupakan molekul dengan geometri besar. Cincin benzene yang terdapat pada eugenol memiliki geometri yang padat dan rapat. Hal ini menyebabkan kerapatan antar molekul tinggi sehingga densitas yang dimiliki B95C4CK1 lebih tinggi dibandingkan campuran lain.

Pengujian Torsi

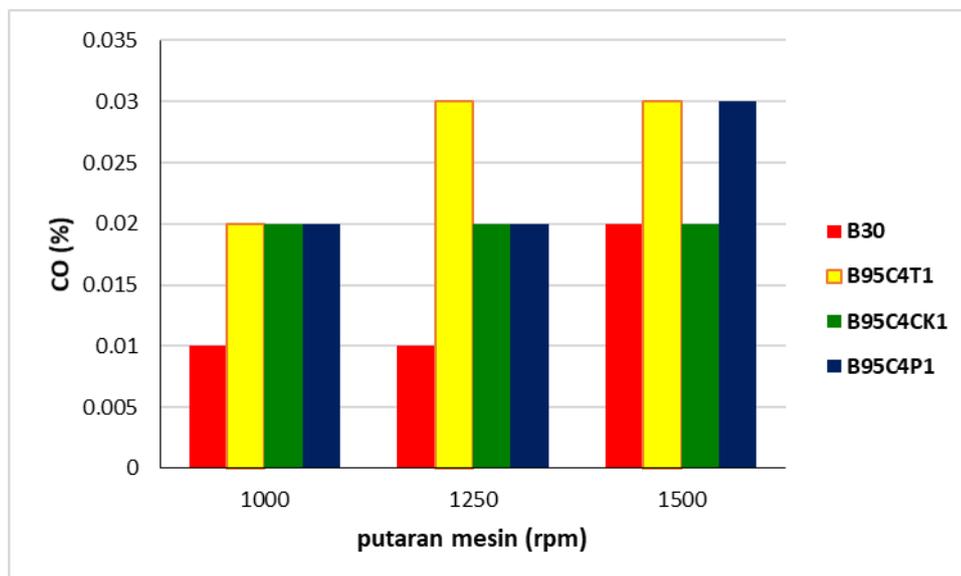
Pengujian torsi dilakukan untuk melihat hasil performa yang dihasilkan dari campuran bahan bakar dengan variasi putaran mesin. Pengujian torsi menggunakan pembebanan *dynamometer* yang diberi alat ukur massa pada satu sisi. Dapat dilihat pada gambar 3, grafik menunjukkan pada putaran awal (1000 rpm) nilai torsi cenderung tinggi. Nilai torsi mengalami penurunan jika putaran mesin semakin tinggi dan penurunan nilai terjadi di semua campuran bahan bakar. Pada putaran 1000 rpm, torsi B95C4CK1 lebih tinggi dibandingkan yang lain karena viskositas yang dimiliki oleh campuran tersebut lebih tinggi. Hal ini berakibat pada proses

atomisasi tidak homogen dan suplai bahan bakar ke dalam ruang bakar menjadi terlambat. Secara umum torsi yang dihasilkan oleh minyak atsiri lebih besar daripada biodiesel (B30). Hal ini mengakibatkan adanya ignition delay dan pembakaran menjadi tidak sempurna dan torsi yang dihasilkan menjadi lebih tinggi.



