

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Mesin Diesel

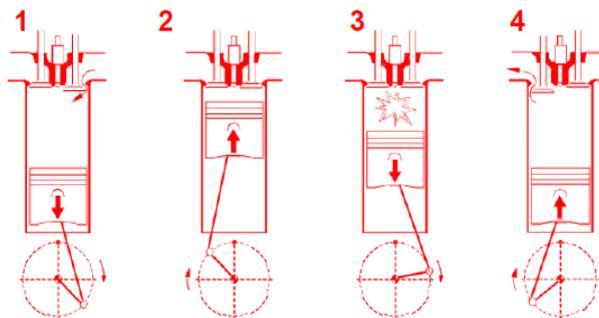
Mesin diesel merupakan mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) hal ini karena proses pembakaran terjadi di dalam mesin tersebut. Proses pembakaran terjadi ketika udara dimampatkan (dikompresi) di dalam ruang bakar (silinder) sehingga diperoleh tekanan dan panas yang bertekanan tinggi yang bersamaan dengan itu disemprotkan bahan bakar. Ledakan akibat pembakaran yang terjadi akan mengakibatkan terjadinya panas dan tekanan yang tinggi di dalam ruang bakar. Dimana tekanan ini akan mendorong piston ke bawah sehingga poros engkol berputar [8].

#### 2.1.1 Klasifikasi Mesin Diesel Menurut Jumlah Langkah per-Siklus

Berdasarkan jumlah langkah per-siklusnya mesin diesel dapat dibedakan menjadi dua yaitu siklus 4 langkah dan siklus 2 langkah. Dimana pada penelitian tugas akhir ini proses pengujian dengan menggunakan mesin diesel 4 langkah. Berikut penjelasan mengenai siklus 4 langkah.

##### a. Siklus 4 Langkah

Mesin diesel 4 langkah terjadi jika setiap satu kali proses usaha terjadi 4 (empat) kali langkah piston atau 2 kali putaran poros engkol [8].



Gambar 2.1 Proses Kerja Mesin Diesel 4 Langkah  
(Aris Munandar, 1994)

1. Langkah pertama disebut dengan langkah pengisian (hisap) yaitu terjadi ketika piston bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB). Katup hisap akan terbuka sebelum mencapai

- TMA sedangkan katup buang akan tertutup. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya vakum di dalam silinder sehingga udara murni masuk ke dalam silinder [8,9].
2. Langkah kedua disebut dengan langkah kompresi yaitu terjadi ketika piston bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA). Di langkah ini kedua katup baik katup hisap maupun katup buang tertutup. Udara yang masuk di dalam silinder akan ditekan sehingga timbul panas dan tekanan tinggi. Selanjutnya, injektor/nozel akan menyembrotkan bahan bakar ke dalam udara panas yang bertekanan tinggi sehingga terjadinya pembakaran berupa ledakan [8,9].
  3. Langkah ketiga disebut dengan langkah usaha dimana kedua katup tertutup sedangkan injektor/nozel menyembrotkan bahan bakar sehingga terjadinya pembakaran yang menghasilkan tekanan yang tinggi di dalam ruang bakar. Tekanan tinggi ini akan melakukan usaha untuk mendorong piston dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) [8,9].
  4. Langkah keempat disebut dengan langkah buang dimana katup hisap tertutup sedangkan katup buang terbuka sehingga gas sisa pembakaran akan keluar melalui katup buang tersebut. Dikarenakan oleh dorongan piston yang bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) [8,9].

## **2.2 Bahan Bakar Mesin Diesel**

Bahan bakar pada mesin diesel diantaranya adalah biosolar, dexlite, dan pertamina dex. Berbagai bahan bakar diesel ini telah ditentukan standarnya secara internasional. Yang dimana terdapat beberapa standar mutu bahan bakar diesel yang telah ditetapkan salah satunya yaitu standar ASTM D-975 [10], seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 untuk mengetahui standar bahan bakar yang layak digunakan pada mesin diesel [11].

