BAB I
PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Kapal merupakan salah satu sarana transportasi laut yang berperan penting dalam kegiatannya sebagai penghubung antar wilayah atau pun pulau-pulau dalam jumlah banyak, tetapi perlu kita ketahui bahwa sebuah kapal dalam pengoperasiannya itu digerakan dengan Mesin Induk (Diesel) dan performa dari mesin tersebut harus dijaga agar tetap dalam kondisi siap untuk berlayar. Semua perusahan pelayaran tidak menginginkan kapal yang tergabung dalam armadanya tidak beroperasi dengan baik. Didalam pengoperasian kapal tentunya akan ada permasalahan-permasalahan yang timbul dan tentu saja tidak diinginkan.

Mesin yang digunakan untuk menggerakan kapal atau yang biasa kita sebut mesin induk adalah mesin yang menggunakan sistem pembakaran sebagai sumber tenaga. Tenaga ini berasal dari campuran bahan bakar dan udara yang ada didalam ruang bakar. Untuk menghasilkan pembakaran yang maksimal dan sempurna salah satu aspek yang sangat penting adalah tersedianya udara yang cukup menuju ke silinder. Salah satu bagian dari motor induk yang terkait langsung dan berfungsi sebagai pompa udara dalam proses pembakaran adalah *turbocharger.*

Turbocharger merupakan suatu pesawat yang mampu menghasilkan udara bertekanan lebih dari 1 *atm* yang sangat dibutuhkan untuk proses pembakaran bahan bakar dalam silinder dan pada *mesin bantu diesel.* Putaran *turbocharger* digerakan oleh tekanan gas buang dari dalam silinder sebelum keluar ke cerobong.

Oleh karena itu putaran *turbocharger* perlu dipertahankan agar kinerja *turbocharger* tetap optimal terus menerus. Salah satu diantaranya yang harus dipertahankan adalah perawatan komponen-komponennya khususnya pada *turbin rotor* selalu dirawat supaya putarannya tetap optimal serta tekanan gasnya tidak

menurun dan perawatan pada *filter udara bilas* juga harus dilakukan agar pasokan udara bilas tercukupi diruang pembakaran.

Dengan perkembangan motor diesel akhirnya memasuki perkembangan pemakaian dan pemasaran yang lebih luas, dimana pada tahun 1950-an *vernon rose* mengembangkan pompa *rotary* serta *turbocharger*. Sehingga *mesin bantu diesel* sampai sekarang menjadi mesin yang benar–benar efisien, ringan serta bebas polusi udara.

Dibandingkan dengan sebelumnya proses pemasukan udara pada *mesin bantu diesel* hanya terjadi pada proses langkah isap torak serta perbedaan tekanan antara di luar dan di dalam silinder.

Bagian dari *turbocharger* itu sendiri terdiri 2 bagian inti, yaitu: bagian *blower side* yang berfungsi menghisap udara luar untuk mensuplai udara bersih yang dipakai dalam proses pembakaran didalam silinder. Namun faktanya di lapangan kinerja *turbocharger* sering mengalami masalah seperti terjadinya *surging*, tingginya temperature gas buang, kurangnya tekanan pelumasan dan timbulnya getaran pada *turbocharger*. Mengakibatkan pembakaran yang tidak sempurna sehingga gas buang mengandung karbon yang pekat dan melekat pada *turbin blades* dan *nozzle ring turbocharger*, sehingga tekanan expansi gas buang menurun.

Pengamatan yang melatar belakangi penyusunan skripsi ini adalah ketika kapal MT CAKRA PATRIOT berlayar pada tanggal 06 February 2019 dari Pelabuhan Cilacap untuk loading muatan tiba-tiba suhu exhaust gas (gas buang) pada mesin diesel generator no.3 mengalami kenaikan temperature sampai 500°C sehingga proses pembakaran didalam silinder tidak maksimal dikarenakan ada permasalahan didalam menyuplei udara. Setelah dilakukan pengamatan beberapa kemudian terdengar suara ledakan dari turbocharger itu sendiri tetapi tidak begitu keras. Dikarenakan kurangnya perawatan terhadap turbocharger. hambatan yang sering terjadi apabila turbocharger mengalami masalah yaitu terhambatnya proses bongkar muat di atas kapal MT. CAKRA PATRIOT

Di kapal MT. CAKRA PATRIOT mempunyai 3 generator pada saat 2 generator sedang beroperasi terjadi *surging* sehingga suplay aliran listrik terhambat karena generator yang *surging* harus di matikan dan di ganti dengan generator yang sudah siap untuk di nyalakan.

Namun kenyataannya dilapangan sering terjadi permasalahan-permasalahan yang mengakibatkan turunnya performa *turbocharger* mesin induk sehingga pengoperasian mesin bantu pada MT. CAKRA PATRIOT tidak lancar.

Seperti Tejadi surging pada *turbocharger*,tingginya temperatur gas buang,timbulnya getaran pada *turbocharger*,kurangnya suplay udara yang masuk ke ruang pembakaran dan terdapat kotoran pada bagian *turbin.*

Berdasarkan dari fakta diatas, maka penulis tertarik untuk mengangkat masalah tersebut menjadi suatu skripsi dengan judul :

"OPTIMALISASI KINERJA TURBOCHARGER MESIN BANTU UNTUK KELANCARAN PENGOPERASIAN DIKAPAL MT.CAKRA PATRIOT "

B. IDENTIFIKASI MASALAH

Tidak optimalnya udara bilas pada *turbocharger* setelah di identifikasi kemungkinan berkaitan dengan :

1. Terjadinya *surging* pada *turbocharger.*
2. Tingginya temperature gas buang .
3. Timbulnya *getaran* pada *turbocharger*
4. Kurangnya suplay udara yang masuk ke ruang pembakaran
5. Terdapat kotoran pada bagian turbin

C. BATASAN MASALAH

Karena luasnya masalah dan pembahasan terhadap kinerja *turbocharger*,maka penulis akan membatasi permasalahan yang akan dibahas pada skripsi ini , yaitu:

1. Terjadinya *surging* pada *turbocharger.*
2. Terdapat kotoran pada bagian *turbin*

D. RUMUSAN MASALAH

Untuk mendeskripsikan atau menjelaskan fakta-fakta sesuai pengalaman dan pengamatan yang penulis lakukan maka masalah dibatasi sebagai berikut :

1. Apa penyebab terjadinya *surging* pada *turbocharger*?

2. Apa penyebab terjadinya penumpukan kotoran pada bagian *turbin*

E. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

1. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

a. Untuk mengetahui penyebab terjadinya *surging* pada *turbocharger* dan bagaimana cara mengatasinya .
b. Untuk mengetahui penyebab terjadinya penumpukan kotoran pada bagian *turbin* dan bagaimana cara mengatasinya .

2. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

a. Untuk menambah kekayaan pengetahuan yang dapat dipelajari oleh para masinis khususnya bagi pembaca di bidang teknik pelayaran.
b. Sebagai bahan masukan yang berguna bagi kapal dalam mengatasi masalah yang berkaitan dengan perawatan *turbocharger*.

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Penulis mencoba membagi penulisan skripsi ini dalam beberapa bab untuk mempermudah membaca dan memahami skripsi ini berdasarkan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan pendahuluan yang mengutarakan latar belakang, identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penilitian, metode penilitian dan teknik pengumpulan data, waktu dan tempat penilitian serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Menjelaskan teori-teori yang digunakan untuk menganalisa data-data yang didapat melalui buku-buku sebagai referensi untuk mendapatkan informasi dan juga sebagai tinjauan pustaka. Pada landasan teori ini juga terdapat kerangka pemikiran yang merupakan model konseptual tentang bagaimana teori berhubungan dengan factor yang telah diindetifikasi sebagai masalah yang penting.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang waktu dan tempat penelitian, metode penilitian dan teknik pengumpulan data yang digunakan dan subek peniltian .

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini penulis mengemukakan tentang hasil penelitian sejelas mungkin serta pembahasan hasil penelitian, data yang diambil dari lapangan berupa fakta-fakta yang terjadi selama penulis praktek laut di atas kapal MT.CAKRA PATRIOT. Dengan digambarkan dalam deksripsi data, kemudian di analisis mengenai permasalahan yang terjadi dan menjabarkan pemecahan masalah dari permasahan tersebut

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini penulis mengumukakan tentang kesimpulan dari berbagai jawaban atas masalah-masalah yang dan saran untuk penyelesaian masalah yang ada pada *turbocharger* tersebut .

BAB II
LANDASAN TEORI

G. TINJAUAN PUSTAKA

1. Turbocharger

a. Pengertian *turbocharger*

Menurut E. Karyanto (2000 : 149-150) *Turbocharger* adalah bagian dari mesin induk yang berfungsi sebagai pompa isap dan pompa tekan udara ke mesin induk yang dugunakan untuk pembilasan dan pembakaran yang sempurna dari mesin induk tersebut. Dengan *turbocharger* ini diharapkan kenaikan daya mesin diesel dapat mencapai 30-40% (Udara yang dihasilkan beratnya bertambah besar sehingga bahan bakar terbakar habis, sehingga jumlah panas yang dihasilkan menjadi besar) dan kini *turbocharger* yang ekonomis dan terpercaya dapat dimanfaatkan dan berkembang maju.

