

# TURBOCHARGER



Di Susun Oleh:  
S1 PTM 2007 Oto A

UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
S1 PENDIDIKAN TEKNIK MESIN

2009

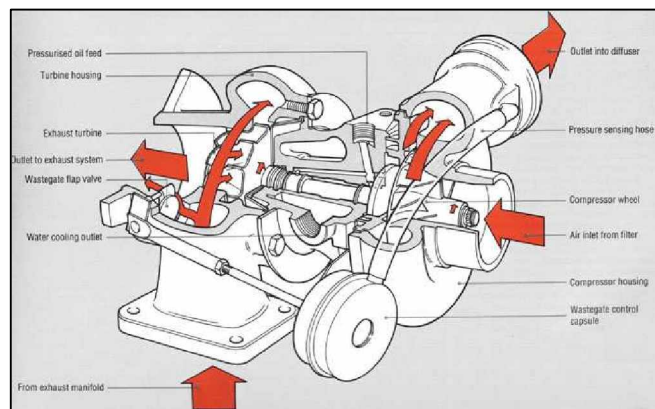
## Uraian

Menurut majalah Rally XS (edisi mei 2003) pemakaian turbocharger dapat meningkatkan perfortma mesin sampai lebih dari 1,5 kali lipat. Kendaraan dapat dipacu sampai titik maksimal

Turbo adalah sebuah alat yang secara luar biasa mampu mengubah sisa pembakaran yang tidak terpakai menjadi energi dalam bentuk lain secara efisien dan potensial. Peranti ini pertama kali dikembangkan oleh Dr Albert J. Buchi di Swiss pada 1909-1912 di mesin diesel turbocharger. Tetapi saat itu tidak didukung oleh kalangan otomotif di lingkungannya.

Kemudian pada era 1930-an, turbocharger mengalami perkembangan yang cukup signifikan. General Electric (GE) mulai mengembangkan turbocharger pada perlengkapan militer yang di produksinya. Dari situ, GE juga mulai mengembangkan aircooler (sekarang dikenal dengan nama intercooler).

Setelah hampir 50 tahun turbocharger didesain untuk mesin dengan kapasitas besar, akhir 1950, Cliff Garret mulai mengembangkan turbocharger yang dapat digunakan pada mesin-mesin berkapasitas kecil, seperti mesin kendaraan penumpang.



Turbocharger Rancangan Cliff Garret

Garret waktu itu dikenal sebagai innovator turbocharger yang paling handal, dimana ia mulai memperhatikan teknologi itu secara mendalam sampai pada teknologi metalurginya. Misalnya inovasi seal dengan kemampuan yang baik, sudut radial turbin dan sentrifugal turbin compressor.

Garret adalah pendiri perusahaan Garret Boosting Engine System yang dikenal sebagai leader didalam industri turbocharger.

Dengan semakin berkembangnya teknologi dan semakin fleksibelnya aplikasi turbocharger pada kendaraan apapun, pada era 1970-an turbocharger mulai dikenal pada dunia motorsport.

Didalam pengoperasiannya, turbocharger memiliki dua unit turbin; yaitu turbin exhaust dan turbin compressor. Turbin Exhaust adalah turbin yang menerima gas buang dari mesin. Turbin Exhaust berputar karena dua hal; pertama, terdorong oleh gas buang dari mesin, dan kedua disebabkan oleh energi kinetik dari gas buang itu sendiri. Putaran di Turbin Exhaust inilah yang kemudian juga menggerakkan Turbin Compressor dengan bantuan Shaft yang menghubungkan keduanya.

Pada kendaraan WRC, turbocharger sangat berguna untuk menambah torsi secara drastis. Dengan penambahan turbocharger, kendaraan WRC dapat meningkatkan torsiya lebih dari 100 persen.

Mesin turbo bekerja dengan sistim pelumasan oli pada shaft-nya dan untuk menjaga suhu pada olinya, turbo dipasangi watercooler. Setelah itu, agar lebih efisien dalam menurunkan suhu udara yang dimampatkan dari turbocharger ke mesin, kendaraan juga dilengkapi intercooler.

