



ISSN : 1979 - 4746
EISSN : 2685 - 4775

METEOR STIP MARUNDA

JURNAL PENELITIAN ILMIAH
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

Upaya Meningkatkan Kinerja Turbo Charger Pada Auxiliary Engine Untuk Kelancaran Operasional Dikapal MV. Chandra Kirana

Guntur Mukti Prabowo, Effendi, Rosna Yuherlina Siahaan, P. Dwikora Simanjuntak

Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta
Jl. Marunda Makmur No. 1, Cilincing, Jakarta Utara. Jakarta 14150

Abstract

Ships as a means of sea transportation in the development of a country's economy are very large, and sea transportation as a means of export-import of a country is a driving force for its trading activities. A turbocharger or turbine wheel as an important part of a ship's engine must always pay attention to its working hours. The turbine wheel that exceeds the working hours will cause damage such as the rupture of the blades on the turbine. Also, to avoid the accumulation of dirt, dry cleaning and wet cleaning maintenance must be carried out on the turbine side. Descriptive research type method. Data collection techniques used direct and indirect observation and interview methods as well as documentation according to the objects in the field.

Keywords: Turbocharger rotation, diesel engine exhaust gas pressure, flush air temperature

Abstrak

Kapal laut sebagai alat transportasi laut dalam perkembangan perekonomian suatu negara sangatlah besar, transportasi laut sebagai sarana *export import* suatu negara merupakan pendorong kegiatan perdagangannya. Turbocharger atau *Turbine wheel* sebagai bagian penting dari mesin kapal harus selalu diperhatikan jam kerjanya. *Turbine wheel* yang melebihi jam kerja akan menyebabkan kerusakan seperti pecahnya sudu-sudu pada *turbine* tersebut juga untuk menghindari terjadinya penumpukan kotoran maka harus dilakukan perawatan *dry cleaning* dan *wet cleaning* pada bagian *turbin side*.

Metode jenis penelitian deskriptif. Teknik pengumpulan data menggunakan metode observasi dan wawancara langsung dan tidak langsung serta dokumentasi sesuai dengan objek yang ada di lapangan.

Copyright @2022, METEOR STIP MARUNDA, ISSN : 1979-4746, eISSN : 2685-4775

Kata Kunci : Putaran *turbocharger*, tekanan gas buang mesin diesel, *temperature* udara bilas

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di era globalisasi seperti sekarang ini, dunia pelayaran diuntut harus lebih maju dan berkualitas dalam memberikan pelayanannya kepada para pengguna jasa angkutan laut. Peranan transportasi laut dalam

perkembangan perekonomian suatu negara sangatlah besar, transportasi laut sebagai sarana *export import* suatu negara merupakan pendorong kegiatan perdagangan. Kapal merupakan suatu sarana transportasi laut yang berperan penting sebagai penghubung antar pulau, maupun

antar negara sebagai sarana bisnis dalam kapasitas besar dibandingkan dengan sarana transportasi lain. Perlu kita ketahui bahwa sebuah kapal dalam pengoperasiannya digerakkan oleh *main engine* atau mesin induk dan dibantu oleh permesinan bantu lainnya untuk menunjang pengoperasian kapal ketika bongkar muat ataupun olah gerak. Didalam pengoperasian kapal tentunya akan terjadi permasalahan-permasalahan yang terjadi tanpa di duga. Maka dari itu, performa permesinan diatas kapal harus dijaga agar selalu dalam kondisi baik dan siap berlayar. *Turbocharger* adalah suatu pesawat bantu diatas kapal yang mampu menghasilkan udara bertekanan. Putaran *turbocharger* digerakkan oleh tekanan gas buang mesin diesel yang dimanfaatkan oleh turbin kemudian putaran tersebut diteruskan oleh kompresor/blower untuk menghisap udara dari luar. Kompresor/blower meningkatkan tekanan udara 6-8 psi. pada tekanan permukaan air laut, kepadatan udara 14,7 psi. Oleh karena itu putaran *turbocharger* perlu dipertahankan sehingga kinerjanya tetap maksimal terus menerus. Salah satu hal yang harus dipertahankan adalah melakukan perawatan komponen-komponen secara rutin khususnya pada *turbine side* agar putaran dari *turbocharger* tetap maksimal serta perawatan pada *filter* udara bilas harus dilakukan agar pasokan udara bilas tercukupi di dalam ruang pembakaran. Dimana bagian dari *turbocharger* terdiri dari 2 bagian inti, yaitu : *blower side* yang berfungsi menghisap udara dari luar untuk mensuplai udara bersih ke dalam ruang pembakaran. Bagian yang satunya adalah *turbine side* yang

berhubungan langsung dengan gas buang pada mesin diesel. Maka dari itu *turbocharger* mempunyai peranan penting untuk proses pembakaran demi kelancaran gas buang.

Temperature normal udara bilas sebelum masuk ke *intercooler* 140-150°C, sedangkan *temperature* udara setelah keluar *intercooler* 46-48°C. Dari data diatas dapat diketahui bahwa *temperature* udara setelah *intercooler* tinggi. Akibat tingginya *temperature* udara bilas berdampak menurunnya kinerja dari *turbocharger*.

Masalah lain yang terjadi pada *turbocharger* tersebut adalah terjadinya *surging*, timbulnya suara dan getaran yang tidak normal, tingginya *temperature* gas buang, dan kurangnya suplai udara bersih ke dalam ruang bakar. Dari permasalahan tersebut mengakibatkan pembakaran yang tidak sempurna menyebabkan gas buang mengandung karbon yang pekat dan melekat pada bagian turbin dan *nozzle ring turbocharger* sehingga tekanan dari ekspansi gas buang menurun.

Terhitung sejak tanggal 25 September 2020 sampai dengan 16 Agustus 2021 ketika penulis melaksanakan praktek laut, penulis menemukan beberapa permasalahan yang terjadi. Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan oleh penulis adalah ketika kapal MV. CHANDRA KIRANA sedang melakukan bongkar di pelabuhan Lumut, Malaysia tiba-tiba terdengar suara ledakan pada *turbocharger* pada *auxiliary engine* no. 3. Setelah dilakukan pengamatan temperatur *exhaust gas* (gas buang) pada *auxiliary engine* no. 3 mencapai

500°C yang disebabkan oleh kurangnya suplai udara bersih menuju ke ruang bakar sehingga pembakaran di ruang bakar tidak sempurna.

1.2. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

a. Tujuan penelitian

1. Untuk menganalisis penyebab terjadinya *surging* pada *turbocharger* dan bagaimana cara mengatasinya.
2. Untuk menganalisis penyebab banyaknya kotoran yang menumpuk pada *turbine side* dan bagaimana cara mengatasinya.

b. Manfaat dari penelitian

1. Aspek Teoritis

Manfaat secara ilmiah yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah :

- a) Untuk menjadi bahan masukan guna mengatasi permasalahan *surging* pada *turbocharger*.
- b) Untuk menjadi bahan masukan faktor-faktor penyebab menumpuknya kotoran pada *turbine side*.
- c) Untuk menambah wawasan dan ilmu pengetahuan yang dapat dipelajari oleh awak kapal khususnya bagi pembaca di bidang pelayaran.

2. Aspek Praktis

Sebagai tugas akhir dalam bentuk skripsi yang wajib dikerjakan oleh penulis, dalam rangka memenuhi Kurikulum Diklat Diploma IV (D-IV) Program Studi Teknika di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran,

sehingga menjadikan penulis dapat mengetahui, menganalisis serta memahami permasalahan yang terjadi pada *Turbocharger* yang sering dialami di atas kapal MV. CHANDRA KIRANA.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

a. Turbocharger

1. Pengertian Turbocharger

Turbocharger merupakan sebuah kompresor udara pada mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) yang digunakan untuk memperbaiki proses pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar pada mesin diesel yang memanfaatkan gas buang hasil pembakaran untuk menggerakkan turbin dan dipasang seporos dengan blower. *Turbocharger* berputar dengan kecepatan tinggi menghasilkan udara dengan tekanan lebih untuk dimanfaatkan menaikkan tekanan udara masuk pada motor bakar.

Menurut Philip Kristanto, Williyanto, Rully Hartadi (2001) dalam penelitian yang berjudul "ANALISA TURBOCHARGER PADA MOTOR BENSIN DAIHATSU TIPE CB-23" tertulis bahwa semua motor bakar menghasilkan gas buang, yang mana energi pada gas buang tersebut tidak terbuang sia-sia, maka gas buang tersebut dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan atau memutar turbin gas. Gas buang

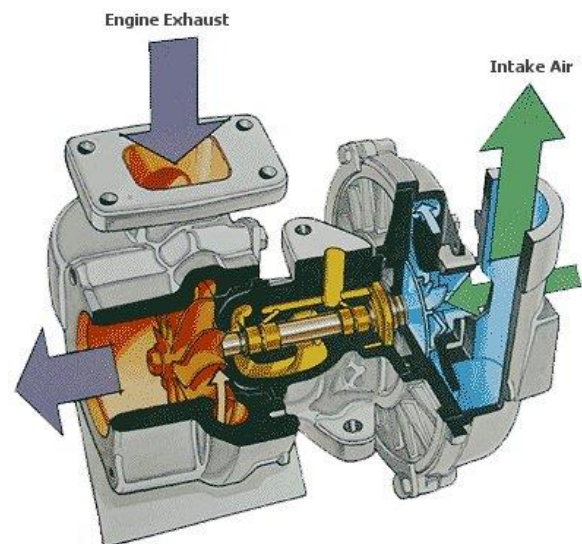
tersebut memutar turbin, dan poros dari turbin tersebut dikopel dengan poros kompresor. Apabila turbin berputar karena tekanan dari gas buang, maka kompresor akan ikut berputar. Kompresor tersebut digunakan untuk menekan udara yang masuk menuju ruang bakar. Gabungan antara turbin dengan kompresor ini disebut dengan *turbocharger*. Semua motor bakar membutuhkan udara dalam pembakaran bahan bakar pada putaran tinggi konsumsi udara dalam ruang bakar pada umumnya sering terlambat atau kurang padat.

Hal ini disebabkan karena terlalu sedikit waktu yang diberikan untuk memasukkan udara dari luar kedalam ruang bakar. Oleh karena itu *turbocharger* ini dapat membantu proses pemasukan udara kedalam ruang bakar.

Menurut Sukoco dan Zainal Arifin dalam buku karangannya yang berjudul Teknologi Motor Diesel (bab 5 : 127-128) yang menerangkan tentang sistem pengisian dan turbocharger dijelaskan bahwa turbocharger merupakan sebuah bagian dari mesin bantu diesel yang berfungsi untuk menambah jumlah udara yang masuk kedalam silinder dengan memanfaatkan energy gas buang.

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 digunakan 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.