Menurut Wiranto Arismunandar (2004 : 79) Kerugian pembuangan cukup besar, oleh karena itu perlu ada usaha untuk menguranginya. Salah satu cara untuk mengurangi kerugian buangan adalah dengan memasang

turbocharger pada saluran buang. Dalam hal ini gas buang dimanfaatkan untuk menggerakan turbin gas yang menggerakkan kompresor. Kompresor tersebut memompa udara masuk kedalam silinder sehingga menaikkan tekanan dan jumlah udara yang dimasukan kedalam silinder. Dengan demikian maka jumlah bahan bakar yang dimasukkan kedalam silinder dapat diperbanyak sehingga daya mesin dapat diperbesar. Dengan *turbocharger* tersebut, kira-kira 8 sampai 10% dari jumlah kalor pembakaran bahan bakar dapat diselamatkan.

b. Sistem *Turbocharger*

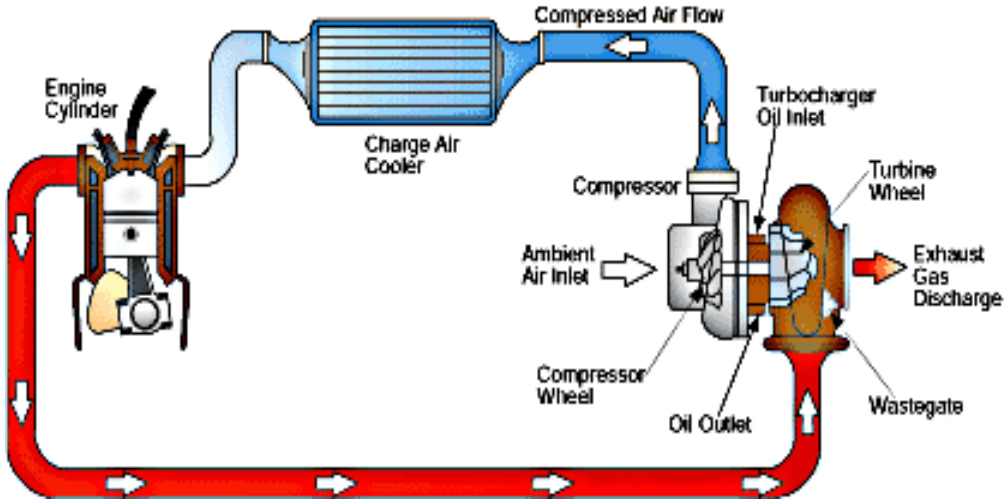
Sistem adalah sekelompok komponen dan elemen yang digabungkan menjadi satu untuk mencapai tujuan tertentu. Sistem berasal dari bahasa Latin (*systēma*) dan bahasa Yunani(*sustēma*) adalah suatu kesatuan yang terdiri komponen atau elemen yang dihubungkan bersama untuk memudahkan aliran informasi, materi atau energy untuk mencapai suatu tujuan menurut https://arifashkaf.wordpress.com.

Turbocharger pun mempunyai sistem dalam proses kerjanya, Sebuah *turbocharger* secara dasar adalah sebuah pompa udara. Gas buang panas yang meninggal kan mesin setelah pembakaran diarahkan langsung ke roda *turbin* disamping *turbocharger* untuk membuat *turbin* tersebut berputar hingga kecepatan 57.000 *RPM*. *Roda turbin* itu terhubung oleh sebuah batang ke roda *kompresor*. Semakin *turbin* berputar cepat, *kompresor* pun ikut berputar dengan cepat. Putaran *kompresor* tersebut mendorong aliran udara dan mengkompres udara tersebut sebelum dipompakan ke dalam ruang pembakaran mesin.

Banyak sistem *turbo* yang menambahkan pendingin (*Intercooler*) antara *kompresor* dan silinder, karenan udara yg terkompres dan berputar sedemikian cepatnya dapat mencapai suhu tinggi yg ekstrim.

Prinsip dasar dibalik penggunaan *turbocharger* cukup sederhana, namun sebuah *turbocharger* adalah sebuah komponen mesin yang sangat kompleks. Tidak hanya komponen-komponen dalam *turbocharger* itu sendiri yg harus terkordinasi secara tepat, tapi juga *turbocharger* dan mesin harus benar-benar

cocok. jika tidak, maka dapat menghasilkan mesin yang tidak efisien dan bahkan kerusakan.



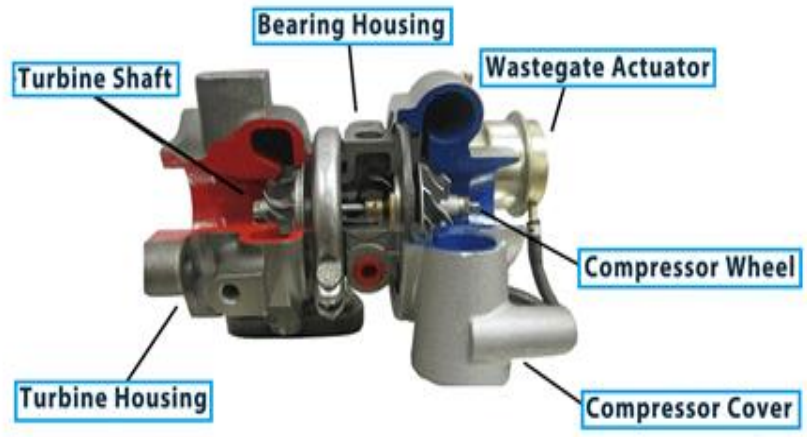
Gambar 2.1 Sistem Kerja Turbocharger

c. Komponen *Turbocharger*

Berdasarkan prinsip kerja tersebut, *turbocharger* tersusun atas beberapa komponen utama yakni *turbin shaft, compressor wheel, bearing*

housing/center housing, intercooler, blow of valve dan wastegate actuator gambar terdapat dilampiran 2.

Berikut ini adalah penjelasan tentang komponen-komponen pada *turbocharger* tersebut



Gambar 2.2 Komponen Turbocharger

1.) Turbine Shaft

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

Fluida yang dikonversikan energi panasnya menjadi tenaga putaran poros pada sistem *turbocharger* tentu saja adalah udara gas buang dari hasil pembakaran motor bakar. Gas buang ini masih menyimpan cadangan energi berbentuk panas dan tekanan yang masih cukup bermanfaat.

Turbin pada *turbocharger* tersusun atas *rotor* dan *casing*. *Turbin* ini biasa bertipe *sentrifugal* dengan *casing* berbentuk *volute* mirip

seperti *casing pompa sentrifugal*. Gas buang masuk melalui sisi *casing*, mengalir mengikuti bentuk "*keong*" dan masuk ke sudu melalui tepi *rotor*. Selanjutnya gas buang mengalir mengikuti bentuk sudu *turbin* sekaligus mengalami proses penyerapan energi panas dan tekanan menjadi putaran sudu, dan berakhir ke sisi tengah *rotor* untuk keluar ke sisi *exhaust*.

2.) Kompresor

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

Kompresor turbocharger bertipe *sentrifugal* dan tersusun atas dua bagian utama yakni *sudu-sudu rotor* dan *casing*. Pada saat *impeller rotor kompresor* mulai berputar dengan kecepatan tinggi, udara atmosfer akan mulai terhisap dan masuk ke *kompresor* melalui sisi *inlet*. Udara ini akan diakselerasi oleh *impeller* secara radial menjauhi poros *kompresor*. Pada saat udara terakselerasi hingga ke *casing kompresor* yang juga berfungsi sebagai *diffuser*, kecepatan aliran udara akan turun dan tekanan statiknya akan meningkat. Peningkatan tekanan udara ini akan diikuti dengan kenaikan temperatur juga. Selanjutnya, udara terkompresi ini dikeluarkan untuk menuju ke *intercooler*.

3.) Bearing Housing / Center Housing

Masing-masing turbin dan *kompresor* pada *turbocharger* tersusun atas bagian *rotor* dan rumah *casing*. Keduanya berada pada satu poros yang ditopang oleh sebuah sistem *bearing* (bantalan) di tengah-tengah antara *turbin* dan *kompresor*. Untuk kebutuhan *assembly*, *casing turbin* dan *kompresor* disatukan oleh sebuah sistem bernama *Center Housing & Rotating Assembly* (CHRA). Karena sistem *bearing* juga terletak pada CHRA, maka sistem lubrikasi *turbocharger* juga berpusat pada CHRA.

Putaran poros *turbocharger* dapat mencapai 100.000 rpm. Dengan putaran secepat itu, dibutuhkan *bearing* dengan kualitas baik. *Thrust*

bearing tradisional dari *turbocharge* biasanya terbuat dari perunggu. Pada perkembangan selanjutnya *bearing* modern *turbocharger* adalah berupa *ball bearing* dengan bahan keramik. Penggunaan *ball bearing* lebih banyak dipilih karena *lifetime turbocharger* menjadi lebih baik.

CHRA juga menjadi tempat sirkulasi sistem pelumasan oli dan pendinginan. *Turbocharge* bekerja pada temperatur yang sangat tinggi. *Turbin* menggunakan gas buang *motor bakar* yang bertemperatur tinggi, *kompresor* akan menghasilkan udara terkompresi yang juga bertemperatur tinggi. Maka untuk menunjang keawetan *bearing* maka dibutuhkan sistem pelumasan dan pendingan yang baik.

4.) Blow-Off Valve

Fungsi dari komponen ini adalah untuk membuang udara terkompresi yang berlebihan yang hendak masuk keruang bakar ketika akselerasi dari kendaraan diturunkan.

5.) Wastegates

Sebuah mesin tentunya menghasilkan *exhaust*/gas buang hasil pembakaran. *Wastegates* merupakan komponen untuk memprosesi gas buang tersebut. Fungsinya adalah untuk membuang gas buang pada *motor bakar* agar tidak kembali ke *turbin*, dan langsung ditujukan ke *exhaust (knalpot)*.

6.) Intercooler

fungsinya adalah untuk mendinginkan udara yang dihasilkan oleh *mesin turbo* sebelum dimasukkan kedalam ruang bakar.

Karena udara yang dikompresi dari baling baling *kompressor* yang terputar dengan putaran yang sangat tinggi akan menyebabkan suhu udara pun menjadi meningkat. Dan oleh sebab itu pada sebuah sistem *turbocharger* dibutuhkan yang namanya *intercooler* .

2. Memelihara Mesin Diesel *Turbocharger*

Menurut *E. Karyanto* dalam bukunya yang berjudul Penuntun Praktikum Tehnologi Perlengkapan Mesin Diesel menerangkan tentang perawatan

turbocharger yang baik adalah kunci keawetan untuk semua jenis *mesin diesel*. Terlebih lagi bila mesin tersebut menggunakan *turbocharge*r, karena beban kerja perangkat *turbocharger* itu sungguh luar biasa karena beroperasi pada suhu gas buang sekitar 900°C (derajat celcius).

Sewaktu mesin ini dioperasikan pada beban penuh, kecepatan putarannya bisa mencapai 16.000 rpm. Bagian paling kritis dari sebuah perangkat *turbocharger* yang perlu mendapat perhatian khusus adalah bantalan penyangga/penopang porosnya.

Kebanyakan *turbocharger* memakai bantalan pemikul model bebas *(full floating bearing)*. Bantalan ini menyebabkan beban kerja berkurang lantaran poros dan rumahnya akan berputar bebas. Jadi beban kerja turbin maupun *kompresor* ditopang sepenuhnya oleh *rumah poros,* menyebabkan umur bantalan poros akan lebih awet.

Sangat penting dan perlu diperhatikan, setiap diesel yang menggunakan *turbocharger*, oli pelumas mesinnya akan cepat panas dibanding mesin diesel tanpa *Turbo (natural aspirated).* Kondisi ini membuat kualitas kekentalan oli pelumas jadi cepat menurun, karena minyak pelumas disamping untuk pendinginan, *oli mesin* juga berfungsi melumasi alat *turbocharger* itu sendiri. Dengan demikian, oli mesin berikut saringan udara perlu adanya perawatan yang teratur.

