



# UJI PERFORMA MOTOR DIESEL SATU SILINDER *GENERATOR SET* MENGGUNAKAN CAMPURAN BAHAN BAKAR *CRUDE PALM OIL-DEXLITE* DENGAN PENAMBAHAN BIOADITIF ALAMI

Ahmad Akasah<sup>a</sup>, Rico Aditia Prahmana<sup>a\*</sup>, Teuku Meurah Indra Riayatsyah<sup>a</sup>, Lathifa Putri Afisna<sup>a</sup>, Muhammad Syaukani<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kec. Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 35365, Indonesia

\*Corresponding authors: [rico.aditia@ms.itera.ac.id](mailto:rico.aditia@ms.itera.ac.id) (R. A. Prahmana) Tel: +62 822-8109-8852

## INFO ARTIKEL

### Riwayat artikel:

Diajukan pada 29 Oktober 2023

Direvisi pada 17 Desember 2023

Disetujui pada 22 Februari 2024

Tersedia daring pada 02 Maret 2024

### Kata kunci:

Minyak kelapa sawit, bioaditif, *dexlite*, unjuk kerja, mesin diesel

### Keywords:

*Palm oil, bioadditive, dexlite, performance, diesel engine*

## ABSTRAK

Penggunaan bahan bakar alternatif telah banyak dilakukan di Indonesia bahkan dunia sebagai upaya penghematan bahan bakar yang semakin menipis. Selain itu, memanfaatkan potensi ketersediaan minyak nabati yang melimpah seperti minyak sawit di Indonesia juga merupakan usaha yang efektif untuk dilakukan sebagai substitusi bahan bakar fosil. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi perbandingan yang dihasilkan oleh unjuk kerja mesin diesel satu silinder dengan bahan bakar *dexlite* murni dan campuran *Crude Palm Oil* (CPO) + *dexlite* yang ditambahkan bioaditif. Persentase campuran (CPO) + *dexlite* mulai dari 10%-50 % dan ditambahkan 0,1 % bioaditif ditambahkan pada setiap campuran dengan variasi putaran mesin dari 1200 rpm hingga 2000 rpm dengan interval 200 rpm dan beban konstan 1500 watt. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan matematis diperoleh bahwa pengaruh penambahan bioaditif menghasilkan nilai unjuk kerja yang cukup baik pada hampir di setiap campuran bahan bakar CPO + *dexlite* yang ditandai dengan selisih nilai unjuk kerja antara campuran CPO + *dexlite* dan *dexlite* murni yang berkisar antara 0 % - 15,50 %. Adapun nilai torsi dan *Brake Mean Effective Pressure* (BMEP) paling tinggi didapatkan dari campuran 20 % CPO + *dexlite* sebesar 5.264 N.m dan 183,667 kPa di putaran 2000 rpm sedangkan nilai *Specific Fuel Consumption* (SFC) terendah dan efisiensi termal tertinggi berada pada campuran 30 % CPO + *dexlite* pada putaran 2000 rpm sebesar 0,510 kg/kW.jam dan 16,415%.

## ABSTRACT

*As one of the measures taken to save fuel, which is becoming increasingly scarce, the use of alternative fuels has been widely applied in Indonesia and even around the world. It is possible to save money by adding additives to the fuel, which is one approach that can be used. The utilisation of the potential availability of abundant vegetable oils, such as palm oil, in Indonesia is another viable alternative that can be implemented as a replacement for fossil fuels. An evaluation of the comparison that was produced by the performance of a single-cylinder diesel engine with pure *dexlite* fuel and a mixture of CPO and *dexlite* that was mixed with bioadditives was carried out in order to evaluate the results of this research. While the engine speed ranged from 1200 rpm to 2000 rpm with intervals of 200 rpm and a continuous load of 1500 watts, the percentage of the CPO and *dexlite* mixture ranged from 10% to 50%. Additionally, 0.1% bioadditives were added to each mixture. It was discovered, on the basis of the results of the tests and the mathematical calculations, that the addition of bioadditives led to a performance value that was relatively satisfactory in almost all of the CPO + *dexlite* fuel mixtures. This was characterised by the difference in performance values between the CPO + *dexlite* mixture and pure *dexlite*, which ranged from 0% to 15.50%. The mixture of 20% CPO and *dexlite* produced the highest torque and BMEP values, with a total of 5,264 Nm and 183.667 kPa at a speed of 2000 rpm. On the other hand, the mixture of 30% CPO and *dexlite* produced the lowest SFC value and the highest thermal efficiency, with a total of 0.510 kg/kWh and 16.415%.*