Gambar 2.1 Konstruksi Turbocharger

2. Sejarah Turbocharger

Teknologi *turbocharger* ditemukan oleh insinyur swiss yang bernama Alfred Büchi pada tahun 1879. Ia adalah kepala riset mesin diesel di sebuah perusahaan manufaktur yaitu Gebrüder Sulzer. Ia menerima paten pada tahun

1905 dan berhasil mengembangkan teknologi ini ketika melakukan riset selama 20 tahun. Turbocharger pertama kali digunakan pada mesin pesawat produksi Napier Lioness pada tahun 1920. Ide kreatifnya adalah dengan memanfaatkan gas buang mesin bantu untuk memutar sebuah turbin dan mendorong udara murni dengan menggunakan blower yang berhubungan satu poros dengan turbin tersebut sehingga udara murni masuk ke dalam ruang pembakaran yang meningkatkan mesin bantu. Kemudian BBC (brown Boveri Company) yang sekarang menjadi ABB (Asean Brown Boveri) mengajak dirinya bergabung dengan mereka dan membantu mengembangkan proyeknya. Hingga akhirnya perusahaan ini menjadi sebuah perusahaan raksasa yang ahli dan berpengalaman dalam bidang konstruksi turbin dan compressor (ABB turbocharger).

Turbocharger digunakan pertama kali dibuat untuk mesin bantu pada tahun 1974, kemudian dikembangkan menjadi suatu bagian pengembangan riset untuk menyempurnakannya. Para insinyur di Swiss memulai untuk memikirkan dan meningkatkan keunggulan *turbocharger* dengan tingkat efisiensinya yang lebih baik. *Turbocharger* digunakan untuk meningkatkan daya keluaran mesin dengan meningkatkan massa jenis udara (udara yang

dihasilkan massa jenisnya akan bertambah besar sehingga pembakaran menjadi sempurna yang mengakibatkan daya mesin bertambah).

Dengan demikian maka jumlah bahan bakar yang dimasukan kedalam silinder dapat diperbanyak sehingga daya mesin dapat diperbesar. Dengan *turbocharger* tersebut kira-kira 8 – 10% dari jumlah kalor pembakaran bahan bakar dapat diselamatkan.

Dengan demikian, pemasangan *turbocharger* pada mesin bantu diesel akan meningkatkan daya. *Turbocharger* meningkatkan daya guna mesin bantu diesel hingga mampu menaikan tenaga dihasilkan sampai 35 – 40%.

3. Sistem Kerja Turbocharger

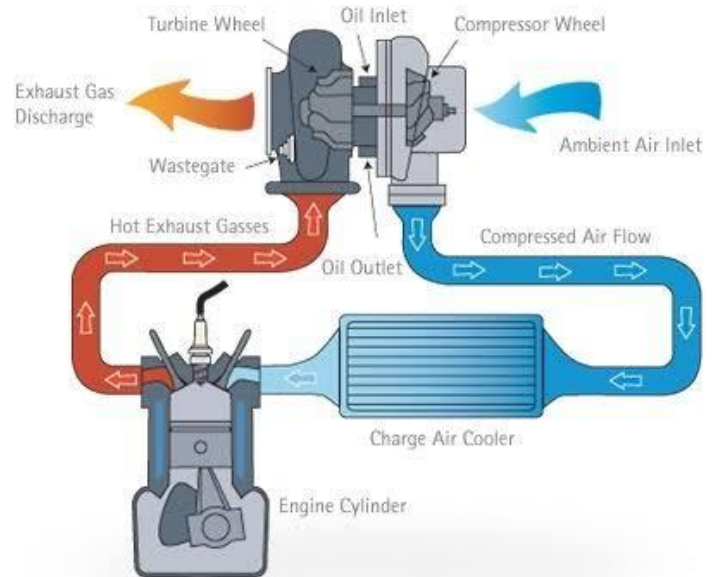
Sistem berasal dari bahasa Latin (*systēma*) dan bahasa Yunani (*sustēma*) adalah suatu kesatuan yang terdiri komponen atau elemen yang dihubungkan bersama untuk memudahkan aliran informasi, materi atau energy untuk mencapai suatu tujuan. Sistem juga merupakan kesatuan bagian-bagian yang saling berhubungan yang berada dalam suatu wilayah serta memiliki item-item penggerak. Menurut Karim Nice & Kristen Hall Geisler (2022) adapun sistem kerja dari *turbocharger* itu tersendiri, ada 3 komponen penting yang terdapat pada *turbocharger*, yaitu roda turbin, roda kompresor, dan rumah as/poros. Roda turbin terletak

pada bagian *exhaust manifold* akan berputar dengan memanfaatkan gas buang dari hasil pembakaran, kemudian kompresor yang dihubungkan dengan roda turbin oleh poros akan ikut berputar sesuai dengan putaran dari roda turbin. Semakin cepat putaran roda turbin akan semakin cepat pula putaran dari roda kompresor. Putaran roda kompresor tersebut mendorong aliran udara dan mengkompresikan udara tersebut sebelum dipompakan ke dalam ruang pembakaran pada mesin diesel. Komponen ini dapat berputar hingga 50.000 rpm, maka dari itu diperlukan pelumasan yang baik agar tidak terjadi gesekan yang berlebih antara *shaft* dengan *bushing* yang dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen *turbocharger*.

Pada sistem ini juga diperlukan pendingin untuk mendinginkan udara yang masuk menuju ruang bakar mesin diesel karena udara hasil kompresi dari roda kompresor mencapai suhu yang tinggi. Komponen ini biasa disebut dengan *intercooler/air cooler*, yang terletak diantara kompresor dan silinder pada mesin diesel.

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 terkoordinasi secara tepat, tapi juga *turbocharger*

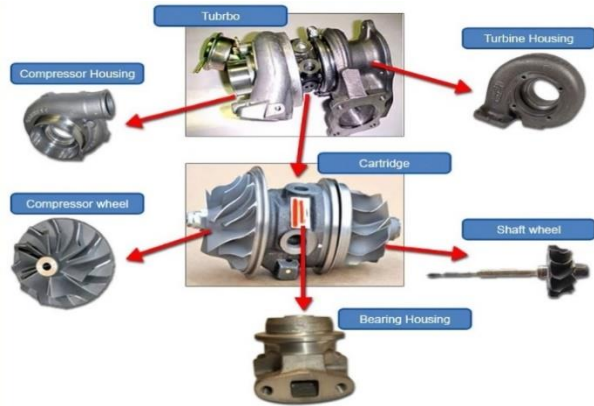
dan mesin harus benar-benar cocok. Jika tidak, maka dapat menghasilkan mesin yang tidak efisien dan bahkan dapat menyebabkan kerusakan.



Gambar 2.2 Sistem Kerja Turbocharger

4. Komponen Pada Turbocharger

Menurut E. Karyanto (2000 : 148) Prinsip kerja *turbocharger* cukup sederhana, yaitu mengkonversikan energi panas dan tekanan gas buang hasil pembakaran mesin diesel menjadi energi mekanis putaran poros untuk digunakan lebih lanjut mengkompresi udara yang akan masuk ke ruang bakar melalui *intake manifold*.



Gambar 2.3 Komponen Turbocharger

Berdasarkan prinsip kerja tersebut, *turbocharger* tersusun atas beberapa komponen utama yakni turbin, kompresor, dan sistem *shaft*. Namun selain itu, sebuah sistem *turbocharger* juga dilengkapi dengan berbagai komponen pendukung sebagai berikut :

a) Turbin

Menurut Wiranto Arismunandar (2004 : 44) Turbin adalah mesin penggerak, dimana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar suda turbin. Setiap turbin selalu melibatkan fluida yang mengandung energi panas yang mengalir melewati sudu-sudu turbin. Setiap turbin berdesain membentuk *nozzle-nozzle* sehingga disaat fluida melewatinya, fluida akan terekspansi diikuti dengan perubahan energi panas menjadi mekanis.



Gambar 2.4 Turbin pada Turbocharger

Fluida yang dikonversikan energi panasnya menjadi tenaga putaran poros pada sistem *turbocharger* tentu saja adalah udara gas buang dari hasil pembakaran mesin diesel. 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*.

b) Kompresor

Menurut Mahadi (2010) Kompresor adalah suatu alat

pemampat/ menaikkan tekanan udara diatas tekanan atmosfer. Pada keadaan ini kompresor didalam turbocharger ini berfungsi memampatkan udara / menaikkan tekanan udara yang dihisap dari udara sekitar. Kompresor disini digerakkan oleh turbin turbocharger, dimana turbin ini digerakkan oleh gas buang dari motor bakar. 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.



Gambar 2.5 Kompresor pada Turbocharger

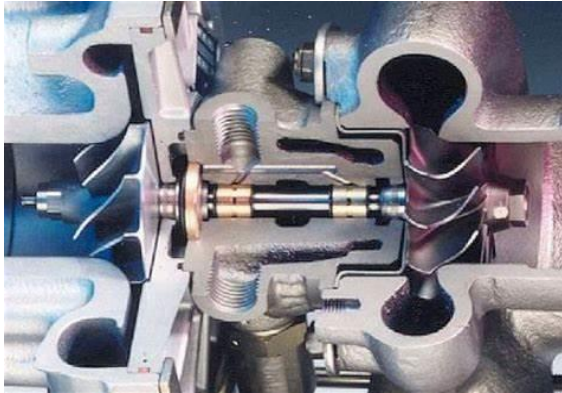
Kompresor *turbocharger* bertipe sentrifugal dan tersusun atas dua bagian utama yakni sudu-sudu rotor dan *casing*. Pada saat impeller rotor kompresor mulai berputar dengan kecepatan tinggi,

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. Kompresor meningkatkan tekanan udara 6-8 psi. pada tekanan permukaan air laut, kepadatan udara 14,7 psi. Peningkatan tekanan udara ini akan diikuti dengan kenaikan temperatur juga. Selanjutnya, udara terkompresi ini dikeluarkan untuk menuju ke *intercooler*.

c) Center Housing & Rotating Assembly (CHRA)

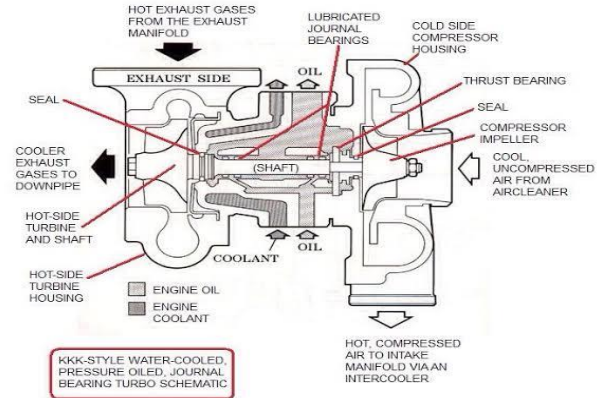
Menurut *Instruction Manual Book MAN DIESEL & TURBO* masing-masing turbin dan kompresor pada *turbocharger* tersusun atas bagian rotor dan rumah *casing*. Keduanya berada pada satu poros yang ditopang oleh sebuah sistem *bearing* (bantalan) di tengah-tengah antara turbin dan kompresor. Untuk kebutuhan *assembly*, *casing* turbin dan kompresor disatukan oleh sebuah sistem bernama *Center Housing & Rotating Assembly (CHRA)*. Karena sistem *bearing* juga

terletak pada CHRA, maka sistem pelumasan *turbocharger* juga berpusat pada CHRA.



