

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Turbocharger

Menurut (Zainal Arifin, 2013) turbocharger merupakan sebuah bagian dari mesin induk yang berfungsi untuk menambah jumlah udara yang masuk kedalam silinder dengan memanfaatkan energi gas buang.

Turbocharger merupakan peralatan untuk mengubah sistem pemasukan udara secara alami dengan sistem paksa. Kalau sebelumnya pemasukan udara mengandalkan kevakuman yang dibentuk karena gerakan piston pada langkah hisap, maka dengan turbocharger udara ditekan masuk kedalam silinder menggunakan *blower* yang diputar oleh turbin gas buang.

Sistem pemasukan udara yang menggunakan turbocharger ini sangat menguntungkan bagi mesin diesel karena akan menambahkan jumlah volume udara bilas sehingga meningkatkan tekanan kompresi dan suhu yang akan memperpendek *ignition delay* sehingga seluruh bahan bakar yang disemprotkan dalam bentuk kabut oleh *injector* akan terbakar seluruhnya yang akan menyebabkan terjadinya pembakaran secara sempurna didalam ruang silinder, hal ini akan meningkatkan daya dari motor diesel.

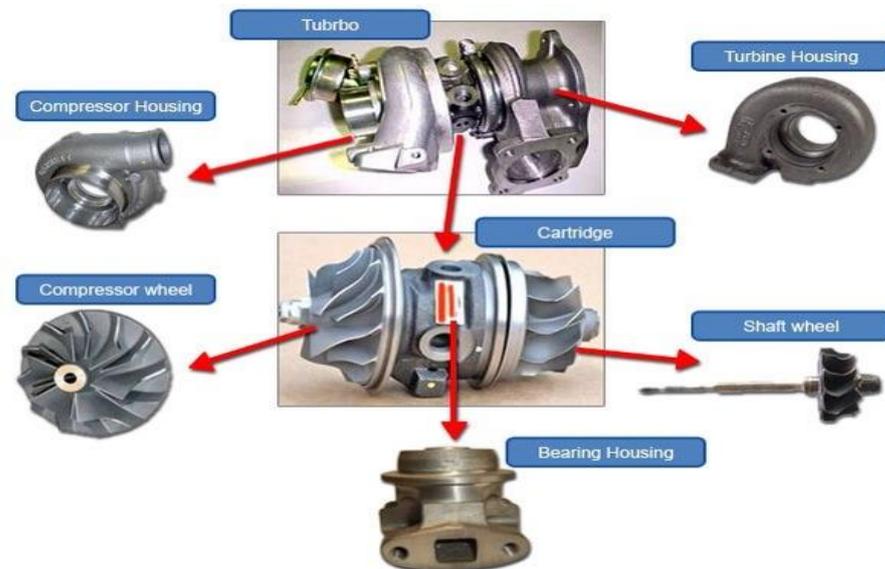
Jumlah oksigen yang ada di dalam silinder saat terjadi proses pembakaran akan menentukan efisiensi pembakaran. Semakin banyak akan semakin sedikit jumlah bahan bakar yang tidak terbakar karena tidak mendapatkan oksigen, sehingga efisiensi pembakaran meningkat atau jumlah kalor hasil pembakaran akan lebih banyak. Hasilnya tentu tenaga motor akan bertambah. Di samping itu, jumlah oksigen yang bertambah akan meningkatkan temperatur proses kompresi, hasil ini akan memperpendek *ignition delay* dan proses pembakaran akan semakin baik.

Hasil lain dengan penambahan jumlah oksigen adalah bertambahnya tekanan di akhir langkah kompresi, hal ini akan menambah semakin

tingginya puncak tekanan akhir pembakaran. Dampak tekanan akhir pembakaran yang lebih tinggi adalah tenaga motor akan meningkat.

