

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Intercooler*

Sistem pendingin (*Inter cooler*) adalah salah satu bagian dari salah satu mesin diesel terbentuk kotak terletak pada samping ataupun bawah dari turbo charger compresor, yang di buat dari lapisan plat tipis kecil memanjang dan berfungsi untuk menurunkan suhu udara tekan / udara pengisi sebelum udara tersebut masuk kedalam silinder. (Djeli dan Saidah, 2016)

Intercooler meningkatkan efisiensi sistem induksi dengan mengurangi induksi panas udara yang diciptakan oleh supercharger atau turbocharger dan meningkatkan pembakaran lebih menyeluruh. Hal ini menghilangkan panas kompresi (yaitu, kenaikan suhu) yang terjadi dalam gas apapun ketika tekanannya dinaikkan atau unit massa per satuan volume (densitas) dinaikkan.

Turbocharger direkayasa untuk memaksa massa udara lebih ke dalam mesin intake manifold dan ruang bakar. Intercooling adalah metode yang digunakan untuk mengkompensasi disebabkan oleh pemanasan supercharging, produk sampingan alami proses kompresi semi-adiabatik. Peningkatan tekanan udara dapat mengakibatkan masukan menjadi terlalu panas, akibatnya akan mengurangi keuntungan kinerja supercharging secara signifikan karena penurunan densitas. Peningkatan suhu masukan juga dapat meningkatkan suhu silinder pembakaran, menyebabkan peledakan, atau kerusakan panas ke blok mesin. Adapun secondary intercooler adalah pendingin secondary, berfungsi untuk mendinginkan instalasi/peralatan minyak pelumas, udara pendingin generator, dan udara kompresor. (Mahadi, 2007).

Bentuk *Intercooler* adalah memiliki bentuk mirip dengan radiator mobil, hanya saja memiliki fungsi yang berbeda, jika radiator ini fungsinya adalah untuk mendinginkan air, sedangkan untuk intercooler sendiri fungsinya adalah untuk mendinginkan udara yang dihasilkan oleh mesin turbo sebelum dimasukkan kedalam ruang bakar.. (E. Karyanto, 2012).

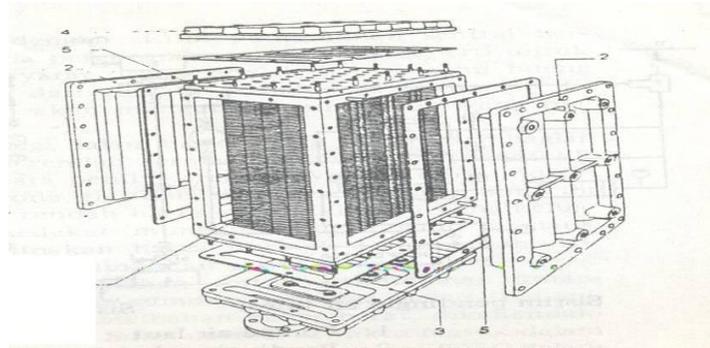
Jika kualitas udara pembakaran mengalami penurunan, misalnya temperature terlalu tinggi akibat terganggunya pendinginan didalam intercooler atau aliran udara terganggu akibat pengotoran pada filter, maka akan berpengaruh pada proses pembakaran. (Didit dan Endah, 2017).

2.2 Komponen-Komponen Intercooler

Ada bagian-bagian utama dari intercooler dan fungsi masing-masing bagiannya adalah :

1. Inlet hose berfungsi menghubungkan antara mulut tangki bahan bakar dengan lubang masuk dari tangki bahan bakar. Fuel inlet hose ini umumnya terbuat dari bahan karet yang kuat , tahan, dan tidak mudah terpengaruh oleh bahan kimia yang terdapat di dalam bahan bakar.
2. Pipa udara berfungsi untuk udara panas dari turbocharger masuk ke pipa-pipa intercooler. Energi panasnya akan diserap oleh pipa-pipa intercooler tsb. Pipa-pipa itu adalah zat perantara yang tidak ikut berpindah. Udara yang telah didinginkan ini akan masuk ke ruang pembakaran mesin induk melalui intake valve.
3. Sirip udara sebagai media penyerap panas dari pipa, disinilah terjadi konduksi panas. Disinilah terjadi konveksi panas, panas yang terdapat pada sirip intercooler akan ditransfer ke udara yang melewatinya. Sehingga suhu udara didalam pipa intercooler lebih dingin.
4. Outlet house sebagai ruang untuk udara yang telah didinginkan, yang akan dihubungkan ke silinder mesin.