Gambar 2.6 Sistem Center Housing & Rotating Assembly

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



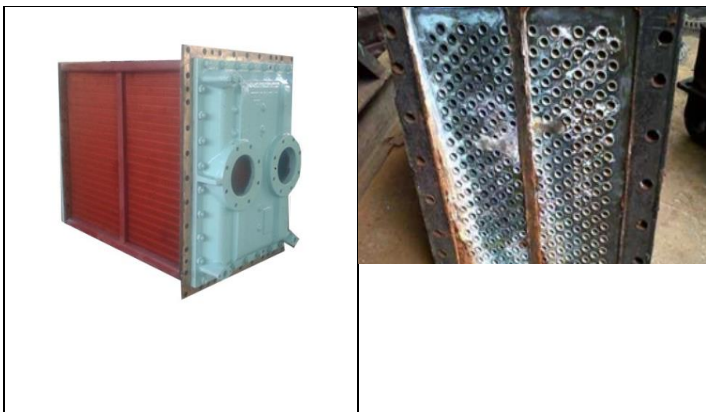
Gambar 2.7 Sistem Pelumasan & Pendinginan Turbocharger

CHRA juga menjadi tempat sirkulasi sistem pelumasan oli dan pendinginan. *Turbocharger* 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 pendinginan yang baik.

d) Intercooler

Menurut E. Karyanto (2000) *intercooler* berfungsi untuk mendinginkan udara masuk dari blower yang panas karena melewati *turbocharger*. Udara yang mengalami kenaikan tekanan di dalam sebuah ruangan dengan volume konstan, akan diikuti pula dengan kenaikan

temperaturnya. Dalam termodinamika, proses ini disebut dengan proses isokhorik atau isovolumetrik. Setiap kompresor pasti diikuti dengan proses isokhorik ini, tak terkecuali kompresor pada *turbocharger*. Hal ini ditandai dengan naiknya temperatur udara terkompresi yang keluar dari kompresor *turbocharger*. Atas dasar inilah dibutuhkan sebuah sistem pendingin udara bernama *intercooler* sebelum udara bertekanan tersebut masuk ke *intake manifold*. Suhu udara bilas sebelum masuk ke *intercooler* 140-150°C, sedangkan suhu udara setelah keluar *intercooler* 46-48°C



Gambar 2.8 Intercooler

Intercooler merupakan sebuah *heat exchanger* yang umumnya menggunakan air tawar sebagai media *cooler*. Udara terkompresi masuk ke sisi *tubing* kecil yang tersusun atas plat-plat tipis

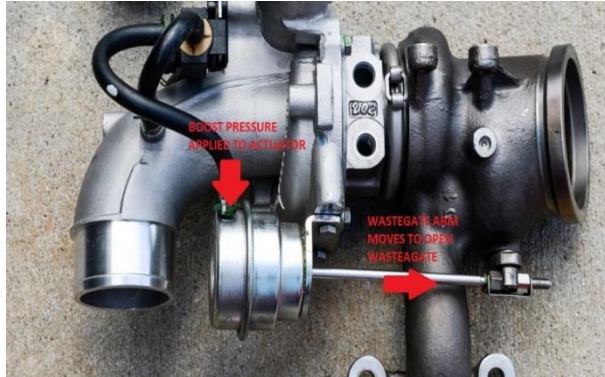
aluminium mirip konstruksi radiator.

e) Wastegates

Menurut Juliandi (2019) fitur dari wastegates yang ada pada *turbocharger* bekerja seperti katup yang bekerja secara *bypass*. Katup akan menutup dan membuka sesuai dengan kondisi mesin yang mana pada kondisi tertentu gas buang akan dialirkan secara langsung ke arah pembuangan tanpa melewati bilah *turbocharger*.

Sebuah mesin kendaraan bermotor selalu bekerja pada rentang rpm putaran mesin yang bervariasi. Berbagai variasi rpm tersebut tentu saja menghasilkan jumlah gas buang yang bervariasi pula. Semakin tinggi putaran mesin, akan semakin banyak kuantitas gas buang dan temperatur gas buang pun juga semakin tinggi. Jika semua gas buang mesin masuk ke turbin *turbocharger*, dapat kita bayangkan putaran *turbocharger* pasti menjadi tidak terkontrol. Pada kondisi ini jika mesin kendaraan terlalu lama pada putaran tinggi, maka hal ini dapat menyebabkan *overheating* pada turbin dan kompresor bahkan hingga mencapai titik lebur komponen-komponen *turbocharger*. Bahkan pada keadaan ekstrim, kondisi ini dapat

langsung merusak piston motor bakar dengan meninggalkan lubang meleleh pada piston tersebut.



Gambar 2.9 Wastegates

Wastegates digunakan untuk mengatasi kondisi di atas. Komponen ini berfungsi sebagai *bypass valve* untuk membuang gas buang motor bakar pada kondisi tertentu untuk tidak masuk ke dalam turbin *turbocharger* melainkan langsung menuju *exhaust*. Pada kondisi mesin stabil, *wastegates* akan menutup. Sedangkan pada saat proses akselerasi, dimana tekanan gas buang meningkat, *wastegates* akan membuka sehingga putaran turbin *turbocharger* tidak mengalami sentakan yang berlebihan. *Wastegates* bekerja berdasarkan pegas-pegas keong yang dapat diatur ketegangannya, sehingga mekanik dapat mengatur ketegangannya untuk mendapatkan kinerja terbaik dari *turbocharger*.

f) Blow-Off Valve

Menurut Juliandi (2020) *blow-off valve* pada saluran *turbocharger* adalah katup yang berfungsi melepas tekanan yang berlebih pada saluran *intake manifold*. Dengan adanya *blow-off valve* pada saluran *intake*, ini mencegah terjadinya tekanan balik. Sejatinya adalah *pressure relief valve* yang berfungsi untuk membuang udara terkompresi ke atmosfer pada saat tekanan udara keluar kompresor *turbocharger* terlalu besar. Jika *turbocharger* tidak dilengkapi dengan *blow-off valve*, maka tekanan udara terkompresi akan terus naik, dimungkinkan akan bocor keluar, merusak bagian-bagian *intake manifold*, atau bahkan dapat menyebabkan *surgin/stall* pada *turbocharger*. Tentu saja hal ini dapat merusak berbagai komponen mesin.



Gambar 2.10 Blow-off Valve

Blow-off valve memiliki konstruksi yang mirip

dengan *wastegates*. Pada saat mesin berakselerasi maupun beroperasi stasioner, katup ini akan menutup. Ia akan membuka pada saat mesin mengurangi kecepatan putarannya, sehingga tekanan udara yang berlebih cukup kuat untuk mendorong pegas *blow-off valve* ini.

b. Perawatan 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 *turbocharger*, 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 mesin diesel yang menggunakan *turbocharger*, oli pelumas mesinnya akan cepat panas dibanding mesin diesel tanpa *turbocharger* (natural aspirated). Kondisi ini membuat kualitas kekentalan oli pelumas jadi cepat menurun, karena minyak pelumas disamping untuk pendinginan, oli mesin juga berfungsi melumasi komponen *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 sistem pemasukan ini adalah untuk menyediakan udara yang diperlukan bagi pembakaran bahan bakar. Tetapi selain itu, sistem 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.

Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa ada beberapa hal yang harus diperhatikan selama pengoperasian *turbocharger*, yaitu :

- 1) Memastikan minyak pelumas melumasi bagian turbin yang ada di dalam *turbocharger*.
- 2) Mengamati suara blower yang bekerja dan memastikan tidak ada suara-suara aneh yang terjadi pada blower
- 3) Bila terdapat suara aneh pada mesin *turbocharger*, turunkan putaran (beban) atau matikan mesin. Kemudian periksa sumber suara tersebut.
- 4) Hindari putaran mesin yang pelan pada jangka waktu yang lama, ini akan menyebabkan blower kotor dan efisiensi berkurang. Selain itu membuat turbin kotor dan juga memaksa gas buang akan menerobos melalui seal-seal masuk kedalam bagian blower.
- 5) Setelah menjalankan mesin pada putaran tinggi atau beban penuh, jalankan mesin secara idle (pelan tanpa beban) selama kurang lebih 3 menit sampai 5 menit sebelum mesin dimatikan, bila ini tidak dilaksanakan, dapat merusak bantalan poros turbin.

c. Keuntungan dan Kerugian Penggunaan Turbocharger

Menurut Rizen Panji (2021) adapun kelebihan dan kekurangan menggunakan *turbocharger*, yaitu :

1. Kelebihan penggunaan sistem *turbocharger*

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

a) Tenaga yang dihasilkan besar

Tenaga mesin dapat di tingkatkan sampai dengan 35 – 40% Dengan penambahan 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 %.

b) 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.

c) 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.

d) 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.

e) Bahan bakar irit

Hal itu terjadi karena gas buang yang tadinya terbuang dimasukkan kembali ke dalam ruang mesin oleh turbo. Hal inilah yang membuat bahan bakarnya jadi lebih irit. Efisiensi yang dihasilkan oleh turbo bisa mencapai 20% lebih baik untuk mobil bermesin bensin. Sedangkan mobil bermesin diesel efisiensinya bisa jauh lebih baik, mencapai 40%.

2. Kekurangan penggunaan sistem *turbocharger*

Adapun kerugian dalam penggunaan sistem *turbocharger* itu sendiri, antara lain yaitu :

a) Butuh oli mesin khusus

Penggunaan oli mesin khusus dikarenakan mesin yang menggunakan *turbocharger* umumnya punya temperatur yang lebih panas. Sehingga oli mesinnya juga butuh spesifikasi yang bisa mendinginkan mesin dan *turbocharger*-nya.

b) Bila *turbocharger* mengalami gangguan maka dapat berpengaruh terhadap daya mesin.

c) Penggunaan minyak pelumas lebih boros karena digunakan juga untuk melumasi komponen-komponen yang terdapat pada sistem *turbocharger*.

d) Mesin dengan *turbocharger* memerlukan bahan yang lebih baik dan pelumasan serta sistem pendinginan yang lebih efisien.

e) Biaya suku cadang dan perawatan mahal

d. Permasalahan Pada Sistem Turbocharger

1) Terjadinya *surging* pada *turbocharger*

Surging merupakan kejadian dimana *turbocharger* mengalami over running lalu berhenti seketika, kemudian berputar dengan normal kembali, tidak berapa lama over running kembali. Saat akan terjadi *surging*, kompresor akan berputar dengan kecepatan di atas kecepatan normalnya (over running), hal ini terjadi karena kompresor tidak menghasilkan udara bertekanan yang disuplai ke dalam mesin, sehingga

seolah-olah *turbocharger* berputar tanpa beban.

