

**PENGARUH TURBOCHARGER TERHADAP DAYA
MESIN INDUK**



Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Program Pendidikan Dan Pelatihan Pelaut (DP) Tingkat I.

ABDUL KHOIR
NIS 20.09.102.002
AHLI TEKNIKA TINGKAT 1

PROGRAM PELAUT TINGKAT 1
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2020

**PENGARUH TURBOCHARGER TERHADAP DAYA
MESIN INDUK**



Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Program Pendidikan Dan Pelatihan Pelaut (DP) Tingkat I.

ABDUL KHOIR
NIS 20.09.102.002
AHLI TEKNIKA TINGKAT 1

PROGRAM PELAUT TINGKAT 1
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2020

ABSTRAK

Abdul khoir 2020 Pengaruh Turbocharger Terhadap Daya Mesin Induk di bimbing oleh Suyuti dan Samsul Bahri

Sistem pembakaran yang sempurna membutuhkan sistem pendukung yang bekerja maksimal, yaitu sistem pemasukan udara tekan dan pendingin udara. Komponen motor diesel yang berfungsi untuk memasok dan penambah jumlah udara yang dimasukkan ke dalam silinder mesin itu adalah *turbocharger*. Keberadaan *turbocharger* disini bertujuan meningkatkan jumlah udara bersih yang masuk ke dalam silinder sehingga pada saat kompresi akan menghasilkan tekanan dan temperatur udara yang tinggi, sehingga dengan demikian pada saat pembakaran bahan bakar akan menghasilkan tenaga yang besar. Tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui pengaruh turbocharge pada mesin induk. Sesuai pengalaman penulis saat bekerja di MT. Bintang Scorpion saya melakukan pelayaran dari Balikpapan ke Meskipun demikian pada kenyataannya *turbocharger* terjadi permasalahan pada turbocharger yaitu adanya getaran yang kuat saat beroperasi dan timbulnya suara yang tidak normal yang diakibatkan oleh kerusakan pada bush bearing, dan kerusakan pada sudu – sudu turbin. Pengaruh dari kejadian tersebut berakibat pada tidak maksimalnya proses pembakaran. Kesimpulan menurunnya kinerja mesin induk akibat permasalahan getaran dan bunyi yang tidak normal pada turbocharge diakibatkan oleh tidak berfungsinya dengan baik komponen turbocharger karena sudah rusak. Saran sebaiknya dilakukan pencegahan getaran dan bunyi yang tidak normal pada turbocharge agar tidak mempengaruhi kinerja mesin induk dengan cara melakukan perawatan sesuai jam kerja.

Kata Kunci: Pengaruh, Turbocharger, Mesin induk

ABSTRACT

Abdul khoir 2020 The Influence of Turbocharger on Main Engine Power guide by Suyuti and Samsul Bahri

A perfect combustion system requires a support system that works optimally, namely a compressed air intake system and air conditioning. The diesel motor component that functions as a supplier and increases the amount of air put into the engine cylinder is a turbocharger. The existence of a turbocharger here aims to increase the amount of clean air that enters the cylinder so that at the time of compression it will produce high air pressure and temperature, so that when burning the fuel it will produce a large amount of power. The purpose of this study was to determine the effect of the turbocharge on the main engine. According to the author's experience while working at MT. Bintang Scorpion, I made a voyage from Balikpapan to. However, in reality the turbocharger has a problem with the turbocharger, namely, there is a strong vibration during operation and abnormal sounds caused by damage to the bush bearing, and damage to the turbine blades. The effect of this incident resulted in not maximizing the combustion process. The conclusion is that the decline in main engine performance due to vibration and abnormal noise problems at the turbocharge is caused by malfunctioning of the turbocharger components due to damage. Suggestions should be made to prevent abnormal vibrations and sounds at the turbocharge so as not to affect the performance of the main engine by carrying out maintenance according to working hours.

Keyword: Influence, Turbocharger, Main engine

ABSTRAK

Abdul khoir 2020 Pengaruh Turbocharger Terhadap Daya Mesin Induk di bimbing oleh Suyuti dan Samsul Bahri

Sistem pembakaran yang sempurna membutuhkan sistem pendukung yang bekerja maksimal, yaitu sistem pemasukan udara tekan dan pendingin udara. Komponen motor diesel yang berfungsi untuk pemasok dan penambah jumlah udara yang dimasukkan ke dalam silinder mesin itu adalah *turbocharger*. Keberadaan *turbocharger* disini bertujuan meningkatkan jumlah udara bersih yang masuk ke dalam silinder sehingga pada saat kompresi akan menghasilkan tekanan dan temperatur udara yang tinggi, sehingga dengan demikian pada saat pembakaran bahan bakar akan menghasilkan tenaga yang besar. Tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui pengaruh turbocharge pada mesin induk. Sesuai pengalaman penulis saat bekerja di MT. Bintang Scorpion saya melakukan pelayaran dari Balikpapan ke Meskipun demikian pada kenyataannya *turbocharger* terjadi permasalahan pada turbocharger yaitu adanya getaran yang kuat saat beroperasi dan timbulnya suara yang tidak normal yang diakibatkan oleh kerusakan pada bush bearing, dan kerusakan pada sudu – sudu turbin. Pengaruh dari kejadian tersebut berakibat pada tidak maksimalnya proses pembakaran. Kesimpulan menurunnya kinerja mesin induk akibat permasalahan getaran dan bunyi yang tidak normal pada turbocharge diakibatkan oleh tidak berfungsinya dengan baik komponen turbocharger karena sudah rusak. Saran sebaiknya dilakukan pencegahan getaran dan bunyi yang tidak normal pada turbocharge agar tidak mempengaruhi kinerja mesin induk dengan cara melakukan perawatan sesuai jam kerja.

Kata Kunci: Pengaruh, Turbocharger, Mesin induk

ABSTRACT

Abdul khoir 2020 The Influence of Turbocharger on Main Engine Power guide by Suyuti and Samsul Bahri

A perfect combustion system requires a support system that works optimally, namely a compressed air intake system and air conditioning. The diesel motor component that functions as a supplier and increases the amount of air put into the engine cylinder is a turbocharger. The existence of a turbocharger here aims to increase the amount of clean air that enters the cylinder so that at the time of compression it will produce high air pressure and temperature, so that when burning the fuel it will produce a large amount of power. The purpose of this study was to determine the effect of the turbocharge on the main engine. According to the author's experience while working at MT. Bintang Scorpion, I made a voyage from Balikpapan to. However, in reality the turbocharger has a problem with the turbocharger, namely, there is a strong vibration during operation and abnormal sounds caused by damage to the bush bearing, and damage to the turbine blades. The effect of this incident resulted in not maximizing the combustion process. The conclusion is that the decline in main engine performance due to vibration and abnormal noise problems at the turbocharge is caused by malfunctioning of the turbocharger components due to damage. Suggestions should be made to prevent abnormal vibrations and sounds at the turbocharge so as not to affect the performance of the main engine by carrying out maintenance according to working hours.

Keyword: Influence, Turbocharger, Main engine

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kapal merupakan salah satu sarana transportasi yang melayani pengangkutan barang dan penumpang dalam jumlah yang banyak dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui jalan laut, baik itu diantara pelabuhan ke pelabuhan, dari pulau ke pulau dan dari negara ke negara lain. Di industri perkapalan dalam hal ini adalah kapal niaga, motor disel banyak dipergunakan sebagai mesin penggerak utama kapalnya, selain itu motor disel juga dipergunakan sebagai alat pembangkit listrik di atas kapal. Pemilihan ini didasarkan atas kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh motor disel yang dianggap sangat memberikan keuntungan bagi pengguna atau operator kapal. Keuntungan yang didapat dari penggunaan motor disel tersebut adalah lebih efektif dan efisien untuk kebutuhan daya yang besar dengan konsumsi bahan bakar lebih hemat, sehingga memungkinkan didapatkannya biaya operasional yang lebih kecil, serta kehandalan dari kerja motor disel yang dapat bekerja secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama.

Motor disel adalah jenis mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*), yaitu mesin yang proses pembakaran bahan bakarnya terjadi di dalam silinder mesin itu sendiri. Proses terjadinya pembakaran di dalam silinder menentukan besarnya tenaga yang dihasilkan oleh motor disel tersebut. Untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna diperlukan adanya sistem pendukung yang bekerja maksimal, yaitu sistem pemasukan udara tekan dan pendingin udara. Pada sistem pemasukan udara tekan, komponen-

komponennya bekerjasama menyediakan udara dengan jumlah dan temperatur yang tepat untuk proses pembilasan gas buang dan proses terjadinya pembakaran di dalam silinder mesin. Komponen motor disel yang berfungsi untuk memasok dan penambah jumlah udara yang dimasukkan ke dalam silinder mesin itu adalah *turbocharger*.

Turbocharger adalah sebuah kompresor udara yang bekerja berdasarkan pergerakan turbin yang mana sumber tenaganya berasal dari gas buang motor disel itu sendiri.

Penambahan *turbocharger* pada motor disel sangatlah berpengaruh besar terhadap penambahan pasokan udara yang dibutuhkan mesin dalam proses pembakaran agar proses pembakaran terjadi dengan sempurna.

Karena itulah *turbocharger* mempunyai kerja yang sangat berat karena bekerja dengan beban putaran dan temperatur yang sangat tinggi. Hal ini sangat diperlukan suatu sistem pelumasan yang baik.

Minyak pelumas merupakan bagian yang tak terpisahkan dari suatu mesin untuk melindungi komponen-komponen dari keausan. Fungsi utama dari pelumasan itu sendiri adalah untuk mencegah terjadinya gesekan antara dua permukaan logam yang bergerak, Selain itu juga sebagai media pendingin untuk logam yang bergerak tersebut. Di karenakan hal tersebut maka dibutuhkan minyak pelumas yang tepat untuk menunjang beroperasinya *turbocharger* dalam proses pengoperasian kapal.

Keberadaan *turbocharger* disini bertujuan meningkatkan jumlah udara bersih yang masuk ke dalam silinder sehingga pada saat kompresi akan menghasilkan tekanan dan temperatur udara yang tinggi, sehingga dengan

demikian pada saat pembakaran bahan bakar akan menghasilkan tenaga yang besar.

Meskipun demikian pada kenyataannya *turbocharger* sering mengalami masalah seperti terjadinya getaran yang kuat ketika *turbocharger* sedang beroperasi diakibatkan oleh kerusakan pada bantalan poros berputar (*bush bearing*), timbulnya suara tidak normal pada saat *turbocharger* beroperasi yang diakibatkan oleh kerusakan pada sudu – sudu turbin, berkurangnya tekanan minyak lumas dalam ruang *turbocharger*, suhu panas pada sisi turbin *turbocharger* meningkat, terdengarnya suara bergelombang dalam ruang *turbocharger*, menurunnya putaran poros *turbocharger* pada kecepatan penuh. seperti yang penulis temukan di kapal MT. Bintang Scorpio, pada saat kapal melakukan pelayaran dari Balikpapan menuju Bitung. Permasalahan pada *turbocharger* terjadi getaran yang kuat dan timbulnya suara yang tidak normal pada *turbocharger*.

Berdasarkan pada uraian di atas, maka penulis tertarik untuk mengangkat masalah tersebut menjadi suatu makalah dengan judul: ***“Pengaruh turbocharger terhadap daya mesin induk”***

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang, identifikasi masalah dan pembatasan masalah yang telah disebutkan, maka penulis dapat merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Apa faktor penyebab getaran yang kuat pada *turbocharger*?
2. Apa penyebabnya suara tidak normal pada *turbocharger* saat sedang beroperasi?

C. Batasan Masalah

Agar dalam pembahasan masalah tidak melebar atau meluas seperti yang terdapat dalam identifikasi masalah, maka penulis membatasi ruang lingkungannya sebagai berikut:

1. Terjadinya getaran yang kuat pada *turbocharger*
2. Timbulnya suara yang tidak normal pada *turbocharger* saat sedang beroperasi

D. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai penulis dalam penelitian ini adalah:

- a. Untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program pendidikan dan Pelatihan Pelaut (DP) Tingkat 1.
- b. Untuk mengetahui penyebab terjadinya getaran kuat dan timbulnya suara tidak normal pada saat *turbocharger* beroperasi.

E. Manfaat Penelitian

Dengan diadakannya penelitian ini, penulis juga berusaha mencari manfaat penelitian dari penulisan makalah ini yang ditinjau atau dilihat dari dua sudut. Adapun manfaat penelitian yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1. Aspek Teoritis

Diharapkan dapat memberikan sumbangsih pemikiran bagi perkembangan ilmu pengetahuan dibidang teknik permesinan kapal untuk menambah pengetahuan dan wawasan sehingga mampu mencari dan menganalisa masalah kerusakan yang terjadi pada *turbocharger*.

2. Aspek Praktis

Diharapkan dapat menjadi masukan kepada para masinis diatas kapal, bagaimana cara mencegah kerusakan yang terjadi pada *turbocharger* dengan melaksanakan perawatan yang benar sesuai prosedur yang ditentukan oleh pembuat mesin.

F. Hipotesis

Dari uraian latar belakang di atas, dan rumusan masalah, Penulis menduga :

1. Bearing *turbocharger* aus, poros tidak simetris, poros berputar aus, cincin segel rusak
2. Terdapat banyak karbon pada ruang sudu – sudu dan kemungkinan sudu – sudu turbin bergesekan dengan penutup turbo

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kapal merupakan salah satu sarana transportasi yang melayani pengangkutan barang dan penumpang dalam jumlah yang banyak dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui jalan laut, baik itu diantara pelabuhan ke pelabuhan, dari pulau ke pulau dan dari negara ke negara lain. Di industri perkapalan dalam hal ini adalah kapal niaga, motor disel banyak dipergunakan sebagai mesin penggerak utama kapalnya, selain itu motor disel juga dipergunakan sebagai alat pembangkit listrik di atas kapal. Pemilihan ini didasarkan atas kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh motor disel yang dianggap sangat memberikan keuntungan bagi pengguna atau operator kapal. Keuntungan yang didapat dari penggunaan motor disel tersebut adalah lebih efektif dan efisien untuk kebutuhan daya yang besar dengan konsumsi bahan bakar lebih hemat, sehingga memungkinkan didapatkannya biaya operasional yang lebih kecil, serta kehandalan dari kerja motor disel yang dapat bekerja secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama.

Motor disel adalah jenis mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*), yaitu mesin yang proses pembakaran bahan bakarnya terjadi di dalam silinder mesin itu sendiri. Proses terjadinya pembakaran di dalam silinder menentukan besarnya tenaga yang dihasilkan oleh motor disel tersebut. Untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna diperlukan adanya sistem pendukung yang bekerja maksimal, yaitu sistem pemasukan udara tekan dan pendingin udara. Pada sistem pemasukan udara tekan, komponen-

komponennya bekerjasama menyediakan udara dengan jumlah dan temperatur yang tepat untuk proses pembilasan gas buang dan proses terjadinya pembakaran di dalam silinder mesin. Komponen motor disel yang berfungsi untuk memasok dan penambah jumlah udara yang dimasukkan ke dalam silinder mesin itu adalah *turbocharger*.

Turbocharger adalah sebuah kompresor udara yang bekerja berdasarkan pergerakan turbin yang mana sumber tenaganya berasal dari gas buang motor disel itu sendiri.

Penambahan *turbocharger* pada motor disel sangatlah berpengaruh besar terhadap penambahan pasokan udara yang dibutuhkan mesin dalam proses pembakaran agar proses pembakaran terjadi dengan sempurna.

Karena itulah *turbocharger* mempunyai kerja yang sangat berat karena bekerja dengan beban putaran dan temperatur yang sangat tinggi. Hal ini sangat diperlukan suatu sistem pelumasan yang baik.

Minyak pelumas merupakan bagian yang tak terpisahkan dari suatu mesin untuk melindungi komponen-komponen dari keausan. Fungsi utama dari pelumasan itu sendiri adalah untuk mencegah terjadinya gesekan antara dua permukaan logam yang bergerak, Selain itu juga sebagai media pendingin untuk logam yang bergerak tersebut. Di karenakan hal tersebut maka dibutuhkan minyak pelumas yang tepat untuk menunjang beroperasinya *turbocharger* dalam proses pengoperasian kapal.

Keberadaan *turbocharger* disini bertujuan meningkatkan jumlah udara bersih yang masuk ke dalam silinder sehingga pada saat kompresi akan menghasilkan tekanan dan temperatur udara yang tinggi, sehingga dengan

demikian pada saat pembakaran bahan bakar akan menghasilkan tenaga yang besar.

Meskipun demikian pada kenyataannya *turbocharger* sering mengalami masalah seperti terjadinya getaran yang kuat ketika *turbocharger* sedang beroperasi diakibatkan oleh kerusakan pada bantalan poros berputar (*bush bearing*), timbulnya suara tidak normal pada saat *turbocharger* beroperasi yang diakibatkan oleh kerusakan pada sudu – sudu turbin, berkurangnya tekanan minyak lumas dalam ruang *turbocharger*, suhu panas pada sisi turbin *turbocharger* meningkat, terdengarnya suara bergelombang dalam ruang *turbocharger*, menurunnya putaran poros *turbocharger* pada kecepatan penuh. seperti yang penulis temukan di kapal MT. Bintang Scorpio, pada saat kapal melakukan pelayaran dari Balikpapan menuju Bitung. Permasalahan pada *turbocharger* terjadi getaran yang kuat dan timbulnya suara yang tidak normal pada *turbocharger*.

Berdasarkan pada uraian di atas, maka penulis tertarik untuk mengangkat masalah tersebut menjadi suatu makalah dengan judul: ***“Pengaruh turbocharger terhadap daya mesin induk”***

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang, identifikasi masalah dan pembatasan masalah yang telah disebutkan, maka penulis dapat merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Apa faktor penyebab getaran yang kuat pada *turbocharger*?
2. Apa penyebabnya suara tidak normal pada *turbocharger* saat sedang beroperasi?