## 1. PENGANTAR

Keberadaan mesin ataupun motor bakar saat ini semakin meningkat dikarenakan kebutuhan manusia yang semakin beragam. Peningkatan jumlah mesin di dunia menjadi salah satu faktor pertumbuhan ekonomi dan juga meningkatnya jumlah populasi manusia. Akibatnya, kebutuhan untuk menggunakan mesin semakin tinggi maka semakin tinggi pula kecenderungan manusia menggunakan bahan bakar sebagai sumber penggerak untuk menjalankan mesin atau motor bakar tersebut. Secara umum, sumber bahan bakar saat ini masih berupa minyak bumi yang kemudian diolah menjadi Bahan Bakar Minyak (BBM) untuk dapat digunakan pada mesin-mesin komersial yang ada di masyarakat khususnya Indonesia, sementara itu, keberadaan minyak bumi saat ini semakin menipis padahal kebutuhan sangat tinggi (Tety dkk., 2012). Adapun alternatif lain yang bisa dilakukan dengan cara substitusi bahan bakar dengan menggunakan bahan bakar alternatif seperti minyak nabati. Namun demikian, penggunaan minyak nabati seperti CPO murni tidak disarankan karena berpotensi mengurangi kadar karbon di ruang bakar, penyumbatan pada katup dikarenakan tingkat viskositas yang tinggi dan rendahnya kecenderungan untuk menguap jika dibandingkan dengan bahan bakar komersial seperti minyak diesel (solar) (Rahardja dkk., 2019). Oleh karena itu, salah satu cara yang digunakan untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan cara mencampurkan antara CPO dengan minyak diesel lalu memanaskannya agar efisiensi pembakaran dan daya spesifik meningkat (Yusaf dkk., 2011). Selain substitusi bahan bakar, cara lain yang dapat digunakan untuk penghematan yaitu dengan menggunakan bahan aditif (Monasari, 2021). Bahan aditif yang cukup aman digunakan yaitu bahan yang bersifat alami seperti minyak atsiri karena memiliki sifat densitas dan viskositas rendah, volatilitas yang tinggi, serta tersusun dari senyawa oksigenat atau biasa disebut sebagai bioaditif (Setyaningsih dkk., 2018). (Setyaningsih dkk., 2018), menggunakan minyak atsiri minyak seperti daun cengkeh, minyak serai wangi, eugenol dan juga sitronelal sebagai bioaditif penghemat bahan bakar solar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan bioaditif akan menyebabkan perubahan densitas, viskositas dan juga nilai kalor biosolar. Selain itu, dapat menyebabkan penurunan laju konsumsi bahan bakar hingga sebesar 7,55% yang didapatkan dari campuran eugenol dan minyak serai wangi dengan konsentrasi 0,1%. Penelitian Muhyi dkk. (Muhyi dkk., 2019) menggunakan minyak serai wangi sebagai bioaditif untuk karakterisasi unjuk kerja dari mesin diesel. Hasilnya adalah bahwa dengan menambahkan minyak serai wangi berpotensi mengurangi konsumsi bahan bakar pada tiap persentase. Hasil terbaik terdapat pada persentase bioaditif 0,1% yang mencapai penghematan 0,055 liter/jam pada pembebanan 200 watt. (Hamri dkk., 2019) melakukan penelitian menggunakan campuran minyak goreng dan solar untuk menganalisis prestasi mesin diesel. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa campuran 20% minyak goreng dapat menghasilkan daya yang paling kecil sementara emisi SO<sub>2</sub>, CO dan NO<sub>x</sub> didapatkan hasil yang paling rendah.

### 1.1 Bioaditif

Bioaditif adalah aditif yang bersal dari tumbuhan (Sibarani dkk., 2020) dan tidak bersifat *toxic* yang ditambahkan pada bahan bakar untuk meningkatkan performa pembakaran dalam ruang bakar sehingga pembakaran yang terjadi akan lebih sempurna dan efisien (Balai Penelitian Tanaman Obat Dan Aromatik, 2010). Hal ini dikarenakan bioaditif banyak mengandung atom oksigen di dalam komponen penyusunnya. Selain itu, struktur senyawa penyusun bioaditif juga memiliki bentuk siklis dan juga rantai terbuka, sehingga kekuatan ikatan antar molekul penyusun bahan bakar dapat diturunkan (Najibullah dkk., 2017). Terdapat beberapa tanaman yang umum dijumpai sebagai penghasil minyak atsiri untuk dijadikan bahan aditif seperti tanaman : nilam, kayu putih, cengkeh, jahe, pala, kayu manis, kenanga, akar wangi dan serai wangi (M. H. S., 2019).

### 1.2 Minyak Cengkeh

*Eugenia Caryophyllata* atau biasa dikenal dengan nama tanaman cengkeh adalah salah satu jenis minyak atsiri yang diekstrak dari buah atau pun daun tanaman cengkeh yang telah gugur atau tua (Bulan, 2004). Adapun persentase kandungan minyak yang terdapat pada buah mencapai 18,32% dan daunnya sekitar 2,79%. Selain itu, sekitar 82,13% eugenol terdapat pada daun dimana ini jauh lebih banyak dibandingkan pada buah yang hanya berkisar 18,32% (Agusta, 2000). Dengan adanya eugenol ini, kadar oksigen di bahan bakar dapat meningkat (Song dkk., 2002), sehingganya pembakaran yang terjadi akan lebih sempurna karena semakin banyak jelaga dan carbon monoksida yang teroksidasi di ruang bakar (Monasari, 2021).

### 1.3 Minyak Serai

Tanaman serai wangi atau *Cymbopogon Citratus* merupakan tanaman penghasil minyak atsiri dari bagian daun. Minyak atsiri tersebut mengandung berbagai senyawa seperti sitronelal, sitronelol, geraniol dan ester geraniol dan sitronelol. Adapun pemanfaatan senyawa-senyawa tersebut sebagai produk parfum dan juga dipakai pada bidang farmasi. Selain itu, kandungan senyawa monoterpen yang ada pada minyak serai (Kadarohman, 2015) serta senyawa karboksila juga yang dapat menjadi penghambat proses korosi pada ruang bakar (Muhyi dkk., 2019) menjadi alasan pemanfaatan minyak ini sebagai bahan aditif.