Dalam perawatan *turbocharger* diperlukan juga suatu perawatan saringan udara yang mana menurut *Ir. Bambang Priambodo* dalam bukunya yang berjudul Operasi dan pemeliharaan *mesin diesel*, kegunaan system pemasukan ini adalah untuk menyediakan udara yang diperlukan bagi pembakaran bahan bakar. Tetapi selain itu, system pemasukan udara mesin diesel mungkin harus membersihkan udara pemasukan, meredam kebisingan pemasukan, menyediakan udara untuk pengisian lanjut, dan menyediakan udara bilas dalam mesin dua langkah.

Suatu sistem pemasukan udara yang lengkap tersusun dari bagian–bagian sebagai berikut : pembersih udara atau saringan, peredam pemasukan udara, penghembus untuk pengisian lanjut atau pembilasan, pendingin udara untuk udara untuk udara pengisian lanjut, pemipaan yang menyambungkan saringan udara, dan tanki penekan udara.

Oleh sebab itu diperlukan suatu sistem saringan udara dikarenakan debu, pasir dan benda asing lain yang dibawa bersama udara kedalam silinder mesin diesel selama periode hisap adalah merupakan salah satu penyebab utama dari katup kotor dan keausan *cincin torak* dan lapisan *silinder*.

3. Keuntungan Penggunaan *Turbocharger*

Berikut ini adalah beberapa keuntungan dari sistim pengisian udara bilas yang dilakukan oleh *turbocharger* adalah sebagai berikut :

1.) Tenaga mesin dapat di tingkatkan sampai dengan 35 – 40%

Dengan pertambahan pasokan udara ke silinder pembakaran maka tekanan rata-rata efektif udara bilas pun meningkat, dengan demikian daya efektif yang dihasilkan akan meningkat dan pembakaran akan meningkat pula, dengan kata lain tenaga mesin akan bertambah antar 35 – 40 %.

2.) Pembakaran lebih sempurna.

Karena udara didinginkan lebih dahulu di *intercooler*, sehingga kandungan molekul oksigen lebih banyak, massa jenis udara akan bertambah. Pembakaran dengan jumlah oksigen yang banyak akan beraksi dengan bahan bakar yang terdiri dari unsur *C*(*karbon*), *H2(hydrogen), N2(nitrogen), S2(sulfur*) yang akan menghasilkan gas hasil pembakaran *CO2*(*karbondioksida*) yang sempurna.

3.) Perbandingan kompresi kecil.

Karena tekanan udara kompresi lebih besar, sementara tekanan akhir kompresi tetap (35-40 bar), sehingga udara dan bahan bakar sebelum kompresi lebih besar dibandingkan sesudah kompresi.

4.) Jumlah udara yang masuk ke silinder lebih banyak.

Karena udara yang ditekan oleh *turbocharger* dan didinginkan dulu di *intercooler*, maka kandungan oksigen lebih banyak dengan meningkatkan massa jenis udara tadi, secara otomatis jumlah dari udara yang masuk kedalam silinder pun lebih meningkat.

4. Permasalahan Yang Terjadi Pada *Turbocharger*

a. Terjadinya *Surging* Pada *Turbocharger*

Surging adalah suatu kondisi dimana tekanan udara dari pompa bilas lebih besar dari pada tekanan udara dari *blower*. Hal ini akan terjadi tekanan balik , dan tekanan ini berbenturan di *blower*. Juga disebabkan karena tekanan udara yang dihasilkan dari *blower* berkurang, sedangkan tekanan udara dari ruang penampung udara bilas lebih besar dari pada tekanan udara yang dihasilkan *blower,* sehingga menimbulkan tekanan balik yang berbenturan di sisi *blower* dan menimbulkan bunyi keras menyamai suara melolong (*howling*) dan mndengkur (*snorting*) atau bahkan ledakan suara (*sonic boom*).

1) Penyebab Terjadinya *Surging*

Menurut manual book *SSANGYONG MAN B&W Turbocharger* ada beberapa penyebab terjadinya surging sebagai berikut :

a) Tersumbatnya *filter udara bilas*
b) Kotornya *intercooler*
c) Terdapatnya kotoran pada *kompresor*

2) Dampak Terjadinya *Surging*

Komponen-komponen berikut dapat rusak jika terjadinya *surging* secara terus menerus atau berulang secara berkala :

a) Kurangnya volume udara bilas
b) Panasnya bantalan pada *turbocharger*
c) Tidak stabilnya putaran pada *turbocharger*

3) Cara Penanganan Terjadinya *Surging*

Berikut ini adalah cara penanganan agar tidak terjadinya *surging* pada *turbocharger* menurut manual book :

a) Periksa dan ganti *filter udara bilas*
b) Bersihkan *sudu sudu* pada *intercooler*
c) Periksa dan bersihkan endapan kotoran dalam kompresor

b. Terdapat kotoran pada *Turbocharger*

Kotoran adalah salah satu penyebab terjadinya penyumbatan di *nozzle ring* yang bisa menyebabkan masalah pada turbocharger.

1) Penyebab adanya kotoran pada *turbin*

Menurut manual book *SSANGYONG MAN B&W Turbocharger* ada beberapa penyebab terjadinya penumpukan kotoran pada turbin :

a) pembakaran yang tidak sempurna

b) terlalu banyak bahan bakar yang masuk ke ruang pembakaran

2) Dampak adanya kotoran pada turbin

Komponen-komponen berikut dapat rusak jika adanya kotoran yang menumpuk terus menerus atau berulang secara berkala :

a) penyumbatan kotoran pada nozzle ring

b) Tingginya *temperature* pada *turbocharger*

3) Cara Penanganan adanya kotoran pada turbin

Berikut ini adalah cara penanganan agar kotoran tidak menumpuk pada turbin :

a) Periksa dan bersihkan *turbin*

b) cek dan bersihkan secara berkala

Dimensi dan Indikator Turbocharger

Dari penjelasam diatas dapat dijelaskan bahwa yang dimaksud dengan Turbocharger adalah bagian dari mesin induk yang berfungsi sebagai pompa isap dan pompa tekan udara ke mesin induk yang dugunakan untuk pembilasan dan pembakaran yang sempurna dari mesin induk tersebut. Dengan dimensi :

a. Sistem turbocharger

Dengan indikator:

1. Pompa udara
2. Gas buang panas
3. Roda turbin

b. Komponen Turbocharger

Dengan indikator:

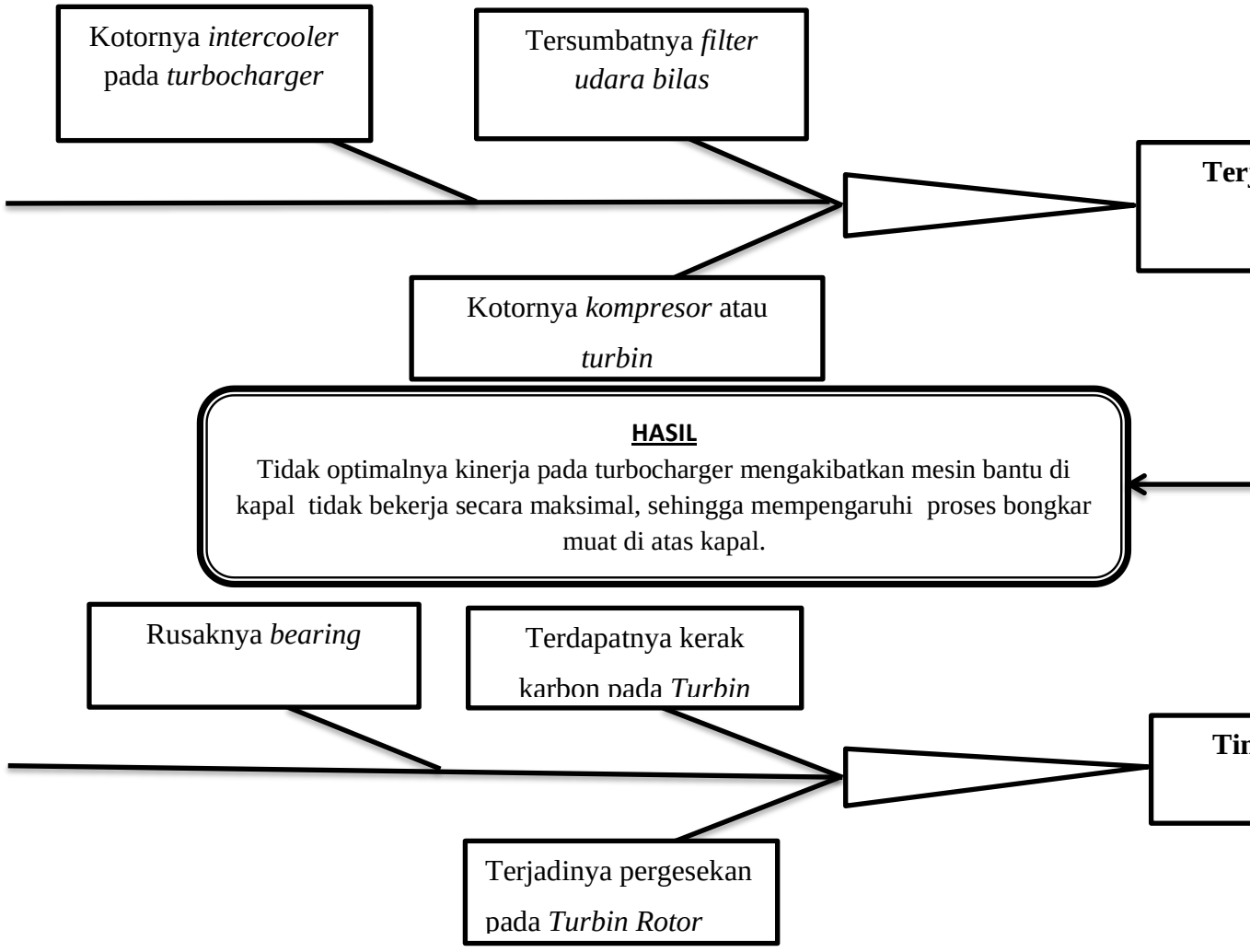
1. Turbin Shaft
2. Bearing Housing
3. Wastegate Actator
4. Compressor Wheel
5. Compressor Cover

6. Turbin Housing

B. KERANGKA PEMIKIRAN

Salah satu alasan utama diciptakan dan dipasangnya *turbocharger* pada permesinan bantu adalah untuk menambah jumlah udara yang masuk kedalam silinder dengan memanfaatkan energi gas buang.