Surging terjadi karena suatu getaran frekuensi tinggi dari *impeller* (rotor) yang berputar pada keadaan tertentu dan kompresor udara harus menyalurkan udara dengan tekanan tertentu sesuai dengan putaran turbin karena suatu sebab tekanan udara di dalam ruang pembilasan (*scavenging air trunk*) sama atau lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan udara yang dihasilkan oleh kompresor maka ada kecenderungan tekanan udara membalik arah melawan sudu-sudu kompresor yang berputar.

a) Penyebab *surging* pada sistem *turbocharger*

Menurut *instruction manual book MAN DIESEL & TURBO* ada beberapa penyebab terjadinya *surging*, yaitu :

- Penumpukan kotoran pada kompresor
- *Turbine wheel* pada *turbocharger* pecah
- Tersumbatnya *filter* udara bilas

b) Dampak dari *surging* pada sistem *turbocharger*

Berikut dampak yang ditimbulkan akibat terjadinya *surging* :

- Rusaknya *bearing* pada *turbocharger*
- Putaran dari *turbocharger* yang lemah
- Kurangnya volume dari udara bilas

c) Cara mengatasi terjadinya *surging*

Setelah diselidiki dari penyebab dan dampak terjadinya *surging* pada *turbocharger*, berikut cara untuk mengatasi terjadinya *surging* :

- Bersihkan secara teratur sudu-sudu pada kompresor
- Ganti *turbine wheel* yang sudah pecah dengan yang baru
- Periksa dan ganti *filter* udara bilas

2) Banyaknya kotoran yang menumpuk pada *turbine side*

Kotoran adalah masalah utama pada sistem *turbocharger* yang dapat menyebabkan tersumbatnya *nozzle ring* pada turbin. *Nozzle ring* yang tersumbat akan mengakibatkan putaran dari turbin tidak optimal sehingga kurangnya suplai udara bersih menuju ruang bakar.

a) Penyebab menumpuknya kotoran pada *turbin side*

Menurut *instruction manual book MAN DIESEL & TURBO* ada beberapa penyebab menumpuknya kotoran pada turbin, yaitu :

- Pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna
- Perawatan *turbocharger* tidak sesuai rencana

b) Dampak menumpuknya kotoran pada *turbin side*

Adapun dampak dari menumpuknya kotoran pada turbin sebagai berikut :

- Tersumbatnya *nozzle ring* oleh kotoran sisa dari pembakaran

- Putaran dari *turbocharger* tidak optimal
- c) Cara mengatasi kotoran yang menumpuk pada *turbin side*
 - Periksa pengabutan bahan bakar pada injector
 - Bersihkan bagian *turbine wheel* dan *nozzle ring* secara berkala

3. METODE

3.1. METODE PENDEKATAN

Dalam penulisan skripsi ini menggunakan metode pendekatan kualitatif. Metode penelitian kualitatif adalah metode penelitian yang digunakan untuk meneliti pada kondisi objek alamiah, dimana peneliti merupakan instrumen kunci. Menurut Sugiyono (2011), metode penelitian kualitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat *post positivisme*, digunakan untuk meneliti pada kondisi obyek yang alamiah, dimana peneliti adalah instrumen kunci, pengambilan sampel sumber data dilakukan secara *purposive* dan *snowball*, teknik pengumpulan dengan *tri-anggulasi* (gabungan), analisis data bersifat induktif atau kualitatif, dan hasil penelitian ini lebih menekankan makna dari pada *generalisasi*.

Berikut menjelaskan tentang metode pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini yang meliputi antara lain :

a. Studi Kasus

Di dalam kamar mesin diatas kapal mesin diesel sulit untuk mendapatkan suplai udara bersih dari luar, maka dari itu diperlukan *turbocharger*. Namun kinerja

turbocharger tidak selamanya optimal. Penulis menemukan suatu masalah yang berkaitan dengan kinerja *turbocharger* ketika menjalani praktek laut. Dengan masalah-masalah yang dialami penulis tertarik untuk mempelajari kinerja *turbocharger* pada mesin diesel diatas kapal.

b. Problem Solving

Pengertian *problem solving* adalah kemampuan mendefinisikan masalah, menentukan sumbernya, membuat skala prioritas, menyusun alternatif-alternatif solusi, dan mengimplementasikannya sesuai kebutuhan. Atau secara singkatnya *problem solving* adalah kemampuan menemukan masalah dan memecahkannya dengan baik. 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. Penelitian deskriptif kualitatif bertujuan untuk menggambarkan,

melukiskan, menerangkan menjelaskan dan menjawab secara lebih rinci permasalahan yang akan diteliti dengan mempelajari semaksimal mungkin seorang individu, suatu kelompok atau suatu kejadian. Dalam penelitian kualitatif manusia merupakan instrumen penelitian dan hasil penulisannya berupa kata-kata atau pernyataan yang sesuai dengan keadaan sebenarnya.

3.2. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Data adalah sekumpulan informasi atau keterangan-keterangan dari suatu hal yang diperoleh dengan melakukan pengamatan atau penelitian pada sumber-sumber tertentu. Pada penelitian biasanya diperoleh 2 jenis sumber data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah jenis data yang didapatkan secara langsung, sehingga teknik pengumpulan data dari pihak yang melakukan penelitian langsung dihadapan dengan objek penelitian, sedangkan data sekunder adalah jenis data yang didapatkan dari pihak lain dan data ini sifatnya sudah tersedia sehingga peneliti tidak perlu mencari dan mengumpulkan data-data tersebut.

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 kegiatan untuk mengamati suatu proses maupun objek dengan tujuan agar bisa memahami pengetahuan terhadap fenomena atau masalah berdasarkan landasan pengetahuan dan gagasan yang sudah ada sebelumnya, sehingga informasi tersebut bisa dijadikan landasan dalam penelitian. Kesimpulan yang didapat akan bersifat objektif karena pengamatan dilakukan secara langsung terhadap permasalahan – permasalahan yang diangkat dalam skripsi. Selama penulis melaksanakan praktek laut, terjadi permasalahan pada turbocharger mesin bantu yang ada diatas kapal. Untuk mendapatkan data-data yang objektif dalam penyusunan skripsi ini, penulis melakukan pengamatan terhadap permasalahan yang terjadi pada turbocharger tersebut.

b. Wawancara

Wawancara merupakan teknik pengumpulan data yang digunakan oleh penulis dengan mengadakan komunikasi atau tanya jawab kepada pihak -pihak yang terkait diatas kapal (pada penelitian ini pihak terkait adalah Chief Engineer dan 3rd Engineer) tentang permasalahan yang terjadi dan langkah-langkah penanganan yang dilakukan terhadap

permasalahan yang terjadi pada turbocharger.

Pada penelitian, wawancara dapat berfungsi sebagai metode primer, pelengkap, dan sebagai kriterium. Sebagai metode primer, data yang diperoleh dari wawancara merupakan data yang utama guna menjawab permasalahan penelitian. Sebagai metode pelengkap, wawancara berfungsi sebagai pelengkap metode lainnya yang digunakan untuk mengumpulkan data pada suatu penelitian. Sebagai metode kriterium, wawancara digunakan untuk menguji kebenaran dan kemantapan data yang diperoleh dengan metode lain.

c. Studi Dokumentasi

Menurut Sugiyono (2015 : 329) dokumentasi adalah suatu cara yang digunakan untuk memperoleh data dan informasi dalam bentuk buku, arsip, dokumen, tulisan, angka, dan gambar yang berupa laporan serta keterangan yang dapat mendukung penelitian. Dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data kemudian ditelaah.

Dalam penulisan skripsi ini, arsip serta dokumen-dokumen kapal yang berkaitan dengan turbocharger digunakan untuk melengkapi data yang diperoleh, sehingga data tersebut bisa lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan.

Dokumen-dokumen diatas kapal yang dijadikan referensi adalah :

- 1) Lembaran perawatan secara berkala Plan Maintenance System (PMS) yang berisi tentang jadwal perawatan terencana terhadap

turbocharger yang ada diatas kapal MV. CHANDRA KIRANA.

- 2) Engine Room Log Book (buku log kamar mesin) dari kapal MV. CHANDRA KIRANA, yang berisikan hal-hal yang perlu diperiksa secara rutin guna mengetahui performa dan kondisi setiap permesinan yang ada di kamar mesin.

3.3. SUBJEK PENELITIAN

Menurut Suharsimi Arikunto dalam bukunya yang berjudul “Prosedur Penelitian : Suatu Pendekatan Praktik” pada tahun 2016 menjelaskan bahwa subjek penelitian adalah batasan penelitian dimana peneliti bisa menentukannya dengan benda, hal atau orang untuk melekatnya variable penelitian. Subjek penelitian merupakan informasi tentang subjek yang menjadi fokus didalam suatu penelitian. Subjek penelitian dalam penyusunan skripsi ini yang diambil oleh penulis adalah upaya peningkatan kinerja *Turbocharger* pada *Auxiliary Engine* untuk kelancaran operasional dikapal MV. CHANDRA KIRANA.

Berikut ini spesifikasi dari *turbocharger* pada *auxiliary engine* tersebut :

Model	:	NR 15/R151
Type	:	Radial
Flow Turbine	:	
Maker	:	SSANGYONG MAN B&W TURBOCHARGER
Max. admissible speed	:	53.200 rpm
Max. exhaust gas temp	:	650°C

Serial Number :
7028800



Gambar 3.1 Turbocharger NR 15/R

3.4. TEKNIK ANALISIS DATA

Secara umum, pengertian analisis data adalah langkah mengumpulkan, menyeleksi, dan mengubah data menjadi informasi. Sedangkan teknik analisis data adalah suatu metode atau cara untuk mengolah sebuah data menjadi informasi sehingga karakteristik data tersebut menjadi mudah untuk dipahami dan juga bermanfaat untuk menemukan solusi permasalahan, yang terutama adalah masalah dalam suatu penelitian. Tujuan dari analisis data adalah untuk mendeskripsikan sebuah data sehingga bisa dipahami, dan juga untuk membuat kesimpulan atau menarik kesimpulan berdasarkan data yang diperoleh dari objek penelitian.

Teknik analisis data yang digunakan untuk menganalisa data yang ada pada 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*.

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.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. DESKRIPSI DATA

Deskripsi data adalah penggambaran data yang ada guna memperoleh bentuk nyata dari responden, sehingga lebih mudah dimengerti peneliti atau orang lain yang tertarik dengan hasil penelitian yang dilakukan. Pada data kualitatif, maka deskripsi data ini dilakukan dengan cara menyusun dan mengelompokkan data yang ada, sehingga memberikan gambaran nyata terhadap responden. Fungsi deskripsi data adalah untuk mengadministrasi dan menampilkan ringkasan yang ada sehingga memudahkan pembaca lain mengerti substansi dan makna dari tampilan data tersebut.