Tabel 2. 1 Standar Mutu Bahan Bakar Diesel

Karakteristik	Mesin Putaran Tinggi	Mesin Industri	Mesin Putaran Rendah dan Sedang
Angka Setana	$\geq 40$	$\geq 40$	$\geq 30$
Titik Didih ( $^{\circ}\text{C}$ )	288	282-338	-
Titik Nyala ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 38$	$\geq 52$	$\geq 58$
Kadar Sulfur (%berat)	$\leq 0.50$	$\leq 0.05$	$\leq 2.0$

### 2.2.1 Pertamina Dex

Pertamina Dex (*Diesel Environment X-tra*) merupakan merupakan bahan bahan mesin diesel yang pertama kali diluncurkan pada 12 Agustus 2005. Bahan bakar ini mempunyai keunggulan diantaranya ramah lingkungan, membuat mesin tahan lama dan tangguh. Pertadex mempunyai karakteristik seperti pada Tabel 2.2 yang sudah memenuhi standar mutu untuk bahan bakar diesel [12].

Tabel 2.2 Spesifikasi Bahan Bakar Pertamina Dex

No	Karakteristik	Nilai	Metode Uji
1	Massa Jenis pada $15^{\circ}\text{C}$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	820-860	ASTM D 4052 / ASTM D 1298
2	Viskositas pada $40^{\circ}\text{C}$ ( $\text{mm}^2/\text{sec}$ )	2,0-4,5	ASTM D445
3	Angka Setana	53	ASTM D 613
4	Titik Nyala ( $^{\circ}\text{C}$ )	Min. 53	ASTM D 93
5	Titik Didih ( $^{\circ}\text{C}$ )	Maks. 370	ASTM D 86

Pertamina Dex mempunyai banyak kelebihan dibandingkan dengan biosolar dan dexlite. Keunggulan pertamina dex dibandingkan dengan biosolar dan dexlite antara lain yaitu memiliki angka *cetane* 53 serta kandungan sulfur dibawah 300 ppm. Selain itu bahan bakar ini memiliki ciri khas yaitu tidak berwarna, terang serta jernih dibandingkan dengan bahan bakar diesel lainnya [13].

## 2.3 Katalis

Katalis merupakan suatu zat yang berfungsi untuk meningkatkan laju reaksi kimia sehingga mendekati kesetimbangan tanpa zat tersebut ikut terlibat secara permanen dalam reaksi. Katalis dapat meningkatkan laju reaksi kimia karena kemampuannya dalam menurunkan energi aktivasi reaksi reaktan untuk menjadi produk [14]. Berdasarkan fase katalis, reaktan dan produk reaksinya, katalis dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Pada tugas akhir ini katalis yang digunakan adalah katalis homogen. Berikut penjelasan mengenai katalis homogen [14]:

### 2.3.1 Katalis Homogen

Katalis homogen merupakan katalis yang berfasa sama dengan fasa campuran reaksinya. Katalis homogen mempunyai keuntungan yaitu tidak dibutuhkannya suhu dan tekanan yang tinggi dalam reaksi. Sedangkan, kelemahan dari katalis homogen adalah bersifat korosif, berbahaya karena dapat merusak kulit, mata, serta paru-paru bila tertelan, sulit dipisahkan dari produk sehingga akan ikut terbang pada saat pencucian, dan mencemari lingkungan [14]. Beberapa contoh katalis homogen yang umum digunakan antara lain katalis basa NaOH dan KOH, katalis asam HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> serta katalis garam CH<sub>3</sub>ONa.

Katalis homogen lebih efektif jika dibandingkan dengan katalis heterogen. Hal ini dikarenakan katalis heterogen biasanya berbentuk padatan dan memiliki pusat aktif yang tidak seragam. Tidak semua bagian permukaan padatan dapat berfungsi sebagai pusat aktif dan tidak semua pusat aktif memiliki keaktifan yang sama [14].

