

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. PROSES PEMBAKARAN PADA MESIN DIESEL

Proses pembakaran pada mesin diesel berbeda dengan proses pembakaran pada mesin otto. Pada mesin diesel yang juga disebut dengan *Compressed Ignition Engine*, proses pembakaran terjadi secara spontan akibat adanya pencampuran bahan bakar pada udara yang bertekanan tinggi diruang bakar. Pada mesin otto yang biasa disebut *Spark Ignition Engine*, penyalaan bahan bakar yang sebelumnya dicampur dengan udara di dalam karburator menggunakan percikan bunga api dari busi.

Proses pembakaran yang terjadi didalam ruang bakar mesin diesel dimulai dengan penyemprotan bahan bakar pada temperatur tertentu dan tekanan yang tinggi agar butiran-butiran bahan bakar secara langsung akan berubah menjadi uap didalam ruang bakar. Temperatur dan tekanan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar akan mengkondisikan kecepatan penguapan bahan bakar tersebut. Uap bahan bakar yang terjadi selanjutnya bercampur dengan udara disekitarnya (didalam ruang bakar) sehingga tercapai pencampuran yang sesuai antara uap bahan bakar dengan udara pembakar. Pencampuran uap bahan bakar dengan udara pembakar akan sangat menentukan kesempurnaan proses pembakaran yang diawali dengan proses penyalaan. Proses penyalaan pada mesin diesel dapat terjadi pada banyak tempat, yaitu tempat-tempat dimana terdapat campuran yang sesuai antara bahan bakar dengan udara untuk proses penyalaan. Proses penyalaan yang terjadi akan dengan sangat cepat meningkatkan temperatur dan tekanan campuran uap bahan bakar dan udara sehingga mengakibatkan terjadinya proses pembakaran pada campuran tersebut.

Proses pembakaran dapat dipercepat dengan cara memusar udara yang masuk kedalam silinder sehingga terjadi percepatan pencampuran uap bahan bakar dengan udara. Hal ini bertujuan agar terjadi proses pembakaran yang lebih sempurna sehingga power yang dihasilkan menjadi lebih besar dan pemakaian bahan bakar menjadi lebih efisien.

Efisiensi pembakaran yang terjadi sangat ditentukan oleh jenis bahan bakar yang digunakan. Karakteristik bahan bakar yang dimiliki oleh setiap jenis bahan bakar sangat berpengaruh terhadap desain ruang bakar mesin diesel. Umumnya desain ruang bakar mesin diesel didahului dengan penentuan jenis bahan bakar yang digunakan serta karakteristik dari bahan bakar tersebut. Penggunaan bahan bakar dengan karakteristik yang berbeda dari karakteristik bahan bakar yang direncanakan pada saat engineering desain ruang bakar akan menyebabkan perubahan unjuk kerja mesin tersebut serta perubahan dampak kerusakan yang mungkin terjadi pada periode operasi yang sama yang menyebabkan perubahan periode pemeliharaan pada mesin tersebut.

Ada dua jenis perlakuan yang diterapkan agar penggunaan bahan bakar dari jenis yang berbeda dari jenis bahan bakar desainnya dapat beroperasi pada mesin diesel yang ada. Perlakuan tersebut meliputi modifikasi mesin dan *treatment* bahan bakar. Modifikasi mesin dapat dilakukan dengan perubahan sistem suplai bahan bakar misalnya dengan perubahan atau penambahan tangki bahan bakar, penambahan pemanas bahan bakar dan perubahan sistem injeksi bahan bakar. Modifikasi mesin umumnya dilakukan untuk penggunaan bahan minyak nabati (*Straight Vegetable Oil/SVO*) atau minyak hewani secara langsung dan penggunaan minyak bakar (*Marine Fuel Oil/MFO*) sebagai bahan bakar mesin diesel. *Treatment* bahan bakar dilakukan dengan membuat jenis bahan bakar yang berbeda tersebut sehingga memiliki karakteristik utama yang mirip dengan jenis bahan bakar desainnya. *Treatment* bahan bakar ini diterapkan pada penggunaan bahan bakar biodiesel sebagai bahan bakar untuk mesin diesel.

