

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Tinjauan Pustaka

##### 1. Pengertian *Turbocharger*

Adalah pesawat yang digerakkan oleh gas buang dari mesin diesel yang berfungsi untuk memompakan udara yang digunakan untuk pembilasan dan pembakaran di dalam silinder. (*Motor Diesel Penggerak Utama. Endrodi, MM. Hal. 24*). Berikut adalah pendapat dari beberapa penulis:

a. Menurut Wiranto Arismunanadar dan Koichi Tsuda

Kerugian pembuangan cukup besar, oleh karena itu perlu ada usaha untuk menguranginya. Massa jenis udara menentukan massa bahan bakar yang dapat dibakar pada setiap langkah dalam silinder dan menentukan daya maksimal dari mesin. Jika massa udara dalam setiap langkah meningkat maka besar pula massa bahan bakar pada setiap silinder yang dapat di bakar. Oleh karena itu mesin diesel dilengkapi dengan *Turbocharger* yang diharapkan dapat meningkatkan daya keluaran mesin.

*Turbocharger* digerakkan oleh energi panas yang berasal dari gas buang, dari total energi panas di dalam bahan bakar buang bersamaan gas buang dengan kenaikan massa jenis udara. Salah satu cara untuk mengurangi kerugian buangan adalah dengan memasang *turbocharger* pada saluran gas buang. Dalam hal ini gas buang

dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin gas yang menggerakkan kompressor. Kompressor tersebut memompa udara masuk kedalam silinder sehingga menaikkan tekanan dan jumlah udara yang dimasukkan kedalam silinder. Dengan demikian maka jumlah bahan bakar yang dimasukkan kedalam silinder dapat diperbanyak sehingga daya mesin dapat diperbesar. Dengan *turbocharger* tersebut, kira-kira 8 sampai 10% dari jumlah kalor pembakaran bahan bakar dapat diselamatkan. (*Motor Diesel Putaran Tinggi*. W. Arismunanadar, Koichi Tsuda. Hal 29).

b. Menurut J. Trommelmans

Dalam bukunya “Prinsip-prinsip Mesin Diesel Untuk Otomotif”, hal 4.15, *Turbocharger* yang terdiri dari kompressor turbo yang digerakan oleh aliran gas buang di temukan oleh Dr.A.Buchi (Swiss). Hal ini dilakukannya dengan menyalurkan tekanan gas hasil pembakaran ke suatu turbin, dan mempergunakan tenaga *turbin* ini menggerakkan *blower*. *Blower* ini dipergunakan untuk menekan udara ke ruang pembakaran dengan tujuan mendapatkan oksigen sebanyak-banyaknya untuk proses pembakaran sehingga daya mesin bertambah. Alat ini kemudian dinamakan *turbocharger*. Sebuah kompressor turbo terdiri dari tiga bagian pokok, kompressor, turbin langkahnya pada poros yang sama. Poros dan bantalan dilumasi oleh minyak motor. Gas-gas pembakaran mengalir keluar melalui rumah turbin menggerakkan

roda turbin yang dirakit di dalamnya. Jadi, juga poros yang sama dimana roda kompresor dirakit, keduanya berputar dengan kecepatan yang sangat tinggi 100.000-140.000 rpm. Udara dalam rumah diayun ke tepi luar rumah oleh roda kompresor, karena itu ditengah-tengah roda kompresor timbul kekurangan tekanan sehingga udara terhisap. Udara yang diayun ke tepi luar didorong karena bentuk rumah itu ke arah katup-katup masuk. Untuk menghindari jumlah putaran turbo dan tekanan pengisian yang tinggi, turbo perlu dilengkapi dengan katup pembebas (*wastegate*) dan saluran edar. Katup pembebas itu membuka pada suatu tekanan tertentu dalam pemasukan atau pengeluaran menurut yang dikehendaki, dilakukan oleh tekanan masuk atau tekanan keluar. Dengan dibukanya katup pembebas, aliran gas keluar masih akan mengalir hanya sebagian melalui rumah turbin itu dan sisinya melalui saluran peredaran. Oleh sebab itu, jumlah putaran roda turbin dan kompresor berkurang seperti juga tekanan pengisian.

## 2. Teori penyediaan udara

Udara atau dalam hal ini oksigen sangat dibutuhkan dalam pembakaran didalam silinder mesin. Untuk itu perlu adanya sistem atau alat yang digunakan guna memenuhi kebutuhan tersebut. *Turbocharger* menjadi salah satu alternatif yang digunakan. Selain dapat memenuhi kebutuhan akan udara, alat ini juga dapat memperbesar daya mesin karena tekanan udara yang dihasilkan melebihi satu atmosfer.

a. Menurut P. Van maanen

Fungsi dari *turbocharger* adalah menghasilkan udara tekanan dari *blower* ke ruang pembakaran. *Turbocharger* juga dipasang sebagai usaha untuk mengurangi kerugian pembuangan yang cukup besar dari gas buang melewati saluran buang. Dalam hal ini gas buang dimanfaatkan untuk menggerakkan *turbin* gas menggerakkan kompressor. Kompressor tersebut memompa udara masuk kedalam silinder sehingga menaikkan tekanan dan jumlah udara masuk ke dalam silinder. Dengan demikian maka jumlah bahan bakar yang di masukan ke dalam silinder dapat diperbanyak sehingga daya mesin dapat diperbesar. Apabila campuran bahan bakar dengan udara tekan yang tidak seimbang maka proses pembakaran tidak akan terjadi dengan sempurna. Hal tersebut akan mengakibatkan terjadinya pembakaran susulan (detonasi), hal ini jelas menambah beban mekanisme pada silinder serta panas dari silinder.