C. Batasan Masalah

Agar dalam pembahasan masalah tidak melebar atau meluas seperti yang terdapat dalam identifikasi masalah, maka penulis membatasi ruang lingkungannya sebagai berikut:

1. Terjadinya getaran yang kuat pada *turbocharger*
2. Timbulnya suara yang tidak normal pada *turbocharger* saat sedang beroperasi

D. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai penulis dalam penelitian ini adalah:

- a. Untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program pendidikan dan Pelatihan Pelaut (DP) Tingkat 1.
- b. Untuk mengetahui penyebab terjadinya getaran kuat dan timbulnya suara tidak normal pada saat *turbocharger* beroperasi.

E. Manfaat Penelitian

Dengan diadakannya penelitian ini, penulis juga berusaha mencari manfaat penelitian dari penulisan makalah ini yang ditinjau atau dilihat dari dua sudut. Adapun manfaat penelitian yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1. Aspek Teoritis

Diharapkan dapat memberikan sumbangsih pemikiran bagi perkembangan ilmu pengetahuan dibidang teknik permesinan kapal untuk menambah pengetahuan dan wawasan sehingga mampu mencari dan menganalisa masalah kerusakan yang terjadi pada *turbocharger*.

2. Aspek Praktis

Diharapkan dapat menjadi masukan kepada para masinis diatas kapal, bagaimana cara mencegah kerusakan yang terjadi pada *turbocharger* dengan melaksanakan perawatan yang benar sesuai prosedur yang ditentukan oleh pembuat mesin.

F. Hipotesis

Dari uraian latar belakang di atas, dan rumusan masalah, Penulis menduga :

1. Bearing *turbocharger* aus, poros tidak simetris, poros berputar aus, cincin segel rusak
2. Terdapat banyak karbon pada ruang sudu – sudu dan kemungkinan sudu – sudu turbin bergesekan dengan penutup turbo

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Turbocharger*

Turbocharger merupakan sebuah peralatan untuk mengubah sistem pemasukan secara alami dengan sistem paksa. Kalau sebelumnya pemasukan udara mengandalkan keyakinan yang dibentuk karena gerakan torak pada langkah hisap, maka dengan *turbocharger* udara ditekan masuk ke dalam silinder menggunakan kompresor yang diputar oleh turbin gas buang (Sukoco dan Arifin, 2013 : 127). Motor disel penggerak kapal adalah suatu mesin yang berfungsi sebagai penghasil tenaga penuh yang berguna di atas kapal sebagai pendorong kapal. Motor berdasarkan pada identifikasi masalah yang telah ditentukan bahwa yang menjadi masalah pokok adalah *turbocharger* tidak berfungsi dengan normal karena adanya gangguan kerusakan yang antara lain pada bantalan dorong (*thrust bearing*) dan sudu-sudu turbin sehingga daya yang dihasilkan mesin induk tidak sesuai yang diharapkan dan pada akhirnya akan mengganggu operasional kapal. Tenaga penggerak *turbocharger* adalah gas buang dari sisa pembakaran di dalam silinder motor induk, sedangkan volume udara yang dihasilkannya dipergunakan untuk meningkatkan kualitas pembakaran motor disel tersebut. Berkaitan dengan hal tersebut maka pada bab ini akan diuraikan teori-teori yang berhubungan dengan proses pembakaran pada motor disel, prinsip kerja *turbocharger*, fungsi *turbocharger* terhadap motor disel, serta manajemen perawatan yang berkaitan dengan *turbocharger*.

1. Fungsi dan prinsip kerja *turbocharger*

Turbocharger ditemukan oleh seorang insinyur berkebangsaan Swiss yang bernama Alfred Buchi pada tahun 1878-1959. *Turbocharger* adalah sebuah kompresor sentrifugal yang mendapat daya dari turbin yang sumber tenaganya berasal dari gas buang mesin yang digunakan dalam mesin pembakaran dalam untuk meningkatkan keluaran tenaga dan efisiensi mesin dengan meningkatkan massa oksigen yang memasuki mesin, sehingga memberikan tekanan awal yang lebih tinggi daripada tekanan normal. Dalam sistem pemasukan paksa motor disel terdapat tenaga yang hilang akibat tekanan balik, motor disel masih mendapatkan tenaga yang lebih besar. Hal ini karena penambahan udara dalam silinder akan meningkatkan tekanan dan temperaturnya dan akan memperpendek penundaan pengapian (*ignition delay*). Penambahan udara yang akan memungkinkan terjadinya penambahan jumlah bahan bakar yang terbakar, sehingga dapat memperbesar kekuatan tenaga yang dihasilkan motor disel.

a. Fungsi *turbocharger*

Fungsi daripada *turbocharger* adalah :

- 1). Untuk mensuplai jumlah udara bersih yang cukup ke dalam silinder motor disel guna pembakaran yang efektif untuk mendapatkan tenaga yang lebih dari motor disel. Tujuan utamanya adalah untuk memberi tekanan tambahan pada udara pemasukan sehingga menambah jumlah udara pada saat langkah hisap dari silinder. Dengan bertambah banyaknya jumlah udara memungkinkan lebih banyak bagian dari bahan bakar dapat terbakar lebih sempurna di dalam ruang bakar mesin. Oleh karena itu didapatkan daya yang lebih besar dari setiap ledakan di dalam silinder masing-masing.

2). Untuk pembilasan gas bekas secara langsung juga berfungsi sebagai pendingin internal silinder. Selama bagian akhir langkah buang dan berlanjut kebagian pertama langkah hisap, ada periode pada siklus udara masuk dari katup isap dan katup buang terbuka. Pada periode ini udara bertekanan yang masuk ke ruang pembakaran mendorong keluar gas buang dan mendinginkan bagian-bagian torak dan silinder, termasuk suhu gas buang juga diturunkan. Untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna pada motor disel, maka diperlukan tambahan udara yang dialirkan kedalam ruang silinder mesin pada sejumlah aliran bahan bakar tertentu. Bila kepekatan udara bertambah sebelum ditambahkan ke dalam silinder, seluruh bahan bakar terbakar dan daya mesin bertambah. Untuk itu motor disel yang dilengkapi dengan *turbocharger* bertujuan untuk memadatkan udara masuk ke dalam silinder mesin. Sehingga daya mesin lebih besar sebanding mesin dengan dimensi yang sama.

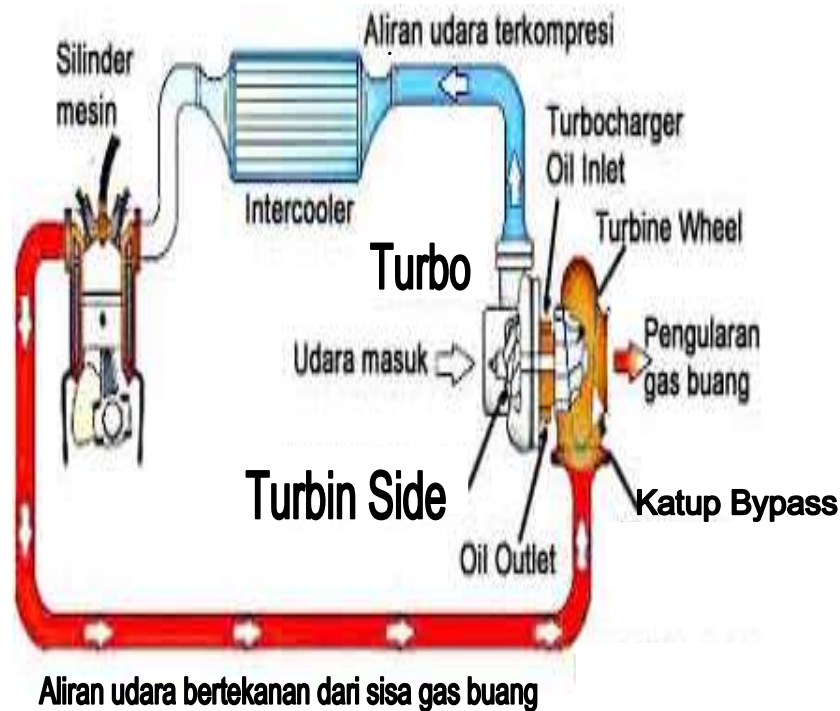
b. Prinsip kerja *turbocharger*

Proses pembuangan gas buang di dalam silinder motor dilakukan oleh torak yang mendorong gas buang hasil pembakaran sehingga gas buang di dalam ruang bakar terdorong keluar melalui katup buang (*exhaust valve*) menuju saluran gas buang (*exhaust manifold*). Gas buang menekan ke roda turbin sehingga menghasilkan putaran. Kompresor atau penyedot udara yang dipasang seporos dengan roda turbin menghasilkan putaran akibat terdorong oleh gas sisa hasil pembakaran yang keluar melalui cerobong mesin, sehingga menghasilkan tekanan udara, hembusan udara yang mengakibatkan terjadinya pemadatan udara masuk dengan tekanan di atas satu atmosfer ke dalam pendingin udara. Selanjutnya udara yang bertekanan disalurkan ke ruas bilas (*scavenging*), kemudian masuk ke

dalam silinder melalui katup masuk yang terdapat di bagian atas kepala silinder. Untuk meningkatkan performa dari mesin disel salah satunya dengan menggunakan *turbocharger*.

Prinsip kerja dari *turbocharger* adalah memanfaatkan panas gas buang hasil pembakaran dari tiap tiap silinder sebagai tenaga untuk memutar turbin pada sisi *turbocharger*, gas buang hasil pembakaran dari tiap tiap silinder di salurkan melalui saluran asap buang (*exhaust manifold*) yang selanjutnya di ekspansikan di *turbocharger* sisi turbin sehingga menghasilkan energi mekanik yang selanjutnya digunakan sebagai tenaga untuk memutar *turbocharger* di sisi penyedot udara dengan adanya penyedot udara di sisi *intake* udara pembakaran akan semakin besar di sisi *intake manifold* pada mesin disel.

Gambar 2.1. Prinsip kerja *turbocharger*.

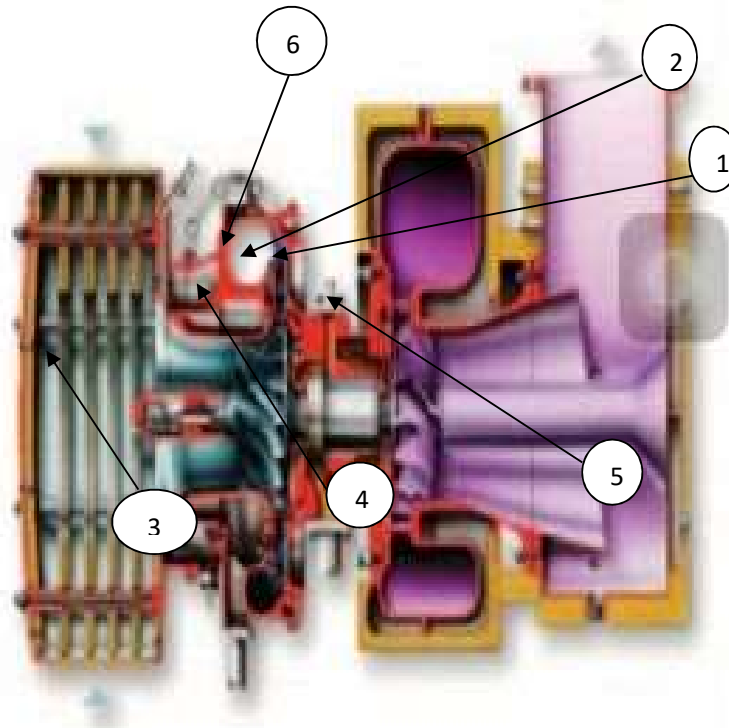


Sumber: <https://panjimitiqo.wordpress.com/2011/05/09/mengenal-dan-merawat-mesin-turbo-intercooler-wastegate-valve/>

Pada warna merah menggambarkan gas buang dari masing masing silinder kemudian melalui saluran asap buang (*exhaust manifold*) kemudian berekspansi di turbin sedangkan warna biru menggambarkan bagaimana energi mekanik yang dihasilkan dari turbin yang satu poros dengan penyedot udara menghasilkan udara pembakaran yang lebih banyak sehingga menghasilkan performa mesin disel meningkat. Karena dengan udara pembakaran yang lebih banyak maka dapat di injeksikan bahan bakar yang banyak juga untuk siap meledak di ruang bakar masing-masing silinder sehingga menghasilkan tenaga yang lebih besar. Akibat aliran yang teratur dari gas melalui sudu turbin maka rendemen aliran turbin tinggi, dan kapasitas turbin dapat dipergunakan sepenuhnya. Jumlah udara yang diperlukan tergantung dari kapasitas turbin yang sudah diperhitungkan berdasarkan volume udara yang dibutuhkan untuk proses pembilasan dan pembakaran. Konstruksi *turbocharger* STX ENPACO type NR29/S153 terdiri dari sebuah turbin gas satu tahap (*single stage flow turbine*) dan juga sebuah kompresor satu tahap (*single stage radial flow compressor*). Keduanya dipasang dalam satu poros pada ujung yang berlawanan. Turbin gas berfungsi sebagai pemutar kompresor dengan memanfaatkan energi kinetik dari tekanan gas buang hasil sisa pembakaran dalam silinder mesin dan merubahnya menjadi daya putar.

Dan komponen komponen dalam *turbocharger* tipe ini adalah sebagai berikut di bawah ini :

Gambar 2.2. komponen-komponen *turbocharger*



Keterangan :

1. Bantalan poros berputar (*bush bearing*)
2. cincin segel (*Seal ring*)
3. *Silincer*
4. Roda kompresor (*compressor Wheel*)
5. Sisi turbin (*turbine side*)
6. Bantalan dorong (*thrust bearing*)

Sumber: Buku pedoman perawatan (*manual book*) *turbocharger*

Fungsi dari masing-masing komponen tersebut di atas:

1. Bantalan poros berputar (*bush bearing*), fungsinya sebagai penopang poros rotor turbin.
2. Cincin segel (*seal ring*), fungsinya menjaga kebocoran pelumas.
3. *Silincer*, fungsinya penyaring udara yang dihisap roda kompresor
4. Roda kompresor (*Compressor Wheel*), mengisap udara bersih

5. Sisi turbin (*turbine side*), fungsinya sebagai sudu-sudu turbin.
6. Bantalan dorong (*thrust bearing*), fungsinya tempat dudukan bearing

Kecepatan putaran *turbocharger* tergantung dari besarnya tekanan gas buang berdasarkan beban motor disel tanpa adanya alat kontrol mekanik. Gas buang dari saluran asap buang (*exhaust manifold*) disalurkan menuju rumah sudu turbin gas. *Inlet flange* berfungsi mengarahkan gas buang menuju ke sudu-sudu turbin. Dimana energi tekanan gas tinggi ini diubah menjadi energi kinetik. Gas kecepatan tinggi ini diarahkan ke sudu-sudu turbin, untuk memutar sudu-sudu turbin gas dan selanjutnya melalui ventilasi udara keluar atmosfer melalui cerobong. Berputarnya sudu-sudu turbin gas akan memutar poros *turbocharger* sehingga akhirnya roda kompresor ikut berputar.

Dengan berputarnya roda kompresor, maka udara di luar kamar mesin dihisap melalui cabang udara isap menuju penginduksi (*inducer*). Oleh roda kompresor udara setelah melalui penyebar (*diffuser*) kemudian udara ditekan dan akhirnya meninggalkan *turbocharger* melalui ventilasi udara masuk ke dalam motor disel.

Peningkatan tekanan udara dalam *intake manifold* akan diikuti oleh kenaikan temperaturnya, sehingga untuk menambah efisiensi jumlah (volumetrik) udara dilakukan dengan menurunkan temperaturnya dengan menggunakan pendingin udara. Penurunan temperatur akan diikuti oleh turunnya tekanan, sehingga kompresor dapat menambah jumlah udara yang masuk ke dalam silinder.

Putaran *turbocharger* STX ENPACO type NR29/S153 bisa mencapai 26000 putaran per menit, putaran yang tinggi menghasilkan jumlah udara yang besar memasuki silinder dari setiap langkah isapnya.

Gambar 2.3. *Turbocharger* type NR29/S153



Spesifikasi *turbocharger* di atas sebagai berikut :

1. Merk : STX ENPACO - MAN
2. Type : NR29/S153
3. Serial : SJN 0119
4. t_{max} : 650°C
5. N_{max} : 31300 Rpm
6. Maker : STX – MAN Korea

Sumber: MT. Bintang Scorpion

Udara yang dihisap kompresor didinginkan karena dua sebab :

- 1) Dengan penurunan suhu maka kepekatan udara akan meningkat, sehingga massa udara yang tersedia untuk pembakaran juga akan meningkat.

- 2) Suhu awal kompresi yang rendah akan mengakibatkan suhu akhir kompresi rendah dan suhu pembakaran yang rendah. Dengan demikian beban termis dari bagian motor sekitar ruang pembakaran akan menurun.

Untuk menopang poros *turbocharger* digunakan bantalan (*bearing*) masing-masing di bagian turbin dan kompresor. Bantalan (*bearing*) yang digunakan adalah *semi float bearing*. Minyak pelumas diberikan dalam jumlah yang cukup untuk proses pendinginan dan pelumasan bantalan.

c. Efisiensi *turbocharger*

Tujuan digunakan *turbocharger* adalah untuk memperbaiki efisiensi volumetrik mesin dengan memecahkan salah satu batasan kardinalnya. Tekanan udara pada atmosfer tidak lebih dari 1 atm (14,7 psi). Sehingga ada batas mutlak antara tekanan dalam katup masuk dan jumlah aliran udara yang memiliki ruang pembakaran. *Turbocharger* meningkatkan tekanan pada titik dimana udara memasuki silinder, kadar udara (oksigen) yang besar dipaksakan masuk ketika tekanan pada saluran masuk meningkat. Pengisian udara dengan menggunakan *turbocharger* disebut pengisian tekan. Pengisian tekan lebih menguntungkan daripada pengisian hisap (pengisian tanpa *turbocharger*).

