

# **Biodiesel Ditinjau dari Berbagai Aspek (Studi Kasus Sifat Fisik terhadap Unjuk Kerja Mesin)**

Abrar Riza  
Prodi Teknik Mesin S1 Jurusan Teknologi Industri  
Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara  
[abrarr@ft.untar.ac.id](mailto:abrarr@ft.untar.ac.id)

## **Abstrak**

*Biodiesel digunakan sebagai energi alternatif pengganti Bahan Bakar Minyak untuk jenis diesel/solar. Biodiesel dapat diaplikasikan baik dalam bentuk campuran dengan minyak solar pada tingkat konsentrasi tertentu seperti B20. Pemerintah Indonesia c.q. Kementerian ESDM menggalakkan Program Mandatori BBN melalui Peraturan Menteri ESDM No. 32 Tahun 2008 tentang Penyediaan, Pemanfaatan, dan Tata Niaga BBN sebagai Bahan Bakar Lain sebagaimana telah diubah terakhir kali dengan Peraturan Menteri ESDM No. 12 Tahun 2015.*

*Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang berasal dari minyak nabati. Biodiesel yang dipakai yaitu Biodiesel Palm Oil. Biodiesel palm oil memiliki sifat karakteristik antara lain viskositas, densitas, nilai kalor, flash point dan cetane number yang berbeda dengan solar sehingga dapat mempengaruhi unjuk kerja mesin. Perbandingan performa mesin yang dihasilkan dari biodiesel Palm Oil memiliki nilai kurang lebih 20% lebih rendah dibanding dari solar mau itu dari torsi dan daya, serta dalam sisi konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC) biodiesel lebih boros sekitar 20% juga.*

*Penyebab perbedaan nilai performa mesin ini disebabkan dari perbedaan nilai karakteristik dari bahan bakar yang dipakai. Variabel karakteristik bahan bakar yang mempengaruhi nilai performa mesin ada banyak variabelnya, diantaranya ada kerapatan, viskositas, nilai kalor, angka setana, dan flammabilitas atau flash point. Dimana semakin besar kerapatan suatu bahan bakar, maka akan semakin besar nilai konsumsi bahan bakar spesifiknya, begitupula sebaliknya, Semakin kecil nilai BSFC semakin irit bahan bakarnya. Untuk nilai kalor, semakin besar nilai kalornya, maka akan semakin besar nilai daya yang dihasilkan dan semakin tertekan nilai konsumsi bahan bakar spesifiknya. Dari sisi angka setana, semakin besar angka setana, maka akan semakin baik kualitas pembakaran suatu bahan bakar.*

Keyword: Biodiesel, unjuk kerja, sifat fisik

## **Pendahuluan**

Seiring berjalannya waktu kebutuhan energi di Indonesia semakin meningkat. Peningkatan tersebut bisa ditimbulkan dari populasi manusia yang meningkat, aktivitas industry meningkat, dan peningkatan kebutuhan transportasi. Sumber energi yang sering digunakan adalah minyak bumi yang berasal dari fosil. Dapat diperkirakan dalam kurun waktu 25 tahun kedepan cadang bahan bakar minyak di Indonesia akan habis karena kelangkaan pasokan energi yang sering terjadi diberbagai wilayah Indonesia. Kelangkaan tersebut berupa Bahan Bakar Minyak yang berasal dari fosil.

Untuk mengatasi permasalahan kelangkaan tersebut, biodiesel dapat digunakan sebagai sumber alternatif pengganti atau suplemen bahan bakar fosil. Di Indonesia biodiesel diproduksi dengan menggunakan minyak kelapa sawit, dimana kelapa sawit tersebut memiliki nilai produksi yang melimpah khusus di Indonesia. Minyak kelapa sawit tersebut memiliki komposisi yang sangat mirip dengan bahan bakar solar sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar biodiesel.