Intercooler berperan sangat penting karena berfungsi mendinginkan udara yang telah dimampatkan tadi dan intercooler memiliki porsi perhatian yang cukup besar dalam meningkatkan output mesin, khususnya bila digunakan pada daerah yang beriklim panas atau memiliki ketinggian yang jauh dari permukaan laut.

Intercooler merupakan suatu alat penukar kalor (heat exchanger) dengan fluida yang didinginkan atau gas dan fluida pendinginnya juga udara atau gas. Fluida yang didinginkan masuk saluran inlet bergerak melalui tube (saluran-saluran kecil pipa pendingin) kemudian keluar melalui outlet, dan media pendinginnya berupa udara yang dialirkan melalui fin. Penurunan temperatur antara masukan dan keluaran intercooler antara 5° sampai 25° C, hal ini sangat tergantung dari cuaca lingkungan dan aliran udara pendingin



Intercooler Kit

Dalam dunia balap Drag Race dan sebagainya para modifikator tidak hanya mengalirkan udara saja sebagai media pendingin intercooler tetapi ditambah dengan menyemprotkan air ke permukaan intercooler, dan ada juga yang menyemprotkan air es ke permukaan intercooler dengan tujuan pendinginan lebih maksimal, penurunan temperatur dengan pendingin air es bias mencapai 45% dari panas semula dibandingkan dengan udara saja yang hanya sekitar 10% - 20% saja. Udara yang dingin diharapkan dapat memperpadat molekul  $O_2$  sehingga pembakaran bias lebih sempurna dan performa mesin dapat lebih baik.

### Motor Bakar Dengan Turbocharger

Sebuah motor 4 langkah dikatakan turbocharger apabila tekanan isapnya lebih tinggi daripada tekanan atmosfer sekitarnya. Hal ini diperoleh dengan jalan memaksa udara atmosfer masuk ke dalam silinder selamalgangkah isap, dengan pompa udara yang disebut turbocharger.

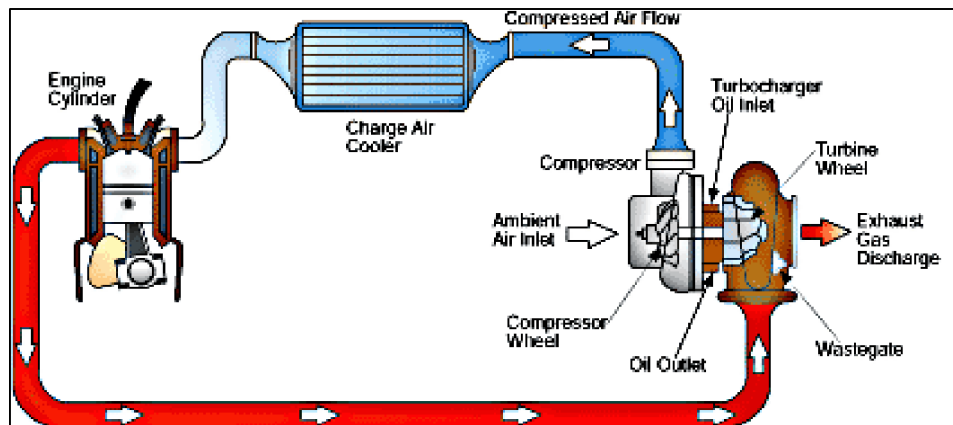
Turbocharger memanfaatkan energy yang terkandung dalam gas buang untuk menggerakkan kompresor sehingga lebih efektif menaikkan mean effective pressure (mep) dibandingkan dengan metode supercharger, tanpa perlu menaikkan kecepatan mesin, jumlah maupun langkah silinder, maupun kecepatan rata-rata piston.

Tekanan efektif rata-rata (mep) mesin diesel menggunakan turbocharger mencapai sekitar 160 - 230 psi dengan penambahan daya sekitar 75% - 100 % dibandingkan mesin diesel tanpa turbocharger. Persyaratan utama turbocharger terletak pada ketahanan dinding silinder dalam menerima gaya

tekan yang meningkat dalam silinder. Dan perbandingan berat dan daya yang dulunya 10 : 1 sekarang dapat mencapai 6 : 1.