Menurut **Harsanto (1969:700)** menjelaskan sebagai berikut :

1 m³ udara dari 15°C yang bertekanan 0,0 kg/cm², beratnya 1,07kg,

1 m³ udara dari 15°C yang bertekanan 1,3 kg/cm², beratnya 1,55 kg.

Untuk motor disel yang ukuran silindernya 1 m³, maka dengan pengisian

hisap silinder dapat diisi dengan 1,07 kg udara, sedangkan dengan pengisian tekan dapat diisi dengan 1,55 kg udara. Jadi dengan pengisian silinder tadi dapat diisi udara kurang lebih 45% lebih berat daripada pengisian hisap, hingga pada pengisian tekanan bahan bakar dapat tertukar 45% lebih banyak sehingga tenaga motor naik sebesar 45%.

2. Kegagalan kerja *turbocharger*.

Kegagalan kerja pada *turbocharger* dapat diakibatkan oleh kerusakan komponen yang terdapat di dalam *turbocharger* itu sendiri atau akibat kerusakan komponen lain di dalam motor disel yang saling berhubungan dengan sistem *turbocharger*.

a. Getaran kuat (*abnormal*) pada *turbocharger*

Getaran adalah gerak berkala atau gerak berulang disekitar titik tertentu yang dipengaruhi oleh suatu gaya dengan waktu perulangan yang tetap adanya bagian yang berputar (*rotating parts*) dalam *turbocharger* yang kurang sempurna atau yang kurang baik kedudukannya dapat menimbulkan getaran yang berlebihan.

Turbocharger yang berputar dengan halus merupakan pertanda performanya yang optimal. Dengan kecepatan 26000 putaran per menit, maka sekecil apapun deviasi yang terjadi dalam distribusi massa pada bagian yang berputar sebuah *turbocharger* akan memberikan dampak yang sangat besar seiring dengan pengoperasian kapal, tingkat getaran yang dihasilkan akan berubah terkait dengan perubahan tingkat keausan, titik berat atau munculnya ketidak seimbangan komponen *turbocharger* itu sendiri. Getaran timbul akibat transfer gaya melalui

elemen-elemen mesin yang ada, dimana elemen-elemen tersebut saling bereaksi satu sama lain dan energi disalurkan melalui struktur dalam bentuk getaran.

Kerusakan atau keausan serta deformasi akan merubah karakteristik dinamik sistem dan cenderung meningkatkan energi getaran. Sedangkan gaya antara komponen yang bergerak/berputar (*rotating parts*) dengan bagian yang diam (*stationary component*), putaran dari massa yang tidak seimbang (*unbalance*), ketidaklurusan rotor (*missaligment*) dan juga kerusakan bantalan (*bush bearing*).

Keseimbangan merupakan proses yang sangat penting untuk menjamin *turbocharger* memberikan kemampuan optimal bahwa komponen-komponen *turbocharger* dalam keadaan seimbang sehingga pada saat rotor berputar, getaran yang terjadi seminimal mungkin (dalam batas toleransi) dan aman saat beroperasi. Dalam *turbocharger*, getaran yang timbul akan diserap oleh bantalan dan minyak pelumas yang menyangga rotor, tapi apabila getaran yang timbul terlalu besar, maka penyangga ini tidak mampu untuk melakukan hal tersebut.

Kerusakan bantalan (*bush bearing*) atau minyak pelumas yang berubah kondisinya bisa menjadi sebuah pertanda terjadinya ketidakseimbangan pada rotor, namun bisa juga terjadi yang lebih besar.

Banyak kehancuran sebuah turbin maupun kompresor bahkan sebuah unit *turbocharger* dikarenakan ketidakseimbangan yang terjadi. Dengan getaran yang ditimbulkan terlalu besar, bantalan tidak kuat lagi

menyangga beban rotor sehingga pendorong kompresor atau sudu-sudu turbin menghantam penutup dan menimbulkan kehancuran.

b. Suara yang tidak normal pada *turbocharger*

Suara adalah bunyi-bunyian yang terjadi akibat dari efek getaran suatu benda yang dipukul, jatuh, atau berputar. Suara-suara juga dapat menunjukkan suatu kondisi dari benda yang bergetar tersebut, baik itu dalam kondisi yang baik atau dalam kondisi yang kurang baik atau abnormal. Jadi dapat disimpulkan bahwa suara yang terjadi juga berperan dalam menunjukkan keadaan atau kondisi dari suatu benda yang bekerja.

Dalam hal ini, suara yang terdengar dari *turbocharger* juga dapat menunjukkan kondisi dari *turbocharger* tersebut. Karena pada saat mesin disel bekerja dan menghasilkan gas buang yang mempunyai tekanan, dapat membuat *turbocharger* berputar dan bekerja untuk menghasilkan udara pembilasan yang dibutuhkan oleh mesin disel.

Saat *turbocharger* bekerja, suara akan terdengar dari dalam penutup *turbocharger*, dimana poros turbin yang berputar dengan putaran yang tinggi ditopang oleh dua buah bantalan poros berputar (*bush bearing*), bantalan dorong (*thrust bearing*), dan komponen lain yang saling bersinggungan satu sama lain. Keadaan seperti ini yang dapat menimbulkan suara yang kemudian diredam oleh lapisan film dari minyak pelumas yang bekerja pada sistem. Untuk mendengarkan suara pada penutup *turbocharger* yang bertujuan untuk mengetahui kondisi dari *turbocharger* tersebut dapat menggunakan sebuah alat berupa

sebatang besi padat yang panjangnya kira-kira 30-60 cm yang digunakan pada saat *turbocharger* bekerja. Satu sisi ujung besi tersebut ditempelkan pada rumah *turbocharger* dan sisi ujung besi lainnya kita letakan di telinga kita, maka akan terdengar suara yang dapat menunjukkan keadaan kondisi *turbocharger* tersebut.

B. FAKTOR KAPAL

1. Perawatan *turbocharger*

Menurut **Hasibuan SP (2002:1)**, manajemen adalah merupakan suatu sistem dalam mencapai tujuan organisasi yang di dalamnya terdapat fungsi-fungsi yang berkaitan satu sama lain. Manajemen tidak hanya digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisa tujuan-tujuan yang harus dicapai, tetapi juga untuk mengkombinasikan sumber daya secara efektif dan efisien.

Agar dapat mencapai tujuan yang sebaik-baiknya, sangat diperlukan alat atau sarana untuk mencapai tujuan tersebut, adalah sebagai berikut :

a. *Man*, manusia atau tenaga kerja manusia baik pimpinan maupun pelaksana yang mengelola manajemen.

Manusia yang membuat tujuan dan manusia pula yang melakukan proses untuk mencapai tujuan. Oleh karena itu manajemen timbul karena adanya orang-orang yang bekerja sama untuk mencapai tujuan.

b. *Money*, yaitu uang yang diperlukan untuk mencapai tujuan

Uang diperlukan dalam pendanaan atau biaya operasi dan investasi dalam usaha pencapaian tujuan yang diinginkan, sehingga besar kecilnya hasil kegiatan dapat diukur dari jumlah uang yang beredar.

c. *Methods*, yaitu cara atau sistem yang digunakan

Dalam suatu kegiatan untuk mencapai tujuan diperlukan cara atau sistem tata kerja yang baik untuk memperlancar jalannya pekerjaan seperti cara berproduksi dan cara mengikuti prosedur-prosedur.

d. *Material*, yaitu bahan yang diperlukan. Untuk mencapai hasil yang lebih baik, selain manusia yang ahli dalam bidangnya juga harus dapat menggunakan bahan material sebagai sarana baik itu bahan baku, bahan pembantu dan lain sebagainya. Karena tanpa bahan atau material tidak akan tercapai hasil atau tujuan yang ingin dicapai.

e. *Machines*, yaitu mesin sebagai alat bantu manusia

Penggunaan mesin sebagai alat bantu produksi seperti komputer dan lain-lain juga membawa kemudahan atau menghasilkan keuntungan yang lebih besar serta menciptakan efisiensi kerja yang diinginkan.

f. *Markets*, yaitu pasar yang menyalurkan hasil produksi

Karena sebagai tempat menjual barang dan jasa yang dihasilkan, maka penguasaan pasar dalam arti menyebarkan hasil produksi merupakan faktor menentukan dalam perusahaan.

g. *Environment*, yaitu lingkungan.

Tidaklah terlepas dari keenam unsur manajemen, karena kebersihan, kelestarian dan daya dukung lingkungan sangat memiliki peran penting terhadap keberhasilan dari suatu produksi.

Perawatan merupakan suatu fungsi utama dalam suatu organisasi atau industri yang mana didefinisikan sebagai suatu kegiatan merawat

fasilitas sehingga fasilitas tersebut berada pada kondisi siap pakai sesuai kebutuhan.

Perawatan kapal dalam arti luas dapat diartikan sebagai segala macam kegiatan yang dilakukan secara terus-menerus atau berkesinambungan yang ditujukan untuk memelihara atau menjaga agar kapal selalu berada dalam kondisi laik laut (*seaworthiness*) dan dapat dioperasikan untuk pengangkutan laut pada setiap saat dengan kemampuan di atas kondisi minimum tertentu.

2. Tujuan Perawatan

Setiap perusahaan tentunya telah merumuskan dan menetapkan suatu rencana perawatan / *planned maintenance system* (PMS) sesuai tuntutan dalam ISM *Code element* 10, dan mempunyai tujuan menekan resiko kerusakan kapal-kapalnya, kelancaran operasional kapal-kapalnya dan pada akhirnya mendatangkan keuntungan semaksimal mungkin dalam perusahaan. Beberapa tujuan kegiatan perawatan yaitu :

- 1). Memperpanjang waktu kerja (*life time*) unit pesawat atau mesin dan mempertahankan nilai penyusutan kapal,
- 2). Untuk memperoleh pengoperasian kapal yang teratur dan lancar serta meningkatkan keselamatan anak buah kapal dan perlengkapannya.
- 3). Untuk membantu para perwira kapal dalam merencanakan dan menata kegiatan dengan lebih baik yang berarti meningkatkan kemampuan kapal dan membantu mereka mencapai sasaran yang telah ditentukan oleh manajer operasi,

- 4). Memelihara peralatan dalam rangka untuk mencapai *target voyage* yang telah ditentukan,
- 5). Untuk meminimumkan waktu nganggur (*down time*) dari kemungkinan terjadi kerusakan,
- 6). Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan untuk mencapai tujuan perusahaan yaitu tingkat keuntungan yang diperoleh sebaik mungkin dengan total biaya serendah mungkin,
- 7). Memperhatikan jenis-jenis pekerjaan yang paling mahal yang menyangkut perawatan dapat dilaksanakan secara teliti sehingga dapat mengendalikan biaya perawatan secara efisien,
- 8). Sebagai informasi umpan balik yang akurat bagi kantor pusat dalam meningkatkan pelayanan.

3. Jenis Perawatan dan Perbaikan

Menurut **Bessie J.A. (2010:9)**, sesudah berlakunya *International Safety Management Code (ISM Code)*.

a. Perawatan Terencana (*Planned Maintenance System*)

Perawatan terencana (PMS) adalah sistem perawatan yang dilakukan terhadap pesawat-pesawat permesinan dan peralatan lainnya di kapal secara terencana dan berkesinambungan, menurut petunjuk pembuat mesin masing-masing untuk menghindari terjadinya kerusakan (*breakdown*) yang dapat menghambat kelancaran beroperasinya kapal.

Perawatan terencana adalah suatu perawatan yang telah direncanakan sebelumnya berdasarkan buku manual setiap mesin atau pesawat.

Perawatan dilaksanakan berdasarkan jam kerja yang sudah dicapai, walaupun kondisi material tersebut masih baik, tetap harus diganti baru. Perawatan terencana sudah mempersiapkan suku cadang, sehingga kerusakan dapat secepatnya diperbaiki dan mencegah terganggunya operasi kapal.

b. Perawatan insidental

Adalah perawatan atau perbaikan yang dilakukan diluar jadwal yang telah disusun, hal ini disebabkan karena adanya kerusakan atau tidak optimalnya bagian-bagian mesin atau pesawat. Mesin dibiarkan bekerja terus-menerus sampai rusak dan setelahnya baru dilakukan perawatan dan perbaikan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Turbocharger*

Turbocharger merupakan sebuah peralatan untuk mengubah sistem pemasukan secara alami dengan sistem paksa. Kalau sebelumnya pemasukan udara mengandalkan keyakinan yang dibentuk karena gerakan torak pada langkah hisap, maka dengan *turbocharger* udara ditekan masuk ke dalam silinder menggunakan kompresor yang diputar oleh turbin gas buang (Sukoco dan Arifin, 2013 : 127). Motor disel penggerak kapal adalah suatu mesin yang berfungsi sebagai penghasil tenaga penuh yang berguna di atas kapal sebagai pendorong kapal. Motor berdasarkan pada identifikasi masalah yang telah ditentukan bahwa yang menjadi masalah pokok adalah *turbocharger* tidak berfungsi dengan normal karena adanya gangguan kerusakan yang antara lain pada bantalan dorong (*thrust bearing*) dan sudu-sudu turbin sehingga daya yang dihasilkan mesin induk tidak sesuai yang diharapkan dan pada akhirnya akan mengganggu operasional kapal. Tenaga penggerak *turbocharger* adalah gas buang dari sisa pembakaran di dalam silinder motor induk, sedangkan volume udara yang dihasilkannya dipergunakan untuk meningkatkan kualitas pembakaran motor disel tersebut. Berkaitan dengan hal tersebut maka pada bab ini akan diuraikan teori-teori yang berhubungan dengan proses pembakaran pada motor disel, prinsip kerja *turbocharger*, fungsi *turbocharger* terhadap motor disel, serta manajemen perawatan yang berkaitan dengan *turbocharger*.

1. Fungsi dan prinsip kerja *turbocharger*

Turbocharger ditemukan oleh seorang insinyur berkebangsaan Swiss yang bernama Alfred Buchi pada tahun 1878-1959. *Turbocharger* adalah sebuah kompresor sentrifugal yang mendapat daya dari turbin yang sumber tenaganya berasal dari gas buang mesin yang digunakan dalam mesin pembakaran dalam untuk meningkatkan keluaran tenaga dan efisiensi mesin dengan meningkatkan massa oksigen yang memasuki mesin, sehingga memberikan tekanan awal yang lebih tinggi daripada tekanan normal. Dalam sistem pemasukan paksa motor disel terdapat tenaga yang hilang akibat tekanan balik, motor disel masih mendapatkan tenaga yang lebih besar. Hal ini karena penambahan udara dalam silinder akan meningkatkan tekanan dan temperaturnya dan akan memperpendek penundaan pengapian (*ignition delay*). Penambahan udara yang akan memungkinkan terjadinya penambahan jumlah bahan bakar yang terbakar, sehingga dapat memperbesar kekuatan tenaga yang dihasilkan motor disel.

a. Fungsi *turbocharger*

Fungsi daripada *turbocharger* adalah :

- 1). Untuk mensuplai jumlah udara bersih yang cukup ke dalam silinder motor disel guna pembakaran yang efektif untuk mendapatkan tenaga yang lebih dari motor disel. Tujuan utamanya adalah untuk memberi tekanan tambahan pada udara pemasukan sehingga menambah jumlah udara pada saat langkah hisap dari silinder. Dengan bertambah banyaknya jumlah udara memungkinkan lebih banyak bagian dari bahan bakar dapat terbakar lebih sempurna di dalam ruang bakar mesin. Oleh karena itu didapatkan daya yang lebih besar dari setiap ledakan di dalam silinder masing-masing.

2). Untuk pembilasan gas bekas secara langsung juga berfungsi sebagai pendingin internal silinder. Selama bagian akhir langkah buang dan berlanjut kebagian pertama langkah hisap, ada periode pada siklus udara masuk dari katup isap dan katup buang terbuka. Pada periode ini udara bertekanan yang masuk ke ruang pembakaran mendorong keluar gas buang dan mendinginkan bagian-bagian torak dan silinder, termasuk suhu gas buang juga diturunkan. Untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna pada motor disel, maka diperlukan tambahan udara yang dialirkan kedalam ruang silinder mesin pada sejumlah aliran bahan bakar tertentu. Bila kepekatan udara bertambah sebelum ditambahkan ke dalam silinder, seluruh bahan bakar terbakar dan daya mesin bertambah. Untuk itu motor disel yang dilengkapi dengan *turbocharger* bertujuan untuk memadatkan udara masuk ke dalam silinder mesin. Sehingga daya mesin lebih besar sebanding mesin dengan dimensi yang sama.