Hipotesis pada kajian ini adalah dilihat dari sifat fisik bahan bakar seperti *cetane number*, nilai *cetane number* pada biodiesel *palm oil* memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan solar sehingga biodiesel *palm oil* memiliki kualitas pembakaran yang bagus. Dilihat dari flash point, nilai *flash point* pada biodiesel *palm oil* memiliki nilai yang tinggi dibandingkan dengan solar, sehingga biodiesel *palm oil* lebih sulit untuk terbakar. [1] Ketika dilihat dari karakteristik, nilai viskositas pada biodiesel memiliki nilai yang lebih tinggi sehingga semakin tinggi nilai viskositas maka proses pengkabutan dari nozel lebih susah. Jika dilihat dari nilai kalor, biodiesel *palm oil* memiliki nilai kalor yang rendah dibandingkan dengan solar sehingga semakin rendah nilai kalor bakar maka akan semakin sedikit energi yang disuplai.

Berdasarkan penelitian tersebut, terdapat beberapa hal yang dapat menjadi fokus analisis, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh sifat fisik pada biodiesel *palm oil* dan solar terhadap unjuk kerja pada mesin Diesel?
2. Bagaimana hasil performa mesin Diesel yang menunjukkan trend kenaikan atau menurun?

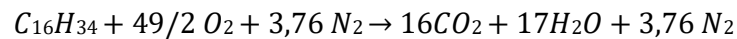
## **Teori Dasar**

Pembakaran adalah reaksi kimia yang cepat antara oksigen dan bahan yang dapat terbakar, disertai timbulnya cahaya dan menghasilkan kalor. Pembakaran spontan adalah pembakaran dimana bahan mengalami oksidasi perlahan-lahan sehingga kalor yang dihasilkan tidak dilepaskan.[2]. Pembakaran terjadi karena udara yang dikompresi dalam silinder

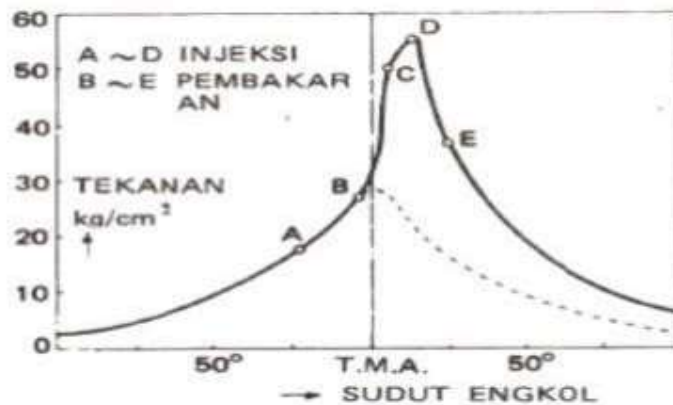
sehingga produksi udara dengan tekanan tinggi dan suhu tinggi, pada saat yang sama didalam silinder terjadi penyemprotan bahan bakar sehingga terjadilah pembakaran.[3]

Dalam proses pembakaran fenomena-fenomena yang terjadi antara lain interaksi proses-proses kimia dan fisika, pelepasan panas yang berasal dari energi ikatan-ikatan kimia, proses perpindahan panas, proses perpindahan massa, dan gerakan fluida. Proses pembakaran akan terjadi jika unsur-unsur bahan bakar teroksidasi. Proses ini akan menghasilkan panas sehingga akan disebut sebagai proses oksidasi eksotermis. Jika oksigen yang dibutuhkan untuk proses pembakaran diperoleh dari udara, dimana udara terdiri dari 21% oksigen dan 79% nitrogen, maka reaksi pembakaran pada solar dapat ditulis dengan persamaan:

Reaksi stoikiometrik pembakaran solar:

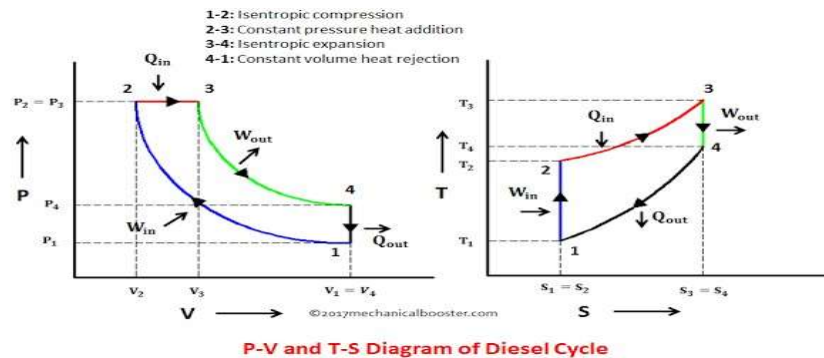


Pada temperatur yang sangat tinggi gas-gas pecah atau terdisosiasi menjadi gas-gas yang tak sederhana, dan molekul-molekul dari gas dasar akan terpecah menjadi atom-atom yang membutuhkan panas dan menyebabkan kenaikan temperatur. Reaksi akan bersifat endotermik dan disosiasi tergantung pada temperatur dan waktu kontak.