Gambar 3. Grafik perbandingan torsi terhadap putaran mesin

Pengujian *Carbon Monoksida (CO)*

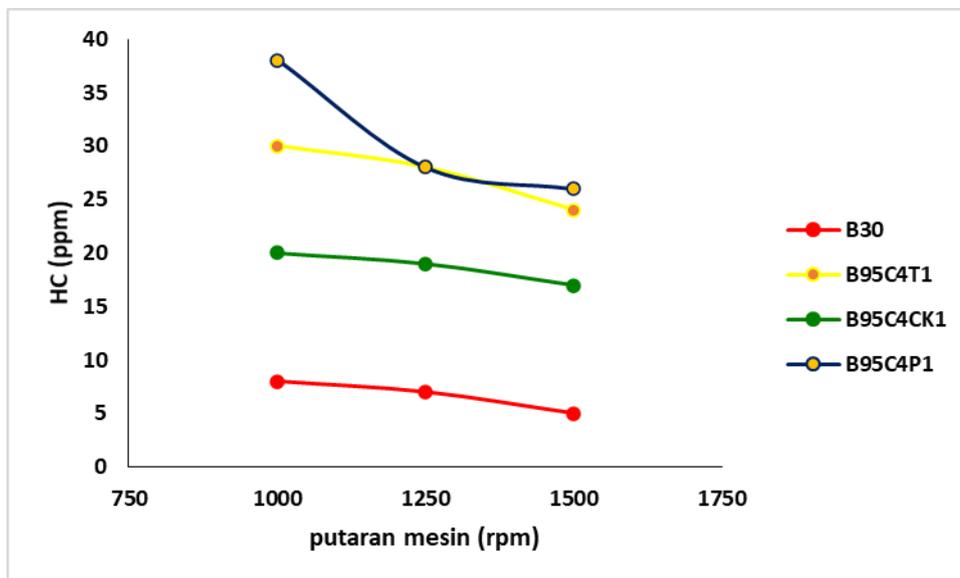


Gambar 4. Kadar CO dari berbagai macam campuran bahan bakar

Emisi CO terjadi karena pembakaran dalam ruang bakar mengalami kekurangan oksigen dan kaya bahan bakar. Pada gambar 4, pengujian Carbon Monoksida (CO) pada setiap campuran bahan bakar mengalami kenaikan nilai CO dengan penambahan putaran mesin. Secara umum terlihat pada gambar 4 bahwa minyak atsiri menghasilkan emisi gas CO lebih tinggi daripada biodiesel (B30). Emisi gas CO meningkat dengan penambahan minyak atsiri karena selama proses oksidasi, radikal peroksid dan hidrogen peroksida (H_2O_2) terbentuk secara berurutan yang kemudian diubah menjadi OH radikal dengan menyerap panas dari ruang pembakaran. Selain itu, peningkatan emisi CO dikaitkan juga dengan besarnya kalor laten yang dimiliki minyak

atsiri. Kalor laten tersebut menyebabkan penurunan suhu dalam ruang bakar, berkurangnya oksidasi dan berkurangnya kadar oksigen [15].

Pengujian *Carbon Hydrocarbon (HC)*



Gambar 5. Emisi HC pada berbagai campuran bahan bakar

Emisi HC pada berbagai campuran terlihat pada gambar 5 dengan nilai terendah adalah B30 dan tertinggi dengan campuran minyak pinus (B95C4P1). Dari semua campuran bahan bakar, terlihat bahwa minyak atsiri menghasilkan emisi HC lebih tinggi dibandingkan biodiesel (B30). Emisi HC timbul pada berbagai campuran bahan bakar dan meningkat pada bahan bakar campuran karena minyak atsiri secara umum mengandung senyawa aromatis. Senyawa ini berisi struktur molekul benzene yang lebih stabil pada suhu tinggi. Minyak atsiri mudah menguap sehingga memiliki kalor laten bernilai tinggi yang menyebabkan penurunan temperatur secara tiba-tiba pada ruang bakar. Daerah ruang bakar yang dingin akan menyebabkan emisi HC menjadi meningkat.

4. KESIMPULAN

Berikut ini adalah kesimpulan yang diambil dari pembahasan diatas yaitu:

1. Bahan bakar B95C4CK1 memiliki nilai viskositas dan densitas tertinggi dibandingkan dengan bahan bakar lain. Minyak jarak castor dengan molekul asam ricinoleat dan minyak cengkeh dengan molekul eugenol memiliki geometri molekul yang besar dan rapat sehingga pergerakan molekul menjadi lambat dan menyebabkan nilai viskositas dan densitas menjadi tinggi.
2. Secara keseluruhan, besaran nilai torsi pada biodiesel (B30) lebih rendah daripada campuran minyak atsiri. Hal ini menandakan bahwa proses pembakaran yang dimiliki B30 lebih sempurna dibandingkan dengan campuran minyak atsiri
3. Dilihat secara umum, emisi gas CO pada campuran minyak atsiri lebih tinggi dibandingkan B30. Hal ini karena kalor laten yang dimiliki minyak atsiri tinggi sehingga dalam ruang bakar terjadi penurunan suhu yang menyebabkan pembakaran menjadi tidak sempurna sehingga gas CO yang dihasilkan tinggi.
4. Emisi HC yang dihasilkan oleh minyak atsiri lebih tinggi daripada B30 karena mayoritas minyak atsiri memiliki struktur molekul berupa senyawa aromatis/cincin benzene yang lebih stabil pada suhu tinggi. Saat suhu tinggi tersebut, senyawa aromatis terurai menjadi HC.

