BAB II

LANDASAN TEORI

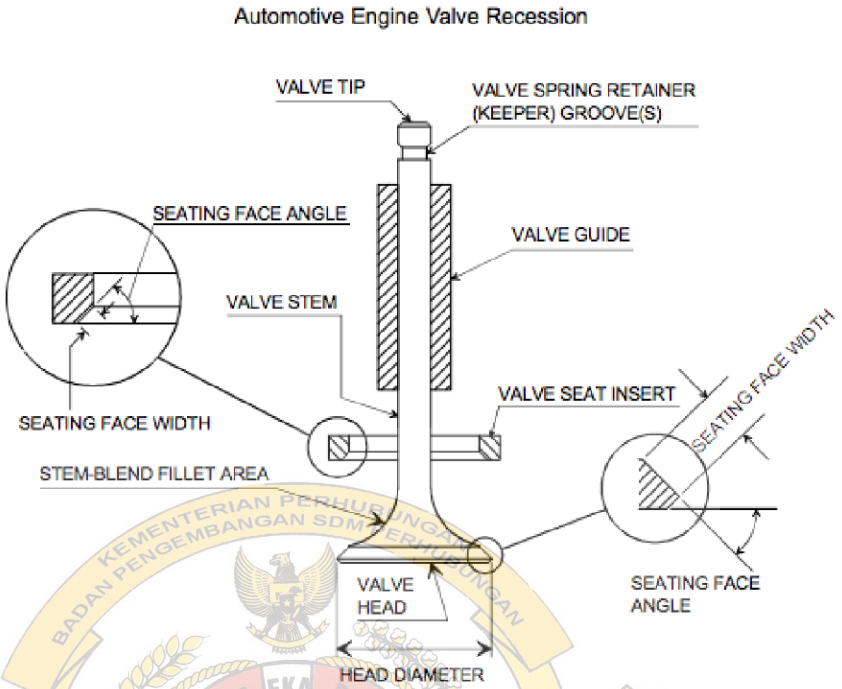
A. Tinjauan pustaka

1. Katup gas buang

a. Pengertian

Menurut Lewis dan Dwyer-Joyce (2002: 1)"Katup yaituberfungsi untuk mengatur aliran gas dari dalam silindersama halnya dengan otomotif yaitu pembakaran yg 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°, tetapi juga biasanya 30°,untuk membentuk permukaan dudukan (Ibid, 2002: 1). Gambar dari konstruksi katup dapat dilihat pada Gambar 2.1 tentang gambar dari bagian - bagian katup.



Gambar 2.1 Konstruksi Katup

b. Bagian-bagian katup gas buang

Di dalam *instruction manual book*diesel generator MAN B&W 8L28/32H (1994) milik kapal MV. Cap Isabel.Diperlihatkan bahwa katup gas buang mempunyai bagian-bagian yang dapat diuraikan menjadi beberapa komponen seperti pada gambar yang tertera diatas, 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. Penghantar 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)).

3. Pegas katup (*valve spring)*

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

4. Penguncikatup (*valve locks*)

   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*)

   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 penghantar batang katup yang dapat diganti (Ibid, 1994: 3(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(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)).

c. Prinsip kerja

MenurutWiranto Arismunandar (1981: 67) "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

Menurut A.J Wharton (1991: 40) "Ketika pembakaran minyak berat yang mengandung vanadium dan gabungan sodium, temperatur katup harus dijaga di tidak lebih dari 530°C untuk menghindari pengaratan 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. Perawatandan pemeriksaan

Sesuai dengan *instruction manual book*diesel generator MAN B&W 8L28/32H (1994: 1(4))."Maka pemeriksaan katup gas buang harus dilakukan secara berkala agar kinerja katup 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 kondisi dari motor diesel generator. Pemeriksaan yang dilakukan meliputi:

1. Pengaturan celah katup (*valveclearance*)

   Menurut Soekarsono B.E, dkk (1976:10) "katup-katup yang terbakar dan berlubang-lubang, disebabkan katupnya macet pada bagian penghantar 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 cekah katup yang tidak tepat akan berdampak terhadap terjadinya kerusakan pada katup, oleh karena itu pada diesel generator MAN B&W 8L28/32H, untuk menghindari terjadinya kerusakan akibat dari pengaturan celah katup, maka *maker* membuat standar pengaturan katup.