Untuk mencapai daya output optimum maka efisiensi volumetris dan laju pembilasan gas bekas harus ditingkatkan. Untuk mencapai keadaan ini maka kompresi rasio harus dikurangi sedikit dan perubahan katup overlap. Secara keseluruhan, semua turbocharger memiliki tiga sistem dasar yaitu turbin, kompresor dan assembling bantalan

Perbedaan-perbedaan yang ada adalah pada variasi peningkatan tekanan dan debit udara yang dimasukkan dalam ruang silinder. Rumah turbin, desain roda turbin dan konstruksi yang berbentuk volute ataupun nozzle sangat menentukan kecepatan aliran gas yang akan menggerakkan poros kompresor. Ketika mesin mulai digerakkan maka gas buang akan memasuki rumah turbin yang berbentuk volute dengan variasi ruang yang semakin kecil dengan kecepatan yang sangat tinggi. Kecepatan gas yang sangat tinggi ini akan digunakan untuk memutar turbin, yang kemudian keluar melalui pipa buang ke atmosfer



Aliran Gas Turboharger

Akibat perputaran turbin maka kompresor juga akan ikut berputar dan menyebabkan terjadinya tekanan vakum pada sisi hisap kompresor. Akibatnya tekanan atmosfer akan memaksa udara ke dalam saluran hisap kompresor pada kecepatan relative tinggi. Udara ini kemudia memasuki diffuser dan mengalami penekanan lagi pada rumah kompresor dan dikeluarkan melalui sisi tekan ke ruang silinder.

Ada dua cara pengoperasian turbocharger yaitu:

#### 1. Turbocharger dua tingkat

Jenis ini digunakan untuk meningkatkan batas torsi mesin dan tekanan efektif rata-rata (mep).

Beberapa jenis mesin V dan inline menggunakan dua atau empat turbocharger dan aftercooler (masing-masing satu untuk pipa manifold buang).

Cara kerja:

Udara mengalir dari saringan udara ke rumah kompressor tingkat pertama (low pressure turbocharger), kemudian keluar dari kompressor tingkat pertama dan masuk kompressor tingkat kedua. Setelah udara ditekan pada kompressor tingkat dua maka udara keluar melewati aftercooler menuju pipa hisap silinder. Pada keadaan ini temperatur udara dikurangi sampai 223°F (106° C) dan tekanan berkisar 204,5 kpa.

Gas buang hasil pembakaran memasuki pipa manifold tipe pulsa yang kemudian memasuki rumah turbin tingkat dua. Gas buang kemudian meninggalkan turbin tingkat dua dan memasuki turbin tingkat pertama yang akan menggerakkan roda turbin dengan sisa-sisa energi yang terkandung dalam gas buang. Kemudian gas ini dibuang melalui pipa saluran buang ke atmosfer. Dengan metode ini diperkirakan diperoleh daya tambahan sebesar 75 HP dan torsiya meningkat sampai putaran 700 rpm.

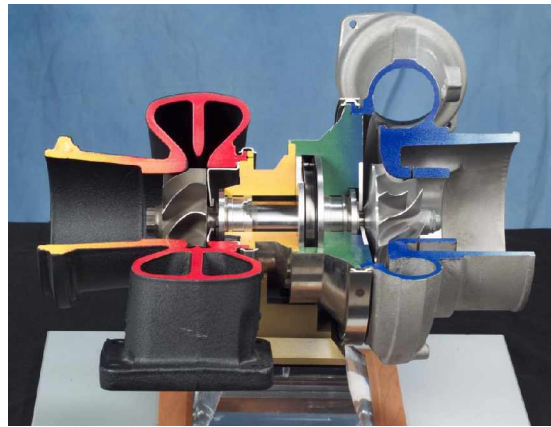
#### 2. Turbocharger majemuk

Berdasarkan uji coba eksperimental, maka dengan metode ini efisiensi total mesin diesel dapat mencapai 46,5%. Sistem yang mencakup roda turbin dan porosnya dihubungkan ke sebuah kopling fluida. Kemudian turbin ini dihubungkan dengan roda gigi reduksi dan poros outputnya dihubungkan dengan crankshaft.