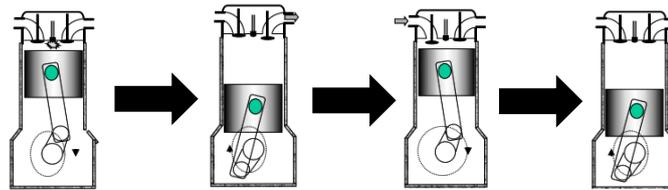
### 1.4 Mesin Diesel

*Diesel engine* atau dalam bahasa Indonesia disebut mesin diesel adalah salah satu motor bakar berjenis *internal combustion engine*. Pada proses pembakaran di dalam mesin, udara ditekan bersamaan dengan disemprotkannya bahan bakar ke dalam udara bertekanan tersebut sehingga menghasilkan ledakan yang menyebabkan suhu dan tekanan meningkat dalam waktu yang sangat singkat. Akibat dari proses ledakan tersebut, piston akan terdorong ke arah bawah dan memicu berputarnya poros engkol sehingga mesin diesel melakukan langkah kerjanya (Achmad, 2018). Selain itu, penggunaan bahan bakar pada mesin diesel juga harus memenuhi syarat standarisasi yang telah ditetapkan, salah satunya oleh ASTM atau *American Standard for Testing and Materials*. Adapun spesifikasi standar yang biasanya berkaitan dengan bahan bakar diesel yaitu *cetane number*-nya yang berkisar antara 45 hingga 60. Ada dua jenis mesin diesel berdasarkan langkah kerja pistonnya.

## a. Mesin Diesel 4 Langkah

Untuk melakukan satu kali kerja mesin jenis ini melakukan dua kali putaran poros engkol atau empat kali langkah piston.

- 1) Langkah Hisap  
Piston yang berasal dari titik mati atas atau TMA bergerak ke arah titik mati bawah atau TMB untuk membuat tekanan di dalam silinder menjadi vakuum atau di bawah 1 atm. Pada saat tersebut udara murni akan masuk melalui katup hisap dan katup buang akan tertutup.
- 2) Langkah Kompresi  
Piston bergerak kembali dari TMB ke TMA untuk melakukan kompresi pada saat bersamaan katup buang dan hisap akan tertutup sehingganya menimbulkan panas yang sangat tinggi mencapai  $\pm 550\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan mencapai  $\pm 30\text{ bar}$ . Menjelang piston mencapai TMA, bahan bakar akan disemprotkan melalui lubang kecil dan terjadilah pembakaran.
- 3) Langkah Usaha  
Kemudian, akibat pembakaran pada langkah kompresi, piston akan terdorong ke arah TMB dan melakukan langkah usaha.
- 4) Langkah pembuangan  
5) Katup buang akan terbuka sehingga gas hasil pembakaran akan di buang keluar melalui katup buang karena adanya dorongan dari piston yang bergerak dari TMB ke TMA.

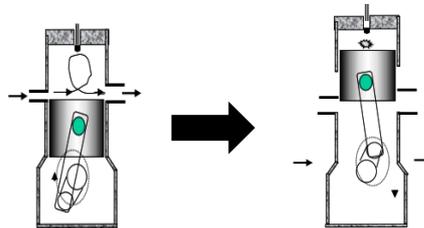


Gambar 1: Mesin diesel 4 langkah

## b. Mesin Diesel 2 Langkah

Mesin diesel jenis dua langkah untuk melakukan satu kali usaha membutuhkan satu kali putaran poros engkol atau dua langkah piston.

- 1) Langkah Hisap dan Kompresi  
Pada langkah ini piston bergerak menuju TMA dari TMB pada saat bersamaan udara masuk melalui katup hisap lalu dilanjutkan dengan kompresi. Sebelum kompresi berakhir, bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar dan terjadilah pembakaran.
- 2) Langkah Usaha dan Buang  
Pada langkah ini, akibat dari pembakaran yang terjadi sebelumnya menyebabkan piston terdorong ke TMB sehingga piston melakukan langkah usaha dan dilanjutkan dengan membuang gas sisa pembakaran.



Gambar 2: Mesin diesel 2 langkah

### 1.5 Minyak Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit merupakan tanaman budidaya yang tersebar sangat luas di berbagai wilayah di Indonesia seperti Sulawesi, Kalimantan, dan Sumatera. Olahan dari kelapa sawit dapat menghasilkan minyak kelapa sawit mentah atau *crude palm oil* (Luthfian dkk., 2017). Selain itu, kegunaan minyak kelapa sawit juga menjangkau ke berbagai sektor-sektor besar seperti industri pangan, industri nonpangan serta sebagai salah satu bahan untuk membuat biodiesel (Susanti, 2015).