2.2. BAHAN BAKAR MESIN DIESEL

Bahan bakar yang digunakan untuk pengoperasian mesin diesel umumnya berasal dari bahan bakar *petroleum diesel*. Khususnya di Indonesia, bahan bakar tersebut lebih dikenal dengan nama bahan bakar solar. Berdasarkan penggunaannya pada jenis putaran mesin, bahan bakar mesin diesel dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

1. *Automotive Diesel Oil (ADO)*. Bahan bakar ini digunakan khusus untuk mesin diesel yang termasuk dalam kategori putaran tinggi (*high speed*

diesel engine) dengan kecepatan putaran mesin lebih dari 1000 rpm. Bahan bakar jenis inilah yang sering disebut sebagai solar yang pada umumnya digunakan untuk kendaraan bermotor dan pembangkit listrik tenaga diesel dengan kapasitas per unitnya kurang dari 3 MW.

2. *Industrial Diesel Oil (IDO)*, bahan bakar jenis ini digunakan untuk mesin diesel yang termasuk dalam kategori putaran rendah (*low speed diesel engine*) dengan kecepatan putaran mesin kurang dari 1000 rpm. Bahan bakar ini biasa disebut dengan minyak diesel yang pada umumnya digunakan untuk pembangkit listrik tenaga diesel dengan kapasitas per unitnya lebih besar dari 3 MW.

Bahan bakar solar memiliki karakteristik yang berbeda dengan minyak diesel. Karakteristik tersebut berhubungan dengan kemampuan terbakar sendiri (*auto ignition*), kemampuan mengalir di dalam saluran bahan bakar, kemampuan untuk teratomisasi, kemampuan lubrikasi, nilai kalor serta karakteristik lainnya. Karakteristik bahan bakar solar dan minyak diesel ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1. Karakteristik bahan bakar solar dan minyak diesel

Karakteristik	Satuan	Solar		Minyak Diesel	
		Min.	Max.	Min.	Max.
Berat Jenis pada 15 °C	kg/m ³	820	870	840	920
Viskositas pada 40 °C	cSt	2,0	5,0	35	45
Titik Tuang	°C	-	18	-	65
Titik Nyala	°C	60	-	150	-
Angka Setana		45	-	*)	*)
Kandungan Air	Mg/kg	-	500	-	-
	% vol			-	0,25
Kandungan Sulfur	% wt	-	0,35	-	1,5
Kandungan Abu	% wt	-	0,01	-	0,02
Kandungan Sedimen	% wt	-	0,02	-	0,01
Nilai Kalor (LHV) **)	kJ/kg	43.124**)		*)	

sumber : Pertamina-2007, HSD Standard for PLN Contract **). *) Tidak ada informasi

2.2.1. Berat Jenis (*Density*)

Berat jenis didefinisikan sebagai perbandingan antara berat per satuan volume bahan bakar. Karakteristik ini sangat berhubungan erat dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh suatu mesin diesel per satuan volume bahan bakar yang digunakan. Berat jenis atau densitas bahan bakar akan menurun seiring dengan meningkatnya temperatur. Bahan bakar solar dijual dengan satuan volume, sehingga bahan bakar sejenis yang memiliki berat jenis yang lebih besar akan mendapatkan nilai kcal/kg lebih besar pula.

2.2.2. Viskositas (*Viscosity*)

Viskositas dikenal sebagai tahanan yang dimiliki oleh suatu fluida bila dialirkan di dalam pipa kapiler terhadap gaya gravitasi, yang pada umumnya dinyatakan dalam satuan waktu yang dibutuhkan untuk mengalir sejauh jarak tertentu. Pada mesin diesel viskositas berpengaruh pada kemudahan bahan bakar untuk mengalir di dalam saluran bahan bakar dan injektor. Semakin rendah viskositasnya, maka semakin mudah bahan bakar tersebut mengalir. Selain itu viskositas juga menggambarkan tingkat pelumasan dari bahan bakar. Secara umum, viskositas bahan bakar yang lebih tinggi memiliki tingkat pelumasan yang lebih baik. Disebabkan karena fungsi solar adalah sebagai bahan bakar, maka nilai viskositas diusahakan tidak terlalu tinggi. Oleh karena itu bahan bakar solar memiliki viskositas yang relatif rendah agar bahan bakar lebih mudah teratomisasi pada saat diinjeksikan ke dalam ruang bakar dan tidak mengalami hambatan di dalam sistem pemompaan dan injeksi. Disisi lain, viskositas yang terlalu rendah akan menyebabkan panas berlebihan yang ditimbulkan oleh kurangnya pelumasan pada dinding silinder dan piston sehingga membuat komponen mesin menjadi cepat aus.

