

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

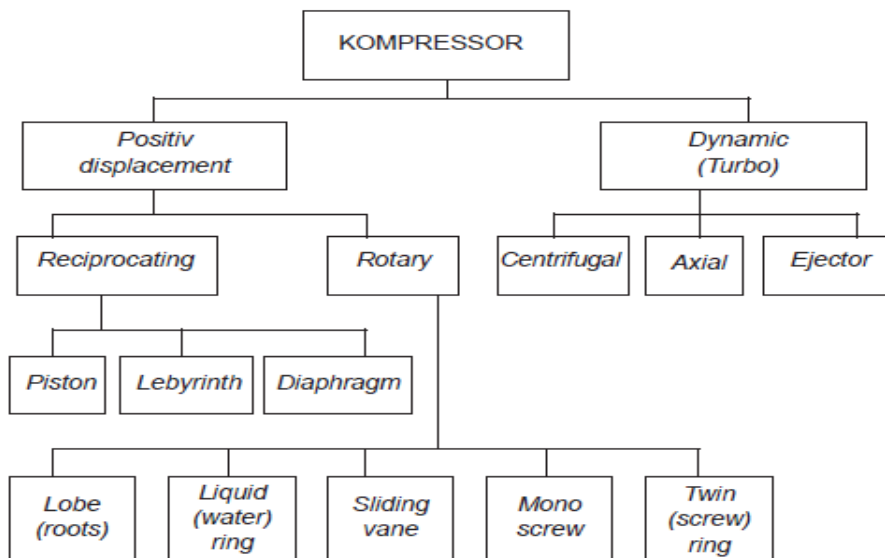
2.1 Kompresor

Kompresor udara ialah salah satu pesawat bantu di atas kapal atau dapat juga diartikan kompresor udara adalah suatu alat untuk menghisap dan mengumpulkan udara kemudian menyimpannya di dalam sebuah tabung yang mana udara tersebut di gunakan untuk penunjang pengoperasian di kapal.

Kompresor udara itu sendiri banyak di gunakan untuk layanan atau penunjang di atas kapal seperti untuk *start* mesin induk, *generator*, untuk membunyikan *horn alarm* peringatan di kamar mesin maupun *horn* kapal saat *passing* atau berpapasan dengan kapal lain dan untuk lain sebagainya. Adapun jenis-jenis kompresor di bedakan menjadi 3 jenis yaitu kompresor piston (Reciprocating Compressor), kompresor putar (Rotary Compressor) dan kompresor aksial.

2.2 Klasifikasi Kompresor

Secara garis besar kompresor dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian, yaitu *Positive Displacement compressor*, dan *Dynamic compressor*, (Turbo), *Positive Displacement compressor*, terdiri dari *Reciprocating* dan *Rotary*, sedangkan *Dynamic compressor*, (*turbo*) terdiri dari *Centrifugal*, *axial* dan *ejector*, secara lengkap macam dan jenis kompresor dapat dilihat dari klasifikasi di bawah ini:

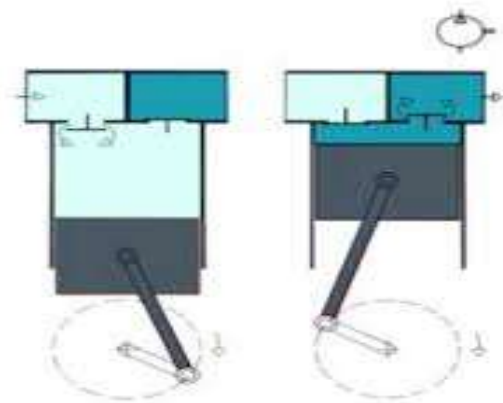


Gambar 1 klasifikasi kompresor

a. Kompresor Torak Resiprokal (*reciprocating compressor*)

Kompresor ini dikenal juga dengan kompresor torak, karena dilengkapi dengan torak yang bekerja bolak-balik atau gerak resiprokal. Pemasukan udara diatur oleh katup masuk dan dihisap oleh torak yang gerakannya menjauhi katup. Pada saat terjadi pengisapan, tekanan udara di dalam silinder mengecil, sehingga udara luar akan masuk ke dalam silinder secara alami.