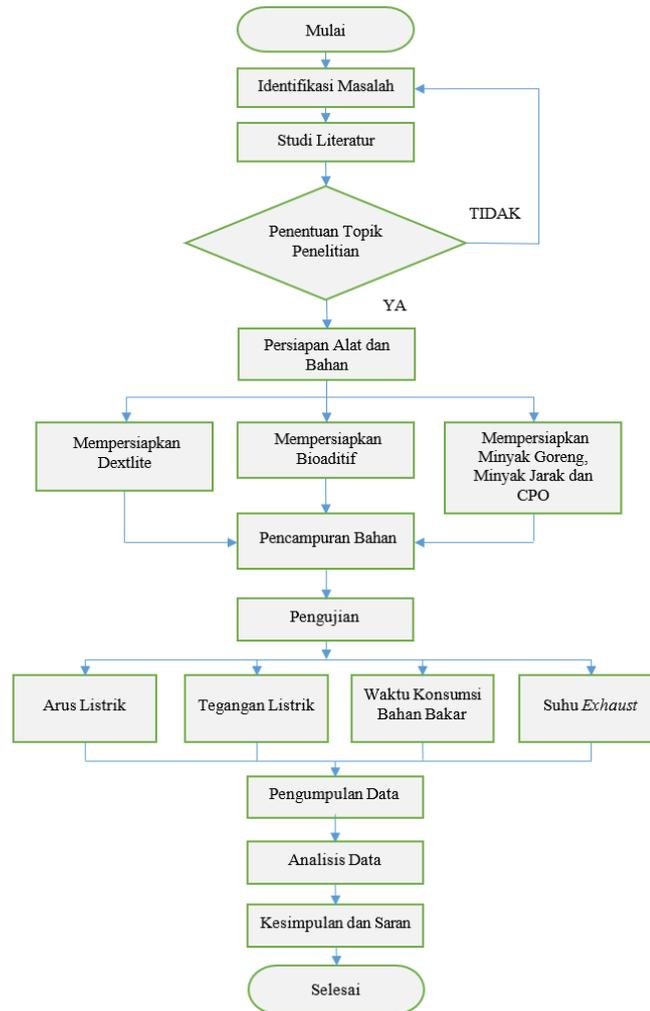
Tabel 1: Karakteristik *Crude Palm Oil*

| Item             | Nilai                                 |
|------------------|---------------------------------------|
| Rumus Kimia      | $\text{C}_3\text{H}_5(\text{COOR})_3$ |
| Berat Molekul    | 847,28 g/mol                          |
| Titik Didih      | 298 $^{\circ}\text{C}$                |
| Titik Beku       | 5 $^{\circ}\text{C}$                  |
| Spesific Gravity | 0.9                                   |
| Densitas         | 0.985 g/cm <sup>3</sup>               |
| Panas Jenis      | 0.497 kal/g $^{\circ}\text{C}$        |
| Kenampakan       | Cairan Kuning Jingga                  |
| Kemurnian        | 98%                                   |
| Impuritas        | Air 2%                                |

## 2. METODE

### 2.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian proses uji performa mesin diesel terdapat pada **Gambar 3** diagram alir sebagai di bawah ini.



**Gambar 3:** Diagram alir penelitian

### 2.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan diantaranya sebagai berikut:

- Tahap Persiapan Bioaditif**  
Minyak cengkeh dan minyak serai wangi yang telah disiapkan dimasukkan satu per satu secara bergantian ke dalam botol kecil berukuran 10 ml menggunakan pipet tetes dan gelas ukur kecil. Setelah dicampur botol tersebut dikocok hingga campuran minyak cengkeh dan minyak serai wangi tercampur merata.
- Tahap Pencampuran CPO dan dexlite**  
Tahap pencampuran bahan bakar dilakukan dengan menuangkan CPO dan dexlite murni ke dalam beberapa botol eksperimen berukuran 1 liter dengan komposisi campuran yang berbeda-beda, dimulai dari campuran 10% hingga 50% CPO dari jumlah volume total campuran.
- Tahap Pencampuran Bioaditif dan Campuran bahan bakar**  
Pencampuran bioaditif dilakukan dengan cara menuangkan bioaditif dengan persentase 0,1% dari volume total campuran bahan bakar (1000 ml) yaitu sebanyak 1 ml.
- Tahap Pengujian Campuran Bahan Bakar menggunakan Mesin Diesel Satu Silinder**  
Proses dimulai dengan memanaskan tiap campuran bahan bakar yang akan diuji hingga mencapai  $\pm 60$  °C dengan tujuan menurunkan viskositas dari campuran bahan bakar tersebut. Kemudian pengujian bahan bakar campuran dilakukan pada mesin diesel model R 175 A 4 langkah dan generator bermerek Dongfeng St 3 dengan memvariasikan putaran mesin yaitu 1200, 1400, 1600, 1800 dan 2000 rpm sementara beban konstan pada 1500 watt. Berikut spesifikasi mesin diesel dan generator set yang digunakan.

Tabel 2: Spesifikasi Mesin Diesel

| Mesin                         | Spesifikasi             |
|-------------------------------|-------------------------|
| Tipe                          | 4 Langkah               |
| Jumlah Silinder               | 1 Silinder              |
| Diameter x Panjang Langkah    | 75 mm x 80 mm           |
| Volume Silinder               | 0,353                   |
| Perbandingan Kompresi         | 22 : 1                  |
| Tegangan Maksimum / RPM       | 7 hp / 2600             |
| Tegangan Rata-rata            | 6,5 hp / 2600           |
| Pemakaian Bahan Bakar         | ≤ 294,2                 |
| Kapasitas Oli                 | 2 L                     |
| Sistem Pendinginan            | Air dengan Hoper        |
| Cara Menghidupkan             | Engkol                  |
| Jenis Oli                     | SAE 40                  |
| Jenis Diesel Kapasitas Tangki | 4,75 L                  |
| Kapasitas Tangki Air          | 7 L                     |
| Ukuran Peti                   | 380 mm x 50 mm x 550 mm |
| Berat Kalor                   | 82 kg                   |
| Berat Bersih                  | 72kg                    |