REFERENSI

- [1] Blin J, Brunschwig C, Chapuis A, Changotade O, Sidibe SS, Noumi ES, 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* 2013;22:580–97. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.018>.
- [2] Wibisono Y, Ruslan W, Bunga NT. Analisis Performa Mesin Diesel Caterpillar 3196 5ED04240 Menggunakan Bahan Bakar Solar Dan Biosolar B20 Dengan Metode Eksperimental. *J Mek Terap* 2020;1:98–106. <https://doi.org/10.32722/jmt.v1i2.3356>.
- [3] Wahyudi DA, Ranto R, Basori B. Analisis Perbandingan Biodiesel Minyak Sawit, Minyak Biji Kepuh Dan Minyak Jelantah Terhadap Emisi Gas Buang Dan Opasitas Pada Mesin Diesel. *J Ilm Pendidik Tek Dan Kejuru* 2019;11:22. <https://doi.org/10.20961/jiptek.v11i1.19094>.
- [4] Sitorus TB, Ariani F, Lubis Z. Efek Bahan Bakar Biodiesel Dari Minyak Kedelai Terhadap Emisi Gas Buang Dan Temperatur Ruang Bakar Mesin Diesel. *Simetris J Tek Mesin, Elektro Dan Ilmu Komput* 2018;9:1083–90. <https://doi.org/10.24176/simet.v9i2.2569>.
- [5] Agarwal D, Agarwal AK. Performance and emissions characteristics of Jatropha oil (preheated and blends) in a direct injection compression ignition engine. *Appl Therm Eng* 2007;27:2314–23. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2007.01.009>.
- [6] Gamayel A, Mohammed MN, Al-zubaidi S, Yusuf E. Effect of Clove Oil in Droplet Combustion of Crude Jatropha Oil. *Int J Adv Sci Technol* 2020;29:1564–71.
- [7] Gamayel A, Mohammed MN, Al-zubaidi S, Yusuf E. Characterization and Physicochemical Properties of Biofuel from Mixed Crude Jatropha Oil and Clove Oil. *Sys Rev Pharm* 2020;11:910–6. <https://doi.org/10.31838/srp.2020.5.132>.
- [8] Rahman SMA, Van TC, Hossain FM, Jafari M, Dowell A, Islam MA, et al. Fuel properties and emission characteristics of essential oil blends in a compression ignition engine. *Fuel* 2019;238:440–53. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.10.136>.
- [9] Mbarawa M. The effect of clove oil and diesel fuel blends on the engine performance and exhaust emissions of a compression-ignition engine. *Biomass and Bioenergy* 2010;34:1555–61. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.05.004>.
- [10] Kadarohman A, Hernani, Rohman I, Kusri R, Astuti RM. Combustion characteristics of diesel fuel on one cylinder diesel engine using clove oil, eugenol, and eugenyl acetate as fuel bio-additives. *Fuel* 2012;98:73–9. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.03.037>.
- [11] Anand K, Ranjan A, Mehta PS. Estimating the viscosity of vegetable oil and biodiesel fuels. *Energy and Fuels* 2010;24:664–72. <https://doi.org/10.1021/ef900818s>.
- [12] Vallinayagam R, Vedharaj S, Yang WM, Lee PS, Chua KJE, Chou SK. Combustion performance and emission characteristics study of pine oil in a diesel engine. *Energy* 2013;57:344–51. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.05.061>.
- [13] Widyasanti A, Junita S, Nurjanah S. Pengaruh Konsentrasi Minyak Kelapa Murni (Virgin Coconut Oil) dan Minyak Jarak (Castor Oil) terhadap Sifat Fisikokimia dan Organoleptik Sabun Mandi Cair. *J Teknol Dan Ind Pertan Indones* 2017;9:10–6. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v9i1.6383>.
- [14] Gamayel A, Mohammed MN, Al-zubaidi S, Yusuf E. A Potential Study on Droplet Combustion Performance of Vegetable Oil-Clove Oil Blend. *Int J Adv Sci Technol* 2020;29:1555–63.
- [15] Atmanli A. Effects of a cetane improver on fuel properties and engine characteristics of a diesel engine fueled with the blends of diesel, hazelnut oil and higher carbon alcohol. *Fuel* 2016;172:209–17. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.01.013>.