

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 TURBOCHARGER

Turbocharger adalah sebuah kompresor sentrifugal yang mendapat daya dari turbin yang sumber tenaganya berasal dari asap gas buang kendaraan. 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 Büchi. 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. Imare : Citra asri buana, 2013, apa itu *turbocharger*.

Turbocharger merupakan sebuah peralatan, untuk menambah jumlah udara yang masuk kedalam silinder dengan memanfaatkan energi tekanan gas buang.

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.



Gambar 2.1 Bentuk *turbocharger*

(Sumber : Imare, 2014/07, *turbocharger*)

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. 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. Imare, 2014/07, *turbocharger*.

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.

Sebuah *turbocharger* dapat meningkatkan daya dan torsi mesin diesel sebesar 30% -40% dari versi konvensional. (Karyanto, 2000).

b. 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).

c. Bahan Bakar Ekonomis.

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

d. Pengurangan Asap.

Mesin *turbocharger* menghasilkan fase pembakaran lebih efisien dan bersih, yang mengurangi produksi asap pada mesin (<http://www.boddunan.com/>).

e. 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)

f. 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).

- g. Dapat bekerja ditempat yang mempunyai ketinggian.

Semakin tinggi letak suatu tempat dari permukaan laut, maka akan semakin rendah tekanan atmosferiknya. Hal ini berarti kerapatan udara yang akan masuk kedalam silinder pembakaran motor akan berkurang dan sebagai akibatnya bahan bakar yang dapat dibakar didalam silinder akan berkurang juga, sehingga dapat menyebabkan tenaga motor berkurang dari semula. Penurunan ini akan lebih kecil pada motor yang dilayani oleh *turbocharger* (Wiranto Arismunandar, 1988).

- h. Harga Mesin Lebih Murah.

Mesin yang menggunakan *turbocharger* pada umumnya lebih murah dibanding dengan pengisapan natural dengan tenaga yang sama.(Astu Pudjanarsa dan Djati Nursuhud, 2000).

- i. 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).

(sumber : eri rozidin, 2012, keuntungan *turbocharger*).

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 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*.

a. Lebih berisik

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

b. Pengawasan yang ekstra

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*.

c. Sangat mempengaruhi daya mesin

Bila *turbocharger* mengalami gangguan maka dapat berpengaruh terhadap daya mesin. Ini disebabkan oleh karena *turbocharger* berhubungan langsung dengan gas buang yang dihasilkan oleh mesin induk. Begitu pula sebaliknya apabila *turbocharger* mengalami masalah itu juga akan menyebabkan *supply* udara bilas ke ruang pembakaran berkurang dan dapat menghambat laju kapal karena terganggunya kompresi mesin karena kurangnya asupan udara. Imare : eri rozidin, 2012, keuntungan *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*

Turbocharger, adalah perangkat penambah tenaga yang bisa terbilang instan, dimana terdapat komponen yang terdiri dari dua buah bilah-bilah, satu

yang berputar dikarenakan embusan gas dari saluran exhaust(turbin) kemudian terhubung dengan bilah lainnya yang berfungsi menghirup udara dari luar dan menghembuskannya ke saluran intake dalam keadaan tekanan yang berlipat-lipat. Dikarenakan perbandingan putaran antara exhaust diputar dalam bilah lebih kecil yang banyak, sehingga putarannya lebih cepat dan udara yang dimampatkan lebih banyak. Sehingga oksigen akan lebih banyak masuk kedalam ruang bakar, dan efeknya tenaga pun akan meningkat jauh. Kekurangannya adalah kekosongan tenaga sebelum *turbocharger* menghembus udara padat kedalam mesin yang disebut *turbo-lag*, dan efeknya respon yang diterima lambat. Ini kemudian disebut dengan *Fixed Geometry Turbocharger* atau *turbocharger* yang bilah-bilahnya tetap.

2. *Variable Geometry Turbocharger*

Untuk mengatasi kekurangan dari FGT maka dibuatlah VGT (*Variable Geometry Turbocharger*) yaitu bilah-bilah yang kompresinya dibuat bervariasi. Bilah ini bisa mengatur bentuknya sehingga pemampatan udara bisa berlangsung pada putaran mesin yang lebih rendah, fungsinya untuk mengurangi *turbo-lag*. Karakternya pun berubah dimana *range power* semakin luas dimana pada FGT lonjakan tenaga terasa hanya pada putaran mesin tertentu saja, misalkan 2.000 rpm. Sedangkan pada VGT lonjakan tenaga terasa lebih merata misalnya pada 1.600 – 2.300 rpm. Imare : Rendy, 2012/02/01, bahas otomotif.

