BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan pustaka

Landasan teori digunakan sebagai sumber teori yang dijadikan dasar dari pada penelitian. Sumber tersebut memberikan kerangka atau dasar untuk memahami latar belakang dari timbulnya permasalahan secara sistematis. Landasan teori juga penting untuk mengkaji dari penelitian-penelitian yang sudah ada mengenai masalah pada *turbocharger*. Oleh karena itu landasan teori ini, penulis akan menjelaskan tentang pengertian *turbocharger auxiliary engine*.

Berdasarkan pengalaman penulis selama melakukan praktek di kapal MV. Armada Serasi, penulis melakukan pengamatan secara visual pada *turbocharger* yang mengalami penumpukan jelaga pada bagian sudu-sudu *turbineside* yang mengakibatkan menurunya rpm pada *turbocharge* sehingga mengakibatkan menurunnya suplai udara bilas kedalam ruang bakar. Sehingga fungsi *turbocharger* tidak sempurna menekan udara bilas kedalam ruang bakar.

1. Pengertian mesin *turbo*

   Menurut S.L Dixon, Mekanika Fluida (2005:10), mesin turbo adalah semua mesin yang di dalamnya terjadi perpindahan energi yang masuk ke atau ke luar dari suatu aliran fluida kontinu, sebagai akibat aksi dinamis dari satu atau lebih barisan sudu-sudu turbo.

   Menurut pendapat penulis tentang kutipan di atas dan didalam teori perkuliahan di PIP Semarang dan praktek laut mengetahui bahwa *turbocharger* adalah kompresor tekanan tinggi yang mendapat daya dari *turbine* yang sumber tenaganya berasal dari asap gas buang kendaraan.

Biasanya digunakan di mesin pembakaran dalam untuk meningkatkan keluaran tenaga dan efisiensi mesin dengan meningkatkan tekanan udara yang memasuki mesin

2. Pengertian Sistem *Turbocharger*

Turbocharger merupakan sebuah kompresor gas yg digunakan untuk induksi paksa (*forced induction*) dari mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*). *Turbocharger* merupakan komponen mesin yang digunakan untuk memperbaiki proses pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar pada mesin pembakaran dalam. *Turbocharger* ditemukan oleh Insinyur Swiss yang bernama Alfred Buecchi pada awal abad ke-20, merupakan suatu alat yang memanfaatkan gas buang hasil pembakaran untuk menggerakkan *turbine* dan dipasang seporos dengan *blower* yang disebut *compressor*. *Turbocharger* berputar dengan kecepatan tinggi menghasilkan udara dengan tekanan lebih untuk dimanfaatkan menaikkan tekanan udara masuk pada motor bakar (Lampiran 1).

Turbocharger merupakan sebuah peralatan untuk menambah jumlah asupan udara yang masuk ke dalam silinder dengan memanfaatkan energi gas buang hasil dari pembakaran. *Turbocharger* merupakan peralatan untuk mengubah sistem pemasukan udara dari konsep natural atau alami menjadi sistem induksi paksa. Jika sebelumnya udara yang akan dimasukkan ke dalam silinder hanya mengandalkan kevakuman yang dibentuk dari pergerakan piston saat bergerak dari TMA ke TMB atau saat langkah hisap, maka dengan *turbocharger* udara ditekan masuk kedalam silinder menggunakan kompresor yang diputar oleh *turbine* yang digerakkan oleh tenaga dari gas buang hasil

pembakaran. Untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna, maka diperlukan tambahan udara yang dialirkan ke dalam silinder sejumlah aliran bahan bakar tertentu, bila kepekatan udara bertambah sebelum ditambahkan ke dalam silinder, seluruh bahan bakar terbakar dan daya mesin akan bertambah. Untuk itu mesin disel yang dilengkapi dengan *turbocharger* bertujuan untuk memadatkan udara masuk ke dalam silinder mesin. Sehingga daya mesin lebih besar dibandingkan mesin dengan dimensi yang sama.