2.2.3. Titik Tuang (*Pour Point*)

Titik tuang adalah batas temperatur tuang dimana mulai terbentuk kristal-kristal parafin yang dapat menyumbat saluran bahan bakar dan injektor. Titik tuang dipengaruhi oleh derajat ketidak jenuhan (angka iodium). semakin tinggi

angka iodium maka nilai titik tuang akan semakin rendah. Selain itu titik tuang juga dipengaruhi oleh panjang rantai karbon, semakin panjang rantai karbon maka semakin tinggi pula nilai titik tuang.

2.2.4. Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala adalah temperatur terendah suatu bahan bakar yang pada saat dipanaskan, maka uap yang bercampur dengan udara dari hasil pemanasan tersebut akan menyala bila diberikan api kecil. Nyala tersebut tidak kontinyu, hanya berupa kilatan api.

Titik nyala menunjukkan temperatur terendah bahan bakar akan mulai menyala bila tercampur dengan udara. Hal ini penting diketahui untuk mengatasi masalah yang berkaitan dengan keamanan pada saat penyimpanan dan penanganan bahan bakar. Titik nyala sebaiknya harus cukup tinggi untuk menghindari bahaya kebakaran pada suhu ambient yang normal.

2.2.5. Angka Setana (*Cetane Number*)

Pada minyak solar, angka setana menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menyala dengan sendirinya (*auto ignition*) yang didapatkan dengan membandingkannya terhadap nilai bahan bakar referensi pada pengujian dengan mesin diesel standard. Angka ini didefinisikan sebagai prosentase volume dari normal setana ($C_{16}H_{34}$) yang memiliki kualitas penyalaan tinggi dengan angka setana 100 dalam campurannya dengan *alpha methyl naphthalena* ($C_{10}H_7CH_3$) yang memiliki kualitas penyalaan rendah dengan angka setana 0.

Semakin tinggi angka setana suatu bahan bakar, maka kemampuan *auto ignition*nya akan semakin baik dan pada temperatur yang relatif rendah bahan bakar dapat dengan mudah menyala. Sebaliknya, dengan angka setana yang rendah bahan bakar baru akan menyala pada suhu yang tinggi. Hal ini akan menimbulkan *knocking* pada mesin, sehingga pembakaran di ruang bakar tidak sempurna yang juga dapat menyebabkan penurunan performa mesin dan asap hasil pembakaran menjadi berwarna hitam. Oleh karena itu *knocking* dapat dikurangi dengan jalan menaikkan angka setana bahan bakar.

2.2.6. Kadar Air (*Water Content*)

Kadar air pada bahan bakar diesel merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja mesin. Adanya kandungan air pada bahan bakar meskipun dalam jumlah sedikit akan menyebabkan terjadinya penyumbatan pada saluran dan filter bahan bakar, terutama untuk negara yang memiliki musim dingin. Hal tersebut terjadi karena terbentuknya kristal-kristal es pada suhu rendah di dalam bahan bakar.

2.2.7. Kadar Belerang (*Sulfur Content*)

Kadar belerang dalam bahan bakar diesel dari hasil penyulingan pertama (*straight-run*) sangat bergantung pada asal minyak mentah yang akan diolah. Minyak mentah yang mengandung kadar belerang tinggi akan berpengaruh terhadap ketahanan mesin diesel. Kandungan belerang yang berlebihan akan menyebabkan keausan pada komponen mesin. Hal ini terjadi disebabkan oleh adanya partikel-partikel padat yang terbentuk pada saat pembakaran, selain itu juga dapat disebabkan oleh adanya oksida belerang, seperti SO_2 dan SO_3 .