Berdasarkan rasional tersebut, berarti dengan menambah jumlah udara akan meningkatkan daya motor diesel. Oleh karena itu, berkembanglah teknologi motor diesel dengan perlengkapan tambahan, yang disebut dengan turbocharger. Turbocharger adalah sebuah perlengkapan untuk menambah jumlah udara ke dalam silinder dengan memanfaatkan energi gas buang. Dalam perkembangan selanjutnya muncul teknologi turbocharger *intercooler*.

2.2. Konstruksi Turbocharger Dan Komponennya



Gambar 1 konstruksi Turbocharger
(<http://artikel-teknologi.com/komponen-komponen-turbocharger> 22-10-2018)

Berdasarkan prinsip kerja tersebut, turbocharger tersusun atas beberapa komponen utama yaitu turbin, kompresor, dan sistem *shaft*. Namun selain itu, sebuah sistem turbocharger juga dilengkapi dengan berbagai komponen pendukung berikut komponen-komponen pendukungnya:

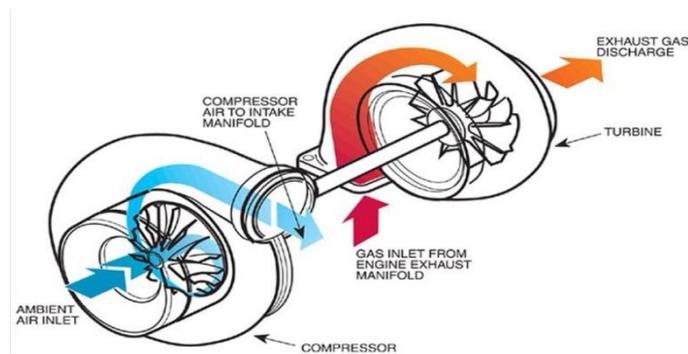
1. Turbin



Gambar 2 Turbin Pada Turbocharger
(turborebuild.co.uk 22-10-2018)

Turbin adalah sebuah komponen mekanik yang berfungsi untuk mengkonversikan turbin selalu melibatkan fluida yang mengandung energi panas yang mengalir melewati sudu-sudu turbin. Setiap sudu turbin berdesain membentuk *nozzle-nozzle* sehingga disaat fluida melewatinya, fluida akan terekspansi 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. Gas buang ini masih menyimpan cadangan energi berbentuk panas dan tekanan yang masih cukup bermanfaat.

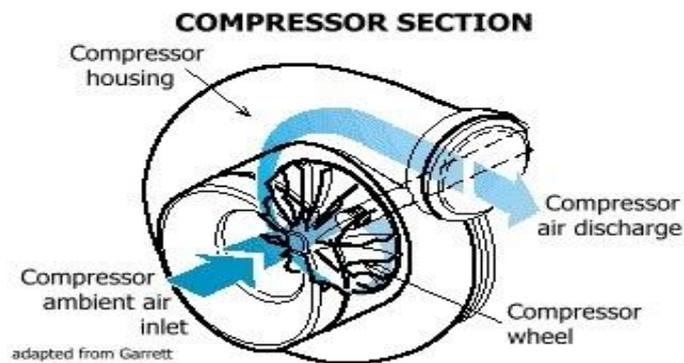


Gambar 3 Aliran Fluida Pada Turbocharger
(<http://artikel-teknologi.com/komponen-komponen-turbocharger> 22-10-2018)

Turbin pada turbocharger tersusun atas rotor dan casing. Turbin ini biasa bertipe sentrifugal dengan casing berbentuk *volute* mirip seperti casing pompa sentrifugal. Gas buang masuk melalui sisi casing, mengalir

mengikuti bentuk "keong" dan masuk ke sudu melalui tepi rotor. Selanjutnya gas buang mengalir mengikuti bentuk sudu turbin sekaligus mengalami proses penyerapan energi panas dan tekanan menjadi putaran sudu, dan berakhir ke sisi tengah rotor untuk keluar ke sisi *exhaust*.