3. Fungsi *turbocharger*

Turbocharger berfungsi untuk mendistribusikan udara bertekanan sebanyak-banyaknya atau dalam kata lain secara paksa ke ruang bakar. Dengan di distribusikannya udara ke ruang bakar semakin banyak, maka kompresi yang di hasilkan akan semakin tinggi, dan daya yang di hasilkan bisa lebih besar. Pada umumnya *turbocharger* diaplikasikan pada mesin disel, karena siklus pembakaran pada mesin diesel tidak membutuhkan percikan api. Pada proses kerja mesin disel, terjadinya 'ledakan' pada ruang bakar dikarenakan temperatur udara yang tinggi dan sesuai untuk membakar bahan bakar yang disemprotkan ke ruang bakar. Disitulah fungsi dari *turbocharger*, memaksa masuknya udara sebanyak-banyaknya ke ruang bakar sehingga pada saat siklus kompresi, dihasilkan temperatur udara yang tinggi dan sesuai pada ruang bakar.

4. Prinsip kerja *turbocharger*

Turbocharger atau yang akrab disebut *turbo* memiliki dua *turbine* yang terhubung dalam satu poros. *Turbine* sekunder berfungsi sebagai 'kincir' penggerak yang tenaganya diambil dari 'tiupan' gas buang pembakaran mesin.

Kincir inilah yang berfungsi memutar *turbine* kompresor utama. Karena dapat bergerak bebas, *turbine* kompresor ini dapat berputar menghasilkan tekanan udara yang sangat besar. Oleh karena itulah perangkat ini diberi katup *bypass* agar tekanan udara yang dihasilkan tidak berlebihan.

Prinsip kerja *turbocharger* yaitu, pada saat motor diesel dihidupkan, gas buang yang mengalir keluar melalui *exhaust manifold* juga akan melalui *turbine* gas sebelum ke udara luar. Gas buang yang keluar akan memutar *turbine* sekaligus kompresor karena terhubung dengan poros penghubung. Dengan demikian kompresor menghisap udara luar lewat saringan udara dan menekannya ke *intake manifold*. Peningkatan tekanan udara dalam *intake manifold* akan diikuti oleh kenaikan temperaturnya, sehingga untuk dapat menambah jumlah (*volume*) udara yang masuk, dilakukan penurunan temperatur udara. Penurunan temperatur akan diikuti oleh turunya tekanan, sehingga kompresor dapat menambah jumlah udara yang masuk kedalam slinder. Penurunan temperatur udara dilakukan dengan menggunakan pendingin yang disebut dengan *intercooler (*Lampiran 2).

5. Komponen pada sistem *Turbocharger*

   a. Rumah kompresor (*Blower*)

      Rumah kompresor terbuat dari bahan aluminium bersambungan dengan bagian pusat inti (*centre core*) ditopang oleh jaminan baut dan cincin pelat (Lampiran 3).

   b. Pusat inti (*centre core*)

      Pada bagian rumah pusat inti terdapat poros *turbine* dan *turbine* serta roda kompresor (*blower*), bantalan , ring, cincin pelat, *oil deflector*.

Bagian-bagian yang berputar termasuk *turbine*e *shaft*, kompresor *wheel, shaft bearing*, *thrust washer* dan *oil seal ring*.

Komponen-komponen ini ditunjang oleh bagian *center housing*. Bagian-bagian yang berputar pada *turbocharger* dioperasikan pada kecepatan dan temperatur yang tinggi, sehingga materialnya dibuat sangat selektif dengan kepresisian yang sangat tinggi (Lampiran 4).

c. Rumah *turbine* (*turbine* housing)

Terbuat dari bahan cast steel dan bersambungan dengan bagian rumah pusat inti (*centre core*) dengan memakai cincin baja penjamin. Diantara sambungan rumah *turbine* dan *manifold* buang dipasang *gasket* yang terbuat dari *bahan stainless steel* untuk menjamin sambungan tersebut (Lampiran 5).

Kontruksi *turbocharger* terdiri dari sebuah *turbine* gas dan sebuah kompresor, keduanya dipasang satu poros. *Turbine* gas berfungsi sebagai pemutar kompresor dengan memanfaatkan energi panas gas buang. Kontruksi *turbocharger* seperti terlihat pada gambar berikut ini (Lampiran 6).

