

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

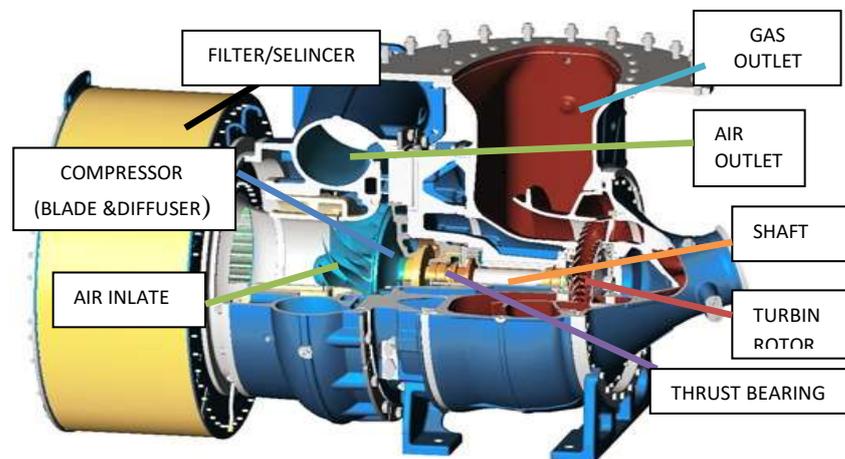
1. *Turbocharger*

Turbocharger adalah sebuah kompresor sentrifugal yang mendapat daya dari turbin yang sumber tenaganya berasal dari gas buang mesin induk. Biasanya digunakan di mesin pembakaran dalam untuk meningkatkan keluaran tenaga dan efisiensi mesin dengan meningkatkan tekanan udara yang memasuki mesin. Kunci keuntungan dari *turbocharger* adalah mereka menawarkan sebuah peningkatan yang lumayan banyak dalam tenaga mesin hanya dengan sedikit menambah berat.

Turbocharger ditemukan oleh seorang insinyur Swiss Alfred Buchi. Patennya untuk *turbocharger* diaplikasikan untuk dipakai tahun 1905. Lokomotif dan kapal bermesin diesel dengan *turbocharger* mulai terlihat tahun 1920an. Sebuah kerugian dalam mesin bensin adalah rasio kompresi harus direndahkan (agar tidak melewati tekanan kompresi maksimum dan untuk mencegah *knocking* mesin) yang menurunkan efisiensi mesin ketika beroperasi pada tenaga rendah. Kerugian ini tidak ada dalam mesin diesel *turbocharger* yang dirancang khusus. Namun, untuk operasi pada ketinggian, pendapatan tenaga dari sebuah *turbocharger* membuat perbedaan yang jauh dengan keluaran tenaga total dari kedua jenis mesin. Faktor terakhir ini membuat mesin pesawat dengan *turbocharger* sangat menguntungkan dan merupakan awal pemikiran untuk pengembangan alat ini. Komponen mesin ini memiliki tiga bagian penting : roda turbin, roda kompresor dan rumah as. Roda turbin yang bersudu-sudu ini berputar memanfaatkan tekanan gas buang keluar, kemudian melalui as terputarnya roda turbin ini berputar pula roda kompresor dengan sudu-sudunya sehingga memompa udara masuk dalam massa yang padat. Mengingat komponen ini sering berputar melebihi 80,000 putaran per menit maka pelumasan yang baik sangat diperlukan.

Turbocharger merupakan sebuah peralatan, untuk menambah tenaga dan menyempurkan pembakaran yang masuk kedalam silinder dengan memanfaatkan energi panas gas buang *enthalpy*. Kalau sebelumnya pemasukan udara mengandalkan kevakuman yang dibentuk karena gerakan *piston* pada langkah isap, maka dengan *turbocharger* udara ditekan masuk kedalam silinder menggunakan kompresor yang diputar oleh turbin gas buang.

Untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna, maka diperlukan tambahan udara yang dialirkan kedalam ruang silinder mesin pada sejumlah aliran bahan bakar tertentu. Bila kepekatan 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 induk lebih besar dibanding mesin induk yang tidak dilengkapi dengan *turbocharger*. Itu semua untuk meningkatkan tekanan di dalam ruang pembakaran, dilengkapi *turbocharger* juga mempermudah untuk menghidupkan mesin induk (*starting main engine*).