Cara kerja:

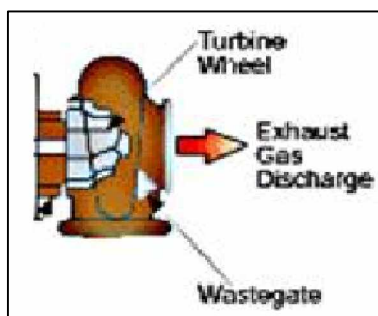
Gas buang menggerakkan roda turbin yang selanjutnya akan menggerakkan kopling fluida yang akan menyebabkan turbin ikut berputar. Perputaran turbin akan menggerakkan ruda gigi reduksi yang akan membantu pergerakan crankshaft. Gas buang yang meninggalkan rumah turbin diarahkan ke turbocharger yang akan menggerakkan turbin dan kompressor didalamnya. Akibat pergerakan kompressor maka udara atmosfer akan ditarik ke dalam kompressor dan ditekan melalui aftercooler masuk ke dalam ruang silinder sehingga suhunya senantiasa konstan

## Komponen Utama Turbocharger



Turbin, shaft dan kompressor merupakan komponen utama turbocharger

### 1. 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.

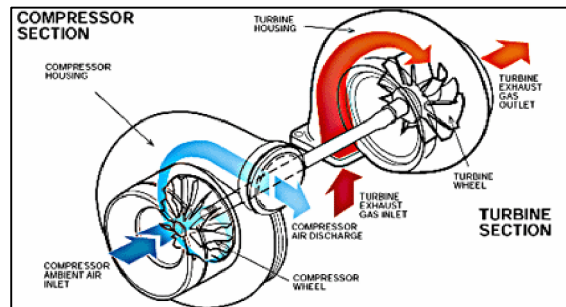
Turbo lag adalah jeda saat mesin tidak merespon tekanan udara yang dihasilkan turbocharger, biasanya terjadi saat mesin masih pada putaran rendah.

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.

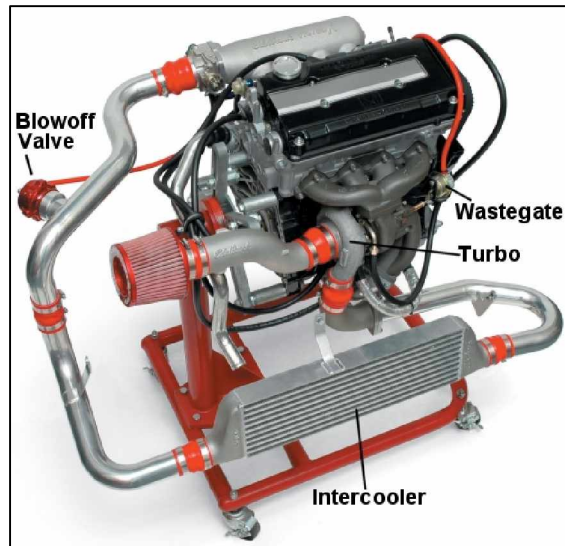
## 2. Kompresor

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%.





## Komponen Pendukung Turbocharger



Blow off valve, wastegates dan intercooler merupakan komponen pendukung turbocharger

### 1. Blow off valve



Blow off valve merupakan komponen yang dapat mencegah kebocoran tekanan udara (boost) terlalu awal saat meningkatkan tekanan udara yang biasanya terjadi saat pergantian roda gigi transmisi. Banyak faktor untuk menggunakan blow off valve bergantung pada dimana blow off valve tersebut dipasang, kapasitas dan ukuran turbocharger dan daya mesin yang dihasilkan pada tiap kendaraan.

### 2. Wastegates



Salah satu komponen penting dari turbocharger penyetelan turbocharger untuk mendapatkan hasil yang maksimal perlu diperhatikan penggunaan wastegates yang sesuai. Penggunaan wastegates dengan kapasitas terlalu kecil mengakibatkan kenaikan tekanan udara (boost)

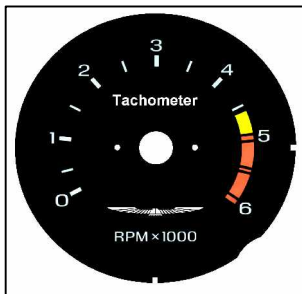
berlangsung lambat dan penggunaan wastegates dengan kapasitas terlalu besar dapat meningkatkan boost lag dan menurunkan performa mesin. Wastegates dapat disetel sesuai dengan kemampuan turbocharger.