Berikut adalah gambar dari Bagian-bagian Intercooler :



Sumber : <https://docplayer.info/62108671-Bab-i-pendahuluan-1-1-latar-belakang.html>

Gambar 1: Sketsa *Intercooler* Mesin Induk

2.3 Peranan *Intercooler* Pada Mesin Induk

Dalam pesawat ini peranannya sangatlah penting buat mesin induk dikapal, *intercooler* dikapal sebagai pendingin udara bilas. udara yang dihasilkan *turbocharger* yang akan dimanfaatkan sebagai tambahan tenaga mesin, pada umumnya bentuk dari *intercooler* sangatlah simple yang berbentuk sama dengan radiator mobil. Bentuk atau susunan kisi-kisi (*fin*) mempunyai fungsi agar udara bilas yang masuk kedalam *intercooler* berjalan secara pelan-pelan agar pendinginan udara bilas bisa maksimal, udara bilas yang masuk kedalam *intercooler* didinginkan oleh air laut sebelum kembali lagi dihisap oleh *inletvalve* sebagai tenaga tambahan mesin utama, temperatur udara ideal/normal saat masuk dan setelah keluar dari *intercooler*.

2.4 Macam-macam *Intercooler*

Intercooler dibedakan menjadi 3 jenis. *Intercooler* jenis udara ke udara, udara ke air, dan *one shot*. Berikut penjelasan jenis-jenis *Intercooler* :

- a. *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.
- b. 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 Turbo.

- c. Intercooler One Shot memiliki kemampuan pendingin udara yang sangat tinggi dan cukup mendinginkan Turbo dan udaranya dalam waktu singkat.

2.5 Sistem *Intercooler* Mesin Induk

Menurut Ikadanyuwanto (2014/02), prinsip kerja Inter Cooler kapal adalah mendinginkan udara yang akan digunakan untuk pembakaran mesin induk yang diisap oleh Turbo Charger guna kelancaran Internal Combustion Engine pada mesin diesel. Oleh karena itu relatif kecilnya panas jenis dari udara, maka jenis cooler dengan pipa-pipa bersayap selalu dipergunakan. Sayap ini dipasang di bagian luar pipa atau di sisi udara dengan tujuan memperluas permukaan pemindahan panas dari udara ke air laut. Dalam hal ini pipa bersayap yang dipasang pada inter cooler adalah pipa yang mempunyai kemampuan penyerapan panas yang baik. Begitu juga dengan halnya pada pipa air laut yang digunakan pada inter cooler ini mempunyai ketahanan yang cukup baik terhadap korosi dan kikisan air laut yang dapat merusak, karena pipa-pipa ini terbuat dari campuran bahan tembaga atau yang terbuat dari campuran kuningan yang tahan terhadap korosi/karat yang di akibatkan oleh air laut yang melewatinya.

Aliran udara yang akan masuk kedalam silinder sangat berpengaruh pada proses pembakaran dalam (internal combustion) karena dalam proses pembakaran dalam motor diesel, suhu dan kepadatan udara sangat mempengaruhi besarnya tenaga dan juga hasil dari pembakaran pada motor diesel tersebut. Aliran udara yang melewati inter cooler akan mempunyai suhu yang rendah dan mempunyai kepadatan udara yang lebih tinggi. Jumlah berat udara yang masuk dalam silinder akan lebih banyak, sehingga pembakaran yang terjadi di dalam silinder akan lebih sempurna dan tenaga yang dihasilkan akan lebih besar sesuai yang diinginkan. Apabila udara yang melewati inter

cooler yang di hisap oleh turbo charger mempunyai suhu udara yang tinggi, maka akan terjadi kerenggangan terhadap udara dan jumlah berat udara yang akan masuk ke dalam selinder sedikit sehingga pembakaran yang akan di hasilkan oleh motor diesel kurang sempurna dan tenaga yang di hasilkan oleh motor diesel juga berkurang. Sebaliknya, apabila udara yang melewati inter cooler yang di hisap oleh turbo charger mempunyai suhu yang terlalu rendah atau mempunyai kepadatan yang terlalu tinggi sangat berdampak negatif bagi pembakaran dalam (internal combustion) mesin diesel tersebut. Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya keretakan pada dinding-dinding selinder liner karena adanya perubahan zat yang tidak seimbang antara mesin diesel dengan suhu udara yang terlalu rendah dan kepadatan udara yang masuk dalam selinder. Oleh karena itu uliran udara yang melewati inter cooler yang di gunakan untuk proses pembakaran dalam (internal combustion) pada mesin diesel harus diperhatikan. Dalam hal ini suhu dan kepadatan udara yang akan masuk kedalam selinder mempunyai peranan yang sangat penting dalam proses pembakaran dalam (internal combustion) pada motor diesel tersebut.