Tabel 3: Spesifikasi Generator Set

| Generator          | Spesifikasi |
|--------------------|-------------|
| Keluaran Maksimum  | 3 kW        |
| Keluaran Rata-rata | 2,4 kW      |
| Tegangan           | 220 V       |
| Phase              | 1           |
| Power Factor       | 1,0         |
| Kecepatan Putar    | 1500 rpm    |
| Arus               | 13 A        |
| Berat              | 70 kg       |

2.3 Perhitungan matematis

a. Torsi

Untuk mengetahui besarnya nilai torsi mesin dapat menggunakan persamaan 1 berikut.

$$M_t A = \frac{60000 N_e}{2 \times \pi \times n} \tag{1}$$

Keterangan:

- $N_e$  = Daya efektif generator (kW)
- $n$  = Kecepatan putaran mesin (rpm)

b. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Untuk mencari besarnya nilai SFC, menggunakan persamaan 2 sebagai berikut.

$$SFC = \frac{3600 \times M_{bb}}{N_e \times s} \tag{2}$$

Keterangan:

- $m_{bb}$  = Masa bahan bakar yang dikonsumsi (kg)
- Sebelum menghitung nilai SFC, diperlukan nilai masa bahan bakar yang digunakan setiap 5 ml digunakan dengan menggunakan rumus berikut:

$$m_{bb} = \rho \times v$$

Keterangan:

- $\rho$  = 845,7 kg/m<sup>3</sup>
- $v$  = 5 ml

Sehingga perhitungan yang dilakukan menjadi:

$$m_{bb} = 845,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 5 \text{ ml} \times \left( \frac{1 \text{ m}^3}{1000000 \text{ ml}} \right)$$

$$m_{bb} = 0,00423 \text{ kg}$$

- $N_e$  = Daya efektif generator (kW)
- $s$  = Waktu konsumsi bahan bakar (detik)

## c. Efisiensi Thermal

Persamaan 3 dan 4 digunakan untuk mendapatkan besarnya efisiensi termal adalah sebagai berikut.

$$\eta_{th} = \frac{\text{Daya efektif yang dihasilkan}}{\text{Energi panas BB persatuan waktu}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\eta_{th} = \frac{N_e s}{m_{bb} \times \text{LHV Dextrite}} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

|                       |   |
|-----------------------|---|
| $m_{bb}$              | = Masa bahan bakar yang dikonsumsi (kg) |
| $N_e$                 | = Daya efektif generator (kW)           |
| $s$                   | = Waktu konsumsi bahan bakar (detik)    |
| $\text{LHV Dextrite}$ | = 43.000 kJ/kg (Lower Heating Value)    |

## d. BMEP (Brake Mean Effective Pressure)

Tekanan efektif rata-rata ini didapatkan dengan menggunakan persamaan 5 sebagai berikut.

$$\text{bmep} = \frac{60 \times N_e \times z}{A \times l \times n \times i} \quad (5)$$

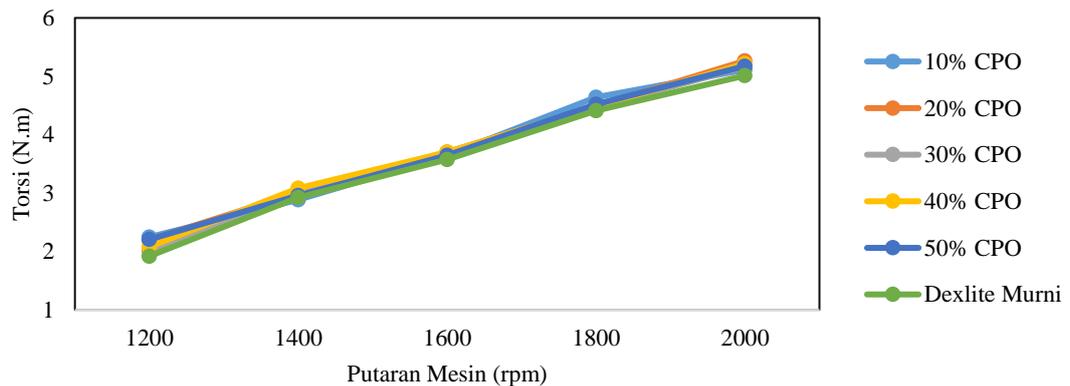
Keterangan:

|       |   |
|-------|---|
| $z$   | = Indeks siklus (1 untuk motor 2 langkah dan 2 untuk motor 4 langkah) |
| $N_e$ | = Daya efektif generator (kW)   |
| $A$   | = Luas penampang ( $\text{m}^2$ )                                     |
| $l$   | = Panjang langkah piston (m)  |
| $n$   | = Kecepatan putaran mesin (rpm)                                       |
| $i$   | = Jumlah silinder   |

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Torsi

Pada **Gambar 4** menampilkan hubungan antara torsi dengan putaran mesin dimana grafik torsi yang meningkat seiring bertambahnya putaran mesin hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran mesin, maka daya yang didapatkan juga semakin besar sebagaimana juga nilai torsi (W. S dkk., 2019). Hal ini terjadi akibat energi thermal dari hasil pembakaran yang dikonversi menjadi energi gerak yang semakin sempurna di dalam ruang bakar di putaran yang semakin tinggi. Adapun nilai torsi hampir di semua campuran CPO-dextrite dan putaran mesin cenderung lebih kecil dibandingkan dengan torsi dari dextrite murni yang menandakan kualitas bahan bakar dextrite murni yang lebih baik sedangkan campuran CPO-dextrite mengalami penurunan kualitas bahan bakar meskipun telah mendapatkan tambahan bioaditif. Selain itu, jika dilihat secara keseluruhan, perbedaan torsi antara campuran CPO-dextrite dengan dextrite murni tidak relatif jauh dengan selisih nilai torsi antara campuran CPO+dextrite dengan dextrite murni terbesar ada pada campuran 30% CPO + dextrite pada putaran 1200 rpm sebesar 0,327 N.m. Adapun nilai torsi tertinggi dihasilkan oleh campuran 20 % CPO + dextrite pada putaran 2000 sebesar 5.264 N.m yang berada 1,4% dibawah nilai torsi dextrite murni di putaran yang sama.