6. Kelengkapan *Turbocharger*

a. *Intercooler*

Intercooler berfungsi untuk mendinginkan udara masuk dari blower yang panas karena melewati *turbocharger*. Dengan mendinginkan udara masuk dari *blower* kedalam silinder mesin diperoleh berat jenis udara yang lebih besar sehingga berat dan jumlah molekul udarapun

bertambah. Hal ini dapat menambah jumlah bahan bakar yang ikut terbakar dan mengakibatkan daya mesin bertambah.

Prinsip kerja dari *intercooler* ini adalah udara dari *blower* bersinggungan dengan pipa-pipa air pendingin, sehingga panas udara akan terserap oleh aliran air pendingin. Pada umumnya udara yang keluar dari *intercooler* dapat diturunkan suhunya sebesar 5^0 C sampai 10^0 C.

b. Saringan udara (*air cleaner*)

Saringan udara termasuk komponen yang punya peranan penting dan tidak bisa diabaikan dalam mesin diesel. Karena udara yang masuk kedalam silinder mesin harus sebersih mungkin.

1) Saringan udara dengan minyak

Udara mula-mula masuk melalui saringan pendahuluan, dimana debu dan kotoran berukuran besar dipisahkan oleh gaya sentrifugal kekotak saringan. Selanjutnya, udara masuk melalui minyak yang menangkap partikel debu yang halus, kemudian masuk melalui lapisan saringan yang memisahkan minyak dari udara. Dengan demikian minyak akan menjadi kotor sehingga perlu diganti secara periodik.

2) Saringan udara dengan kertas

Saringan tersebut dipakai untuk jangka waktu yang lama, jika dibersihkan secara periodik. Pembersihan saringan kertas dilakukan dengan meniupkan udara dari bagian dalam saringan. Namun setelah suatu jangka waktu tertentu, sebaiknya kertas saringan tersebut diganti

dengan yang baru. Hal itu disebabkan karena akhirnya saringan tersebut akan tersumbat juga.

7. Keuntungan dan penggunaan *turbocharger*
   a. Peningkatan kekuatan untuk rasio berat
   b. Mengurangi kebisingan mesin
   c. Bahan bakar ekonomis
   d. Pengurangan asap
   e. Membantu dalam meredam gas buang
   f. Efisiensi mekanis motor dapat dinaikkan
   g. Dapat bekerja ditempat yang mempunyai ketinggian
   h. Harga mesin lebih murah
   i. Sebuah *turbocharger* tak menyerap tenaga dari poros utama.
   j. Tak ada hubungan mekanis secara langsung antara *turbocharger* dan mesin.
8. Kerugian bila menggunakan *turbocharger*.
   a. Bila *turbocharger* mengalami gangguan maka dapat berpengaruh terhadap daya mesin.
   b. Minyak pelumas lebih boros karena digunakan juga untuk melumasi komponen-komponen yang terdapat pada *turbocharger*.
   c. Menambah pekerjaan bagi operator mesin, karena harus terus memperhatikan kerja dari *turbocharger* .
   d. Motor membutuhkan kualitas minyak tinggi dan perubahan minyak lebih sering, karena mengalami kondisi kerja yang lebih keras harus melumasi bantalan dari *turbine* dan kompresor sering pada suhu yang sangat tinggi.

e. Motor dengan *turbocharger* memerlukan bahan yang lebih baik dan pelumasan serta sistem pendinginan yang lebih efisien.

9. *Fault Tree Analysis*

Fault tree analysis adalah metode analisis, dimana terdapat suatu kejadian yang tidak diinginkan disebut undesired event terjadi pada sistem, dan sistem tersebut kemudian dianalisis dengan kondisi lingkungan dan operasional yang ada unuk menemukan semua cara yang mungkin terjadi yang mengarah pada terjadinya undesired event tersebut. (Svein Kristiansen, 2013: 225).

Fault tree analysis 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. Metode ini 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 dari *fault tree analysis* meliputi gerbang logika yaitu gerbang *AND* dan gerbang *OR* . Setiap kegagalan yang terjadi dapat digambarkan ke dalam suatu bentuk pohon analisis kegagalan dengan mentransfer atau memindahkan komponen kegagalan ke dalam bentuk simbol/*logic transfer components* dan *fault tree analysis*.