Turbocharger merupakan peralatan untuk mengubah sistem pemasukan udara secara alami dengan sistem paksa. Kalau sebelumnya pemasukan udara mengandalkan *kevakuman* yang dibentuk karena gerakan *piston* pada langkah hisap, maka dengan *turbocharger* udara ditekan masuk kedalam *silinder* menggunakan *blower* yang diputar oleh *turbin* gas buang.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

1. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama penulis menjalani praktek laut terhitung sejak 01 Agustus 2018 sampai 26 Agustus 2019 di atas kapal MT. CAKRA PATRIOT. Namun, tidak seluruhnya waktu selama praktek digunakan oleh penulis untuk meneliti, maka penelitian dilakukan pada saat mesin bantu mengalami gangguan pada *turbocharger* yang diakibatkan karena perawatan yang kurang baik. Penelitian dilakukan dengan pengambilan data – data pokok tentang *turbocharger* yang akan dikaji dalam skripsi ini.

2. Tempat Penelitian

Data tempat penelitian dimana penulis melaksanakan peneltian adalah sebagai berikut dan Terlampir pada (Lampiran 1) :

Name of Ship	*: MT. CAKRA PATRIOT*
Call Sign	*: YBGI2*
Owner	*: PT. CAKRA MANUNGGAL SEMESTA*
Email	*: cakrapatriot@amosconnect.com*
Date of Delivery	*: 04-03-2000*
Port of Registry	*: Jakarta*
Ship Type	*: Tanker ships*
LOA (Length over all)	*: 243.556 m*
Depth	*: 21.30 m*
Beam	*: 42.02 m*

FWA (Fresh Water Allowance) : *318 mm*

Output : *16684 Horse Power*

Speed : *Ballast 15.5 knots, loaded 14,5 knots*

DWT (Dead weight tonnage) : *99296 Ton*

GT (Gross Tonnage) : *58243 Ton*

Nett Register Tonnage : *30994 Ton*

FW Capacity : *371.6 Metric Ton*

FO Capacity : *3285.9 Metric Ton*

Total Ballast capacity : *41486.9 Metric Ton*

Depth : *21.30 m*

Propeller Immersion : *Ø 7.464 m*

Main Engine : *SAMSUNG MAN B&W 6S60MC*

Type : *6S60MC (2 Stroke Diesel Engine)*

Rpm : *105 rotation per minute*

Fuel oil Consume : *MFO*

Turbocharger : *SSANGYONG- MAN B&W. Type NR15/R*

Adapun spesifikasi dari *Turbocharger* tersebut sebagai berikut :

Maker : SSANGYONG MAN B&W Turbocharger

Model	: NR 15/R
Serial Number	: D36 3654-2E
Turbine type	: Radial flow turbine
Max. Permissible temperature	: 650ºC
Max. Permissible speed	: 57.000 rpm

B. METODE PENDEKATAN DAN TEKNIK PENGUMPULAN DATA

1. Metode Pendekatan

Menjelaskan tentang metode pendekatan yang digunakan dalam peneletian yang meliputi antara lain :

a. Studi kasus

Dalam suatu mesin terdapat *turbocharger* untuk menunjang kinerja suatu mesin. Diatas kapal penulis telah ditemukan suatu masalah yang berkaitan dengan kinerja *turbochager.* Sehingga penulis ingin mempelajari kinerja *turbocharger* yang ada diatas kapal.

b. Problem solving

Metode pendekatan dengan cara *problem solving* adalah lanjutan dari pendekatan studi kasus yang telah dilakukan terlebih dahulu yang mana telah dijelaskan di atas, sehingga *problem solving* adalah suatu proses menemukan masalah dan memecahkan berdasarkan data dan informasi yang akurat, sehingga dapat diambil kesimpulan yang tepat.

c. Deskriptif kualitatif

Pendekatan deskriptif kualitatif adalah suatu proses penelitian dan pemahaman yang berdasarkan metodologi yang menyelidiki suatu fenomena masalah yang terjadi pada pendekatan ini, peneliti membuat suatu gambaran tema yang menyeluruh dan terperinci dari pandangan responden, dan melakukan studi pada situasi yang dialami.

2. Teknik Pengumpulan Data

Data adalah informasi yang digunakan dalam suatu penelitian agar dapat memberikan gambaran yang jelas bagi objek yang diteliti sehingga persoalan yang diteliti dapat dibahas dan ditelaah. Biasanya data yang peroleh dan dianalisa berupa data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang dikumpulkan serta diperoleh langsung dari objek yang diteliti pada saat penulis menjalankan praktek laut, data sekunder adalah data yang diperoleh dalam bentuk yang sudah jadi atau sudah dikumpulkan oleh pihak lain secara perorangan atau kelompok.

Data dan informasi yang lengkap, objektif dan dapat dipertanggung jawabkan serta dipergunakan agar dapat diolah dan disajikan menjadi gambaran data penulisan yang benar. Untuk mengolah data yang empiris dipergunakan data teoritis yang dapat menjadi tolak ukur, oleh karena itu dalam pembuatan dan penyusunan skripsi ini penulis akan menjelaskan bagaimana teknik pengumpulan data yang dibutuhkan dan sangat penting bagi bahan analisis untuk menyelesaikan semua permasalahan yang telah dirumuskan. Data-data ini disusun secara sistematis dan sesuai dengan masalah penelitian, khususnya dalam hal ini masalah yang berkaitan dengan *turbocharger*.

a. Observasi

Observasi adalah pengamatan yang dilakukan terhadap sesuatu situasi atau keadaan yang sudah ada secara spontan dan ilmiah yang kemudian hasil pengamatan tadi diuraikan. Kesimpulan yang didapat akan bersifat objektif karena pengamatan dilakukan secara lansung terhadap permasalahan – permasalahan yang diangkat dalam skripsi.

Selama melaksanakan praktek laut, sering permasalahan-permasalahan pada *Turbocharger* yang ada diatas kapal. Untuk mendapatkan data-data obyektif dalam penyusunan skripsi ini, penulis melakukan pengamatan terhadap permasalahan – permasalahan yang terjadi pada *Turbocharger* tersebut.

b. Wawancara

Wawancara merupakan teknik pengumpulan data yang digunakan oleh penulis dengan mengadakan komunikasi atau tanya jawab kapada pihak – pihak yang terkait diatas kapal (pada hal ini pihak tersebut yaitu *Chief Engineer* dan *3nd Engineer*) tentang langkah – langkah penanganan yang di lakukan terhadap permasalahan yang terjadi pada *Turbocharger*.

c. Dokumentasi

Dokumentasi merupakan teknik pengumpulan data yang digunakan oleh penulis dengan mencatat segala sesuatu yang berhubungan dengan *turbocharger*. Dalam teknik ini, arsip serta dokumen – dokumen kapal digunakan untuk melengkapi data yang diperoleh, sehingga data tersebut bias lebih akurat dan dapat dipertanggung jawabkan. Dokumen – dokumen di atas kapal yang dijadikan referensi adalah :

1. Lembaran perawatan berkala PMS (*Plan Maintenance Schedule)* yang ada pada portal internet laporan perusahaan, yang berisi tentang jadwal perawatan berencana terhadap *Turbocharger* yang ada diatas kapal MT.CAKRA PATRIOT.
2. Buku log kamar mesin (*Engine Room Log Book*) dari kapal MT. CAKRA PATRIOT, yang berisikan hal – hal yang perlu diperiksa secara rutin guna mengetahui status dan kondisi setiap permesinan yang ada di kamar mesin.

C. SUBJEK PENELITIAN

Subjek penelitian merupakan informasi tentang subjek yang menjadi fokus penelitan yang didapat penulis untuk membuat skripsi ini adalah kinerja turbocharger mesin bantu untuk kelancaran pengoprasian di kapal MT.CAKRA PATRIOT. Dalam penulisan skripsi ini, penulis tidak mengambil sampel dan populasi namun melakukan studi kasus yaitu melalui kejadian-kejadian yang

terjadi selama penulis melaksanakan praktek laut diatas kapal MT.CAKRA PATRIOT



Turbocharger Type NR 15/R

Gambar 3.1

D. TEKNIK ANALISIS DATA

Teknik analisa yang digunakan untuk menganalisa data yang ada dalam skripsi ini adalah dengan menggunakan metode deskriptif, yaitu data – data yang didapatkan selama melakukan penelitian dikumpulkan dan kemudian dipaparkan serta digambarkan sesuai dengan keadaan dan kondisi pada saat itu dan berdasarkan atas pengamatan dengan melihat data – data yang ada. Pengumpulan data yang dimaksud adalah dengan memperoleh data – data

yang relevan, akurat, dan mengidentifikasi data yang ada yang berkaitan dengan *turbocharger*. Sedangkan analisa data dimaksudkan untuk mengelola dan mengidentifikasi data yang ada.

Data – data yang diperoleh ini pun kemudian dianalisa dan hasil dari analisa ini diharapkan akan menghasilkan suatu gambaran yang lebih jelas dari penyusunan skripsi ini baik dari permasalahannya maupun hasil akhirnya. Dan diharapkan penelitian skripsi ini dapat menghasilkan sesuatu solusi maupun pemecahan masalah yang tepat dan akurat, baik dalam mengamati dan menangani tentang permasalahan yang diangkat.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA

Permasalahan yang akan dikaji dalam skripsi ini yaitu tidak maksimalnya kinerja dari pesawat bantu *Turbocharger* pada *Mesin Bantu Diesel*, yang disebabkan oleh beberapa faktor yang saling terkait satu dengan yang lainnya. Untuk itu dalam kajian ini penulis berusaha memberikan gambaran yang jelas dalam mengutarakan fakta–fakta permasalahan yang terjadi pada pesawat bantu *Turbocharger*.

Perawatan terhadap seluruh bagian dari *Turbocharger* sangat diperlukan dan dilakukan dengan cara yang baik dan benar. Perawatan yang kurang benar dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen–komponen yang terpasang pada *Turbocharger*, yang mengakibatkan tidak maksimalnya kinerja dari *Turbocharger*.

Dengan tidak maksimalnya kinerja dari *Turbocharger* tersebut, maka kelancaran operasional kapal akan terganggu, karena kelancaran operasional kapal sangat tergantung pada kondisi kerja *mesin bantu diesel*. Agar kondisi kerja *mesin bantu diesel* selalu baik maka diperlukan perawatan secara rutin dan terencana pada semua bagian *mesin bantu diesel*, terutama pada bagian *Turbocharger*.