Pada saat gerak kompresi torak bergerak ke titik mati bawah ke titik mati atas, sehingga udara di atas torak bertekanan tinggi selanjutnya di masukan ke dalam tabung penyimpanan udara, tabung penyimpanan di lengkapi dengan katup satu arah sehingga udara tidak kembali ke silinder. Proses tersebut berlangsung terus-menerus hingga diperoleh tekanan udara yang diperlukan. Gerakan mengisap dan mengkompresi ke tabung penampung ini berlangsung secara terus menerus, pada umumnya bila tekanan dalam tabung telah melebihi kapasitas, maka katup pengaman akan terbuka, atau mesin penggerak akan mati secara otomatis

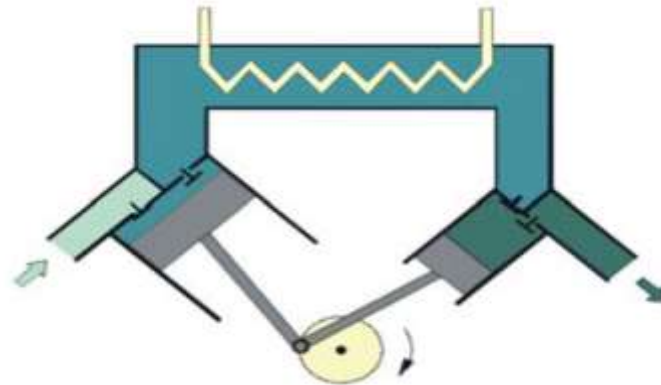


Gambar 2 Kompresor Torak Resiprokal

b. Kompresor Torak Dua Tingkat Sistem Pendingin Udara

Kompresor udara bertingkat digunakan untuk menghasilkan tekanan udara yang lebih tinggi. Udara masuk akan dikompresi oleh torak pertama, kemudian didinginkan, selanjutnya dimasukkan dalam silinder kedua untuk dikompresi oleh torak kedua sampai pada tekanan yang diinginkan. Pemampatan (pengompresian) udara tahap kedua lebih besar, temperature udara akan naik selama terjadi

kompresi, sehingga perlu mengalami proses pendinginan dengan memasang sistem pendingin. Metode pendinginan yang sering digunakan misalnya dengan sistem udara atau dengan sistem air bersirkulasi:

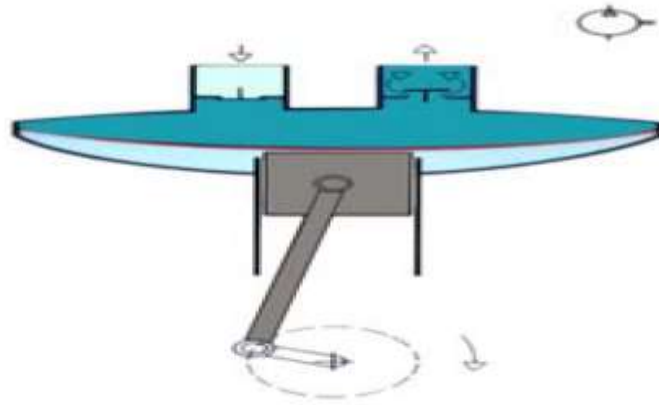


Gambar 3 Kompresor torak dua tingkat system pendingin udara

c. Kompresor Diafragma (*diaphragma compressor*)

Jenis Kompresor ini termasuk dalam kelompok kompresor torak Namun letak torak dipisahkan melalui sebuah membran diafragma. Udara yang masuk dan keluar tidak langsung berhubungan dengan bagian-bagian yang secara resiprok. Adanya pemisahan ruangan ini udara akan lebih terjaga dan bebas dari uap air dan pelumas/oli. Oleh karena itu kompresor diafragma banyak digunakan pada industri bahan makanan, farmasi, obat-obatan dan kimia.

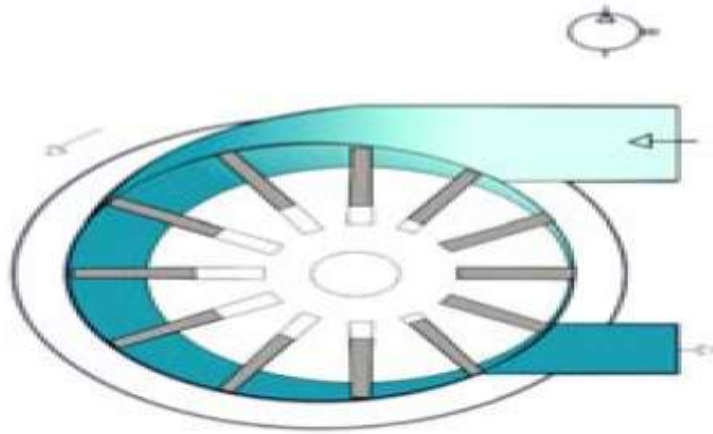
Prinsip kerjanya hampir sama dengan kompresor torak. Perbedaannya terdapat pada sistem kompresi udara yang akan masuk ke dalam tangki penyimpanan udara bertekanan. Torak pada kompresor diafragma tidak secara langsung menghisap dan menekan udara, tetapi menggerakkan sebuah membran (*diafragma*) dulu. Dari gerakan *diafragma* yang kembang-kempis itulah yang akan menghisap dan menekan udara ke tabung penyimpan.



