

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. TINJAUAN PUSTAKA

Udara merupakan salah satu penunjang kelancaran operasi untuk mesin diesel, dimana udara merupakan langkah awal untuk memulai mesin beroperasi. Di atas kapal kita mengenal sistim udara pejalan (*starting Air*).

##### 1. Sistim Udara Pejalan Mesin Induk (*Main Engine of Starting Air System*)

Menurut H. Nurdin tentang *starting valve* untuk mesin induk diatas kapal, baik diesel 4-tak maupun 2-tak digunakan udara untuk *start engine*, udara ini diproduksi dari air compressor dan ditampung di bejana udara (*air reservoir*). Tekanan kerja untuk udara start ini dimulai dari tekanan 25 - 30 bar. Menurut SOLAS, bahwa untuk mesin digerakkan langsung tanpa *reduction gear* (*gear box*) harus dapat distart 12 kali tanpa mengisi lagi, sedangkan untuk mesin -mesin dengan *gear box* dapat distart 6 kali.

##### 2. Bagian - bagian utama dari penataan udara start dan fungsinya masing-masing

- a. Bejana udara (*air reservoir*) berfungsi sebagai tabung pengumpulan udara.
- b. *Main starting valve* berfungsi sebagai katup penyalur untuk pembagi ke masing-masing kepala silinder dan penyalur udara untuk start
- c. *Distributor valve* berfungsi sebagai pembagi pada katup udara start (*air starting valve*) yang bekerja menggunakan *plunger*.
- d. *Air starting valve* berfungsi sebagai katup *supply* udara di *cylinder head* untuk menggerakkan piston kebawah pada saat langkah ekspansi (baik diesel 4 tak maupun 2 tak).

### 3. Prinsip kerjanya

Untuk *start engine* baik pada saat kapal berangkat ataupun saat olah gerak, dilaksanakan sebagai berikut:

- a. Udara dari bejana udara minimal  $17 \text{ kg/cm}^2$  (15 bar) karena bila tekanan udara dibawahnya, maka udara tersebut tidak mampu menekan piston kebawah dan tekanan maksimal  $30 \text{ kg/cm}^2$  (30 bar)
- b. Katup tekan di bejana udara dibuka penuh, maka udara akan keluar ke *main starting valve*. Setelah udara tersebut direduksi tekanannya hingga  $\pm 10$  bar.
- c. Bila *handle start* ditekan kebawah, maka udara keluar dari system sebagian masuk dulu ke *distributor valve* dan sebagian lagi ke *cylinder head air starting valve*. Udara start ini diatur oleh *distributor valve* dengan tekanan 10 bar sebagaimana yang bekerja pada proses ekspansi (hanya ada 1 silinder yang bekerja) melalui *plunyer* yang dihubungkan dengan *firing order*nya (misalnya motor diesel 2 tak adalah 1-5-3-4-2-6).
- d. *Distributor valve* mengatur *plunyer* yang bekerja dan udara ini langsung menggerakkan piston melalui air starting valve di *cylinder head*. Udara supply ini diperoleh dari bejana udara. Jadi udara tersebut melaksanakan kerja parallel, disamping mengatur ke *distributor valve* sekaligus untuk udara start mendorong piston kebawah pada tekanan minimal 17 bar sesuai tekanan dalam botol angin.

Menurut Paul Tashian (2002), sistem udara start dibagi menjadi 2 kategori, yaitu *Direct* dan *Indirect*. Adapun yang dimaksud dengan *direct* yaitu: *starting* dilakukan dengan perlakuan langsung terhadap ruang bakar / *piston* dengan mensuplay tekanan udara keruang bakar sehingga piston akan bergerak. Sedangkan untuk *Indirect* yaitu: *starting engine* yang dilakukan dengan perlakuan terhadap *crankshaft* nya atau *flywheel* lnya yaitu dengan memutar *flywheel* menggunakan motor.

