

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

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

Menurut H. Nurdin untuk mesin induk di atas 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 di *start* 6 kali.

1. 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).

Sistem starting umumnya dilengkapi dengan katup pembalik (*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 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.

## 2.2 Macam-macam Sistem Udara Pejalan

### 1. Sistem *Start*

Untuk sistem yang sederhana instalasinya hanya sederhana, sebagai contoh adalah start yang *dikick* dengan kaki. Untuk contoh sistem *start* yang rumit adalah sistem *start* dengan menggunakan udara bertekanan yang membutuhkan instalasi dan peralatan seperti kompresor. Secara garis besar sistem *start* menggunakan udara bertekanan pada suatu mesin dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu :

#### a. *Indirect Start*

*Indirect start* yaitu suatu sistem start dimana perlakuan yang dikenakan pada engine adalah di luar ruang bakar mesin. *Indirect start* ini biasanya ada pada mesin dengan daya yang tidak begitu besar. Jenis dari *indirect start* ini bermacam-macam yaitu ada yang ditarik dengan tali, diengkol dengan tangan, didorong (pada sepeda motor/mobil) atau memakai udara bertekanan. Cara

lain yaitu dengan menggunakan motor electric maupun hidrolis yang biasanya tegangannya 6 sampai 12 volt.

b. *Direct Start*

*Direct start* adalah sistem start dimana perlakuan di mesin ada di ruang bakar. Sistem ini diaplikasikan pada mesin dengan daya yang besar, biasanya untuk mesin yang ada di kapal. Aplikasi dari *direct start* ini juga menggunakan tabung udara untuk menginjeksi udara yang bertekanan ke dalam ruang bakar. Jika pada *indirect start* tabung udara ini digunakan untuk menggerakkan *flywheel* dan secara otomatis piston juga ikut bergerak karena terhubung dengan crankshaft. Sedangkan pada *direct start* udara bertekanan langsung digunakan untuk menggerakkan piston dengan injeksi udara yang disimpan di tabung udara masuk ke mesin melalui *starting valve*. Pada kapal KM. Gerbang Samudra 1 menggunakan *direct start*, karena udara bertekanan masuk langsung ke ruang bakar untuk mendorong piston melalui *starting valve*.

2. 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 :

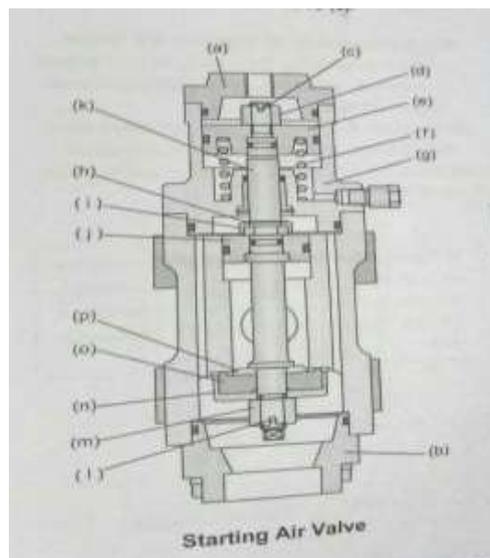
- a. Jalur tekanan yang terhubung ke kompresor dipasang dengan *non-RV* pada *outlet kompresor*.
- b. Jalur udara start tidak boleh digunakan sebagai jalur pengisian untuk tabung udara.
- c. Hanya selang/pipa dengan material yang sudah dites yang dapat dipasang pada jalur *starting diesel engine* dimana tetap terjaga tekanannya.

- d. Jalur udara start untuk setiap mesin dilengkapi dengan *non return valve* dan penguras (*drain*).
- e. *Typons* 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.

## 2.3 Bagian-bagian Sistem Udara Pejalan

### 1. Komponen *Starting Valve*

*Air starting valve* berfungsi untuk menyalurkan udara *start* ke dalam *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.



Gambar 1 *Air Starting Valve*  
(Manual Book KM. Gerbang Samudera 1)

Keterangan Gambar:

- |                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| a. upper cover  | i. Key receptor   |
| b. lower cover  | j. Piston         |
| c. split pin    | k. Valve steam    |
| d. nut          | l. Split pin      |
| e. piston       | m. Castle nut     |
| f. spring       | n. Valve recepror |
| g. cylinder     | o. valve          |
| h. stopper ring | p. Valve retainer |

## 2. Komponen Pendukung Utama Sistem 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 compressor*) 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.

## B. Tabung Udara (*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 *turbo charger* dan pengisian tekanan pada tanki *hidrophore*.