2.6 Aliran Udara Yang Melewati *Intercooler* Mesin Induk

Aliran udara yang akan masuk kedalam silinder sangat berpengaruh pada proses pembakaran dalam (*internal combustion*) karena dalam proses pembakaran pada motor diesel, suhu dan kepadatan udara sangat mempengaruhi besarnya tenaga dan juga hasil dari pembakaran pada motor diesel tersebut. Aliran udara yang melewati *intercooler* akan mempunyai suhu yang rendah dan mempunyai kepadatan udara yang lebih tinggi. Jumlah berat udara yang masuk dalam silinder akan lebih banyak, sehingga pembakaran yang terjadi didalam silinder akan lebih sempurna dan tenaga yang dihasilkan akan lebih besar sesuai yang diinginkan.

Apabila udara yang melewati *intercooler* yang dihisap oleh turbo charger mempunyai suhu udara yang tinggi, maka akan terjadi kerenggangan terhadap

udara dan jumlah berat udara yang akan masuk ke dalam silinder sedikit sehingga pembakaran yang akan dihasilkan oleh motor diesel kurang sempurna dan tenaga yang dihasilkan oleh motor diesel juga berkurang.

Sebaliknya, apabila udara yang melewati *intercooler* yang dihisap oleh *turbocharger* mempunyai suhu yang terlalu rendah atau mempunyai kepadatan yang terlalu tinggi sangat berdampak negatif bagi pembakaran dalam (*internal combustion*) mesin diesel tersebut. Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya keretakan pada dinding-dinding silinder liner karena adanya perubahan zat yang tidak seimbang antara mesin diesel dengan suhu udara yang terlalu rendah dan kepadatan udara yang masuk dalam selinder.

Oleh karena itu uliran udara yang melewati *intercooler* yang di gunakan untuk proses pembakaran dalam (*internal combustion*) pada mesin diesel harus diperhatikan. Dalam hal ini suhu dan kepadatan udara yang akan masuk kedalam silinder mempunyai peranan yang sangat penting dalam proses pembakaran dalam (*internal combustion*) pada motor diesel tersebut.

2.7 Aliran Pendinginan Intercooler Mesin Induk

Media pendinginan *intercooler* adalah menggunakan air laut dengan system pendinginan terbuka , yaitu dimana air laut masuk melalui *sea chest* lalu bersirkulasi sebagai pendinginan kemudian akan kembali lagi ke laut melalui *over board*, adapun urutan-urutan pendingin air laut :

1. Air laut masuk melalui *sea chest*. Kemudian air laut di hisap oleh pompa

CSW (*Cooling Sea Water*). Pompa Sea water,

Kapasitas sea water 105 m³/h

Head pompa..... 2,5 bar

Temperatur kerja normal 0 - 25C

Temperatur kerja maksimum 45C

Kapasitas ini diberikan toleransi sebesar 10%. Beda tekanan pompa

ditentukan berdasar total tekanan yang hilang saatmelalui sistem cooling

water

2. Masuk ke dalam *Intercooler* untuk didinginkan udara yang masuk
3. Dari *Intercooler* air mengalir ke *Fresh Water Cooler*.
4. air laut mengalir ke *LO cooler*.
5. Dari *LO cooler* barulah air laut kembali lagi kelaut melalui *over board*.

2.8 Gangguan Pada *Intercooler* Mesin Induk yang sering terjadi

Gangguan yang mungkin terjadi apabila kondisi *Intercooler* tidak optimal yaitu :

1. Kisi-kisi pada *intercooler* Kotor
2. Pipa-pipa pada *intercooler* tersumbat, sehingga dapat menyebabkan hal-hal sebagai berikut :
 - a. Pembakaran tidak sempurna
Kemungkinan adanya *supply* udara untuk *internal combustion engine* tidak mencukupi. Ini disebabkan karena air laut yang masuk ke *Intercooler* tidak maksimal dalam mendinginkan udara, hal tersebut dikarenakan pada pipa air laut pendingin terjadi penyumbatan oleh kotoran dan terjadi kebocoran pada pipa air laut pendingin akibat dari adanya korosi. Cara mengatasinya adalah dengan mengganti pipa tersebut dengan yang baru.
 - b. Suhu gas buang tinggi
Hal ini mungkin dikarenakan suhu udara bilas tinggi, hal ini bisa juga dikarenakan udara yang keluar setelah melewati *intercooler* masih belum didinginkan secara optimal sehingga terjadi kerenggangan udara dalam proses pembakaran dalam.
 - c. Terjadi Surging (bergetar) pada *turbocharger*
Adanya getaran yang mungkin disebabkan aliran udara bilas dari kompresor *turbocharge* tidak lancar / *back pressure*, hal ini dapat di karenakan udara yang akan melewati *intercooler* terjadi hambatan sehingga udara yang melewatinya tidak bisa lancar masuk ke dalam udara bilas.