Sistem starting umumnya dilengkapi dengan katup pembalik (*interlocks valve*) untuk mencegah start jika segala sesuatunya tidak dalam

kondisi kerja. Udara bertekanan diproduksi oleh kompresor dan disimpan pada tabung (*air receiver*). Udara bertekanan lalu disuplai oleh pipa menuju *automatic valve* dan kemudian ke katup udara start silinder. Pembukaan katup start akan memberikan udara bertekanan ke dalam silinder. Pembukaan katup silinder dan *automatic valve* dikontrol oleh pilot air system. Pilot air ini diberi dari pipa besar dan menerus ke katup pengontrol yang dioperasikan dengan udara start pada *engine*.

Jika lengan ini dioperasikan, suplai pilot udara mampu membuka *automatic valve*. Pilot udara untuk arah operasi yang sesuai juga disuplai ke distributor udara. Alat ini umumnya digerakkan dengan *camshaft* dan memberi pilot air ke silinder kontrol dari katup start. Pilot air lalu disuplai dalam urutan yang sesuai dengan operasi engine. Katup udara start dipertahankan tertutup oleh pegas jika tidak digunakan dan dibuka oleh pilot air yang langsung memberi udara bertekanan ke dalam silinder. Sebuah *interlock* didalam *automatic valve* yang menghentikan pembukaan katup jika *turning gear engine* menempel. Katup ini mencegah udara balik yang telah dikompresikan oleh engine kedalam sistem.

#### **4. Starting dengan udara bertekanan**

Main engine yang distart dengan udara bertekanan dilengkapi paling tidak dua unit kompresor. Satu diantaranya berpengerak independen dari *main engine*, dan harus mensupali 50% dari total kapasitas yang diperlukan. Kapasitas total udara start dalam tabung harus dapat diisi dari tekanan atmosfer sampai tekanan kerja 30 bar dalam waktu 1 jam. Tabung udara disediakan dua dengan ukuran yang sama dan dapat digunakan secara independen.

Kapasitas total tabung harus memperhatikan paling tidak dapat digunakan start 12x baik maju atau mundur untuk *engine* yang *reversibel* dan tidak kurang dari 6x start untuk *engine non-reversibel*. Jumlah start berdasar pada engine saat dingin dan kondisi siap start.

Jika sistem udara start digunakan untuk *starting auxiliary engine*, mensuplai peralatan *pneumatic*, peralatan *manoeuvering*, atau *tyfon* semuanya disuplai dari tabung udara maka harus dipertimbangkan dalam perhitungan kapasitas tabung udara.

## 5. Starting dengan Listrik

Jika *Main engine distart* dengan listrik maka harus tersedia dua baterai yang independen. Rangkaian baterai ini direncanakan tidak dapat dihubungkan paralel antara satu dengan yang lainnya karena masing - masing baterai harus mampu untuk *starting main engine* dalam kondisi dingin. Total kapasitas baterai harus cukup untuk operasi selama 30 menit tanpa pengisian.

Jika dua atau lebih *auxiliary engine* di *start* dengan listrik paling tidak tersedia dua baterai yang independen. Kapasitas baterai harus cukup paling tidak 3x operasi *start-up* untuk setiap *engine*. Jika hanya satu *auxiliary engine* distart dengan listrik, satu baterai cukup.

Baterai start hanya boleh digunakan untuk *starting* (pemanas mula jika perlu) dan untuk memonitor peralatan yang ada pada engine.

## 6. Jalur udara bertekanan

- a. Jalur tekanan yang terhubung ke kompresor dipasang dengan non-RV pada outlet kompresor.
- b. Jalur udara start tidak boleh digunakan sebagai jalur pengisian untuk tabung udara. Hanya selang/pipa dengan material yang sudah dites yang dapat dipasang pada jalur starting diesel engine dimana tetap terjaga tekanannya.
- c. Jalur udara start untuk setiap *engine* dilengkapi dengan *non return valve* dan penguras drain).
- d. Sebuah *safety valve* harus dipasang dibelakang pada setiap katup penurun tekanan (*reducing valve*). Tekanan tangki air dan tangki lainnya yang

dihubungkan ke sistem udara bertekanan dipertimbangkan sebagai tabung tekan dan harus sesuai persyaratan standart.