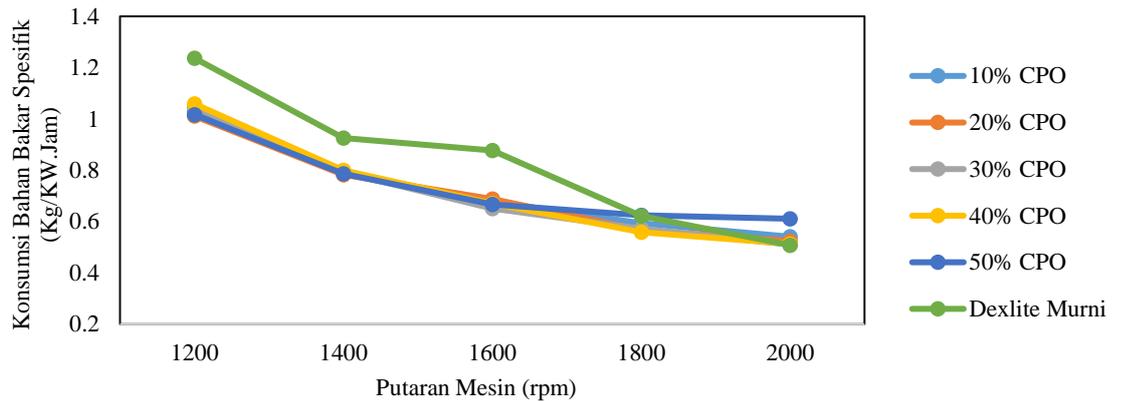


Gambar 4: Perbandingan torsi terhadap putaran mesin

#### 3.2 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Pada pengukuran waktu konsumsi bahan bakar, dilakukan dengan cara menghitung waktu yang diperlukan mesin untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak 5 ml. Adapun, *Specific Fuel Consumption* adalah jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh mesin untuk dapat menghasilkan daya efektif senilai 1 HP dalam waktu 1 jam. Pada perhitungan matematis besarnya nilai SFC akan bergantung pada nilai daya (Alvian dkk., 2020), sementara itu, untuk menghitung besarnya daya mesin harus mengukur besar kecilnya nilai arus dan tegangan yang dihasilkan sehingga dapat menghitung berapa jumlah SFC pada masing-masing bahan bakar tersebut. Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai SFC pada masing-masing bahan bakar cenderung menurun seiring dengan bertambahnya putaran mesin menandakan bahwa dengan beban konstan, penambahan putaran mesin akan menghasilkan waktu konsumsi bahan bakar yang semakin singkat sedangkan arus dan tegangan akan meningkat sehingga mengakibatkan nilai SFC yang dihasilkan pun akan menurun. Gambar 5 juga terlihat bahwa *trendline* untuk campuran bahan bakar 10% CPO + dextrite relatif lebih tinggi dari pada yang lain yang menandakan bahwa campuran bahan bakar tersebut cenderung membutuhkan bahan bakar yang lebih banyak pada beban yang sama. Campuran bahan bakar dengan nilai SFC terendah

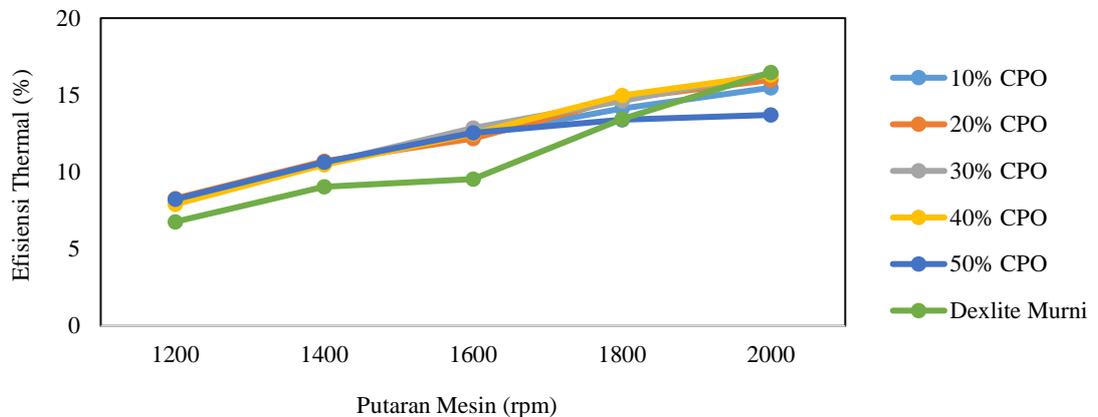
didapatkan pada campuran 30% CPO + dexlite sebesar 0,510 kg/kW.jam sementara selisih nilai SFC antara campuran CPO+dexlite dengan dexlite murni terbesar ada pada campuran 40% CPO + dexlite pada putaran 1600 rpm sebesar 0,153 kg/kW.jam yang berada 16,89% lebih tinggi dari nilai SFC dexlite murni.