Dalam penelitian tugas akhir ini katalis homogen yang digunakan adalah kalium hidroksida (KOH). KOH merupakan katalis yang paling umum digunakan dalam proses pembuatan minyak nabati karena memiliki kemampuan katalisator yang tinggi sehingga menyebabkan reaksi lebih mudah terjadi dan produk hasil reaksi lebih banyak [15]. Selain itu penggunaan katalis KOH untuk pembuatan minyak nabati bungkil wijen mempunyai angka asam dan kadar metil ester yang baik

sesuai dengan syarat mutu biodiesel SNI 7182:2015 [16]. Menurut Fahma Riyanti, dkk katalis KOH juga memiliki energi ionisasi yang lebih kecil jika dibandingkan dengan NaOH sehingga lebih cepat untuk membentuk suatu produk [17]. Sedangkan, menurut Leung dan Guo dalam penelitian Nurrachmad pemisahan ester jauh lebih mudah jika menggunakan katalis KOH dibandingkan dengan NaOH. Hal ini dikarenakan sabun kalium yang dihasilkan jauh lebih lembut dan tidak tercampur dalam fase gliserol [18]. Adapun sifat fisik KOH dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut [19].

Tabel 2.3 Sifat Fisik KOH

Karakteristik	Keterangan
Rumus Molekul	KOH
Berat Molekul	56.10 g/mol
Titik Didih	1.320°C
Titik Lebur	380°C
<i>Specific Gravity</i>	2.044
Warna	Putih

## 2.4 Minyak Nabati (Biodiesel)

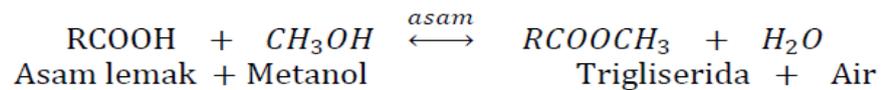
Minyak nabati atau biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif pengganti minyak diesel yang diperoleh dari tumbuh-tumbuhan. Yang dimana minyak ini diperoleh dari berbagai macam jenis tumbuhan sesuai dengan sumber daya alam yang terdapat di wilayah atau negara tersebut. Di Indonesia tanaman yang biasa digunakan untuk menghasilkan minyak nabati, diantaranya adalah kelapa sawit, jarak pagar, kapuk atau randu. Minyak nabati mempunyai beberapa keuntungan terutama dari segi lingkungan yaitu diantaranya dapat diperbaharui, dapat mengurangi emisi/ CO<sub>2</sub> yang menyebabkan pemanasan global, mengurangi emisi gas beracun dari knalpot, bersifat *biodegradable* serta mudah digunakan. Sedangkan, untuk kekurangannya sendiri terutama dari segi ekonomi yaitu biaya produksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan harga solar di pasaran selain itu viskositas (kekentalan) yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan solar sehingga menyulitkan memompa bahan bakar untuk mengalirkannya ke dalam ruang

bakar [20].

Pada umumnya, proses pembuatan minyak nabati dibedakan menjadi dua tahapan proses yaitu proses reaksi esterifikasi untuk mengurangi asam lemak bebas dan reaksi transesterifikasi trigliserida dengan alkohol dan dibantu oleh katalis yang akan menghasilkan metil ester/ etil ester asam lemak dan gliserol [21]. Adapun penjelasan singkat mengenai masing-masing tahapan tersebut yaitu.