Akibat-akibat yang ditimbulkan dari pembakaran yang kurang sempurna adalah sebagai berikut:

- 1) Kerugian panas dari dalam motor menjadi lebih besar, sehingga usaha yang dihasilkan akan turun.
- 2) Sisa-sisa pembakaran ini yang dapat pula melekat pada lubang pembuangan antara katup dan dudukannya, terutama pada katup buang sehingga katup ini tidak dapat menutup rapat.

- 3) Sisa-sisa pembakaran akan melekat pada kepala torak (Piston Crown) dan dinding silinder liner proses pelumasan tidak sempurna.

b. Menurut Endrodi. MM. ATT I

Menurut Endrodi (2004 : 24-26) yang dimaksud dengan pengisian tekan pada motor diesel adalah memasukan udara sebanyak-banyaknya ke dalam silinder dengan tekanan lebih dari satu atmosfer.

Tujuan dari sistem pengisian tekan pada motor diesel adalah agar dalam proses pembakaran bahan bakar didalam silinder tersedia cukup oksigen, sehingga terjadi pembakaran yang sempurna dan berdampak/berakibat pemakaian bahan bakar tiap HP/hour atau KW/hour akan lebih hemat. Dibandingkan dengan motor diesel yang tanpa sistem pengisian tekan, maka motor diesel dengan pengisian tekan mempunyai kelebihan sebagai berikut:

- 1) Bila sama-sama mempunyai diameter silinder dan jumlah silinder yang sama akan didapat daya motor yang lebih besar sampai 30-40%.
- 2) Bila dikehendaki mempunyai daya motor yang sama, maka baik diameter maupun jumlah silinder dapat dikurangi sehingga bobot motor akan lebih ringan atau volume motor lebih kecil.
- 3) Pembakaran lebih sempurna karena udara didinginkan di *intercooler* sehingga udara lebih padat dengan oksigen. Karena

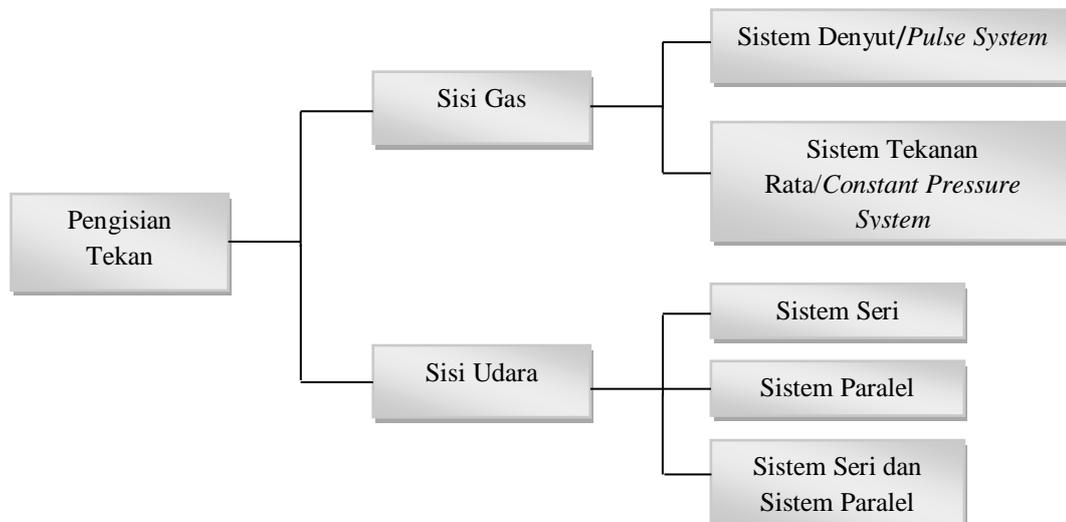
terjadi pembakaran bahan bakar yang lebih sempurna, maka pemakaian bahan bakar spesifik (tiap Kg/Kw jam) akan lebih hemat.

- 4) Meningkatkan kemampuan mesin diesel dan mengurangi biaya perawatan yang disebabkan kondisi-kondisi lemah (*less exacting*) pada silinder.
- 5) Jumlah udara masuk ke dalam silinder lebih banyak sehingga tekanan udara masuk lebih tinggi dari pada tekanan udara luar.

Pengisian tekan yang dilakukan oleh *turbocharger* juga memiliki beberapa kerugian seperti di bawah ini:

- 1) Konsumsi bahan bakar dan pelumas silinder lebih boros.
- 2) Harga beli mesin diesel lebih mahal.
- 3) Perawatan lebih banyak dan kompleks sehingga biaya lebih besar.
- 4) Waktu perawatan yang lebih lama.
- 5) Memerlukan keahlian ekstra pada waktu overhaul *turbocharger*.

