

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Tinjauan Pustaka**

##### **1. Mesin Diesel**

Menurut Armstrong dan Proctol (2013), mesin diesel adalah mesin pembakaran internal dimana udara dikompres ke suhu yang cukup tinggi untuk menyalakan bahan bakar diesel yang disuntikkan ke dalam silinder, di mana pembakaran dan pemancaran menggerakkan piston yang mengubah energi kimia yang dalam bahan bakar menjadi energi mekanik, yang dapat digunakan untuk truk pengangkut barang, traktor besar, lokomotif, dan kapal laut. Sejumlah mobil juga bertenaga diesel, seperti juga beberapa set generator tenaga listrik.

Menurut Sitindahon (2016), komponen mesin diesel (bagian-bagian mesin diesel) merupakan suatu pemahaman dari operasi atau kegunaan berbagai bagian berguna untuk pemahaman sepenuhnya dari seluruh mesin diesel. Setiap bagian atau unit mempunyai fungsi khusus masing-masing yang harus dilakukan dan bekerja sama dengan bagian yang lain membentuk mesin diesel.

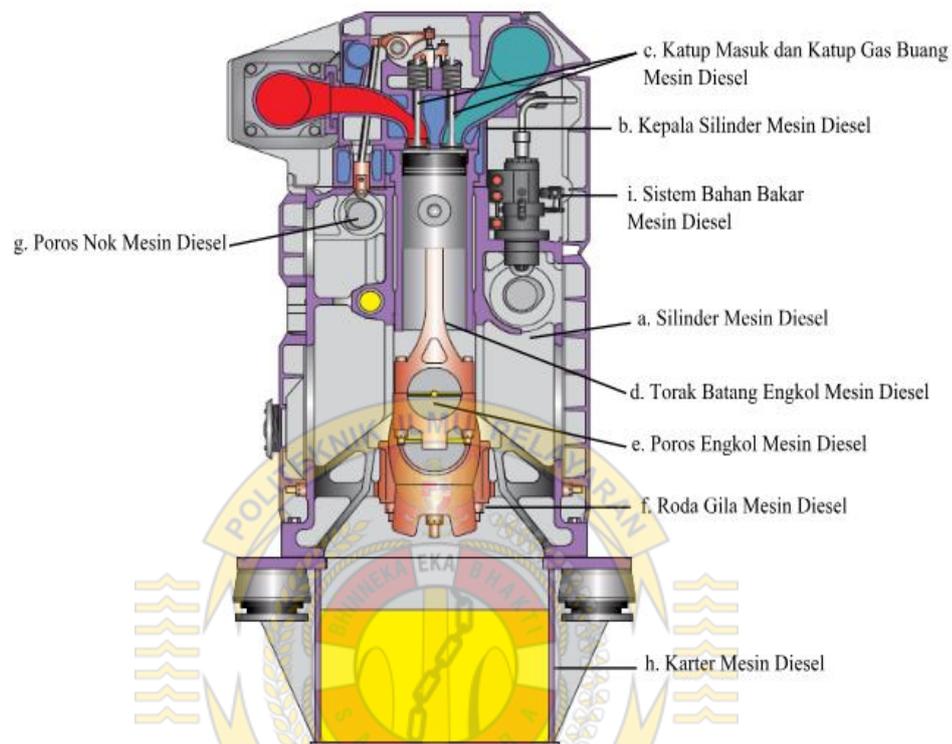
Orang yang ingin mengoperasikan, memperbaiki atau menservis mesin diesel, harus mampu mengenal bagian yang berbeda dengan pandangan dan mengetahui apa fungsi khusus masing-masing. Pengetahuan tentang bagian-bagian mesin diesel akan diperoleh sedikit

demikian sedikit, dengan membaca secara penuh perhatian yang berikut, dan kemudian dengan melihat daftar istilah pada akhir buku ini setiap istilah yang belum dapat anda mengerti. Mesin diesel dibagi menjadi dua jenis menurut sistem kerjanya, yaitu mesin diesel empat langkah (*four stroke*) dan mesin diesel dua langkah (*two stroke*). Mesin diesel empat langkah adalah mesin dengan dua putaran poros engkol atau empat kali langkah kerja torak dan menghasilkan satu kali tenaga sedangkan mesin diesel dua langkah adalah mesin dengan satu putaran poros engkol atau dua kali langkah kerja torak menghasilkan satu kali tenaga.

Secara lebih lanjut Sitindahon (2016), membagi komponen mesin diesel 4 tak menjadi 9, yaitu:

- a. Silinder Mesin Diesel
- b. Kepala Silinder Mesin Diesel
- c. Katup Masuk Dan Katup Gas Buang Mesin Diesel
- d. Torak Batang Engkol Mesin Diesel
- e. Poros Engkol Mesin Diesel
- f. Roda Gila Mesin Diesel
- g. Poros Nok Mesin Diesel
- h. Karter Mesin Diesel
- i. Sistem Bahan Bakar Mesin Diesel

Komponen-komponen mesin diesel 4 tak dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.1 Komponen-komponen Mesin Diesel 4 tak

Sumber : *Instruction Manual Book Diesel Generator STX MAN B&W 7L16/24MV*. Pan Energen (2012).