Pada kajian ini mengungkapkan data–data yang diperoleh berdasarkan pengalaman penulis ketika melaksanakan praktek laut (prala) di atas kapal MT. CAKRA PATRIOT selama satu tahun, pada perusahaan PT.CAKRA MANUNGGAL SEMESTA. Dengan adanya pengalaman ini ditemukan berbagai masalah di bawah ini :

1. **Terjadi *Surging* Pada *Turbocharger***

   Pada saat kapal MT.CAKRA PATRIOT berlabuh jangkar di Cilacap, tepatnya pada tanggal 10 februari 2019. Telah terjadi kerusakan pada

*turbocharger mesin bantu diese*l. Hal ini berawal saat pergantian kru kapal dengan kru kapal yang baru dan kurangnya familisasi yang baik kepada kru baru terhadap permesinan bantu dikapal tersebut, sehingga tidak terlaksananya perawatan yang baik terhadap mesin bantu *diesel* tersebut.

Pada saat mesin bantu *diesel no.1* akan dioperasikan untuk menampung seluruh daya permesinan bantu di atas kapal, terjadi kegagalan pada saat *starting engine* dikarenakan *air starting failure.* Dan kemudian di coba kembali untuk dijalankan, setelah mesin bantu *diesel no.1* berjalan selama beberapa menit terdengarlah suara ledakan pada *turbocharger* atau yang disebut dengan *Surging* pada *turbocharger*.

Dalam kejadian ini langsung cepat diambil tindakan oleh masinis 3 selaku penanggung jawab yang baru terhadap kinerja *mesin bantu diesel* diatas kapal dengan menghentikan *Mesin bantu diesel no.1* dan menjalankan *mesin bantu diesel no.2* untuk pengganti penampung beban daya *permesinan bantu* diatas kapal. Dilakukanlah pengecekan terhadap komponen *turbocharger* yang menyebabkan terjadinya *surging* tersebut.

Masinis 3 melakukan pengecekan terhadap *intercooler, kompressor/turbin blade* dan pengecekan terhadap *filter* udara bilas (lihat lampiran 9) . *Surging* pada *turbocharger* menyebabkan dampak yang buruk pada kinerja *turbocharger* dan mesin bantu *diesel* yang menyebabkan kurangnya volume udara bilas yang masuk pada ruang pembakaran dan menimbulkan tekanan balik yang berbenturan di sisi *blower* dan menimbulkan bunyi keras menyamai suara melolong (*howling*) dan mendengkur (*snorting*) atau bahkan ledakan suara (*sonic boom*). Pada *mesin bantu diesel* dengan menggunakan *turbocharger*, berat volume udara tergantung pada faktor dan kondisi udara *atmosfer* yang dihisap.

Bila tekanan udara lebih tinggi dan temperatur lebih rendah, berat udara yang dihisap akan bertambah. Sebaliknya bila tekanan udara lebih rendah dan *temperatur* lebih tinggi, berat udara yang dihisap akan berkurang.

2. Terdapat kotoran pada bagian turbin

Pada tangal 12 Februari 2019 pada saat kapal berlabuh jangkar di Cilacap, menunggu giliran untuk proses bongkar muat. Saat *mesin bantu diesel no.3* beroperasi untuk menunjang semua daya permesinan bantu yang berjalan diatas kapal.

Karena tidak terlaksananya perawatan yang baik pada *mesin bantu diesel* terjadilah keterlambatan putaran serta menurunya *RPM* pada *mesin bantu diesel* dan terjadi penumpukan kotoran pada bagian *turbin.* Mengetahui akan terjadinya hal tersebut masinis 3 selaku penanggung jawab *mesin bantu diesel,* melakukan pengecekan pada *mesin bantu diesel no.3* terutama pada komponen *turbocharger* dan menganalisa data sebelumnya yang berkaitan dengan *mesin bantu diesel* mengenai penyebab masalah tersebut. Setelah dilakukanya pengecekan pada *mesin bantu diesel no.3.* Maka *masisnis 3* mengambil tindakan untuk mematikan *mesin bantu diesel no.3* terlebih dahulu.

Setelah dimatikannya *mesin bantu diesel no.3* dan digantikan oleh *mesin bantu diesel no.2,* Dan masinis 3 pun meminta izin kepada kepala kamar mesin selaku penanggung jawab semua permesinan yang ada diatas kapal untuk melakukan *overhaul* pada *turbocharger mesin bantu diesel no.3,* dikarenakan adanya masalah pada *turbocharger mesin bantu diesel no.3*.

Dan kepala kamar mesin pun memberi izin kepada masinis 3 untuk melakukan *overhaul* terhadap *mesin bantu diesel no.3* dikarenakan belum dapatnya info yang pasti untuk proses pelaksanaan bongkar muat pada hari tersebut .

Setelah dilakukan *overhaul* pada *turbocharger* ditemukan bahwa terjadi penumpukan kotoran pada *turbin* dan masinis 3 pun melakukan pengecekan pada *turbocharger* dan penyebabnya terjadinya penumpukan kotoran pada

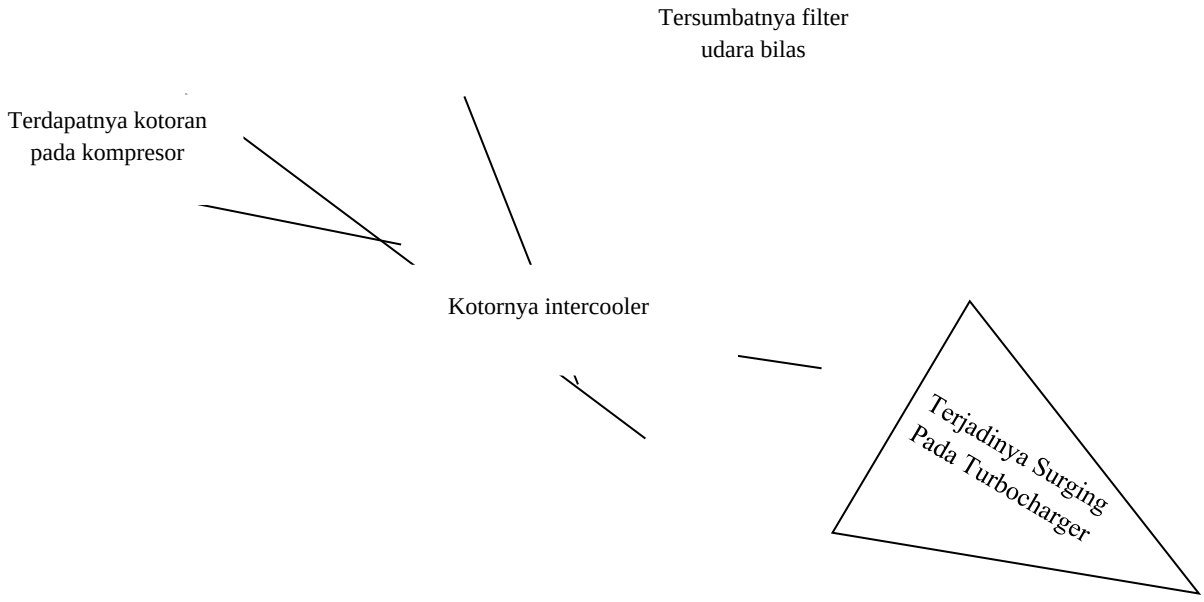
turbin side lalu masinis 3 melakukan pengecekan terhadap *PMS* pada *turbocharger*. Jika tidak segera di tangani penyebab terjadinya masalah maka *turbocharger* tidak akan bisa bekerja dengan optimal . Hal ini akan mengakibatkan kepada kinerja mesin bantu diesel yang tidak akan bisa bekerja dengan optimal dan akan berdampak pada pengoperasian di kapal MT.CAKRA PATRIOT.

B. ANALISIS DATA

Analisis data dilakukan menggunakan metode *Fish Bone* yang mencari penyebab-penyebab masalah.

1. Terjadinya *Surging* Pada *Turbocharger*

Dibawah ini merupakan beberapa pengecekan yang dilakukan terhadap penyebab terjadinya *surging* pada *turbocharger*, yaitu :



a.) Tersumbatnya *Filter Udara Bilas*

Fungsi utama dari *filter udara bilas* adalah untuk menyaring kotoran kotoran dari udara luar sebelum udara memasuki ruang pembakaran, tidak adanya *filter udara bilas* akan menyebabkan timbulnya kerak pada ruang bakar, jenis *filter udara bilas* yang dipakai pada *turbocharger* adalah *Viledon Filter.*

Dengan tersumbatnya *filter udara bilas* maka berkurangnya tekanan udara bilas menyebabkan pasokan udara yang masuk kedalam ruang *silinder* berkurang yang mana akan menyebabkan *mesin bantu diesel* mengalami penurunan putaran mesin dari putaran normal, maka masinis 3 melakukan pengecekan terutama hal hal yang berkaitan dengan udara bilas .

Masinis 3 segera melakukan pemeriksaan pertamanya pada *filter udara bilas* yang ditemukan dalam keadaan kotor dan banyaknya kotoran yang menempel pada filter tersebut dikarenakan tidak dilakukanya perawatan secara rutin. *Filter udara bilas* yang kotor menyebabkan udara murni yang dihisap paksa oleh *turbocharger* tersumbat oleh kotoran yang terdapat pada *filter udara bilas* dikarenakan debu disekitar area *mesin bantu diesel* yang juga ikut terhisap serta tingginya *temperature* disekitar *mesin bantu diesel* yang membuat *turbocharger* menghisap udara bilas yang panas dan menyebabkan sedikitnya udara yang bisa dihasilkan pada *turbocharger* untuk pembakaran .

Dan membuat pasokan udara yang menuju keruang pembakaran juga berkurang volumenya sehingga membuat pembakaran pada ruang bakar tidak sempurna dan menyebabkan timbulnya kerak karbon yang menempel pada *Nozzle Ring Turbocharger* yang menyebabkan terjadinya penyumbatan pada aliran gas buang di*nozzle ring* tersebut (lihat lampiran 8). sehingga terjadinya tekanan balik pada *turbocharger* yang menyebabkan terjadinya *surging* pada *turbochager* .

Agar tidak timbulnya kerak karbon dari sisa pembakaran maka dibutuhkan pembakaran yang sempurna pada mesin diesel agar tidak timbulnya kerak tersebut, berikut ini adalah perbandingan udara dan bahan bakar agar terjadi pembakaran yang sempurna.

