

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Udara Pejalan Mesin Induk (*Main Engine of Starting Air System*)

Menurut H. Nurdin untuk mesin induk diatas kapal, baik diesel 4-tak maupun 2-tak digunakan udara untuk *start engine*, udara ini diproduksi dari kompresor udara dan ditampung di bejana udara (*air reservoir*). Tekanan kerja untuk udara pejalan 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.

Menurut Anthoni Corder pada umumnya, sistem start dibagi menjadi 2 kategori, yaitu dengan *Direct* dan *indirect*, *direct* yaitu *starting* dilakukan dengan perlakuan langsung terhadap ruang bakar/piston dengan menyuplai tekanan udara keruang bakar sehingga piston akan bergerak. Sedangkan untuk *indirect* yaitu *starting engine* yang dilakukan dengan perlakuan terhadap *crankshaftnya* atau *flywheelnya* yaitu dengan memutar *flywheel* menggunakan motor.

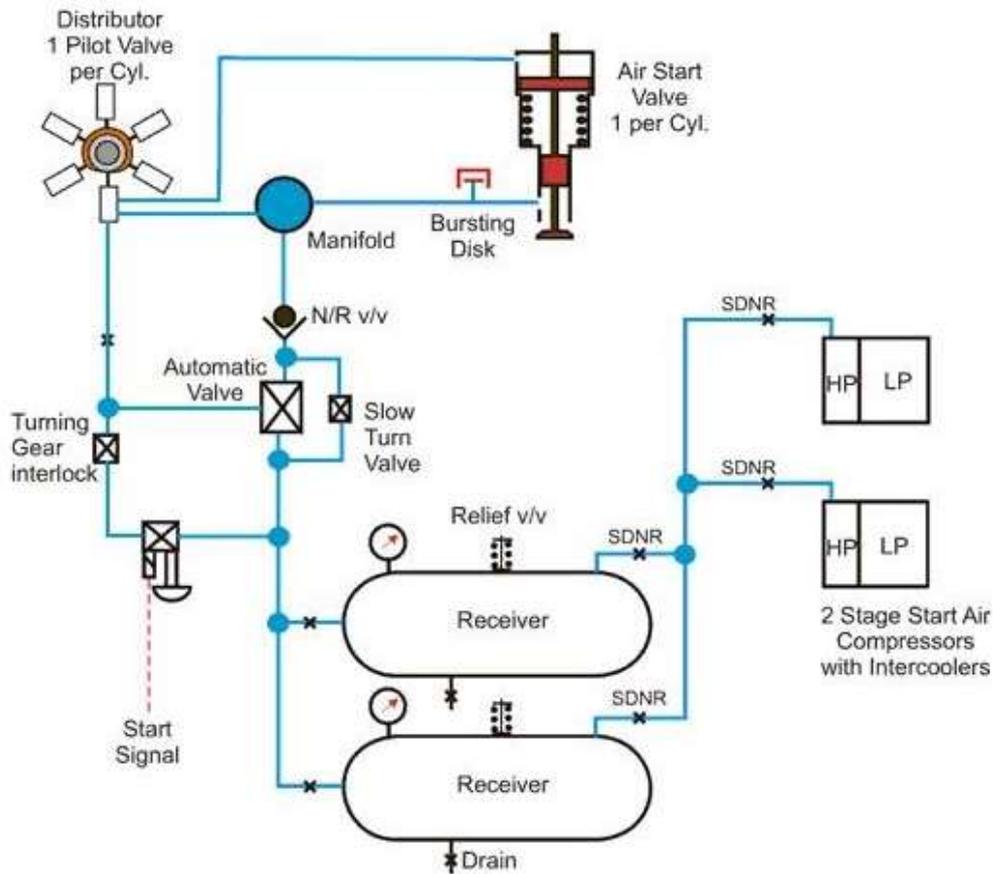
Menurut Dr. Gunawan Hanafi sistem *starting* yang digunakan pada *main engine* di kapal sering menggunakan media udara bertekanan yang disuplai kedalam silinder karena kebanyakan mesin yang digunakan berukuran besar. Penginjeksian udara bertekanan ini dilakukan dengan urutan yang sesuai untuk arah putaran yang disyaratkan. Suplai udara bertekanan di simpan dalam tabung udara (*bottles*) yang siap digunakan setiap saat. Sistem *starting* umumnya dilengkapi dengan katup pembaglik (*interlocks valve*) untuk mencegah *start* jika segala sesuatunya tidak dalam kondisi kerja. Udara bertekanan di produksi oleh kompresor dan disimpan pada tabung (*air receiver*). Udara bertekanan lalu di suplai 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 lengan udara *start* pada *engine*. Jika lengan ini dioperasikan, suplai *pilot air* mampu membuka *automatic valve*. *Pilot air* 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 mesin. Katup udara pejalan 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 mesin kedalam sistem. Dan berikut ini merupakan pengelompokan dari sistem udara pejalan antara lain :

1. *Starting* dengan Udara Bertekanan

Starting dengan udara bertekanan menggunakan udara bertekanan 28 - 30 bar pada botol udara bertekanan yang dihasilkan oleh kompresor udara di kamar mesin. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian udara pejalan antara lain :

- a. Mesin Penggerak Utama yang dihidupkan dengan udara bertekanan dilengkapi dengan paling tidak dua kompresor. Satu diantaranya berpenggerak independen dari *main engine*, dan harus mampu mensuplai 50% dari total kapasitas yang diperlukan.
- b. Kapasitas total udara start dalam tabung harus dapat diisi dari tekanan atmosfer sampai tekanan kerja 30 bar dalam waktu 1 jam.
- c. Tabung udara disediakan dua dengan ukuran yang sama dan dapat digunakan secara independen.
- d. Kapasitas total tabung harus memperhatikan paling tidak dapat digunakan start 12x baik maju atau mundur untuk mesin yang *reversibel* dan tidak kurang dari 6x start untuk *engine non-reversibel*. Jumlah start berdasar pada mesin saat dingin dan kondisi siap start.
- e. Jika sistem udara pejalan digunakan untuk *starting auxiliary engine*, mensuplai peralatan *pneumatic*, peralatan *maneuvering*, atau *tyfon* semuanya disuplai dari tabung udara maka harus dipertimbangkan dalam perhitungan kapasitas tabung udara.