### 3. Relief Valve



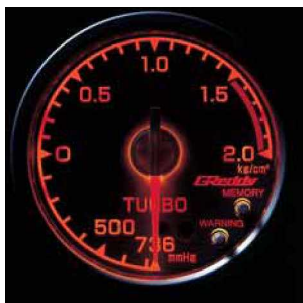
Relief valve dapat digunakan sebagai komponen pengaman tekanan udara ganda (secondary boost safety device). Dengan menyetel baut dapat mengontrol titik pembuangan tekanan udara (dari 0,8 kg/mm<sup>2</sup> hingga 2,0 kg/mm<sup>2</sup>). Melindungi intake manifold dan mesin dari tekanan udara tiba-tiba dan overboosting.

### 4. Tachometer



menampilkan putaran mesin per menit sebagai indikator untuk pengemudi. Dengan memperhatikan kecepatan putaran mesin, pengemudi dapat segera mematikan mesin saat mesin bekerja berlebihan. Tachometer juga dapat meyakinkan bahwa turbocharger dan mesin bekerja dengan selaras.

### 5. Boost Gauge



Menunjukkan besarnya tekanan udara yang dihasilkan turbocharger dalam psi atau bar. Selama turbocharger dan mesin bekerja bersama-sama, besarnya tekanan udara yang masuk ke dalam mesin sangat perlu diperhatikan, besarnya harus selalu tetap dalam kapasitas yang di ijinan (jangan sampai melebihi batas spesifikasi atau overboost).

## 6. Turbo Timer



Turbin turbocharger berputar hingga 150.000 rpm, untuk itu dibutuhkan pelumasan yang sangat baik pada shaft turbin turbocharger. Jika mesin dengan turbocharger tiba-tiba dimatikan

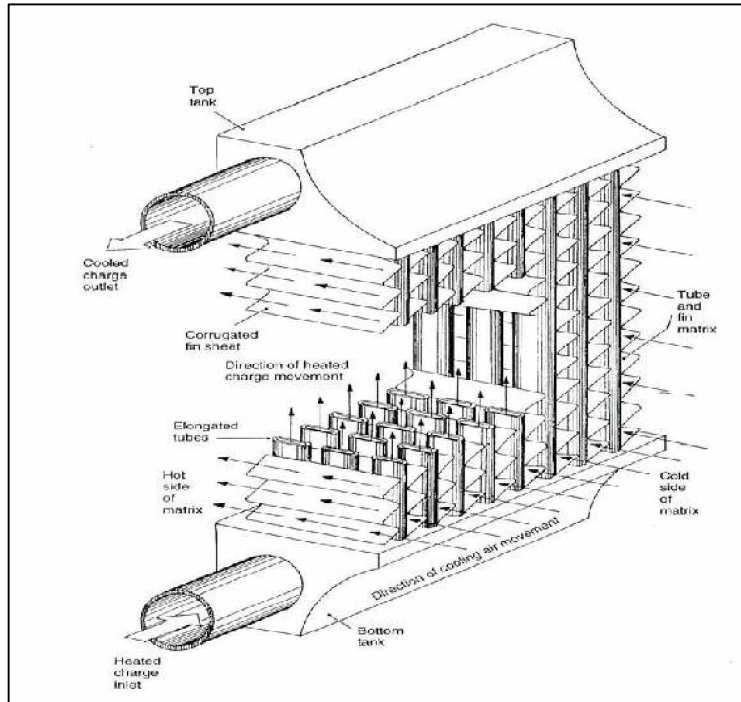
maka turbin tidak dapat berhenti berputar dengan seketika karena gaya sentrifugal yang dihasilkan. Jika mesin berhenti berputar, berhenti juga suplai oli pada poros turbin, apa jadinya jika turbin yang masih berputar 150.000 rpm bekerja tanpa pelumas. Untuk mencegah hal tersebut maka bagi pemilik kendaraan yang dilengkapi dengan turbo hendaknya membiarkan mesin berputar stationer selama 30 detik sebelum mesin dimatikan agar turbocharger tidak berputar terlalu cepat. Kebanyakan pemilik kendaraan enggan untuk menunggu selama 30 detik sebelum mesin dimatikan, untuk itulah dibuat turbo timer. Gunanya untuk menyalakan mesin selama waktu yang ditentukan (30 – 60 detik) setelah kunci kontak off untuk mencegah kerusakan akibat kurangnya pelumasan pada komponen turbocharger.