Pada umumnya pengisian tekan banyak variabel yang terdapat di setiap mesin diesel dengan berbagai variasi. Pada sistem pengisian tekan terdiri dari dua sisi, yaitu sisi gas buang dan sisi udara. Berikut adalah Skema gambaran dari pengisian tekan yang di maksud tersebut :



Gambar 2.1. Skema Pengisian Tekan Pada Mesin Diesel

Sistem pengisian tekan pada sisi gas buang terdapat dua sistem yaitu sistem denyut (*pulse system*) dan sistem tekanan rata (*constant pressure system*):

1) Sistem denyut (*Pulse System*)

Adalah gas buang yang keluar dari masing-masing silinder dibagi atas group/kelompok. Pengelompokan pipa gas buang ini didasarkan dari susunan firing order dan *exhaust manifold*-nya. Diameter pipa gas buang tidak besar, sehingga baik tekanan maupun kecepatan gas buang keluar dari masing-masing silinder tidak mengalami penurunan. Hal ini mengakibatkan putaran roda sudu *turbin* gas buang menjadi sangat tinggi, yang berarti putaran udara *blower* juga sangat tinggi. Udara yang dihasilkan cukup banyak untuk pembakaran bahan bakar didalam silinder sehingga pembakaran bahan bakar sempurna dan daya motor optimal/maksimum.

## 2) Sistem Tekanan Rata

Gas buang yang keluar dari masing-masing silinder digabung dalam satu *exhaust manifold* tanpa mempertimbangkan firing order-nya. Diameter pipa gas buang lebih besar sehingga tekanan gas buang menurun dan putarannya menjadi rendah, hal ini berakibat putaran *turbocharger*-nya tidak setinggi sistem denyut dan udara yang dihasilkan blowernya juga tidak sebanyak sistem denyut. Akibat masih diperlukan blower udara bantu yang digerakan oleh motor listrik. Terutama saat mengolah gerak dimana putaran motor diesel belum stabil.

Sistem pengisian tekan pada sisi udara terdapat tiga sistem yaitu sistem seri, paralel, campuran:

### a) Sistem Seri

Udara hasil *turbocharger* dipasang seri dengan udara hasil blower bantu yang digerakkan oleh motor listrik.

### b) Sistem Paralel

Udara hasil turbo blower dipasang paralel dengan hasil blower bantu yang digerakan oleh motor listrik.

### c) Sistem Seri dan Paralel

Adalah kombinasi dari kedua sistem seri dan paralel.

## 3. Prinsip kerja *turbocharger*

Turbocharger mengalami perkembangan dari masa ke masa. Namun pada dasarnya memiliki prinsip kerja yang sama. Menurut E.

Karyanto (2000 : 148) Prinsip kerja *turbocharger* adalah: proses langkah pembuangan didalam silinder mesin dilakukan oleh piston (3) menyebabkan gas asap hasil pembakaran terdorong keluar, dari katup buang melalui *manifold* buang (1) menekan kesuatu roda turbin (6) dan keluar lewat saluran pembuangan (7), hal ini mengakibatkan roda kompressor (blower) (5) berputar sehingga menghasilkan tekanan hembusan, yang menyebabkan terjadi pemadatan udara masuk (4) dan tekanan diatas satu atmosfer. Selanjutnya udara yang bertekanan disalurkan ke *manifold* masuk (2), kemudian masuk kedalam silinder melalui katup masuk. Untuk itu mesin diesel dilengkapi dengan *turbocharger*, dengan tujuan untuk memperbesar tenaga mesin tanpa menambah terlampau banyak berat dan ukuran mesin.

Adapun penggunaan *turbocharger* pada mesin diesel 4-tak memiliki penataan *exhaust manifold* secara khusus, yaitu sebagai berikut:

Mesin 4 dan 6 silinder

Dilengkapi 2 buah saluran gas buang (*exhaust manifold*)

Mesin 5 dan 9 silinder

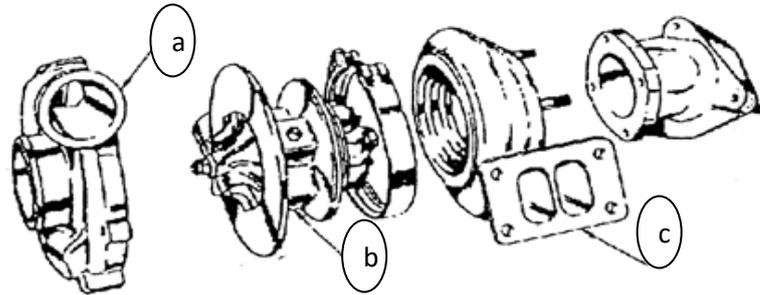
Dilengkapi 3 buah saluran gas buang (*exhaust manifold*)

Mesin 7 dan 8 silinder

Dilengkapi 4 buah saluran gas buang (*exhaust manifold*)

#### 4. Bagian dari Turbocharger

*Turbocharger* memiliki bagian-bagian penting yang memiliki fungsi tertentu yaitu:



Gambar 2.2. Bagian dari *turbocharger*

Sumber Data: *Instruction manual book turbocharger*

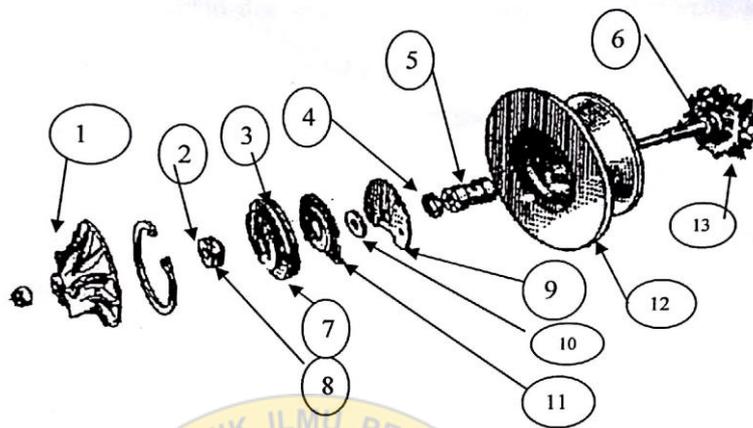
a. Rumah Kompresor

Rumah kompresor adalah tempat bagi *blower* untuk menghisap udara luar yang kemudian diteruskan menuju *intercooler*. Rumah kompresor terbuat dari bahan aluminium bersambungan dengan bagian pusat inti (*centre core*) ditopang oleh jaminan baut dan cincin pelat.

b. Pusat Inti (*Centre core*)

Adalah bagian inti dari *turbocharger* yang memanfaatkan gaya dari gas sisa pembakaran dalam silinder untuk menggerakkan *blower* yang menyalurkan udara bertekanan kedalam ruang pembakaran. Pada bagian rumah pusat inti terdapat poros turbin dan turbin serta roda kompresor (*blower*), bantalan, ring, cincin pelat, *oil deflector*. Bagian-bagian yang berputar termasuk *turbin shaft*, *Compressor wheel*, *Shaft bearing*, *thrust*, *washer* dan *oli seal ring*. Komponen-komponen ini ditunjang oleh bagian *center housing*. Bagian-bagian yang berputar pada *turbocharger* dioperasikan pada

kecepatan 12500 rpm dan temperatur 550° C, sehingga materialnya dibuat sangat selektif dengan kepresisian yang tinggi.



Gambar 2.3. Bagian inti (*centre core*) dari *turbocharger*

Sumber Data : *Intruccion manual book turbocharger*

Keterangan:

- |                     |                            |
|---------------------|----------------------------|
| 1. Compressor wheel | 8. Spacer Sleeve           |
| 2. Piston ring      | 9. Thrust Plate            |
| 3. O-ring           | 10. Thrust Ring            |
| 4. Bearing          | 11. Oil Deflector          |
| 5. Thrust washer    | 12. Bearing Housing        |
| 6. Piston ring      | 13. Shaft and Turbin Wheel |
| 7. Insert           |                            |

c. Rumah Turbin

Adalah tempat turbin menerima gaya aksial dari gas sisa pembakaran (*exhaust gas*) kemudian diteruskan lewat poros (*shaft*) menuju *blower*. Rumah turbin terbuat dari bahan *caststeel* dan

bersambungan dengan bagian rumah pusat inti atau *centre core* dengan memakai cincin baja penjamin. Diantaranya sambungan rumah turbin dan *manifold* buang dipasang gasket yang terbuat dari bahan *stainles steel* untuk menjamin sambungan tersebut.

*Turbocharger* terdiri dari dua bagian yaitu sisi *turbin* dan sisi *blower*. Kerangka yang menyelubungi kedua bagian itu berbentuk lingkaran yang terbagi menjadi dua ruang terpisah yang didinginkan oleh air dan terlindung dari panas gas buang. Di kerangka sisi turbin terdapat satu atau beberapa *flens* sebagai tempat masuknya gas buang dimana bagian ini didinginkan oleh air yang berasal dari sistem pendinginan mesin diesel. Gas buang yang masuk ke dalam sisi turbin akan diteruskan menuju *nozzle blading* dan kemudian di arahkan tepat pada susu-sudu rotor. Setelah itu gas buang akan melewati sudu-sudu gerak (*moving blades*) dengan kecepatan tinggi.

Lewatnya gas buang di sudu-sudu rotor menyebabkan berubahnya arah aliran gas buang yang menghasilkan perubahan daya gerak dan kemudian mendesakkan suatu gaya pada sudu-sudu turbin. Gaya ini menyebabkan rotor berputar dengan kecepatan tinggi. Gas buang meninggalkan rotor menuju ruangan yang terhubung langsung dengan saluran gas buang (*exhaust gas manifold*).

Kerangka dari sisi *blower* dilengkapi dengan saringan udara (air filter) masuk. Selain itu, sisi *blower* juga dilengkapi dengan

*splitter* yang berfungsi sebagai jalur aliran udara dan untuk mengurangi terjadinya kehilangan udara yang disebabkan oleh perubahan arah aliran itu sendiri.