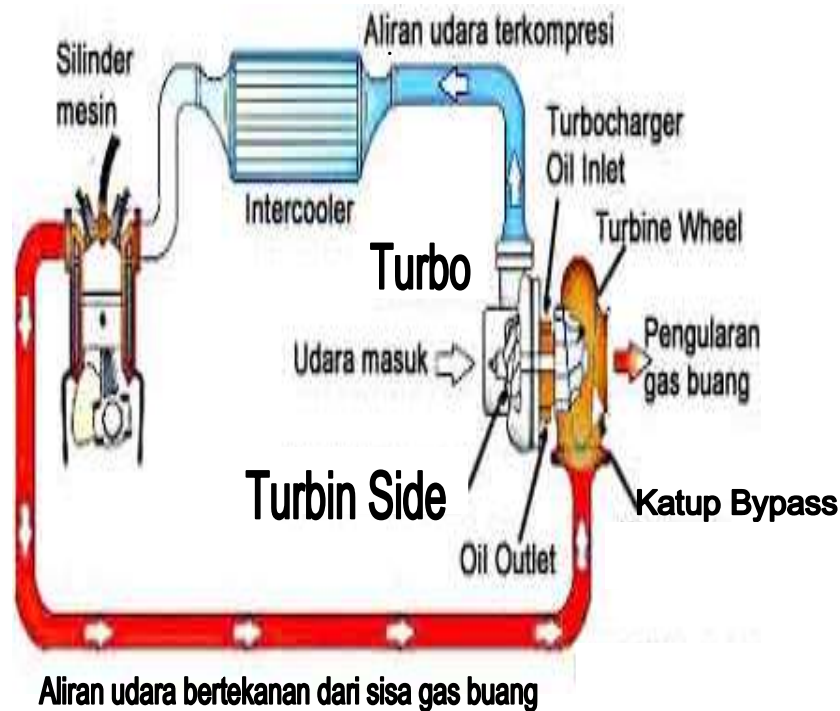
b. Prinsip kerja *turbocharger*

Proses pembuangan gas buang di dalam silinder motor dilakukan oleh torak yang mendorong gas buang hasil pembakaran sehingga gas buang di dalam ruang bakar terdorong keluar melalui katup buang (*exhaust valve*) menuju saluran gas buang (*exhaust manifold*). Gas buang menekan ke roda turbin sehingga menghasilkan putaran. Kompresor atau penyedot udara yang dipasang seporos dengan roda turbin menghasilkan putaran akibat terdorong oleh gas sisa hasil pembakaran yang keluar melalui cerobong mesin, sehingga menghasilkan tekanan udara, hembusan udara yang mengakibatkan terjadinya pemadatan udara masuk dengan tekanan di atas satu atmosfer ke dalam pendingin udara. Selanjutnya udara yang bertekanan disalurkan ke ruas bilas (*scavenging*), kemudian masuk ke

dalam silinder melalui katup masuk yang terdapat di bagian atas kepala silinder. Untuk meningkatkan performa dari mesin disel salah satunya dengan menggunakan *turbocharger*.

Prinsip kerja dari *turbocharger* adalah memanfaatkan panas gas buang hasil pembakaran dari tiap tiap silinder sebagai tenaga untuk memutar turbin pada sisi *turbocharger*, gas buang hasil pembakaran dari tiap tiap silinder di salurkan melalui saluran asap buang (*exhaust manifold*) yang selanjutnya di ekspansikan di *turbocharger* sisi turbin sehingga menghasilkan energi mekanik yang selanjutnya digunakan sebagai tenaga untuk memutar *turbocharger* di sisi penyedot udara dengan adanya penyedot udara di sisi *intake* udara pembakaran akan semakin besar di sisi *intake manifold* pada mesin disel.

Gambar 2.1. Prinsip kerja *turbocharger*.

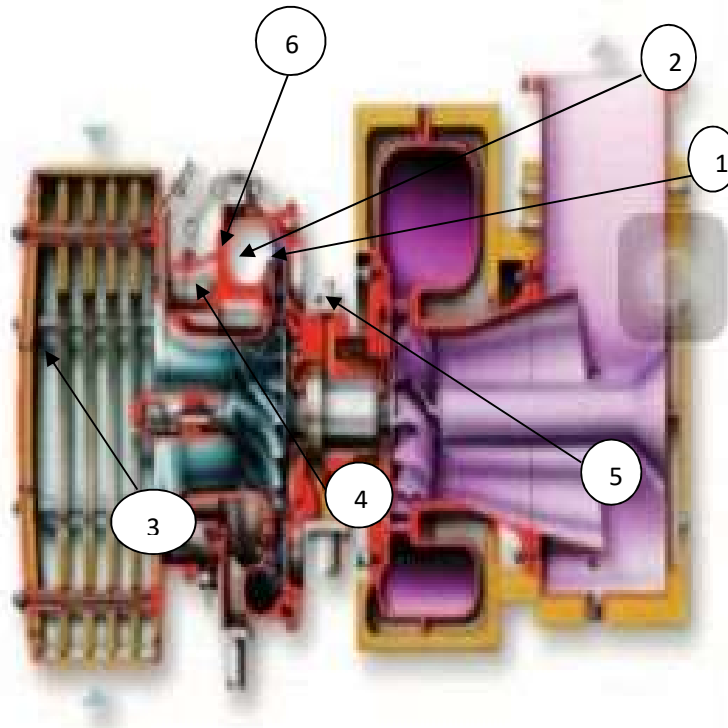


Sumber: <https://panjimitiqo.wordpress.com/2011/05/09/mengenal-dan-merawat-mesin-turbo-intercooler-wastegate-valve/>

Pada warna merah menggambarkan gas buang dari masing masing silinder kemudian melalui saluran asap buang (*exhaust manifold*) kemudian berekspansi di turbin sedangkan warna biru menggambarkan bagaimana energi mekanik yang dihasilkan dari turbin yang satu poros dengan penyedot udara menghasilkan udara pembakaran yang lebih banyak sehingga menghasilkan performa mesin disel meningkat. Karena dengan udara pembakaran yang lebih banyak maka dapat di injeksikan bahan bakar yang banyak juga untuk siap meledak di ruang bakar masing-masing silinder sehingga menghasilkan tenaga yang lebih besar. Akibat aliran yang teratur dari gas melalui sudu turbin maka rendemen aliran turbin tinggi, dan kapasitas turbin dapat dipergunakan sepenuhnya. Jumlah udara yang diperlukan tergantung dari kapasitas turbin yang sudah diperhitungkan berdasarkan volume udara yang dibutuhkan untuk proses pembilasan dan pembakaran. Konstruksi *turbocharger* STX ENPACO type NR29/S153 terdiri dari sebuah turbin gas satu tahap (*single stage flow turbine*) dan juga sebuah kompresor satu tahap (*single stage radial flow compressor*). Keduanya dipasang dalam satu poros pada ujung yang berlawanan. Turbin gas berfungsi sebagai pemutar kompresor dengan memanfaatkan energi kinetik dari tekanan gas buang hasil sisa pembakaran dalam silinder mesin dan merubahnya menjadi daya putar.

Dan komponen komponen dalam *turbocharger* tipe ini adalah sebagai berikut di bawah ini :

Gambar 2.2. komponen-komponen *turbocharger*



Keterangan :

1. Bantalan poros berputar (*bush bearing*)
2. cincin segel (*Seal ring*)
3. *Silincer*
4. Roda kompresor (*compressor Wheel*)
5. Sisi turbin (*turbine side*)
6. Bantalan dorong (*thrust bearing*)

Sumber: Buku pedoman perawatan (*manual book*) *turbocharger*

Fungsi dari masing-masing komponen tersebut di atas:

1. Bantalan poros berputar (*bush bearing*), fungsinya sebagai penopang poros rotor turbin.
2. Cincin segel (*seal ring*), fungsinya menjaga kebocoran pelumas.
3. *Silincer*, fungsinya penyaring udara yang dihisap roda kompresor
4. Roda kompresor (*Compressor Wheel*), mengisap udara bersih

5. Sisi turbin (*turbine side*), fungsinya sebagai sudu-sudu turbin.
6. Bantalan dorong (*thrust bearing*), fungsinya tempat dudukan bearing

Kecepatan putaran *turbocharger* tergantung dari besarnya tekanan gas buang berdasarkan beban motor disel tanpa adanya alat kontrol mekanik. Gas buang dari saluran asap buang (*exhaust manifold*) disalurkan menuju rumah sudu turbin gas. *Inlet flange* berfungsi mengarahkan gas buang menuju ke sudu-sudu turbin. Dimana energi tekanan gas tinggi ini diubah menjadi energi kinetik. Gas kecepatan tinggi ini diarahkan ke sudu-sudu turbin, untuk memutar sudu-sudu turbin gas dan selanjutnya melalui ventilasi udara keluar atmosfer melalui cerobong. Berputarnya sudu-sudu turbin gas akan memutar poros *turbocharger* sehingga akhirnya roda kompresor ikut berputar.

Dengan berputarnya roda kompresor, maka udara di luar kamar mesin dihisap melalui cabang udara isap menuju penginduksi (*inducer*). Oleh roda kompresor udara setelah melalui penyebar (*diffuser*) kemudian udara ditekan dan akhirnya meninggalkan *turbocharger* melalui ventilasi udara masuk ke dalam motor disel.

Peningkatan tekanan udara dalam *intake manifold* akan diikuti oleh kenaikan temperaturnya, sehingga untuk menambah efisiensi jumlah (volumetrik) udara dilakukan dengan menurunkan temperaturnya dengan menggunakan pendingin udara. Penurunan temperatur akan diikuti oleh turunnya tekanan, sehingga kompresor dapat menambah jumlah udara yang masuk ke dalam silinder.

Putaran *turbocharger* STX ENPACO type NR29/S153 bisa mencapai 26000 putaran per menit, putaran yang tinggi menghasilkan jumlah udara yang besar memasuki silinder dari setiap langkah isapnya.

Gambar 2.3. *Turbocharger* type NR29/S153



Spesifikasi *turbocharger* di atas sebagai berikut :

1. Merk : STX ENPACO - MAN
2. Type : NR29/S153
3. Serial : SJN 0119
4. t_{max} : 650°C
5. N_{max} : 31300 Rpm
6. Maker : STX – MAN Korea

Sumber: MT. Bintang Scorpion

Udara yang dihisap kompresor didinginkan karena dua sebab :

- 1) Dengan penurunan suhu maka kepekatan udara akan meningkat, sehingga massa udara yang tersedia untuk pembakaran juga akan meningkat.

- 2) Suhu awal kompresi yang rendah akan mengakibatkan suhu akhir kompresi rendah dan suhu pembakaran yang rendah. Dengan demikian beban termis dari bagian motor sekitar ruang pembakaran akan menurun.

Untuk menopang poros *turbocharger* digunakan bantalan (*bearing*) masing-masing di bagian turbin dan kompresor. Bantalan (*bearing*) yang digunakan adalah *semi float bearing*. Minyak pelumas diberikan dalam jumlah yang cukup untuk proses pendinginan dan pelumasan bantalan.

c. Efisiensi *turbocharger*

Tujuan digunakan *turbocharger* adalah untuk memperbaiki efisiensi volumetrik mesin dengan memecahkan salah satu batasan kardinalnya. Tekanan udara pada atmosfer tidak lebih dari 1 atm (14,7 psi). Sehingga ada batas mutlak antara tekanan dalam katup masuk dan jumlah aliran udara yang memiliki ruang pembakaran. *Turbocharger* meningkatkan tekanan pada titik dimana udara memasuki silinder, kadar udara (oksigen) yang besar dipaksakan masuk ketika tekanan pada saluran masuk meningkat. Pengisian udara dengan menggunakan *turbocharger* disebut pengisian tekan. Pengisian tekan lebih menguntungkan daripada pengisian hisap (pengisian tanpa *turbocharger*).

Menurut **Harsanto (1969:700)** menjelaskan sebagai berikut :

1 m³ udara dari 15°C yang bertekanan 0,0 kg/cm², beratnya 1,07kg,

1 m³ udara dari 15°C yang bertekanan 1,3 kg/cm², beratnya 1,55 kg.

Untuk motor disel yang ukuran silindernya 1 m³, maka dengan pengisian

hisap silinder dapat diisi dengan 1,07 kg udara, sedangkan dengan pengisian tekan dapat diisi dengan 1,55 kg udara. Jadi dengan pengisian silinder tadi dapat diisi udara kurang lebih 45% lebih berat daripada pengisian hisap, hingga pada pengisian tekanan bahan bakar dapat tertukar 45% lebih banyak sehingga tenaga motor naik sebesar 45%.

2. Kegagalan kerja *turbocharger*.

Kegagalan kerja pada *turbocharger* dapat diakibatkan oleh kerusakan komponen yang terdapat di dalam *turbocharger* itu sendiri atau akibat kerusakan komponen lain di dalam motor disel yang saling berhubungan dengan sistem *turbocharger*.

a. Getaran kuat (*abnormal*) pada *turbocharger*

Getaran adalah gerak berkala atau gerak berulang disekitar titik tertentu yang dipengaruhi oleh suatu gaya dengan waktu perulangan yang tetap adanya bagian yang berputar (*rotating parts*) dalam *turbocharger* yang kurang sempurna atau yang kurang baik kedudukannya dapat menimbulkan getaran yang berlebihan.

Turbocharger yang berputar dengan halus merupakan pertanda performanya yang optimal. Dengan kecepatan 26000 putaran per menit, maka sekecil apapun deviasi yang terjadi dalam distribusi massa pada bagian yang berputar sebuah *turbocharger* akan memberikan dampak yang sangat besar seiring dengan pengoperasian kapal, tingkat getaran yang dihasilkan akan berubah terkait dengan perubahan tingkat keausan, titik berat atau munculnya ketidak seimbangan komponen *turbocharger* itu sendiri. Getaran timbul akibat transfer gaya melalui

elemen-elemen mesin yang ada, dimana elemen-elemen tersebut saling bereaksi satu sama lain dan energi disalurkan melalui struktur dalam bentuk getaran.

Kerusakan atau keausan serta deformasi akan merubah karakteristik dinamik sistem dan cenderung meningkatkan energi getaran. Sedangkan gaya antara komponen yang bergerak/berputar (*rotating parts*) dengan bagian yang diam (*stationary component*), putaran dari massa yang tidak seimbang (*unbalance*), ketidaklurusan rotor (*missaligment*) dan juga kerusakan bantalan (*bush bearing*).

Keseimbangan merupakan proses yang sangat penting untuk menjamin *turbocharger* memberikan kemampuan optimal bahwa komponen-komponen *turbocharger* dalam keadaan seimbang sehingga pada saat rotor berputar, getaran yang terjadi seminimal mungkin (dalam batas toleransi) dan aman saat beroperasi. Dalam *turbocharger*, getaran yang timbul akan diserap oleh bantalan dan minyak pelumas yang menyangga rotor, tapi apabila getaran yang timbul terlalu besar, maka penyangga ini tidak mampu untuk melakukan hal tersebut.

Kerusakan bantalan (*bush bearing*) atau minyak pelumas yang berubah kondisinya bisa menjadi sebuah pertanda terjadinya ketidakseimbangan pada rotor, namun bisa juga terjadi yang lebih besar.

Banyak kehancuran sebuah turbin maupun kompresor bahkan sebuah unit *turbocharger* dikarenakan ketidakseimbangan yang terjadi. Dengan getaran yang ditimbulkan terlalu besar, bantalan tidak kuat lagi

menyangga beban rotor sehingga pendorong kompresor atau sudu-sudu turbin menghantam penutup dan menimbulkan kehancuran.

b. Suara yang tidak normal pada *turbocharger*

Suara adalah bunyi-bunyian yang terjadi akibat dari efek getaran suatu benda yang dipukul, jatuh, atau berputar. Suara-suara juga dapat menunjukkan suatu kondisi dari benda yang bergetar tersebut, baik itu dalam kondisi yang baik atau dalam kondisi yang kurang baik atau abnormal. Jadi dapat disimpulkan bahwa suara yang terjadi juga berperan dalam menunjukkan keadaan atau kondisi dari suatu benda yang bekerja.

Dalam hal ini, suara yang terdengar dari *turbocharger* juga dapat menunjukkan kondisi dari *turbocharger* tersebut. Karena pada saat mesin disel bekerja dan menghasilkan gas buang yang mempunyai tekanan, dapat membuat *turbocharger* berputar dan bekerja untuk menghasilkan udara pembilasan yang dibutuhkan oleh mesin disel.

Saat *turbocharger* bekerja, suara akan terdengar dari dalam penutup *turbocharger*, dimana poros turbin yang berputar dengan putaran yang tinggi ditopang oleh dua buah bantalan poros berputar (*bush bearing*), bantalan dorong (*thrust bearing*), dan komponen lain yang saling bersinggungan satu sama lain. Keadaan seperti ini yang dapat menimbulkan suara yang kemudian diredam oleh lapisan film dari minyak pelumas yang bekerja pada sistem. Untuk mendengarkan suara pada penutup *turbocharger* yang bertujuan untuk mengetahui kondisi dari *turbocharger* tersebut dapat menggunakan sebuah alat berupa

sebatang besi padat yang panjangnya kira-kira 30-60 cm yang digunakan pada saat *turbocharger* bekerja. Satu sisi ujung besi tersebut ditempelkan pada rumah *turbocharger* dan sisi ujung besi lainnya kita letakan di telinga kita, maka akan terdengar suara yang dapat menunjukkan keadaan kondisi *turbocharger* tersebut.

B. FAKTOR KAPAL

1. Perawatan *turbocharger*

Menurut **Hasibuan SP (2002:1)**, manajemen adalah merupakan suatu sistem dalam mencapai tujuan organisasi yang di dalamnya terdapat fungsi-fungsi yang berkaitan satu sama lain. Manajemen tidak hanya digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisa tujuan-tujuan yang harus dicapai, tetapi juga untuk mengkombinasikan sumber daya secara efektif dan efisien.

Agar dapat mencapai tujuan yang sebaik-baiknya, sangat diperlukan alat atau sarana untuk mencapai tujuan tersebut, adalah sebagai berikut :

a. *Man*, manusia atau tenaga kerja manusia baik pimpinan maupun pelaksana yang mengelola manajemen.