Gambar 2.1 Bentuk *Turbocharger*

Sumber: www.turbocharger.co.id 2019

2.2 Keuntungan dan Kekurangan *Turbocharger*

1. Keuntungan *Turbocharger*

Dalam penggunaannya, pemasangan *turbocharger* pasti ada maksud dan tujuannya. Pastinya ada keuntungan dan kerugiannya. Disini penulis mencoba mengulas beberapa keuntungan dalam pemasangan *turbocharger* pada mesin penggerak utama diantaranya yaitu :

- a. Peningkatan Kekuatan Untuk Rasio Berat.
- b. Sebuah *turbocharger* dapat meningkatkan daya dan torsi mesin diesel sebesar 30% - 40% dari versi konvensional. (Karyanto, 2000).
- c. Mengurangi Kebisingan Mesin.

Turbin *casing* bertindak sebagai kumpulan penyerapan kebisingan mesin gas buang. Demikian pula, bagian *inlet* kompresor mengurangi kebisingan yang dihasilkan oleh pulsa dalam *intake manifold*. Akibatnya, mesin *turbocharger* biasanya tenang dari pada konvensional lainnya (Maleev, 1995).

- d. Bahan Bakar Ekonomis.

Sebuah mesin *turbocharger* memiliki efisiensi volumetrik yang lebih tinggi dibandingkan konvensional, dengan mencapai pembakaran yang lebih bagus, yang menghasilkan konsumsi bahan bakar yang lebih hemat. (Wiranto Arismunandar, 1988).

- e. Pengurangan Asap.

Mesin *turbocharger* menghasilkan fase pembakaran lebih efisien dan bersih, yang mengurangi produksi asap pada mesin.

- f. Membantu Dalam Meredam Gas Buang.

Turbocharger dapat meredam bunyi letupan yang dihasilkan oleh gas buang yang keluar, karena pada *turbocharger* tersebut dilengkapi dengan alat peredam suara (*silencer*). (Maleev, 1995)

- g. Efisiensi Mekanis Motor Dapat Dinaikkan.

Kerugian-kerugian mekanis akibat terjadinya gesekan mempunyai hubungan dengan ukuran dan jumlah putaran motor. Pembesaran kerugian gesekan karena adanya penggunaan *turbocharger* hanya disebabkan karena

bertambahnya putaran motor saja. Oleh karena adanya motor diesel yang dilengkapi dengan *turbocharger* mempunyai tingkat efisiensi mekanis yang lebih besar, bila dibandingkan dengan motor diesel yang tanpa *turbocharger* pada daya yang sama. Hal ini karena pada motor diesel yang menggunakan *turbocharger* tidak perlu memperbesar konstruksi utama motornya (Maleev, 1995).

h. Sebuah *Turbocharger* Tak Menyerap Tenaga Dari Poros Utama.

Dalam hal *turbocharger*, tak ada hubungan langsung secara mekanis sehingga karenanya tenaga *blower* atau kompresor tidak mengakibatkan kerugian pada daya poros utama (Yanmar Diesel Engine, 1986).

i. Mesin induk yang dilengkapi dengan *Turbocharger* lebih mudah untuk dihidupkan (*start*)

2. Kekurangan *Turbocharger*

Setelah membahas keuntungan diatas kini saatnya giliran penulis membahas kekurangan dari penggunaan *turbocharger*. Beberapa kekurangan dalam pemasangan *turbocharger* pada mesin penggerak utama diantaranya yaitu :

a. Membutuhkan Perawatan Ekstra Terutama Pelumasan.

Turbocharger lebih membutuhkan perawatan ekstra dalam pelumasan untuk kelancaran putaran poros dan karena putaran yang sangat tinggi dapat menghasilkan panas yang berlebih bahkan tidak terkontrol, hal tersebut dapat mengakibatkan keausan terhadap *bearing* dan bagian bagian penting yang lain dari *turbocharger*.

b. Lebih Bising.

Pemasangan *turbocharger* membuat kamar mesin lebih bising karena *turbocharger* mengeluarkan suara berdenging yang dihasilkan dari putaran turbin pada *turbocharger* putaran tinggi.

c. Pengawasan Yang Ekstra Dalam Pengoperasian.

Menambah pekerjaan bagi operator mesin, karena harus terus memperhatikan kerja dari *turbocharger*. Dalam hal ini yang direpotkan tentu masinis dan oiler jaga. Yang harus melakukan pengawasan ekstra terhadap *turbocharger*.