2.3. BAHAN BAKAR BIOFUEL

Bahan bakar *biofuel* adalah bahan bakar yang dihasilkan dari sumber daya hayati atau nabati. Bahan bakar *biofuel* yang ada umumnya terdiri dari 3 jenis yaitu biodiesel, *straight vegetable oil (SVO)* dan bioethanol. Biodiesel adalah bahan bakar mesin diesel yang berasal dari sumber daya nabati dan hewani yang diproses melalui reaksi kimia transesterifikasi trigliserida sehingga didapat struktur metil ester atau etil ester. *Straight vegetable oil (SVO)* adalah bahan bakar mesin diesel yang berasal dari minyak tumbuh-tumbuhan yang merupakan struktur trigliserida dan dipergunakan secara langsung tanpa proses kimia transesterifikasi. Bioethanol atau yang biasa disebut gasohol adalah bahan bakar mesin bensin yang dihasilkan dari pati tumbuh-tumbuhan dan nira.

2.3.1. Bahan Bakar Biodiesel

Biodiesel umumnya dibuat melalui reaksi metanolis (atau etanolis) minyak-minyak nabati atau hewani dengan alkohol (metanol atau etanol). Produk samping reaksi ini adalah gliserin, suatu bahan kimia yang juga berpangsa-pasar besar. Biodiesel dapat dimanfaatkan secara murni ataupun dalam bentuk campuran dengan minyak solar tanpa mengharuskan adanya modifikasi signifikan pada mesin kendaraan. Bentuknya yang cair dan kemampuan dicampurkan dengan solar pada segala perbandingan merupakan salah satu keunggulan penting biodiesel. Pemanfaatannya secara komersial tidak memerlukan infrastruktur penyediaan yang baru, karena dapat langsung menggunakan infrastruktur yang sudah ada untuk penyediaan minyak solar (stasiun pengisian, truk tangki, dispenser, dan lain-lain).

Sampai saat ini berbagai negara sudah memproduksi dan menggunakan biodiesel secara komersial dengan memanfaatkan bahan mentah minyak nabati yang banyak tersedia diwilayahnya. Negara-negara seperti : Jerman, Perancis, dan Austria menggunakan biodiesel berbahan baku minyak lemak dari tanaman Kanola (*repeseed*) yang tumbuh baik di negara subtropis. Amerika Serikat (USA) bertumpu pada minyak kedelai (*soybean*), Spanyol pada minyak zaitun (*olive oil*), Italia pada minyak bunga matahari (*sunflower oil*), Mali dan Afrika Selatan pada minyak jarak pagar, Filipina pada minyak kelapa dan Malaysia pada minyak sawit. Selain itu di beberapa kota besar di negara maju juga memanfaatkan minyak jelantah (*used frying oil*).

Pada prinsipnya, proses transesterifikasi adalah mengeluarkan glicerol dari minyak dan mereaksikan asam lemak bebasnya dengan alkohol (biasanya metanol atau etanol) menjadi alkohol ester (Fatty Acid Methyl Ester) atau biodiesel. Reaksi antara senyawa ester misal CPO dengan senyawa alkohol (metanol) memerlukan katalis untuk mempercepat prosesnya. Reaksi alkoholisis merupakan reaksi setimbang dengan kalor reaksi kecil. Pergeseran reaksi ke kanan biasanya dilakukan dengan menggunakan alkohol berlebih. Dalam reaksi alkoholisis, alkohol bereaksi dengan ester dan menghasilkan ester baru. Reaksi ini merupakan reaksi dapat balik yang pada suhu kamar tanpa bantuan katalisator akan berlangsung sangat lambat. Pada gambar 2.1 berikut disajikan reaksi

transesterifikasi trigliserida dengan alkohol sehingga menghasilkan alkyl ester (biodiesel) dengan R merupakan rantai asam lemak dan R' adalah CH₃ jika reaksi menggunakan metanol.