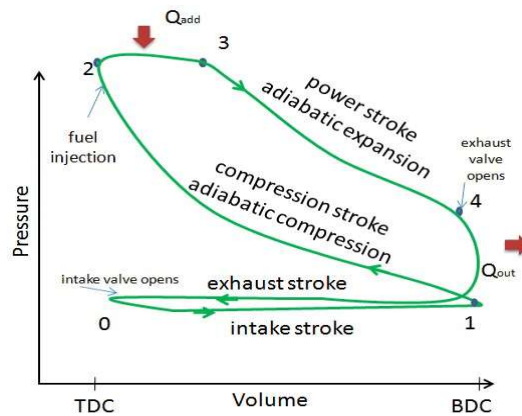
**Gambar 1** Proses Pembakaran Motor Diesel [3]

Selain itu juga proses kerja dari mesin Diesel dapat dijelaskan berdasarkan diagram ideal P-V. Berikut adalah proses kerja mesin Diesel berdasarkan diagram ideal P-V.



**Gambar 2** Diagram P-V dan Diagram T-S [3]

Pada diagram P-V ideal dapat digunakan untuk menghitung energi yang bekerja pada mesin Diesel. Pada diagram ini juga dianggap tidak ada kerugian yang terjadi pada proses kerja mesin Diesel, akan tetapi pada kenyataannya tidak ada satupun yang terjadi pada tekanan konstan maupun volume konstan. hal tersebut karena terjadi beberapa kerugian. Berikut adalah proses kerja mesin diesel menggunakan diagram P-V actual.



**Gambar 3** Diagram Aktual P-V [3]

### Bahan Bakar

Bahan bakar adalah suatu bahan (material) yang apabila dibakar akan menghasilkan energi panas. Bahan bakar terdiri atas tiga jenis bahan bakar, yaitu bahan bakar padat, bahan bakar cair, dan bahan bakar gas. Bahan bakar cair merupakan gabungan senyawa hidrokarbon yang diperoleh dari alam maupun secara buatan. Bahan bakar cair mempunyai kelebihan dari bahan bakar lainnya dengan memiliki penanganan yang lebih mudah, menggunakan alat bakar

yang lebih kompak. Contoh mesin yang menggunakan bahan bakar cair adalah mesin Diesel. Mesin Diesel pada umumnya menggunakan bahan bakar solar murni. Pada perkembangan saat ini telah dikembangkan bahan bakar dengan mencampur solar murni dengan minyak nabati, hal tersebut biasa disebut sebagai biodiesel. Berikut adalah karakteristik pada bahan bakar mesin Diesel yang meliputi: viskositas, densitas, angka setane (*cetane number*), *flash point*, nilai kalor.

## 1. Viskositas

Viskositas merupakan suatu sifat cairan berupa kekentalan cairan yang berguna untuk menentukan besarnya perlawanan terhadap gaya gesek pada permukaan benda padat yang dialiri cairan. Semakin rendah nilai viskositas bahan bakar maka semakin kecil gaya gesek yang diterima sehingga bahan bakar lebih mudah untuk mengalir dan sebaliknya semakin tinggi nilai viskositas bahan bakar maka semakin besar gaya gesek yang diterima sehingga bahan bakar sulit untuk mengalir.

Prinsip pada nilai viskositas suatu bahan bakar yang dialirkan menuju ruang bakar dapat menggunakan *nosel*. Output yang dihasilkan dari *nosel* berupa butir pengkabutan atau *drop let*. Keberhasilan pembakaran bahan bakar dapat dilihat dari ukuran butir pengkabutan. Semakin kecil pengkabutan makin mudah diuapkan. Laju pembakaran dipengaruhi oleh koefisien penguapan dari sebuah butir hasil pengkabutan. Keberhasilan pengkabutan diantaranya dapat meningkatkan kemampuan engine untuk membakar bahan bakar diruang bakar. [1] Pada solar memiliki nilai viskositas 4.6 cSt sedangkan biodiesel *palm oil* memiliki nilai viskositas 8 cSt.