Gambar 5: Perbandingan SFC terhadap putaran mesin

### 3.3 Efisiensi Thermal

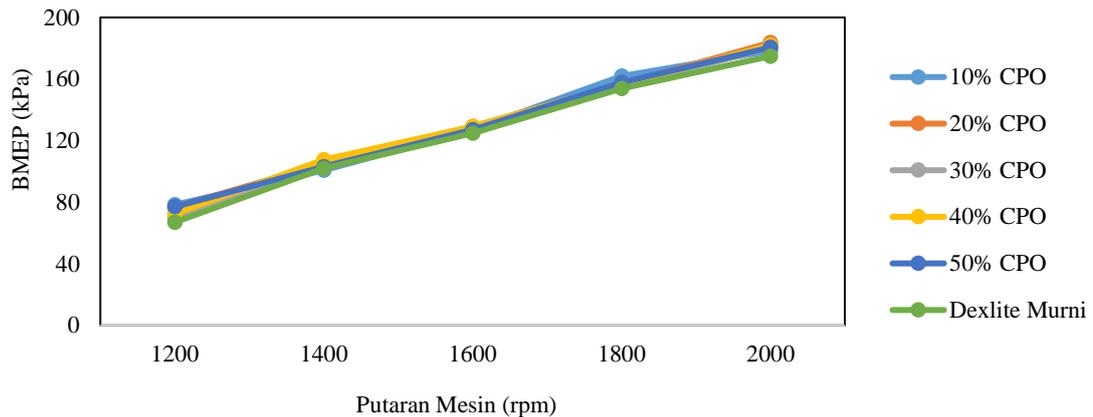
Gambar 6, seluruh grafik efisiensi thermal meningkat seiring dengan penambahan putaran mesin yang menunjukkan bahwa dengan semakin bertambahnya efisiensi thermal yang dihasilkan maka semakin banyak bahan bakar yang dapat dikonversikan menjadi daya pada saat proses pembakaran berlangsung (Arif, 2015). Sementara itu, ketika bahan bakar yang tidak dapat dikonversi menjadi energi gerak terbuang bersamaan dengan gas buang semakin banyak maka efisiensi thermal akan mengalami penurunan. Jika ditinjau dari rumus matematisnya, besarnya nilai efisiensi thermal akan berbanding lurus dengan variabel daya dan waktu konsumsi bahan bakar karena variabel LHV dan Mbb dianggap konstan di setiap campuran bahan bakar. Dengan demikian, semakin besar hasil perkalian antara daya efektif dengan waktu konsumsi bahan bakar yang dihasilkan, maka semakin besar nilai efisiensi thermalnya. Adapun nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan pada campuran 30% CPO + dexlite sebesar 16,415% di putaran 2000 rpm. Selain itu selisih nilai efisiensi thermal terbesar antara campuran CPO + dexlite dan dexlite murni ada pada campuran 50% CPO + dexlite pada putaran 2000 rpm yang berada 15,50% lebih rendah dari pada dexlite murni.



Gambar 6: Perbandingan efisiensi thermal terhadap putaran mesin

### 3.4 Brake Mean Effective Pressure (BMEP)

BMEP atau *Brake Mean Effective Pressure* diartikan sebagai tekanan rata-rata teoritis untuk menghasilkan daya poros efektif yang bekerja di sepanjang langkah kerja piston (Alvian dkk., 2020). Merujuk pada perhitungan matematisnya, variabel yang akan berpengaruh terhadap nilai BMEP adalah variasi putaran mesin dan juga daya yang dihasilkan yang mana akan berhubungan dengan torsi sementara variabel lainnya akan bersifat konstan. Dengan demikian, nilai BMEP dan daya akan berbanding lurus sehingga mengindikasikan semakin besar daya yang dihasilkan dan semakin tinggi putaran maka semakin meningkat pula nilai BMEP yang didapatkan. Sebagaimana *trendline* BMEP yang semakin meningkat seiring bertambah putaran mesin selaras dengan *trendline* torsi pada gambar 4 yang dihasilkan dari masing-masing bahan bakar. Di sisi lain, jika ditinjau dari fenomena yang terjadi pada ruang bakar, adanya peningkatan putaran akan memaksa mesin untuk mengonsumsi bahan bakar lebih banyak yang mana bahan bakar tersebut diledakkan sehingga menghasilkan tekanan bagi piston untuk melakukan langkah kerjanya. Oleh karena itu, nilai BMEP akan lebih besar pada putaran yang lebih tinggi dikarenakan mesin membutuhkan lebih banyak bahan bakar untuk dibakar di dalam ruang bakar. Adapun nilai BMEP terbaik dihasilkan pada campuran 20% CPO + dexlite pada putaran 2000 rpm sebesar 183,667 kPa, sementara itu, selisih nilai BMEP terbesar antara campuran CPO + dexlite dan dexlite murni berada pada campuran 30% CPO + dexlite pada putaran 1200 yang berada 13,95% lebih rendah dari nilai BMEP dexlite murni.