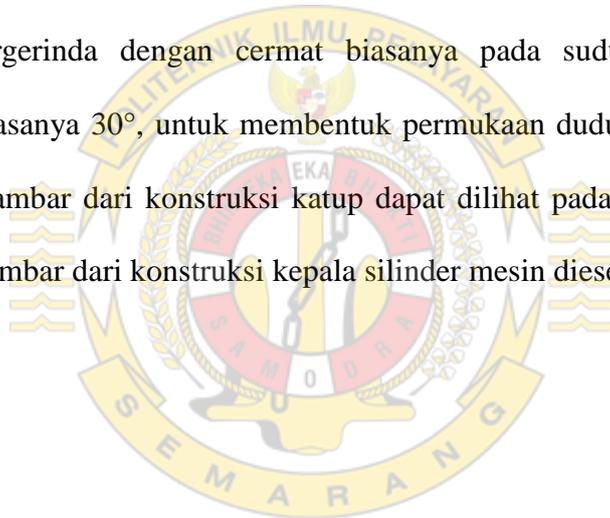
## 2. Katup Gas Buang Pada Mesin Diesel 4 Tak

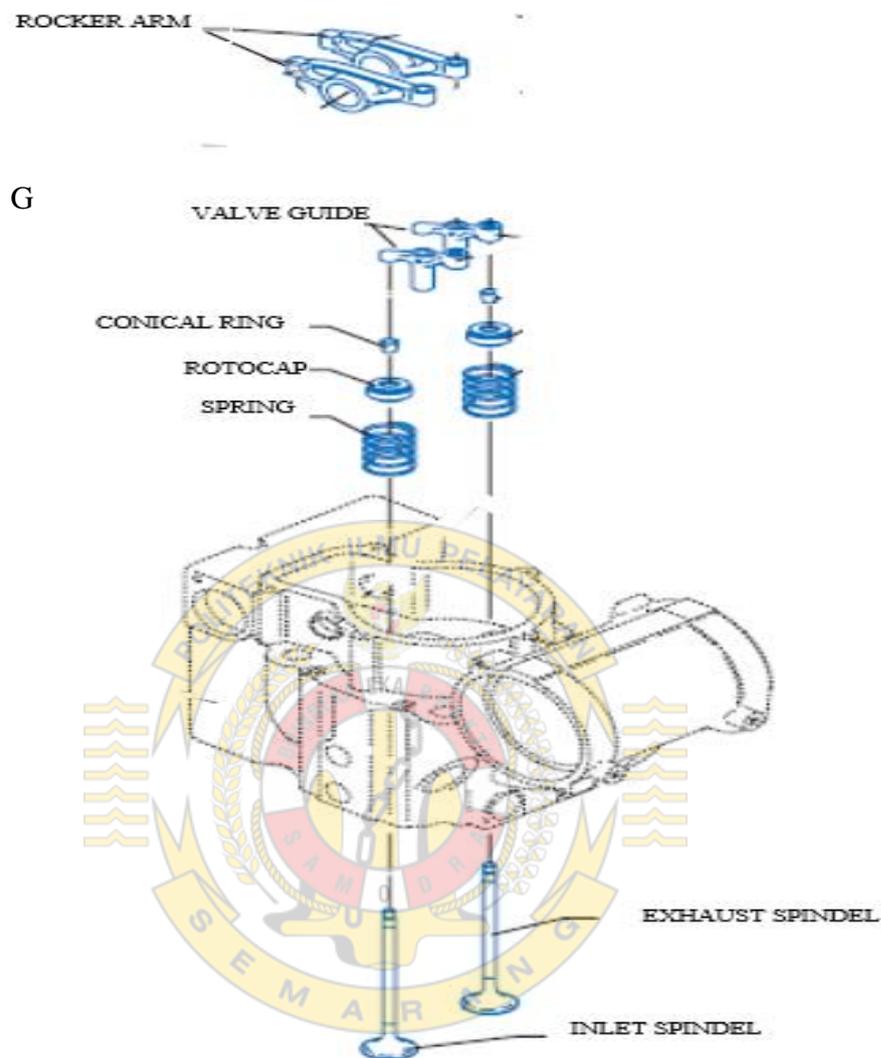
### a. Pengertian

Menurut Lewis dan Dwyer (2002: 1), katup berfungsi untuk mengatur aliran gas dari dalam silinder sama halnya dengan otomotif yaitu pembakaran yang dilakukan. Katup gas buang adalah salah satu katup yang terdapat pada mesin diesel baik itu mesin diesel dua langkah atau mesin diesel empat langkah katup ini berfungsi sebagai

pintu keluarnya gas hasil pembakaran di dalam silinder serta menjamin agar gas hasil pembakaran di dalam silinder dapat keluar secara optimal. Katup ini memiliki kondisi kerja yang terstruktur secara mekanis yang tahan terhadap suhu gas buang yang tinggi dan benturan metal dengan metal.