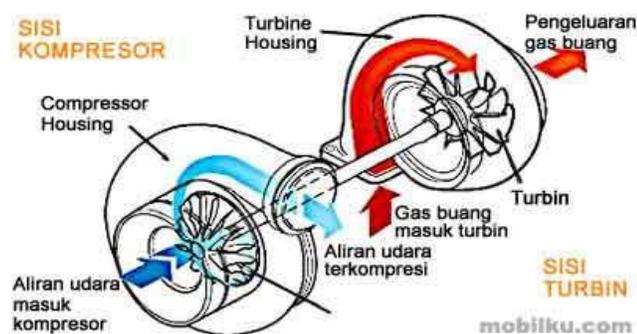
- d. Packing pada *body Intercooler* rusak

Disebabkan karena *packing* sudah lama, dan harus diganti dengan yang baru. Agar tidak terjadi kebocoran pada *intercooler* tersebut.

Penggunaan Chemical untuk membersihkan sisi udara bilas pada Intercooler dan pembersihan sisi air pendingin Intercooler.

2.9 Turbocharger Adalah Alat Yang Berhubungan Dengan Intercooler

Turbocharger menjadi alternatif terbaik untuk meningkatkan daya yang bisa dihasilkan mesin, tanpa harus menambah bobot. Selain itu, ukurannya yang kompak dan proses pemasangannya yang sederhana, membuat turbo juga populer *di aftermarket*. Prinsip kerja turbo, mengkompresi udara ke mesin untuk meningkatkan jumlah molekul oksigen yang masuk ke silinder. Tingginya molekul oksigen yang masuk mendorong tambahan pasokan bahan bakar. Dengan demikian, lebih banyak bahan bakar yang dibakar, hingga daya yang diproduksi meningkat.

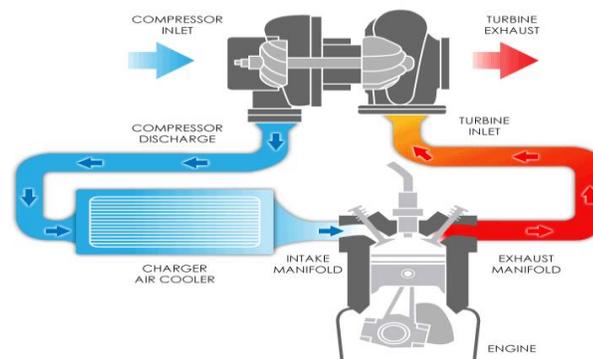


Sumber : <http://www.superstreetonline.com/how-to/engine/130-0909-turbocharge-understanding-guide/>

Gambar2: Sisi Kompresor Udara Bilas

Tekanan udara yang dikompresi bisa meningkat hingga 8 psi (*pounds per square inch*) dibandingkan tekanan normal. Bila tekanan normal di permukaan

lalu sebesar 14.7 psi, maka udara yang dikompresi mempunyai tekanan hingga 50% lebih tinggi. Namun tidak berarti power yang dihasilkan meningkat 50%. Karena ada sebagian daya yang hilang/inefisiensi. Peningkatan daya optimal turbo bisa 30 - 40 persen lebih banyak. Untuk melakukan kompresi, *Turbocharger* memanfaatkan aliran gas buang dari mesin untuk memutar turbin, yang meneruskan putaran ke kompresor udara. Turbin ini bisa berputar hingga 150,000 putaran tiap menit (rpm) atau 30 kali putaran mesin mobil pada umumnya. Temperatur perangkat ini juga bisa melesat naik, ketika bersentuhan dengan gas buang. Dengan kondisi kerja seperti itu, *Turbocharger* membutuhkan material berkualitas tinggi dengan pengerjaan super presisi.