Gambar 7: Perbandingan BMEP terhadap putaran mesin

#### 4. KESIMPULAN

Secara umum, penambahan bioaditif pada campuran bahan bakar CPO + dextrite belum sepenuhnya dapat melampaui performa bahan bakar dextrite murni, akan tetapi, nilai unjuk kerja yang didapat dari semua campuran CPO + dextrite tidak jauh berbeda dari unjuk kerja dextrite murni, hal ini disebabkan adanya penambahan bioaditif yang berkontribusi untuk menaikkan kualitas bahan bakar sehingga performa mesin tetap terjaga meskipun pencampuran dextrite dan CPO berpotensi menurunkan kualitas dextrite. Adapun selisih nilai unjuk kerja terbesar ada pada grafik efisiensi thermal dengan selisih terbesarnya yaitu 15,50% pada putaran mesin 2000 rpm.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan rasa syukur berkat rahmat Yang Maha Kuasa penulis dapat menyelesaikan artikel ini dan mengucapkan terima kasih atas dukungan dan bantuan yang diberikan oleh para dosen dan teman seperjuangan prodi Teknik Mesin Institut Teknologi Sumatera.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, K.S. (2018). Motor Bakar (Teori Dasar Motor Diesel) HMKB781. Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
- Agusta, A. (2000). Minyak atsiri tumbuhan tropika Indonesia. Institut Teknologi Bandung.
- Alvian, D. G. C., Aditia, R., Silitonga, D. J., Muhyi, A., & Supriyadi, D. (2020). Uji performa mesin bensin menggunakan bioaditif cengkeh dengan bensin berkadaran oktan 90. *Journal of Science and Applicative Technology*, 4, 49–53.
- Arif, A. (2015). Karakterisasi Performa Mesin Diesel Sistem Dual Fuel Solar-CNG Tipe LPIG dengan Pengaturan Start Of Injection dan Durasi Injeksi CNG (Nomor Tm 142501). *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Balai Penelitian Tanaman Obat Dan Aromatik. (2010). Penggunaan minyak seraiwangi sebagai bahan bio-aditif bahan bakar minyak. November, 1–5.
- Bulan, R. (2004). Reaksi Asetilasi Eugenol Dan Oksidasi Metil Iso Eugenol. 1–8.
- Hamri, Kusno, Amri, A., & Syahrir, M. (n.d.). (2019). Analisis Prestasi Mesin Diesel Dengan Menggunakan Campuran Solar Dengan Minyak Goreng. *Jurnal Teknologi*, 18(1), 39–44.
- Kadarohman, A. (2015). Eksplorasi minyak atsiri sebagai bioaditif bahan bakar solar. *Jurnal Pengajaran Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, January 2015.
- Luthfian, R., Silalahi, R., Sari, D. P., & Dewi, I. A. (2017). Pengujian Free Fatty Acid ( FFA ) dan Colour untuk Mengendalikan Mutu Minyak Goreng Produksi PT . XYZ. 6(1), 41–50.
- Muhyi, A., Aditia, R., Alfian, D. G. C., & Silitonga, D. J. (2019). Aplikasi Penggunaan Serah Wangi Sebagai Bioaditif Alami untuk Karakterasi Unjuk Kerja dari Mesin Diesel. *Journal of Science and Applicative Technology*, 3(1), 37–39.
- Monasari, R., Ahmad, H., Nanang, Q. (2021). Pengaruh Penambahan Zat Aditif Pada Campuran Bahan Bakar Bensin - Bioethanol Terhadap Specific Fuel Consumption, *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin JPTM* 9, 1-10.
- Najibullah, W., Wahab, A., & Marlina, E. (2017). Pengaruh Penambahan Bahan Bakar Minyak Jarak (*Jatropha Oil*) dan Bioaditif Terhadap Performa dan Emisi Gas Buang Pada Mesin Diesel. *Jurnal Teknik Mesin* 32 (1), 65-73.
- Rahardja, I. B., Kristono, S. N., Mahfud, A., Dermawan, Y., & Basyir, A. (2019). Pelatihan Pembuatan Lilin Untuk Penerangan Rumah Tangga Menggunakan Bahan Dasar Crude Palm Oil ( CPO ). *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ*.
- S, W., Hamri, & Amri, A. (2019). Analisa Prestasi Mesin Diesel Dengan Menggunakan Bahan Bakar Oli Bekas Hasil Penyulingan. *J-Move Jurnal Teknik Mesin*, 1(2), 13–25.
- Setyaningsih, D., Faiziin, M. N., & Muna, N. (2018). Pemanfaatan Minyak Atsiri sebagai Bioaditif Penghemat Bahan Bakar Biosolar. *Indonesian Journal Of Essential Oil*, 3(1), 45–44.
- Sibarani, joanly S., & Alfansuri. (2020). Analisa Pengaruh Penambahan Bioaditif Minyak Serai Wangi Pada Bahan Bakar Premium Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Absolute Revo 110 . *Jurnal Inovtek Seri Mesin*, 1(1), 1–8.
- susanti, J., Cheenkachorn, K., Wang, J., & Perez, J. (2002). Effect of Oxygenated Fuel on Combustion and Emissions in a Light-Duty Turbo Diesel Engine. *Energy & Fuels*, 16 294–301.

- 
- Susanti. (2015). Modul Pembelajaran Pengolahan kelapa Sawit. Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Tety, E., Hutabarat, S., & Putra, F. M. (2012). Prospek komoditas minyak kelapa sawit (CPO) dalam pengembangan biodiesel sebagai alternatif bahan bakar di indonesia. *Pekbis Jurnal*, 4(3), 152–162.
- Yusaf, T. F., Yousif, B. F., & Elawad, M. M. (2011). Crude palm oil fuel for diesel-engines : Experimental and ANN simulation approaches. *Energy*, 36(8), 4871–4878.