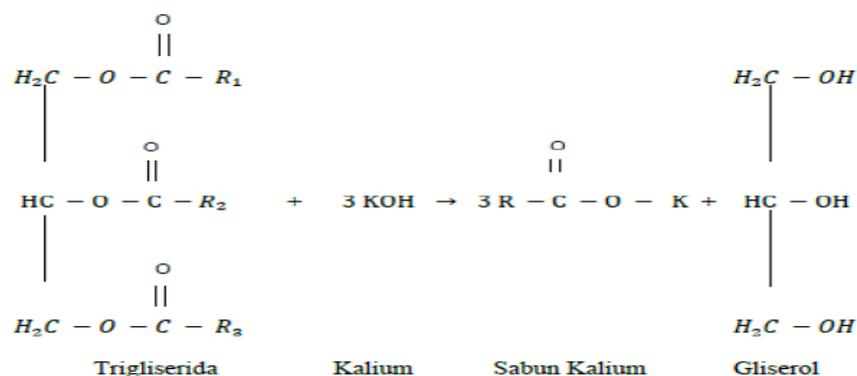
#### 2.4.1 Tahap Esterifikasi

Proses ini merubah asam karbositat dan alkohol menjadi ester dengan menggunakan katalis asam. Tujuannya untuk menurunkan asam lemak bebas atau *Free Fatty Acid* (FFA). Karena, dengan adanya FFA proses pembentukan minyak nabati menjadi tidak sempurna dan berubah menjadi proses penyabunan. Minyak nabati dapat dibentuk jika FFA dibawah 2%. Reaksi esterifikasi dengan menggunakan katalis asam dapat dilihat pada gambar 2.2 di bawah ini [22].



Gambar 2. 2 Reaksi Esterifikasi dengan Katalis Asam  
(I.B.Rahardjo, dkk., 2019)

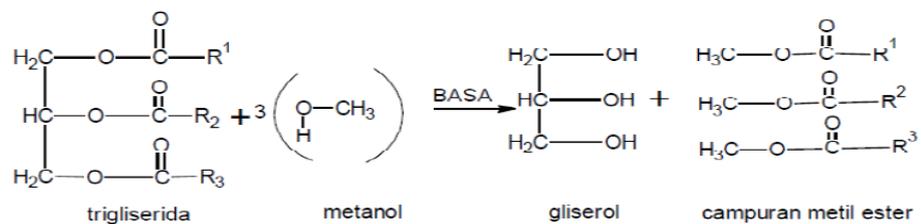
Jika tidak dilakukan reaksi esterifikasi terlebih dahulu pada bahan baku yang mempunyai FFA tinggi maka akan terjadi reaksi penyabunan, seperti reaksi kimia pada gambar 2.3 berikut [22].



Gambar 2. 3 Reaksi Penyabunan  
(I.B.Rahardjo, dkk., 2019)

## 2.4.2 Tahap Transesterifikasi

Proses transesterifikasi merupakan proses pembentukan minyak nabati dengan menggunakan alkohol serta dibantu dengan katalis basa seperti NAOH dan KOH untuk mengubah trigliserida menjadi FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*). Dalam proses transesterifikasi jenis alkohol yang umum digunakan adalah metanol. Metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) bersifat lebih reaktif atau lebih mudah bereaksi serta lebih stabil jika dibandingkan dengan etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) [23]. Transesterifikasi bertujuan untuk menurunkan viskositas tinggi agar mendekati viskositas dari bahan bakar diesel fosil, sehingga dapat memudahkan proses pembakaran pada mesin diesel [11]. Reaksi transesterifikasi dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut [22].



Gambar 2. 4 Reaksi Transesterifikasi  
(I.B.Rahardjo, dkk., 2019)

Selanjutnya proses pencucian minyak nabati hasil dari proses transesterifikasi dilakukan dengan cara menggunakan air yang mengandung asam asetat dengan konsentrasi 0,01% untuk mengikat NAOH atau KOH berlebih. Kemudian minyak nabati dicuci kembali dengan aquadest/ air cuka/ air hangat sampai air cucian netral ( $\text{pH} = 7$ ). Sedangkan, pemurnian minyak nabati dilakukan dengan memanaskan minyak nabati pada suhu  $100^\circ\text{C}$ . Pemurnian ini bertujuan untuk menghilangkan sisa air atau solven dari proses pembuatan sebelumnya yang tidak dibutuhkan dalam kandungan minyak nabati tersebut [11].