Gerbang logika menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik kondisi tunggal maupun sekumpulan dari berbagai macam kondisi. Kegagalan yang ada pada sistem bisa dikarenakan 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 dipakai 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 yang disebabkan faktor-faktor atau bagian sistem dan kegagalan yang mengarah pada satu kejadian berbeda dengan yang lainnya. Pada metode *fault tree, undesired event* yang akan dianalisis disebut juga *top event*.

Prinsip Kerja Metode *fault tree analysis* menurut Svein Kristiansen, 2013:227:

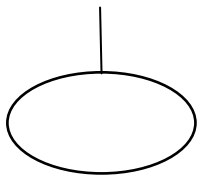
a. Kegagalan sistem/kecelakaan.
b. *Fault tree analysis* terdiri dari urutan peristiwa yang mengarah kepada kegagalan sistem/kecelakaan.
c. Membuat urutan peristiwa dengan menggunakan gerbang logika "*AND*" atau "*OR*" atau gerbang logika lainnya.
d. Kejadian di atas dan semua peristiwa terdapat beberapa penyebab di tandakan dengan persegi panjang dan kejadian yang dijelaskan di persegi panjang.
e. Akhir dari peristiwa mengarah pada dimana tingkat kegagalan data yang memungkinkan didapatkan, maka ini adalah penyebab utama yang dilambangkan lingkaran dan juga merupakan keputusan untuk membatasi metode ini.

Untuk memastikan bahwa suatu metode *FTA* bermaksud mengarahkan kejadian dengan menggunakan langkah pengakaran. Dan akhir kejadian dapat menyimpulkan dimana tingkat kejadian tersebut. Simbol dan istilah yang digunakan dalam *fault tree analysis* adalah simbol kejadian, simbol gerbang dan simbol *transfer*, berikut adalah bentuk simbol dan pengertian dari tiap simbol, baik simbol kejadian, simbol *transfer* dan simbol gerbang yang digunakan pada metode *fault tree analysis.*(Svien Kristiansen, 2013)

1) Simbol kejadian

Simbol kejadian adalah simbol-simbol yang berisi keterangan kejadian pada sistem yang ada pada suatu proses terjadinya *top event.*

a) *Basic Even / Primery Event*



Gambar 2.1 *Basic Event*

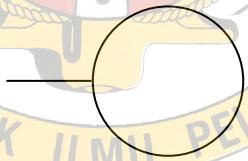
Simbol lingkaran ini digunakan untuk menyatakan *basic event* atau *primery event* atau kegagalan mendasar yang tidak perlu dicari penyebabnya. Artinya simbol lingkaran ini merupakan batas akhir penyebab suatu kejadian.

b) *Undeveloped event*

Gambar 2.2 *Undeveloped event*

Simbol wajik atau *diamond* ini untuk menyatakan *undeveloped event* atau kejadian tidak berkembang, yaitu suatu kejadian kegagalan tertentu yang tidak dicari penyebabnya baik karena kejadiannya tidak cukup berhubungan atau karena tidak tersedia informasi yang terkait dengannya.

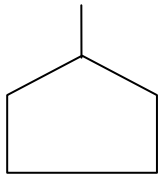
c) *Conditioning event*



Gambar 2.3 *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.

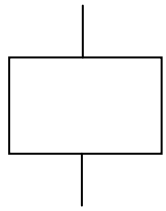
d) *External event*



Gambar 2.4 *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 2.5 *Intermediate event*

Simbol persegi panjang ini berisi kejadian yang muncul dari kombinasi kejadian-kejadian *input* gagal yang masuk ke gerbang.

2) Simbol Gerbang

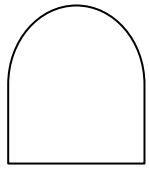
Simbol gerbang dipakai untuk menunjukan hubungan diantara kejadian *input* yang mengarah pada kejadian *output* dengan kata lain, kejadian *output* disebabkan oleh kejadian *input* yang berhubungan dengan cara tertentu. Simbol gerbang yaitu:

a) Gerbang *OR*

Gambar 2.6 Gerbang *OR*

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

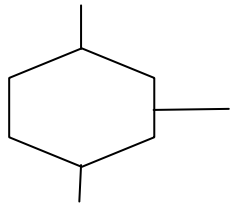
b) Gerbang *AND*



Gambar 2.7 Gerbang *AND*

Gerbang *AND* digunakan untuk menunjukan kejadian *output* muncul hanya jika semua *input* terjadi.

