

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. SISTEM STARTING VALVE

Sistem *starting valve* pada suatu mesin adalah suatu sistem untuk menghidupkan mesin tersebut. Sistem start ini ada bermacam-macam mulai dari yang paling sederhana sampai dengan yang rumit (*kompleks*) sesuai dengan besarnya daya dari engine tersebut (*Davit&Kingsley, 1983*). Untuk sistem yang sederhana biasanya instalasinya hanya *simple*, sebagai contohnya adalah sistem start yang *dikick* dengan kaki. Untuk contoh sistem start yang rumit adalah sistem start dengan menggunakan udara bertekanan yang membutuhkan instalasi dan peralatan seperti *compressor*, botol angin serta peralatan pendukung lainnya. Secara garis besar sistem start pada suatu engine dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu *direct start* dan *indirect start*.

a. *Indirect Start*

Indirect start yaitu suatu sistem start dimana perlakuan yang dikenakan pada engine adalah di luar ruang bakar engine. *Indirect start* ini biasanya ada pada engine 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 botol angin. Botol angin ini tidak digunakan untuk menekan piston di ruang bakar, melainkan untuk menggerakkan *flywheel*. Cara lain yaitu dengan menggunakan motor elektrik maupun hidrolis yang biasanya tegangannya berkisar 6 sampai 12 volt. (*Davit&Kingsley, 1983*)

Indirect start ini biasanya yang mendapat perlakuan pada engine adalah bagian *flywheel*. Jika *flywheel* diputar maka secara otomatis piston juga akan ikut bergerak karena bagian *flywheel* terhubung dengan piston. Dengan bergeraknya piston dan adanya injeksi bahan bakar maka pembakaran dapat terjadi karena adanya kompresi. Pada diesel engine dapat terjadi pembakaran dengan terpenuhinya segitiga api. Dengan tersedianya tekanan pembakaran yang cukup dengan adanya penginjeksian bahan bakar.

b. *Direct Start*

Direct start adalah sistem start dimana perlakuan di engine ada di ruang bakar. Sistem ini diaplikasikan pada engine dengan daya yang besar, biasanya untuk engine yang ada di kapal. Sebenarnya *indirect start* juga bisa diaplikasikan pada engine dengan daya yang besar. Akan tetapi sistem ini menjadi tidak efektif dan tidak efisien karena instalasi dan dimensi dari

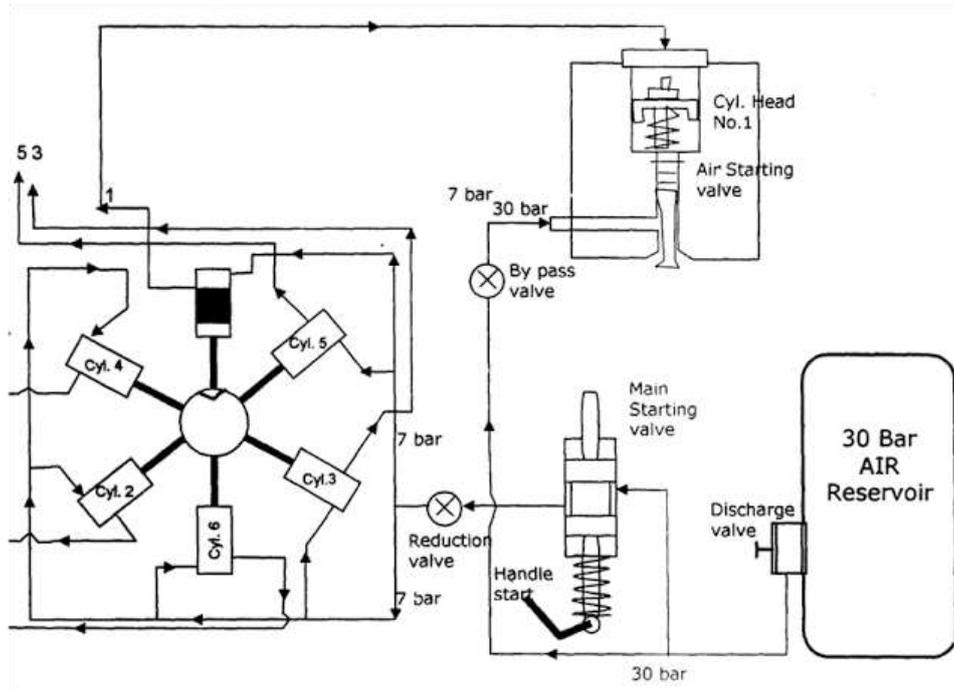
sistem start ini membutuhkan *space* yang besar. Jika diaplikasikan di kapal, tentu saja hal ini tidak praktis. Sistem start di kapal diletakkan di engine room yang mempunyai *space* sangat terbatas.