Bahan suara (*sound absorbent material*) juga sering dipasang untuk mengurangi kebisingan yang timbul karena angin dan putaran blower. Selain itu, di sisi blower juga terdapat *curved air guide vanes* yang berfungsi untuk mengurangi hentakan udara di *blower*, terletak sebelum *impeller*.

Udara meninggalkan *blower impeller* menuju *diffuser* dengan kecepatan tinggi. Selama melewati *diffuser*, kecepatan udara akan meningkat sehingga dengan sendirinya tekanan meningkat pula. Sebelum masuk ke mesin diesel, udara didinginkan terlebih dahulu di *intercooler*. Proses pendinginan ini dimaksudkan supaya massa jenis udara tekan naik sehingga kepadatan atau berat udara meningkat. Tujuan kedua adalah menurunkan temperatur. Jika temperatur gas buang tidak terlalu tinggi maka beban panas yang diterima mesin diesel berkurang. Selanjutnya dari *intercooler*, udara akan mengalir menuju silinder melalui *inlet port* yang dibuka oleh torak (piston) itu sendiri.

Rotor terbuat dari sebuah poros yang berlubang dimana rotor turbin dan *impeller* udara terpasang. Sering kali *impeller* dibuat menjadi dua bagian untuk memperbanyak produksi udara. Tiga *gland labyrinth* dipasang pada rotor, satu terletak di antara ujung

akhir turbin dengan *seal* poros yang bertujuan untuk mencegah kebocoran gas buang. Bagian kedua dipasang di ujung dekat *blower* yang bertujuan menghindari keluarnya minyak pelumas dari *bearing*. Sedangkan bagian terakhir terletak diantararotor turbin dan *impeller*.

## 5. Pelumasan *Turbocharger*

Tujuan dari pelumasan yaitu untuk mengatasi terjadinya gesekan, maka minyak pelumas harus mampu membuat lapisan diantara dua permukaan yang berbeda gerakannya. (Sukoco & Arifin, 2013:136).

Berdasarkan tujuan pelumasan dari prinsip kerja *turbocharger*, perlu adanya sistem pelumasan yang memadai dan dapat bersirkulasi dengan baik. Sistem pelumasan pada *turbocharger* di kapal penulis menggunakan sistem pelumasan dengan *oil slinger*.

Pada pelumasan *oil slinger*, cara kerja sistem adalah *oil slinger* berputar, dan udara pada *oil slinger* terlempar keluar sehingga terjadi vakum, oil mengalir melalui *oil suction* melalui *div nozzle* dan *nipple* masuk *oil slinger*, dipisahkan kotoran dengan minyak, minyak pelumas bersih disemprotkan ke *bearing*.

Minyak pelumas yang dipergunakan harus sesuai untuk bantalan dan harus diganti selama waktu tertentu yang telah ditetapkan oleh *maker*.

## 6. Perawatan *turbocharger*

Menurut Coder (1988). Perawatan merupakan suatu kombinasi dari tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau

untuk memperbaikinya sampai, suatu kondisi yang bisa diterima.

Sedang tujuan dilakukan perawatan menurut Corder (1988) adalah antara lain:

- a. Memperpanjang kegunaan aset (yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan dan isinya).
- b. Menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang peralatan yang dipasang untuk produksi atau jasa untuk mendapatkan laba investasi semaksimal mungkin.
- c. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.
- d. Menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

Turbocharger memiliki perawatan sendiri yaitu perawatan periodik antara lain:

- a. Pengecekan minyak lumas yang dipergunakan harus sesuai untuk bantalan dan harus diganti selama waktu tertentu yaitu 120 jam.
- b. Setelah 100 jam operasi check baut dan kur yang kendor.
- c. Setelah 250 jam pembersihan filter.
- d. Setelah 500 jam operasi bersihkan kompressor *turbocharger*, atau setiap terjadi penurunan tekanan 10% pada beban yang sama, contoh tekanan yang dihasilkan turbocharger 0,80 kg/cm<sup>2</sup> pada beban yang sama terjadi penurunan menjadi 0,72 kg/cm<sup>2</sup> maka waktunya untuk pembersihan kompressor. Pembersihan dapat dilakukan dengan cara:

- 1) Pembersihan secara periodik yaitu pada saat pembongkaran/overhaul *turbocharger* untuk pembersihan, pembersihan dapat menggunakan minyak tanah, kerosin, atau minyak lumas untuk menghindari bahaya. Air tidak efektif untuk membersihkan kompressor.
  - 2) Pembersihan saat ada beban yaitu pembersihan kompressor ketika mesin dipanaskan atau kurang lebih  $\frac{3}{4}$  dari beban penuh. Jika hal itu tidak dapat dilakukan, pembersihan kompressor ketika mesin beroperasi pada beban penuh.
- e. Setiap 4000 jam kerja bersihkan elemen filter udara, pembersihan dapat dilakukan dengan cara menyemprot menggunakan udara tekan, jika kotoran terlalu tebal dan lengket bersihkan dengan kerosin dan sebelum dipasang kembali.
  - f. Setiap 8000 jam atau 1 tahun lakukan pembersihan Bagian-bagian kompressor. (*impeller, diffuser, exhaust manifold, dll*).
  - g. Setiap 16000 jam operasi atau 2 tahun lepaskan semua bagian, bersihkan data check *turbocharger*, ganti spare part jika perlu, ganti oring dengan yang baru.
  - h. Setiap 32000 jam atau 4 tahun *turbocharger* harus di balance dan pengecekan *impeller, turbin* rotor dan bagian penting lain yang diperlukan, dengan menghubungi pusat service-nya.
  - i. Hal penting pada perawatan dan pengawas *turbocharger* yaitu pada penggantian bantalan poros tiap 16000 jam:

- 1) Cabut hanya kompresor dan *turbin* casing aja.
- 2) Pasang *dial gauge spindle* pada jari-jari baut poros pada rotor *shaf impeller* dan atur posisi *dial gauge*. Kemudian gerakan rotor shaft naik turun menggunakan tangan kemudian liat posisi jarum kemudian catat dan bandingkan dengan toleransi yang diijinkan yaitu 0,92.
- 3) Jika toleransi yang ditunjukkan melebihi batas yang diijinkan segera lakukan penggantian bantalan porosnya (*bearing*).

#### 7. Fault Tree Analysis (FTA)

FTA merupakan satu dari teknik yang paling sering digunakan dalam resiko analisis adalah model pohon kesalahan. Analisis pohon kesalahan FTA dapat digunakan untuk mengidentifikasi subsistem yang paling penting untuk pengoperasian pada sebuah sistem yang telah diberikan atau untuk menganalisa bagaimana kejadian tak terkira. FTA merupakan metode analisa, dimana terdapat kejadian yang tidak diinginkan disebut *undersired event* terjadi pada sistem, dan yang ada untuk menemukan semua cara yang mungkin terjadi yang mengarah pada terjadinya *undersired event* tersebut (Kristiansen, 2005:225).

FTA adalah analisa kegagalan deduktif dimana keadaan yang tidak diinginkan dari sistem dianalisis menggunakan logika *Boolean* untuk menggabungkan serangkaian tingkat yang lebih rendah. Metode analisis ini terutama digunakan dalam bidang keselamatan dan rekayasa keadaan untuk memahami bagaimana sistem bisa gagal, untuk

mengidentifikasi cara terbaik untuk mengurangi resiko angka kejadian kecelakaan keselamatan atau sistem fungsional. FTA digunakan pada penelitian diruang angkasa, tenaga nuklir, kimia dan proses farmasi, petrokimia dan indikasi faktor resiko yang berkaitan dengan kegagalan sistem yang ada.

Metode FTA juga merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu resiko yang berperan langsung terhadap terjadinya kegagalan. FTA mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan suatu gerbang logika sederhana. Gerbang logika berfungsi untuk menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik kondisi tunggal maupun sekumpulan dari berbagai macam kondisi.

a. Kelebihan dan kekurangan metode FTA

FTA mempunyai kelebihan dan kekurangan, yaitu:

1) Kelebihan

- a) Dalam sistem yang kompleks pohon kesalahan memberikan cara yang baik dan logis untuk mengintegrasikan berbagai penyebab.
- b) Pohon kesalahan dapat digunakan untuk melakukan analisis sensitivitas sehingga perbedaan yang ada dari berbagai penyebab dapat dibandingkan, dampak terhadap keseluruhan sistem dengan menganalisa perubahan tersebut dengan kemungkinan nilai.

2) Kekurangan

a) Pengalaman dan pengetahuan yang banyak diperlukan untuk membuat bangunan pohon yang tepat. Kesalahan memasukan sebuah masukan dapat menyebabkan memberikan hasil yang tidak benar, maka harus dilakukan penelitian lebih lanjut. Dimana penelitian ini harus memerlukan waktu yang lebih lama.

b) Sulit untuk memilih gerbang logika yang paling tepat di saluran penghubung dan hal ini dapat menimbulkan secara luas variasi nilai yang dihasilkan.

b. Prinsip kerja metode FTA

1) Kegagalan sistem atau kecelakaan.

2) FTA terdiri dari urutan peristiwa yang mengarah kepada kegagalan sistem atau 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 ditandai dengan persegi panjang dan kejadian yang dijelaskan di persegi panjang.

5) Akhir dari peristiwa mengarah pada dimana tingkat kegagalan data yang memungkinkan, adalah penyebab utama yang dilambangkan lingkaran dan merupakan keputusan untuk membatasi metode ini (Kristiansen, 2005 : 227).

## 6) Simbol dan istilah dalam metode FTA

Simbol yang digunakan 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*. Dimana simbol-simbol ini akan digunakan pada pohon kesalahan:

**Tabal 2.1 Symbol *fault tree analysis***

Simbol	Keterangan
	<i>Top Event</i>
	<i>Logic Event OR</i>
	<i>Logic Event AND</i>
	<i>Transferred Event</i>
	<i>Undeveloped Event</i>
	<i>Basic Event</i>

Istilah-istilah dalam FTA (Akagamis, 1999)

### 1) Event

Dari penyimpangan yang tidak digunakan/diharapkan dari suatu keadaan normal pada suatu komponen dari sistem.