Menurut Victor L Streeter viskositas dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Viskositas Kinematik } (\gamma) = \frac{\text{viskositas dinamis } (\mu)}{\text{Densitas } (\rho)} \quad (1)$$

$$\text{Viskositas Dinamik } (\mu) = \frac{\tau}{dv/dy} \quad (2)$$

di mana;

$\gamma$  = Viskositas Kinematik (mm<sup>2</sup>/s)

$\mu$  = Viskositas Dinamik (mPa.s)  $\rho$  = Densitas (kg/m<sup>3</sup>)

$\tau$  = tegangan permukaan zat cair (N/m)

## 2. Densitas

Densitas dapat didefinisikan sebagai massa persatuan volume. Densitas suatu benda dapat didefinisikan sebagai masa total benda dibagi dengan total volume (Dewi, 2015). Semakin besar massa suatu benda maka densitas (masa jenis) semakin besar. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi densitas yaitu suhu. Suhu yang tinggi menyebabkan rendahnya kerapatan suatu zat dikarenakan molekul-molekul yang berikatan akan terlepas. Namun kenaikan suhu dapat menyebabkan volume zat bertambah sehingga massa jenis dan volume suatu zat memiliki hubungan yang berbanding terbalik (Anjarsari, 2015). Pada solar memiliki niali densitas  $815 \text{ kg/m}^3$  sedangkan biodiesel *palm oil* memiliki  $855 \text{ kg/m}^3$ .

Rumus massa jenis atau densitas menurut Tjokrowisastro dalam Wijaya, dkk (2012:88) sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3)$$

Dimana:

$\rho$  = Densitas ( $\text{kg/m}^3$ )  $m$  = massa fluida (kg)  $V$  = Volume fluida ( $\text{m}^3$ )

Dari rumus diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa densitas adalah perbandingan massa suatu zat dengan volume zat tersebut atau ukuran massa suatu benda setiap satuan volume benda tersebut

### 3. Angka Setane (*Cetane Number*)

Angka setana atau *Cetane number* (CN) adalah ukuran kualitas pembakaran bahan bakar diesel selama pengapian kompresi. Angka setana ini adalah ekspresi signifikan kualitas bahan bakar diesel diantara sejumlah pengukuran lain yang menentukan kualitas bahan bakar diesel secara keseluruhan. Angka setana menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menyala sendiri (*auto ignition*). Apabila nilai angka setana rendah akan memerlukan suhu yang sangat tinggi untuk penyalannya, sebaliknya apabila angka setana tinggi memerlukan titik penyalan sendiri yang lebih rendah sehingga angka setana yang lebih tinggi akan menyebabkan detonasi di dalam mesin. Jika detonasi pada mesin terjadi cukup lama akan merusak bagian-bagian mesin atau bunyi mesin akan keras. Angka setana tinggi akan lebih mudah terbakar dan angka setana terendah akan lebih sulit terbakar.

Posisi dari piston pada TMA (Titik Mati Atas) dan TMB (Titik Mati Bawah) harus diperhatikan dalam injeksi bahan bakar dan pada saat terbakarnya bahan bakar sehingga dapat diatur dengan menggunakan rasio kompresi. Rasio komperasi adalah rasio atau perbandingan

volume ruang bakar termasuk ruang pembakaran awal pada saat piston berada pada TMB volume ruang bakar dan volume pada saat piston berada pada TMA. Terdapat dua jenis posisi yang digunakan untuk menentukan posisi TMA dan TMB dengan memperhatikan empat proses kerja mesin Diesel, yaitu *compression ratio* (CR) dan *cut off ratio* (CO). [18] Pada solar memiliki *cetane number* sebesar 47 dan biodiesel *palm oil* memiliki *cetane number* sebesar 50.