2.3 Jenis-Jenis *Turbocharger*

Sekarang dengan kemajuan teknologi, mesin diesel semakin berkembang ini dibuktikan dengan bertambahnya teknologi yang disematkan pada mesin diesel. Pada mesin diesel biasanya juga ditambahkan *turbocharger* untuk lebih menambah tenaga dan lebih efisien. Ada dua jenis *turbocharger* yang dibedakan dari konstruksi sudu-sudu turbin diantaranya yaitu :

1. *Fixed Geometry Turbocharger*

Fixed geometry 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 biasanya itu terbiasa menggunakan *Fixed Geomentry Turbocharger* lebih boros.

2. *Variable Geometry Turbo Charger*

Variable geometry charger adalah *Turbocharger* dengan sudu–sudu turbin berubah–ubah, sehingga tekanan yang dihasilkan dari *Fixed Geomentry Turbocharger* cukup kecil dan penggunaan bahan bakar pada mesin diesel yang *Variable Geomentry Turbocharger*.

2.4 Komponen Dan Kelengkapan Dari *Turbocharger*

1. *Komponen Turbocharger*

Komponen penyusun *turbocharger* adalah sebagai berikut :

a. Turbin

Turbin adalah bagian dari *turbocharger* yang berfungsi mengubah energi tekan dari gas buang menjadi energi kinetik yang memutar poros yang nantinya akan memutar kompresor.

b. *Blower*

Blower pada *turbocharger*, berfungsi untuk mengubah energi mekanis putaran poros *turbocharger* menjadi energi kinetik aliran udara. *blower* berada pada satu poros dengan turbin, sehingga pada saat gas buang mesin mulai memutar turbin, *blower* juga akan ikut berputar dengan kecepatan putaran yang sama. Energi mekanis yang dihasilkan turbin akan langsung digunakan sebagai tenaga penggerak *blower*. Saat *blower* berputar, menghisap udara sekitar ke dalam *air inlet* yang letaknya berlawanan dengan turbin untuk mendapatkan udara dingin. *blower* meningkatkan tekanan udara 6 – 8 psi. Pada tekanan permukaan laut, kepadatan udara 14,7 psi. Sehingga tekanan *blower* dapat meningkat hingga 50%.



Gambar 2.2 *blower*

Sumber : <http://www.linkedin.com/.../blower.co.id> 2019

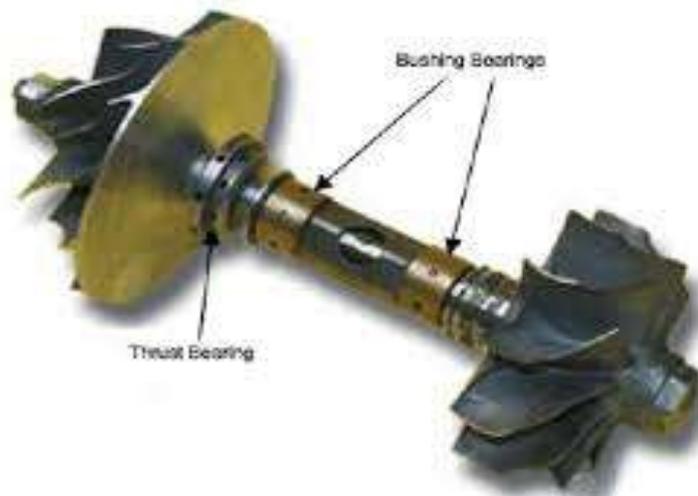
c. *Bearing Housing / Center Housing*

Masing-masing turbin dan tekanan udara 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 tekanan udara. Untuk kebutuhan *assembly*, *casing* turbin dan tekanan udara disatukan oleh sebuah sistem bernama *Center Housing &*

Rotating Assembly (CHRA). Karena sistem *bearing* juga terletak pada CHRA, maka sistem lubrikasi *turbocharger* juga berpusat pada CHRA. Putaran poros *turbocharger* dikawal taruna praktek mencapai 95.500 Rpm. Dengan putaran secepat itu, dibutuhkan *bearing* dengan kualitas baik. *Thrustbearing* 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 *life time turbocharger* menjadi lebih baik.

d. Shaft

Fungsi dari shaft adalah untuk menyambung dari Turbin ke Kompresor sehingga Kompresor dapat berputar saat Turbin berputar / beroperasi.