## **7. Komponen Pendukung Utama Sistim Starter Pada Motor Induk**

### **a. Kompresor**

Mesin induk adalah instalasi mesin dalam kapal yang dipergunakan untuk menggerakkan / memutar poros baling-baling sehingga kapal dapat bergerak, sedangkan mesin bantu adalah motor yang dipergunakan untuk menggerakkan generator listrik sehingga menghasilkan arus listrik yang kemudian digunakan untuk pesawat-pesawat yang memerlukan tenaga tersebut, misalnya kompresor.

Menurut Haruo Tahara Sularso (2000), kompresor adalah mesin untuk memampatkan udara atau gas. Secara umum biasanya mengisap udara dari atmosfer, yang secara fisika merupakan campuran beberapa gas dengan susunan 78% Nitrogen, 21% Oksigen dan 1% Campuran Argon, Carbon Dioksida, Uap Air, Minyak, dan lainnya.

Kompresor udara darurat (*Emergency air pressure system*) memiliki kompresor tersendiri (*emergency kompresor*) yang bersifat independen (Tidak tergabung dengan *main air compressor*) yang memiliki penggerak berupa motor diesel yang dapat dinyalakan dengan tangan, atau air compressor berpenggerak manual dengan tangan.

Kompresor udara darurat mengisi *emergency air receiver* yang kapasitasnya lebih kecil dari *main air receiver*. Udara bertekanan yang tersimpan pada *emergency air receiver* ini digunakan untuk menyalakan *auxiliary engine* yang menggerakkan generator.



Gambar 2.1 Kompresor

b. Botol angin (*Main Air Receiver*)

*Main air receiver* berfungsi untuk menyimpan udara bertekanan, dimana diperlukan tabung udara dengan kemampuan menahan udara bertekanan tinggi hingga 30 bar. Pada tabung udara terdiri dari badan tabung, *drain valve* dan kepala tabung. Pada kepala tabung terdapat *main stop valve*, *safety valve* dan *auxiliary valve*. *Safety valve* berguna sebagai pengaman jika terjadi tekanan yang melebihi tekanan yang disyaratkan oleh tabung, maka *valve* akan otomatis membuka. *Main stop valve* berfungsi untuk menyalurkan udara bertekanan menuju ke *starting valve* yang ada pada *silinder head*. *Auxiliary valve* dapat digunakan sebagai sistem udara kontrol. Sistem udara kontrol biasanya mempunyai tekanan sekitar 6 bar, sehingga diperlukan *air reducer*. *Reducing station* berfungsi untuk mengurangi tekanan dari 30 bar menjadi 7 bar guna keperluan untuk pembersihan *turbocharger* dan pengisian tekanan pada tanki *hidrofore*.



Gambar 2.2 Botol Angin

c. *Main starting valve*

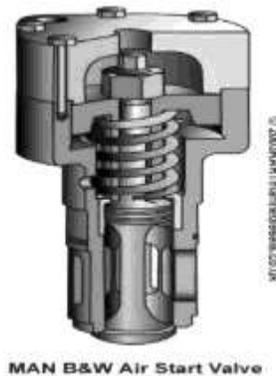
Main starting valve berfungsi sebagai katup penyalur untuk pembagi ke masing - masing *cylinder head* dan penyalur udara untuk start.



Gambar 2.3 Main Starting Valve

d. *Air starting valve*

Air starting valve terdiri dari katup utama, piston, bushing dan spring yang merupakan komponen utama dari starting valve. Katup utama akan membuka jika udara kontrol menekan piston sehingga valve terbuka dan udara bertekanan 30 bar masuk ke ruang bakar menekan piston. Hal tersebut berlangsung berurutan sesuai dengan urutan firing order sampai terjadi pembakaran di ruang bakar. Setelah terjadi pembakaran di ruang bakar maka starting air control valve akan berhenti bekerja dan semua starting valve akan menutup.)