Katup sendiri terdiri dari sebuah piringan kepala yang memiliki batang memanjang dari tengah piringan kepala disatu sisinya. Sisi pinggiran kepala katup yang berdekatan dengan batang katup tergerinda dengan cermat biasanya pada sudut  $45^\circ$ , tetapi juga biasanya  $30^\circ$ , untuk membentuk permukaan dudukan (Ibid, 2002: 1). Gambar dari konstruksi katup dapat dilihat pada gambar 2.2 tentang gambar dari konstruksi kepala silinder mesin diesel 4 tak di bawah ini:





Gambar 2.2 Konstruksi Kepala Silinder Mesin Diesel 4 Tak

Sumber : *Instruction Manual Book Diesel Generator STX MAN B&W*

7L16/24 MV. Pan Energen (2012).

#### b. Bagian-Bagian Katup Gas Buang

Di dalam *instruction manual bookdiesel generator STX MAN B&W 7L16/24MV*. Pan Energen (2012).Diperlihatkan bahwa katup gas buang mempunyai bagian-bagian yang dapat diuraikan menjadi beberapa komponen seperti pada gambar yang tertera dibawah, yaitu:

1) Batang Katup (*valve spindle*)

Batang Katup (*valve spindle*) memiliki bagian atas yang disebut sebagai celah pengunci (*valve locks*), batang katup ini berguna sebagai tempat untuk kedudukan pegas, kunci penahan pegas serta mendapat tekanan untuk pembukaan dari katup (Ibid, 1994: 1,2).

2) Pengahantar Katup (*valve guide*)

Berupa lubang pada kepala silinder yang fungsinya untuk memegang atau menjaga jalannya katup ketika naik-turun. Bantalan ini juga sebagai media bagi katup untuk menyalurkan panas (Ibid, 1994: 3).

3) Pegas Katup (*valve spring*)

Batang katup berguna untuk mengembalikan kedudukan katup pada posisi tertutup (Ibid, 1994: 1,2).

4) Pengunci Katup (*valve locks/conical ring*)

Pengunci katup ini berbentuk seperti silinder namun terbagi menjadi dua bagian, nama lain dari pengunci katup ini yaitu (*conical ring*) cincin yang berbentuk kerucut. Pengunci katup berfungsi sebagai pengunci penahan pegas katup (*valve retainer*) (Ibid, 1994: 1,2).

5) Penahan Pegas Katup (*valve retainer/rotocap*)

Penahan pegas katup berbentuk seperti piringan namun bagian tengahnya terdapat lubang untuk bagaian atas katup dan pengunci katup (Ibid, 1994: 1,2).

6) Rumah Katup (*valve housing*)

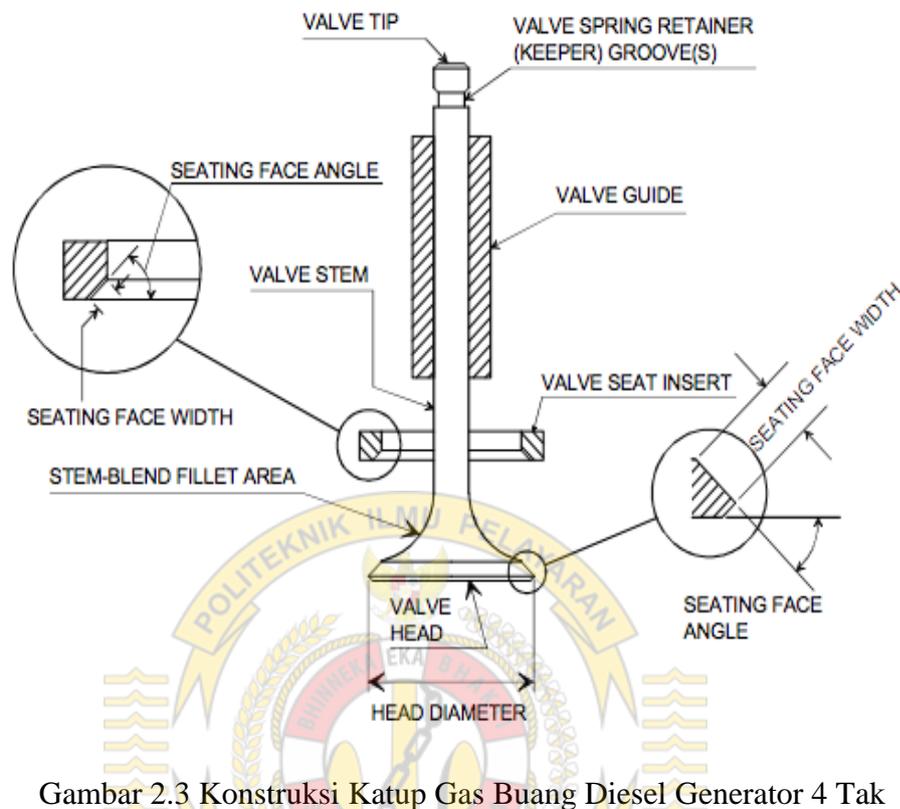
Di dalam rumah katup terdapat lubang untuk batang katup yang disediakan dengan tempat pengahantar batang katup yang dapat diganti (Ibid, 1994: 3).