Permasalahan yang akan dibahas pada skripsi ini yaitu kurang maksimalnya kinerja dari pesawat

bantu *turbocharger* pada Mesin Bantu Diesel, yang disebabkan oleh beberapa faktor yang saling berkaitan dan berhubungan satu sama lain. Dengan demikian dalam pembahasan ini penulis berusaha untuk memberikan gambaran yang jelas dalam mengutarakan fakta dan bukti dari permasalahan yang terjadi pada pesawat bantu *turbocharger*.

Perawatan adalah salah satu faktor yang penting untuk menjaga suatu permesinan dapat beroperasi dengan optimal dan tahan lama. Perawatan pada *turbocharger* harus dilakukan dengan baik dan benar sesuai dengan intruksi *manual book* dari *turbocharger* tersebut. Perawatan yang tidak dilakukan dengan baik dan benar akan mempengaruhi kinerja dari *turbocharger* sehingga dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen-komponen yang ada didalamnya.

Kurang maksimalnya kinerja *turbocharger* pada mesin bantu diesel maka berdampak kelancaran operasional diatas kapal akan terganggu, karena performa dari mesin bantu diesel dipengaruhi pula dengan kinerja dari *turbocharger*. Agar performa mesin bantu diesel tetap optimal maka diperlukan perawatan secara rutin dan terencana terutama pada bagian *turbocharger*.

Pada pembahasan kali ini mengungkapkan data-data yang diperoleh berdasarkan pengalaman penulis ketika melaksanakan praktek laut (prala) selama kurang lebih 10 bulan diatas kapal MV. CHANDRA KIRANA milik perusahaan PT. SABITHA TRIGUNA MANDIRI. Berdasarkan dari pengalaman ini, penulis menemukan berbagai

permasalahan yang terjadi sebagai berikut :

a. Terjadinya *surging* pada *turbocharger*

Pada tanggal 19 Januari 2021 ketika kapal MV. CHANDRA KIRANA sedang dalam perjalanan dari Taboneo, Indonesia menuju ke Port Dickson, Malaysia, *auxiliary engine* no.3 beroperasi *single running* untuk menunjang semua permesinan yang ada diatas kapal. Pada saat itu terjadi bunyi ledakan-ledakan atau disebut dengan *surging* yang mengarah pada *turbocharger auxiliary engine* tersebut.

3rd *Engineer* mencoba untuk membuka *filter* udara pada *turbocharger* tersebut supaya suplai udara yang masuk ke dalam ruang bakar lebih banyak, namun upaya tersebut tidak dapat mengatasi *surging* yang terjadi pada *turbocharger*. Pada saat itu, 3rd *Engineer* mencoba untuk menjalankan *auxiliary engine* no.2 untuk membantu beban dari *auxiliary engine* no.3. Sebelum mesin bantu tersebut diparalelkan, semua permesinan berhenti seketika dan terjadi *blackout* dikarenakan *auxiliary engine* no.3 tidak mampu untuk menampung beban terlalu lama. Instruksi dari *Chief Engineer* untuk menjalankan *auxiliary engine* no.1 kemudian diparalelkan dengan *auxiliary engine* no.2 untuk persiapan *maneuver*. Setelah semua persiapan *maneuver* selesai, *main engine* siap untuk dijalankan kembali.

3rd *Engineer* melakukan pengecekan terhadap *intercooler*, *kompresor/turbin blade*, dan

pengecekan terhadap *filter* udara bilas. *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.

b. Banyaknya kotoran yang menumpuk pada *turbin side*

Pada tanggal 21 Januari 2021 ketika kapal berlabuh jangkar di Port Dickson, Malaysia menunggu antrian untuk proses bongkar muatan. Setelah kejadian *surging* pada *auxiliary engine* no.3, 3rd *Engineer* selaku penanggung jawab permesinan tersebut melakukan pengecekan pada bagian *turbocharger*. Dan menganalisa data sebelumnya yang berkaitan dengan penyebab dari masalah tersebut.

Setelah pengecekan secara visual telah dilakukan, 3rd *Engineer* mencoba untuk *running test* tanpa

beban pada *auxiliary engine* no.3. Namun karena tidak dilakukannya perawatan dan perbaikan yang baik *turbocharger* tersebut masih terjadi *surging* walaupun mesin bantu diesel beroperasi tanpa beban. Setelah dianalisa kembali, 3rd *Engineer* mengambil tindakan untuk mematikan *auxiliary engine* no.3.

3rd *Engineer* meminta izin kepada *Chief Engineer* selaku penanggung jawab semua permesinan yang ada di kamar mesin untuk melakukan *overhaul* pada *turbocharger auxiliary engine* no.3 dikarenakan masih terdapat masalah yang berkaitan dengan *turbocharger*. *Chief Engineer* pun memberi izin untuk melakukan *overhaul* pada *turbocharger* tersebut.

Setelah dilakukan *overhaul* pada *turbocharger* ditemukan bahwa terdapat banyak kotoran seperti kerak-kerak yang menumpuk pada bagian *turbine blade*. Kemudian 3rd *Engineer* melakukan pengecekan dan perawatan *turbocharger* sesuai dengan *Plan Maintenance System (PMS)*. Jika kejadian ini tidak segera di tangani, maka akan berdampak buruk juga dengan komponen-komponen lain yang berkaitan dengan *turbocharger* dan akan mengakibatkan kinerja dari *turbocharger* tidak optimal. Permasalahan ini akan mempengaruhi pula kinerja dari mesin bantu diesel yang akan berdampak pada pengoperasian di kapal MV.CHANDRA KIRANA.

4.2. ANALISIS DATA

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

a. Terjadinya *surging* pada *turbocharger*

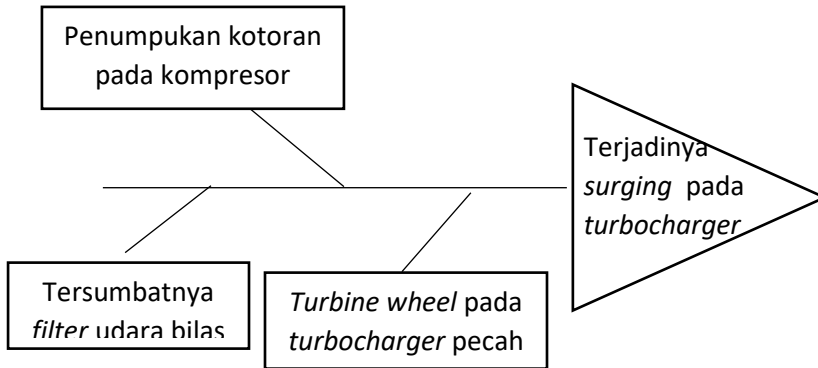


Diagram Fish Bone Analysis

Berdasarkan diagram *Fish Bone Analysis* diatas, dapat diuraikan beberapa pengecekan yang dilakukan terhadap penyebab terjadinya *surging* pada *turbocharger*, yaitu :

- 1) Penumpukan kotoran pada kompresor
 Kompresor ini memiliki fungsi untuk menekan udara yang berada diluar mesin masuk kedalam ruang bakar yang memanfaatkan putaran yang di hasilkan oleh turbin melalui poros turbin. Derajat kecepatan putaran dari kompresor ini sama dengan putaran turbin. 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 perawatan yang tidak benar dan kelalaian perawatan pada kompresor dalam melakukan pembersihan rutin juga bisa menyebabkan kotoran akan menumpuk dan berkerak pada bagian sudu-sudu kompresor. 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 roda kompresor yang banyak kerak dari kotoran maka kinerja *turbocharger* pun akan berkurang dan tidak optimal, Tekanan yang dihasilkan pada kompresor akan rendah karena terjadi perubahan *clearance* yang cukup besar antara *compressor blade* dengan *compressor housing*. Hal ini terjadi karena *compressor blade* selalu tergerus akibat endapan kotoran yang ikut masuk ke dalam *compressor housing*, seperti debu dan partikel batu bara.



Gambar 4.1 Penumpukan kotoran pada kompresor

Perawatan dan pemeriksaan yang benar pada roda kompresor perlu dilakukan dengan cara periksa sudu-sudu roda kompresor terhadap adanya keausan dan retakan, bersihkan dengan benar kotoran-kotoran yang menempel pada *compressor wheel* dan *compressor housing* dan jika terdapat kerusakan pada sudu-sudu roda kompresor maka roda kompresor tersebut harus diganti.

- 2) *Turbine wheel* pada *turbocharger* pecah
Turbine wheel memiliki peran yang sangat penting pada *turbocharger*. Fungsi dari *turbine wheel* ini adalah memanfaatkan gas panas dari hasil pembakaran pada mesin diesel. Pecahnya *turbine wheel* dapat menyebabkan kurang optimalnya kinerja dari *turbocharger*. *Turbine wheel* pada *turbocharger* yang pecah, dapat menyebabkan menurunnya putaran dari

turbocharger tersebut. Putaran *turbocharger* yang lemah berdampak dengan kurangnya suplai udara bilas menuju ke ruang bakar. Sehingga suplai udara bilas menuju ke ruang bakar sedikit yang menyebabkan terjadinya tekanan balik dari ruang bakar. Pemeriksaan dan perawatan yang benar pada *turbine wheel* dapat dilakukan dengan cara melakukan penggantian *turbine wheel* sesuai *running hours* yang sudah ditentukan pada *manual book*. Mengganti *turbine wheel* yang sesuai dengan spesifikasi *turbocharger* tersebut, dan pemasangan yang dilakukan secara hati-hati sesuai standard yang telah ditentukan, melakukan tes *balancing* pada poros, kompresor, dan turbin, serta mengecek sirkulasi pelumasan pada *turbocharger* agar umur dari *turbocharger* tersebut serta komponen-komponennya dapat bertahan lama.

- 3) Tersumbatnya *filter* udara bilas
 Fungsi utama dari *filter* udara bilas yaitu untuk menyaring kotoran-kotoran yang bercampur dengan udara bilas dan menjaga ruang bakar agar tidak ada kotoran-kotoran yang menempel. Tidak adanya *filter* udara bilas akan menyebabkan timbulnya kerak di dalam ruang bakar. *Filter* udara bilas yang biasa dipakai pada *turbocharger* adalah *viledon filter*. Tersumbatnya *filter* udara bilas mengakibatkan kurangnya

tekanan udara bilas yang masuk ke dalam ruang bakar sehingga menyebabkan putaran mesin bantu diesel menurun. Maka dari itu, kurangnya suplai udara bilas menuju ruang bakar akan mempengaruhi kinerja dari mesin bantu diesel.

3rd *Engineer* melakukan pemeriksaan pada *filter* udara bilas dan hasil yang ditemukan dalam keadaan kotor. Banyaknya kotoran yang menempel pada *filter* tersebut disebabkan karena kurangnya perawatan secara rutin. *Filter* udara bilas yang kotor menyebabkan udara bersih dari luar yang dihisap oleh *turbocharger* tersumbat oleh kotoran yang menempel pada *filter* tersebut 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 bersih yang dapat dihasilkan pada *turbocharger* untuk pembakaran.