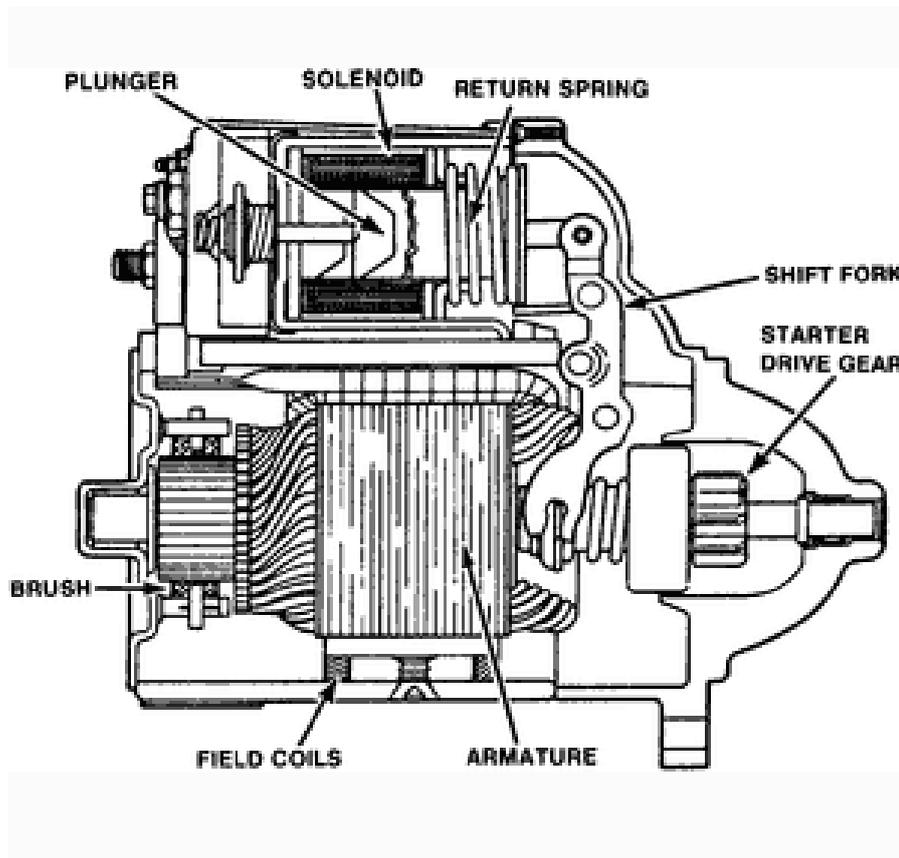
Gambar 2.1 Sistem Udara Pejalan Mesin Induk
(Perencanaan Teknik Mesin, Juni 1995)

2. Starting dengan Listrik

Starter yang sumber tenaganya berasal dari arus listrik, *motor starter* harus dapat menghasilkan momen yang besar dari tenaga yang kecil yang tersedia pada baterai. Hal lain yang harus diperhatikan ialah bahwa *motor starter* harus sekecil mungkin. Syarat baterai yang dapat digunakan untuk start mesin antara lain :

- a. 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 Baterei harus mampu untuk *starting main engine* dalam kondisi dingin. Total kapasitas baterai harus cukup untuk operasi selama 30 menit tanpa pengisian.
- b. 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 mesin. Jikahanya satu *auxiliary engine* distart dengan listrik, satu baterai cukup.

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



Gambar 2.2 *Electrick Stater*

(Manajemen Perawatan Dan Perbaikan, Mei 2000)

3. Jalur Udara Bertekanan

Jalur udara bertekanan menggunakan pipa tekanan tinggi dengan kekuatan tekan yang disesuaikan serta anti korosi, udara bertekanan di atas kapal disalurkan sesuai *reducing station valve* sesuai kebutuhan tekanan. Syarat jalur udara bertekanan antara lain :

- Jalur tekanan yang terhubung ke kompresor dipasang dengan *non-RV* pada *outlet kompresor*.
- 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 diesengine* dimana tetap terjaga tekanannya.
- Jalur udara start untuk setiap mesin dilengkapi dengan *non return valve* dan penguras (*drain*).

- e. *Tyfans* harus disambungkan pada dua tabung udara.
- f. Sebuah katup pengaman harus dipasang dibelakang pada setiap katup penurun tekanan (*reducing valve*).
- g. Tekanan tangki air dan tangki lainnya yang dihubungkan ke sistem udara bertekanan dipertimbangkan sebagai tabung tekan dan harus sesuai persyaratan standar.