Gambar 2.1. Reaksi transesterifikasi [3]

2.3.2. Bahan Bakar CPO

Bahan bakar CPO termasuk jenis *straight vegetable oil (SVO)* dan memiliki komposisi kimia yang sama dengan *vegetable oil* yaitu triglycerol (C₃H₈(OOCR)₃) dengan struktur seperti gambar 2.1 diatas. Struktur kimia CPO ini berbeda dengan struktur kimia biodiesel yang berupa asam lemak (alkyl ester & methyl ester) (3RCOOH). Pengolahan CPO menjadi biodiesel akan menimbulkan penurunan berat molekul dari bahan bakar nabati tersebut sebesar 30% dan penurunan viskositas yang cukup signifikan.

Pemanfaatan *straight vegetable oil* sebagai bahan bakar mesin diesel pada mulanya dilakukan oleh Rudolf Diesel pada tahun 1900 dengan menggunakan minyak kacang tanah (*peanut oil*). Pengujian tersebut dilakukan dengan menggunakan bahan bakar minyak kacang tanah pada mesin diesel yang didesain menggunakan bahan bakar solar (petroleum oil) tanpa merubah atau memodifikasi mesin. Hasil pengujian menyebutkan bahwa pengoperasian mesin diesel dapat berjalan dengan baik tanpa adanya kesulitan yang berarti dengan konsumsi bahan bakar sebesar 240 gram/BHP pada nilai kalor bahan bakar sebesar 8.600 kalori/kg. Penggunaan bahan bakar minyak nabati secara langsung juga digunakan oleh Amerika pada saat perang dunia ke 2 dengan memanfaatkan minyak biji

kapas dan minyak jagung. Walton J tahun 1938 [4] menyampaikan bahwa terdapat 20 jenis *vegetable oil* (jarak/*castor*, biji anggur/*grapeseed*, maize, *camelina*, biji labu/*pumpkinseed*, *beechnut*, lobak/*rapeseed*, lupin, *pea*, *poppyseed*, kacang tanah/*peanut*, ganja/*hemp*, rami/*linseed*, *chestnut*, biji bunga matahari/*sunflower seed*, sawit/*palm*, zaitun/*olive*, kedelai/*soybean*, biji kapas/*cottonseed*, and *shea butter*) yang dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel.

Penggunaan minyak nabati sebagai bahan bakar mesin diesel dikarenakan adanya persamaan sifat-sifat atau karakteristik minyak nabati dengan petrodiesel terutama sifat *autoignition*. Adanya persamaan karakteristik disini tidak berarti mutlak seluruh parameter minyak diesel harus sama dan terpenuhi pada minyak nabati. Parameter utama yang paling penting agar penggunaan bahan bakar minyak nabati dapat dilakukan secara langsung sebagai bahan bakar mesin diesel adalah viskositas bahan bakar, asam lemak bebas, density, titik nyala dan nilai kalor bahan bakar. Karakteristik bahan bakar minyak sawit dan biodiesel ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut :

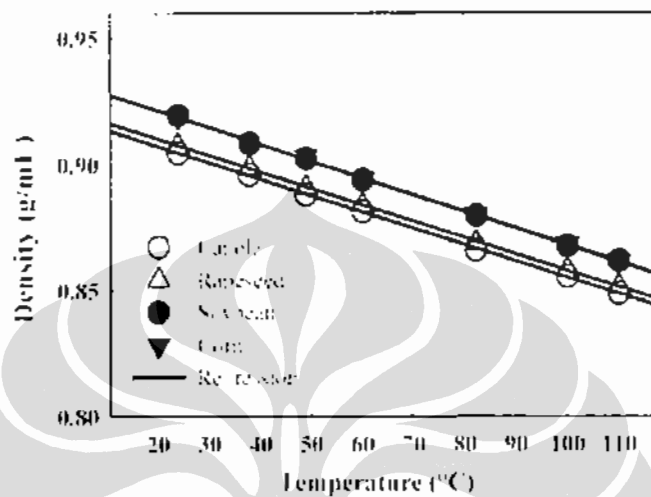
Tabel 2.2. Karakteristik minyak sawit CPO dan biodiesel