Gambar 4.2 Penumpukan kotoran pada filter udara bilas

Maka dari itu, pasokan udara yang masuk ke dalam ruang pembakaran tidak maksimal sehingga menyebabkan pembakaran yang terjadi di ruang bakar tidak sempurna dan mengakibatkan timbulnya kerak karbon yang menempel pada *Nozzle Ring Turbocharger* yang menyebabkan terjadinya penyumbatan pada aliran gas buang di *nozzle ring* tersebut, sehingga terjadinya tekanan balik pada *turbocharger* yang menyebabkan terjadinya *surging*.

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 :

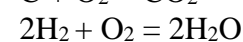
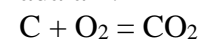
86 % = carbon / C

14 % = hydrocarbon / 2H₂

Berat atom C adalah 12,011 g/mol

Berat atom H adalah 1,008 g/mol

Persamaan pembakarannya adalah :



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 0°C (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 (volume udara total : volume oksigen), menjadi :

$$((0,86 / 12,011) + (0,14 / 4,032)) \times 22,41 \times 100 / 21 = 11,35$$

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

$$\text{Mr air} = 79\% \text{ N}_2 + 21\% \text{ O}_2$$

$$\text{Mr air} = (0,79 \times 14 \times 2) + (0,21 \times 16 \times 2)$$

$$\text{Mr air} = 22,12 + 6,72 = 28,84 \text{ g/mol}$$

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 :

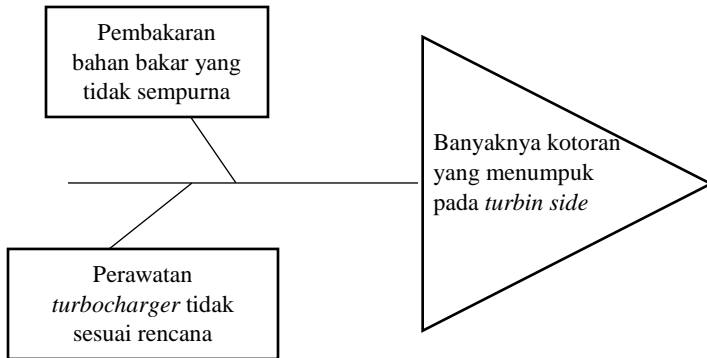
$$\text{Volume udara} = (\text{Berat udara} \times 1 \text{ mol gas}) : \text{massa relatif udara}$$
$$\text{Volume udara} = (14,68 \text{ g} \times 22,41 \text{ l}) : 28,84 \text{ g/mol} = 11,4 \text{ liter, atau dibulatkan sekitar 12 liter.}$$

Dari hasil perbandingan udara dan bahan bakar diatas, maka 3rd Engineer pun mengambil keputusan untuk mengganti *filter* udara bilas tersebut dengan yang baru, agar sempurna pembakaran pada mesin bantu diesel dan tidak menimbulkan kerak karbon pada saluran gas buang yang akan menempel di *nozzle ring* dan mesin bantu diesel dapat beroperasi 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 different gauge U-tube*, yang mengukur perbedaan tekanan sebelum dan sesudah *filter*. Apabila semakin besar tekanan yang ditunjukkan menandakan saringan tersebut kotor dan sebaiknya dibersihkan atau diganti.

b. Banyaknya kotoran yang menumpuk pada *turbin side*

Berikut ini penyebab banyaknya kotoran yang menumpuk pada *turbin side* dalam bentuk diagram *fishbone analysis* :



1) Pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna

Untuk memperoleh tenaga mesin bantu diesel yang maksimal, maka proses pembakaran bahan bakar harus berlangsung dengan sempurna. Ini berarti perbandingan antara bahan bakar dan udara bilas sebanding yaitu 1 : 12 serta temperatur yang cukup untuk menyalakan atau membakar bahan bakar yang dikabutkan ke dalam silinder sehingga tidak ada bahan bakar yang tidak terbakar.

Apabila proses pembakaran yang sempurna berlangsung secara terus menerus, maka dapat dipastikan akan menghasilkan daya atau tenaga mesin yang maksimal, serta tidak akan menimbulkan jelaga-jelaga atau karbon-karbon yang ikut bersama-sama gas bekas hasil pembakaran.

Akan tetapi yang dialami pada kapal MV. CHANDRA KIRANA adalah sebaliknya, bahan bakar yang sering bercampur lumpur dan air akibat dari sistem pembersihan bahan bakar yang tidak bekerja dengan sempurna.

Bahan bakar yang disemprotkan ke dalam silinder yang harus dalam bentuk kabut namun tidak terjadi, akibat dari *injector* yang bocor, serta gangguan mekanis dari sistem pompa bahan bakar tekanan tinggi (*fuel injection pump*).

Hal-hal seperti inilah yang mengakibatkan proses dari pembakaran tidak sempurna, sehingga gas bekas hasil pembakaran mengandung karbon-karbon atau jelaga-jelaga yang mengalir ke sistem dan akhirnya menempel pada saluran gas bekas atau sudu-sudu *nozzle ring turbocharger*. Hal tersebut pada akhirnya menyebabkan aliran gas bekas dari dalam silinder melewati saluran pipa gas buang terhambat.

2) Perawatan *turbocharger* tidak sesuai rencana

Memperpanjang usia dari suatu pesawat atau mesin agar dapat bekerja secara terus menerus haruslah menjadi perhatian dari operator atau *engineer*. Maka dari itu diperlukan suatu sistem perawatan yang berkesinambungan dan terencana.

Perawatan *turbocharger* harus dilaksanakan sesuai dengan rencana yang telah dibuat. Hal tersebut dimaksudkan agar

turbocharger dapat bekerja secara optimal dan tidak mengalami gangguan. Jika terjadi kerusakan atau gangguan pada *turbocharger*, maka akan mengakibatkan kerugian, karena untuk melakukan perbaikan membutuhkan waktu yang lama yang berdampak pada tertundanya operasional kapal. Di atas kapal MV. CHANDRA KIRANA perawatan pada *turbocharger* khususnya pada bagian turbin dilakukan setiap 24 jam kerja. Pada kenyataannya, perawatan pada *turbocharger* dilaksanakan melebihi jam kerja dari waktu yang telah direncanakan. Bahkan penulis jumpai, perawatan pada *turbocharger* dilaksanakan setelah *turbocharger* tersebut mengalami gangguan dan kerusakan. Jika hal tersebut dibiarkan dan tidak dicari solusinya, maka akan berdampak pada terlambatnya operasi kapal yang merugikan perusahaan. Selain hal tersebut di atas, pada perawatan *turbocharger* di bagian turbin sangat sulit untuk dilakukan, karena tidak adanya waktu yang cukup tersedia. Hal tersebut dikarenakan setiap akan melaksanakan suatu perawatan pada bagian turbin membutuhkan waktu yang cukup lama. Sedangkan dari ketiga mesin bantu diesel, hanya satu saja yang dalam kondisi normal dan tidak ada masalah. Jika fokus pada perawatan *turbocharger* saja,

ketika kondisi mesin bantu diesel yang satunya terjadi kerusakan maka operasional kapal akan terganggu. Kapal tidak dapat melakukan oleh gerak dan bongkar muat dikarenakan harus menggunakan dua mesin bantu diesel yang di parallel. Hal ini sangat berpengaruh pada kontrak kapal ke depannya. Berikut ini tabel jam kerja perawatan *turbocharger* sesuai *instruction manual book* :

No	Perawatan Komponen	Jam Perawatan Komponen
1	Turbine side (<i>dry cleaning</i>)	24 jam
2	Turbine side (<i>wet cleaning</i>)	150 jam
3	Pembersihan <i>compressor</i>	150 jam
4	Pembersihan <i>filter</i> udara bilas	250 jam
5	Cek kebocoran pipa pada pipa <i>sealing air, change air, exhaust gas, lube oil</i>	24 jam
6	Cek suara dan getaran	24 jam
7	Pembersihan <i>silencer</i>	6000-8000 jam

8	Pemeriksaan dan pembersihan <i>intercooler</i> .	6000-8000 jam
9	Pemeriksaan baut yang terpasang dan sambungan pada pipa-pipa	250 jam
10	Pemeriksaan dan pembersihan pada compressor casing, diffuser	6000 jam
11	<i>General overhaul</i> komponen <i>turbocharger</i> . Cek <i>gaps and clearance</i>	12000-18000 jam

Tabel 4.1 Jam kerja perawatan komponen *turbocharger*

4.3. ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH

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

a. Terjadinya *surging* pada *turbocharger*

- 1) Penggantian *turbine wheel* yang pecah pada *turbocharger*
Putaran dari *turbocharger* sangat berpengaruh untuk proses suplai udara bilas menuju ruang bakar pada mesin diesel. Selain tekanan gas buang, *turbine wheel* juga

berpengaruh untuk putaran dari *turbocharger*. Jika sudu-sudu pada *turbine wheel* pecah, *turbocharger* tidak dapat mencapai rpm sesuai dengan standard *manual book*. Maka dari itu *turbine wheel* pada *turbocharger* memiliki jam kerja yang sudah ditetapkan oleh *maker*. *Turbine wheel* yang sudah melewati batas dari jam kerja harus diganti dengan yang baru. Jika tidak maka akan berakibat kepada komponen lain, yang dapat menambah biaya perbaikan dan perawatan. Untuk melakukan penggantian *turbine wheel* pada *turbocharger*, maka harus dilakukan *overhaul*. Secara garis besar prosedur melakukan *overhaul* pada *turbocharger* adalah sebagai berikut :

- Kosongkan oli pelumas pada *turbocharger*
- Lepas *filter* udara bilas
- Lepas *cover compressor side*
- Lepas *cover turbine side*
- Buka baut penahan poros *turbocharger*
- Keluarkan 1 set *turbine side* dan *compressor side*
- Periksa *bearing turbocharger*
- Ganti 1 set *turbine side* dan *compressor side*

Sebelum semua komponen dipasang kembali, lakukan pengukuran *clearance bearing* untuk memastikan putaran dari *turbocharger* lancar dan tidak ada gesekan terhadap rumahnya (*housing*). Bersihkan semua komponen dari kotoran ataupun partikel yang menempel agar tidak

mempengaruhi kinerja dari *turbocharger*.

- 2) Pembersihan *filter* udara bilas pada *turbocharger* merupakan bagian yang tidak kalah pentingnya jika dibandingkan dengan bagian bagian *turbocharger* yang 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 terbuat 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 sesudah *intercooler*, hal ini pun bisa menyebabkan terjadinya *surging*. Melakukan pembersihan *filter* udara bilas pada *turbocharger* dapat mengatasi permasalahan pada volume udara bilas yang disuplai oleh *turbocharger* dengan cara mencuci dengan air

bersih *filter* udara bilas tersebut menggunakan detergen dan mengeringkannya kembali, pembersihan pada *filter* udara bilas ini sering dilakukan oleh para *engineer* diatas kapal pada saat keadaan emergency ataupun tidak, dikarenakan tidak tersedianya suku cadang *filter* udara bilas yang baru diatas kapal. Selain untuk memaksimalkan kembali volume udara bilas yang dihasilkan pada *turbocharger* juga dapat menghemat biaya perawatan permesinan diatas kapal.