7) Dudukan Katup (*valveseat*)

Dudukan katup berfungsi sebagai dudukan kepala katup yang terbuat dari baja dan berbentuk sudut kerucut pada dudukannya di kepala silinder (Ibid, 1994:3).

8) Penggerak Transmisi Katup (*Valve Operating Gear*)

Bagian ini berfungsi sebagai penggerak katup yang di transmisikan dari poros nok dan diterima oleh *roller guides* kemudian diteruskan melalui batang penekan (*push rod*) ke pelatuk katup (*rocker arm*), lalu kebatang katup (Ibid,1994: 1,2).



Gambar 2.3 Konstruksi Katup Gas Buang Diesel Generator 4 Tak

Sumber : Ibid (2002)

### c. Prinsip Kerja

Menurut Arismunandar (2011) katup dibuka oleh tuas yang menekan katup, yang digerakkan oleh poros kam dengan perantara tappet dan batang penekan. Tuas merupakan alat pengubah arah gerakan. Tuas tersebut dapat berayun pada batang tuas. Poros kam digerakkan oleh poros engkol dengan perantara transmisi roda gigi atau rantai.

Kecepatan putar poros kam adalah setengah kecepatan putar poros engkol. Dan katup buang digerakkan melalui batang tekan batang tuas. Batang tuas pada umumnya terletak pada sebuah

pemegang rol, yang mengatur rol menuruti sebuah lintasan yang lurus.

Batang tekan dan batang tuas digerakkan oleh nok.

d. Pendinginan Katup Buang

Ketika pembakaran minyak berat yang mengandung vanadium dan gabungan sodium, temperatur katup harus dijaga di tidak lebih dari 530°C untuk menghindari pengaratn panas dan endapan.

Pendinginan katup gas buang akan memperpanjang masa penggunaan dari katup, dudukan dan ringnya. Selain untuk memperpanjang masa penggunaan dari katup, pendinginan juga akan mencegah terbakar dan ausnya katup.

e. Perawatan dan Pemeriksaan

Sesuai dengan *instruction manual book* diesel generator STX MAN B&W 7L16/24MV. Pan Energen (2012), pemeriksaan katup gas buang diesel generator harus dilakukan secara berkala agar kinerja katup gas buang diesel generator selalu optimal, setiap 2000 jam kerja dilakukan pemeriksaan, pengaturan dan perbaikan pada katup. Akan tetapi pada kondisi tertentu pemeriksaan dapat dilakukan tidak sesuai waktu yang disarankan dalam *instruction manual book*, tetapi berdasarkan observasi kondisi dari motor diesel generator, pemeriksaan yang dilakukan meliputi:

### 1) Pengaturan Celah Katup (*valveclearance*)

Menurut Soekarsono, dkk (2006), katup-katup yang terbakar dan berlubang-lubang, disebabkan katupnya macet pada bagian pengahantar katup. Hal ini disebabkan kekurangan celah bebas, pegas katup sudah lemah, pendinginan katup tidak sempurna, batang katup kasar, *timing* katup dan *timing* motor tidak tepat.

Berdasarkan kutipan di atas pengaturan celah katup gas buang diesel generator yang tidak tepat akan berdampak terhadap terjadinya kerusakan pada katupgas buang diesel generator, oleh karena itu pada diesel generator STX MAN B&W 7L16/24, untuk menghindari terjadinya kerusakan akibat dari pengaturan celah katup gas buang, maka *maker* membuat standar pengaturan katupgas buang.

Standar pengaturan celah katup yang normal sesuai dengan *instruction manual bookMV*. Pan Energen (2012), untuk katup gas buang adalah 0,60 mm pada suhu mesin 15-55°C dan untuk katup udara masuk adalah 0,40 mm pada suhu mesin yang sama untuk pengaturan katup gas buang yaitu 15-55°C.

### 2) Suhu Gas Buang

Pemeriksaan suhu gas buang dapat dilihat melalui monitor di ruang control kamar mesin atau langsung pada thermometer yang terdapat pada saluran gas buang yang menuju ke

penampungan gas buang (*exhaust gas manifold*), suhu normal gas buang motor diesel generator yaitu: 305-350°C saat beban penuh. Pemeriksaan ini dapat digunakan sebagai salah satu cara untuk mengetahui kondisi dari katup gas buang, karena naiknya suhu gas buang biasanya dipengaruhi oleh rusaknya katup gas buang sesuai *Final drawing* diesel generator STX MAN B&W 7L16/24MV. Pan Energen (2012).