Gambar 4 Kompresor Diafragma

d. Kompresor Putar (*Rotary Compressor*)

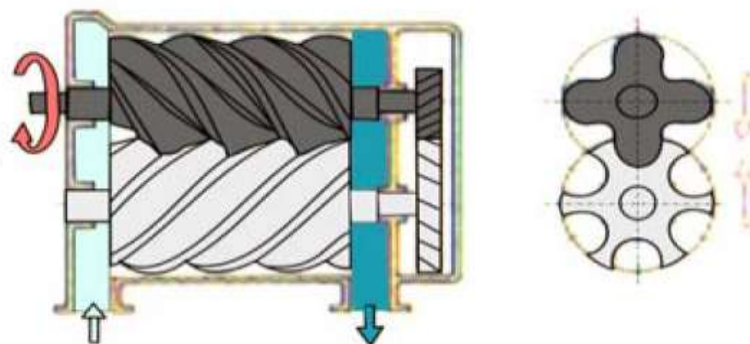
Kompresor Rotari Baling-baling Luncur Secara eksentrik rotor dipasang berputar dalam rumah yang berbentuk silindris, mempunyai lubang-lubang masuk dan keluar. Keuntungan dari kompresor jenis ini adalah mempunyai bentuk yang pendek dan kecil, sehingga menghemat ruangan. Bahkan suaranya tidak berisik dan halus dalam, dapat menghantarkan dan menghasilkan udara secara terus menerus dengan mantap. Baling-baling luncur dimasukkan ke dalam lubang yang tergabung dalam rotor dan ruangan dengan bentuk dinding silindris. Ketika rotor mulai berputar, energi gaya sentrifugal baling-balingnya akan melawandinding. Karena bentuk dari rumah baling-baling itu sendiri yang tidak sepusat dengan rotornya maka ukuran ruangan dapat diperbesar atau diperkecil menurut arah masuknya (mengalirnya) udara.



Gambar 5 Kompresor Rotari Baling-baling

e. Kompresor Sekrup (*Screw*)

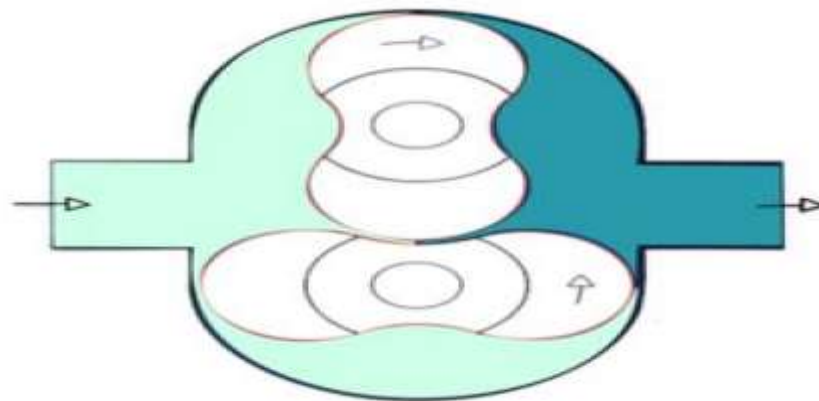
Kompresor Sekrup memiliki dua rotor yang saling berpasangan atau bertautan (*engage*), yang satu mempunyai bentuk cekung, sedangkan lainnya berbentuk cembung, sehingga dapat memindahkan udara secara aksial ke sisi lainnya. Kedua rotor itu identik dengan sepasang roda gigi *helix* yang saling bertautan. Jika roda-roda gigi tersebut berbentuk lurus, maka kompresor ini dapat digunakan sebagai pompa hidrolis pada pesawat pesawat hidrolis. Roda-roda gigi kompresor sekrup harus diletakkan pada rumah-rumah roda gigi dengan benar sehingga betul-betul dapat menghisap dan menekan fluida.