2.2 Bagian Utama Dari Penataan Sistem Udara Pejalan Dan Fungsinya Masing-Masing

Didalam sistem udara pejalan terdapat pesawat/bagian pendukung untuk kelancaran pengoperasian udara *start* dan keamanan dalam pengoperasiannya. Bagian-bagian dan fungsi dari penataan sistem udara pejalan adalah sebagai berikut ini antara lain :

1. Kompresor

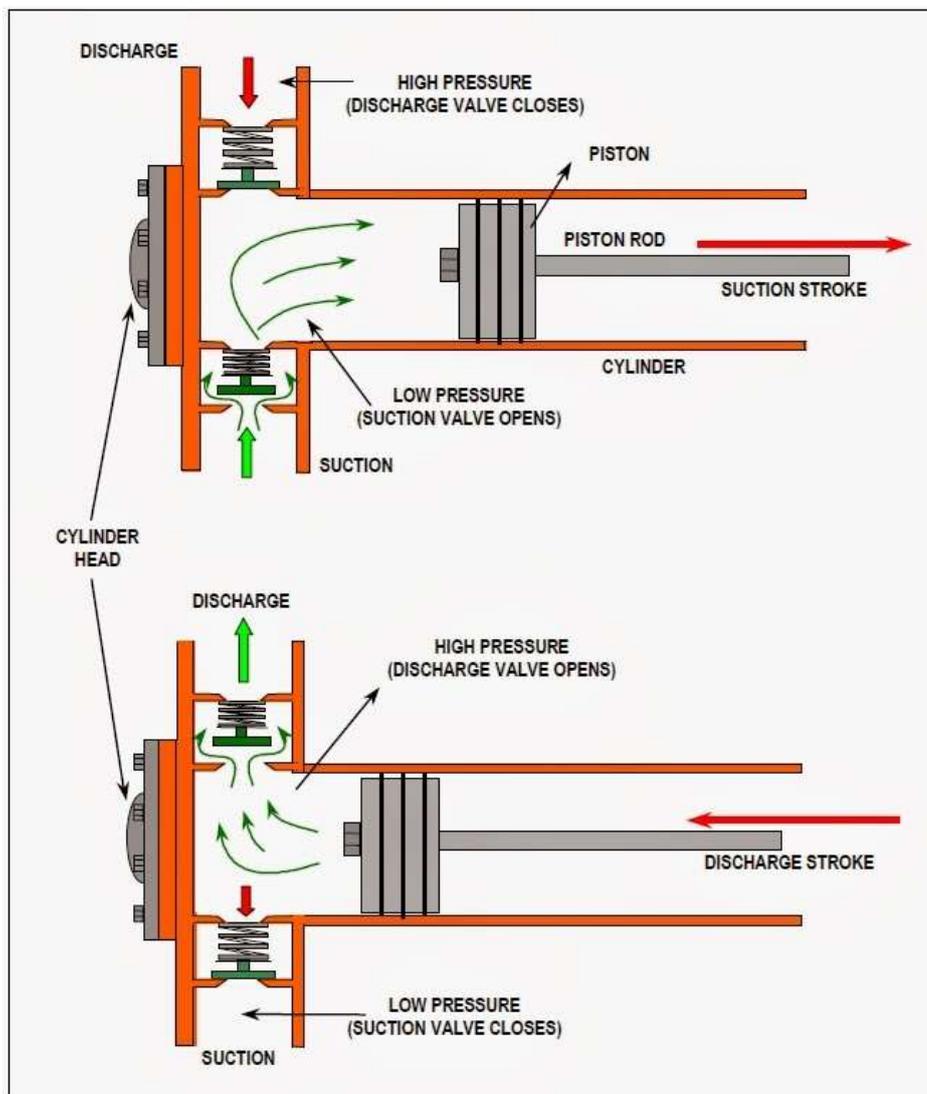
Mesin induk adalah instalasi mesin dalam kapal yang dipergunakan untuk menggerakkan/memutar poros baling-baling sehingga kapal dapat bergerak, sedangkan mesin bantu adalah motor yang dipergunakan untuk menggerakkan generator listrik sehingga menghasilkan arus listrik yang kemudian digunakan untuk pesawat-pesawat 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 yang memiliki penggerak berupa motor diesel yang dapat dinyalakan dengan tangan, atau air kompresor 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. Secara garis besar klasifikasi kompresor adalah sebagai berikut :

a. Kompresor Torak Resiprokal (*reciprocating compressor*)

Kompresor ini dikenal juga dengan kompresor torak yang berfungsi untuk mengkompresi udara secara 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 penyimpanan 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 ketabung, bila tekanan dalam tabung telah melebihi kapasitas, maka katup pengaman akan terbuka, atau mesin penggerak akan mati secara otomatis.

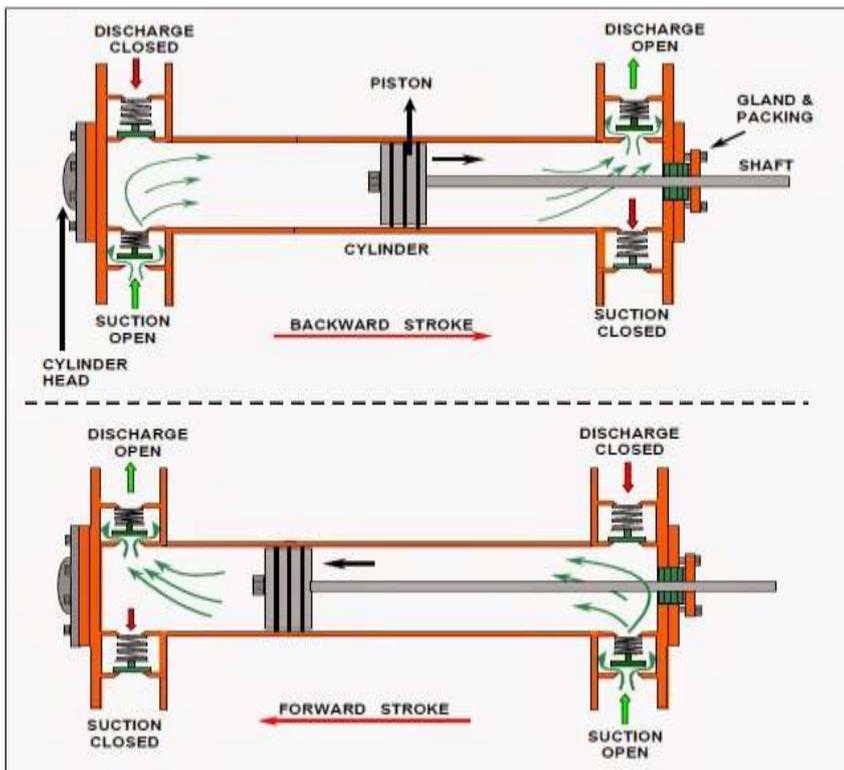


Gambar 2.3 *Reciprocating Compressor*

(Manajemen Perawatan, Yayasan Bina Citra Samudra Jakarta)

