

BAB II

TIJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Turbocharger

Turbocharger merupakan sebuah pesawat bantu yang berfungsi untuk menambah jumlah udara yang masuk kedalam silinder dengan memanfaatkan energi gas buang. Turbocharger merupakan perlatan untuk mengubah sistem pemasukan secara alami dengan sistem paksa. Kalau sebelumnya pemasukan udara mengandalkan kevakuman yang dibentuk karena gesekan piston pada langkah isap, maka dengan turbocharger udara ditekan masuk kedalam silinder menggunakan kompresor yang diputar oleh turbin gas buang .

Dengan begitu maka udara akan menjadi lebih pekat dengan tekanan lebih dari 1 atmosfer, bila kepadatan udara bertambah sebelum ditambahkan kedalam silinder , seluruh bahan bakar terbakar dan daya mesin bertambah. Untuk itu mesin diesel yang dilengkapi dengan turbocharger bertujuan untuk memadatkan udara masuk kedalam silinder mesin. Sehingga daya mesin lebih besar dibanding mesin dengan dimensi yang sama.

Turbocharger adalah sebuah kompresor yang digunakan dalam motor pembakaran dalam untuk meningkatkan keluaran tenaga mesin dengan meningkatkan massa oksigen yang memasuki motor. Kunci keuntungan dari turbocharger adalah sebuah peningkatan tenaga mesin hanya dengan sedikit menambah berat/ massa Mesin Induk.

kelebihan turbocharger:

1. lebih bertenaga. semakin banyak udara didalam silinder, semakin besar pula volume udara yang akan dikompresi yang berimbang pada tenaga yang besar.
2. Lebih ekonomis. kendati memiliki pasokan udara yang lebih banyak, pasti membutuhkan bahan bakar yang lebih pula. namun jika di bandingkan dengan output turbocharger akan menghemat bahan bakar dari pada mesin sejenis yang memiliki kapasitas lebih besar.
3. Lebih ramah lingkungan karena pasokan udara kedalam mesin melimpah membuat proses pembakaran menjadi lebih sempurna.
4. Fun Driving. komponen ini, jika sedang bekerja akan mengeluarkan suara yang khas berupa siulan.

kekurangan turbocharger:

1. Perlu perawatan ekstra. bisa dibilang turbocharger adalah komponen pada mesin yang sangat sensitif. karena komponen ini berhubungan dengan panas gas buang dan putaran tinggi turbin.
2. Memakan ruang mesin. komponen ini memakan tempat didalam ruang mesin.
3. Membutuhkan perawatan khusus dan terencana secara tersendiri

2.2 Jenis-jenis Turbocharger.

Jenis-Jenis Turbocharger dibedakan dari konstruksi sudu-sudu turbin dibedakan menjadi dua yaitu :

a). Fixed Geometry Turbocharger

Fixed Geometry Turbocharger adalah Turbocharger dengan sudu-sudu turbin yang tetap sehingga tekanan yang dihasilkan dari Fixed Geometry Turbocharger cukup besar dan penggunaan bahan bakar pada mesin diesel yang menggunakan Fixed Geometry Turbocharger lebih boros.

b). Variable Geometry Turbocharger

Variable Geometry Turbocharger adalah Turbocharger dengan sudu-sudu turbin berubah-ubah, sehingga tekanan yang dihasilkan dari Fixed Geometry Turbocharger cukup kecil dan penggunaan bahan bakar pada mesin diesel yang menggunakan variable Geometry Turbocharger lebih irit.

2.3 Komponen- komponen Turbocharger

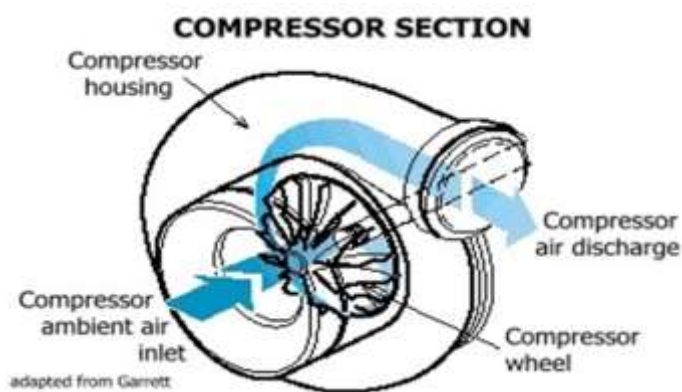
1 Turbin



Gambar 1 Turbin pada Turbocharger kapal
(Maritime. Edu 2007, Belajar Media Online)

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. fluida akan tereksansi 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.