No	Uraian	Unit	Biodiesel	Minyak Sawit CPO *)
1	Kinematic Viscosity at 40°C	cSt	2.3 – 6	38,7
2	Density at 40 °C	gr/cm ³	0.85 – 0.90	-
2a	Density at 15 °C	gr/cm ³	-	0,9232
3	Total Acid Number (TAN)	mg KOH/gr	< 0.8	7,8
4	Flash Point	oC	> 100	239
5	Water Content	% vol	< 0.05	0,05
6	Cetane Index		62.1 **)	62,5
7	Heating Value	kJ/kg	37.114 **)	36.711

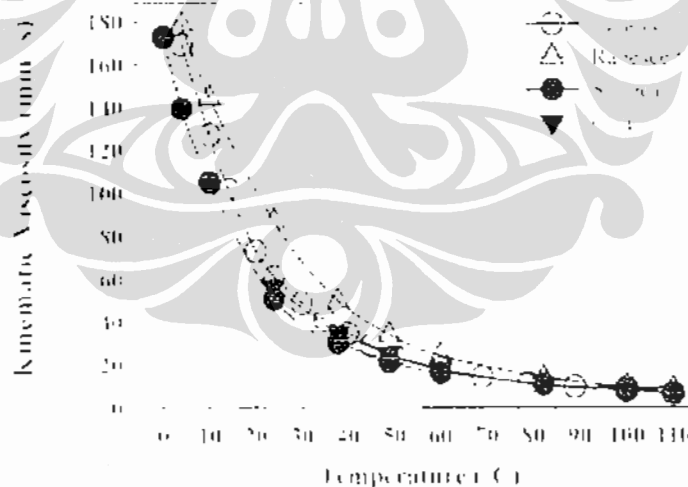
sumber : BPPT, *Standard Biodiesel Indonesia (SNI), Workshop Pemanfaatan Biodiesel sebagai Bahan Bakar Alternatif Mesin Diesel, Jakarta, 26 Mei 2005 **), www.bppt.go.id *)*

Karakteristik viskositas dan densitas (berat jenis) bahan bakar minyak nabati jenis *straight vegetable oil (SVO)* sangat tergantung pada perubahan

temperatur bahan bakar. Hal ini yang menyebabkan bahan bakar tersebut dijual berdasarkan satuan berat (kg atau ton), sedangkan bahan bakar petrodiesel dijual dengan satuan volume (liter atau barrel). Pengaruh perubahan temperatur terhadap viskositas dan densitas bahan bakar nabati ditunjukkan pada gambar 2.2 dan 2.3 dibawah ini.



Gambar 2.2. Pengaruh Temperatur terhadap Densitas Bahan Bakar Nabati [5]



Gambar 2.3. Pengaruh Temperatur terhadap Viskositas Bahan Bakar Nabati [5]

Di Indonesia, pemanfaatan minyak tumbuhan secara langsung sebagai bahan bakar mesin diesel saat ini belum berkembang dengan baik dibandingkan pemanfaatan biodiesel dengan mengkonversikan minyak nabati menjadi ester (metil atau etil ester). Hal ini disebabkan karena adanya pandangan bahwa pada

proses thermal (panas) di dalam mesin akan menyebabkan minyak nabati terurai menjadi gliserin dan asam lemak. Asam lemak dapat teroksidasi atau terbakar relatif sempurna, akan tetapi gliserin akan menghasilkan pembakaran yang kurang sempurna dan dapat terpolimerisasi menjadi senyawa plastis yang agak padat. Senyawa ini akan menyebabkan kerusakan pada mesin, karena membentuk deposit pada pompa injektor. Oleh karena itu perlu dilakukan modifikasi pada mesin-mesin kendaraan bermotor komersial apabila menggunakan minyak tumbuhan langsung (100 %) sebagai bahan bakar pengganti solar / minyak diesel.