   Standarpengaturan celah katup yang normal sesuai dengan *instruction manual book* 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 (*instruction manual book*diesel generator MAN B&W 8L28/32H, 1994: 2(3)).

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 (*Final drawing* diesel generator MAN B&W 8L28/32H, 2006: 1-18).

3. Suara katup

   Suara berisik dari katup gas buang adalah salah satu tanda ketidaksempurnaan 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 mengetahuikelancaran sistem pendinginan katup buang.

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 (*Final drawing* diesel generator MAN B&W 8L28/32H, 2006: 1-18).

f. Bahan pembuatan katup

Menurut P. Van 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 yang akan berpengaruh pada bahan katup".

Pada umumnya katup gas buang terbuat dari baja karbon dengan kualitas baik dan tidak terlalu lembek. Baja tersebut memiliki kadar chroom 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 stellit. Bahan tersebut sangat keras dan tahan aus, terdiri dari larutan wolfram, chroom, cobalat 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 chroom, titanium dan aluminium.

2. Pembakaran

a. Pengertian

Menurut P.van 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 yangdisemprotkan 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 yang terjadi itu selanjutnya bercampur dengan udara yang ada di sekitarnya (Wiranto Arismunandar 1981: 12).

Berdasarkan kutipan diatas penulis menyimpulkan bahwa proses pembakaran yaitu antara 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 kompresi ini sekaligus menghasilkan tekanan di dalam ruang bakar tinggi.

Perbandingan udara dan bahan bakar 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 maskimal dan hasil pembakaran kurang.

b. Proses pembakaran motor diesel 4 tak

1. Proses isap

Pernyataan tersebut telah menjelaskan bagaimana mekanisme proses isap di dalam silinder dimana torak yang berherak kebawah oleh poros engkol

Pada saat torak bergerak kebawah oleh poros engkol akan terjadi penurunan tekanan akibat penambahan volume diatas torak.

Melalui katup masuk udara dihisap dari atmosfir sekelilingnya. Tekanan didalam silinder akan lebih rendah sekitar 0,05 bar dari tekanan atmosfir (P. Van Maanen 1997: 1.9).

Pernyataan tersebut telah menjelaskan bagaimana mekanisme proses isap di dalam silinder dimana torak yang berherak 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 (*instruction manual book*diesel generator MAN B&W 8L28/32H, 1994: 2(7)).

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, F.W. Dalam bukunya yang berjudul mekanika panas dan bunyi (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 (CO_2), kedua unsur ini akan menghasilkan karbon dioksida (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 tenagajuga akan berkurang yang berdampak pada hasil pembakaran.

d. Daya indicator

Menurut Wiranto Arismunandar (1981: 24) "Daya yang dihasilkan didalam silinder dinamai dayaindikator".

Dari kutipan di atas penulis dapat menyimpulkan bahwa daya indikatoradalah 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.

3. Hubungan antara suhu dan logam

a. Pengaruh panas pembakaran

Dengan ini dapat disimpulkan bahwa panas pembakaran sangat berpengaruh terhadap:

1. Pemuaian logam.
2. Kelelahan logam (*stress*).
3. Perusakan permukaan logam.
4. Menurunkan titik lebur logam.

b. Pengaruh perubahan suhu terhadap logam

Sesuai dengan teori kalor dengan gaya logam yang bergesekan menyebabkan energi panas yang dapat menimbulkan panas berlanjut apabila tidak ada pendinginan, 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, F.W, 1994:355).

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

c. Proses terjadinya keretakan

Bila suatu bahan mengalami perubahan suhu, bahwa akanmengalami 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.

4. Metode *Fault Tree Analysis*

Teknik untuk mengidentifikasikan kegagalan (*failure*) dari suatu sistem dengan memakai FT (*Fault Tree*) yang diperkenalkan pertama kali pada tahun 1962 oleh H. S. Watson di *Bell Telephone Laboratories* dalam kaitannya dengan studi tentang evaluasi keselamatan sistem peluncuran *minuteman misile* antarbenua. (Priyanta 2000 : 17)

Mungkin sebagian besar *Engineer*maupun calon *Engineer* tidak asing dengan istilah *fault tree analysis*. Apalagi bagi seseorang yang berpengalaman menyelesaikan kasus berupa *troubleshooting*. Metode ini cukup efektif untukmengetahui akar permasalahan yang akan diselesaikan. Secara teori, metode *fault tree analysis* dapat dijelaskan sebagai berikut.