Bahan bakar yang digunakan adalah senyawa hydrocarbon yang diketahui data datanya sebagai berikut:

86% beratnya adalah carbon / C

14% beratnya adalah hydrocarbon / 2H2 .

Berat atom C adalah 12,011 g/mol

Berat atom H adalah 1,008 g/mol.

Persamaan pembakarannya adalah:

$C + O2 = CO2$

$2H2 + O2 = 2H2O$

Ini artinya bahwa untuk membakar 12,011 g Carbon diperlukan 1 mol O2, dan untuk membakar 4,032 g (2 x 1,008 x 2) Hydrocarbon diperlukan 1 mol O2. Volume setiap 1 mol gas apapun pada kondisi 0ºC (273 K) dan 760 mm Hg (1 atm / sea level) adalah 22,41 Liter.

Udara terdiri atas 21% volume O2 dan 79% volume N2, lainnya 1%. Maka volume minimum udara yang diperlukan untuk membakar sempurna bahan bakar tersebut diatas adalah:

(komposisi atom C : berat atom C) x volume setiap 1 kmol gas x (voleme udara total : volume oksigen), menjadi:

((0,86 /12,011) +(0,14/4,032)) x 22,41x 100/21 = 11,35 .

Oleh karena berat 1 liter udara setara dengan 1.293 g, maka perbandingan campuran teoritis udara-bahan bakar menjadi: 11,35 x 1,293 = 14,68 g udara/g bahan bakar, artinya secara teoritis untuk membakar 1 g bahan bakar

secara sempurna diperlukan 14,68 g udara, atau secara teoritis 1 gram bahan bakar memerlukan 14,68 gram udara agar bisa terbakar secara sempurna.
Lalu berapakah volume (liter) udara yang diperlukan untuk membakar secara sempurna ?
Diketahui bahwa: Berat atom N2 adalah 14 g/mol
Berapakah Perbandingan udara dan bahan bakar agar terjadi pembakaran yang sempurna.
Berat atom O2 adalah 16 g/mol Sehingga massa relative dari udara (Mr air) dapat kita hitung sebagai berikut:

Mr air = komposisi N2 + komposisi O2
Mr air = 79% N2 + 21% O2
Mr air = (0,79 x 14 x 2) + (0,21 x 16 x 2)
Mr air = 22,12 + 6,72 = 28,84 g/mol
Setelah massa relative dari udara tersebut sudah kita ketahui sebesar 28,84 g/mol, maka kita dapat mencari volume udara dengan berat 14,68 gram dengan formula:
Volume udara = (Berat udara x 1 mol gas) : massa relatif udara Volume udara = (14,68 g x 22,41 l) : 28,84 g/mol = 11,4 liter, atau dibulatkan sekitar 12 liter.

Dari hasil perbandingan udara dan bahan diatas, maka masinis 3 pun mengambil keputusan untuk mengganti *filter udara bilas* tersebut dengan yang baru, agar sempurnanya pembakaran pada *mesin bantu diesel* dan tidak menimbulkan kerak karbon pada saluran gas buang yang akan menempel *dinozzle ring* dan *mesin bantu diesel* dapat beroperasi lagi dengan optimal.
Filter udara bilas juga harus diganti sesuai jangka waktu tertentu , agar kebersihan dan volume dari pasokan udara bilas tetap terjaga. Hal ini dapat dilihat dari *pressure diferent gauge U-tube,* yang mengukur perbedaan

tekanan sebelum dan sesudah *filter*. Apabila semakin besar tekanan yang ditunjukan menandakan saringan tersebut kotor dan sebaiknya dibersihkan atau diganti .

b.) Kotornya *Intercooler*

Intercooler pada *mesin bantu diesel* adalah sebuah alat pendingin udara yang memakai media pedinginan air laut , berguna untuk mendinginkan udara yang berasal dari perangkat *turbocharger*. Udara yang *disuplai turbocharger* ke *mesin bantu diesel* merupakan udara yang berasal dari udara disekitar *mesin bantu diesel* atau didalam *engine room* tersebut . *Intercooler* biasanya terletak pada bagian depan atau bagian yang mudah terkena angin atau udara agar mendukung fungsi pendinginan bekerja secara maksimal.

Oleh karena itu, fungsi *intercooler* pada *mesin bantu diesel* merupakan salah satu hal yang cukup penting. Selain mendinginkan udara, *intercooler* juga berfungsi untuk memadatkan udara pada *mesin bantu diesel* sehingga memiliki tenaga yang lebih besar.

Perawatan pada *intercooler* juga harus dijalankan agar peranan *turbocharger* pada *mesin bantu diesel* dalam proses pembakaran bahan bakar dalam *silinder* tersedia cukup oksigen sehingga akan terjadi pembakaran yang sempurna dan berdampak atau berakibat daya yang dihasilkan suatu *motor* menjadi lebih besar dibanding tanpa menggunakan *turbocharger*. Ada dua masalah yang kemungkinan dapat terjadi sehubungan dengan *intercooler*. Pertama, bahwa *thermometer* dapat berubah atau ketidak sesuain skala dan ketinggian cairan penunjuk (air raksa).

Dapat dikatakan bahwa tidak semua air laut dapat mengalir masuk ke bagian–bagian pipa *intercooler*. Penyebabnya adalah terhalangnya aliran air laut karena banyaknya lumpur yang ikut bersama air laut.

Sebagian lumpur tertinggal didalam pipa-pipa dan menimbulkan gumpalan kecil pada dindingnya. Gumpalan lumpur tersebut akan mengurangi kapasitas

aliran air pendingin yang seharusnya dapat diterima oleh *intercooler*. Kondisi seperti ini tidak pernah terjadi dikarenakan dilakuakannya pergantian seluruh kru di atas kapal, yang belum mendapat familisasi terhadap permesinan yang ada diatas kapal .

c.) Terdapatnya Kotoran Pada *Kompressor*

Kompressor ini memiliki fungsi mengubah energi gerak atau putar yang di hasilkan oleh *turbine shaft* yang di salurkan ke *compressor whell* melalui poros menjadi energi kompresi yang mendorong udara lebih banyak agar masuk ke ruang bakar. Derajat kecepatan putaran dari *compressor whell* ini sama dengan putaran *turbin shaft.*

Pembakaran yang tidak sempurna pada *mesin bantu diesel* juga akan berdampak pada *turbocharger*, karena akan semakin banyaknya endapan atau *kerak karbon* yang akan mengumpul pada komponen *turbocharger* .

Serta pelaksanaan yang tidak benar dan kelalaian perawatan pada *kompressor* dalam melakukan pencucian rutin juga bisa menyebabkan terkumpul dan menempelnya kotoran-kotoran pada *kompresor* maupun *sudu-sudu turbin*. Dan hal ini akan menyebabkan ketidakseimbangan pada *rotor*, dan akibatnya bisa merusak bantalan-bantalan dan bahkan kerusakan yang parah atau berhentinya turbocharger.

Pada *sudu-sudu kompressor* yang sudah tidak bersih lagi maka kinerja *turbocharger* pun akan berkurang dan tidak optimal, Tekanan yang dihasilkan pada *compressor wheel* akan rendah karena terjadi perubahan *clearance* yang cukup besar antara *compresor blade* dengan *compressor housing*. Hal ini terjadi karena *compressor blade* selalu tergerus akibat endapan-endapan kotoran yang ikut masuk ke *compressor housing*, seperti debu dan partikel batu bara.

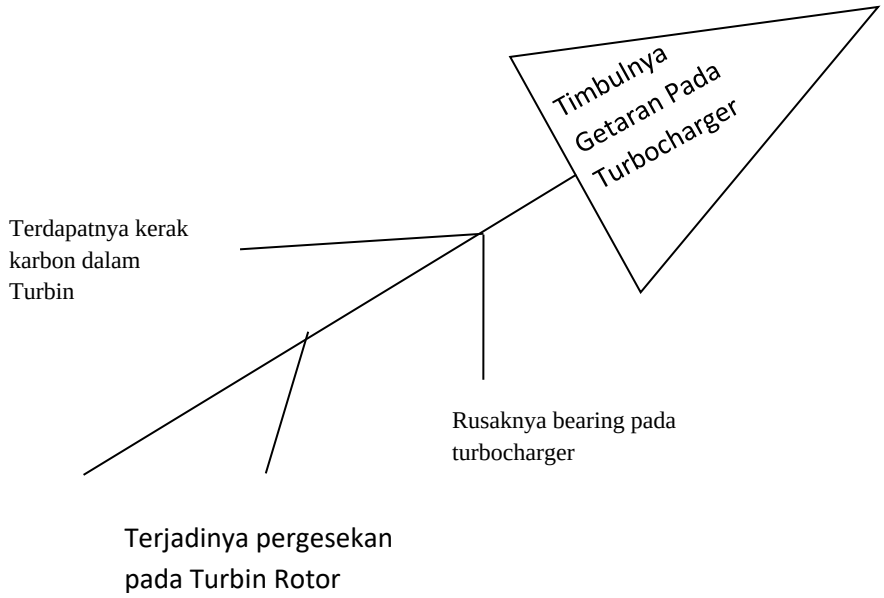
Perawatan dan pemeriksaan yang benar pada *roda kompressor* perlu dilakukan dengan cara periksa *sudu - sudu roda kompressor* terhadap adanya

kehausan dan retakan, bersihkan dengan benar kotoran kotoran yang menempel pada *kompressor wheel* dan *rumah turbin* dan jika terdapat kerusakan pada *sudu sudu* maka *sudu sudu* tersebut harus diganti

Setelah dilakukanya pengecekan terhadap penyebab terjadinya *surging* pada *turbocharger*, masinis 3 menemukan penyebab terjadinya *surging* pada *turbocharger* disebabkan Karena tersumbatnya *filter udara bilas* pada *turbocharger* yang menyebabkan kurangnya *suplai* udara yang masuk pada ruang pembakaran sehingga timbulnya kerak karbon pada saluran gas buang menempel pada *nozzle ring*. Dan menyebabkan terjadinya tekanan balik yang menimbulkan terjadinya *surging* pada *turbocharger* tersebut.

2. Terdapat kotoran pada bagian *turbin*

Dibawah ini merupakan pengecekan yang dilakukan terhadap kotoran pada bagian *turbin*, yaitu :



a.) Terdapatnya Benda Asing Dalam *Turbin*

Masalah dengan masuknya benda asing didalam *turbin* yang berasal dari hasil pembakaran yang tidak sempurna menyebabkan terbentuknya kerak-kerak pada aliran gas buang, yang membuat tidak stabilnya putaran pada *turbin* yang akan berdampak juga pada kinerja *turbocharger* tersebut.