- 3) Penggantian *filter* udara bilas
Setiap komponen permesinan diatas kapal 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 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 pemasangannya dibandingkan

dengan membersihkan *filter* udara bilas tersebut.

b. Banyaknya kotoran yang menumpuk pada *turbin side*

- 1) Melakukan penyetelan ulang *rack* bahan bakar, pengecekan *high pressure pump*, dan pengecekan pada *injector*.

Alternative pemecahan masalah yang terjadi untuk mengatasi terjadinya penumpukan kotoran pada bagian turbin adalah dengan memaksimalkan pembakaran bahan bakar. Bahan bakar yang di suplai ke dalam ruang bakar harus dalam kondisi kabut dan jumlah yang sesuai dengan kebutuhan. Setelah penulis analisis dari permasalahan yang terjadi, maka ada beberapa hal alternative pemecahan masalah yang dapat dilakukan untuk mengatasi pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna, yaitu :

- a) Penyetelan ulang *rack* bahan bakar

Banyak sedikitnya bahan bakar yang di suplai ke dalam ruang bakar dapat diatur dengan cara menyetel *rack* bahan bakar dari setiap silinder pada mesin diesel. Jika bahan bakar yang di suplai ke dalam ruang bakar terlalu banyak maka akibatnya *temperature* dari gas buang pada silinder tersebut tinggi karena perbandingan bahan bakar dan udara tidak sesuai. Hal ini yang menyebabkan terdapatnya sisa jelaga-jelaga atau kotoran-kotoran

dari bahan bakar yang ikut terbawa oleh gas buang. Sehingga sebelum keluar menuju cerobong, kotoran-kotoran tersebut menumpuk pada bagian turbin *turbocharger*. Untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna, jumlah bahan bakar yang disuplai ke ruang bakar harus sesuai dengan kebutuhan dengan penyetelan ulang *rack* bahan bakar.

Berikut data-data *rack* bahan bakar dan suhu gas buang pada 3 *Auxiliary Engine* dikapal MV. CHANDRA KIRANA untuk menjadi perbandingan generator yang beroperasi dengan normal dan kurang normal :

Cylinder No	1	2	3	4	5
Fuel Pump Rack (mm)	14	12	13	13	12
Exhaust Gas Temperature (°C)	350	370	350	360	360

Tabel 4.2 *rack* dan suhu gas buang A/E no.1

Cylinder No	1	2	3	4	5
Fuel Pump Rack (mm)	13	12	12	13	14
Exhaust Gas Temperature (°C)	380	370	350	350	360

Tabel 4.3 *rack* dan suhu gas buang A/E no. 2

Cylinder No	1	2	3	4	5
Fuel Pump Rack (mm)	15	15	14	13	13
Exhaust Gas Temperature (°C)	330	300	330	330	340

Tabel 4.4 rack dan suhu gas buang A/E no.3

Standard suhu gas buang sesuai dengan *instruction manual book* adalah 350-400°C. Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa suhu gas buang *Auxiliary Engine* no. 3 tidak sesuai dengan standard. Maka dari itu, hal tersebut sangat berpengaruh terhadap pembakaran yang terjadi pada ruang bakar, dikarenakan suhu gas buang yang terlalu rendah tidak dapat mencapai pembakaran yang sempurna.

b) Pengecekan *high pressure pump*

Tekanan dari *high pressure pump* harus diperhatikan. Hal ini juga berpengaruh terhadap pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar. Jika tekanan bahan bakar yang lemah, mengakibatkan bahan bakar tidak dapat dikabutkan. Menyebabkan pembakaran di dalam ruang bakar tidak sempurna karena bahan bakar tidak dapat di bakar dengan baik. *Fuel Oil* atau biasa disebut dengan FO adalah jenis bahan bakar yang berbentuk lumpur. Agar dapat dikabutkan

dengan baik, *temperature* dan tekanan bahan bakar harus sesuai standard *manual book*.

c) Pengecekan *injector*

Injector adalah komponen terakhir dalam sistem bahan bakar sebelum terjadi pembakaran bahan bakar. *Injector* pada mesin diesel harus dalam kondisi baik agar dapat menghasilkan pembakaran yang sempurna. *Injector* dan *high pressure pump* saling berhubungan. Walaupun *high pressure pump* memiliki tekanan yang baik, jika *injector* tersebut tidak dalam kondisi yang baik, bahan bakar yang di suplai tidak terjadi pengabutan. Sering terjadi kebocoran pada bagian *injector*, yang mengakibatkan bahan bakar terus menetes ke dalam ruang bakar. Hal ini yang menyebabkan

menumpuknya jelaga-jelaga atau kotoran-kotoran yang ikut terbawa oleh gas buang dan terjadi penumpukan pada bagian turbin. Maka dari itu, harus dilakukan perawatan dan pengecekan *injector* sesuai dengan jam kerja dari *injector* tersebut.

2) Melakukan perawatan yang terencana sesuai dengan jam kerja

Perawatan yang dilakukan secara teratur dan terencana sangat mempengaruhi kinerja dan pada sebuah permesinan.

Perawatan yang dilakukan harus sesuai dengan *Plan Maintenance System* (PMS) dan *manual book* sebuah mesin. Agar perawatan dapat berjalan dengan baik, seorang *Engineer*, harus mengetahui jam kerja dari komponen ataupun setiap permesinan yang ada di atas kapal.

Untuk perawatan pada *turbin side* dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu *dry cleaning* dan *wet cleaning*. Menurut *instruction manual book dry cleaning* dilakukan setiap 24 jam kerja, sedangkan *wet cleaning* dilakukan perawatan setiap 150 jam kerja.

Perawatan *dry cleaning* media pembersih yang di gunakan adalah udara bertekanan. Ketika *turbocharger* sedang beroperasi udara bertekanan dialirkan menuju bilah turbin yang berguna untuk membersihkan kotoran-kotoran yang menempel pada *turbine wheel* dan *nozzle ring* dan kemudian kotoran tersebut di dorong keluar melalui sistem pembuangan pada gas buang. Sedangkan perawatan *wet cleaning output* mesin harus diturunkan sekitar 10-15% bertujuan untuk menghindari kelebihan beban pada bilah turbin. Media yang digunakan untuk membersihkan adalah air tawar tanpa cairan kimia pada bagian *turbine side*. Air tawar di alirkan masuk melalui saluran *flusing* pada *turbocharger*. Setelah air tawar sirkulasi pada bagian *turbin side*, kemudian air tawar

tersebut dialirkan keluar pada pipa *flusing*.

Dalam hal ini untuk mengatasi kerak kotoran-kotoran atau jelaga-jelaga pada *turbine side*, ada beberapa langkah dalam perawatan pada turbin rotor :

- a) Buka baut *cover turbine side* pada dudukan saluran gas buang dan saluran menuju cerobong
- b) Lepas *cover turbin side*
- c) Bersihkan area turbin rotor dan *housing*. Jika kotoran sampai berkerak maka bersihkan menggunakan *air brush*.
- d) Putar turbin secara perlahan, pastikan putaran dari turbin rotor tidak bergesekan dengan *housing*.
- e) Jika turbin rotor rusak atau pecah, maka ganti dengan yang baru agar proses pemanfaatan gas buang dapat maksimal.

Pengecekan *temperature* gas buang setiap silinder pada mesin diesel harus dilakukan setiap saat, agar dapat memastikan bahwa pembakaran yang terjadi sempurna. Jika terjadi penurunan ataupun kenaikan *temperature* pada gas buang, maka lakukan penyetelan *rack* bahan bakar. Jika penyetelan *rack* sudah dilakukan namun tidak ada perubahan maka kemungkinan besar terdapat masalah pada *high pressure pump* dan *injector*. Jika pengecekan dan perawatan dapat berjalan dengan baik, penumpukan kotoran pada

bagian turbin dapat diminimalisir.

4.4. EVALUASI TERHADAP ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH

Dari alternatif pemecahan masalah di atas, penulis telah mengevaluasi terhadap alternatif pemecahan masalah tersebut agar di dapatkan solusi terbaik untuk mengatasi permasalahan yang terjadi pada *turbocharger*.

Berikut ini diuraikan beberapa evaluasi terhadap alternatif pemecahan masalah yang terjadi yang menyebabkan kurang optimalnya kinerja dari *turbocharger auxiliary engine* :

a. *Surging pada turbocharger*

- 1) Penggantian *turbin wheel* yang pecah

Berikut ini beberapa kelebihan dan kekurangan dari penggantian *turbine wheel* pada *turbocharger* :

Kelebihan :

- a) Putaran *turbocharger* lebih optimal
- b) Mengurangi getaran pada *turbocharger*
- c) Suplai udara bilas lebih banyak

Kekurangan :

- a) Biaya yang diperlukan cukup mahal
- b) Waktu yang dibutuhkan lama
- c) Proses yang dilakukan cukup sulit

- 2) Pembersihan *filter* udara bilas

Berikut ini kelebihan dan kekurangan pembersihan *filter* udara bilas :

Kelebihan :

- a) Biaya yang dibutuhkan relatif murah

Kekurangan :

- a) Proses penyaringan udara bilas kurang optimal
- b) Waktu yang dibutuhkan cukup lama
- c) *Filter* tidak dapat bertahan lama

- 3) Penggantian *filter* udara bilas

Berikut ini kelebihan dan kekurangan penggantian *filter* udara bilas :

Kelebihan :

- a) Proses yang dibutuhkan mudah dan cepat
- b) *Filter* dapat bertahan cukup lama
- c) Proses penyaringan udara bilas lebih maksimal

Kekurangan :

- a) Biaya yang dibutuhkan cukup mahal

b. Banyaknya kotoran yang menumpuk pada *turbin side*

- 1) Melakukan penyetelan ulang *rack* bahan bakar, pengecekan *high pressure pump*, dan pengecekan pada *injector*

Di bawah ini beberapa kelebihan dan kekurangan dari alternatif pemecahan masalah di atas :

Kelebihan :

- a) Pembakaran bahan bakar lebih sempurna
- b) Tenaga yang dihasilkan mesin diesel lebih besar
- c) Konsumsi bahan bakar lebih efektif dan efisien
- d) Putaran mesin lebih stabil terhadap perubahan beban dari generator

Kekurangan :

- a) Waktu yang dibutuhkan lama
 - b) Proses yang dilakukan cukup rumit
 - c) Biaya yang dibutuhkan mahal
- 2) Melakukan perawatan yang terencana sesuai dengan jam kerja
- Adapun kelebihan dan kekurangan dari perawatan terhadap permesinan yang sudah terencana sesuai dengan jam kerja :
- Kelebihan :
- a) Dapat meminimalisir terjadinya kerusakan yang berat
 - b) Jam kerja setiap komponen pada permesinan menjadi lebih lama
 - c) Setiap melakukan perawatan pada setiap permesinan lebih teratur dan terjadwal
 - d) Ketika terjadi kerusakan lebih mudah di analisa
- Kekurangan :
- a) *Engineer* harus membuat jadwal perawatan, mencatat jam kerja pada setiap komponen ataupun permesinan, dan melakukan dokumentasi setiap perawatan

4.5. PEMECAHAN MASALAH

Setelah dilakukan evaluasi terhadap masalah di atas, maka penulis dapat mengambil kesimpulan terhadap pemecahan masalah yang terjadi pada *turbocharger Auxiliary Engine* di atas kapal MV. CHANDRA KIRANA. Berikut ini pemecahan masalah yang dipilih oleh penulis guna meningkatkan kinerja *turbocharger* pada mesin diesel, yaitu :

1. Pencegahan terhadap terjadinya *surging* pada *turbocharger*

Turbine wheel pada *turbocharger* harus selalu diperhatikan jam kerjanya. *Turbine wheel* yang melebihi jam kerja akan menyebabkan kerusakan seperti pecahnya sudu-sudu pada *turbine* tersebut, karena komponen ini langsung berhubungan dengan *exhaust manifold* pada mesin diesel yang bisa mencapai suhu 450-500°C. Maka dari itu, sudu-sudu pada *turbine wheel* yang pecah akan berdampak terjadinya *surging* diakibatkan kurang maksimalnya putaran dari *turbine* untuk proses pemanfaatan gas buang. Sehingga suplai udara bilas menuju ruang bakar menjadi sedikit.