Manusia yang membuat tujuan dan manusia pula yang melakukan proses untuk mencapai tujuan. Oleh karena itu manajemen timbul karena adanya orang-orang yang bekerja sama untuk mencapai tujuan.

b. *Money*, yaitu uang yang diperlukan untuk mencapai tujuan

Uang diperlukan dalam pendanaan atau biaya operasi dan investasi dalam usaha pencapaian tujuan yang diinginkan, sehingga besar kecilnya hasil kegiatan dapat diukur dari jumlah uang yang beredar.

c. *Methods*, yaitu cara atau sistem yang digunakan

Dalam suatu kegiatan untuk mencapai tujuan diperlukan cara atau sistem tata kerja yang baik untuk memperlancar jalannya pekerjaan seperti cara berproduksi dan cara mengikuti prosedur-prosedur.

d. *Material*, yaitu bahan yang diperlukan. Untuk mencapai hasil yang lebih baik, selain manusia yang ahli dalam bidangnya juga harus dapat menggunakan bahan material sebagai sarana baik itu bahan baku, bahan pembantu dan lain sebagainya. Karena tanpa bahan atau material tidak akan tercapai hasil atau tujuan yang ingin dicapai.

e. *Machines*, yaitu mesin sebagai alat bantu manusia

Penggunaan mesin sebagai alat bantu produksi seperti komputer dan lain-lain juga membawa kemudahan atau menghasilkan keuntungan yang lebih besar serta menciptakan efisiensi kerja yang diinginkan.

f. *Markets*, yaitu pasar yang menyalurkan hasil produksi

Karena sebagai tempat menjual barang dan jasa yang dihasilkan, maka penguasaan pasar dalam arti menyebarkan hasil produksi merupakan faktor menentukan dalam perusahaan.

g. *Environment*, yaitu lingkungan.

Tidaklah terlepas dari keenam unsur manajemen, karena kebersihan, kelestarian dan daya dukung lingkungan sangat memiliki peran penting terhadap keberhasilan dari suatu produksi.

Perawatan merupakan suatu fungsi utama dalam suatu organisasi atau industri yang mana didefinisikan sebagai suatu kegiatan merawat

fasilitas sehingga fasilitas tersebut berada pada kondisi siap pakai sesuai kebutuhan.

Perawatan kapal dalam arti luas dapat diartikan sebagai segala macam kegiatan yang dilakukan secara terus-menerus atau berkesinambungan yang ditujukan untuk memelihara atau menjaga agar kapal selalu berada dalam kondisi laik laut (*seaworthiness*) dan dapat dioperasikan untuk pengangkutan laut pada setiap saat dengan kemampuan di atas kondisi minimum tertentu.

2. Tujuan Perawatan

Setiap perusahaan tentunya telah merumuskan dan menetapkan suatu rencana perawatan / *planned maintenance system* (PMS) sesuai tuntutan dalam ISM *Code element* 10, dan mempunyai tujuan menekan resiko kerusakan kapal-kapalnya, kelancaran operasional kapal-kapalnya dan pada akhirnya mendatangkan keuntungan semaksimal mungkin dalam perusahaan. Beberapa tujuan kegiatan perawatan yaitu :

- 1). Memperpanjang waktu kerja (*life time*) unit pesawat atau mesin dan mempertahankan nilai penyusutan kapal,
- 2). Untuk memperoleh pengoperasian kapal yang teratur dan lancar serta meningkatkan keselamatan anak buah kapal dan perlengkapannya.
- 3). Untuk membantu para perwira kapal dalam merencanakan dan menata kegiatan dengan lebih baik yang berarti meningkatkan kemampuan kapal dan membantu mereka mencapai sasaran yang telah ditentukan oleh manajer operasi,

- 4). Memelihara peralatan dalam rangka untuk mencapai *target voyage* yang telah ditentukan,
- 5). Untuk meminimumkan waktu nganggur (*down time*) dari kemungkinan terjadi kerusakan,
- 6). Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan untuk mencapai tujuan perusahaan yaitu tingkat keuntungan yang diperoleh sebaik mungkin dengan total biaya serendah mungkin,
- 7). Memperhatikan jenis-jenis pekerjaan yang paling mahal yang menyangkut perawatan dapat dilaksanakan secara teliti sehingga dapat mengendalikan biaya perawatan secara efisien,
- 8). Sebagai informasi umpan balik yang akurat bagi kantor pusat dalam meningkatkan pelayanan.

3. Jenis Perawatan dan Perbaikan

Menurut **Bessie J.A. (2010:9)**, sesudah berlakunya *International Safety Management Code (ISM Code)*.

a. Perawatan Terencana (*Planned Maintenance System*)

Perawatan terencana (PMS) adalah sistem perawatan yang dilakukan terhadap pesawat-pesawat permesinan dan peralatan lainnya di kapal secara terencana dan berkesinambungan, menurut petunjuk pembuat mesin masing-masing untuk menghindari terjadinya kerusakan (*breakdown*) yang dapat menghambat kelancaran beroperasinya kapal.

Perawatan terencana adalah suatu perawatan yang telah direncanakan sebelumnya berdasarkan buku manual setiap mesin atau pesawat.

Perawatan dilaksanakan berdasarkan jam kerja yang sudah dicapai, walaupun kondisi material tersebut masih baik, tetap harus diganti baru. Perawatan terencana sudah mempersiapkan suku cadang, sehingga kerusakan dapat secepatnya diperbaiki dan mencegah terganggunya operasi kapal.

b. Perawatan insidental

Adalah perawatan atau perbaikan yang dilakukan diluar jadwal yang telah disusun, hal ini disebabkan karena adanya kerusakan atau tidak optimalnya bagian-bagian mesin atau pesawat. Mesin dibiarkan bekerja terus-menerus sampai rusak dan setelahnya baru dilakukan perawatan dan perbaikan.

BAB III

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Lokasi Kejadian

Adapun lokasi kejadian pada permasalahan terjadinya permasalahan pada *turbocharger* yaitu di atas kapal MT. Bintang Scorpion, tempat penulis bekerja sebagai 2nd Engineer periode Maret– November 2010.

B. Situasi dan Kondisi

Prosedur perawatan

1. Terjadinya getaran pada *turbocharger*

Berdasarkan hasil analisis pada masalah ini, getaran yang terjadi disebabkan oleh kerusakan pada komponen-komponen di dalam *turbocharger*. Untuk upaya dalam pencegahan terjadinya getaran yang kuat pada *turbocharger* adalah:

a. Pemeriksaan jarak pada poros *turbocharger*

Kegiatan ini dilakukan setiap 4.800 jam kerja dari pengoperasian *turbocharger*. Sesuai dengan buku manual, pengecekan atau pemeriksaan ini untuk mengetahui jarak antara komponen *turbocharger*, juga untuk mengetahui nilai kelurusan pada poros (*shaft*) dari *turbocharger*. Terjadinya gesekan itu akibat jarak antara komponen-komponen di dalam *turbocharger* telah melewati batas yang telah diperbolehkan. Jadi sebelum jarak clearance melewati batas dilakukan pemeriksaan untuk mencegah terjadinya gesekan antara komponen-komponen dalam *turbocharger* dan mencegah terjadinya suatu kerusakan yang lebih fatal diantara semua komponen dari *turbocharger*.

Gambar 3.1. Pemeriksaan roda kompresor



Sumber: MT. Bintang Scorpion

b. Pembongkaran turbocharger

Pada kegiatan ini sesuai dengan buku manual yang diterbitkan oleh pembuat, harus dilakukan pada setiap 12.000 – 18.000 jam kerja pengoperasian *turbocharger*. Dan yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pembongkaran untuk mendapatkan hasil performa *turbocharger* yang baik adalah :

1) Personil yang melaksanakan pembongkaran

Pada perawatan ini personil-personil yang handal dan diakui oleh maker yang seharusnya/sebaiknya melakukan perawatan terhadap *turbocharger*, dimana perbaikan-perbaikan bisa dilakukan sekalipun kapal dalam operasi. Akan tetapi karena kapal biasa berlayar dalam kurun waktu yang tidak lama maka perusahaan memperbolehkan kepala kamar mesin (KKM) untuk membongkar *turbocharger* sesuai dengan prosedur dan urutan yang telah diberikan oleh sipembuat untuk kesempurnaan pembongkaran *turbocharger* tersebut. Biasanya dalam buku manual juga disertai dengan kaset

(CD) pengoperasian dan perawatannya. Kadangkala terjadi kesalahan-kesalahan kecil namun akibatnya bisa menyebabkan kerusakan fatal/besar. Kekeliruan dalam mengikuti urutan yang benar dari pemasangan kembali komponen-komponen itu sendiri.

- a) Kekeliruan dalam mengganti komponen-komponen utama yang telah aus bisa menyebabkan tidak berfungsinya komponen itu, misalnya hilangnya fungsi pelumasan dari bantalan.
- b) Kekeliruan dalam memberikan urutan yang tepat pada rangkaian *rotor turbin* dengan rumahnya dan dalam mengatur letak/posisi *rotor* yang benar bisa menyebabkan tergeseknya *rotor* itu pada rumahnya dengan akibat ketidakseimbangan (*imbalance*).
- c) Pembersihan rumah-rumah *turbin (casing)* yang tidak benar bisa menyebabkan rusaknya sudu-sudu *turbin* karena bergesekan dengan rumahnya saat memasang kembali *rotor turbin* tersebut.

2) Penggunaan / penggantian suku cadang

Karena lingkungan kerja yang keras dari *turbocharger*, gunakan komponen-komponen pengganti yang benar/asli. *turbocharger* merupakan komponen mesin yang selalu bekerja dengan beban dan temperatur tinggi, karena itu merupakan hal yang penting sekali untuk merawat dan menggantinya dengan suku cadang yang benar/asli pada saat dilakukan pembongkaran. Jika ada komponen yang dapat direkondisi seperti sudu turbin, maka lakukan pada *workshop* yang handal dan mempunyai lisensi .

Masalah yang diketahui bahwa kerusakan rotor *turbocharger* cukup parah karena putaran dari massa yang tidak seimbang (*unbalance*) dibagian poros rotor yang disebabkan adanya deposit pada sudu-sudu turbin dan clearance secara aksial dan radial melebihi batas maksimal akibat kerusakan pada bantalan poros berputar (*bush bearing*) dan cincin segel (*seal ring*) pada kedua sisi turbin dan kompresor. Solusi yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

- a) Ganti bearing
 - b) Lakukan penggantian shaft baru dan tes dial indikator
 - c) Ganti bantalan poros berputar (*bush bearing*)
 - d) Ganti cincin segel (*seal ring*)
- 3) Perawatan pada minyak pelumas

Pelumasan pada komponen *turbocharger* juga sangatlah penting peranannya pada kerja *turbocharger* tersebut. Sebagaimana diketahui bahwa fungsi dari sistem pelumasan adalah untuk mengurangi gesekan yang terjadi dari bagian-bagian mesin yang bergerak dan saling berinteraksi dan juga sebagai media pendingin, pembersih untuk mencegah korosi serta sebagai media untuk melakukan pengecekan kondisi atau kerusakan yang terjadi dari suatu mesin atau peralatan. Maka untuk itu diperlukan ketelitian dalam penggunaan jenis minyak pelumas yang tepat.

Dikarenakan minyak pelumas yang digunakan pada *turbocharger* sama dengan yang digunakan pada sistem mesin, maka perlu dilakukan perawatan yang lebih intensif pada minyak pelumas tersebut. Perawatan pada saringan minyak pelumas pada motor induk setiap 250 jam atau tergantung dari kondisi dari motor induk

tersebut. Jadi perawatan saringan untuk minyak pelumasnya sangatlah penting, seperti halnya pelumasan pada bantalan *turbocharger* yang tidak boleh memiliki hambatan pada sistem pelumasan ini. Selain perawatan tersebut, perawatan lain pada minyak pelumas dengan cara mengambil contoh dari minyak lumas yang digunakan untuk dikirim ke laboratorium untuk diperiksa kualitasnya. Pengiriman contoh minyak biasa dilakukan 3 bulan sekali. Laboratorium yang ditunjuk akan memberikan hasil dari pemeriksaan minyak pelumas tersebut. Biasanya hasil dari pemeriksaan menerangkan kadar:

a) Silikon

Yang menerangkan adanya masalah besar, karena minyak pelumas yang mengandung silikon dapat menimbulkan gumpalan pengikis yang akan mengikis permukaan logam sejumlah komponen selama mesin beroperasi.

b) Sodium

Peningkatan sodium secara tiba-tiba dapat mengakibatkan kebocoran *inhibitor* pada sistem pendinginan. *Inhibitor* dapat menunjukkan anti beku di dalam sistem yang akan menyebabkan minyak pelumas menjadi encer dan berlumpur dan selanjutnya menimbulkan sumbatan pada filter.

c) Aluminium

Konsentrasi kandungan aluminium mengarah pada keausan bantalan. Meskipun relatif kecil peningkatan kandungan elemen ini harus segera diperhatikan, sebab sekali keausan menggerogoti

rotor akan menimbulkan partikel logam dalam jumlah besar yang terperangkap pada filter minyak tersebut.

d) Besi

Besi dapat berasal dari berbagai sumber. Besi bisa berubah menjadi karat begitu mesin disimpan. Seringkali apabila diikuti dengan kelalaian mengontrol minyak pelumas, peningkatan kontaminasi besi akan memperburuk keausan *liner*.

e) Air

Air yang mencemari minyak pelumas akan membentuk emulsi yang akan menyumbat *filter*. Air dan minyak pelumas juga dapat membentuk asam penggerogot logam yang berbahaya. Pada kebanyakan kontaminasi air mengakibatkan pemampatan di dalam bak engkol. Kontaminasi lebih gawat lagi terjadi jika ada kebocoran pada sistem pendinginan yang akan mengakibatkan air masuk kebagian dalam sistem minyak pelumas mesin. Jadi apabila perawatan pada sistem pelumasan yang kurang maksimal, akan menyebabkan kegagalan kerja sistem pelumasan dan mengakibatkan kerusakan material dari komponen *turbocharger* tersebut khususnya bantalan poros berputar (*bush bearing*) yang dapat mengakibatkan getaran kuat pada *turbocharger*.

4) Pemeriksaan data-data di buku harian kamar mesin (*engine log book*)

Instrument yang harus diperiksa selama *turbocharger* beroperasi dan dicatat dalam *log book* mesin sebagai acuan deteksi dini jika ada perbedaan yang tidak sesuai buku manual untuk mencegah kerusakan yang mungkin terjadi adalah :

- a) Putaran motor induk (normalnya ≤ 720 RPM)
- b) Putaran *turbocharger* (normalnya 26.000 RPM)
- c) Temperatur kamar mesin.(*Normalnya* 36°C)
- d) Tekanan minyak pelumas untuk *turbocharger* (1.3 – 2.2 bar)
- e) Tekanan udara bilas (2.0 – 2.5bar)
- f) Temperatur udara setelah kompresor *turbocharger* (45°C - 50°C)
- g) Temperatur udara sesudah penghantar pendingin (inter cooler) (38°C - 44°C)
- h) Temperatur air pendingin masuk penghantar pendingin (inter cooler) (32°C - 35°C)
- i) Temperatur gas buang sebelum turbin turbocharger (Max 650°C)

2. Timbulnya suara tidak normal pada saat *turbocharger* beroperasi

Berdasarkan hasil analisis pada masalah ini, suara yang timbul pada saat *turbocharger* sedang beroperasi adalah suara yang terjadi karena rumah keong (*casing*) pada kompresor terdapat goresan yang dalam yang diakibatkan adanya gesekan antara dua komponen pada *turbocharger* yakni sudu-sudu Turbin dengan rumah keong (*casing*). Kejadian tidak seimbang (*unbalance*) batang rotor (*rotor shaft*) yang dapat membuat timbulnya suara tidak normal pada saat *turbocharger* sedang beroperasi tentunya harus dicegah semaksimal mungkin. Hal ini mengindikasikan bahwa harus dilakukan pembersihan sudu-sudu turbin dengan pencucian memakai bahan kimia (*chemical treatment*) atau dengan membilas dengan menggunakan air tawar.

Untuk itu yang dapat diupayakan dalam pencegahan timbulnya suara tidak normal adalah:

- a. Bersihkan karbon yang menempel di sudu-sudu turbin dengan menggunakan bahan kimia.

Pembersihan dilakukan pada saat *turbocharger* sedang di pembongkaran. Sudu – sudu turbin yang telah terbuka direndam dengan bahan kimia tertentu (karbon remover) dan dengan takaran yang sesuai dengan aturan dan petunjuk pada material dari bahan kimia sendiri. Pembersihan dengan cara ini sangat efisien karena dapat menghemat tenaga dan waktu. Dan juga untuk mencegah hal – hal yang tidak diinginkan seperti kerusakan terlalu cepat terhadap semua komponen dari *turbocharger*. Cara ini harus rutin dilaksanakan berdasarkan jam kerja sesuai buku manual atau bila dicurigai adanya ketidaknormalan pada sudu-sudu turbin dari *turbocharger*.

Gambar 3.2.Pembersihan sudu-sudu turbin



Sumber: MT Bintang Scorpion

- b. Pembilasan *sudu-sudu turbin* dengan menggunakan air tawar (*turbine water washing*)

Pembersihan sudu-sudu turbin dengan menggunakan air tawar dilakukan pada saat *turbocharger* sedang beroperasi dan dilakukan setiap 150 jam kerja dari *turbocharger* itu sendiri.

Adapun langkah-langkah dalam pembersihan sudu-sudu turbin dengan menggunakan air tawar antara lain :

- 1) Turunkan putaran motor induk sampai 450 RPM
- 2) Tunggu sekitar 10 menit sampai temperatur gas buang dari motor induk tetap dan tidak berubah lagi
- 3) Buka kran cerat (*drain cock*) dari turbin dan yakinkan kalau berfungsi dengan normal.
- 4) Buka kran air tawar (*three way valve*) yang bertekanan 2 bar selama 10 detik kemudian tutup lagi.
- 5) Biarkan *turbocharger* jalan selama 3 menit kemudian ulangi lagi langkah (4) selama 3 kali.
- 6) Setelah selesai, tutup semua kran air tawar dan kran cerat (*drain cock*)
- 7) Biarkan *turbocharger* jalan selama 10 menit supaya sudu-sudu turbin betul – betul kering
- 8) Pelan – pelan naikkan putaran motor induk kembali keputaran normal.