2. Kompresor

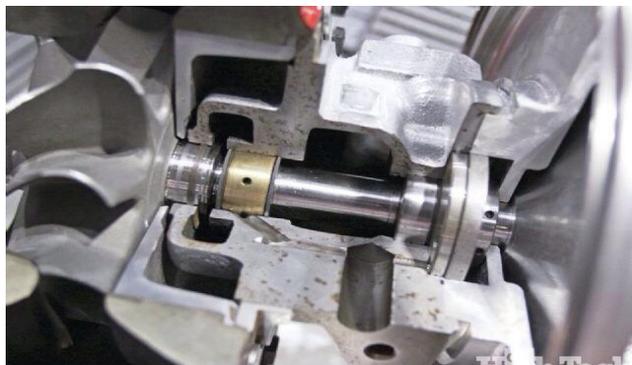


Gambar 4 Kompresor Pada Turbocharger

(<http://artikel-teknologi.com/komponen-komponenturbocharger> 22-10-2018)

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.

3. Center Housing & Rotating Assembly (CHRA)



Gambar 5 Sistem Center Housing & Rotating Assembly

(<http://artikel-teknologi.com/komponen-komponen-turbocharger> 22-10-2018)

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 turbocharger juga berpusat pada CHRA.

Putaran poros turbocharger dapat mencapai 100.000 rpm. Dengan putaran secepat itu, dibutuhkan *bearing* dengan kualitas baik. *Thrust bearing* 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 *lifetime* turbocharger menjadi lebih baik.

CHRA juga menjadi tempat sirkulasi sistem pelumasan oli dan pendinginan. Turbocharger bekerja pada temperatur yang sangat tinggi. Turbin menggunakan gas buang motor bakar yang bertemperatur tinggi, kompresor akan menghasilkan udara terkompresi yang juga bertemperatur tinggi. Maka untuk menunjang keawetan bearing maka dibutuhkan sistem pelumasan dan pendinginan yang baik.

4. Intercooler



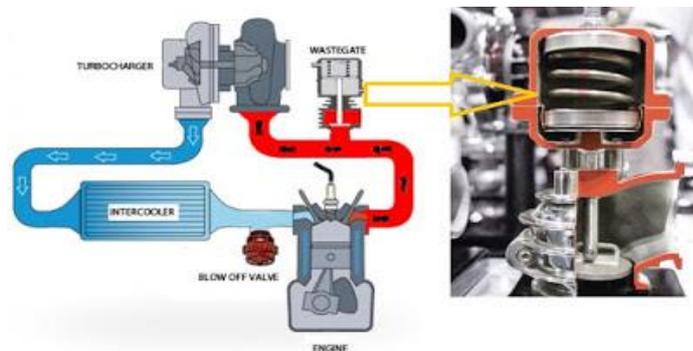
Gambar 6 *Intercooler* Turbocharger

(<http://artikel-teknologi.com/komponen-komponen-turbocharger> 22-10-2018)

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

Intercooler merupakan sebuah *heat exchanger* yang umumnya menggunakan udara atmosfer sebagai media *cooler*. Udara terkompresi masuk ke sisi tubing kecil yang tersusun atas plat-plat tipis aluminium mirip konstruksi radiator. Udara atmosfer mengalir dengan bantuan kipas melewati sela-sela tubing dan menyerap panas udara terkompresi melalui permukaan *tubing*.

5. Wastegates



Gambar 7 Wastegates Pada Turbocharger
(<http://artikel-teknologi.com/komponen-komponen-turbocharger> 22-10-2018)

Sebuah mesin kendaraan bermotor selalu bekerja pada rentang rpm putaran mesin yang bervariasi. Berbagai variasi rpm tersebut tentu saja 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, maka hal ini dapat menyebabkan *overheating* 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 di atas. Komponen ini berfungsi sebagai *bypass valve* untuk membuang gas buang motor bakar pada kondisi tertentu untuk tidak masuk ke dalam 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.

6. *Blow-Off Valve*



Gambar 8 *Blow-Off Valve*

(<http://artikel-teknologi.com/komponen-komponen-turbocharger> 22-10-2018)

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

keluar kompresor turbocharger terlalu besar. Pada saat sopir sebuah mobil ber-turbocharger mengurangi tekanan pedal akselerasi, 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 *surgings/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 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.