Gambar 2.3 *Shaft Turbocharger*
Sumber: <https://shaft-turbocharger.co.id> 2019

e. Sistem pelumasan *Turbocharger*

Turbocharger dalam pelumasannya memiliki pelumasannya tersendiri namun ada juga *turbocharger* yang sistem pelumasannya menjadi satu dengan mesin induk *turbocharger* yang pelumasannya tersendiri yaitu sistem pelumasannya sudah menjadi satu set dengan *turbocharger* dan minyak lubasnya tersebut untuk melumasi *bearing* dan *shaft turbin*.

Pengecekan untuk *turbocharger* yang memiliki pelumasan sendiri yaitu dengan cara melihat pada gelas duga atau *sight glass*. Apabila minyak lumas dilihat dari *sight glass* sudah keruh berarti minyak lumas perlu dilakukan penggantian, penggantian dengan cara melakukan pengetapan pada minyak lumas minyak lumas *turbocharger* dengan membuka baut tap oli dilakukan pembilasan dengan oli yang baru, kemudian bila hasil bilasan sudah bersih bisa di tutup baut tap dan diisi dengan minyak lumas. Pengisian normal dilihat dari *sight glass* dengan ukuran batas setengah dari *sight glass* tersebut.

f. Saringan udara / *Filter (air cleaner)*

Saringan udara termasuk komponen yang punya peran penting dan tidak bisa diabaikan dalam mesin diesel. Karena udara yang masuk kedalam silinder mesin harus sebersih mungkin (Karyanto, 2000).

2. Kelengkapan *Turbocharger*

Disamping komponen-komponen yang membentuk suatu *turbocharger*, sebagai suatu alat tentu *turbocharger* juga ditopang oleh alat kelengkapan lainnya. Dalam rangka untuk memaksimalkan peran dari *turbocharger*. Tentunya alat-alat kelengkapan ini sangat diperlukan *turbocharger*. Kelengkapan pada *turbocharger* adalah sebagai berikut :

a. *Intercooler*

Intercooler pada mesin diesel adalah sebuah alat pendingin udara yang berguna untuk mendinginkan udara yang berasal dari perangkat *turbocharger* di dalam mesin diesel tersebut. Udara yang disuplai *turbocharger* ke mesin merupakan udara yang berasal dari gas buang dan memiliki suhu yang sangat panas. Oleh karena itu, fungsi *intercooler* pada mesin diesel merupakan salah satu hal yang cukup penting. Selain mendinginkan udara, *intercooler* juga berfungsi untuk memadatkan udara pada mesin sehingga mesin memiliki tenaga yang lebih besar. *Intercooler* biasanya terletak pada bagian yang mudah terkena angin atau udara agar mendukung fungsi pendinginan bekerja secara maksimal.

Pada saat udara didorong masuk oleh *turbocharger*, maka tekanan udara tersebut juga meningkat. Selain itu suhu dari udara yang dipompa oleh *turbocharger* juga meningkat dan akan memperburuk mesin jika udara yang disuplai merupakan udara yang panas. Jika hal tersebut sampai terjadi maka *temperature* ruang bakar akan meningkat dan dapat terjadi *over heating* serta akan membuat udara memuai sehingga kepadatan udara berkurang. Hal tersebut dapat mempengaruhi kinerja terutama tenaga mesin karena pembakaran tidak terjadi secara sempurna. Untuk menghindari hal tersebut, *intercooler* menjadi solusi yang cukup baik. *Intercooler* bekerja sebagai penyeimbang serta pelepas panas yang bekerja mirip seperti *radiator* namun tidak menggunakan *coolant/air radiator* melainkan dengan menggunakan media air laut. *Intercooler* merupakan sebuah *heat exchanger* yang umumnya menggunakan air sebagai media *cooler*. Udara terkompresi masuk ke sisi tube kecil yang tersusun atas plat-plat tipis aluminium dan pipa-pipa kecil.



Gambar 2.4 *Intercooler*

Sumber : arsip PT. Barokah Marine 2019

b. Tipe-Tipe *Intercooler* :

- 1) Udara ke udara adalah jenis *intercooler* yang paling jarang digunakan pada mesin kapal tetapi banyak digunakan dalam mesin kendaraan lain saat ini. Yang perlu diperhatikan dalam *intercooler* jenis ini adalah lekukan dan perubahan ukuran harus sesedikit mungkin. Selain itu,

sambungan dan selang karet harus yang berkualitas baik agar mampu menahan tekanan *turbocharger*. Tempat pemasangan *turbocharger* juga perlu diperhatikan, harus ditempatkan di tempat yang sebanyak mungkin mendapat aliran udara.