### 2) Top event

Kejadian yang tidak dikehendaki pada “puncak” yang akan

diteliti lebih lanjut kearah kejadian dasar lainnya dengan menggunakan gerbang-gerbang logika untuk menentukan penyebab dan kekerapannya.

a) Logic gate

Hubungan secara logika antara input (kejadian yang dibawah). Hubungan logika ini dinyatakan dengan gerbang AND (dan) atau gerbang OR (atau).

b) Transferred event

Segitiga yang digunakan transfer. Symbol ini menunjukkan bahwa uraian lanjutan kejadian beradadihalaman lain.

c) Undeveloped event

Kejadian dasar (*basic event*) yang tidak akan dikembangkan lebih jauh karena sudah tersedianya informasi.

d) Basic event

Kejadian yang tidak diharapkan yang dianggap sebagai penyebab dasar sehingga tidak perlu dilakukan analisa lebih lanjut.

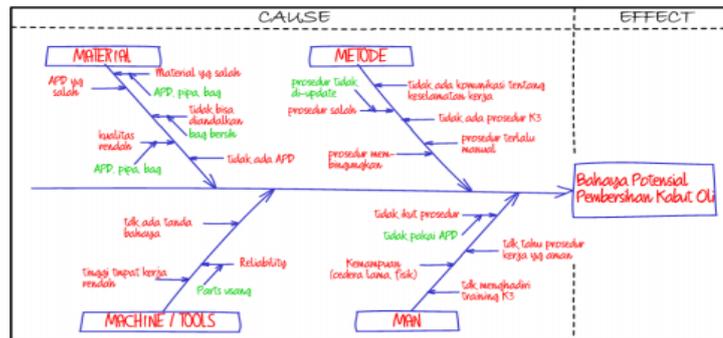
## 8. Fishbone Analysis

*Fishbone diagram* (diagram tulang ikan, karena bentuknya seperti tulang ikan) sering juga disebut *Cause-and-Effect Diagram* atau *Ishikawa Diagram* diperkenalkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa, seorang ahli pengendalian kualitas dari jepang, sebagai satu dari tujuh alat kualitas

dasar (*7 basic quality tools*). *Fishbone diagram* digunakan ketika kita ingin mengidentifikasi kemungkinan penyebab masalah dan terutama ketika sebuah team cenderung jatuh berpikir pada rutinitas (Tague, 2005, p. 247).

Suatu tindakan dan langkah *improvement* akan lebih mudah dilakukan jika masalah dan akar penyebab masalah sudah di temukan. Manfaat *fishbone diagram* ini dapat menolong kita untuk menemukan akar penyebab masalah secara *user friendly*, *tools* yang *user friendly* disukai orang-orang di industri manufaktur di mana proses di sini terkenal memiliki banyak ragam variabel yang berpotensi menyebabkan munculnya permasalahan (Purba, 2008, para. 1-6).

*Fishbone diagram* akan mengidentifikasi berbagai sebab potensial dari satu efek atau masalah, dan menganalisis masalah tersebut melalui sesi *brainstorming*. Masalah akan dipecah menjadi sejumlah kategori yang berkaitan, mencakup manusia, material, mesin, prosedur, kebijakan, dan sebagainya. Setiap kategori mempunyai sebab-sebab yang perlu diuraikan melalui sesi *brainstorming*. Saat sebab-sebab dikemukakan, tentukan bersama-sama dimana sebab tersebut harus ditempatkan dalam diagram *fishbone analysis*. Sebab-sebab ditulis dengan horizontal sehingga banyak “tulang” kecil keluar dari garis horizontal. Berikut ini adalah contoh gambar diagram *fishbone analysis* dengan sebab dan akibat yang telah ditemukan :