2. Kompresor



Gambar 2 Kompresor Pada Turbocharger Mesin Induk Kapal
(Maritime. Edu 2007, Belajar Media Online)

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. Center Housing & Rotating Assembly (CHRA)



Gambar 3 CHRA pada Turbocharger Mesin Induk Kapal
(Maritime. Edu 2007, Belajar Media Online)

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 turbocharge juga berpusat pada CHRA.

Putaran poros turbocharger dapat mencapai 20.000 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 lama dan lebih baik.

4. Kelengkapan Mesin Turbocharger

a). Inter Cooler



Gambar 4 Intercooler pada Turbocharger Mesin Induk Kapal
(Eddy.Turbo.Blogspot 2004, Maritime Online)

Udara yang mengalami kenaikan tekanan di dalam sebuah ruangan dengan volume konstan, akan diikuti pula dengan kenaikan temperturnya. 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.

b). Blow-Off Valve

Blow-off valve sejatinya adalah pressure relief *valve* yang berfungsi untuk membuang udara terkompresi ke atmosfer pada saat tekanan udara keluar kompresor turbochargerterlalu besar.



Gambar 5 Blow-Off Valve Turbocharger
(Eddy.Turbo.Blogspot 2004, Maritime Online)

Katup intake manifold akan menutup sehingga udara bertekanan dari *turbocharger* tidak dapat masuk ke ruang bakar. 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 surging pada turbocharger. Tentu saja hal ini dapat merusak berbagai komponen mesin. 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.

c). Saluran Pipa Turbocharger

Penggunaan turbocharger tidak dapat dipisahkan dengan saluran pipa yang menghubungkan berbagai komponen mesin. Saluran pipa turbocharger dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yakni saluran panas dan saluran dingin.

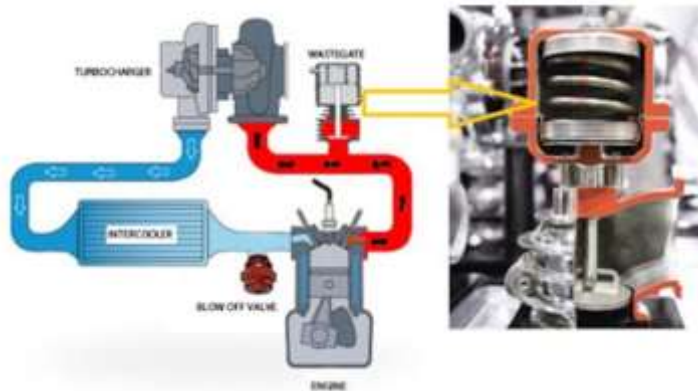


Gambar 6 Exhaust Pipe Turbin side pada Turbocharger
(MV.Bente 2017, Dirert picture of MV.Bente)

Penggunaan turbocharger tidak dapat dipisahkan dengan saluran pipa yang menghubungkan berbagai komponen mesin. Saluran pipa turbocharger dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yakni saluran panas dan saluran dingin. Pipa saluran panas mengalirkan gas buang dari ruang bakar ke sisi inlet turbin turbocharger, serta membuang gas buang keluaran turbin menuju sistem exhaust (Cerobong). Sedangkan pipa saluran dingin mengalirkan udara atmosfer masuk ke kompresor, udara bertekanan dari outlet kompresor ke intercooler, serta mengalirkan udara dingin bertekanan dari intercooler ke intake manifold motor bakar. Dikarenakan perbedaan tipe fluida yang melewati kedua saluran tersebut, tentu saja karakteristik material yang digunakan oleh keduanya juga berbeda. Sisi gas buang harus menggunakan material yang tahan terhadap temperatur, tekanan tinggi, backpressure, dan tegangan (*stress*). Sedangkan sisi udara terkompresi digunakan material yang kuat untuk tekanan tinggi.

d). Wastegate Actuator

Sebuah Mesin Motor bakar selalu bekerja pada rentang rpm putaran mesin yang bervariasi, sehingga 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.



Gambar 7 Wastegate Actuator Pada Turbocharger
(Maritime. Edu 2007, Belajar Media Online)

Fungsi dari wastegate actuator ini adalah aktuator yang berfungsi untuk membuka bypass valve guna membuang gas buang Mesin Induk pada kondisi tertentu yang berlebihan agar tidak masuk kedalam sistem turbin dan meneruskan membuangnya menuju exhaust atau knalpot ketika mesin sedang berakselerasi. Dan ketika mesin dalam keadaan stabil maka valve bypass akan ditutup.