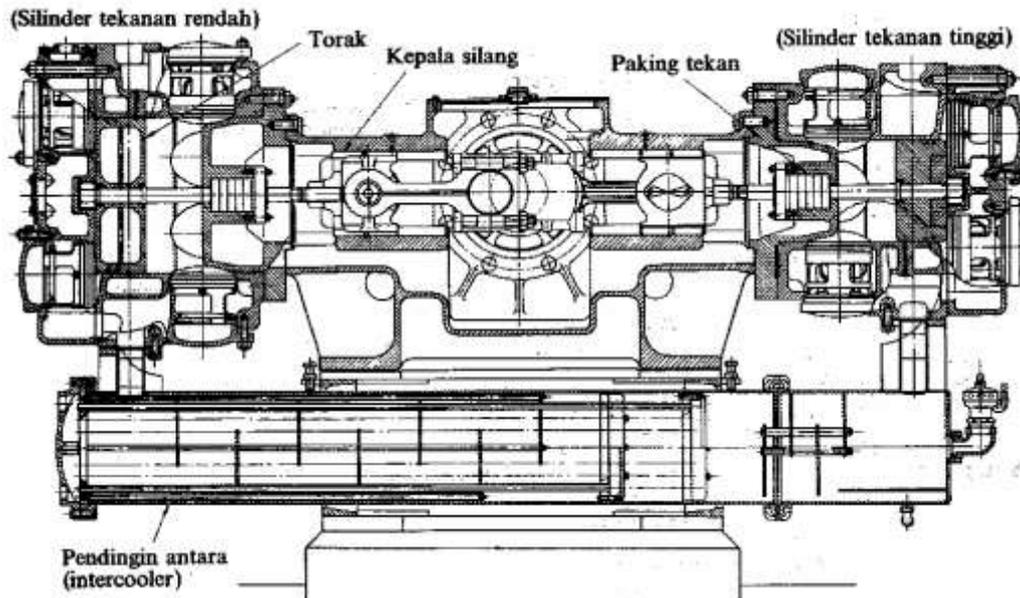
- b. Kompresor Torak Dua Tingkat Sistem Pendingin Udara

Kompresor udara dua tingkat berfungsi untuk menghasilkan tekanan udara yang lebih tinggi dengan dua kali kompresi. 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 pada tahap kedua jauh 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. 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 15 bar.



Gambar 2.4 Kompresor Torak Dua Tingkat Tekanan

(Manajemen Perawatan, Yayasan Bina Citra Samudra Jakarta.)



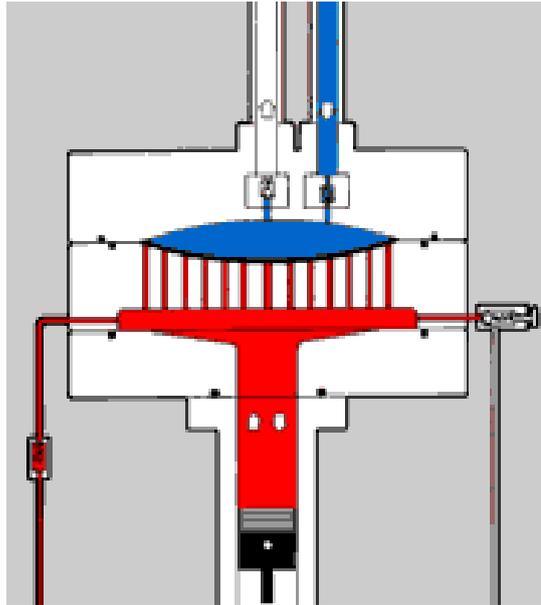
Gambar2.5 Kompresor Torak Dua Tingkat Tekanan

(Manajemen Perawatan, Yayasan Bina Citra Samudra Jakarta.)

c. Kompresor Diafragma (*diaphragma compressor*)

Jenis Kompresor diafragma berfungsi untuk menghasilkan udara bertekanan dengan meminimalisir air dalam udara, 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 cara resiprokal. Adanya pemisahan ruangan ini bertujuan agar 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 tinggi. Torak pada kompresor diafragma tidak secara langsung menghisap dan menekan udara, tetapi menggerakkan sebuah membrane (*diafragma*) dulu. Dari gerakan *diafragma* yang kembang Kempis itulah yang akan menghisap dan menekan udara ke tabung penyimpan.