Aplikasi dari *direct start* ini juga menggunakan botol angin untuk menginjeksikan udara yang bertekanan ke dalam ruang bakar. Pada *indirect start* juga ada kasus yang sama yaitu penggunaan botol angin. Akan tetapi dalam aplikasinya terdapat perbedaan yang sangat mendasar antara kedua sistem ini. Jika pada *indirect start*, botol angin 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 botol angin masuk ke engine melalui *starting valve*. (Taylor, 1996).

Main engine yang distart dengan udara bertekanan dilengkapi dengan paling tidak dua unit kompresor. Satu di antaranya berpengerak independen dari main engine, dan harus mensuplai 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. Sumber : Arwah Boni 2014

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 dan sistem udara start digunakan untuk starting auxiliary engine, mensuplai peralatan pneumatic, peralatan manoeuvring, atau tyfon semuanya disuplai dari tabung udara maka harus dipertimbangkan dalam perhitungan kapasitas tabung udara. Sumber : Arwah Boni 2014

Botol angin (tabung penyimpanan udara) yang harus di sediakan pada sistem *start* adalah 2 buah botol angin. Kapasitas yang harus di sediakan untuk *reversible diesel engine* adalah 12 kali untuk *start* dan kapasitas udara di dalam botol angin minimal 20 bar. Jika kapasitas tekanan kurang dari 20 bar maka sistem *start engine* tidak akan berjalan dengan lancar. Sumber : Wijaya Budi Hendarto 2010



Gambar 1. Diagram sistem udara start

Ketika katup diperlukan untuk membuka, udara 30 bar dari distributor udara pejalan memasuki bagian atas badan katup dan mendorong piston. Gaya ini mengatasi gaya pegas yang menahan tutup katup, dan katup terbuka. Ketika sinyal udara dari distributor udara pejalan menghembus, pegas menutup katup. Ketika urutan start selesai tekanan awal udara utama dibuang melalui lubang di manifold udara pejalan utama. Faktor eksternal yang menjadi penyebab utama *air starting valve* tidak bekerja/macet yaitu kualitas kelembaban dan kebersihan udara yang buruk. Untuk itu agar hal ini tidak terjadi maka kompresor sebagai pensuplai udara start harus selalu dilakukan perawatan berkala secara kontinyu. Adapun prinsip kerjanya dari gambar di atas adalah untuk *start engine* baik kapal berangkat ataupun saat olah gerak dilaksanakan sebagai berikut : Saat udara bertekanan dialirkan dari tabung udara, selanjutnya *distributor valve* menggerakkan plunyer untuk bekerja maka udara ini langsung menekan piston melalui *air starting valve* di *cylinder head*. Jadi udara tersebut melaksanakan kerja parallel, disamping mengatur ke *distributor valve* sekaligus untuk udara start mendorong piston ke bawah pada tekanan minimal 20 bar sesuai tekanan pada botol angin. Udara dari bejana minimal 20 bar karena bila udara di bawahnya, maka udara tersebut tidak mampu menekan piston kebawah. Katup tekan di bejana udara dibuka penuh, maka

udara akan keluar dari ke main *starting valve*. Setelah udara tersebut di reduksi tekananya hingga jurang lebih 20 bar.

1. Cara 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 expansi (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 15 kg/cm^2 (15 bar) karena bila tekanan udara dibawahnya, maka udara tersebut tidak mampu menekan piston kebawah dan tekanan maksimal 30 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 ± 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 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 1-4-2-6-3-5).

- 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 15 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 menyuplay tekanan udara keruang bakar sehingga piston akan bergerak. Sedangkan untuk Indirect yaitu: starting engine yang dilakukan dengan perlakuan terhadap crankshaft nya atau flywheelnya 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 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.

4. Starting dengan udara bertekanan

Main engine yang distart dengan udara bertekanan dilengkapi dengan paling tidak dua unit kompresor. Satu di antaranya berpengerak independen dari main engine, dan harus mensuplai 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 manoeuvring, 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. Komponen Pendukung Utama Sistem Starter Pada Motor Induk