Gambar 6 Kompresor Sekrup

f. Kompresor *Root Blower* (Sayap Kupu-kupu)

Kompresor jenis ini akan mengisap udara luar dari satu sisi ke sisi yang lain tanpa ada perubahan volume. Torak membuat penguncian pada bagian sisi yang bertekanan. Prinsip kompresor ini ternyata dapat disamakan dengan pompa pelumas model kupu-kupu pada sebuah motor bakar. Beberapa kelemahannya adalah tingkat kebocoran yang tinggi. Kebocoran terjadi karena antara baling-baling dan rumahnya tidak dapat saling rapat betul. Berbeda jika dibandingkan dengan pompa pelumas pada motor bakar, karena fluidanya adalah minyak pelumas maka film-film minyak sendiri sudah menjadi bahan perapat antara dinding rumah dan sayap-sayap kupu itu. Dilihat dari konstruksinya, Sayap kupu-kupu di dalam rumah pompa digerakan oleh sepasang roda gigi yang saling bertautan juga, sehingga dapat berputar tepat pada dinding.



Gambar7 Kompresor Model Root Blower

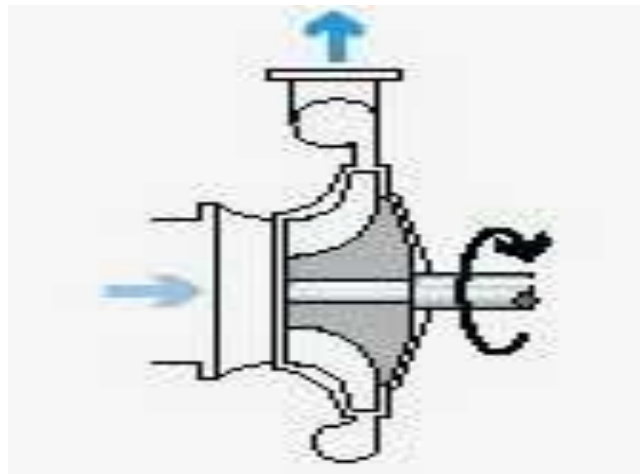
g. Kompresor Aliran (*turbo compressor*)

Jenis kompresor ini cocok untuk menghasilkan volume udara yang besar. Kompresor aliran udara ada yang dibuat dengan arah masuknya udara secara aksial dan ada yang secara radial. Arah aliran udara dapat dirubah dalam satu roda turbin atau lebih untuk menghasilkan kecepatan aliran udara yang diperlukan. Energi kinetik yang ditimbulkan menjadi energi bentuk tekanan.

h. Kompresor Aliran Radial

Percepatan yang ditimbulkan oleh kompresor aliran radial berasal dari ruangan ke ruangan berikutnya secara radial. Pada lubang masuk pertama udara dilemparkan keluar menjauhi sumbu. Bila kompresornya bertingkat, maka dari tingkat pertama udara akan dipantulkan kembali mendekati sumbu. Dari tingkat pertama masuk lagi

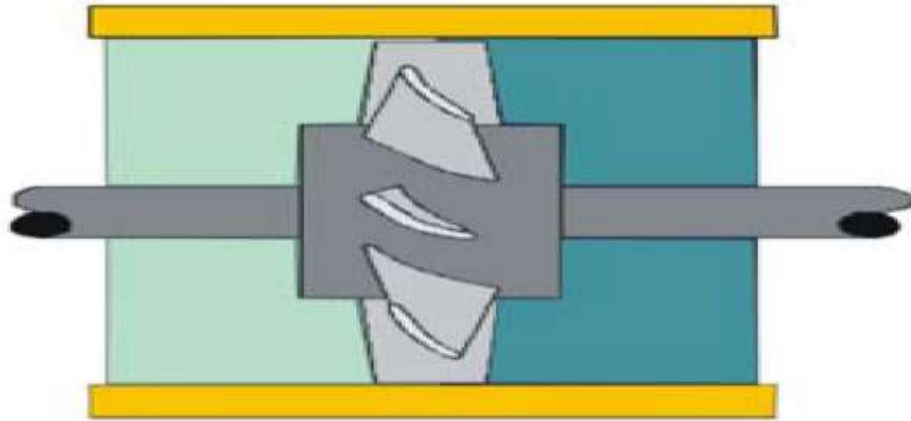
ke tingkat berikutnya, sampai beberapa tingkat sesuai yang dibutuhkan. Semakin banyak tingkat dari susunan sudut-sudut tersebut maka akan semakin tinggi tekanan udara yang dihasilkan. Prinsip kerja kompresor radial akan mengisap udara luar melalui sudu-sudu rotor, udara akan terisap masuk ke dalam ruangan isap lalu dikompresi dan akan ditampung pada tangki penyimpanan udara bertekanan hingga tekanannya sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 8 Kompresor aliran Radial