### 3) Suara Katup

Suara berisik dari katup gas buang adalah salah satu tanda ketidak sempurnaan kinerja dari katup, misalnya celah katup yang berubah dan pelumasan yang kurang, maka hal ini harus segera di tindak lanjut untuk menghindari kerusakan yang tidak diinginkan.

### 4) Tekanan Air Pendingin

Tekanan air pendingin dapat diperiksa dengan menggunakan manometer air tawar pendingin yang terdapat pada blok manometer di bagian depan mesin atau melalui monitor pengontrol yang berada di ruang control kamar mesin. Hal ini untuk mengetahui kelancaran sistem pendinginan katup buang diesel generator.

### 5) Suhu Air Pendingin

Suhu air tawar pendingin dapat dilihat pada termometer yang terdapat pada bagian saluran masuk air tawar pendingin kedalam katup buang. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui

suhu air tawar yang masuk kedalam kepala silinder yang berfungsi untuk mendinginkan katup gas buang dapat berlangsung dengan baik sesuai dengan fungsinya sesuai dengan *Final drawing* diesel generator STX MAN B&W 7L16/24MV. Pan Energen (2012).

f. Bahan Pembuatan Katup

Menurut Maanen (1997:6.15), bahan katup harus memberikan cukup tahanan terhadap pengaruh yang korosif, sedangkan kekuatan bahan katup akibat suhu tinggi tidak boleh berkurang terlalu banyak.

Pada umumnya katup gas buang terbuat dari baja karbon dengan kualitas baik dan tidak terlalu lembek. Baja tersebut memiliki kadar *chrom* tinggi (8-12%) dan juga kadar *silicum* yang tinggi. Selain itu, bidang penutup katup pada tempat duduk sering kali dilas dengan baja panser/pelindung, misalnya *stellite*. Bahan tersebut sangat keras dan tahan aus, terdiri dari larutan *wolfram*, *chrom*, *cobalt* dan zat arang.

Tersedia pula bahan yang dapat digunakan tanpa bahan penguat atau pelindung yang memiliki sifat yang khusus. Salah satu bahan tersebut antara lain adalah misalnya *NOMONIC 80A*. Suatu larutan yang terbuat dari nikel 80% dan suatu persentase tertentu dari *chrom*, titanium dan aluminium.

### 3. Pembakaran

#### a. Pengertian

Menurut maanen (1997: 1.1), motor diesel juga disebut motor (kompresi udara) atau motor (penyemprotan). Pembakaran bahan bakar diesel merupakan proses kimia zat C-H yang berada dalam bahan bakar mengikat diri dengan zat asam dengan membentuk produk pembakaran, Ibid (1997: 2.10). Minyak bakar yang disemprotkan kedalam silinder berbentuk butir-butir cairan yang halus. Oleh karena udara di dalam silinder saat tersebut sudah bertemperatur dan bertekanan tinggi maka butiran-butiran tersebut akan menguap. Uap bahan bakar selanjutnya bercampur dengan udara yang ada di sekitarnya Arismunandar (1981: 12).

Berdasarkan kutipan diatas penulis menyimpulkan bahwa proses pembakaran yaitu bahan bakar bercampur oksigen di dalam udara yang suhunya tinggi dan kemudian terjadi pembakaran di dalam silinder. Suhu udara pembakaran yang tinggi diperoleh dari adanya proses kompresi udara oleh torak. Udara yang dikompresi berasal dari udara luar yang dimasukkan kedalam silinder. Proses kompresimenghasilkan tekanan di dalam ruang bakaryang bersuhu tinggi.

Perbandingan udara dan bahan bakar saat proses pembakaran harus seimbang untuk mendapatkan hasil pembakaran yang sempurna dan hasil pembakaran menjadi optimal. Jumlah udara yang tidak tepat