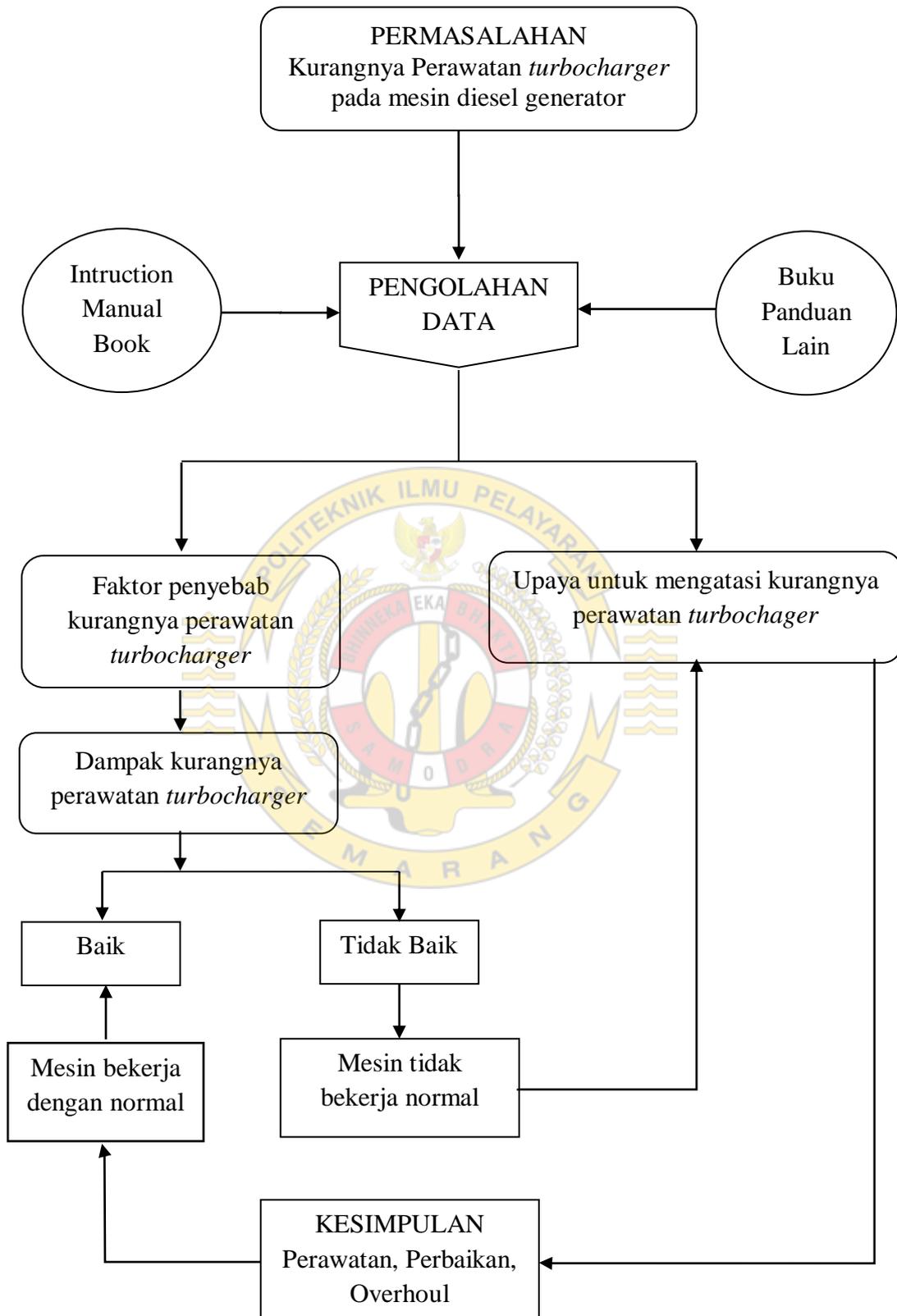
Gambar 2.4 Diagram tulang ikan (*fishbone analysis*)

## B. Kerangka Pikir Penelitian

Meninjau dari teori-teori yang telah diuraikan di atas, dapat kita ketahui bahwa peranan *turbocharger* pada motor diesel sangat penting. *Turbocharger* sebagai suatu alat pengisantisakan dengan cara memasukan udara sebanyak-banyaknya ke dalam silinder dengan tekanan lebih dari satu atmosfer agar dalam proses pembakaran bahan bakar didalam silinder tersedia cukup oksigen, sehingga terjadi pembakaran yang sempurna dan berdampak dengan tenaga yang dihasilkan motor diesel tersebut. Pada dasarnya yang menyebabkan timbulnya gangguan-gangguan pada *turbocharger* adalah kurang maksimalnya perawatan yang dilakukan.

Berdasarkan wacana di atas, dapat dicari suatu pemecahan masalah dan seharusnya dapat dikurangi bahkan dicegah dengan diterapkannya beberapa strategi perawatan yang tepat sehingga pengoperasian kapal tidak terganggu dan proses berlayar kapal dari satu pelabuhan ke pelabuhan lainnya akan berjalan dengan lancar.

Bagian alur perawatan *turbocharger* yang penulis susun sebagai berikut :



Gambar 2.5 Kerangka Pikir Penelitian

### C. Defisi Operasional

Pemakaian istilah-istilah dalam bahasa Indonesia maupun bahasa asing akan sering ditemui pada pembahasan berikutnya. Agar tidak terjadi kesalahpahaman dalam mempelajarinya maka di bawah ini akan dijelaskan pengertian dari istilah-istilah tersebut:

1. Silinder

Adalah suatu tempat atau ruang dimana terjadinya pembakaran yang berbentuk silinder dan dilapisi oleh liner tempat bergerakinya piston naik turun. (*P. Van Maanen*)

2. Blower Side

Adalah bagian turbo yang berfungsi menghisap udara luar untuk diteruskan ke ruang pembakaran. (*Endrodi, MM. Motor Diesel Penggerak Utama. Hal.25*)

3. Turbin Side

Adalah bagian turbin yang digerakkan dan berhubungan dengan exhaust gas yang melalui manifold. berbentuk silinder dan dilapisi oleh liner tempat bergerakinya piston naik turun. (*Endrodi, MM. Motor Diesel Penggerak Utama. Hal.25*)

4. Exhaust Gas

Adalah gas buang yang berasal dari hasil pembakaran mesin diesel. (*P. Van Maanen. Jilid 1. Motor Diesel Kapal. Hal. 1.3*)

5. Manifold

Adalah tempat saluran gas buang yang terbuat dari besi tuang dilapisi asbes. (*P. Van Maanen. Jilid 1. Motor Diesel Kapal. Hal. 1.5*)