Gambar 2.6 *Diaphragm Compressor*

(Manajemen Perawatan, Yayasan Bina Citra Samudra Jakarta.)

d. Kompresor Putar (*Rotary Compressor*)

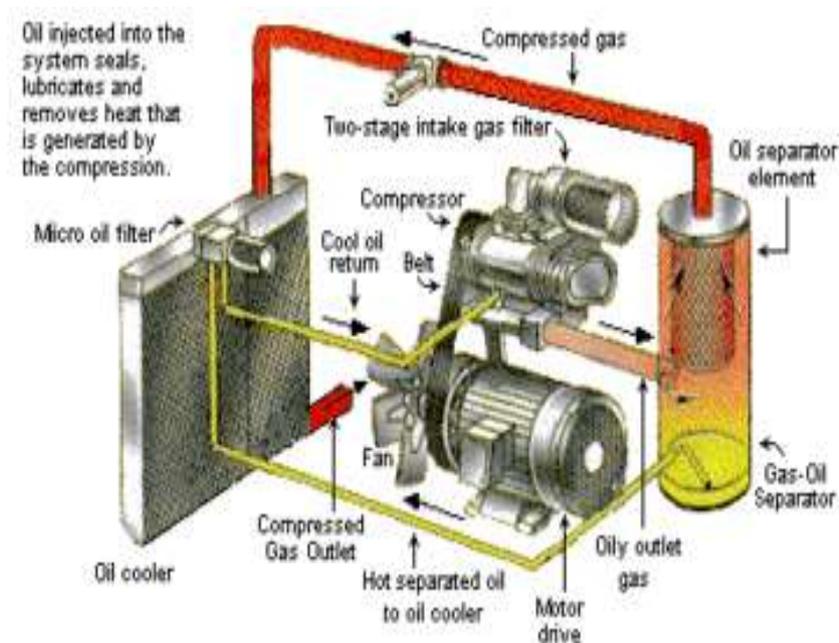
Kompresor Rotari berfungsi untuk menghasilkan udara bertekanan rendah. Baling-baling luncur secara *eksentrik rotor* dipasang berputar dalam rumah yang berbentuk silindris, mempunyai lubang-lubang masuk dan keluar. Keuntungan dari kompresor jenis ini adalah mempunyai bentuk yang pendek dan kecil, sehingga menghemat ruangan. Bahkan suaranya tidak berisik dan halus dalam, dapat menghantarkan dan menghasilkan udara secara terus menerus dengan mantap. 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.

(Perencanaan Teknik Mesin, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1995.)

e. Kompresor Sekrup (*Screw*)

Kompresor Sekrup berfungsi untuk menghasilkan udara bertekanan secara aksial serta memiliki dua *rotor* yang saling berpasangan atau bertautan (*engage*), yang satu mempunyai bentuk cekung, sedangkan lainnya berbentuk cembung, 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*. Kompresor *screw* merupakan jenis kompresor dengan mekanisme putar perpindahan positif, yang umumnya digunakan untuk mengganti kompresor piston, bila diperlukan udara bertekanan tinggi dengan volume yang lebih besar.



Gambar 2.7 Kompresor Sekrup

(Manajemen Perawatan, Yayasan Bina Citra Samudra Jakarta.)

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

Kompresor jenis ini berfungsi untuk menghasilkan udara bertekanan 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. (Perencanaan Teknik Mesin, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1995.)

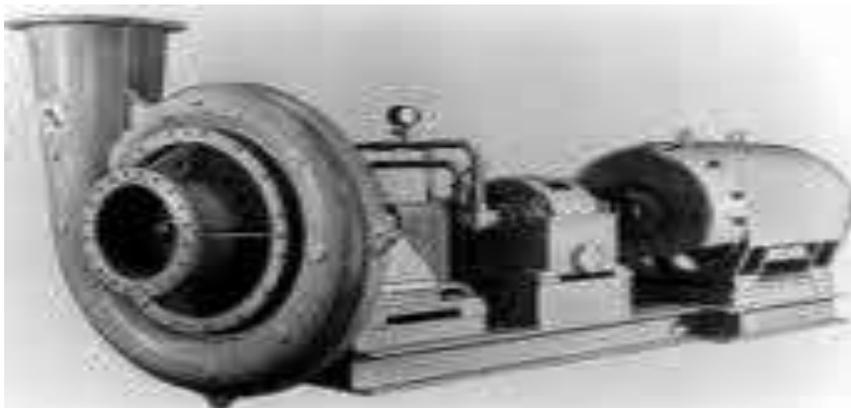
g. Kompresor Aliran (*Turbo Compressor*)

Jenis kompresor ini berfungsi 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 dapat menghasilkan kecepatan aliran udara yang diperlukan. Energi kinetik yang ditimbulkan menjadi energi bentuk tekanan.

(Panduan Reparasi Mesin Diesel, Jakarta, Desember 1999.)

h. Kompresor Aliran Radial

Kompresor aliran radial berfungsi untuk menghasilkan udara bertekanan tinggi dengan cepat secara radial. Pada lubang masuk pertama udara akan 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.

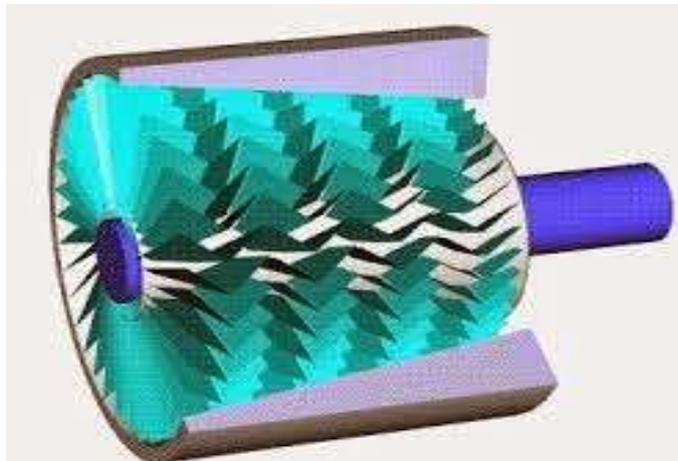


Gambar 2.8 Kompresor Aliran Radial

(Manajemen Perawatan, Yayasan Bina Citra Samudra Jakarta.)

i. Kompresor Aliran Aksial

Kompresor aliran aksial berfungsi untuk menghasilkan daya dorong tekanan tinggi, 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.