2.4. PARAMETER UNJUK KERJA MESIN DIESEL

Beberapa parameter yang dicatat selama pengujian unjuk kerja mesin digunakan sebagai data mentah yang kemudian diolah menjadi data hasil pengujian. Dari data hasil pengujian akan terlihat ada tidaknya peningkatan atau penurunan performa mesin yang diuji dengan menggunakan bahan bakar CPO 100% dan campurannya dengan solar. Hasil pengujian tersebut ditunjukkan dengan parameter *Fuel Consumption*, *Specific Fuel Consumption*, Daya, Efisiensi Thermal dan kualitas gas buang yang pada pengujian ini akan diukur opasitasnya. Hasil akhir dari pengujian bahan bakar CPO 100% dan campurannya dengan solar pada variasi campuran yang didapat akan dibandingkan dengan bahan bakar solar murni sebagai pembanding (dasar acuan) dan direpresentasikan ke dalam bentuk grafik karakteristik mesin diesel genset. Berikut ini akan diuraikan metode perhitungannya, sedangkan tabel data mentah serta tabel hasil perhitungan disertakan pada Lampiran.

2.4.1. Laju Konsumsi Bahan Bakar (FC)

Konsumsi bahan bakar per satuan waktu (*FC – Fuel Consumption*) dapat ditentukan melalui persamaan berikut:

$$FC = \frac{3600 \times V_g}{t} \quad \text{[L/hr]} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana : V_g = Volume bahan bakar yang dipergunakan [liter]

t = waktu yang dibutuhkan [detik]

2.4.2. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

Persamaan untuk menghitung Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption*) adalah sebagai berikut :

$$SFC = \frac{m_{bb}}{E} = \frac{m_{bb}}{W t} \dots\dots\dots (2.2)$$

- Dimana:
- SFC = Spesific fuel oil consumption (kg/kWh)
 - E = Energi yang terukur (kWh)
 - W = Daya yang dihasilkan (kW)
 - t = waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan energi (s)
 - m_{bb} = jumlah bahan bakar (kg) = $V_g * \rho$
 - V_g = volume bahan bakar yang dipergunakan (L/hr)
 - ρ = berat jenis bahan bakar (kg/L)

2.4.3. Daya Listrik yang Dihasilkan

Keluaran daya listrik yang dihasilkan mesin diesel genset diukur dengan bantuan Watthour meter pada satuan waktu pengukuran. Besarnya Daya listrik yang dihasilkan ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$W = \frac{E}{t} \dots\dots\dots (2.3)$$

- Dimana:
- W = Daya listrik yang dihasilkan (kW)
 - E = Energi listrik yang terukur (kWh)
 - t = waktu pengukuran (s)

2.4.4. Jumlah Input Energi Bahan Bakar

Jumlah kalor masuk (Q_m) dirumuskan:

$$Q_m = m_{bb} * LHV \dots\dots\dots (2.4)$$

- Dimana:
- Q_m = jumlah kalor masuk (kcal)
 - LHV = nilai kalor bawah bahan bakar (kcal/kg)
 - m_{bb} = jumlah bahan bakar (kg)

2.4.5. Efisiensi Thermal (η_{th})

Efisiensi thermal dari mesin diesel genset menyatakan besarnya efektifitas energi bahan bakar yang disuplai ke ruang bakar dalam menghasilkan kerja. Efisiensi thermal dapat ditentukan melalui persamaan berikut:

$$\eta_{th} = \frac{Output}{Input} * 100\% = \frac{E}{Q_m} * 100\% = \frac{W \cdot t}{m_{bb} * LHV} * 100\% \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

- dimana:
- η_{th} = Efisiensi thermal
 - E = Energi yang terukur (kWh)
 - W = Daya listrik yang dihasilkan (kW)
 - t = waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan energi (s)
 - Q_m = jumlah kalor masuk (kcal)

2.4.6. Emisi Gas Buang

Pada pengujian mesin Diesel ini sebagai parameter untuk gas buang adalah Opasitas atau kadar kepekatan asap yang ditunjukkan dengan persentase dari cahaya yang dapat diterima pada sensor kepekatan (100% = pekat sempurna, 0% = cahaya dapat diteruskan sempurna).