Gambar 2.4 Air Starting Valve

## 8. Kapasitas Tabung Udara Start

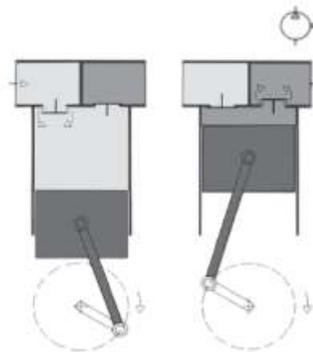
Menurut Budi Hendarto Wijaya (2010), pada prinsipnya adalah udara yang bertekanan pada tabung udara dialirkan ke ruang bakar sehingga mendorong piston ke bawah secara bergantian sesuai dengan *firing order*. Ketika poros engkol pada mesin diesel mulai berputar dan menghasilkan pembakaran maka poros engkol telah digerakkan sendiri oleh tenaga mesin diesel dan *pneumatic starting* berhenti. *Starting air receiver* harus disediakan *manhole* dan *flange* untuk *pipe connection*. *Starting air receiver* memiliki volume untuk *irreversible 12 start* sebesar  $2 \times 1.5 \text{ m}^3$ , dengan tekanan kerja sebesar 30 bar. Kapasitas dari tabung udara harus memenuhi ketentuan dari pihak klasifikasi/rules dan sesuai dengan manual book dari mesin yang digunakan .

## 9. Klasifikasi Kompresor

Menurut Truba Jurong Eng (1990), 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*.

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 masukkan ke dalam tabung penyimpan udara. Tabung penyimpanan dilengkapi dengan katup satu arah, sehingga udara yang ada dalam tangki tidak akan 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.

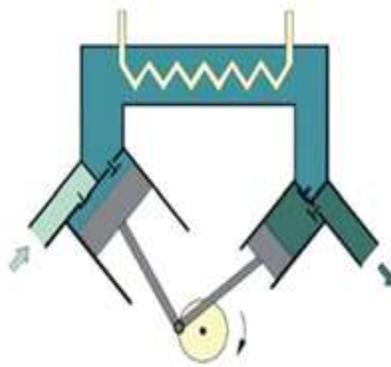


Gambar 2.5 Kompresor Torak Resiprokal

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 system air bersirkulasi. Batas tekanan maksimum untuk jenis kompresor torak resiprokal antara lain, untuk kompresor satu tingkat tekanan hingga 4 bar, sedangkan dua tingkat atau lebih tekanannya hingga 17 bar.



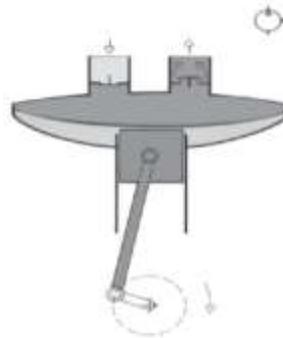
Gambar 2.6 Kompresor Torak Dua Tingkat Sistem Pendingin Udara

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 bergerak secara resiprokal. 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 2.7 Kompresor Diafragma

d. Kompresor Putar (*Rotary Compressor*)

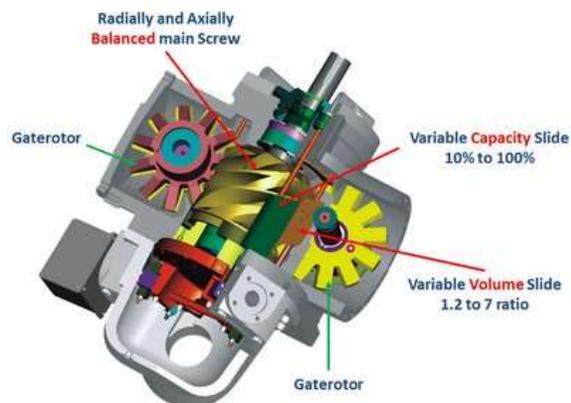
Kompresor Rotari Baling-baling Luncur Secara eksentrik rotor dipasang berputar dalam rumah yang berbentuk silindris, mempunyai lubang-lubang masuk dan keluar. Keuntungan dari kompresor jenis ini adalah mempunyai bentuk yang pendek dan kecil, sehingga menghemat ruangan. Bahkan suaranya tidak berisik dan 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 melawan dinding. 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 2.8 Kompresor Putar

e. Kompresor Sekrup (*Screw*)