Fault tree analysis (FTA) adalah metode analisa, dimana terdapat suatu kejadian yang tidak diinginkan disebut *undesired event* terjadi pada sistem,dan sistem tersebut kemudian dianalisa dengan kondisi lingkungan dan operasional yang ada untuk menemukan semua cara yang mungkin terjadi yang mengarah pada terjadinya *undesired event* tersebut. (Kristiansen, 2005 : 225)

FTA adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu resiko yang berperan langsung terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatanyang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*top event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *top event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*).

FTA merupakan metode yang efektif dalam menemukan inti permasalahan karena memastikan bahwa suatu kejadian yang tidak diinginkan atau kerugian yang ditimbulkan tidak berasal pada satu titik kegagalan. *Fault tree analysis* mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana.Gerbang logika menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik kondisi tunggal maupun sekumpulan dari berbagai macam kondisi.

Konstruksi dariFTA meliputi gerbang logika yaitu gerbang *AND* dan gerbang *OR*. Setiap kegagalan yang terjadi dapat digambarkan ke dalam suatu bentuk pohon analisa kegagalan dengan memindahkan komponen kegagalan ke dalam bentuk simbol (*logic transfer components*) dan FTA. (Cheng Kuo,2007 : 103)

Kegagalan yang ada pada sistem bisa disebabkan kegagalan pada komponennya, kegagalan pada manusia yang mengoperasikannya atau

disebut juga *human error*, dan kejadian di luar sistem yang dapat mengarah pada terjadinya *undesired event. Fault tree* dibangun berdasarkan pada salah satu *undesired event* yang dapat terjadi pada sistem. Hanya bagian-bagian tertentu dari sistem yang berhubungan beserta kegagalan-kegagalan yang ada, yang digunakan untuk membangun *fault tree.* Pada satu sistem bisa terdapat lebih dari satu *undesired event* dan masing-masing *undesired event* mempunyai representasi *fault tree* yang berbeda-beda yang disebabkan faktor-faktor atau bagian-bagian sistem dan kegagalan yang mengarah pada satu kejadian berbeda dengan lainnya. Pada *fault tree*, *undesired event* yang akan dianalisa disebut juga *top event.*

a. Kelebihan dan kekurangan metode *fault tree analysis*

Menurut Cheng Kuo (2007: 227), *fault tree analysis* mempunyai kelebihan dan kekurangan, yaitu:

1). Kelebihan
   a). Dalam kasus sebuah sistem yang kompleks pohon kesalahan memberikan cara yang baik dan logis untuk mengintegrasikan berbagai penyebab.Konstruksi diagram pohon dapat menentukan probabilitas nilai-nilai dan membantu memberikan pemahaman yang lebih baik dari suatu sistem.
   b). Pohon kesalahan dapat digunakan untuk melakukan analisis sensitivitas sehingga perbedaan dari berbagai penyebab dapat dibandingkan,dampak terhadap keseluruhan sistem dengan menganalisa perubahan tersebut dengan kemungkinan nilai.(Cheng Kuo, 2007: 227)

2). Kekurangan
   a). Pengalaman dan pengetahuan yang banyak diperlukan untuk membuat bangunan pohon yang tepat. Kesalahan

memasukkan sebuah masukan dapat menyebabkan memberikan hasil yang tidak benar

b). Sulit untuk memilih gerbang logika yang paling tepat di saluran penghubung dan hal ini dapat menimbulkan secara luas variasi-variasi nilai yang dihasilkan. (Cheng Kuo, 2007: 227)

b. Prinsip kerja metode *fault tree analysis*

Prinsip kerja metode *fault tree analysis*menurut Kristiansen (2005: 227), adalah :