Selain dari pembersihan sudu-sudu turbin dengan menggunakan air tawar, juga pembersihan rutin terhadap sisi pemasukan udara pada *turbocharger* sangatlah penting. Pembersihan rutin tersebut adalah sebagai berikut :

- 1) Pembersihan filter udara (*silencer*) pada kompresor atau *penyedot udara*: Pembersihan dilakukan setiap 1000 jam atau jika filter sudah kotor sebelum jam kerjanya tercapai. Filter udara ini terbuat dari *copper mesh*. Kotoran debu atau jelaga yang terdapat di *copper mesh* dapat dibersihkan dengan menggunakan *soda solution* dengan

konsentrasi 1% atau minyak tanah (*kerosene*). *Copper mesh* dilepas dari rumahnya kemudian direndam dalam cairan di atas selama 4 jam. Sesudahnya dibersihkan dengan air sabun, dibilas dengan air biasa dan disemprot dengan udara bertekanan untuk mengeringkan sisa air dan menghilangkan kotoran yang mungkin masih tertinggal.

- 2) Pembersihan (*cleaning*) pada bagian roda kompresor (*compressor wheel turbocharger*) (sekali dalam seminggu):
 - a) Buka semua kran cerat (*drain cock*) pada rumah keong
 - b) Kondisi motor induk dalam putaran rendah (480 RPM)
 - c) Untuk pembersihan yang sempurna, masukkan air yang bertekanan selama 4 sampai 10 detik. dan air yang dibutuhkan adalah 0.55 liter untuk jenis *turbocharger* ini yaitu NR29/S153
 - d) Untuk takaran air yang tepat harus disesuaikan dengan buku pedoman, karena memasukkan air berlebih ke *turbocharger* akan mengakibatkan masalah buat mesin.
 - e) Normalnya, tekanan udara bilas ataupun temperatur gas buang akan berubah setelah air pembersih ditekan.
 - f) Apabila tekanan atau temperatur tidak berubah, diperbolehkan untuk mengulangi pembersihan setelah 10 menit.
 - g) Setelah selesai, biarkan motor induk berjalan dengan putaran rendah (480 RPM) kurang lebih selama 15 menit. Agar kadar air yang masih tersisa pada sudu kompresor kering dengan sempurna.
 - h) Tutup *drain cock* pada pipa udara bilas setelah tidak ada lagi air yang keluar dari drain cock tersebut.

3) Ganti sudu-sudu turbin

Salah satu komponen *turbocharger* yang sangat vital adalah sudu-sudu turbin karena komponen inilah yang berperan memutar rotor *turbocharger* karena adanya tekanan dari gas buang motor induk. Penggantian sudu-sudu turbin sangatlah membantu dalam menanggulangi timbulnya suara yang tidak normal pada *turbocharger*

C. Temuan

Suatu mesin terdiri dari beberapa sistem, dan setiap sistem terdiri dari beberapa komponen. Komponen-komponen tersebut bekerja sama untuk mencapai suatu tujuan yaitu memenuhi fungsi dari sistem itu sendiri. Pada sistem pemasukan udara komponen-komponennya bekerja sama untuk menyediakan udara yang bersih dengan jumlah yang tepat untuk proses pembakaran. Tujuan tersebut tidak akan tercapai apabila suatu komponen dari sistem pemasukan udara mengalami kerusakan. *Turbocharger* sebagai salah satu komponen sistem pemasukan udara rentan terhadap kerusakan, dikarenakan *turbocharger* berputar diatas 26000 putaran per menit dengan temperatur yang tinggi. Kejadian-kejadian yang berkaitan dengan kegagalan kerja atau kerusakan pada *turbocharger* sehingga mengganggu operasional motor induk yang terjadi selama penulis bekerja di kapal MT.Bintang Scorpion adalah sebagai berikut:

1. Terjadinya getaran yang kuat pada *turbocharger*

Dalam suatu perjalanan dari pelabuhan Bitung menuju ke Balikpapan, pada tanggal 20 bulan Juni tahun 2010 tiba-tiba *alarm high temperature exhaust*

gas pada *turbocharger* motor induk berbunyi. Pengecekan segera dilakukan oleh masinis jaga dan diketahui dari monitor di ruang kontrol mesin bahwa terjadi kenaikan temperatur gas buang pada *turbocharger* motor induk dan terjadi panas berlebihan pada sistem pendingin yang mengakibatkan alarm tekanan tinggi pada pembuangan *turbocharger* berfungsi. Tindakan Masinis jaga segera mengecek ke lokasi *turbocharger* motor induk, untuk memastikan apakah memang terjadi kenaikan temperatur gas buang dengan melihat termometer manual di *turbocharger* tersebut. Setelah di lokasi didapat bahwa pada termometer manual memang menunjukkan angka yang sama. Pada saat masinis jaga berada dekat *turbocharger*. Motor induk terdengar suara abnormal dari *turbocharger* seperti suara gesekan diantara komponen dibagian dalam turbin *turbocharger*. Selain suara gesekan tersebut ternyata juga terjadi getaran kuat pada rumah *turbocharger*. Kepala kamar mesin setelah menerima laporan melalui telepon dari masinis jaga dan segera memerintahkan untuk mengecek lebih teliti semua parameter yang terdapat di motor induk tersebut.

Tindakan pertama adalah mengecek temperatur dan tekanan minyak lumas pada *turbocharger* pada saat masih beroperasi dengan memiliki beban. Diketahui bahwa temperatur pada *turbocharger* adalah 550 °C. Kemudian pengecekan diteruskan kembali ke gas buang dari tiap silinder mengalami kenaikan dari temperatur normalnya 450°C menjadi rata-rata 485°C. Kondisi *turbocharger* pada motor induk tersebut memiliki getaran yang tidak biasa atau tidak normal.

2. Timbulnya suara yang tidak normal pada saat *turbocharger* sedang beroperasi

Pada saat kapal dalam pelayaran dari pelabuhan Bitung menuju ke pelabuhan Balikpapan pada tanggal 20 Juni 2010, motor induk pada saat beroperasi dengan putaran penuh 720 RPM (*full speed*), selain terjadinya getaran juga terdengar suara tidak normal pada rumah *turbocharger* yang mana suaranya seperti metal yang beradu.

Kemudian kepala kamar mesin memerintahkan masinis jaga untuk menurunkan putaran motor induk sampai keputaran 480 RPM. Setelah putaran dari motor induk tersebut diturunkan, pengecekan dilanjutkan kembali pada *turbocharger*. Diketahui bahwa walaupun motor induk berjalan dengan putaran rendah, suara tidak normal tetap terdengar walaupun suara yang timbul tidak sekeras pada saat motor induk dengan putaran penuh.

Ini memberikan indikasi bahwa telah terjadi kerusakan komponen di dalam *turbocharger*, yang mana ada bagian komponen dalam dari *turbocharger* bersinggungan dengan bagian komponen lainnya.

Berdasarkan fakta kejadian yang telah diuraikan pada deskripsi data, dapat dianalisa kegagalan kerja/ kerusakan pada *turbocharger* sebagai berikut:

1. Terjadinya getaran yang kuat pada *turbocharger*

Setelah dilakukan pembongkaran pada *turbocharger* dan dianalisa satu-persatu komponen-komponennya ditemukan adanya deposit pada sudu-sudu turbin. Keberadaan deposit ini dapat menyebabkan ketidakseimbangan (*umbalance*) batang poros (*rotor shaft*) sebuah *turbocharger* pada

operasional motor induk sehari-hari, karena sewaktu *turbocharger* dioperasikan banyak substansi yang bisa mempengaruhi kondisi sebuah rotor hingga menjadi tidak seimbang. Deposit yang terjadi selama pengoperasian bisa menambah jumlah massanya. Keadaan ini bisa membuat *umbalance* tercipta walaupun rotor tersebut sudah melalui proses keseimbangan pada saat dilakukan pembongkaran.

Selain kejadian ketidak seimbangan pada rotor, perawatan-perawatan di hulu mesin dapat juga sebagai penyebab kerusakan *turbocharger*. Kerusakan pada *turbocharger* dapat terjadi setelah dilakukan perawatan pada komponen-komponen mesin lainnya yang berada di hulu aliran gas buang yang menuju ke *turbocharger*, karena berada dibagian paling hilir dari aliran gas buang dibandingkan komponen-komponen mesin lainnya, maka setiap kotoran/benda-benda asing, bagian-bagian, yang lepas karena tidak terpasang sempurna, perkakas yang tertinggal atau potongan-potongan kecil dari komponen mesin yang rusak bisa saja akhirnya bergerak mengikuti gas buang ke arah hilir dan merusak *turbocharger*. Benda-benda seperti itu bisa saja berupa baut-baut lepas, bagian-bagian dari pengabut bahan bakar, pecahan ring torak yang patah atau komponen lainnya, karena *turbocharger* berputar dengan kecepatan yang sangat tinggi, walaupun partikel-partikel yang sangat kecil pun bisa merusak bagian-bagian yang vital dan menyebabkan getaran kuat akibat ketidakseimbangan ataupun kerusakan yang lebih besar.

Dalam kasus yang terjadi di kapal MT.Bintang Scorpion, pada saat dilakukan pembongkaran *turbocharger* ditengah laut dalam perjalanan dari

pelabuhan Balikpapan menuju ke pelabuhan Bitung, setelah *silencer* atau filter udara dilepas dari kap penyedot udara, terlihat dengan mata bahwa telah terjadi gesekan antara poros *turbocharger* secara aksial maupun radial. Ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi komponen yang ada di dalam *turbocharger* khususnya bantalan poros berputar (*bush bearing*) yang sangat penting peranannya karena menopang poros turbin saat *turbocharger* bekerja dengan putaran yang tinggi.

Didapat dari pemeriksaan jarak secara radial dan aksial yang ada, pada keduanya telah melebihi batas dari nilai maksimum yang diperbolehkan. Ini dapat diketahui dari poros *turbocharger* yang apabila digerakkan ke dalam dan ke luar atau ke atas dan ke bawah telah menyentuh dinding dari *casing*. Dan ini yang mengharuskan para masinis di kapal untuk membuka keseluruhan dari *turbocharger* untuk melihat bagian atau komponen yang rusak di dalam *turbocharger* tersebut.

Setelah *turbocharger* dibuka atau pembongkaran, diketahui bahwa ada beberapa komponen yang memang sudah rusak, salah satunya adalah bantalan poros berputar (*bush bearing*). Bantalan poros berputar (*bush bearing*) disini adalah bantalan yang terbuat dari kuningan yang mempunyai ketebalan sekitar 17 mm, dengan diameter dalam 48 mm dan lebar 36 mm. Apabila permukaan diameter dalam dari bantalan poros berputar (*bush bearing*) ini bergesekan maka poros turbin tidak lagi sempurna tertopang oleh bantalan poros berputar (*bush bearing*) tersebut, dan mengakibatkan poros tidak seimbang dalam berputar atau *imbalance* sehingga poros turbin akan ikut bergesekan yang mengakibatkan getaran yang kuat dan

menimbulkan suara yang sangat bising, sehingga kerja dari *turbocharger* tidak maksimal.

Selain bantalan poros berputar (*bush bearing*) yang rusak, cincin segel (*seal ring*) yang ada pada kedua sisi yaitu sisi turbin dan sisi *penyedot udara* juga didapati telah rusak. Fungsi dari cincin segel (*seal ring*) ini adalah menahan tekanan minyak pelumas yang bekerja pada sistem pelumasan di *turbocharger* agar tidak keluar dari bagian dalam *turbocharger* yang mengakibatkan tekanan minyak lumas pada sistem menurun sehingga pelumasan tidak bekerja maksimal.

Apabila cincin segel (*seal ring*) pada sisi turbin yang tidak bekerja dengan baik atau rusak, maka minyak lumas akan keluar menuju rumah keong dari *turbocharger* dan akan terbakar oleh panasnya gas buang dari tiap silinder sehingga menimbulkan asap hitam pada cerobong gas buang.

Dan apabila cincin segel (*seal ring*) pada sisi kompresor yang rusak, maka minyak lumas akan ikut masuk kedalam ruang pembilasan yang mana akan mengakibatkan kotoran yang menumpuk pada pendingin udara atau *Intercooler* sehingga kinerja dari pendingin udara tidak maksimal pada udara bilas yang dihasilkan. Selain itu juga mengakibatkan kotoran yang menumpuk pada katup masuk atau isap dikepala silinder, sehingga udara bilas yang akan masuk ke dalam silinder menjadi tertahan.

Kinerja cincin segel (*seal ring*) pada *turbocharger* ini sangatlah penting karena kebocoran pada cincin segel (*seal ring*) juga mengakibatkan turunnya tekanan minyak lumas pada *turbocharger* dan juga turunnya performa *turbocharger* itu sendiri yang berakibat performa dari motor disel juga menurun.

2. Timbulnya suara yang tidak normal pada saat *turbocharger* sedang beroperasi

Telah diketahui sebelumnya bahwa pada saat motor induk di putaran penuh, *turbocharger* mengalami masalah dengan adanya getaran yang terjadi. Selain getaran, masalah yang juga dialami *turbocharger* adalah timbulnya suara yang tidak normal pada saat *turbocharger* beroperasi. Suara tersebut terdengar kuat saat motor induk sedang beroperasi, akan tetapi setelah diteliti dengan menurunkan putaran motor induk, suara tersebut lebih rendah daripada saat motor induk pada putaran penuh. Dari suara yang tidak normal itu bisa diindikasikan bahwa ada masalah yang terjadi pada komponen di dalam *turbocharger*. Pada langkah pertama adalah membuka *silencer* atau filter udara, dan didapati bahwa penutup pada kompresor telah terjadi goresan yang dalam. Kemungkinan yang terjadi adalah akibat gesekan roda kompresor dengan penutup. Dari gesekan tersebut kemungkinan suara yang tidak normal timbul.

Sebagai pemecahan masalah atas kegagalan kerja atau kerusakan yang terjadi pada *turbocharger* berdasarkan analisis masalah yang telah diuraikan adalah sebagai berikut:

D. Pemecahan Masalah

1. Terjadinya getaran pada *turbocharger*
 - a. Pemeriksaan jarak pada poros *turbocharger*
 - b. Pembongkaran *turbocharger*
2. Timbulnya suara tidak normal pada saat *turbocharger* beroperasi
 - a. Bersihkan karbon yang menempel pada sudu-sudu turbin dengan menggunakan bahan kimia

- b. Pembilasan sudu-sudu turbin menggunakan air tawar pada saat *turbocharger* sedang beroperasi.

E. Urutan Kejadian

Kejadian dimulai pada saat kapal berlayar dari pelabuhan Bitung dengan tujuan Balikpapan dengan waktu tempuh 2 hari pada tanggal 18 Juni 2010 12.00 LT. Kemudian 40 jam setelah fullway atau tanggal 20 Juni 2010 jam 16.15 LT ada alarm dari engine control room, masinis jaga langsung mengecek *turbocharger* setelah dicek ternyata gas buang *turbocharger* high temperatur. Hal tersebut dilaporkan ke KKM. Setelah itu KKM melaporkan kejadian tersebut ke anjungan dan perwira jaga dek melaporkan ke Nakhoda.

Untuk menghindari kerusakan yang lebih parah maka KKM memerintahkan masinis jaga untuk menurunkan putaran mesin induk dengan maju pelan, yang menyebabkan ada keterlambatan sampai ke pelabuhan tujuan. Setelah sandar di Balikpapan diadakan pembongkaran pada saat dilakukan pembongkaran *turbocharger*, *silencer* atau filter udara dilepas dari penutup penyedot udara, terlihat dengan mata bahwa telah terjadi gesekan antara poros *turbocharger* secara aksial maupun *radial*. Ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi komponen yang ada di dalam *turbocharger* khususnya bantalan poros berputar (*bush bearing*) yang sangat penting peranannya karena menopang poros turbin saat *turbocharger* bekerja dengan putaran yang tinggi.

Didapat dari pemeriksaan jarak secara *radial* dan *aksial* yang ada, pada keduanya telah melebihi batas dari nilai maksimum yang diperbolehkan. Ini dapat diketahui dari poros *turbocharger* yang apabila digerakkan kedalam dan ke luar atau ke atas dan ke bawah telah menyentuh dinding dari penutup. Dan ini yang mengharuskan para masinis di kapal untuk membuka keseluruhan dari *turbocharger* untuk melihat bagian atau komponen yang rusak di dalam *turbocharger* tersebut.

BAB III

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Lokasi Kejadian

Adapun lokasi kejadian pada permasalahan terjadinya permasalahan pada *turbocharger* yaitu di atas kapal MT. Bintang Scorpion, tempat penulis bekerja sebagai 2nd Engineer periode Maret– November 2010.

B. Situasi dan Kondisi

Prosedur perawatan

1. Terjadinya getaran pada *turbocharger*

Berdasarkan hasil analisis pada masalah ini, getaran yang terjadi disebabkan oleh kerusakan pada komponen-komponen di dalam *turbocharger*. Untuk upaya dalam pencegahan terjadinya getaran yang kuat pada *turbocharger* adalah:

a. Pemeriksaan jarak pada poros *turbocharger*

Kegiatan ini dilakukan setiap 4.800 jam kerja dari pengoperasian *turbocharger*. Sesuai dengan buku manual, pengecekan atau pemeriksaan ini untuk mengetahui jarak antara komponen *turbocharger*, juga untuk mengetahui nilai kelurusan pada poros (*shaft*) dari *turbocharger*. Terjadinya gesekan itu akibat jarak antara komponen-komponen di dalam *turbocharger* telah melewati batas yang telah diperbolehkan. Jadi sebelum jarak clearance melewati batas dilakukan pemeriksaan untuk mencegah terjadinya gesekan antara komponen-komponen dalam *turbocharger* dan mencegah terjadinya suatu kerusakan yang lebih fatal diantara semua komponen dari *turbocharger*.