2.4. **KOMPONEN DAN KELENGKAPAN DARI TURBOCHARGER**

1. Komponen *turbocharger*

Sebelum mengerti cara kerjanya, penting untuk mengetahui apa saja yang menyusun sebuah *turbocharger*. Karena sejatinya sebagai pemasok paksa udara, dibutuhkan komponen yang memasukkan udara berdasarkan aliran gas buang (*exhaust manifold*). Komponen penyusun turbocharger adalah sebagai berikut :

a. Turbin.

Roda turbin yang memulai proses keseluruhan kompresi udara ke silinder, turbin *turbocharger* dapat dibuat dari aluminium atau keramik,

dewasa ini penggunaan keramik lebih diutamakan karena ringan dan tahan panas, semakin ringan turbin akan menghasilkan putaran yang lebih cepat dan mencegah *turbo lag*. *Turbo lag* adalah jeda saat mesin tidak merespon tekanan udara yang dihasilkan *turbocharger*, biasanya terjadi saat mesin masih pada putaran rendah. Roda turbin dapat berputar antara 80.000 – 150.000 *rpm*, untuk itu diperlukan pelumasan yang sangat baik untuk mencegah kerusakan pada turbin. Turbin dihubungkan dengan batang turbin (*turbine shaft*). Bantalan dan sambungan yang sesuai antara turbin dan batang turbin sangat dibutuhkan karena mereka bekerja pada putaran yang sangat tinggi. Setiap sudu turbin didesain membentuk *nozzle-nozzle* sehingga disaat fluida melewatinya.

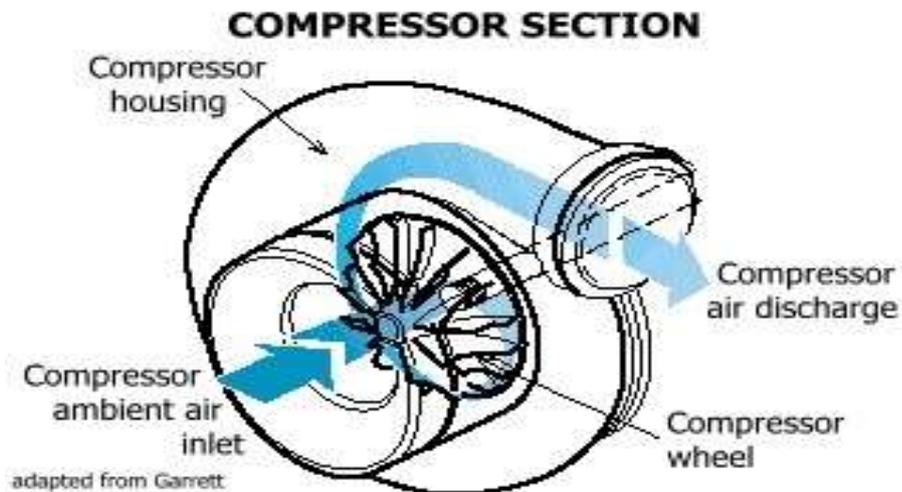


Gambar 2.2 Turbin *turbocharger*

(Sumber : Imare, 2014/07, turbocharger)

b. Kompresor

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



Gambar 2.3 Aliran Kerja Bagian Kompresor

Sumber : yarabisayanuar.(2012/03).turbo

Kompresor *turbocharger* tipe 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 dialirkan untuk menuju ke *intercooler*.

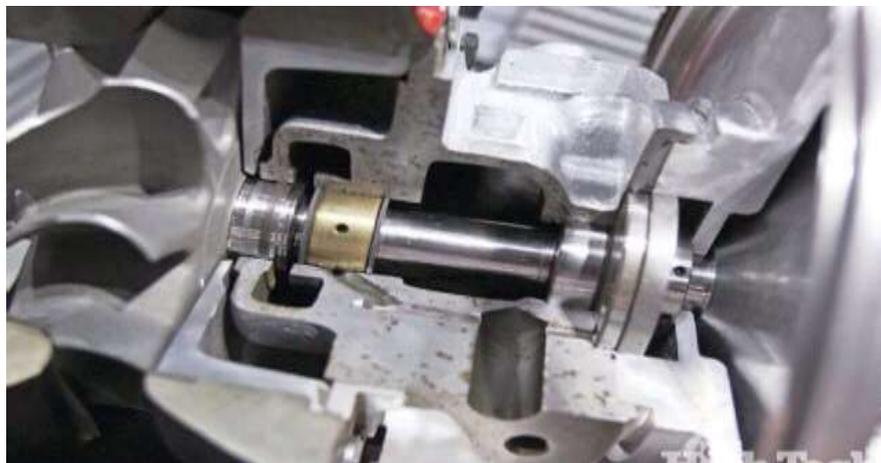
c. *Bearing Housing / Center Housing*

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



Gambar 2.4 Bearing turbin dan compressor pada *turbocharge*

Sumber : onny apriyahanda.(2011).komponen *turbocharger*
(otomotifonline147 2015/03)