i. Kompresor Aliran Aksial

Pada kompresor aliran aksial, udara akan mendapatkan percepatan oleh sudu yang terdapat pada rotor dan arah alirannya ke arah aksial yaitu searah (sejajar) dengan sumbu rotor. Jadi pengisapan dan penekanan udara terjadi saat rangkaian sudu-sudu pada rotor itu berputar secara cepat. Putaran cepat ini mutlak diperlukan untuk mendapatkan aliran udara yang mempunyai tekanan yang diinginkan. Teringat pula alat semacam ini adalah seperti kompresor pada sistem turbin gas atau mesin-mesin pesawat terbang turbo propeller. Bedanya, jika pada turbin gas adalah menghasilkan mekanik putar pada porosnya. Tetapi, pada kompresor ini tenaga mekanik dari mesin akan memutar rotor sehingga akan menghasilkan udara bertekanan.

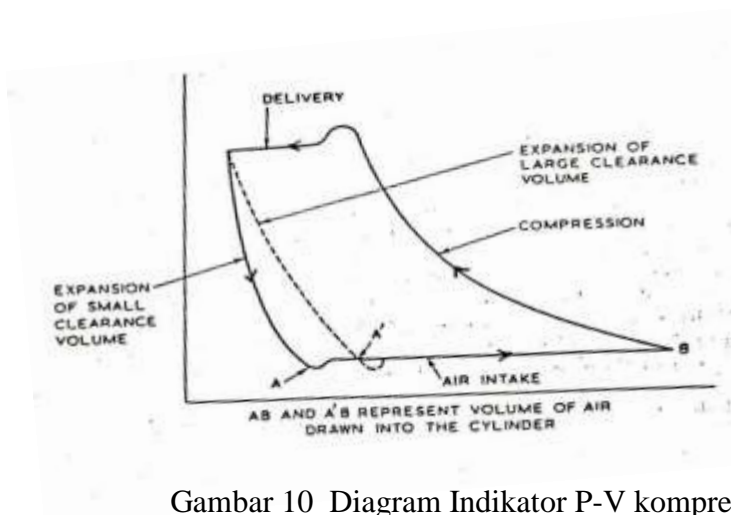


Gambar 9 Kompresor Aliran Aksial

2.3 Prinsip Kerja Kompresor Udara Satu Tingkat Tekanan

Pada langkah isap, udara pada ruang rugi akan mengembang sehingga tekanan jatuh sampai sedikit dibawah tekanan isap dan menyebabkan terbukanya katup isap. Pemasukan udara terjadi pada tekanan kostan kemudian diteruskan ke proses selanjutnya.

Pada langkah kompresi, saat tekanan naik sedikit diatas tekanan-tekanan tekan, katup membuka dan udara keluar dengan tekanan konstan. Pada akhir langkah kompresi tekanan di ruang rugi dan kompresor sama dengan tekanan tekan sehingga karena gaya pegas dan katup, maka katup tekan akan menutup dan mengurung sisa udara yang bertekanan didalam ruang rugi, antara piston dan silinder head. (lihat pada gambar 10)



Gambar 10 Diagram Indikator P-V kompresor

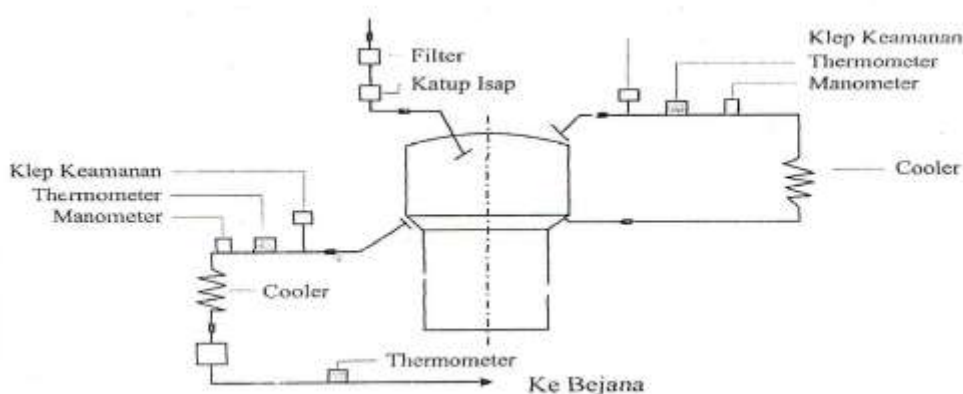
Selama pemampatan, banyak energi diubah menjadi panas mengakibatkan kenaikan suhu udara serta menurunkan rendemen volume metris dan siklus kerja

untuk memperkecil kenaikan suhu, panas harus dipindahkan dari udara. Pemindahan ini sebenarnya sudah ada yaitu di dinding silinder kompresor, tetapi mengingat luas permukaan relative kecil maka sedikit pula pemindahan panas yang terjadi di situ.