## Intercooler

Intercooler merupakan suatu alat yang berfungsi untuk melepas kalor. Intercooler biasanya dipakai untuk mendinginkan udara keluaran dari supercharger atau turbocharger. Temperatur udara keluaran turbocharger diatas 120°C, tergantung dari tekanan (boost) yang dihasilkan maka dari itu temperatur udara yang sangat tinggi sudah pasti memiliki kerapatan yang sangat rendah sehingga pembakaran yang terjadi didalam silinder kekurangan oksigen sehingga menyebabkan kemampuan unjuk kerja motor menurun. Dari sinilah muncul pemikiran untuk membuat kerapatan udara yang masuk kedalam silinder bertambah supaya kandungan oksigennya kaya. Maka dari itu pada motor bakar yang dilengkapi supercharger atau turbocharger harus disertai dengan penambahan intercooler.

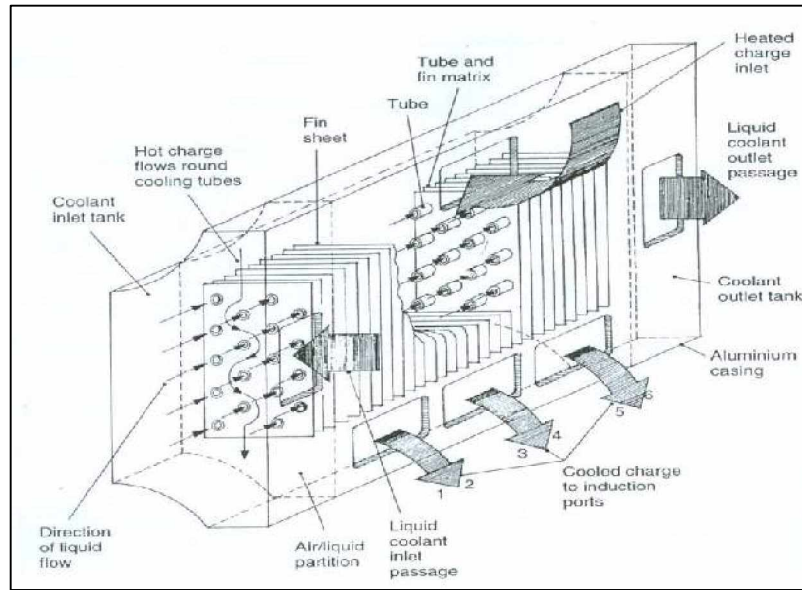
Ditinjau dari pendinginannya intercooler dibagi 2 macam yaitu intercooler berpendingin udara (air to air intercooler) dan intercooler berpendingin air (air to liquid intercooler)

a) Intercooler berpendingin udara (air to air intercooler)



Pendinginan intercooler umumnya menggunakan udara bebas yang mengalir melalui fin-fin intercooler akibat mobil berjalan. Ada juga yang berpendingin udara yang dihasilkan oleh kipas pendingin yang dihembuskan ke permukaan intercooler sehingga angin tersebut melewati fin-fin intercooler. Ada juga yang pendinginannya dengan media udara dan cairan (semprot air), ada juga yang cairan saja. Penurunan temperatur keluaran intercooler dengan pendinginan udara sekitar 15%-25%, dengan media udara dan semprotan air sekitar 20%-35%. Dan yang paling extreme yang sering dilakukan pada mobil-mobil balap (Drag race) pendinginan intercooler dengan menyemprotkan air dingin pada permukaan intercooler sehingga temperatur keluarannya diharapkan sekitar 24-27°C (dari temperatur awal 120°C).