Sumber : <https://automotivexist.blogspot.com/2016/11/cara-kerja-intercooler-pada-mesin-mobil.html>

Gambar 3: Aliran Udara Bilas Pada Turbocharger

Di sisi lain penggunaan turbocharger juga menimbulkan kerugian pada mesin. Pemasangan turbin membuat aliran gas buang menjadi tidak lancar. Mesin juga harus mengeluarkan tenaga ekstra untuk melawan tekanan balik dari saluran gas buang. Selain itu gejala *knocking*/nglitik juga sering ditemui. Ini disebabkan karena udara kompresi yang bersuhu tinggi ketika masuk ke ruang bakar yang bertekanan tinggi, bisa memicu pembakaran sebelum injektor memercikkan api. Oleh karena itu, kapal dengan perangkat turbocharger sering kali membutuhkan bahan bakar dengan oktan tinggi, guna menghindari gejala *knocking*. Kini mesin-mesin modern yang dilengkapi turbocharger, sudah

dilengkapi semacam *adjuster* yang bisa menyesuaikan kompresi udara secara presisi sesuai kebutuhan mesin.

Masalah lain yang sering ditemui kapal dengan perangkat turbocharger adalah turbocharger lag. Kondisi ini terjadi karena turbocharger tidak bisa seketika menghadirkan tambahan daya saat gas ditekan (turbo baru bekerja pada putaran tertentu). Baru beberapa detik kemudian tambahan daya bekerja, Cara untuk meminimalkan efek ini adalah memangkas bobot komponen yang berputar. Ini membuat turbin dan kompresor lebih mudah berakselerasi untuk melakukan kompresi. Cara lainnya, dengan menggunakan material baru seperti *ceramic turbine blades*. Material baru ini lebih ringan dari baja, hingga lebih mudah berputar. Efek ini nyaris tidak terasa pada mesin dengan teknologi turbo modern.

Kebanyakan turbocharger memiliki *wastegate*, semacam katup pengaman yang memungkinkan gas buang menerobos keluar tanpa melewati turbin. Katup ini bekerja berdasarkan sensor tekanan. Bila tekanan udara terlalu tinggi, berarti turbin berputar terlalu cepat, maka exhaust dibuang lewat wastegate, hingga rotasi turbin melambat. Karena turbocharger bekerja pada kondisi temperatur, kecepatan dan tekanan tinggi, maka performa optimum bisa didapat jika alat ini dioperasikan dan dirawat dengan benar. Kerusakan yang sering terjadi biasanya akibat buruknya lubrikasi, atau masuknya partikel abrasif pada oli. Sebab lain adalah lolosnya partikel berukuran besar pada aliran udara yang tersedot masuk. Juga benda-benda yang tersembur keluar dari *exhaust*, seperti kerak karbon, serpihan komponen mesin, dll berperan menimbulkan kerusakan.

Agar turbocharger bekerja sempurna, maka:

1. Turbocharger harus dirawat sesuai rentang waktu yang direkomendasikan.
2. Gunakan selalu oli yang direkomendasi produsen..
3. Periksa setiap kebocoran oli, suara-suara aneh dan getaran yang tidak wajar.

4. Power kurang, suara keras, asap biru atau hitam, kemungkinan mengindikasikan masalah pada mesin, bukan turbocharger.
5. Panaskan mesin beberapa saat, tunggu temperatur oli mesin mencapai suhu kerja optimal sebelum menekan pedal gas dalam-dalam untuk mengaktifkan turbocharger.
6. Jangan memainkan pedal gas, karena kemungkinan lubrikan komponen turbocharger belum sempurna. Sebaliknya, biarkan mesin *idle* beberapa saat sebelum mesin dimatikan. Bila mesin dimatikan seketika, maka pasokan oli mesin ke turbocharger otomatis terhenti, sementara turbocharger masih berputar dengan kecepatan tinggi. Ini bisa menciderai bearing. Pada mesin-mesin dengan teknologi turbocharger terbaru, ritual seperti itu tidak perlu lagi.

Fungsi *intercooler* dalam turbocharger adalah sebagai penurunan suhu mesin yang sangat tinggi setelah diambil dari katup buang. Ada sejumlah keuntungan yang dirasakan oleh para penggunanya. Pertama, turunnya suhu udara menyebabkan molekul udara menjadi lebih padat. Semakin padat molekul udara didalam saluran masuk semakin besar pula tenaga yang dihasilkan mesin tersebut. Selain itu, temperatur lebih rendah juga mengurangi gejala gelitik (*knocking*). Sesuai kebutuhan dan perkembangannya. *Intercooler* didesain berbagai bentuk. Pertimbangan desainnya lebih di utamakan untuk mengoptimalkan pendinginan udara tanpa perlu banyak mengurangi tekanan turbocharger (*Turbo Pressure*).