- 2) Udara ke air banyak digunakan untuk kapal-kapal laut. pada jenis ini air bersirkulasi untuk untuk mendinginkan udara, pada dasarnya prinsip kerjanya sama seperti air radiator. Komponen terpenting dalam *intercooler* jenis ini adalah pompa airnya. Untuk itu biasanya pompa air disambungkan dengan dipasang seri ataupun paralel.
- 3) *Intercooler One Shot* memiliki kemampuan pendingin udara yang sangat tinggi dan cukup mendinginkan *turbocharger* dan udaranya dalam waktu singkat.
- 4) Temperatur *Inlet* dan *Outlet* pada turbocharger udara panas yang keluar dari *blowe* mencapai 80 derajat *celcius*, maka perlu kiranya didinginkan dengan intercooler. Sesudah proses pendinginan, maka udara yang padat ini ditekan masuk ke silinder yang mana akan menaikkan efisiensi proses pengisapan udara masuk. Bila udara didinginkan 20 derajat *celcius*, maka daya mesin dapat naik 6 sampai 7% (Wiranto Arismunandar, 1998).
- 5) Suhu udara bilas
Udara bilas adalah udara yang digunakan sebagai pembakaran bersama bahan bakar di dalam silinder mesin induk dan suhu udara bilas sekitar 20 derajat *celcius*.

c. Perawatan *Intercooler*

- 1) Menghilangkan debu, deposito karbon dan kotoran lainnya dengan bantuan udara tekan, lalu merendam *intercooler* ke dalam kimia pembersih (*chemical cleaner*) dan di panasi hingga $\pm 70^{\circ}\text{C}$, diamkan dalam kondisi ini sekitar 12–16 jam setelah itu bersihkan dengan air tawar dengan cara menyemprotkannya sampai semua kotoran hilang. Setelah itu semprotkan udara terkompresi untuk menghilangkan partikel

air dari *intercooler* dan keringkan.

- 2) Untuk menghindari korosi oleh air laut pada *sea water side* pada *intercooler* dipasanglah *zink anoda*, adapun perawatan *zink anoda* yaitu dengan selalu melakukan pengecekan secara berkala.
- 3) Pembaruan atau penggantian *packing*, baik *packing water side* maupun *packing air side* sangat dianjurkan untuk meminimalisir terjadinya kebocoran dan untuk menjaga kedepan.

d. 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. Pipa saluran panas mengalirkan gas buang dari ruang bakar ke sisi *inlet* turbin *turbocharger*, serta membuang gas buang keluaran turbin menuju sistem *exhaust* (knalpot). Sedangkan pipa saluran dingin mengalirkan udara atmosfer masuk ke *scaving chamber*, udara bertekanan dari *outlet* masuk 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, *back pressure*, dan tegangan (*stress*). Sedangkan sisi udara terkompresi digunakan material yang kuat untuk tekanan tinggi.

e. *Wastegates*

Menurut *artikel-teknologi.com*. *Wastegates* adalah sebuah mesin kendaraan bermotor selalu berkerja pada rentang *rpm* putaran mesin yang bervariasi. Berbagai variasi *Rpm* tersebut tentu saja menghasilkan jumlah gas buang yang bervariasi juga. Semakin tinggi putaran mesin, akan semakin banyak kuantitas gas buang mesin masuk ke turbin *turbocharger*, dapat kita bayangkan putaran *turbocharger* pasti tidak terkontrol. Pada kondisi ini jika mesin kendaraan terlalu lama pada putaran tinggi, maka hal

ini dapat menyebabkan *over heating* 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.