c) Gerbang *INHIBIT*



Gambar 2.8 *INHIBIT*

Gerbang *INHIBIT*, dilambangkan dengan segi enam, merupakan kasus khusus dari gerbang *AND*. *Output* disebabkan oleh satu *input* tetapi juga harus memenuhi kondisi tertentu sebelum *input* dapat menghasilkan *output*.

d) Gerbang *EXCLUSIVE OR*

Gambar 2.9 *EXCLUSIVE OR*

Gerbang *EXCLUSIVE OR* adalah gerbang *OR* dengan kasus tertentu, yaitu kejadian *output* muncul jika tepat satu kejadian ikut muncul.

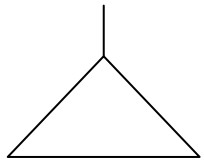
e) Gerbang *PRIORITY AND*

Gambar 2.10 *PRIORITY AND*

Gerbang *PRIORITY AND* adalah gerbang *AND* dengan syarat dimana kejadian *output* muncul hanya jika semua kejadian *input* muncul dengan urutan tertetu.

3) Simbol *Transfer*

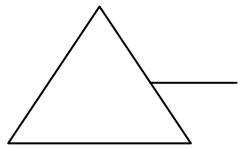
a) *Triangle-in*



Gambar 2.11 *Triangle-in*

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

b) *Triangle-out*



Gambar 2.12 *Triangle-out*

Triangle-out atau *transfers out*, titik dimana *fault tree* dipecah menjadi *sub-fault tree* .(Svien Kristiansen, 2013)

B. Kerangka pikir

Agar penelitian dapat terarah dengan baik, maka dalam pemaparan skripsi ini diperlukan kerangka pemikiran yang matang. Untuk keperluan penelitian, maka dibawah ini digambarkan diagram alir perawatan *turbocharger* yang penulis susun sebagai berikut:

Gambar 2.13 Bagan kerangka pikir penelitian

C. Definisi operasional

Definisi operasional merupakan definisi praktis/operasional tentang variabel atau istilah-istilah lain yang diangggap penting dan sering ditemukan sehari-hari di lingkungan praktik dalam penelitian ini. Definisi operasional yang sering dijumpai pada *Turbocharger* saat penulis melakukan penelitian antara lain:

1. *Turbine*

   Turbine adalah sebuah komponen mekanik yang berfungsi untuk mengkonversikan energi panas fluida yang melewatinya menjadi energi mekanis putaran poros *turbine*. Setiap *turbine* selalu melibatkan fluida yang mengandung energi panas yang mengalir melewati sudu-sudu *turbine*. Setiap sudu *turbine* berdesain membentuk *nozzle-nozzle* sehingga disaat fluida melewatinya, fluida akan terekspansi diikuti dengan perubahan energi panas menjadi mekanis.

2. Kompresor

   Kompresor pada *turbocharger*, berfungsi untuk mengubah energi mekanis putaran poros *turbocharger* menjadi energi kinetik aliran udara. Kompresor berada pada satu poros dengan *turbine*, sehingga pada saat gas buang mesin mulai memutar *turbine*, kompresor juga akan ikut berputar dengan kecepatan putaran yang sama. Energi mekanis yang dihasilkan *turbine* akan langsung digunakan sebagai tenaga penggerak kompresor.

3. *Center Housing & Rotating Assembly*

   Masing-masing *turbine* dan kompresor pada *turbocharger* tersusun atas bagian rotor dan rumah *casing*. Keduanya berada pada satu poros yang

ditopang oleh sebuah sistem *bearing* (bantalan) di tengah-tengah antara *turbine* dan kompresor. Untuk kebutuhan *assembly*, *casing turbine* dan kompresor disatukan oleh sebuah sistem bernama *Center Housing & Rotating Assembly*.

4. *Intercooler*

Intercooler merupakan sebuah *heat exchanger* yang umumnya menggunakan udara atmosfer sebagai media *cooler*. Udara terkompresi masuk ke sisi *tubing* kecil yang tersusun atas plat-plat tipis aluminium mirip konstruksi radiator. Udara atmosfer mengalir dengan bantuan kipas melewati sela-sela *tubing* dan menyerap panas udara terkompresi melalui permukaan *tubing*.