### 3. 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 :

#### a. *Main starting valve*

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

#### b. *Reducing valve*

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

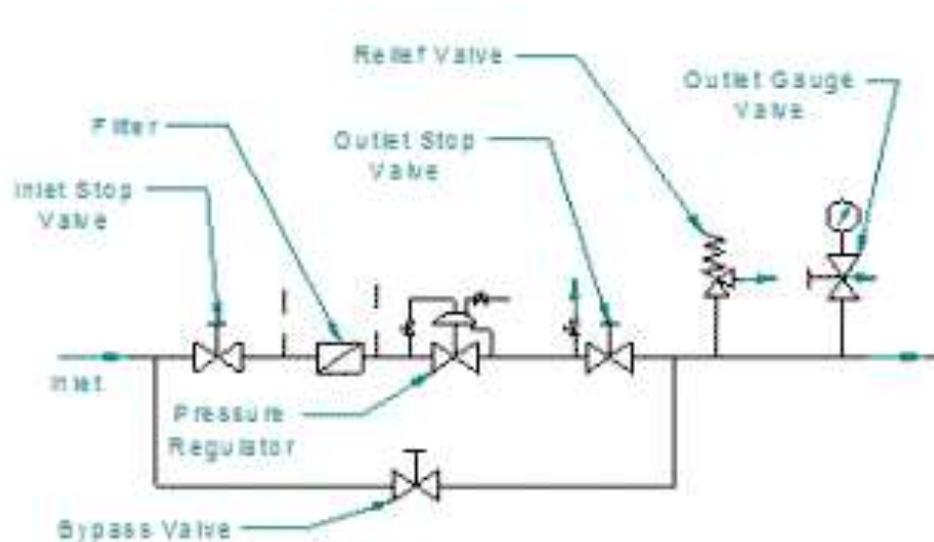
#### c. *Air starting valve*

*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 masing-masing kepala silinder dan penyalur udara untuk menjalankan mesin.

d. *Reducing station valve*

Berfungsi untuk mengurangi tekanan dari 30 bar menjadi 7 bar guna keperluan untuk pembersihan *turbo charger* beserta salurannya menuju mesin induk.



Gambar 2 *Reducing station*

(Joseph E. Shigley 1999 Perencanaan Teknik Mesin, Erlangga : Jakarta)

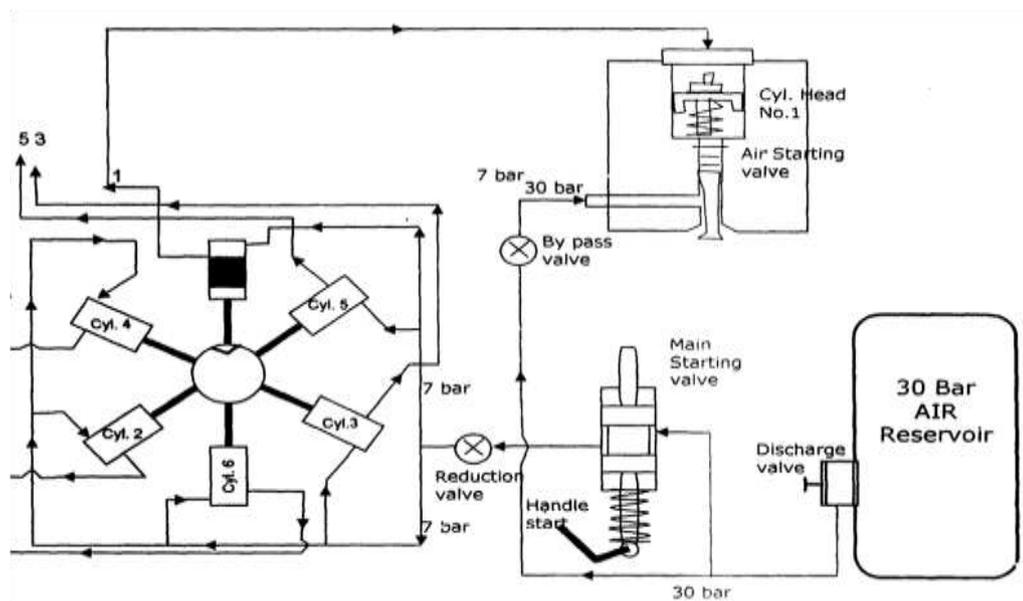
## 2.4 Prinsip Kerja Sistem Udara Pejalan

Mesin utama yang digunakan untuk *start* dilakukan oleh udara bertekanan dari tabung udara tekan, yang kemudian dimasukkan ke silinder dalam rangkaian yang sesuai untuk arah yang dibutuhkan/disyaratkan. Cara kerja dari sistem ini adalah dengan 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.

Menurut J.H Jusak Alat pada mesin ini digerakkan dengan *cam shaft* 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  $20 \text{ kg/cm}^2$  (20 bar) karena bila tekanan udara dibawahnya, maka udara tersebut tidak mampu menekan piston kebawah.

2. Katup tekan di bejana udara dibuka penuh, maka udara akan keluar ke *main starting valve*. Setelah udara tersebut direduksi tekanannya hingga  $\pm 10$  bar.
3. 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 order*nya (misalnya motor diesel 4 tak adalah 1-3-2-5-8-6-7-4).
4. *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 tabung udara.



Gambar 3 *Engine Starting system*

([enginestartingardiansyahab.blogspot.com](http://enginestartingardiansyahab.blogspot.com), 15 Februari 2019)

5. 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 *turbocharge cleaning*, dan volume yang sedikit digunakan untuk *fuel valve testing unit*.