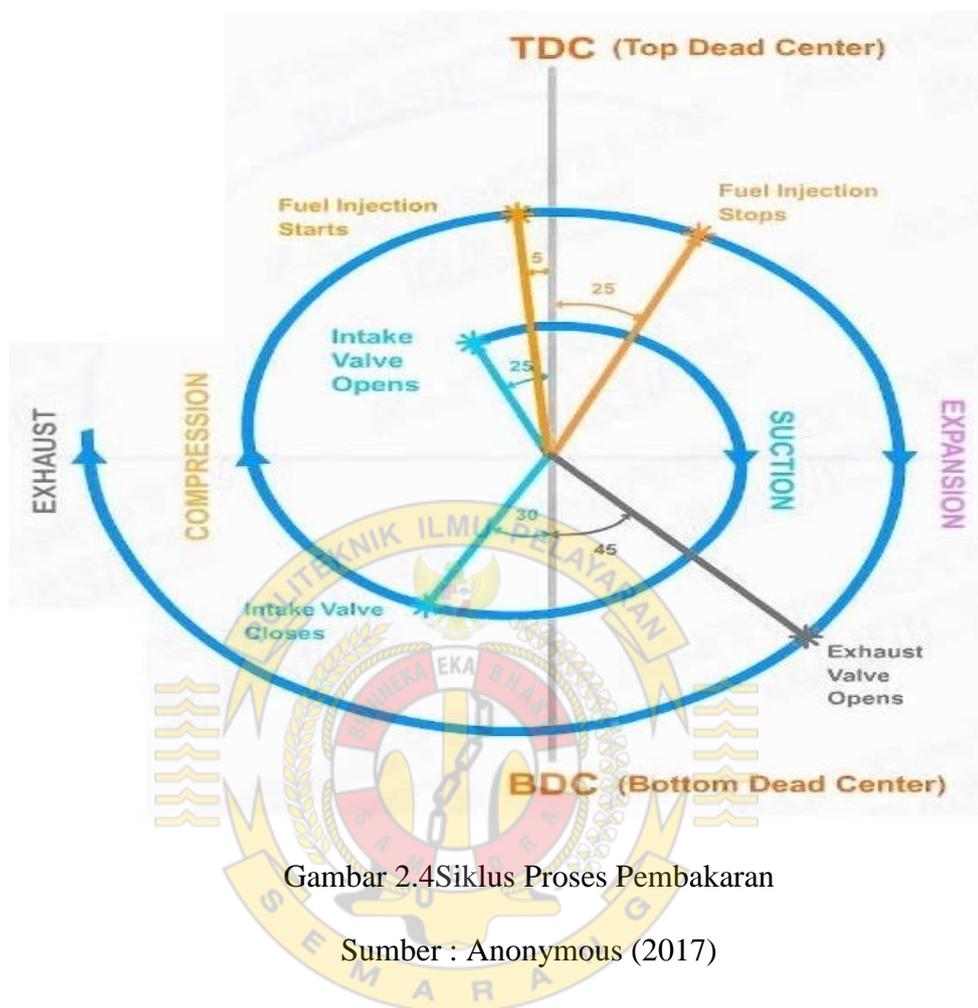
dapat mengakibatkan pembakaran yang terjadi di dalam silinder tidak sempurna dan mengakibatkan pembakaran kurang maksimal dan hasil pembakarankurang.

Tabel 2.1 Reaksi Kimia Pembakaran

<i>Nature of Reaction</i>	<i>Thermo-chemical equation</i>
<i>Carbon burned to Carbon Dioxide</i>	$C + O_2 = CO_2$
<i>Carbon Burned to Carbon Monoxide</i>	$2C + O_2 = 2(CO)$
Carbon Monoxide Burned to Carbon Dioxide	$2(CO) + O_2 = 2 (CO_2)$
Hydrogen Oxidised to Steam	$2H_2 + O_2 = 2 (H_2O)$
Sulphur Burned to Sulphur Dioxide	$S_2 + 2O_2 = 2 (SO_2)$

Sumber : Min Zartar(2004)

b. Proses Pembakaran Motor Diesel 4 Tak



Gambar 2.4 Siklus Proses Pembakaran

Sumber : Anonymous (2017)

1) Proses Isap

Pernyataan tersebut telah menjelaskan bagaimana mekanisme proses isap di dalam silinder dimana torak yang bergerak kebawah oleh poros engkol. Pada saat torak bergerak kebawah oleh poros engkol akan terjadi penurunan tekanan akibat penambahan volume di atas torak. Melalui katup masuk udara dihisap dari atmosfer sekelilingnya. Tekanan didalam silinder akan lebih rendah sekitar 0,05 bar dari tekanan atmosfer, Maanen (1997: 1.9). Pernyataan tersebut telah menjelaskan bagaimana

mekanisme proses isap di dalam silinder dimana torak yang bergerak kebawah oleh poros engkol.

## 2) Proses Kompresi

Pada saat torak sampai pada titik mati bawah arah gerakan torak akan berbalik, kemudian katup masuk tertutup dan udara dalam silinder akan dikompresikan oleh langkah torak. Tekanan udara dalam silinder akan meningkat hingga 35-40 bar, sedangkan temperatur akan meningkat hingga 550-600°C. Pada akhir langkah kompresi bahan bakar dalam bentuk kabut disemprotkan kedalam udara panas, campuran bahan bakar akan menghasilkan ledakan dengan segera, Ibid (1997: 1.10).

## 3) Proses Usaha

Setelah torak mencapai TMA lagi dan mulai langkah kebawah, tekanan gas didalam silinder masih meningkat hingga 45-50 bar, sedangkan suhu meningkat hingga 1500-1600°C sesuai *instruction manual book* diesel generator STX MAN B&W 716L/24MV. Pan Energen (2012).

Setelah pembakaran berakhir gas pembakaran atau gas sisa pembakaran akan berekspansi sebagai akibat volume yang meningkat diatas torak. Tekanan dan suhu kemudian akan menurun dengan cepat.