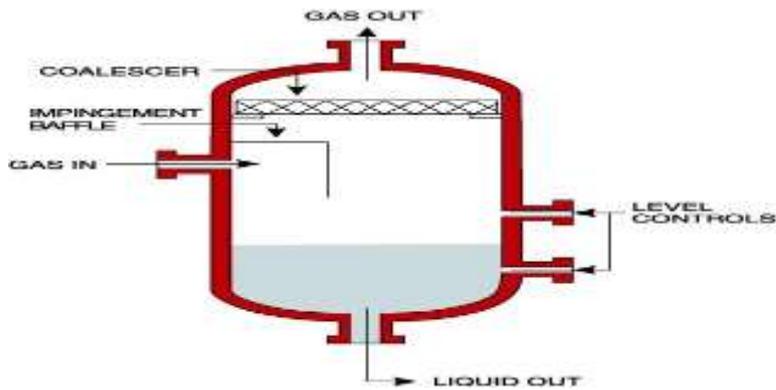


Gambar 2.9 Sudu-Sudu Kompresor Aliran Aksial

(Manajemen Perawatan, Yayasan Bina Citra Samudra Jakarta.)

j. Separator

Separator berfungsi untuk memisahkan kandungan air yang turut serta dalam udara/udara lembab (*air humidity*) kompresi yang diakibatkan oleh pengembunan sebelum masuk ke tabung botol angin. Sehingga *separator* disediakan *steam trap* guna menampung air tersebut untuk selanjutnya dibuang ke got.



Gambar 2.10 Separator

(Instruction And Manual Book For Airb Starting system, Maret 1998.)

k. Botol Angin (*Main Air Receiver*)

Main air receiver berfungsi untuk menyimpan udara bertekanan 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 katup akan otomatis membuka. *Main stop valve* berfungsi untuk menyalurkan udara bertekanan menuju ke katup pejalan yang ada pada kepala silinder. *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 *hidrophore*.



Gambar 2.11 *Main Air Receiver*

(Teknik Manajemen Pemeliharaan, Mei 1973.)

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 *flage* 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 buku manual dari mesin yang digunakan Sedangkan beberapa *engine builder* memberikan volume teoritis total dari tabung udara pejalan adalah:

$$V = 0,36 \times T \times C \times \frac{n^2 + 1 \times D^2 \times S \times N^{1/3}}{n P - p}$$

Dimana;

V = kapasitas total tabung udara (2 botol angin) (m³)

N = Jumlah silinder dari mesin induk

D = diameter silinder dari mesin induk (m)

N = putaran mesin per mesin induk (rpm)

S = langkah torak dari mesin induk (m)

C = konstanta; untuk mesin 4 langkah dan 2 langkah tipe piston trunk dan mesin 2 langkah dengan piston type crosshead C = 1

P = tekanan kerja maksimum udara tekan dalam botol angin utama
(25kg/cm² atau 30 kg/cm²)

p = batas minimum tekanan untuk start mesin (kg/cm²)

T = jumlah starting yang harus dilakukan untuk mesin utama
(jumlah standar 20 kali).

Sedangkan dalam rules BKI. Vol. III tentang konstruksi mesin, kapasitas total tabung udara adalah :

$$J = a \cdot \sqrt{\frac{H}{D}} \cdot (z + b \cdot p_{me} \cdot n_A + 0.9) \cdot V_h \cdot c \cdot d$$

Dimana ;

J = kapasitas total tabung udara (dm³)

H = langkah torak silinder (cm)

D = diameter silinder (cm)

V_h = volume langkah torak satu silinder (dm³)

Z = jumlah silinder

p_{me} = tekanan kerja efektif dalam silinder (kg/cm²)

a,b = faktor koreksi untuk jenis mesin untuk mesin-mesin

untuk mesin-mesin 2-tak, a = 0,771; b = 0,058

untuk mesin-mesin 4-tak, a = 0,685; b = 0,055

c = faktor untuk tipe instalasi

d = 1, untuk p = 30 kg/cm²

$$\frac{0,0584}{1 - e^{(0,11 \cdot 0,05 \ln p)}}$$

untuk p ≠ 30 kg/cm² bila tidak dilengkapi katup reduksi tekanan

n_A = jumlah putaran (rpm)

untuk putaran nominal (n_N) ≤ 1000 rpm, n_A = 0,06.n_N + 14

untuk putaran nominal (n_N) ≥ 1000 rpm, n_A = 0,25.n_N - 176

TABLE 2.1

**KEBUTUHAN UDARA DAN TEKNANAN UDARA UNTUK BEBERAPA
PENGUNAAN DI KAPAL**

No.	Penggunaan	(kg/cm ²)	(m ³ /min.)
1.	<i>Air Motor</i>	4 – 7	0,25
2.	<i>Spray Gun</i>	4	0,5 t hoist 3,7
3.	<i>Air Hoist</i>	5	2,7 t hoist 3,7
4.	<i>Hydrophore Unit</i>	3-7	<i>Very Little</i>
5.	<i>Air Operated type pump</i>	-	2
6.	<i>Pressure Log</i>	-	<i>Very Little</i>

(Engine Manual Book, Mei 1979, hal 4.)

l. Katup Udara (*Air Valve*)

Menurut Anthoni Corder katub udara merupakan bagian penting dalam *air starting system* supaya udara dapat di transfer tanpa adanya kebocoran, macam-macam katup udara adalah sebagai berikut :

1. Main starting valve

Main starting valve berfungsi sebagai katup penyalur untuk pembagi ke masing-masing kepala silinder dan penyalur udara untuk pejalan.