1) Kegagalan sistem / kecelakaan
2). *Fault tree analysis* terdiri dari urutan peristiwa yang mengarah kepada kegagalan system / kecelakaan
3) Membuat urutan peristiwa dengan menggunakan gerbang logika "*AND*" atau "*OR*" atau gerbang logika lainnya.
4) Kejadian di atas dan semua peristiwa terdapat beberapa penyebab dan ditandakan dengan persegi panjang dan kejadian yang dijelaskan di persegi panjang.
5)Akhir dari peristiwa mengarah pada dimana tingkat kegagalan data yang memungkinkan, hal ini adalah penyebab utama yang dilambangkan lingkaran dan merupakan keputusan untuk membatasi metode ini.

c. Simbol dan istilah dalam metode *fault tree analysis*

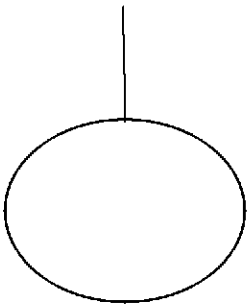
Simbol-simbol yang digunakan adalah simbol kejadian, simbol gerbang dan simbol transfer, berikut adalah bentuk simbol dan pengertiandari tiap-tiap simbol, baik simbol kejadian, simbol *transfer* dan simbol gerbang yang digunakan pada metode *fault tree analysis* menurut Kristiansen (2005: 227), adalah :

1). Simbol kejadian

Simbol kejadian adalah simbol-simbol yang berisi keterangan kejadian pada sistem yang ada pada suatu proses kejadian suatu masalah yang akan di jabarkan disebut dengan terjadinya *top event.*

Terdapat 5 simbol yaitu :

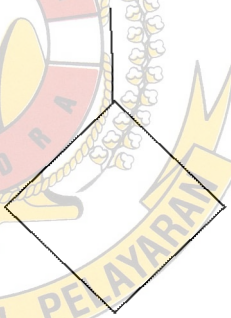
a) *Basic event/primery event*



Gambar 2.2 *Basic event*

Simbol lingkaran ini digunakan untuk menyatakan *basic event* atau *primery event* atau kegagalan mendasar yang tidak perlu dicari penyebabnya karena symbol ini menyimpulan akhir dari penyebab. Artinya, simbol lingkaran ini merupakan batas akhir penyebab suatu kejadian.

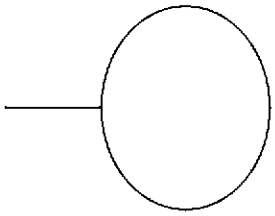
b). *Undeveloped event*



Gambar 2.3 *Undeveloped event*

Simbol *diamond* ini digunakan untuk menyatakan *undevelopedevent* atau kejadian tidak yang tidak dapat lagi berkembang, yaitu suatu kejadian kegagalan tertentu yang tidak dicari penyebabnya lagi baik karena kejadiannya tidak cukup berhubungan atau karena tidak tersedia informasi yang terkait dengannya sehingga menjadi suatu kejadian akhir dari suatu masalah yang terjadi pada suatu penelitian seperti misalya suatu masalah yang tidak bias lagi dicari penyebab atau suatu masalah yang dapat menyebabkan kerugian ontohnya kerusaka atau hal lain yang tidak dapat di temukan penyebabnya Karena kejadiannya tidak dapat lagi untuk berkembang dan tidak dapat behubungan pada masalah tersebut.

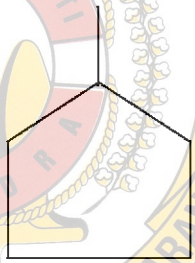
c). *Conditioning event*



Gambar 2.4 *Conditioning event*

Simbol oval ini untuk menyatakan *conditioning event*, yaitu suatu kondisi atau batasan khusus yang diterapkan pada suatu gerbang (biasanya pada gerbang *INHIBIT* dan *PRIORITY AND*). Jadi kejadian *output* terjadi jika kejadian *input* terjadi dan memenuhi suatu kondisi tertentu.