Gambar 3.1. Pemeriksaan roda kompresor



Sumber: MT. Bintang Scorpion

b. Pembongkaran turbocharger

Pada kegiatan ini sesuai dengan buku manual yang diterbitkan oleh pembuat, harus dilakukan pada setiap 12.000 – 18.000 jam kerja pengoperasian *turbocharger*. Dan yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pembongkaran untuk mendapatkan hasil performa *turbocharger* yang baik adalah :

1) Personil yang melaksanakan pembongkaran

Pada perawatan ini personil-personil yang handal dan diakui oleh maker yang seharusnya/sebaiknya melakukan perawatan terhadap *turbocharger*, dimana perbaikan-perbaikan bisa dilakukan sekalipun kapal dalam operasi. Akan tetapi karena kapal biasa berlayar dalam kurun waktu yang tidak lama maka perusahaan memperbolehkan kepala kamar mesin (KKM) untuk membongkar *turbocharger* sesuai dengan prosedur dan urutan yang telah diberikan oleh sipembuat untuk kesempurnaan pembongkaran *turbocharger* tersebut. Biasanya dalam buku manual juga disertai dengan kaset

(CD) pengoperasian dan perawatannya. Kadangkala terjadi kesalahan-kesalahan kecil namun akibatnya bisa menyebabkan kerusakan fatal/besar. Kekeliruan dalam mengikuti urutan yang benar dari pemasangan kembali komponen-komponen itu sendiri.

- a) Kekeliruan dalam mengganti komponen-komponen utama yang telah aus bisa menyebabkan tidak berfungsinya komponen itu, misalnya hilangnya fungsi pelumasan dari bantalan.
- b) Kekeliruan dalam memberikan urutan yang tepat pada rangkaian *rotor turbin* dengan rumahnya dan dalam mengatur letak/posisi *rotor* yang benar bisa menyebabkan tergeseknya *rotor* itu pada rumahnya dengan akibat ketidakseimbangan (*imbalance*).
- c) Pembersihan rumah-rumah *turbin (casing)* yang tidak benar bisa menyebabkan rusaknya sudu-sudu *turbin* karena bergesekan dengan rumahnya saat memasang kembali *rotor turbin* tersebut.

2) Penggunaan / penggantian suku cadang

Karena lingkungan kerja yang keras dari *turbocharger*, gunakan komponen-komponen pengganti yang benar/asli. *turbocharger* merupakan komponen mesin yang selalu bekerja dengan beban dan temperatur tinggi, karena itu merupakan hal yang penting sekali untuk merawat dan menggantinya dengan suku cadang yang benar/asli pada saat dilakukan pembongkaran. Jika ada komponen yang dapat direkondisi seperti sudu turbin, maka lakukan pada *workshop* yang handal dan mempunyai lisensi .

Masalah yang diketahui bahwa kerusakan rotor *turbocharger* cukup parah karena putaran dari massa yang tidak seimbang (*unbalance*) dibagian poros rotor yang disebabkan adanya deposit pada sudu-sudu turbin dan clearance secara aksial dan radial melebihi batas maksimal akibat kerusakan pada bantalan poros berputar (*bush bearing*) dan cincin segel (*seal ring*) pada kedua sisi turbin dan kompresor. Solusi yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

- a) Ganti bearing
 - b) Lakukan penggantian shaft baru dan tes dial indikator
 - c) Ganti bantalan poros berputar (*bush bearing*)
 - d) Ganti cincin segel (*seal ring*)
- 3) Perawatan pada minyak pelumas

Pelumasan pada komponen *turbocharger* juga sangatlah penting peranannya pada kerja *turbocharger* tersebut. Sebagaimana diketahui bahwa fungsi dari sistem pelumasan adalah untuk mengurangi gesekan yang terjadi dari bagian-bagian mesin yang bergerak dan saling berinteraksi dan juga sebagai media pendingin, pembersih untuk mencegah korosi serta sebagai media untuk melakukan pengecekan kondisi atau kerusakan yang terjadi dari suatu mesin atau peralatan. Maka untuk itu diperlukan ketelitian dalam penggunaan jenis minyak pelumas yang tepat.

Dikarenakan minyak pelumas yang digunakan pada *turbocharger* sama dengan yang digunakan pada sistem mesin, maka perlu dilakukan perawatan yang lebih intensif pada minyak pelumas tersebut. Perawatan pada saringan minyak pelumas pada motor induk setiap 250 jam atau tergantung dari kondisi dari motor induk

tersebut. Jadi perawatan saringan untuk minyak pelumasnya sangatlah penting, seperti halnya pelumasan pada bantalan *turbocharger* yang tidak boleh memiliki hambatan pada sistem pelumasan ini. Selain perawatan tersebut, perawatan lain pada minyak pelumas dengan cara mengambil contoh dari minyak lumas yang digunakan untuk dikirim ke laboratorium untuk diperiksa kualitasnya. Pengiriman contoh minyak biasa dilakukan 3 bulan sekali. Laboratorium yang ditunjuk akan memberikan hasil dari pemeriksaan minyak pelumas tersebut. Biasanya hasil dari pemeriksaan menerangkan kadar:

a) Silikon

Yang menerangkan adanya masalah besar, karena minyak pelumas yang mengandung silikon dapat menimbulkan gumpalan pengikis yang akan mengikis permukaan logam sejumlah komponen selama mesin beroperasi.

b) Sodium

Peningkatan sodium secara tiba-tiba dapat mengakibatkan kebocoran *inhibitor* pada sistem pendinginan. *Inhibitor* dapat menunjukkan anti beku di dalam sistem yang akan menyebabkan minyak pelumas menjadi encer dan berlumpur dan selanjutnya menimbulkan sumbatan pada filter.

c) Aluminium

Konsentrasi kandungan aluminium mengarah pada keausan bantalan. Meskipun relatif kecil peningkatan kandungan elemen ini harus segera diperhatikan, sebab sekali keausan menggerogoti

rotor akan menimbulkan partikel logam dalam jumlah besar yang terperangkap pada filter minyak tersebut.

d) Besi

Besi dapat berasal dari berbagai sumber. Besi bisa berubah menjadi karat begitu mesin disimpan. Seringkali apabila diikuti dengan kelalaian mengontrol minyak pelumas, peningkatan kontaminasi besi akan memperburuk keausan *liner*.

e) Air

Air yang mencemari minyak pelumas akan membentuk emulsi yang akan menyumbat *filter*. Air dan minyak pelumas juga dapat membentuk asam penggerogot logam yang berbahaya. Pada kebanyakan kontaminasi air mengakibatkan pemampetan di dalam bak engkol. Kontaminasi lebih gawat lagi terjadi jika ada kebocoran pada sistem pendinginan yang akan mengakibatkan air masuk kebagian dalam sistem minyak pelumas mesin. Jadi apabila perawatan pada sistem pelumasan yang kurang maksimal, akan menyebabkan kegagalan kerja sistem pelumasan dan mengakibatkan kerusakan material dari komponen *turbocharger* tersebut khususnya bantalan poros berputar (*bush bearing*) yang dapat mengakibatkan getaran kuat pada *turbocharger*.

4) Pemeriksaan data-data di buku harian kamar mesin (*engine log book*)

Instrument yang harus diperiksa selama *turbocharger* beroperasi dan dicatat dalam *log book* mesin sebagai acuan deteksi dini jika ada perbedaan yang tidak sesuai buku manual untuk mencegah kerusakan yang mungkin terjadi adalah :

- a) Putaran motor induk (normalnya ≤ 720 RPM)
- b) Putaran *turbocharger* (normalnya 26.000 RPM)
- c) Temperatur kamar mesin.(*Normalnya* 36°C)
- d) Tekanan minyak pelumas untuk *turbocharger* (1.3 – 2.2 bar)
- e) Tekanan udara bilas (2.0 – 2.5bar)
- f) Temperatur udara setelah kompresor *turbocharger* (45°C - 50°C)
- g) Temperatur udara sesudah penghantar pendingin (inter cooler) (38°C - 44°C)
- h) Temperatur air pendingin masuk penghantar pendingin (inter cooler) (32°C - 35°C)
- i) Temperatur gas buang sebelum turbin turbocharger (Max 650°C)

2. Timbulnya suara tidak normal pada saat *turbocharger* beroperasi

Berdasarkan hasil analisis pada masalah ini, suara yang timbul pada saat *turbocharger* sedang beroperasi adalah suara yang terjadi karena rumah keong (*casing*) pada kompresor terdapat goresan yang dalam yang diakibatkan adanya gesekan antara dua komponen pada *turbocharger* yakni sudu-sudu Turbin dengan rumah keong (*casing*). Kejadian tidak seimbang (*unbalance*) batang rotor (*rotor shaft*) yang dapat membuat timbulnya suara tidak normal pada saat *turbocharger* sedang beroperasi tentunya harus dicegah semaksimal mungkin. Hal ini mengindikasikan bahwa harus dilakukan pembersihan sudu-sudu turbin dengan pencucian memakai bahan kimia (*chemical treatment*) atau dengan membilas dengan menggunakan air tawar.

Untuk itu yang dapat diupayakan dalam pencegahan timbulnya suara tidak normal adalah:

- a. Bersihkan karbon yang menempel di sudu-sudu turbin dengan menggunakan bahan kimia.

Pembersihan dilakukan pada saat *turbocharger* sedang di pembongkaran. Sudu – sudu turbin yang telah terbuka direndam dengan bahan kimia tertentu (karbon remover) dan dengan takaran yang sesuai dengan aturan dan petunjuk pada material dari bahan kimia sendiri. Pembersihan dengan cara ini sangat efisien karena dapat menghemat tenaga dan waktu. Dan juga untuk mencegah hal – hal yang tidak diinginkan seperti kerusakan terlalu cepat terhadap semua komponen dari *turbocharger*. Cara ini harus rutin dilaksanakan berdasarkan jam kerja sesuai buku manual atau bila dicurigai adanya ketidaknormalan pada sudu-sudu turbin dari *turbocharger*.

Gambar 3.2.Pembersihan sudu-sudu turbin



Sumber: MT Bintang Scorpion

- b. Pembilasan *sudu-sudu turbin* dengan menggunakan air tawar (*turbine water washing*)

Pembersihan sudu-sudu turbin dengan menggunakan air tawar dilakukan pada saat *turbocharger* sedang beroperasi dan dilakukan setiap 150 jam kerja dari *turbocharger* itu sendiri.

Adapun langkah-langkah dalam pembersihan sudu-sudu turbin dengan menggunakan air tawar antara lain :

- 1) Turunkan putaran motor induk sampai 450 RPM
- 2) Tunggu sekitar 10 menit sampai temperatur gas buang dari motor induk tetap dan tidak berubah lagi
- 3) Buka kran cerat (*drain cock*) dari turbin dan yakinkan kalau berfungsi dengan normal.
- 4) Buka kran air tawar (*three way valve*) yang bertekanan 2 bar selama 10 detik kemudian tutup lagi.
- 5) Biarkan *turbocharger* jalan selama 3 menit kemudian ulangi lagi langkah (4) selama 3 kali.
- 6) Setelah selesai, tutup semua kran air tawar dan kran cerat (*drain cock*)
- 7) Biarkan *turbocharger* jalan selama 10 menit supaya sudu-sudu turbin betul – betul kering
- 8) Pelan – pelan naikkan putaran motor induk kembali keputaran normal.

Selain dari pembersihan sudu-sudu turbin dengan menggunakan air tawar, juga pembersihan rutin terhadap sisi pemasukan udara pada *turbocharger* sangatlah penting. Pembersihan rutin tersebut adalah sebagai berikut :

- 1) Pembersihan filter udara (*silencer*) pada kompresor atau *penyedot udara*: Pembersihan dilakukan setiap 1000 jam atau jika filter sudah kotor sebelum jam kerjanya tercapai. Filter udara ini terbuat dari *copper mesh*. Kotoran debu atau jelaga yang terdapat di *copper mesh* dapat dibersihkan dengan menggunakan *soda solution* dengan

konsentrasi 1% atau minyak tanah (*kerosene*). *Copper mesh* dilepas dari rumahnya kemudian direndam dalam cairan di atas selama 4 jam. Sesudahnya dibersihkan dengan air sabun, dibilas dengan air biasa dan disemprot dengan udara bertekanan untuk mengeringkan sisa air dan menghilangkan kotoran yang mungkin masih tertinggal.

- 2) Pembersihan (*cleaning*) pada bagian roda kompresor (*compressor wheel turbocharger*) (sekali dalam seminggu):
 - a) Buka semua kran cerat (*drain cock*) pada rumah keong
 - b) Kondisi motor induk dalam putaran rendah (480 RPM)
 - c) Untuk pembersihan yang sempurna, masukkan air yang bertekanan selama 4 sampai 10 detik. dan air yang dibutuhkan adalah 0.55 liter untuk jenis *turbocharger* ini yaitu NR29/S153
 - d) Untuk takaran air yang tepat harus disesuaikan dengan buku pedoman, karena memasukkan air berlebih ke *turbocharger* akan mengakibatkan masalah buat mesin.
 - e) Normalnya, tekanan udara bilas ataupun temperatur gas buang akan berubah setelah air pembersih ditekan.
 - f) Apabila tekanan atau temperatur tidak berubah, diperbolehkan untuk mengulangi pembersihan setelah 10 menit.
 - g) Setelah selesai, biarkan motor induk berjalan dengan putaran rendah (480 RPM) kurang lebih selama 15 menit. Agar kadar air yang masih tersisa pada sudu kompresor kering dengan sempurna.
 - h) Tutup *drain cock* pada pipa udara bilas setelah tidak ada lagi air yang keluar dari drain cock tersebut.

3) Ganti sudu-sudu turbin

Salah satu komponen *turbocharger* yang sangat vital adalah sudu-sudu turbin karena komponen inilah yang berperan memutar rotor *turbocharger* karena adanya tekanan dari gas buang motor induk. Penggantian sudu-sudu turbin sangatlah membantu dalam menanggulangi timbulnya suara yang tidak normal pada *turbocharger*

C. Temuan

Suatu mesin terdiri dari beberapa sistem, dan setiap sistem terdiri dari beberapa komponen. Komponen-komponen tersebut bekerja sama untuk mencapai suatu tujuan yaitu memenuhi fungsi dari sistem itu sendiri. Pada sistem pemasukan udara komponen-komponennya bekerja sama untuk menyediakan udara yang bersih dengan jumlah yang tepat untuk proses pembakaran. Tujuan tersebut tidak akan tercapai apabila suatu komponen dari sistem pemasukan udara mengalami kerusakan. *Turbocharger* sebagai salah satu komponen sistem pemasukan udara rentan terhadap kerusakan, dikarenakan *turbocharger* berputar diatas 26000 putaran per menit dengan temperatur yang tinggi. Kejadian-kejadian yang berkaitan dengan kegagalan kerja atau kerusakan pada *turbocharger* sehingga mengganggu operasional motor induk yang terjadi selama penulis bekerja di kapal MT.Bintang Scorpion adalah sebagai berikut:

1. Terjadinya getaran yang kuat pada *turbocharger*

Dalam suatu perjalanan dari pelabuhan Bitung menuju ke Balikpapan, pada tanggal 20 bulan Juni tahun 2010 tiba-tiba *alarm high temperature exhaust*

gas pada *turbocharger* motor induk berbunyi. Pengecekan segera dilakukan oleh masinis jaga dan diketahui dari monitor di ruang kontrol mesin bahwa terjadi kenaikan temperatur gas buang pada *turbocharger* motor induk dan terjadi panas berlebihan pada sistem pendingin yang mengakibatkan alarm tekanan tinggi pada pembuangan *turbocharger* berfungsi. Tindakan Masinis jaga segera mengecek ke lokasi *turbocharger* motor induk, untuk memastikan apakah memang terjadi kenaikan temperatur gas buang dengan melihat termometer manual di *turbocharger* tersebut. Setelah di lokasi didapat bahwa pada termometer manual memang menunjukkan angka yang sama. Pada saat masinis jaga berada dekat *turbocharger*. Motor induk terdengar suara abnormal dari *turbocharger* seperti suara gesekan diantara komponen dibagian dalam turbin *turbocharger*. Selain suara gesekan tersebut ternyata juga terjadi getaran kuat pada rumah *turbocharger*. Kepala kamar mesin setelah menerima laporan melalui telepon dari masinis jaga dan segera memerintahkan untuk mengecek lebih teliti semua parameter yang terdapat di motor induk tersebut.

Tindakan pertama adalah mengecek temperatur dan tekanan minyak lumas pada *turbocharger* pada saat masih beroperasi dengan memiliki beban. Diketahui bahwa temperatur pada *turbocharger* adalah 550 °C. Kemudian pengecekan diteruskan kembali ke gas buang dari tiap silinder mengalami kenaikan dari temperatur normalnya 450°C menjadi rata-rata 485°C. Kondisi *turbocharger* pada motor induk tersebut memiliki getaran yang tidak biasa atau tidak normal.

2. Timbulnya suara yang tidak normal pada saat *turbocharger* sedang beroperasi

Pada saat kapal dalam pelayaran dari pelabuhan Bitung menuju ke pelabuhan Balikpapan pada tanggal 20 Juni 2010, motor induk pada saat beroperasi dengan putaran penuh 720 RPM (*full speed*), selain terjadinya getaran juga terdengar suara tidak normal pada rumah *turbocharger* yang mana suaranya seperti metal yang beradu.