Dengan menempatkan cooler khusus untuk mendinginkan udara kerja tercapailah tujuan untuk memperkecil kenaikan suhu yang berarti pula memperkecil penurunan rendemen volumetric. Kebanyakan kompresor-kompresor udara berukuran kecil (7-8 bar) mempergunakan udara sebagai bahan pendingin silinder dan intercooler, dengan membuat dinding luar silinder berbentuk sayap-sayap dan demikian pula pipa-pipa intercoolernya menggunakan pipa sayap-sayap (finned-tube) yang aliran udaranya didapatkan dari kipas yang dipasang pada sambungan poros engkol. Sedangkan kompresor udara ukuran menengah dan besar (25-35 bar), sebagian bahan pendingin dipergunakan air dan dalam kapal kebanyakan dipakai air laut, demikian dengan bahan pendingin untuk intercoolernya.

2.4 Prinsip Kerja Kompresor Udara Dua Tingkat Tekanan

Sketsa sederhana suatu kompresor udara dua tingkat tekanan dengan dua buah cooler dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 11 Kompresor udara dua tingkat tekanan dengan dua cooler atau pegas minyak) dibuat dari besi tuang (cast iron). Dinding calter (crankcase) yang dibangun juga sebagai penahan poros engkol melalui metal-metal duduknya, dibuat dari bahan tuang yang kokoh Katup isap dan katup tekan yang terbuat dari jenis "ring plate valve" ditempatkan dalam saluran silinder headnya masing –masing (lihat pada gambar 12) filter udara ditempatkan pada permukaan udara masuk.



Gambar 12 Katup isap dan katup tekan

Adapun penjelasan tentang kompresor dengan dua tingkat tekanan di bagi menjadi 2 yaitu Tingkat tekanan rendah dan tingkat tekanan tinggi sebagai berikut:

1. Tingkat tekanan rendah

Udara dari luar dihisap melalui suction filter disaring agar kotoran- kotoranyang ikut terbawa atau udara luar tidak ikut kedalam komponen, selanjutnyapiston bergerak mengisap dan menekan. Proses berawal ketika pistonbergerak turun kebawah sehingga terjadi langkah isap dan katup isap terbuka jika tekanan didalam silinder lebih kecil dari tekanan udara luar sehingga udara masuk kedalam silinder dan katup tekan tertutup. Selanjutnya pada piston bergerak keatas terjadi langkah tekan (rendah) dengan katup tekan terbuka jika tekanan didalam silinder lebih besar dari tekanan katup tersebut, dan katup isap tertutup. Setelah mengalami pemampatan dalam silinder, udara akan panas. Oleh sebab itu setelah mengalami tingkat tekanan rendah yang pertama ditekan menuju piston yang kedua setelah terlebih dahulu didinginkan dalam cooler tingkat tekanan rendah yang pertama agar udara tidak panas yang merugikan untuk proses penekanan.

2. Tingkat Tekanan Tinggi

Selanjutnya piston kedua bekerja seperti proses yang pertama, akan tetapi disini yang membedakan adalah tekanan udara didalam silinder lebih besar dari tekanan yang pertama dan ukuran diameter piston lebih kecil, hal ini di maksudkan untuk mendapatkan tingkat tekanan yang lebih tinggi sehingga katup tekan tinggi terbuka karena kita tahu bahwa volume yang sama besar (udara) ditekan pada ruang yang lebih kecil akan menghasilkan tekanan yang lebih besar. Setelah mengalami tekanan pada tingkat kedua udara mendapatkan pendinginan pada cooler.Pendinginan pada tingkat kedua ini dimaksudkan agar udara yang masuk kedalam tabung (bejana) tidak mengalami pemuaiian yang berlebihan, proses ini

berjalan secara berulang-ulang sehingga udara bertekanan bisa di produksi dari kompresor ini.