Penyebab timbulnya kerak setelah mesin bekerja dan kemudian berhenti, maka ada kemungkinan sebagian bahan bakar yang terlanjur masuk keruang pembakaran, sementara tidak terjadinya pengapian dan pembakaran pada ruang bakar . bahan bakar yang dimasak oleh suhu ruang bakar yang tinggi, tidak terbakar tapi hanya berubah menjadi kerak karbon.

Ada beberapa sebab terjadinya penumpukan kerak di ruang bakar. Kerak terjadi akibat pembakaran yang kurang sempurna. Penyebabnya adalah penggunaan bahan bakar yang kurang sesuai atau kualitas yang buruk. Debu dan oli atau uap oli juga punya peran dalam penimbunan kerak yang datang dari hasil *isapan intake*. Kedua komponen itu masuk lantas mengendap dan membuat ruang bakar kotor. Selain itu banyaknya unsur *parafin* dan *sulfur* yang ikut masuk ruang bakar juga menjadi penyebab terjadinya penumpukan kerak, jika terjadinya penumpukan karbon pada aliran gas buang pada *mesin bantu diesel* maka akan dipastikan banyaknya terjadi kerusakan kerusakan pada komponen komponen *turbocharger* yang lainnya. Karena tidak lancarnya aliran gas buang dari ruang bakar menuju cerobong .

Untuk meminimalisasi masuknya benda asing ke aliran gas buang, sebaiknya lakukan pengecekan saringan udara dan sistem pembakaran pada *mesin bantu diesel* secara berkala. Jika sudah tidak bisa dibersihkan alangkah baiknya mengganti dengan yang baru. Begitu pula dengan saringan oli. Lakukan pengecekan terhadap saringan oli sesuai dengan *PMS* yang sudah ada.

b.) Rusaknya *Bearing* Pada *Turbocharger*

Bearing memiliki peran yang sangat penting pada *turbocharger*. Kerusakan *bearing* dapat menyebabkan terhentinya kinerja pada *turbocharger* yang menimbulkan kerugian yang besar, terutama bila kerusakan yang timbul terjadi secara mendadak *(breakdown)* dan menyebabkan kerusakan pada komponen komponen yang lainnya. Untuk menghindari hal tersebut, analisa sinyal *getaran*, baik simpangan, kecepatan, maupun percepatan, sering digunakan untuk mendeteksi kerusakan *bearing* dengan variasi putaran. Dengan sinyal *getaran* tersebut dapat diamati dan diketahui perilaku getaran yang terjadi.

Karena tidak seimbangnya beban pada *turbochager* juga dapat menyebabkan rusaknya *bearing*. seperti pada *impeller*, dimana bagian-bagian pada *impeller* tersebut tidak *balance* (salah satu titik bagian *impeller* memiliki berat yang tidak seimbang). Sehingga ketika berputar, mengakibatkan putaran mengalami perubahan gaya disalah satu titik putaran (lebih terasa ketika putaran tinggi), sehingga berpengaruh pula pada putaran *bearing* pada poros. *Unbalance* bisa terjadi pula pada poros, dan pengaruhnya pun sama, yaitu bisa membuat *getaran* yang tinggi dan merusak komponen.

Jika kerusakan pada *bearing* tidak cepat ditindak lanjuti maka akan menyebabkan rusakanya komponen komponen pada *turbocharger* yang lain dan tidak bisa optimalnya kinerja *turbocharger* pada *mesin bantu diesel* .

Perawatan dan pemeriksaan yang benar pada *bearing* perlu dilakukan dengan cara melakukan penggantian *bearing* sesuai umur waktu kerja yang telah ditentukan, Mengganti *bearing* yang sesuai dengan klasifikasi tersebut, pemasangan *bearing* dengan hati-hati sesuai standar yang telah ditentukan, Melakukan tes *balancing* pada poros dan *impeller* dan melupakan pelumasan sesuai dengan aturan yang telah ditentukan oleh maker tersebut.

c.) Terjadinya Pergesekan Pada *Turbin Rotor*

Terjadinya gesekan pada *turbin rotor* yang berputar pada *turbocharger* sehingga menimbulkan *getaran* yang disebut *rubbing*. Hal ini disebabkan gesakan yang terjadi berlangsung secara terus menerus selama *turbin* berputar yang menyebabkan terkikisnya *sudu sudu turbin rotor* .

Pergesekan yang terjadi pada *turbin rotor* setelah diperiksa ternyata suku cadang yang sekarang sedang digunakan adalah hasil dari suku cadang *Turbin Rotor* yang mengalami kerusakan yang telah diperbaiki. Hal ini lah yang membuat masisnis 3 memutuskan bahwa timbulnya getaran pada *turbocharger* adalah akibat pergesekan pada *turbin rotor* dengan *housing turbocharger* (lihat lampiran 7) yang disebabkan *turbin rotor* yang sudah rusak tetapi diperbaiki lagi keadaanya.

Sehingga tidak kuatnya daya tahan *turbine rotor* tersebut pada putaran tinggi dan menahan tingginya *temperature* dari gas buang *mesin bantu diesel* yang menyebabkan kurangnya daya tahan sehingga timbulnya kelonggaran pada dudukan *shaft* pada *turbine rotor* tersebut.

Tingginya *temperatur* gas buang yang disebabkan tidak sempurnanya pembakaran pada ruang bakar membuat timbulnya sisa sisa gas buang\kerak yang menempel pada *sisi sudu sudu turbin*, Dan kerak yang menempel pada *sudu sudu turbin rotor* ini pun membuat tidak stabilnya putaran pada *turbin rotor* dan mengakibatkan terjadinya pergesekan pada rumah *turbocharger.*

Jika terjadinya kerusakan pada *sudu sudu turbin rotor* (lihat dilampiran 6) maka kinerja pada putaran *turbin rotor* tidak bisa bekerja dengan baik dalam membuang sisa sisa gas buang dari *mesin bantu diesel.* Dan akan menyebabkan bertumpuknya kerak kerak karbon pada *Nozzle ring turbocharger* yang akan menghambat aliran gas buang menuju kecerobong *mesin bantu diesel.*

Jika tidak cepat diatasi gesekan pada *turbin rotor turbocharger* tersebut akan menyebabkan terjadinya *getaran* pada *turbocharger* dan akan mengakibatkan timbulnya kerusakan kerusakan yang lainnya pada komponen *turbocharger* yang akan berdampak besar pada kinerja *turbocharger*.

Dan masinis 3 telah menyimpulkan penyebab timbulnya *getaran* pada *turbocharger* tersebut yaitu karena pembakaran yang tidak sempurna dan menimbulkan banyaknya kotoran pada bagian turbin..

C. ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH

Berdasarkan analisis data di atas, maka alternative pemecahan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Terjadinya *Surging* Pada *Turbocharger*

a. Tersumbatnya Filter Udara Bilas

1) Membersihkan *Filter Udara Bilas* Pada *Turbocharger*

Sebuah *filter udara turbocharger* merupakan bagian yang tidak kalah pentingnya jika dibandingkan dengan bagian bagian *turbocharger* lainnya. *Filter udara* ini terdiri dari dua bagian, yaitu *filter* bagian dalam dan *filter* bagian luar. *Filter* bagian dalam terbuat dari serat serat tembaga yang disusun dalam rumah *filter* yang terdiri dari 4 bagian, sedangkan *filter viledon* bagian luar tebuat dari busa tipis spoon yang membalut *filter* bagian dalam. Kotornya *filter udara bilas* membuat udara yang dihisap oleh *kompresor* berkurang kuantitasnya dan kenaikan pada *temperature* juga berakibat pada berkurangnya jumlah udara atau kepadatannya udara yang masuk keruang pembakaran, Keadaan yang demikian ini salah satunya disebabkan oleh kotornya *filter udara bilas*.

Beberapa *indicator* atau gejalanya adalah peningkatan temperature udara bilas dari sisi *blower* menuju ke *intercooler* dan perbedaan tekanan udara bilas antara sebelum dengan setelah *intercooler,* hal ini pun bisa menyebabkan terjadinya *surging.*

Membersihkan *filter udara bilas* pada *turbocharger* dapat mengatasi permasalahan pada volume udara bilas pada turbocharger dengan cara mencuci dengan air bersih *filter udara bilas* tersebut menggunakan detergen dan mengeringkannya kembali (lihat lampiran 3), pembersihan pada *filter udara bilas* ini sering dilakukan oleh para masinis diatas kapal pada saat keadaan emergency ataupun tidak, dikarenakan tidak tersedianya suku cadang *filter udara bilas* yang baru tersebut diatas kapal.

Selain untuk memaksimalkan kembali volume udara bilas yang dihasilkan pada *turbocharger* juga dapat mengehemat biaya pada operasional diatas kapal.

2) Mengganti *Filter Udara Bilas* Dengan Yang Baru

Setiap komponen / permesinan mempunyai batas maksimal pemakaian, begitu juga dengan *filter udara bilas.* Oleh karena itu, *filter udara bilas* yang sudah melebihi kapasitasnya untuk menyaring kotoran disekitar area engine room lebih baik diganti dengan *filter udara* yang baru dibandingkan dengan membersihkan udara bilas yang telah dipakai, karena dengan digantinya *filter udara bilas* dengan yang baru (lihat lampiran 4), akan lebih maksimalnya waktu pemakain dan penyaringan pada udara bilas yang dihasilkan pada *turbocharger* tersebut.

Filter udara bilas ini berada pada bagian luar *turbocharger,* maka untuk mengganti *filter udara bilas* yang sudah sangat kotor pada *turbocharger* akan dengan mudah menggantinya dan menghemat waktu dalam pemasagannya dibandingakan dengan membersihkan *filter udara bilas* tersebut.

2.* Terdapat kotoran pada bagian *turbin

a. Terjadinya pergesekan pada Turbin Rotor

1) Melakukan Penyetelan Ulang Pada *Rack BBM* Agar Tidak Timbulnya *Kerak*

Pada alternative pemecahan masalah untuk terjadinya *getaran* pada *turbocharger* yang disebabkan oleh terjadinya gesekan pada *turbin rotor* adalah mengatasinya suhu gas buang yang terlalu tinggi yang menyebabkan timbulnya kerak karena tidak sempurnanya pembakaran pada ruang bakar sehingga membuat tidak kuatnya daya tahan pada suku cadang yang *rekondisi* yang dipasang pada *turbocharger* yaitu dengan cara melakukan penyetelan dan pengaturan rack BBM pada *bosch pump* masing-masing *silinder* yang nilainya/*rack*-nya terlalu tinggi sehingga suhu gas buang turun, Karena fungsi dari dari *bosch pump* adalah :

a.) Memasukkan bahan bakar ke dalam silinder sesuai dengan kebutuhannya.
b.) Mengabutkan bahan bakar sesuai dengan derajad pengabutan yang diminta.
c.) Mendistribusikan bahan bakar untuk memperoleh pembakaran sempurna dalam waktu yang ditetapkan.