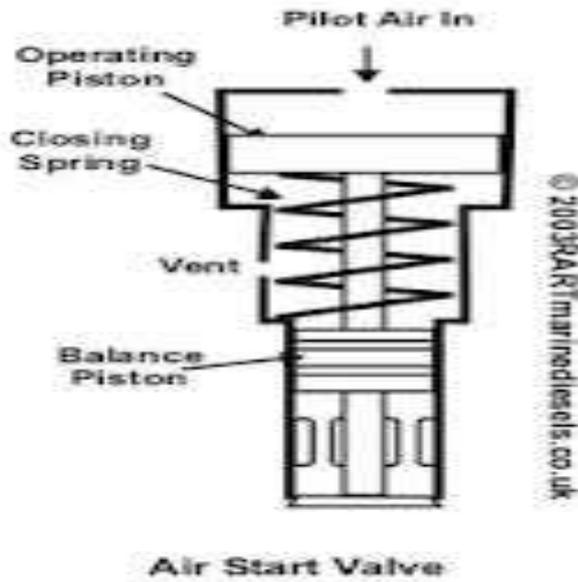
2. Reducing valve

Berfungsi untuk mereduksi tekanan keluaran dari *main air receiver* sebesar 30 bar guna keperluan pengujian katup bahan bakar dan keperluan yang lain.

3. Air starting valve

Air starting valve berfungsi untuk menyalurkan udara *start* kedalam *cylinder liner* 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 katup 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*

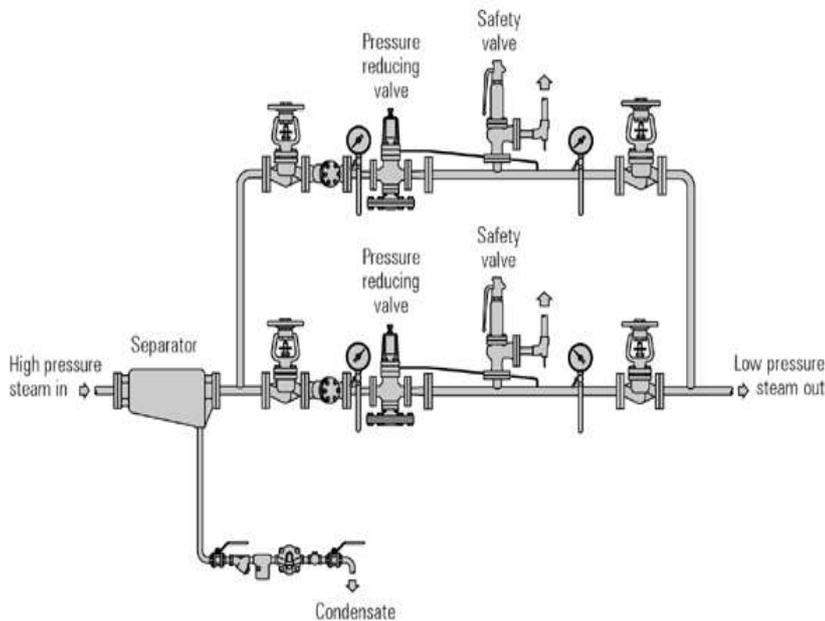
valve akan berhenti bekerja dan semua *starting valve* akan menutup. Berfungsi sebagai katup penyalur untuk pembagi ke mesin-mesin kepala silinder dan penyalur udara untuk menjalankan mesin.



Gambar 2.12 *Air Starting Valve*
(Teknik Manajemen Pemeliharaan, Mei 1973.)

4. Reducing station valve

Reducing station valve berfungsi untuk mengurangi tekanan dari 30 bar menjadi 7 bar hal ini diperlukan untuk pembersihan *turbocharger* beserta salurannya menuju mesin induk.

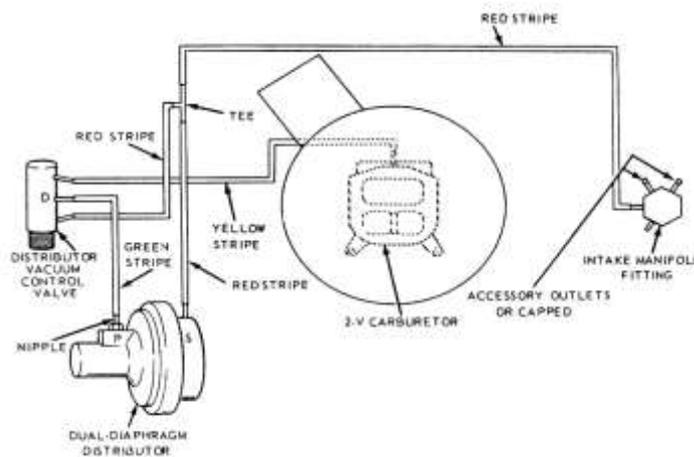


Gambar 2.13 *Reducing system*

(Perencanaan Teknik Mesin, Juni 1999.)

5. Distributor valve

berfungsi sebagai pembagi pada katup udara pejalan (*air starting valve*) yang bekerja menggunakan *plunger* dan menentukan katup *starting valve* mana yang harus dibuka untuk menghidupkan mesin.



Gambar 2.14 *Distributor Valve*
(Perencanaan Teknik Mesin, Juni 1995.)