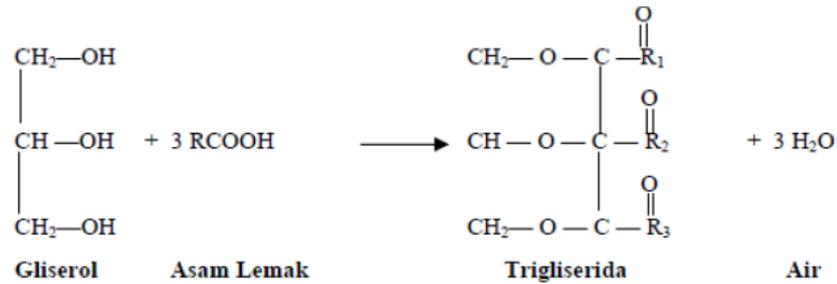
Dalam penelitian tugas akhir ini digunakan proses transesterifikasi. Proses transesterifikasi ini diawali dengan mereaksikan CPO yang telah dipanaskan terlebih dahulu dengan campuran metanol dan katalis KOH yang dilakukan selama 2 jam dan menjaga suhu agar tetap stabil dengan rentan suhu sebesar  $55\text{--}60^\circ\text{C}$ . Menurut Erna Astuti, hasil

minyak nabati terbaik diperoleh pada suhu 55°C dengan mereaksikan antara minyak kelapa sawit dengan campuran etanol dan KOH selama 2 jam [24]. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Feliska, dalam proses transesterifikasi dengan katalis KOH dibutuhkan suhu sekitar 40–60°C hingga terbentuk dua lapisan [25].

## **2.5 Minyak Kelapa Sawit (*Crude Palm Oil*)**

Indonesia menjadi salah satu negara dengan produksi pertanian yang sangat tinggi. Salah satu produk pertanian yang dapat menghasilkan bioenergi di Indonesia adalah minyak kelapa sawit. Dimana potensi yang dapat dihasilkan dari kelapa sawit adalah minyak nabati. Minyak nabati dihasilkan dari pengolahan minyak kelapa sawit mentah atau CPO (*crude palm oil*). Kelapa sawit memiliki banyak keuntungan salah satunya dapat menghasilkan minyak yang lebih banyak dari minyak nabati lainnya pada satu hektar lahan. Selain itu, limbah dari kelapa sawit sendiri masih dapat digunakan juga untuk bahan bakar nabati, sehingga kelapa sawit memiliki potensi besar dalam menompang industri bioenergi di Indonesia [26]. Menurut data Badan Pusat Statistik, produksi minyak kelapa sawit mentah CPO pada tahun 2019 mengalami peningkatan sebesar 12,92% dibandingkan dengan tahun 2018 menjadi 48,42 ton. Produksi minyak sawit (*crude palm oil*) terbesar pada tahun 2019 terdapat di Sumatera yaitu Provinsi Riau dengan produksi sebesar 9,87 ton atau sekitar 20,38% dari total produksi di Indonesia [27]. Produksi minyak sawit (*crude palm oil*) yang besar ini tentunya menjadikan Sumatera sebagai wilayah yang sangat potensial dalam pengembangan produksi minyak nabati.

Minyak sawit mengandung trigliserida yang terbentuk dari ester dan asam lemak, reaksi kimianya dapat dilihat pada Gambar 2.5 di bawah ini [27]. Senyawa trigliserida tersebut yang dapat dimanfaatkan menjadi minyak nabati melalui proses transesterifikasi [22].



Gambar 2. 5 Reaksi Pembentukan Trigliserida pada Minyak Kelapa Sawit (I.B.Rahardjo, dkk., 2019)

Minyak mentah kelapa sawit ini juga memiliki sifat fisik. Beberapa karakteristik sifat fisik yang dimiliki CPO (*crude palm oil*) dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini [22].