Menjelang akhir langkah kerja atau usaha, katup buang akan terbuka dan gas pembakaran akan mengalir ke luar silinder

dengan kecepatan tinggi kesaluran gas buang (*exhaust manifold*). Pada akhir langkah ekspansi, suhu gas masih berkisar 600-700°C dan tekanan gas 3-4 bar, Ibid (1997: 1.10).

#### 4) Proses Pembuangan Gas Sisa Pembakaran

Selama langkah berikut, gas pembakaran yang masih tertinggal didalam silinder didesak keluar dari silinder melalui katup buang yang terbuka. Tekanan gas lebih besar sedikit dari tekanan atmosfer. Sebelum langkah buang berakhir katup masuk sudah terbuka dan setelah mencapai TMA proses dimulai lagi, Ibid (1997: 1.11).

#### c. Hasil Pembakaran

Menurut Sears (1994: 371), panas pembakaran adalah jumlah kalor yang dibebaskan per satuan massa atau persatuan volume, jika bahan bakar terbakar sempurna. Pada proses pembakaran juga terdapat unsur karbon (C) dan oksigen ( $\text{CO}_2$ ), kedua unsur ini akan menghasilkan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) jika terjadi pembakaran yang sempurna.

Meningkatnya suhu pembakaran didalam ruang bakar ini terjadi jika salah satu unsur terjadinya pembakaran tidak terpenuhi dengan tepat, atau perbandingan kompresi unsur-unsur pembakaran tidak sesuai yang mengakibatkan pembakaran tidak sempurna dan usaha atau tenaga juga tidak optimal. Misalnya jika terjadi kebocoran kompresi, akibatnya tekanan dan suhu udara yang dibutuhkan untuk

mendapatkan pembakaran atau tenaga juga akan berkurang yang berdampak pada hasil pembakaran.

d. Daya Indikator

Menurut Arismunandar (2011), daya yang dihasilkan didalam silinder dinamai daya indikator. Dari kutipan di atas penulis dapat menyimpulkan bahwa daya indikator adalah istilah yang digunakan untuk menunjukkan tenaga mesin yang dihasilkan di dalam sebuah mesin, dimana merupakan langkah awal perubahan energi panas dari hasil pembakaran bahan bakar ke dalam energi mekanik. Sehingga jika terjadi penurunan tekanan maksimal indikator otomatis akan terjadi juga penurunan daya indikator pada mesin.

4. Hubungan antara Suhu dan Logam

Bila suatu bahan mengalami perubahan suhu, bahwa akan mengalami ekspansi dan mengalami konstruksi jika suhu turun. Jika logam yang panas terkena air pendingin yang bocor dan suhunya relatif lebih rendah maka terjadi tegangan logam karena pada waktu logam berekspansi secara mendadak suhu konstruksi berubah sehingga menyebabkan logam tersebut retak.

a. Pengaruh Panas Pembakaran

Sears (1994) menyimpulkan bahwa panas pembakaran sangat berpengaruh terhadap:

1) Pemuaian Logam.

Pemuaian adalah bertambahnya ukuran suatu benda karena pengaruh perubahan suhu atau bertambahnya ukuran suatu benda karena menerima kalor.

2) Kelelahan Logam (*stress*).

Merupakan kecenderungan dari logam untuk patah bila menerima tegangan berulang – ulang (*cyclic stress*) yang besarnya masih jauh dibawah batas kekuatan elastiknya. Sebagian besar dari kerusakan yang terjadi pada komponen mesin disebabkan oleh kelelahan ini. Karenanya kelelahan merupakan sifat yang sangat penting, tetapi sifat ini juga sulit diukur karena sangat banyak faktor yang mempengaruhinya.

3) Menurunkan Titik Lebur Logam.

Titik lebur yaitu suhu dimana benda tersebut berubah wujud menjadi cair.