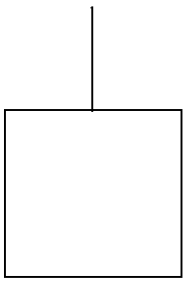
d). *External event*



Gambar 2.5 *External event*

Simbol rumah digunakan untuk menyatakan *external event* yaitu kejadian yang diharapkan muncul secara normal dan tidak termasuk dalam kejadian gagal.

e). *Intermediate event*



Gambar 2.6*Intermediate event*

Simbol persegi panjang ini atau *intermediate event* berisi kejadian yang muncul dari kombinasi kejadian-kejadian *input*gagal yang masuk ke gerbang, artinya masalah yang akan muncul kemudian akan di jelaskan dengan merinci.

2). Simbol gerbang

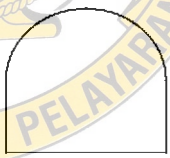
Simbol gerbang dipakai untuk menunjukan hubungan diantara kejadian *input* yang mengarah pada kejadian *output* dengan kata lain, kejadian *output* disebabkan oleh kejadian *input* yang salingberhubungan dengan cara-cara tertentu pada sebuah proses suatu sistem.

a). Gerbang *OR*

Gambar 2.7 Gerbang *OR*

Gerbang *OR* dipakai untuk menunjukan bahwa kejadian yang akan muncul terjadi jika satu atau lebih kejadian gagal yang merupakan *input*nya terjadi.

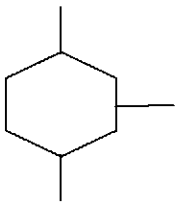
b). Gerbang *AND*



Gambar 2.8 Gerbang *AND*

Gerbang *AND* digunakan untuk menunjukan kejadian *output* muncul hanya jika semua *input* terjadi artinya apabila terjadi suatu masalah, akan timbul masalah yang harus dijelaskan untuk menunjukan kejadian *output.*

c). Gerbang INHIBIT

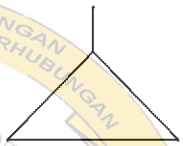


Gambar2.9 INHIBIT

Gerbang INHIBIT, akandilambangkan dengan bentuk segi enam, yang merupakan suatu kasus khusus dari gerbang *AND*yang sebelumnya masalah tersebut di dapat dari gerbang *AND* dan akan dilanjutkan pada INHIBIT. *Output* disebabkan oleh satu *input*, tetapijuga harus memenuhi suatu kondisi tertentu sebelum masalah atau kasus di bahas atau di jelaskan,*input* dapat juga menghasilkan *output*.

3). Simbol *transfer*

a). Triangle-*in*



Gambar 2.12*Triangle-in*

Triangle-in atau *transfers-in*, titik dimana sub-*fault tree* bisa dimulai sebagai kelanjutan pada *transfers out*.

b). Triangle *out*

Gambar 2.13*Triangle-out*

Triangle-out atau *transfers out*, titik dimana *fault tree* dapat dipecah menjadi *sub-fault tree.*

B. Kerangka pikir penelitian

Kerangka pemikiran penulis dalam pemecahan masalah pada skripsi ini yang menggunakan metode secara *fault tree analysis* atau pohon kesalahan yang menjelasakan dengan metode tentang lambing dan kemudian akan diteruskan dengan menjelaskan apa pokok dari permasalahan lalu dibuatlah pohon kesalahan dan lambing pemikaran adalah sebagai berikut:

1. Penyebabkerusakan pada katup gas buang diesel generator

   Pada dasarnya apa penyebab terjadinya kerusakan pada katup gas buang adalah :

   a. Pengaturan celah katup yang tidak tepat
   b. Kurangnya pendinginan pada katup
   c. Penggunaan bahan bakar berat
   d. Kelelahan bahan