Tabel 2.4 Karakteristik *Crude Palm Oil* (CPO)

Karakteristik	Satuan	Nilai
Rumus Kimia	-	$\text{C}_3\text{H}_5(\text{COOR})_3$
Berat Molekul	g/mol	847.28
Titik Didih	$^{\circ}\text{C}$	298
Titik Beku	$^{\circ}\text{C}$	5
Specific Gravity	-	0.9
Densitas	$\text{g}/\text{cm}^3$	0.895
Panas Jenis	$\text{kal}/\text{g}^{\circ}\text{C}$	0.497
Kemurnian	%	98
Impuritas	%	2
Kenampakan	-	Kuning Jingga

## 2.6 Parameter Unjuk Kerja Mesin Diesel

Unjuk kerja atau prestasi mesin adalah suatu kemampuan mesin motor bakar untuk merubah energi kimia yang terdapat pada bahan bakar menjadi energi mekanik pada poros motor bakar sehingga menghasilkan suatu daya untuk menggerakkan mesin [11]. Ada beberapa parameter untuk mengetahui unjuk kerja atau prestasi mesin diesel, diantaranya adalah sebagai berikut.

### 2.6.1 Daya Efektif Generator ( $N_e$ )

Daya efektif generator ( $N_e$ ) merupakan suatu daya yang dihasilkan dari daya suatu engine yang telah dikopel dengan generator listrik.

Sedangkan, daya engine merupakan suatu daya yang diberikan untuk mengatasi beban [28]. Adapun perumusan dari daya efektif generator sebagai berikut.

$$N_e = \frac{v \cdot i}{746 \cdot \eta_{gen}} \quad (2.1)$$

dimana,  $N_e$  = Daya efektif generator (Hp)

$v$  = Tegangan listrik (volt)

$i$  = Arus listrik (A)

$\eta_{gen}$  = Efisiensi generator (0,95)

### 2.6.2 Torsi ( $M_t$ )

Torsi (momen putar) merupakan kemampuan mesin untuk melakukan kerja atau kekuatan putar dari poros engkol yang dapat menggerakkan suatu kendaraan [29]. Secara umum perumusan dari torsi adalah sebagai berikut.

$$M_t = \frac{72610 \cdot N_e}{n} \quad (2.2)$$

dimana,  $M_t$  = Torsi (kg.cm)

$N_e$  = Daya efektif generator (Hp)

$n$  = Kecepatan putar motor (rpm)

### 2.6.3 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption - sfc*)

Parameter unjuk kerja lainnya yang sangat penting adalah *Specific Fuel Consumption (sfc)* menyatakan perbandingan jumlah bahan bakar yang digunakan oleh *engine* untuk menghasilkan daya efektif 1 Horse Power (Hp) selama satu jam. Konsumsi bahan bakar spesifik ini merupakan salah satu indikator keefektifan suatu motor bakar dalam menggunakan bahan bakarnya untuk menghasilkan suatu daya. Besarnya nilai sfc mempengaruhi efisiensi mesin. Jika nilai dari konsumsi bahan bakar spesifik semakin rendah maka efisiensi mesin akan semakin tinggi [11]. Nilai konsumsi bahan bakar spesifik dapat diperoleh dari persamaan berikut [28].

$$sfc = \frac{3600 \cdot M_{bb}}{N_e \cdot s} \quad (2.3)$$

dimana,  $sfc$  = *Spesific fuel consumption* (kg/Hp.jam)

$B$  = Pemakaian bahan bakar perjam (l/jam)

$v$  = Volume bahan bakar setiap 5 ml (l)

$M_{bb}$  = Massa bahan bakar yang dikonsumsi (kg)

$N_e$  = Daya efektif generator (Hp)

$s$  = Waktu konsumsi bahan bakar (sekon)

#### 2.6.4 Efisiensi Termal ( $\eta_{th}$ )

Efisiensi termal merupakan konsep dasar dari efisiensi siklus ideal yang didefinisikan sebagai perbandingan antara daya mekanis yang dihasilkan oleh motor dengan daya kalor bahan bakar yang telah digunakan [11]. Maka, nilai efisiensi termal pada mesin dapat ditentukan dengan persamaan berikut [28].