Selain itu upaya untuk meningkatkan jumlah suplai udara bilas menuju ruang bakar harus memperhatikan *filter* udara bilas. *Filter* yang sudah kotor tidak dapat menyaring udara dengan baik, melainkan dapat menghambat proses suplai udara bilas oleh *turbocharger*. Hal ini juga dapat berpengaruh terhadap pembakaran pada mesin diesel. Dengan melakukan perawatan pada *filter* udara bilas dapat mengurangi terjadinya *surging*. *Filter* yang masih layak pakai dapat dibersihkan menggunakan air dan detergen, sementara *filter* yang sudah tidak layak pakai harus diganti dengan yang baru agar proses penyaringan udara lebih maksimal. *Filter* yang digunakan harus berbahan *viledon* untuk meningkatkan proses penyaringan udara dari luar.

2. Pencegahan terhadap banyaknya kotoran yang menumpuk pada *turbin side*

Upaya yang harus dilakukan oleh awak kapal untuk menjaga keutuhan dan ketahanan setiap permesinan adalah dengan melakukan perawatan yang baik dan teratur sesuai *Plan Maintenance System* (PMS). Pembersihan pada bagian turbin harus dilakukan sesuai jam kerja yang tertera pada *instruction manual book*. Agar perawatan dapat berjalan terus menerus, maka waktu pelaksanaan perawatan harus di catat dan di dokumentasikan. Agar mendapatkan juga perbandingan antara sebelum dan sesudah dilakukannya perawatan. Komponen-komponen yang sudah melewati batas jam kerja harus diganti dengan yang baru dan berkualitas baik (*original*) agar komponen tersebut dapat bertahan lama dan dapat menjaga keutuhan pada komponen lain sehingga kinerja *turbocharger* menjadi lebih optimal.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan penjelasan permasalahan pada *Turbocharger Auxiliary Engine* di atas kapal MV. CHANDRA KIRANA yang terdapat pada bab-bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan :

a. Terjadinya *surging* pada *turbocharger*

Faktor utama penyebab terjadinya *surging* pada *turbocharger* adalah tersumbatnya *filter* udara bilas. Dari permasalahan tersebut berdampak kurangnya suplai

udara bersih menuju ke ruang bakar. *Filter* udara bilas menghambat masuknya udara dari luar ke dalam *turbocharger*, sehingga *turbocharger* tidak dapat menghasilkan udara bertekanan yang akan di suplai menuju ke ruang bakar. Kejadian ini berakibat putaran dari *turbocharger* mengalami *over running* kemudian berhenti seketika. Permasalahan ini menyebabkan kerusakan pada komponen lain, seperti rusaknya *bearing*. Maka dari itu solusi untuk mengatasi terjadinya *surging* yaitu melakukan perawatan pada *filter* udara bilas agar tekanan udara yang dihasilkan *turbocharger* menjadi maksimal.

b. Banyaknya kotoran yang menumpuk pada *turbine side*

Perawatan harus dilakukan sesuai dengan *Plan Maintenance System* (PMS) dan *instruction manual book*. Penumpukan kotoran pada *turbine side* disebabkan oleh kurangnya perawatan yang dilakukan pada *turbocharger*. Kotoran dari hasil pembakaran mengakibatkan jelaga-jelaga atau kotoran-kotoran yang terbawa oleh gas buang yang keluar melalui *exhaust manifold* akan mengendap dibagian *turbine side*. Kotoran-kotoran tersebut akan menyumbat aliran gas buang dan mengakibatkan tingginya *temperature* gas buang pada *turbocharger*. Untuk menghindari terjadinya penumpukan kotoran maka harus dilakukan perawatan *dry cleaning* dan *wet cleaning* pada bagian *turbin side* sesuai dengan jam kerja dari

turbocharger yang tertera pada *instruction manual book*.

5.2. SARAN

Dari permasalahan yang telah di bahas pada skripsi ini, penulis memberikan saran yang bermanfaat untuk mengatasi permasalahan tersebut. Adapun beberapa saran yang penulis berikan yaitu sebagai berikut :

1. Terjadinya *surging* pada *turbocharger*:

Untuk mengatasi terjadinya *surging* pada *turbocharger* perlu dilakukan perawatan terhadap komponen yang berkaitan dengan *turbocharger* seperti : perawatan pada bagian *intercooler*, penggantian *filter* udara bilas sesuai jam kerja, pengecekan sistem pelumasan pada *turbocharger*, serta menjaga kebersihan di dalam kamar mesin.

2. Banyaknya kotoran yang menumpuk pada *turbine side*

Untuk mengatasi banyaknya kotoran yang menumpuk pada *turbine side* perlu dilakukan perawatan *dry cleaning* dan *wet cleaning* pada bagian *turbine side* sesuai dengan *instruction manual book*. Perawatan ini harus dilakukan secara rutin sesuai dengan jam kerja *turbocharger*, agar tidak terjadi penumpukan kotoran pada bagian *turbine side*.

DAFTAR PUSTAKA

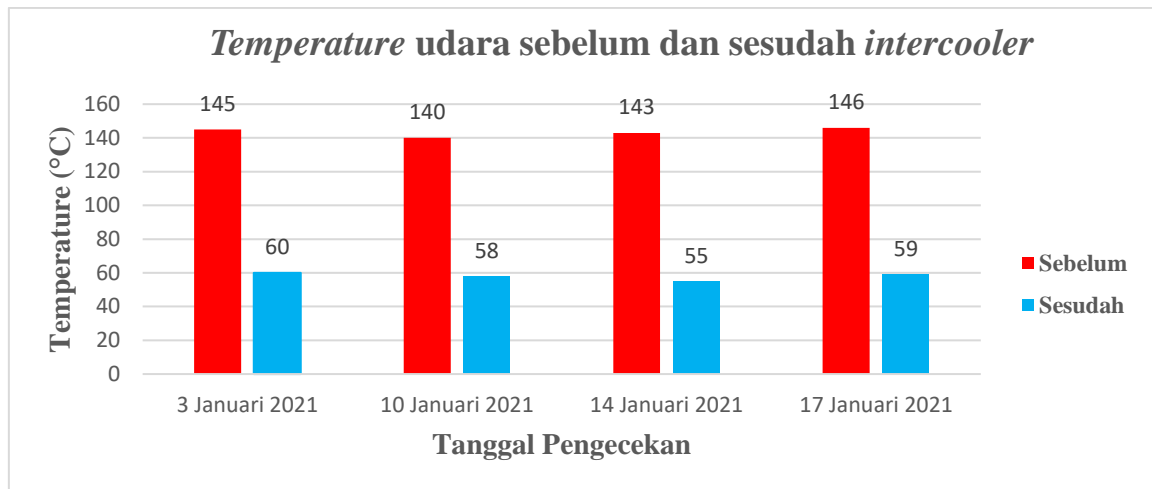
- [1] Arismunandar, Wiranto, Penggerak Mula Turbin, Edisi Ketiga (Bandung : ITB, 2004)
- [2] Instruction Manual Book MAN Diesel & Turbo NR15/R151
- [3] Juliandi, (2019), Apa itu Wastegates pada Turbocharger dan Bagaimana Cara Kerjanya?, diakses dari <https://www.lksotomotif.com/2019/11/apa-itu-wastegate-pada-turbocharge-dan.html?m=1> pada tanggal 14 Juli 2022
- [4] Karyanto, E, Penuntun Praktikum Teknologi, Perlengkapan Mesin Diesel (Jakarta : CV. Pedoman Ilmu Jaya, 2000)
- [5] Mahadi, Pengaruh Penggunaan Turbocharger Dengan Intercooler Terhadap Performansi Motor Bakar Diesel (Jakarta : Jurnal Dinamis, 2010, Vol. 1, No. 7 : 23-28)
- [6] Nice, Karim, & Geisler, Kristen Hall (2022), How Turbochargers Work, diakses dari <https://auto.howstuffworks.com/turbo.htm#pt2> pada tanggal 15 Juli 2022
- [7] Philip Kristanto, Willyanto & Rully Hartadi, Analisa Turbocharger pada Motor Bensin Daihatsu Tipe CB-23 (Jakarta : Jurnal Teknik Mesin, 2001, Vol. 3, No. 1 : 12-18)
- [8] Priambodo, Bambang, Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel (Jakarta : Erlangga, 1991)
- [9] Rizen Panji, (2021), Kelebihan dan Kekurangan Mesin Turbo, Pemula Wajib Tahu, diakses dari <https://www.carmudi.co.id/journal/kelebihan-dan-kekurangan-mesin-turbo/> pada tanggal 15 Juli 2022
- [10] Sukoco, & Arifin, Zainal, Teknologi Motor Diesel, Cetakan Pertama (Bandung : Alfabeta, 2008, bab 5 : 127-128)

Berikut ini penulis lampirkan data-data terkait *temperature* udara sebelum dan sesudah *intercooler* :

No	Tanggal	Sebelum	Sesudah
1	3 Januari 2021	145°C	60°C
2	10 Januari 2021	140°C	58°C
3	14 Januari 2021	143°C	55°C
4	17 Januari 2021	146°C	59°C

Table 1.1 temperature udara sebelum dan sesudah intercooler

Dibawah ini data-data *temperature* sebelum dan sesudah *intercooler* dalam bentuk grafik :



Grafik 1.1 temperature udara sebelum dan sesudah intercooler