2.5 Hubungan Antara Tekanan Dan Kompresi.

Jika sebuah alat penyuntik tanpa jarum dan berisi udara atau gas ditutup ujungnya dengan jari telunjuk dan tangkainya didorong dengan ibu jari maka pada jari telunjuk akan terasa adanya tekanan yang bertambah besar. (hal yang sama juga dapat dilakukan dengan pompa sepeda). Bertambahnya tekanan tersebut adalah merupakan akibat dari mengecilnya volume semakin dikecilkan, tekanan akan semakin besar. (Dr.Ing Thomas Krist)

Hubungan antara tekanan dan volume gas dalam proses kompresi tersebut dapat diuraikan sebagai berikut, jika selama kompresi temperature gas juga tetap (tidak bertambah panas) maka pengecilan volume menjadi $\frac{1}{2}$ kali akan menaikkan tekanan menjadi 2 kali lipat. Demikian pula jika volume menjadi $\frac{1}{3}$ kali, tekanan menjadi 3 kali lipat, dan seterusnya. Jadi secara umum dapat dikatakan sebagai berikut "jika gas dikompresikan pada temperature tetap, maka tekanannya akan berbanding terbalik dengan volumenya.(Hukum Boyle).

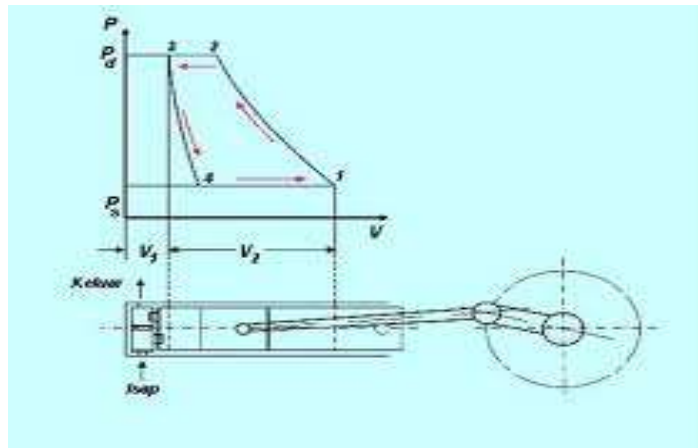
1. Proses kompresi gas

Kompresi gas dapat dilakukan menurut tiga cara, yaitu dengan proses isothermal, adiabatic dan politropik. adapun perilaku masing-masing proses dapat diuraikan sebagai berikut :

a. Kompresi isothermal

Bila suatu gas di kompresikan, maka ini berarti ada energi mekanik yang di berikan dari luar gas. Energi ini diubah menjadi energi panas sehingga temperature gas akan naik jika tekanan semakin tinggi. Namun jika proses kompresi di ikuti dengan pendinginan untuk mengeluarkan panas yang terjadi, temperatur dapat dijaga tetap. Kompresi ini disebut kompresi isothermal (temperature tetap). Kompresi isothermal merupakan suatu proses yang berguna dalam analisa teoritis, namun untuk perhitungan kompresor tidak banyak kegunaannya. Pada kompresor yang sesungguhnya, meskipun silinder didinginkan sepenuhnya adalah tidak mungkin untuk menjaga temperature udara yang tetap dalam silinder. Hal ini disebabkan oleh cepatnya proses kompresi (beberapa ratus sampai seribu kali permenit) didalam silinder. Adapun

contoh proses kompresi bila digambarkan dengan menggunakan Diagram PV
bias dilihat sebagai berikut ;



Gambar 13 Diagram P-V

Keterangan:

PV = tetap atau $P_1 V_1 = P_2 V_2$ tetap

Dimana :

P = tekanan relatif

V = volume spesipik

b. Kompresi adiabatik

Jika silinder diisolasi secara sempurna terhadap panas yang keluar dari gas atau masuk kedalam gas. Proses ini disebut sebagai adiabatik. Dalam praktek, proses adiabatik tidak pernah terjadi secara sempurna karenan isolasi terhadap silinder tidak pernah terjadi secara sempurna karena isolasi terhadap silinder tidak pernah terjadi secara sempurna pula. Namun proses adiabatik sering dipakai dalam kajian teoritis proses kompresi , sehingga kompresi adiabatik akan menghasilkan tekanan yang lebih tinggi dari pada proses isothermal. Sebagai contoh, jika volume diperkecil menjadi $\frac{1}{2}$, maka tekanan pada kompresi adiabatik akan menjadi 2,64 kali lipat, sedangkan pada proses isothermal hanya menjadi 2 kali lipat. Kerena tekanan yang dihasilkan oleh kompresi adiabatik lebih tinggi dari pada kompresi isothermal untuk memperkecil volume yang sama maka kerja yang diperlukan pada kompresi adiabatik lebih besar.

c. Kompresi politropik

Kompresi pada kompresor sesungguhnya bahkan merupakan proses isothermal, karena adanya kenaikan temperature, namun juga bukan proses adiabatic karena ada panas yang dipancarkan keluar. Jadi proses kompresi yang sesungguhnya ada diantara keduanya dan disebut politropik.