$$\eta_{th} = \frac{\text{Daya efektif}}{\text{Kalor BB per waktu}} 100\% \quad (2.4)$$

$$\eta_{th} = \frac{632}{sfc \cdot Q} 100\% \quad (2.5)$$

dimana,  $\eta_{th}$  = Efisiensi termal

$Q$  = Untuk solar (42.000 kJ/kg)

#### 2.6.5 Tekanan Efektif Rata-rata (*Brake Mean Pressure – bmep*)

Tekanan efektif rata-rata merupakan besar tekanan konstan yang bekerja mendorong torak agar terekspansi sehingga menghasilkan suatu daya mekanis. Peningkatan daya akan membuat tekanan efektif rata-rata akan meningkat pula [29]. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut [25].

$$bmep = \frac{0,45 \cdot N_e \cdot z}{A \cdot l \cdot n \cdot i} \quad (2.6)$$

dimana,  $bmep$  = Tekanan efektif rata-rata (kPa)

$N_e$  = Daya efektif generator (Hp)

- $z$  = 1 (motor 2 langkah) atau 2 (motor 4 langkah)  
 $A$  = Luas penampang piston ( $m^2$ )  
 $l$  = Panjang langkah piston (m)  
 $n$  = Kecepatan putar motor (rpm)  
 $i$  = Jumlah silinder

## 2.7 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang menjadi referensi serta rujukan dalam tugas akhir ini diantaranya dapat dilihat pada Tabel 2.5 sebagai berikut.

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Metode / Variabel	Hasil
1	Moh. Wafir, 2020 [11]	Bahan bakar pertadex dan campuran pertadex biodiesel biji kemiri B10-B30.	1. Nilai daya efektif dan torsi terbaik pada B10, dengan peningkatan sebesar 3,92% dan 4,10%. 2. Nilai penggunaan bahan bakar terbaik pada B30 dengan pengurangan sebesar 1,51%. 3. Nilai efisiensi termal terbaik pada B20 dengan peningkatan sebesar 1,71%.
2	Habib Maulana R., 2020 [30]	Bahan bakar biodiesel pertamina B30 dicampur dengan antioksidan ekstrak kulit manggis.	1. Pada 50 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm berturut-turut menurunkan torsi sebesar 36,14%, 12,2%, dan 32,26%. 2. Daya mesin pada 50 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm hanya mampu mencapai putaran 3100 rpm.
3	Wahyudi, dkk., 2019 [31]	Bahan bakar solar dengan campuran solar biodiesel jarak dan biodiesel jelantah B5-B15.	1. Nilai konsumsi bahan bakar campuran biodiesel lebih rendah dibandingkan dengan minyak solar murni. 2. Nilai putaran mesin dan daya

No	Penulis	Metode / Variabel	Hasil
			campuran biodiesel lebih rendah dibandingkan minyak solar murni.
4	Yafid E. dan Rifail, 2018 [32]	Bahan bakar solar dengan metode Standar Nasional Indonesia (SNI) 0119:2012.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nilai daya maksimal sebesar 6,39 kW dengan putaran 2200 rpm.</li> <li>2. Nilai torsi sebesar 31,79 Nm pada putaran 1600 rpm.</li> <li>3. Nilai konsumsi bahan bakar sebesar 27,35 g/Kw.jam pada putaran 2200 rpm.</li> </ol>
5	Billy Juanda, 2017 [33]	Bahan bakar pertadex dengan campuran pertadex biodiesel minyak biji kapuk ( <i>ceiba pentandra</i> ) B20 dan B30.	<p>Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nilai terbesar daya dan torsi berturut-turut 1,729 kW dan 5,69 Nm dengan menggunakan bahan bakar B20.</li> <li>2. Nilai konsumsi bahan bakar terendah dan efisiensi termal tertinggi berturut-turut diperoleh oleh pertamina dex dan disusul oleh B20.</li> <li>3. Nilai efektif rata-rata paling tinggi diperoleh pada jenis bahan bakar B20.</li> </ol>
6	Tuan Anh Hoang dan Vang Van Lee, 2017 [34]	Bahan biodiesel minyak kelapa murni ( <i>pure coconut oil</i> ) yang dipanaskan terlebih dahulu dengan biodiesel minyak jarak ( <i>jatropha oil methyl ester</i> ).	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Daya dan torsi yang dihasilkan dengan menggunakan biodiesel jarak pagar lebih besar dibandingkan dengan minyak kelapa sawit murni.</li> <li>2. Nilai konsumsi bahan bakar yang diperoleh yaitu sebesar 11,26% biodiesel jarak pagar dan 20,75% minyak kelapa sawit murni.</li> </ol>