#### 4. **Flash Point**

*Flash point* adalah *temperature* dimana fraksi akan menguap dan menimbulkan api apabila terkena percikan api dan kemudian mati dengan sendirinya dengan rentan waktu yang cepat. Hal ini disebabkan karena pada kondisi tersebut belum mampu untuk membuat bahan bakar beraksi dan menghasilkan api yang kontinu. *Flash point* dapat ditentukan dengan melakukan pemanasan yang tetap terhadap suatu fraksi bahan bakar, setelah mencapai titik suhu tertentu maka fraksi tersebut akan mengalami penguapan. Uap tersebut akan menyala jika sumber api diarahkan pada uap tersebut sehingga akan menimbulkan percikan api dan akan padam dengan sendirinya akibat adanya tekanan uap dari bawah. Jadi dengan kata lain, semakin tinggi *flash point* suatu fraksi maka akan sulit untuk terbakar begitupun sebaliknya ketika fraksi memiliki *flash point* rendah maka akan mudah terjadi pembakaran.[1] Pada solar memiliki nilai *flash point* sebesar 376 K dan biodiesel *palm oil* memiliki nilai *flash point* 431 K.

#### 5. **Nilai Kalor**

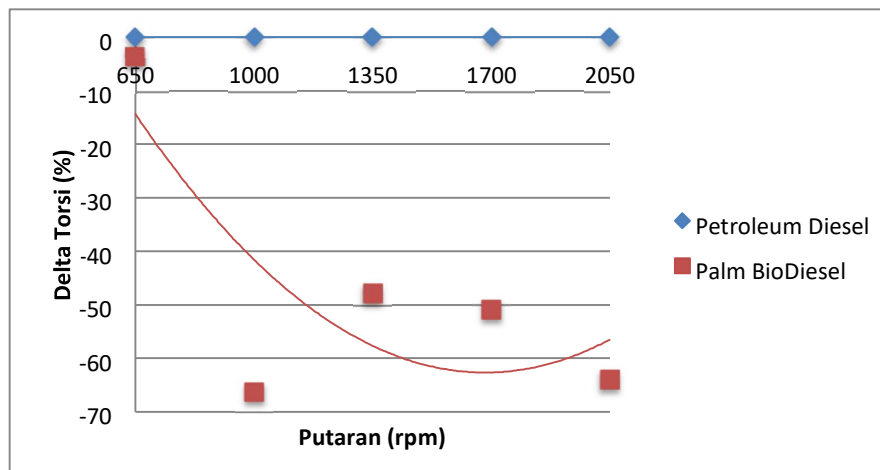
Nilai kalor adalah jumlah energi kimia yang terdapat dalam satu massa atau volume bahan bakar. Terdapat dua macam nilai bakar, yaitu *high heating value* (HHV) dan *low heating value* (LHV). HHV merupakan nilai bakar yang dimiliki suatu bahan bakar dan mampu melepaskan panas laten sehingga menghasilkan uap air pada sisa pembakarannya. HHV juga merupakan hasil dari eksperimen dengan nilai bakar yang didapat dari hasil pembakaran bahan bakar kemudian didinginkan sampai suhu kamar. Nilai bakar pada kondisi HHV dapat menghasilkan pembakaran lebih sempurna. LHV merupakan jumlah panas yang dihasilkan dari pembakaran tiap suatu massa bahan bakar dengan mengurangi jumlah panas yang dibawa oleh uap air yang terbentuk selama pembakaran. Umumnya kandungan hidrogen dalam bahan bakar cair berkisar 15 % yang berarti setiap satu satuan bahan bakar, 0,15 bagian merupakan hidrogen. Pada proses pembakaran sempurna, air yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar adalah setengah dari jumlah mol hidrogennya.[22] Pada solar memiliki nilai kalor sebesar 43.4 MJ/kg dan biodiesel *plam oil* memiliki nilai kalor sebesar 39.07 MJ/kg.

**Tabel 1** Perbandingan Sifat Fisik Solar dengan Biodiesel *Palm Oil* [28]

Karakteristik	Satuan	Diesel	<i>Palm</i>	Standart
<i>Density</i>	kg/m <sup>3</sup>	815	855	ASTM D1298
<i>Viscosity</i>	cSt	4.6	8	ASTM D445
<i>Flash Point</i>	K	328	431	ASTM D92
<i>Fire Point</i>	K	376	547	ASTM D92
<i>Cloud Point</i>	K	265	286	ASTM D97
Nilai Kalor	MJ/kg	43.4	39.07	ASTM D270
<i>Cetane Number</i>	-	47	50	ASTM D613

### Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini melibatkan bahan bakar diesel dengan campuran biodiesel yaitu *Palm Oil* dengan komposisi 80% solar dan 20% *palm oil* dimana pada penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui efek sifat fisik terhadap performa mesin Diesel. Karakteristik yang digunakan antara lain: viskositas, densitas, *flash point*, nilai kalor dan *cetane number*.