2. Perubahan temperature

Pada waktu kompresi, temperature gas dapat berubah tergantung pada jenis proses yang dialami. Untuk masing-masing proses hubungan antara temperature tekanan dan temperature adalah sebagai berikut :

a. Proses isothermal

Seperti yang telah disinggung di muka, dalam proses ini temperature jika tetap sehingga tidak berubah.

b. Proses adiabatic

Dalam kompresi adiabatic tidak ada panas yang dibuang keluar silinder atau dimasukkan sehingga seluruh kerja mekanis yang diberikan dalam proses ini akan dipakai untuk menaikkan temperature gas.

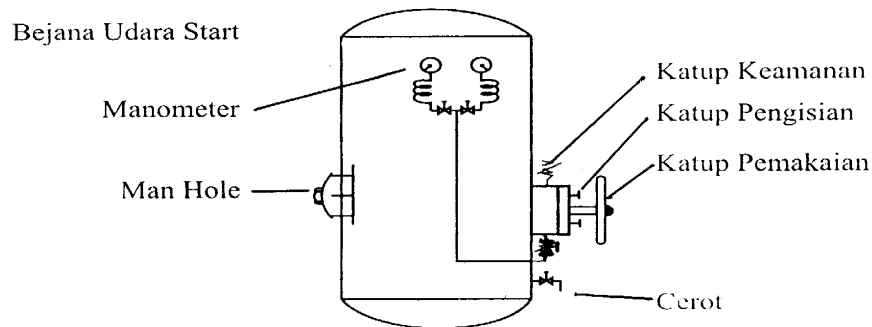
c. Pelumasan Kompresor Udara

Bagian-bagian kompresor udara yang memerlukan pelumasan adalah bagian-bagian yang saling meluncur seperti silinder, torak, metal-metal, bantalan batang penggerak dan bantalan utama. Tujuan pelumasan adalah untuk mencegah keausan, mendinginkan bagian-bagian yang saling bergesekan, meredam suara, dan melindungi permukaan terhadap korosi. Pada kompresor kerja tunggal yang biasanya dipergunakan sebagai kompresor udara berukuran kecil, pelumasan torak engkol dan silinder disatukan. Sebaliknya kompresor udara kerja ganda yang biasanya dibuat untuk ukuran sedang dan besar dimana silinder dipisah dari rangka oleh packing tekan, maka harus dilumasi secara terpisah. Dalam hal ini pelumasan untuk silinder disebut pelumasan dalam dan pelumasan untuk rangkanya hanya disebut pelumasan luar. Untuk kompresor udara kerja tunggal yang berukuran kecil, pelumasan dalam maupun pelumasan luar dilakukan secara bersamaan dengan cara percik atau dengan pompa pelumas jenis roda gigi. Pelumasan percik biasanya menggunakan tuas pemercik minyak yang dipasang pada ujung besar batang penggerak. Tuas ini akan

menyerempet permukaan minyak di dasar kotak engkol sehingga minyak akan terpercik ke silinder dan bagian lain dalam ruang engkol.

d. Bejana (Tabung Angin)

Menurut ENDRODI, 1990 untuk menampung udara kerja yang dihasilkan oleh kompresor udara maka diperlukan alat-alat bantu yaitu tabung udara. (lihat gambar 14)



Gambar 14 Tabung Udara

Di kapal-kapal banyak dipergunakan kompresor udara dan tabung udara yang berfungsi sebagai panampung dari tekanan udara kerja pada sebuah kompresor udara, pada kapal tabung udara dipergunakan untuk:

- 1) Sebagai udara pejalan pada *main engine* dan *auxiliary engine*.
- 2) Menjalankan alat-alat *pneumatik*
- 3) Untuk membersihkan kotoran-kotoran.

Peralatan dan perlengkapan yang harus dipasang pada setiap tabung angin adalah :

- 1) Valve udara masuk dan keluar.
- 2) Drain valve
- 3) Safety Valve
- 4) Pressure Gauge/Manometer
- 5) Mainhole atau handle tergantung dari ukuran.