Wastegates digunakan untuk mengatasi kondisi diatas. Komponen ini berfungsi sebagai *bypass valve* untuk membuang gas buang motor bakar pada kondisi tertentu untuk tidak masuk kedalam 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*

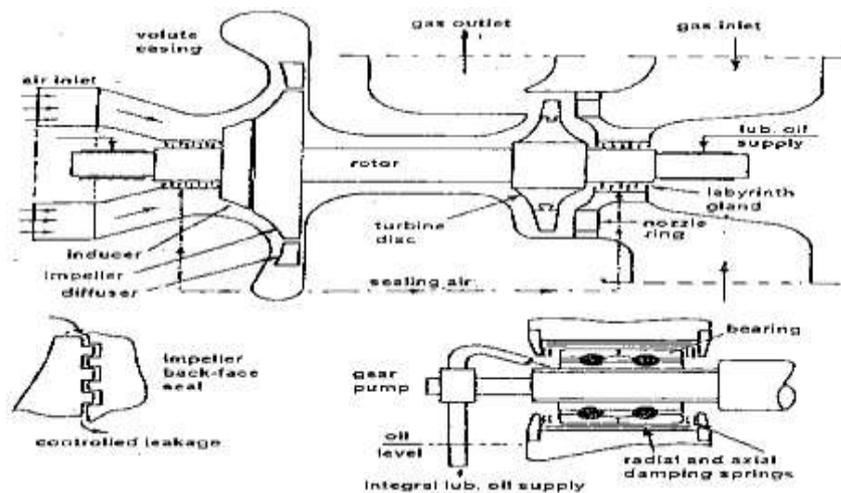
Blow-off vlave sejatinya adalah *pressure relief valve* yang berfungsi untuk membuang udara terkompresi ke atmosfer pada saat tekanan udara keluar kompresor *turbocharger* mengurangi tekanan pedal akselerasi, katup *intake manifold* akan menutup sehingga udara bertekanan dari *turbocharger* tidak dapat masuk keruang bakar. Jika *turbocharger* tidak dilengkapi dengan *blow-off vlave*, 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.

Blow-off valve memiliki konstruksi yang mirip dengan *wastegates*. Pada saat mesin berakselerasi maupun beroperasi *stationer*, 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*.

2.5 Sistem Pada Turbocharger

1. Sistem Pelumasan

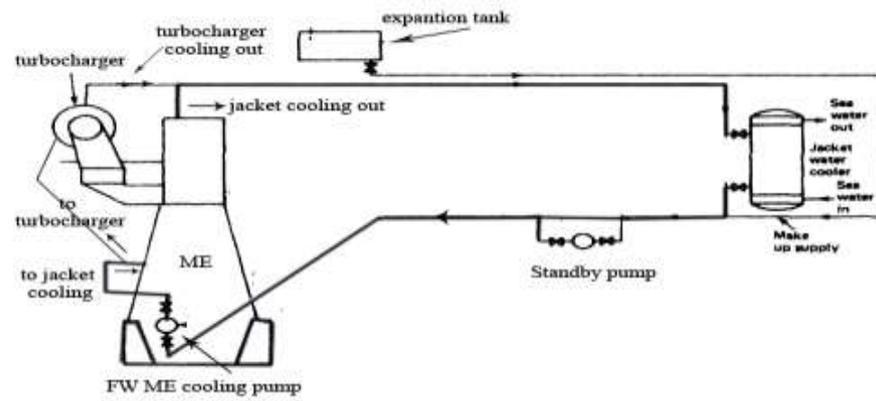
Di dalam pengoperasian *turbocharger* tentu tidak lepas dari sistem pendukungnya. Hal ini tentu disadari oleh produsen perakitan *turbocharger* agar *turbocharger* awet walaupun sering dioperasikan. Sistem ini bertujuan agar kelancaran operasi juga terpenuhi. Dalam sistem pelumasan ini minyak pelumas untuk melumasi *bearing* dan *shaft turbin*. Kelangsungan penyediaan minyak untuk bantalan *turbocharger* dan kapasitas harus sedemikian rupa sehingga bantalan tidak akan rusak.



Gambar 2.5 Sistem Pelumasan Turbocharger
 Sumber: <http://artikel-teknologi.com> 2019

2. Sistem pendinginan turbocharger

Turbocharger didinginkan oleh air tawar pendingin dari pompa gandeng mesin induk. Air pendingin dari *cooler* di hisap oleh pompa gandeng mesin induk lalu di teruskan ke pipa yang sebagian besar mengalir ke *jacket cooling* mesin induk, dan juga ke *turbocharger* untuk mendinginkan *turbocharger*. Kemudian dari *turbocharger* diteruskan ke pipa keluaran pendingin mesin induk selanjutnya menuju *cooler* kembali untuk didinginkan.



Gambar 2.6 Diagram Aliran Sistem Pendinginan Turbocharger
Sumber: <http://artikel-teknologi.com> 2019s