Kemudian kepala kamar mesin memerintahkan masinis jaga untuk menurunkan putaran motor induk sampai keputaran 480 RPM. Setelah putaran dari motor induk tersebut diturunkan, pengecekan dilanjutkan kembali pada *turbocharger*. Diketahui bahwa walaupun motor induk berjalan dengan putaran rendah, suara tidak normal tetap terdengar walaupun suara yang timbul tidak sekeras pada saat motor induk dengan putaran penuh.

Ini memberikan indikasi bahwa telah terjadi kerusakan komponen di dalam *turbocharger*, yang mana ada bagian komponen dalam dari *turbocharger* bersinggungan dengan bagian komponen lainnya.

Berdasarkan fakta kejadian yang telah diuraikan pada deskripsi data, dapat dianalisa kegagalan kerja/ kerusakan pada *turbocharger* sebagai berikut:

1. Terjadinya getaran yang kuat pada *turbocharger*

Setelah dilakukan pembongkaran pada *turbocharger* dan dianalisa satu-persatu komponen-komponennya ditemukan adanya deposit pada sudu-sudu turbin. Keberadaan deposit ini dapat menyebabkan ketidakseimbangan (*umbalance*) batang poros (*rotor shaft*) sebuah *turbocharger* pada

operasional motor induk sehari-hari, karena sewaktu *turbocharger* dioperasikan banyak substansi yang bisa mempengaruhi kondisi sebuah rotor hingga menjadi tidak seimbang. Deposit yang terjadi selama pengoperasian bisa menambah jumlah massanya. Keadaan ini bisa membuat *umbalance* tercipta walaupun rotor tersebut sudah melalui proses keseimbangan pada saat dilakukan pembongkaran.

Selain kejadian ketidak seimbangan pada rotor, perawatan-perawatan di hulu mesin dapat juga sebagai penyebab kerusakan *turbocharger*. Kerusakan pada *turbocharger* dapat terjadi setelah dilakukan perawatan pada komponen-komponen mesin lainnya yang berada di hulu aliran gas buang yang menuju ke *turbocharger*, karena berada dibagian paling hilir dari aliran gas buang dibandingkan komponen-komponen mesin lainnya, maka setiap kotoran/benda-benda asing, bagian-bagian, yang lepas karena tidak terpasang sempurna, perkakas yang tertinggal atau potongan-potongan kecil dari komponen mesin yang rusak bisa saja akhirnya bergerak mengikuti gas buang ke arah hilir dan merusak *turbocharger*. Benda-benda seperti itu bisa saja berupa baut-baut lepas, bagian-bagian dari pengabut bahan bakar, pecahan ring torak yang patah atau komponen lainnya, karena *turbocharger* berputar dengan kecepatan yang sangat tinggi, walaupun partikel-partikel yang sangat kecil pun bisa merusak bagian-bagian yang vital dan menyebabkan getaran kuat akibat ketidakseimbangan ataupun kerusakan yang lebih besar.

Dalam kasus yang terjadi di kapal MT.Bintang Scorpion, pada saat dilakukan pembongkaran *turbocharger* ditengah laut dalam perjalanan dari

pelabuhan Balikpapan menuju ke pelabuhan Bitung, setelah *silencer* atau filter udara dilepas dari kap penyedot udara, terlihat dengan mata bahwa telah terjadi gesekan antara poros *turbocharger* secara aksial maupun radial. Ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi komponen yang ada di dalam *turbocharger* khususnya bantalan poros berputar (*bush bearing*) yang sangat penting peranannya karena menopang poros turbin saat *turbocharger* bekerja dengan putaran yang tinggi.

Didapat dari pemeriksaan jarak secara radial dan aksial yang ada, pada keduanya telah melebihi batas dari nilai maksimum yang diperbolehkan. Ini dapat diketahui dari poros *turbocharger* yang apabila digerakkan ke dalam dan ke luar atau ke atas dan ke bawah telah menyentuh dinding dari *casing*. Dan ini yang mengharuskan para masinis di kapal untuk membuka keseluruhan dari *turbocharger* untuk melihat bagian atau komponen yang rusak di dalam *turbocharger* tersebut.

Setelah *turbocharger* dibuka atau pembongkaran, diketahui bahwa ada beberapa komponen yang memang sudah rusak, salah satunya adalah bantalan poros berputar (*bush bearing*). Bantalan poros berputar (*bush bearing*) disini adalah bantalan yang terbuat dari kuningan yang mempunyai ketebalan sekitar 17 mm, dengan diameter dalam 48 mm dan lebar 36 mm. Apabila permukaan diameter dalam dari bantalan poros berputar (*bush bearing*) ini bergesekan maka poros turbin tidak lagi sempurna tertopang oleh bantalan poros berputar (*bush bearing*) tersebut, dan mengakibatkan poros tidak seimbang dalam berputar atau *imbalance* sehingga poros turbin akan ikut bergesekan yang mengakibatkan getaran yang kuat dan

menimbulkan suara yang sangat bising, sehingga kerja dari *turbocharger* tidak maksimal.

Selain bantalan poros berputar (*bush bearing*) yang rusak, cincin segel (*seal ring*) yang ada pada kedua sisi yaitu sisi turbin dan sisi *penyedot udara* juga didapati telah rusak. Fungsi dari cincin segel (*seal ring*) ini adalah menahan tekanan minyak pelumas yang bekerja pada sistem pelumasan di *turbocharger* agar tidak keluar dari bagian dalam *turbocharger* yang mengakibatkan tekanan minyak lumas pada sistem menurun sehingga pelumasan tidak bekerja maksimal.

Apabila cincin segel (*seal ring*) pada sisi turbin yang tidak bekerja dengan baik atau rusak, maka minyak lumas akan keluar menuju rumah keong dari *turbocharger* dan akan terbakar oleh panasnya gas buang dari tiap silinder sehingga menimbulkan asap hitam pada cerobong gas buang.

Dan apabila cincin segel (*seal ring*) pada sisi kompresor yang rusak, maka minyak lumas akan ikut masuk kedalam ruang pembilasan yang mana akan mengakibatkan kotoran yang menumpuk pada pendingin udara atau *Intercooler* sehingga kinerja dari pendingin udara tidak maksimal pada udara bilas yang dihasilkan. Selain itu juga mengakibatkan kotoran yang menumpuk pada katup masuk atau isap dikepala silinder, sehingga udara bilas yang akan masuk ke dalam silinder menjadi tertahan.

Kinerja cincin segel (*seal ring*) pada *turbocharger* ini sangatlah penting karena kebocoran pada cincin segel (*seal ring*) juga mengakibatkan turunnya tekanan minyak lumas pada *turbocharger* dan juga turunnya performa *turbocharger* itu sendiri yang berakibat performa dari motor disel juga menurun.

2. Timbulnya suara yang tidak normal pada saat *turbocharger* sedang beroperasi

Telah diketahui sebelumnya bahwa pada saat motor induk di putaran penuh, *turbocharger* mengalami masalah dengan adanya getaran yang terjadi. Selain getaran, masalah yang juga dialami *turbocharger* adalah timbulnya suara yang tidak normal pada saat *turbocharger* beroperasi. Suara tersebut terdengar kuat saat motor induk sedang beroperasi, akan tetapi setelah diteliti dengan menurunkan putaran motor induk, suara tersebut lebih rendah daripada saat motor induk pada putaran penuh. Dari suara yang tidak normal itu bisa diindikasikan bahwa ada masalah yang terjadi pada komponen di dalam *turbocharger*. Pada langkah pertama adalah membuka *silencer* atau filter udara, dan didapati bahwa penutup pada kompresor telah terjadi goresan yang dalam. Kemungkinan yang terjadi adalah akibat gesekan roda kompresor dengan penutup. Dari gesekan tersebut kemungkinan suara yang tidak normal timbul.

Sebagai pemecahan masalah atas kegagalan kerja atau kerusakan yang terjadi pada *turbocharger* berdasarkan analisis masalah yang telah diuraikan adalah sebagai berikut:

D. Pemecahan Masalah

1. Terjadinya getaran pada *turbocharger*
 - a. Pemeriksaan jarak pada poros *turbocharger*
 - b. Pembongkaran *turbocharger*
2. Timbulnya suara tidak normal pada saat *turbocharger* beroperasi
 - a. Bersihkan karbon yang menempel pada sudu-sudu turbin dengan menggunakan bahan kimia

- b. Pembilasan sudu-sudu turbin menggunakan air tawar pada saat *turbocharger* sedang beroperasi.

E. Urutan Kejadian

Kejadian dimulai pada saat kapal berlayar dari pelabuhan Bitung dengan tujuan Balikpapan dengan waktu tempuh 2 hari pada tanggal 18 Juni 2010 12.00 LT. Kemudian 40 jam setelah fullway atau tanggal 20 Juni 2010 jam 16.15 LT ada alarm dari engine control room, masinis jaga langsung mengecek *turbocharger* setelah dicek ternyata gas buang *turbocharger* high temperatur. Hal tersebut dilaporkan ke KKM. Setelah itu KKM melaporkan kejadian tersebut ke anjungan dan perwira jaga dek melaporkan ke Nakhoda.

Untuk menghindari kerusakan yang lebih parah maka KKM memerintahkan masinis jaga untuk menurunkan putaran mesin induk dengan maju pelan, yang menyebabkan ada keterlambatan sampai ke pelabuhan tujuan. Setelah sandar di Balikpapan diadakan pembongkaran pada saat dilakukan pembongkaran *turbocharger*, *silencer* atau filter udara dilepas dari penutup penyedot udara, terlihat dengan mata bahwa telah terjadi gesekan antara poros *turbocharger* secara aksial maupun *radial*. Ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi komponen yang ada di dalam *turbocharger* khususnya bantalan poros berputar (*bush bearing*) yang sangat penting peranannya karena menopang poros turbin saat *turbocharger* bekerja dengan putaran yang tinggi.

Didapat dari pemeriksaan jarak secara *radial* dan *aksial* yang ada, pada keduanya telah melebihi batas dari nilai maksimum yang diperbolehkan. Ini dapat diketahui dari poros *turbocharger* yang apabila digerakkan kedalam dan ke luar atau ke atas dan ke bawah telah menyentuh dinding dari penutup. Dan ini yang mengharuskan para masinis di kapal untuk membuka keseluruhan dari *turbocharger* untuk melihat bagian atau komponen yang rusak di dalam *turbocharger* tersebut.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan uraian-uraian pada bab-bab sebelumnya mengenai masalah yang terjadi, pembahasan masalah dan penganalisaan serta pemecahan masalah, maka dapatlah ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Terjadinya getaran kuat pada *turbocharger* disebabkan oleh putaran dari massa yang tidak seimbang (*unbalance*) dibagian poros rotor (*turbine shaft*), karena adanya deposit pada sudu-sudu turbin dan pemeriksaan radial dan aksial melebihi batas maksimal, akibat dari rusaknya Bantalan poros berputar (*bush bearing*), cincin segel (*seal ring*), poros dari rotor atau poros turbin (*turbine shaft*) yang sedikit membengkok dan rusaknya bantalan diakibatkan dari kegagalan sistem pelumasan yang diterima oleh *turbocharger*.
2. Timbulnya suara tidak normal pada saat *turbocharger* sedang beroperasi disebabkan oleh terjadinya gesekan komponen-komponen dalam *turbocharger* yakni rumah keong (*casing*) dengan sudu-sudu turbin.

B. Saran

1. Untuk mencegah terjadinya getaran yang tidak normal pada *turbocharger* perlu dilakukan perawatan berdasarkan jam kerja sesuai dengan pedoman dari buku manual atau jika dicurigai adanya ketidak normalan pada suatu komponen pada *turbocharger*. Perawatan pada sistem pelumasan *turbocharger* sebaiknya dilakukan sesuai panduan.
2. Untuk mencegah timbulnya suara tidak normal pada saat *turbocharger* sedang beroperasi yaitu pembilasan terhadap sudu-sudu turbin dengan menggunakan air tawar sebaiknya dilaksanakan sesuai panduan.

DAFTAR PUSTAKA

- ABB Turbo System LTD 1996, *Instruction of Operation and Maintenance*
Switzerland
- Akademi Ilmu Pelayaran 1976, *Motor Diesel dan Turbin Gas kapal*, Jakarta
- Arismunandar W, 1975 *Motor Diesel Putaran Tinggi* Bandung
- Doug Woodyard *Marine Diesel Engines*, Seventh Edition
- Harsanto, 1969 *Motor Bakar* Djambatan Jakarta
- 2014 *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Edisi Keempat PT. Gramedia
Pustaka Utama Jakarta, .
- Maleev 1991 *Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel*, terjemahan Ir. Bambang
Priambodo Jakarta Erlangga
- MAN B&W 2011, *Instruction Manual Book* Augsburg, Germany
- Sukoco dan Zainal Arifin 2013 *Teknologi Motor Diesel* , Alfabeta Bandung
- STX ENPACO – MAN 2011, *Instruction Manual Book of Turbocharger*
Augsburg, Germany
- Tailor D.A., *Instruction to Marine Engineering*, Revised Second Edition

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan uraian-uraian pada bab-bab sebelumnya mengenai masalah yang terjadi, pembahasan masalah dan penganalisaan serta pemecahan masalah, maka dapatlah ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Terjadinya getaran kuat pada *turbocharger* disebabkan oleh putaran dari massa yang tidak seimbang (*unbalance*) dibagian poros rotor (*turbine shaft*), karena adanya deposit pada sudu-sudu turbin dan pemeriksaan radial dan aksial melebihi batas maksimal, akibat dari rusaknya Bantalan poros berputar (*bush bearing*), cincin segel (*seal ring*), poros dari rotor atau poros turbin (*turbine shaft*) yang sedikit membengkok dan rusaknya bantalan diakibatkan dari kegagalan sistem pelumasan yang diterima oleh *turbocharger*.
2. Timbulnya suara tidak normal pada saat *turbocharger* sedang beroperasi disebabkan oleh terjadinya gesekan komponen-komponen dalam *turbocharger* yakni rumah keong (*casing*) dengan sudu-sudu turbin.

B. Saran

1. Untuk mencegah terjadinya getaran yang tidak normal pada *turbocharger* perlu dilakukan perawatan berdasarkan jam kerja sesuai dengan pedoman dari buku manual atau jika dicurigai adanya ketidak normalan pada suatu komponen pada *turbocharger*. Perawatan pada sistem pelumasan *turbocharger* sebaiknya dilakukan sesuai panduan.
2. Untuk mencegah timbulnya suara tidak normal pada saat *turbocharger* sedang beroperasi yaitu pembilasan terhadap sudu-sudu turbin dengan menggunakan air tawar sebaiknya dilaksanakan sesuai panduan.

DAFTAR PUSTAKA

- ABB Turbo System LTD 1996, *Instruction of Operation and Maintenance*
Switzerland
- Akademi Ilmu Pelayaran 1976, *Motor Diesel dan Turbin Gas kapal*, Jakarta
- Arismunandar W, 1975 *Motor Diesel Putaran Tinggi* Bandung
- Doug Woodyard *Marine Diesel Engines*, Seventh Edition
- Harsanto, 1969 *Motor Bakar* Djambatan Jakarta
- 2014 *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Edisi Keempat PT. Gramedia
Pustaka Utama Jakarta, .
- Maleev 1991 *Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel*, terjemahan Ir. Bambang
Priambodo Jakarta Erlangga
- MAN B&W 2011, *Instruction Manual Book* Augsburg, Germany
- Sukoco dan Zainal Arifin 2013 *Teknologi Motor Diesel* , Alfabeta Bandung
- STX ENPACO – MAN 2011, *Instruction Manual Book of Turbocharger*
Augsburg, Germany
- Tailor D.A., *Instruction to Marine Engineering*, Revised Second Edition

RIWAYAT HIDUP



Abdul Khoir, lahir di Jakarta pada tanggal 01 Februari 1976 anak dari H.Muhamad (alm) & Hj Aliyah Penulis adalah anak ketiga dari tujuh bersaudara. Penulis sekarang bertempat tinggal di Rajek Kosambi Kabupaten Tangerang Utara, Banten.

Riwayat Pendidikan:

1. SDN 07 Kebon Jeruk, Jakarta Barat dan lulus tahun 1989,
2. SMP Negeri 229 Kebon Jeruk, Jakarta Barat dan lulus tahun 1992,
3. SMK Pelayaran Pembangunan, Jakarta Timur dan Lulus tahun 1995
4. Mengikuti program diklat pelaut jurusan Teknik dan Diploma III di AMP Jakarta Timur, Angkatan 1 Tahun 1997 dan lulus (ATT III) tahun 2004.
5. Diklat pelaut Peningkatan (DP-II/ATT II) periode III Bulan September 2008 di BP3IP Podomoro, Jakarta Utara lulus tahun 2009,
6. Diklat Pelaut Peningkatan (DP-I/ATT I) di PIP Makassar tergabung pada Angkatan XXII periode Bulan September 2020 sampai dengan sekarang, penulisan Karya Ilmiah Terapan yang penulis buat sebagai syarat untuk menyelesaikan Program pendidikan DP-1.

Riwayat Pekerjaan

1. PT. Sumber Bahari Pontianak 2005– 2006
2. Keppel Smith Towage - Maju Maritime Singapore 2006 – 2008
3. PT. Meratus Surabaya 2009– 2010
4. PT. Lamindo Shipping 2010 - 2010
5. PT. Ravina Segara Lines Jakarta 2010 - 2011
6. Selat Marine LLC Sharjah UAE 2012 - 2013
7. Khalid Faraj Shipping - Liwa Marine Services LLC Abu Dhabi UAE 2014 - 2019