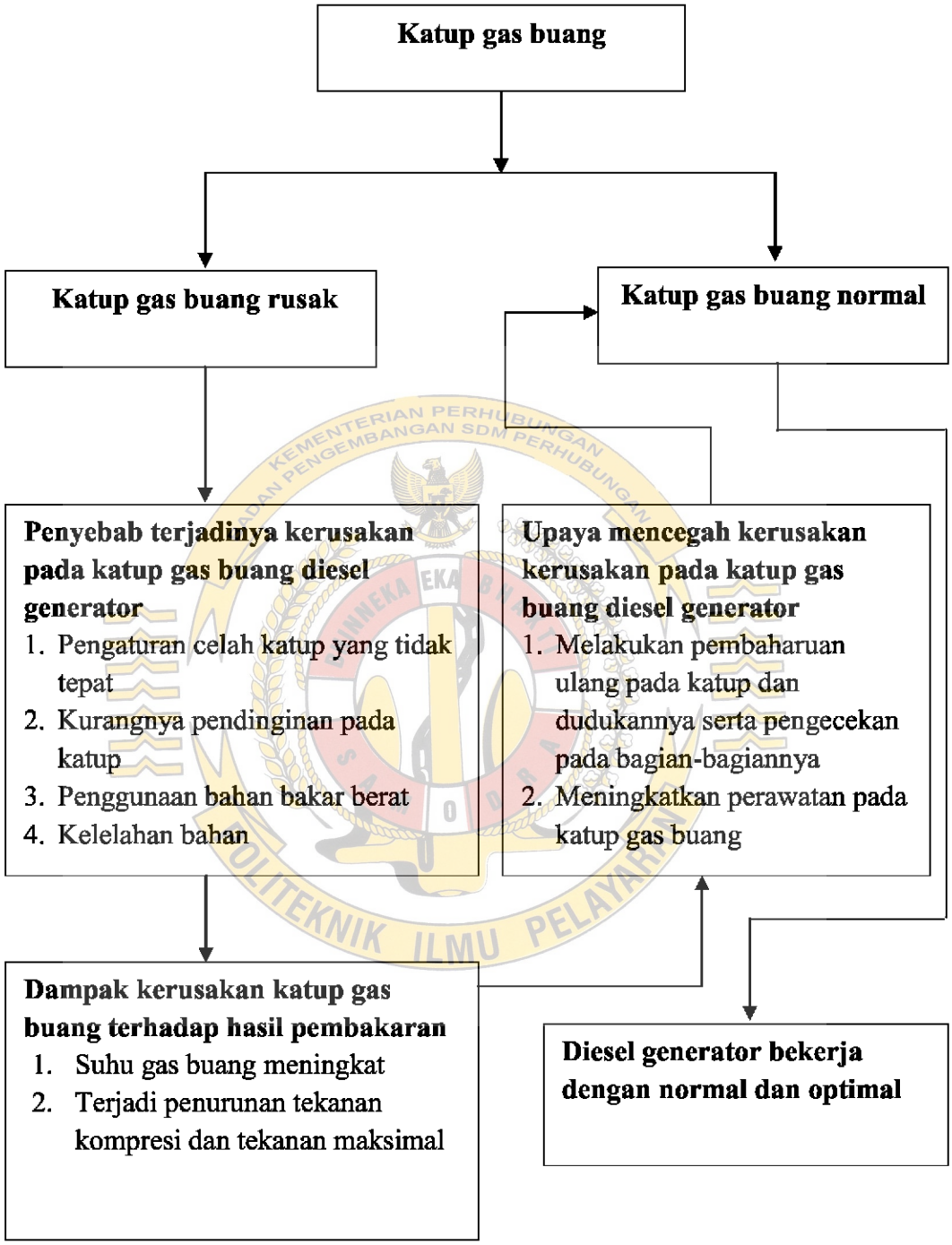
2. Dampak kerusakan katup gas buang terhadaphasil pembakaran

   a. Suhu gas buang meningkat
   b. Terjadi penurunan tekanan kompresi dan tekanan maksimal

3. Upaya-upaya untuk mencegah kerusakan katup gas buang

   a. Melakukan pembaharuan ulang pada katup dan dudukannya serta pengecekan pada bagian-bagiannya
   b. Meningkatkan perawatan pada katup gas buang

Kerangka pikir diatas dapat dijelaskan menggunakan diagram dengan metode *fall tree analisys* dengan menjelaskan melalui pohon kesalahan kemudian nantinya akan di lanjutkan dengan lambing lambang dari pohon kesalahan dan setiap permasalahan akan di jabarkan dengan tabel kebenaran, seperti pada gambar yang tertera dibawah ini yang menjelaskan tentang kerangka pikir, bermula dari katup gas buang dengan keadaan normal dan keadaan katup mengalami kerusakan, serta di jelaskan upaya untuk mencegah terjadinya kerusakan katup apabila katup gas buanga pada diesel generator mengalami kerusakan :



Gambar 2.14. Kerangka pikir penelitian