Gambar 2.5 Bentuk fisik CHRA

Sumber : onny apriyahanda.(2011).komponen *turbocharger*.(otomotifonline147
2015/03)

Putaran poros *turbocharger* dikawal taruna praktek mencapai 65.500 rpm. Dengan putaran secepat itu, dibutuhkan *bearing* dengan kualitas baik. *Thrustbearing* 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 *life time turbocharger* menjadi lebih baik. Imare : onny apriyahanda,2011,komponen Turbocharger.

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.



Gambar 2.6. *intercooler*

Sumber : antonrivai.(2011/12).macam-macam *intercooler* pada kapal



Gambar 2.7. Intercooler

Sumber : PT. BINTAN MEGAH ABADI.

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 *overheating* 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 ampuh. *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 tubing kecil yang tersusun atas plat-plat tipis aluminium dan pipa-pipa kecil. Air pendingin mengalir dengan bantuan pompa pendingin melewati pipa-pipa kecil dan menyerap panas udara terkompresi melalui permukaan pipa. Imare : antonrivai, 2011, macam-macam *intercooler*.

3. Tipe-tipe *Intercooler*

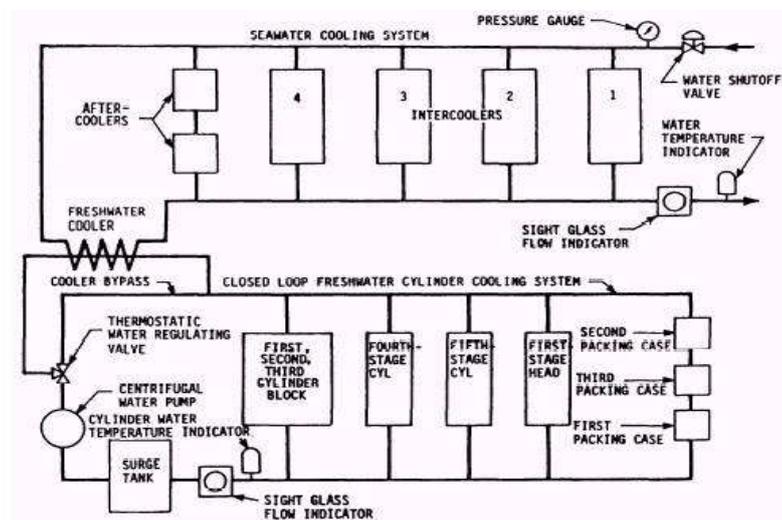
Menurut Merriam-Webster, *intercooler* dibedakan menjadi 3 jenis. *Intercooler* jenis udara ke udara, udara ke air, dan *one shot*:

- a. 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 *interccoler* jenis ini adalah lekukan dan perubahan ukuran harus sesedikit mungkin. Selain itu, sambungan dan selang karet harus yang berkualitas baik agar mampu menahan tekanan Turbo. Tempat pemasangan Turbo juga perlu diperhatikan, harus ditempatkan di tempat yang sebanyak mungkin mendapat aliran udara.
- b. *Intercooler* 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.
- c. sangat tinggi dan cukup mendinginkan Turbo dan udaranya dalam waktu *Intercooler One Shot* memiliki kemampuan pendingin udarayang singkat.

4. Perawatan *Intercooler*

- a. 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.
- b. 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.

- c. Pembaruan atau penggantian packing, baik packing *water side* maupun packing *air side* sangat dianjurkan untuk meminimalisir terjadinya kebocoran dan untuk menjaga kedekatan



Gambar 2.8 Diagram sistem pendingin air laut.