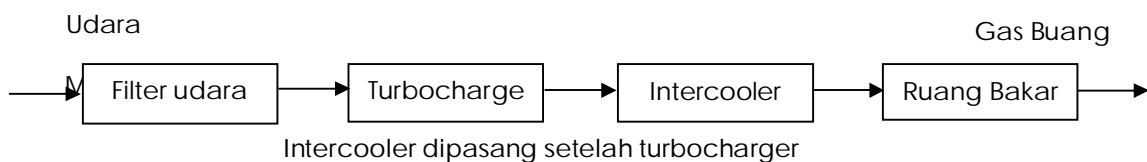
b) Intercooler berpendingin air (air to liquid intercooler)



Intercooler dengan media pendinginan cairan (air to liquid intercooler), cairan yang digunakan yaitu cairan pendingin yang biasa dipakai untuk cairan pendingin radiator mobil (coolant). Karena cairan pendingin mempunyai titik didih lebih tinggi dari pada titik didih air (diatas 100°C) sehingga lebih baik untuk meredam panas. Prinsip kerjanya sederhana, cairan pendingin disirkulasikan oleh pompa sehingga cairan pendingin bersirkulasi melalui pipa-pipa pendingin yang sisi luarnya merupakan udara yang didinginkan.

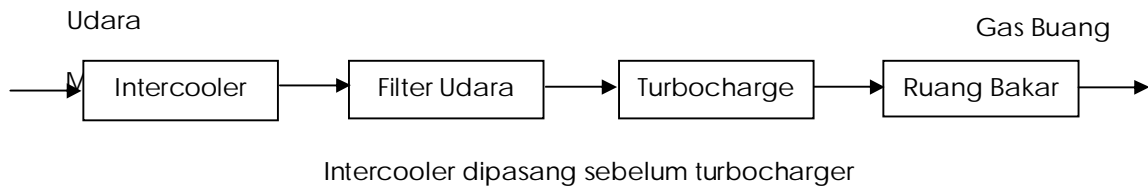
### Intercooler sistem

Penempatan intercooler biasanya berada didepan radiator dimana diupayakan penampang intercooler memperoleh hembusan udara dari luar sebanyak-banyaknya dengan tujuan supaya memperoleh pendinginan yang lebih maksimal. Intercooler umumnya dipasang setelah turbocharger seperti skema dibawah ini:



Dan tidak sedikit dari para mekanik memasang intercooler sebelum turbocharger. Menurut mereka jika tekanan (boost) yang dihasilkan turbocharger diatas 0,5 bar pemasangan intercooler sebaiknya dipasang setelah turbocharger, akan tetapi jika tekanan yang dihasilkan kurang dari 0,5 bar sebaiknya dipasang sebelum turbocharger.

Intercooler yang dipasang sebelum turbocharger ditunjukkan dengan skema dibawah ini



## Perubahan Konstruksi Mesin Diesel Untuk Pemasangan Turbocharger

Jika turbocharger hendak dipasang pada sebuah unit mesin diesel maka ada beberapa perubahan yang perlu diperhatikan yaitu:

### 1. Katup Overlap

Dalam keadaan normal katup overlap pada mesin 4 langkah terjadi pada waktu  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$ . Akan tetapi pada mesin yang dilengkapi turbocharger, maka waktu katup overlap ini ditingkatkan menjadi  $130^{\circ}$ - $160^{\circ}$ , dimana selama periode ini kedua katup terbuka sehingga udara yang berasal dari turbocharger secara efektif dapat membersihkan ruang bakar dari gas-gas bekas. Juga keadaan ini dapat memberikan efek pendinginan terutama pada pipa-pipa dan katup buang.

### 2. Peningkatan Volume Clearance

Pembesaran ruang bakar (peningkatan volume clearance) dibutuhkan untuk menjaga rasio kompresi dan tekanan maksimum (pembakaran) agar tetap berada pada batas-batas seperti pada mesin tanpa turbocharger

### 3. Perubahan Pompa Injector

Karena tekanan dalam silinder yang relative lebih tinggi dibandingkan mesin standart, maka pompa injector harus diganti dengan pompa yang lebih tinggi tekanannya agar mampu menyemprotkan bahan bakar kedalam ruang bakar. Disamping itu dengan peningkatan kemampuan pompa maka bahan bakar dapat lebih banyak disemprotkan jika diinginkan campuran yang kaya, karena udara yang menunggu di dalam ruang silinder sudah lebih padat sehingga jika proses pembakaran dilakukan maka daya output yang dihasilkan akan lebih besar.