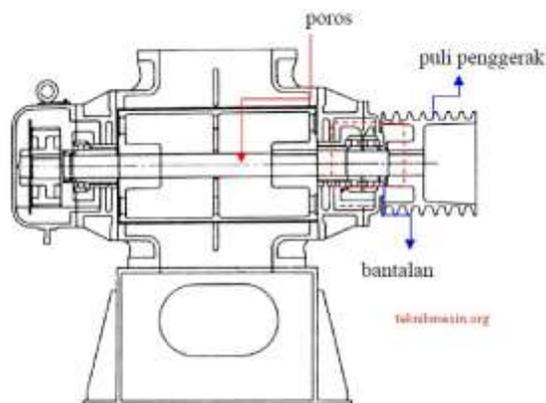
Kompresor Sekrup memiliki dua rotor yang saling berpasangan atau bertautan (*engage*), yang satu mempunyai bentuk cekung, sedangkan lainnya berbentuk cembung, sehingga dapat memindahkan udara secara aksial ke sisi lainnya. Kedua rotor itu identik dengan sepasang roda gigi *helix* yang saling bertautan. 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 2.9 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.



Gambar 2.10 Kompresor *Root Blower*

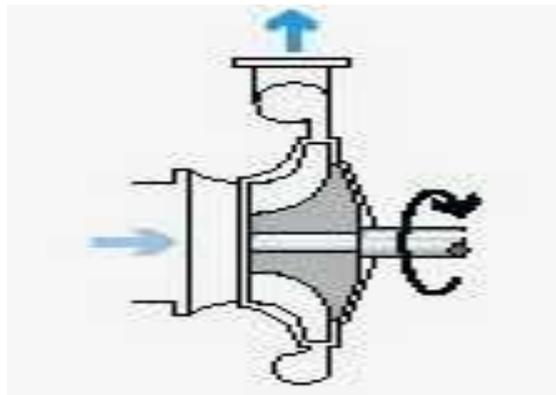
g. Kompresor Aliran (*turbo compressor*)

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 sudu-sudu 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.

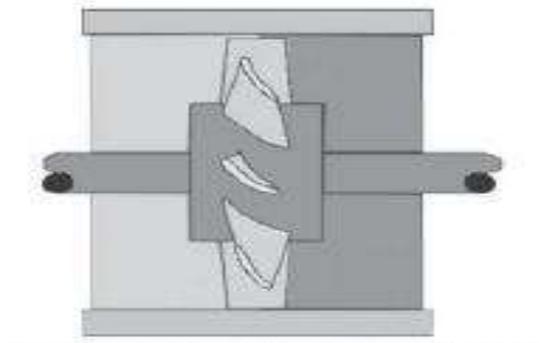


Gambar 2.11 Kompresor Aliran Radial

#### 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 2.12 Kompresor Aliran Aksial

## 10. Pelumasan Pada Kompresor

Menurut Truba Jurong Eng (1990), bagian-bagian kompresor torak yang memerlukan pelumasan adalah bagian-bagian yang saling meluncur seperti silinder, torak, kepala silang, metal - metal bantalan batang penggerak dan bantalan utama. Tujuan pelumasan adalah untuk mencegah keausan, merapatkan cincin torak dan paking, mendinginkan bagian-bagian yang saling bergesek, dan mencegah pengkaratan. Pada kompresor kerja tunggal yang biasanya dipergunakan sebagai kompresor berukuran kecil, pelumasan kotak engkol dan silinder disatukan. Sebaliknya kompresor kerja ganda yang biasanya dibuat untuk ukuran sedang dan besar dimana silinder dipisah dari rangka oleh paking tekan, maka harus dilumasi secara terpisah. Dalam hal ini pelumasan untuk silinder disebut pelumasan dalam dan pelumasan untuk rangkanya disebut pelumasan luar untuk kompresor kerja tunggal.