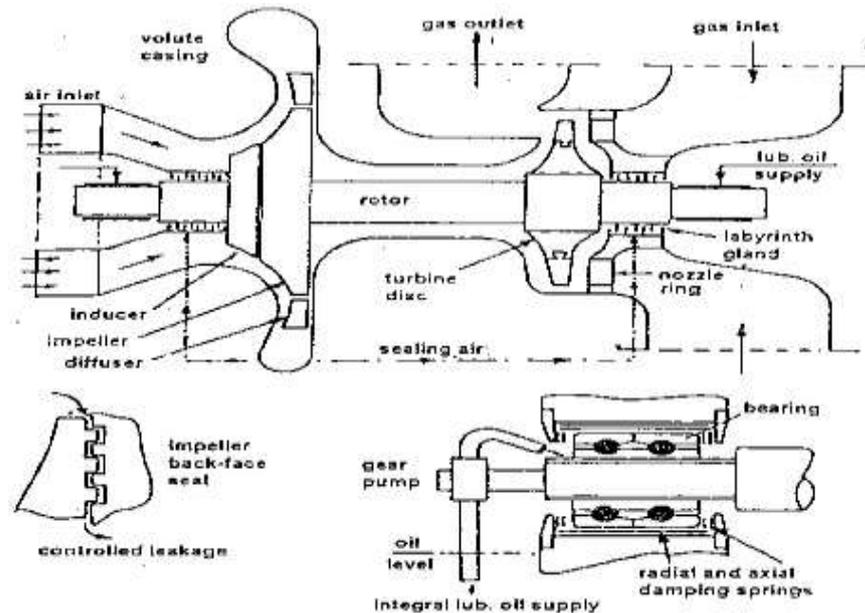
sumber : Rendy, 2012/02/01, bahas otomotif.

5. 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 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.

2.5 SISTEM PADA TURBOCHARGER

1. Sistem Pelumasan



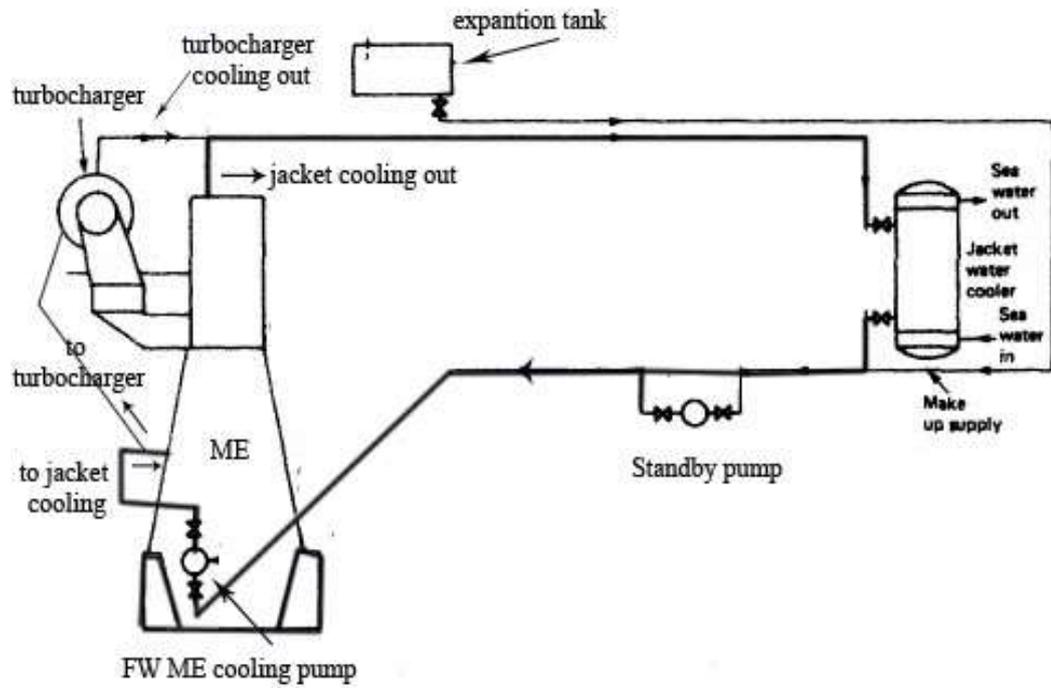
Gambar 2.9 Sistem Pelumasan Turbocharger

Sumber : ariyantoengineering.(2012/03/01).Turbocharger

Untuk melumasi *full-floating bearing* di dalam *center housing*, oli mesin disalurkan dari *oil inlet pipe* dan disirkulasikan di antara *bearing-bearing*. Setelah melumasi *bearing-bearing*, oli ini mengalir melalui *oil outlet pipe* dan kembali ke *oil pan*. Kelangsungan penyediaan minyak untuk bantalan *turbocharger* dan kapasitas harus sedemikian rupa sehingga bantalan tidak akan rusak

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 2.10 Diagram Aliran Sistem Pendinginan *turbocharger*
 Sumber : PT. BINTAN MEGAH ABADI.