### 4. Sistem Pengaturan Udara Yang Masuk Pada Silinder

Karena mesin-mesin kompresi tinggi sangat sensitive terhadap perubahan air-fuel ratio, maka jumlah udara yang disuplai turbocharger harus diatur agar air-fuel rasionya tetap cocok dengan beban dan kecepatan mesin serta temperatur atmosfer. Mesin-mesin besar biasanya memiliki sistem control automatic untuk proses pengontrolan ini. Metode pengaturan udara yang masuk ke dalam silinder ini dapat dilakukan dengan cara menempatkan katup pada saluran buang silinder, sehingga gas buang yang memasuki turbin terkontrol ataupun dengan menempatkan katup pada saluran masuk silinder sehingga udara atmosfer yang langsung dikontrol.

## Troubleshooting

### 1. Mesin mengeluarkan asap hitam/tenaga lemah

- Periksa saringan udara, saringan udara yang kotor akan menghambat udara yang dihisap oleh turbocharger
- Periksa kebocoran udara pada saluran masuk kompressor turbocharger
- Periksa untuk melihat apakah rotor turbocharger dapat berputar bebas, kotoran dapat menghambat aliran udara
- Wastegates tidak bisa menutup

## 2. Mesin mengeluarkan asap putih/kebocoran oli

- Periksa kondisi ring dan valve guide
- Beberapa kebocoran saat idle merupakan hal yang normal, saringan udara yang kotor dan blow by gas yang berlebihan dapat menyebabkan kebocoran seal oli
- Baut pelumasan turbocharger macet
- Gesekan pada permukaan rumah turbocharger dapat menyebabkan rusaknya seal yang mengakibatkan kebocoran oli

## 3. Suara Berisik

- Gesekan antara turbin dengan permukaan rumah turbocharger atau objek lain yang masuk ke dalam turbocharger dapat menyebabkan suara berisik

## 4. Kerusakan Disebabkan Oleh Objek Lain Yang Masuk Pada turbocharger

- Benda keras akan menyebabkan sudu-sudu turbin patah
- Benda lunak seperti potongan karet akan menyebabkan sudu-sudu turbin bengkok
- Abrasi akan menyebabkan permukaan sudu-sudu turbin terkikis



## 5. Kerusakan Pada Sistem Pelumasan

- Dapat disebabkan oleh material yang bersifat abrasif
- Benda asing yang masuk ke dalam turbocharger
- Oli yang tercampur oleh bahan bakar
- Mesin kekurangan oli
- Pompa oli macet atau saringan oli tersumbat





## 6. Temperatur Yang Terlalu Panas

- Kerusakan fuel injection atau masukan udara yang terbatas dapat menyebabkan turbocharger mengalami overheat
- Asap hitam berarti temperatur tinggi
- Rumah turbin melengkung



## 7. Knocking Atau Detonasi

- Wastegates membantu mengurangi knocking dengan memonitor besarnya tekanan pada turbin
- Saat tekanan terlalu tinggi, wastegate mengeluarkan kelebihan gas pembuangan mesin untuk memperlambat putaran turbin
- Intercooler dapat mencegah knocking dengan menjaga temperatur tekanan udara tetap rendah

## Perawatan dan Pencegahan

1. Jalankan mesin pada putaran stationer atau tanpa beban selama beberapa waktu sebelum mematikan mesin untuk mencegah kerusakan pada turbin dan poros macet akibat kekurangan pelumasan
2. Bersihkan saringan udara secara teratur dan pastikan oli mesin selalu dalam keadaan baik untuk membuat turbocharger lebih awet

## DAFTAR PUSTAKA

- DeLeon, Christopher. Tanpa tahun. *Turbocharger and how it works*.
- Gredy. 2007. Total Tune-Up: Performance Part, (Online), (<http://gredy.com>, diakses 4 Juni 2008)
- Kubota. Tanpa tahun. *Air Intake and Exhaust*.
- Mahadi. 2007. *Efek Penggunaan Supercharger terhadap Unjuk Kerja dan Konstruksi pada Sebuah Mesin Diesel*. Medan: USU Repository
- Swasono, Taqwa Suryo. Mei 2003. "Penambah Tenaga". *Rally XS*.