No	Penulis	Metode / Variabel	Hasil
			3. Efisiensi termal dari biodiesel jarak pagar lebih tinggi daripada minyak kelapa sawit murni
7	Tulus B. Sitorus, dkk., 2016 [35]	Bahan bakar pertadex dan campuran pertadex biodiesel biji bunga matahari B5-B20.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Daya menurun sebesar 1-4% dan konsumsi bahan bakar spesifik meningkat 11-58%.</li> <li>2. Efisiensi termal aktual brake menurun 2-6% dan laju aliran massa bahan bakar menurun 4-14%.</li> </ol>
8	Wail M. Adaileh dan Khaled S. AlQdah, 2012 [36]	Bahan bakar solar dan campuran solar biodiesel minyak jelantah B5 dan B20.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Konsumsi bahan bakar volumetrik pada biodiesel meningkat karena kandungan oksigen yang mengikat secara kimiawi.</li> <li>2. Penggunaan bahan bakar B5 dan B20 dapat meningkatkan tenaga mesin.</li> <li>3. Kecepatan mesin yang meningkat menyebabkan meningkatnya konsumsi bahan bakar, efisiensi termal, rasio ekivalensi, serta temperatur gas buang.</li> </ol>
9	I Wayan Susila, 2010 [37]	Bahan bakar solar dan campuran solar biodiesel biji karet B5-B20.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kinerja mesin terbaik pada bahan bakar B10 dengan putaran 2500 rpm, yang bernilai daya maksimum 36,95 Ps, sfc 0,256 kg/(PS.jam), efisiensi termal 58,44%</li> </ol>

Dari beberapa penelitian terdahulu dapat disimpulkan jika campuran bahan bakar biodiesel dapat mensubstitusikan bahan bakar diesel murni dari fosil. Hal ini dikarenakan, dalam pengujian unjuk kerja mesin diesel sendiri hasil yang diperoleh mendekati hasil dari penggunaan bahan bakar fosil. Bahkan,

ada beberapa parameter yang hasilnya lebih baik jika dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar fosil. Sebagai contoh, penelitian dari Moh. Wafir (2020), dimana hasil yang diperoleh untuk parameter efisiensi termal terbaik pada B20 yang mengalami peningkatan sebesar 1,71%, sedangkan penggunaan bahan bakar terbaik ada pada B30 dengan pengurangan konsumsi bahan bakar sebesar 1,51%, dan nilai parameter daya efektif serta torsi terbaik pada B10 dengan peningkata 3,92% dan 4,10%.

Penelitian yang penulis lakukan ini berguna untuk menganalisis perbandingan unjuk kerja mesin diesel dengan satu silinder berbahan bakar pertamina dex murni dengan campuran antara bahan bakar pertamina dex dengan *crude palm oil* yang sudah di proses transesterifikasi terlebih dahulu menggunakan KOH dan metanol yang diformulasikan dengan MS10, MS20, MS30, dan MS40. Serta untuk mendapatkan nilai formulasi bahan bakar terbaik dari hasil pengujian mesin diesel tersebut, dimana penulis menggunakan beberapa referensi penelitian terdahulu sebagai studi literatur yang akan digunakan dalam pembahasan.