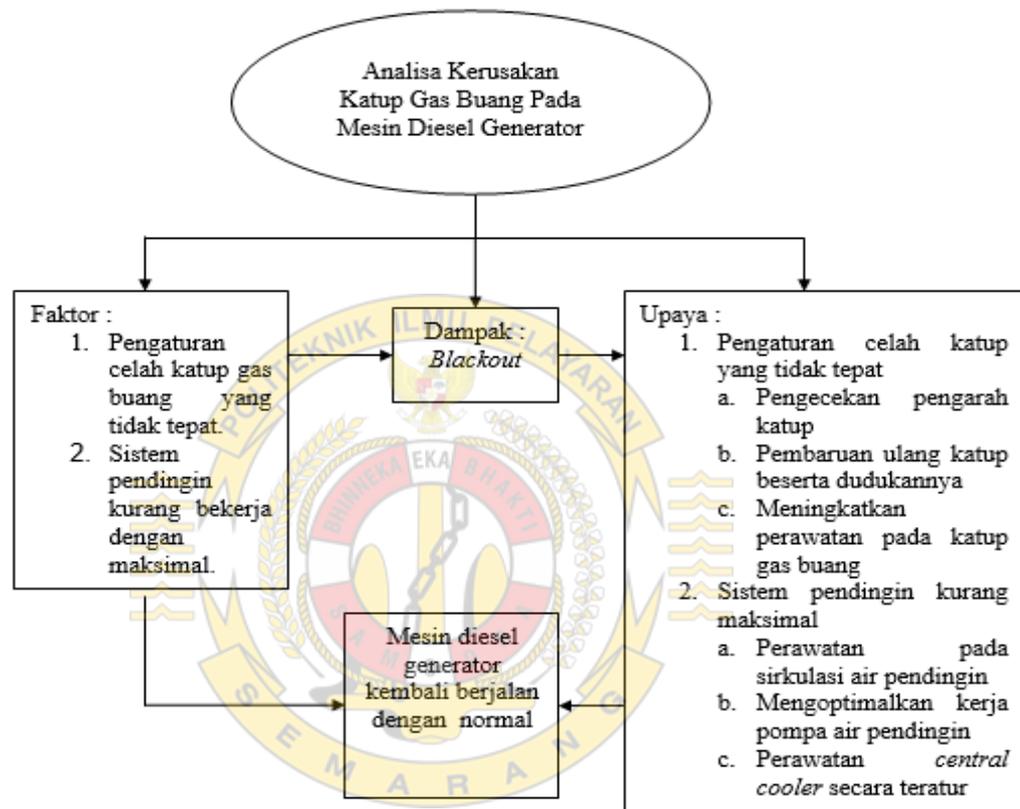
b. Pengaruh Perubahan Suhu Terhadap Logam

Sesuai dengan teori kalor dengan gaya logam yang bergesekan menyebabkan energi panas, maka dari itu disebutkan bahwa:

- 1) Ukuran semua benda akan bertambah jika suhunya naik.
- 2) Pertambahan panjang ( $L$ ) berbanding lurus dengan kenaikan suhu ( $T$ ), hal ini juga tergantung pada koefisiensi muai logam tersebut (Sears, 1994: 355). Sedangkan dalam proses penghantaran panas

diketahui bahwa panas dapat mencapai ujung yang lebih dingin dengan jalan penghantaran lewat saluran bahan logam tersebut.

## B. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 2.5 Kerangka Pikir

Sumber : Pribadi

Berdasarkan kerangka pikir diatas, dapat dijelaskan dari topik yang dibahas yaitu katup gas buang pada motor diesel generator, yang mana dari topik tersebut akan menghasilkan faktor penyebab dari topik masalahnya dan penulis ingin mengetahui faktor penyebab tersebut, dampak serta upaya ataupun usaha yang dilakukan untuk mengatasi masalah yang ada. Setelah diketahui upaya apa yang dilakukan, selanjutnya membuat landasan teori dari

yang selanjutnya akan diketahui faktor-faktor apa dan kemungkinan masalah tersebut dapat berkembang melalui analisa gabungan dari *Fishbone* dan *Fault Tree Analysis*, dari faktor-faktor yang akan dibahas maka akan menghasilkan simpulan dan saran dari penulis untuk dapat mencegah timbulnya faktor-faktor penyebabkerusakan katup gas buang pada mesin diesel generator .

### C. Definisi Operasional

Mesin diesel adalah motor bakar pembakaran dalam yang menggunakan panas kompresi untuk menciptakan penyalaan dan membakar bahan bakar yang telah diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Adapun komponen pendukung dari kinerja mesin diesel generator, yaitu:

1. Silinder mesin diesel adalah tempat bahan bakar dibakar dan daya ditimbulkan.
2. Kepala silinder mesin diesel adalah penutup satu ujung silinder dan sering berisikan katup tempat udara dan bahan bakar diisikan dan gas buang dikeluarkan.
3. Katup masuk dan katup buang mesin diesel adalah
4. Torak batang engkol mesin diesel adalah ujung lain dari ruang kerja silinder ditutup oleh torak yang meneruskan kepada poros daya yang ditimbulkanoleh pembakaran bahan bakar.
5. Poros engkol mesin diesel adalah bagian yang berputar dibawah aksi torak melalui batang engkol dan pena engkol yang terletak diantara pipi engkol, dan meneruskan daya dari torak kepada poros yang digerakkan.

6. Roda gila mesin diesel adalah sebuah roda yang dipergunakan untuk meredam perubahan kecepatan putaran dengan cara memanfaatkan kelembaman putaran
7. Poros nok mesin diesel adalah sebuah alat yang digunakan dalam mesin torak untuk menjalankan katup isap dan buang.
8. Karter mesin diesel adalah bagian yang berfungsi menyatukan silinder, torak dan poros engkol, melindungi semua bagian yang bergerak dan bantalanya dan merupakan reservoir bagi minyak pelumas.