Wastegate ini bekerja berdasarkan pegas per yang dapat disetel kekencangannya sehingga tehniisi dapat menyetel seberapa kencang untuk mendapatkan kinerja yang lebih baik dari sebuah mesin turbocharger.

Sebuah Mesin Motor bakar selalu bekerja pada rentang rpm putaran mesin yang bervariasi, sehingga 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 dan gas buang tidak di control oleh Wastegate Actuator, maka hal ini dapat menyebabkan overheating pada turbin dan kompresor bahkan hingga mencapai titik lebur komponen-komponen turbocharger.

2.4 Kerusakan yang sering terjadi pada Turbocharger

1. Kerusakan mekanisme yang disebabkan karena kurangnya pelumasan

Saat engine start up turbo mulai berputar, pada saat itu oli membutuhkan waktu untuk bersirkulasi, karena itu akselerasi pada engine atau pengoperasian engine dengan beban akan menyebabkan turbo mengalami kekurangan pelumasan, akibatnya besarnya gesekan pada bearing atau komponen-komponen yang bergesekan (running part).

Contoh kasus :

1. Setelah disimpan dalam waktu yang lama (after long storage)
 2. Setelah penggantian oli
 3. Setelah penggantian filter oli
 4. Pada saat pemanasan (warming up) di musim dingin (pelumasan tidak bisa efektif karena viskositas oli yang tinggi)
 5. Akselerasi yang tiba-tiba pada saat engine baru start
 6. mesin mati mendadak
2. Kerusakan yang disebabkan oleh turunnya kualitas oli (oil deteriorated).
- Efek:
1. Scufed (tergores) atau kerusakan pada journal bearing
 2. Thrust collar mengalami goresan (pick up) atau scufing (lecet) pada bagian yang bersentuhan dengan journal bearing
 3. Thrust bearings dan thrust collar mengalami goresan (scufed) dan kerusakan setelah lama beroperasi
 4. Turbin shaft mengalami goresan (scufed) pada bagian yang sliding dengan journal bearing.
3. Kerusakan disebabkan oleh benda asing (stone, washers, etc) di intake system.
- Debu, benda asing dll yang masuk melalui air intake piping menyebabkan kerusakan atau perubahan bentuk (deformation) pada impeler dan juga menyebabkan terjadinya noise.

Penyebab:

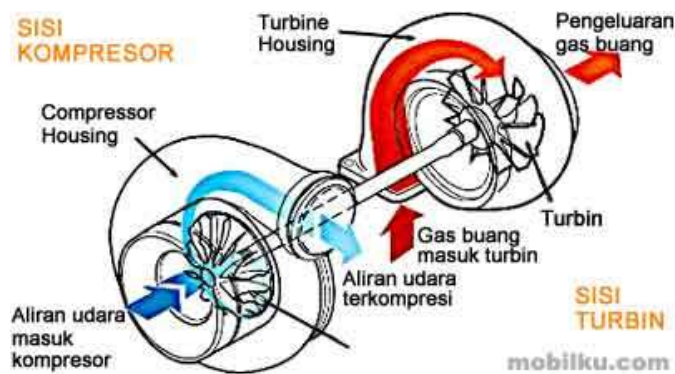
1. air cleaner element is broken
 2. air leakage (kebocoran) dari sambungan intake manifold
 3. kerusakan pada engine inner part (valve, valve seat, cotter dll)
 4. serpihan dari dalam exhaust sistem (Kerak) yang lepas, beram (*burrs*), dll
4. Kerusakan karena temperatur terlalu tinggi
- Saat exhaust temperatur naik berlebihan, temperatur turbocharge dan komponen-komponennya akan ikut naik, pada saat itu turbin, impeler dan bearing akan *contact* dan mengalami kerusakan

Penyebab:

1. Fuel injection berlebihan yang disebabkan oleh peng-adjust-an fuel injection pump yang kurang tepat.
 2. Pembakaran tidak sempurna (*abnormal combustion*) yang disebabkan oleh kualitas penyemprotan fuel injection nozzle dan timing injeksinya.
 3. Pembakaran yang tidak merata yang disebabkan karena air cleaner buntu, air cleaner element yang buntu atau (*clogged*) atau leaking air pipe.
5. Mesin mengeluarkan asap hitam/tenaga lemah
1. Periksa saringan udara, saringan udara yang kotor akan menghambat udara yang dihisap oleh turbocharger
 2. Periksa kebocoran udara pada saluran masuk kompressor
 3. Periksa apakah rotor turbocharger dapat berputar bebas
 4. Waste gates tidak bisa menutup.
6. Mesin mengeluarkan asap putih/kebocoran oli
1. Periksa kondisi ring dan valve guide
 2. Beberapa kebocoran saat idle merupakan hal yang normal,
 3. saringan udara yang kotor dan kebocoran seal oli
 4. Baut pelumasan turbocharger macet
7. Suara Berisik
- Gesekan antara turbin dengan permukaan rumah turbocharger atau objek lain yang masuk ke dalam turbocharger dapat menyebabkan suara berisik.

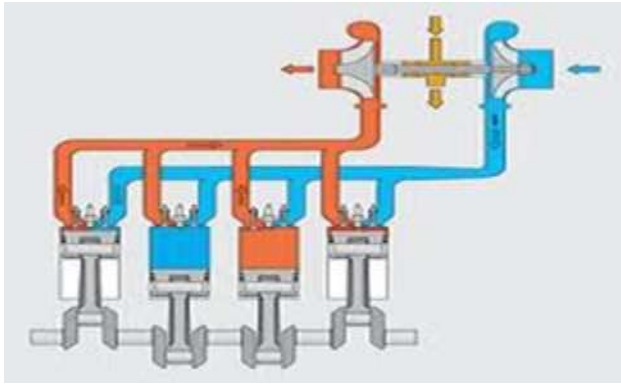
2.5 Prinsip Kerja Turbocharger

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



Gambar 8 Prinsip kerja Turbocharger Mesin Induk kapal
(Maritime. Edu 2007, Belajar Media Online)

Bila kepekatan udara bertambah sebelum ditambahkan ke dalam silinder, maka seluruh bahan bakar akan terbakar dan daya mesin akan bertambah. Untuk itu mesin diesel yang dilengkapi dengan turbocharger bertujuan untuk memadatkan udara masuk ke dalam silinder mesin. Sehingga daya mesin lebih besar dibandingkan mesin dengan dimensi yang sama, tidak hanya meningkatkan tenaga tapi juga menghasilkan gas buang yg lebih bersih. Prinsip dasar dibalik penggunaan turbocharger cukup sederhana, namun sebuah turbocharger adalah sebuah komponen mesin yg sangat kompleks. tidak hanya komponen-komponen dalam turbocharger namun juga hubungan dengan mesin harus benar-benar cocok. jika tidak, maka dapat menghasilkan mesin yg tidak efisien dan bahkan kerusakan.



Gambar 9 Siklus motor bakar 4 langkah
(Maritime. Edu 2007, Belajar Media Online)

Berikut 4 tahap kerja dari Mesin Induk di kapal MV. Bente yaitu :

1. Hisap (Charge Exchange Stroke)

Pada mesin Diesel, piston bergerak kebawah dan udara ditarik melalui katup masuk dalam mesin diesel, Pada mesin dengan Turbocharger, Udara di kompress sebelum disuplai ke dalam silinder selama langkah hisap. karena proses tersebut berada pada tekanan yg lebih tinggi, kadar udara yg lebih besar masuk kedalam ruang bakar sehingga bahan bakar nantinya akan terbakar lebih efisien.

2. Kompresi (Compression Stroke)

Ketika Piston bergerak keatas (TMA) , udara akan di kompressi oleh piston sehingga temperatur di dalam silinder naik menjadi tinggi.

3. Usaha (Power Stroke)


Dalam mesin diesel, sebelum piston mencapai TMA injector akan mengabutkan bahan bakar pada tekanan tinggi (± 280 bars) dan udara panas tersebut akan terbakar secara spontan dan mendorong piston bergerak kebawah.

4. Pembuangan (Exhaust Stroke)

Gas Buang dikeluarkan melalui katup pembuangan ketika piston bergerak keatas (TMA).

TABEL 1

Tabel *Particullar Turbocharger*

		ABB Turbo system ltd CH 5401 Baden	
Type	RR131-14	HT	635320

$n_{M_{max}}$	1216	1	$t_{M_{max}}$	650 °C		
$n_{B_{max}}$	1155	S	$t_{B_{max}}$	620 °C		
Weight	70 Kg		10	80	60	
Year	2008		Application according to the Operational Manual CE			
Made in Switzerland						

Sumber : *Manual book Turbocharger Mv.Bente 2017*