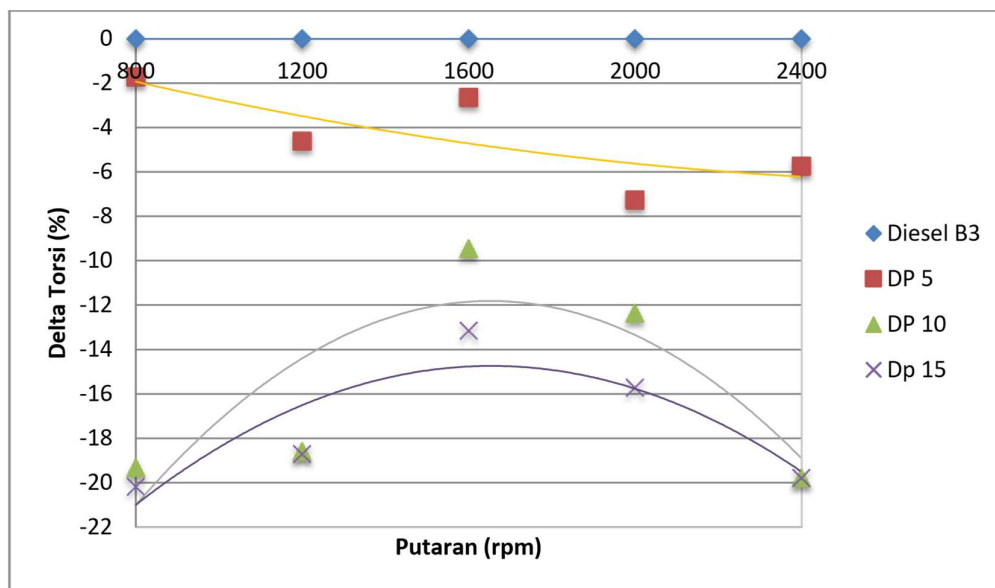


**Gambar 4** Delta Daya *Palm Oil* Data



Gambar 4 terlihat delta torsi terhadap putaran mesin. Pada setiap perubahan putaran mesin nilai torsi solar murni lebih tinggi dibanding campuran palm oil 20% atau disebut B20. Hal ini dapat disebabkan oleh perubahan sifat fisik bahan bakar tersebut terhadap keberhasilan pembakaran. Perubahan sifat fisik bahan bakar tersebut diantaranya viskositas meningkat berakibat butiran hasil pengkabutan meningkat sehingga butuh waktu lebih lama untuk menguapkan bahan bakar tersebut dalam ruang bakar. Nilai kalor (LHV) palm oil turun seperti terlihat pada Tabel 1, nilai bakar turun berakibat energi yang disuplai juga turun. Cetan number naik berakibat munahnya bahan bakar terbakar dalam ruang bakar sehingga sebelum waktu yang diinginkan (timing pembakaran cepat) sehingga detonasi lebih banyak terjadi dibanding menggunakan solar murni. Density naik memberikan efek positif tetapi kenaikan density belum dapat mengimbangi pengaruh penurunan nilai kalor dan cetane number. Efek dari flash point terlihat bahwa biodiesel memiliki flash point yang makin tinggi. semakin tinggi *flash point* suatu fraksi maka akan sulit untuk terbakar begitupun sebaliknya ketika fraksi memiliki *flash point* rendah maka akan mudah terjadi pembakaran.

Kajian berikutnya melihat pengaruh kadar biodiesel dalam bahan bakar dengan base fuel solar, hal ini dapat dilihat pada Gambar 5. Ada tiga tingkatan perubahan kadar biodiesel yaitu B5, B10 dan B15 perubahan kadar ini dapat mempengaruhi unjuk kerja mesin Diesel.