7. Saluran Pipa



Gambar 9 Saluran Pipa Turbocharger
(<http://artikel-teknologi.com/komponen-komponen-turbocharger> 22-10-2018)

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.

2.3. Prinsip Kerja Turbocharger



Gambar 10 Prinsip Kerja Turbocharger

(<http://artikel-teknologi.com/komponen-komponen-turbocharger> 22-10-2018)

Prinsip kerja turbocharger adalah saat motor diesel dihidupkan, gas buang mengalir keluar melalui *exhaust manifold* dan turbin gas sebelum ke udara luar. Gas buang memutar turbin dan sekaligus melalui poros penghubung memutar kompresor. Dengan demikian kompresor menghisap udara luar lewat saringan udara dan menekannya ke *intake manifold*. peningkatan tekanan udara dalam *intake manifold* akan di ikuti oleh kenaikan temperaturnya, sehingga untuk menambah jumlah (volume) udara yang masuk, dilakukan penurunan temperatur udara. Penurunan temperatur akan di ikuti oleh turunnya tekanan, sehingga kompresor dapat menambah jumlah udara yang masuk kedalam silinder.

2.4. Keuntungan dan Kerugian Penggunaan Turbocharger

1. Keuntungan Bila Menggunakan Turbocharger

Berikut ini adalah beberapa keuntungan dari turbocharger :

a. Peningkatan kekuatan untuk rasio berat

Dengan pemasangan turbocharger dapat melipat gandakan tenaga dari suatu mesin penggerak utama, karena menghasilkan tekanan udara masuk yang lebih besar akan memberikan keuntungan yang signifikan pada mesin-mesin diesel yang menggunakan turbocharger.

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.

c. Bahan Bakar Ekonomis

Turbocharger lebih ekonomis karena energi yang digunakan adalah energi yang sudah dikonsumsi atau di daur ulang. energi yang dihasilkan oleh mesin itu sendiri, memanfaatkannya untuk menjadikan tenaga mesin tersebut lebih besar dengan menciptakan friksi sebagai dampaknya. Mesin dengan turbocharger menjadikan penggunaan bahan bakar yang lebih hemat.

d. Lebih ramah lingkungan

Karena turbocharger mengirimkan lebih banyak udara ke silinder atau ruang bakar, maka pembakaran bahan bakar berlangsung lebih mudah dan lebih bersih. Mesin-mesin diesel modern dengan turbocharger menghasilkan emisi NO_x dan CO₂ yang lebih rendah 50%. Menghasilkan daya yang lebih besar Turbocharger akan membuat tekanan ke silinder sehingga campuran udara dan bahan bakar akan lebih homogen dan lebih cepat terbakar. Turbocharger memberikan torsi yang lebih besar, sehingga performa mesin menjadi lebih baik dan memberikan kelebihan dalam menggunakan mesin diesel.

- 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*).

- f. Sebuah turbocharger tak ada hubungan mekanis secara langsung antara turbocharger dan mesin.

2. Kerugian Bila Menggunakan Turbocharger.

Berikut ini adalah beberapa kerugian dari turbocharger :

- a. Bila turbocharger mengalami gangguan maka dapat berpengaruh terhadap daya mesin.
- b. Minyak pelumas lebih boros karena digunakan juga untuk melumasi komponen-komponen yang terdapat pada turbocharger.
- c. Menambah pekerjaan bagi operator mesin, karena harus terus memperhatikan kerja dari turbocharger .
- d. Mesin membutuhkan kualitas minyak tinggi dan perubahan minyak lebih sering, karena mengalami kondisi kerja yang lebih keras harus melumasi bantalan dari turbin dan kompresor sering pada suhu yang sangat tinggi.
- e. Mesin dengan turbocharger memerlukan bahan yang lebih baik dan pelumasan serta sistem pendinginan yang lebih efisien.