Jadi bila *suplai* bahan bakar terlalu tinggi bisa mengakibatkan suhu gas buang bertambah tinggi dan menyebabkan tidak sempurnanya pembakaran yang menyebakan ketahanan pada komponen *turbin rotor* dan timbulnya kerak pada aliran gas buang.

Sehingga penyetelan pada *rack* bahan bakar supaya bahan bakar dapat dimasukkan ke dalam *cylinder* dengan cara tepat sesuai kapasitas yang telah ditentukan oleh *manual book* pada *mesin bantu diesel* agar sempurnanya pembakaran pada ruang bakar, sehingga *mesin bantu diesel* dapat bekerja dengan optimal dan untuk menstabilkan gas buang agar mencegah terjadinya kerusakan pada komponen *turbocharger* yang menyebabkan terjadinya gesekan *turbin rotor* pada *housing turbin* dapat diatasi.

2) Ganti *Turbin Rotor* Dengan Yang Baru

Setiap komponen permesinan mempunyai batas maksimal pemakaian atau yang biasa disebut dengan *running hours* dan batasan pada daya tahannya kinerja mesin tersebut, begitu juga dengan *turbin rotor*. Oleh karena itu, *turbin*

rotor yang sudah melebihi jam kerjanya harus diganti dengan suku cadang yang baru.

turbin rotor ini berada pada bagian dalam *turbocharger* (lihat lampiran 5), *maka* untuk mengganti atau membersihkan *turbin rotor* dari karbon yang sudah menjadi kerak dan menempel pada sudu-sudu *turbin rotor, Turbocharger* harus dibuka secara menyeluruh.

Adapun langkah-langkah *overhaul turbocharger* secara garis besar menurut *instruction manual book* adalah sebagai berikut:

a.) Kuras/kosongkan oli *turbocharger*
b.) Buka saringan udara *turbocharger*
c.) Buka *cover blower side*
d.) Buka *blower side*
e.) Buka baut penahan as *turbocharger*
f.) Kelaurkan *bearing turbo*
g.) Buka *cover turbin rotor*
h.) Cabut *turbin rotor* satu set dengan *ass*nya kearah sisi *turbin rotor*
i.) Cabut *nozzle ring* dan kemudian bersihkan

Di dalam *overhaul* ini bukan hanya pergantian pada *turbin rotor* saja yang diperbarui, akan tetapi pembersihan yang menyangkut semua bagian-bagian lainnya termasuk pengukuran-pengukuran dari *clearance turbocharger* sesuai panduan buku petunjuk juga harus dilakukan. Adapun tujuan pembersihan ini adalah untuk membersihkan komponen-komponen pada *turbocharger* dari kotoran - kotoran *kerak* atau jelaga yang menempel, supaya gas buang keluar lewat *nozzle ring* untuk memutar *sudu - sudu turbin rotor* lancar dan dapat berputar dengan baik, sehingga *turbocharger* bisa bekerja dengan normal dan dapat menghasilkan udara yang bertekanan yang cukup dalam proses pembakaran yang sempurna.

D. EVALUASI TERHADAP ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH

Dari beberapa alternatif pemecahan masalah yang didapatkan dan di terangkan diatas, maka didapatkan evaluasi alternatif pemecahan masalah untuk mendapatkan jawaban dan solusi yang lebih tepat didalam membuat keputusan dalam melakukan pekerjaan.

Dengan ini diambil beberapa pemecahan masalah yang menyebabkan tidak maksimalnya kinerja pada pesawat bantu *Turbocharger* yang di akibatkan :

1. Terjadinya *Surging* Pada *Turbocharger*

a. Membersihkan *Filter Udara Bilas*

Dibawah ini merupakan kelebihan dan kekurangan dari hal di atas :

1.) Kelebihan :

a) Tidak membutuhkan banyak biaya

2.) Kekurangan :

a) Membutuhkan banyak waktu
b) Berkurangnya daya tahan pada penyaringan udara

b. Melakukan penggantian *Filter Udara Bilas*

Dibawah ini adalah kelebihan dan kekurangan dari hal di atas

1.) Kelebihan dari hal di atas :

a) Tidak memerlukan banyak waktu dalam pergantian *filter*
b) Proses penyaringan udara lebih maksimal
c) Dapat mencegah terjadinya kerusakan pada komponen *turbocharger*
d) Daya tahan *filter* lebih maksimal

2.) Kekurangan dari hal di atas :

a.) Memerlukan biaya yang lebih besar.

2. Terdapat kotoran pada bagian *turbin*

a. Melakukan Penyetelan / Pengaturan *Rack BBM*

1) Kelebihan dari hal di atas :

a) Agar tidak terjadinya suhu gas buang yang terlalu tinggi (*over heating*)
b) Dapat menghemat biaya

2) Kekurangan dari hal di atas :
a) Dibutuhkannya pengawasan secara terus menerus

b. Melakukan penggantian *Turbin Rotor* dengan yang baru

1) Kelebihan dari hal di atas :
a) Agar kinerja *Turbocharger* lebih optimal
b) Mencegah terjadinya kerusakan pada komponen *turbocharger* yang lain

2) Kekurangan dari hal di atas :
a) Biayanya relatif mahal
b) Memakan waktu yang lebih lama

E. PEMECAHAN MASALAH

Dari evaluasi pemecahan masalah tersebut di atas maka penulis menyimpulkan pemecahan masalah sebagai berikut :

1. Pencegahan Terhadap Terjadinya *Surging*

Pentingnya peran *filter udara bilas* pada kinerja *turbocharger* di *mesin bantu diesel* dalam men*suplai* udara bersih keruang pembakaran, maka kotornya *filter udara bilas* pada *turbocharger* dapat menyebabkan pembakaran yang tidak sempurna pada ruang bakar.

Maka melakukan perawatan dengan menganti *filter udara bilas* yang sudah kotor dengan yang baru demi meningkatkan kemampuan penyaringan pada *filter* tersebut, penggantian *filter* yang terbuat dari bahan *Viledon* yang baru dapat memaksimalkan kinerja pada *filter udara bilas* pada *turbocharger*.

Agar cukupnya *suplai* udara yang masuk pada ruang bakar menghasilkan pembakaran yang sempura, sehingga mencegah timbulnya *kerak karbon* disaluran gas buang yang bisa menutup aliran *sudu sudu* gas buang pada *nozzle ring* sehingga tidak terjadinya tekanan balik pada aliran gas buang ke *turbocharger*

yang menyebabkan terjadinya *surging* pada *turbocharger*, Maka permasalahan yang dihadapi terhadap terjadinya *surging* dapat dihindari.

2. **Pencegahan Terhadap Timbulnya Kotoran Pada Bagian *Turbin***

   Dengan timbulnya kotoran pada bagian *turbin* yang disebabkan oleh pembakaran yang tidak sempurna maka solusi yang tepat adalah melakukan pembersihan pada bagian *turbin* dan penggantian suku cadang yang baru sehingga tidak terjadinya masalah yang baru dan tidak merusak komponen komponen yang lain pada *turbocharger* tersebut serta *turbocharger* dapat beroperasi dengan optimal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dari masalah-masalah yang terjadi di MT. CAKRA PATRIOT terhadap pesawat bantu *Turbocharger* pada M*esin Bantu Diesel* beserta analisis, alternatif, dan evaluasi, Maka penulis akan memberikan kesimpulan mengenai permasalahan yang di bahas pada skripsi ini.

Adapun kesimpulan yang dapat diambil pada pesawat bantu *Turbocharger* adalah sebagai berikut :

1. **Terjadi *Surging* Pada *Turbocharger* Disebabkan Oleh :**

Saringan udara bilas masuk pada *blower* berfungsi untuk menyaring dan membebaskan udara dari kotoran kotoran. Kebersihan saringan udara akan mempengaruhi tekanan udara yang keluar meninggalkan *blower.* Jika saringan udara bilas kotor berarti jumlah udara yang masuk ke *mesin bantu diesel* akan berkurang sehingga pembakaran pada ruang bakar tidak sempurna dan menyebabkan timbulnya *kerak karbon* pada aliran gas buang yang akan menempel pada *nozzle ring turbocharger* sehingga terjadinya penyumbatan pada aliran gas buang dan terjadinya tekanan balik pada *turbocharger* yang akan menyebabkan terjadinya *surging* pada *turbocharger* tersebut.

2. Terdapat kotoran pada bagian *turbin* Disebabkan Oleh :

Terjadi penumpukan kotor pada bagian turbin dikarnakan pembakaran yang tidak sempurna penyebabnya yaitu pengabutan bahan bakar yang tidak sempurna dan komponen injektor yaitu nozzle tidak mengabutkan bahan bakar dengan baik maka terjadi penumpukan kotorsn pada bagian *turbin* dengan *housing turbocharger* secara terus menerus dikarenakan pemakaian suku cadang *rekondisi* pada *tur harger* sehingga berkurangnya daya tahan pada suku cadang tersebut yang membuat putaran *turbin rotor* tidak stabil sehingga menyebabkan timbulnya getaran pada *turbocharger* tersebut.

B. SARAN

Dari kesimpulan tersebut diatas penulis menyarankan akan dilakukan hal-hal sebagai berikut:

1. Untuk Mengatasi Terjadinya *Surging* :

Memastikan perawatan terhadap *filter udara bilas* pada turbocharger dilaksanakan dengan tepat waktu dengan prosedur yang benar sebagaimana yang telah tercantum *instruction manual book*. Guna mendapatkan volume udara bilas yang cukup pada ruang bakar dan menghasilkan pembakaran yang sempurna sehingga *turbocharger* dapat beroperasi dengan optimal.

2. Untuk Mengatasi Adanya kotoran pada bagian *turbin* :

Karena kotoran pada bagian *turbin* di sebabkan dari sisa pembakaran di ruang pembakaran maka tidak dapat mencegah terjadinya kotoran tetapi dapat meminimalisir penumpukan kotoran pada *turbocharger* bagian *turbin* dengan cara rutin membersihkan kotoran tersebut dengan begitu maka dapat meminimalisir terjadinya penumpukan kotoran pada bagian turbin.