**Gambar 5** Putaran dengan Delta Torsi *Palm Oil* Data perubahan kadar biodiesel.

Tren penurunan torsi terjadi dengan meningkatnya kadar biodiesel dalam base fuel. Makin tinggi kadar biodiesel makin turun torsi dihasilkan. Hal tersebut diduga karena terjadi penurunan nilai kalor, seiring dengan penambahan campuran bahan bakar fosil petroleum Diesel dengan biodiesel *palm oil* dapat menurun unjuk kerja mesin berbanding lurus dengan perubahan kadar biodiesel pada base fuel solar. Tidak hanya dari sisi nilai kalor, tetapi juga dalam sisi viskositas solar Diesel yang lebih rendah dibanding dengan biodiesel sehingga pada proses pengkabutan lebih mudah dan membuat efisiensi pembakaran lebih baik. terjadi perbedaan nilai torsi yang dihasilkan oleh Petroleum Diesel dengan Biodiesel pada kajian ini, dan dapat dilihat bahwa torsi yang dihasilkan biodiesel selalu lebih rendah dibanding dengan Petroleum Diesel. Nilai kalor yang membuat nilai torsi menurun seiring bertambahnya persentase volume biodiesel, ada hal lain yang mempengaruhi nilai torsi yang dihasilkan. Variabel yang mempengaruhi nilai torsi yang dihasilkan adalah nilai viskositas. Semakin besar persentase volume biodiesel, akan semakin besar pula nilai viskositasnya. Hal tersebut membuat proses pengkabutan semakin sulit sehingga efisiensi pembakaran semakin menurun.

## **Kesimpulan**

1. Perbandingan solar dengan Biodiesel, dapat diketahui bahwa nilai performa mesin dari solar lebih baik dibanding biodiesel *Palm Oil*, yang dimana pada semua data yang ada, nilai torsi, daya, dan BSFC, serta efisiensi termal yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dari biodiesel.
2. Perubahan sifat fisik fuel dapat mempengaruhi unjuk kerja mesin sebanding dengan besar kadar perubahannya.
3. Perubahan unjuk kerja mesin tersebut diantaranya perubahan pada nilai kalor (LHV), cetane number, flash point, density dan viskositas.

## **Daftar Pustaka**

1. A. Riza. and H. Tanujaya, "Pengaruh Ukuran Atomasi Bahan Bakar terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar," Jurnal teknik mesin fakultas teknik universitas tarumanagara, vol. Volume 15 nomor 2, pp. 92-95, 2017.

2. Febriansyah, I. M. (2020). "STUDI KOMPARASI PERFORMA MESIN DIESEL MENGGUNAKAN BIODIESEL DENGAN DATA SEKUNDER". Skripsi, Fakultas Teknologi Industri, Teknik Mesin, Universitas Tarumanagara, Jakarta.
3. Guikajaya, F., Perbandingan Bahan Bakar Diesel Solar dengan Biodiesel Kelapa Sawit dan Tanaman Jarak terhadap Performa Mesin", Skripsi Fakultas Teknologi Industri Untar, Jakarta 2021
4. Oil and Gas. (26 Januari 2015). "Pengertian Viskositas, Pour Point, Flash Point dan Smoke Point". *Available* <https://www.prosesindustri.com/2015/01/pengertian-viskositas-pour-point-flash.html>. [Online]. Diakses pada 2 Februari 2021
5. N. Connor. (22 Mei 2019). "What Is Actual and Ideal Diesel Cycle – Definition". *Available* <https://www.thermal-engineering.org/what-is-actualand-ideal-diesel-cycle-definition/>. [Online]. Diakese pada 3 Februari 2021
6. Shehata, M. S. (2013). *Emissions, performance and cylinder pressure of diesel engine fuelled by biodiesel fuel. Fuel, 112, 513–522.*
7. U. S. Dharma, E. Nugroho and M. Fatkurahman, "Analisa Kinerja Mesin Diesel Berbahan Bakar Campuran Solar dan Minyak Plastik," Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro, vol. Vol. 7, no. p-ISSN: 23016663, e-ISSN: 2477-250X, p. 108, 2018.
8. Yonathan A.W., "Efek Sifat Fisik Biodiesel terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel" Skripsi Fakultas Teknologi Industri Untar. Jakarta 2021