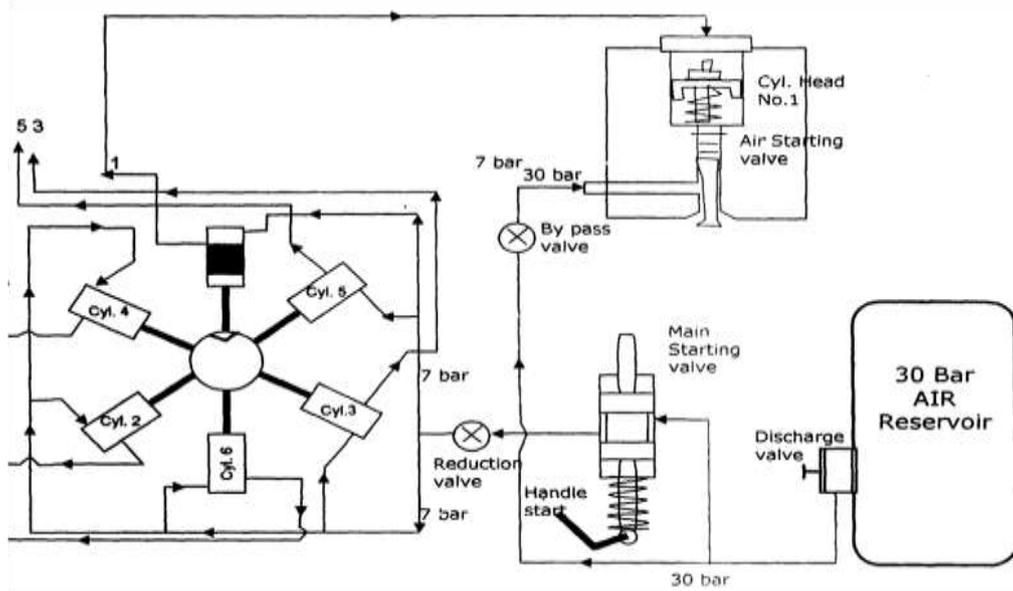
2.3 Prinsip Kerja Sistem Udara Pejalan

Mesin utama yang digunakan untuk *start* dilakukan oleh udara bertekanan dari tabung udara bertekanan, yang kemudian akan dimasukkan ke silinder dalam rangkaian yang sesuai dengan arah yang dibutuhkan/disyaratkan. Cara kerja dari sistem ini adalah dengan cara memampatkan udara yang disuplai oleh kompresor ke tabung udara tekan. 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 sistem*. *Pilot air* ini diberi dari pipa besar dan menerus ke katup pengontrol yang dioperasikan dengan lengan udara pejalan pada mesin. Jika lengan ini dioperasikan, suplai *pilot air* mampu membuka *automatic valve*. *Pilot air* untuk arah operasi yang sesuai juga disuplai ke distributor udara. (Sumber : *ship book operation, air start system*).

Menurut J.H Jusak Alat pada mesin ini digerakkan dengan *camshaft* dan

memberi *pilot air* ke silinder kontrol dari katup pejalan. *Pilot air* lalu disuplai dalam urutan yang sesuai dengan operasi mesin. Katup udara pejalan 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 mesin ke dalam sistem. Adapun penjelasan yang singkat dari prinsip kerja udara pejalan untuk *start engine* baik pada saat kapal berangkat ataupun saat olah gerak, dilaksanakan sebagai berikut :

1. Udara dari bejana udara minimal 20 kg/cm^2
2. (20 bar) karena bila tekanan udara dibawahnya, maka udara tersebut tidak mampu menekan piston kebawah.
3. Katup tekan di bejana udara dibuka penuh, maka udara akan keluar ke *main starting valve*. Setelah udara tersebut direduksi tekanannya hingga ± 10 bar.
4. Bila *handle start* ditekan kebawah, maka udara keluar dari sistem 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 mana yang bekerja pada proses *expansi* (hanya ada 1 silinder yang bekerja) melalui *plunyer* yang dihubungkan dengan *firing ordernya* (misalnya motor diesel 4 tak adalah 1-3-5-2-4-6).
5. *Distributor valve* mengatur *plunyer* yang bekerja dan udara ini langsung menggerakkan piston melalui *air starting valve di cylinder head*. Udara supli ini diperoleh dari bejana udara. Jadi udara tersebut melaksanakan kerja parallel, disamping mengatur ke *distributor valve* sekaligus untuk udara pejalan mendorong piston kebawah pada tekanan minimal 7 bar sesuai tekanan dalam botol angin.



Gambar 2.15 *Engine Starting system*

(Manajemen Perawatan, Mei 2003.)

6. Udara pejalan dengan tekanan 30 bar disuplai oleh *starting air compressor* menuju ke *starting air receiver* dan dari *starting air receiver* menuju ke *air inlet* pada mesin. Melalui *reduction station* udara ditekan atau dimampatkan pada tekanan 7 bar yang disuplai ke mesin sebagai:
 - a. Mengontrol udara untuk sistem manuver, dan untuk *exhaust valve air spring*, melalui kontrol pemasukan udara.
 - b. *Safety air* untuk berhenti tiba-tiba (*Emergency stop*) melalui *safety air inlet*.
 - c. Melalui *reducing valve* disuplai udara yang dimampatkan pada tekanan 10 bar ke air inlet untuk *turbocharger cleaning*, dan volume yang sedikit digunakan untuk *fuel valve testing unit*.

Menurut Dr. Gunawan Hanafi Konsumsi udara untuk mengontrol udara, *safety air*, *turbocharger cleaning*, *sealing air* untuk *exhaust valve* dan untuk *fuel valve testing unit* dan *starting aux. Engine dicover* oleh bagian kapasitas untuk *air receiver* dan kompresor pada *list capacity*. *Starting air pipe* terdiri dari sebuah katup pejalan utama, sebuah katup *non-return*, *starting air distributor* dan katup starting. Udara pejalan dengan tekanan 30 Konsumsi udara untuk mengontrol udara, *safety air*, *turbocharger cleaning*, bar disuplai oleh kompresor ke tabung udara tekan kemudian menuju ke *main engine* melalui *inlet valve*. Melalui tahap penurunan tekanan, udara bertekanan 8,6 bar disuplai ke mesin seperti:

1. Kontrol udara untuk sistem *manuvering*, dan pegas udara *exhaust valve*,

2. Udara pengaman untuk *emergency stop*.