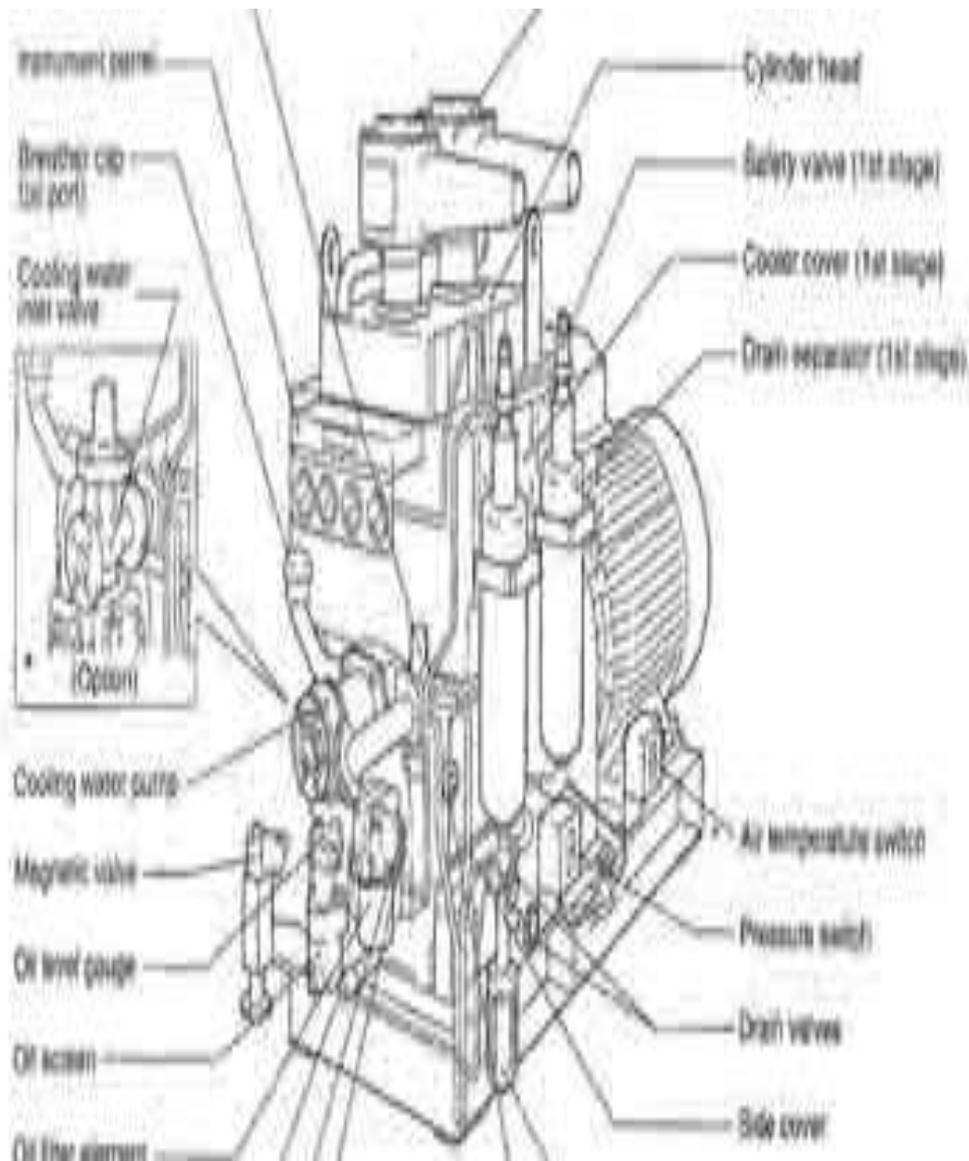
Sistem *starting valve* terdiri dari beberapa komponen yaitu compressor, separator, botol angin (*Main Air Receiver*), *Main Starting Valve*, *Air Starting Valve*. Agar dalam men-start

engine dapat berjalan dengan lancar sesuai prosedur manual *Book*, maka memerlukan komponen - komponen utama yang mendukung kelancaran proses destilasi. Beberapa komponen sistem *starting vale* dijelaskan dibawah ini :

1. Kompresor

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 persen Nitrogen, 21 persen 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.

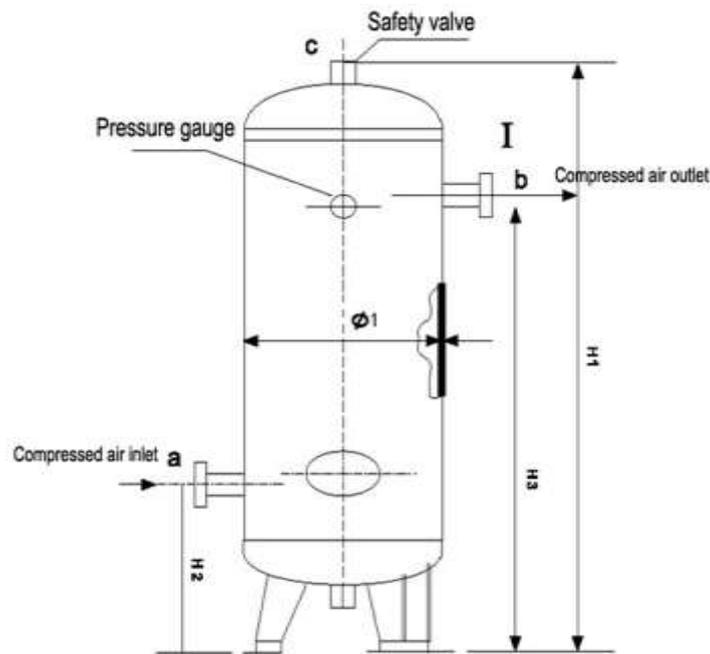


Gambar 2. Compressor

2. 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 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 hidroflore.



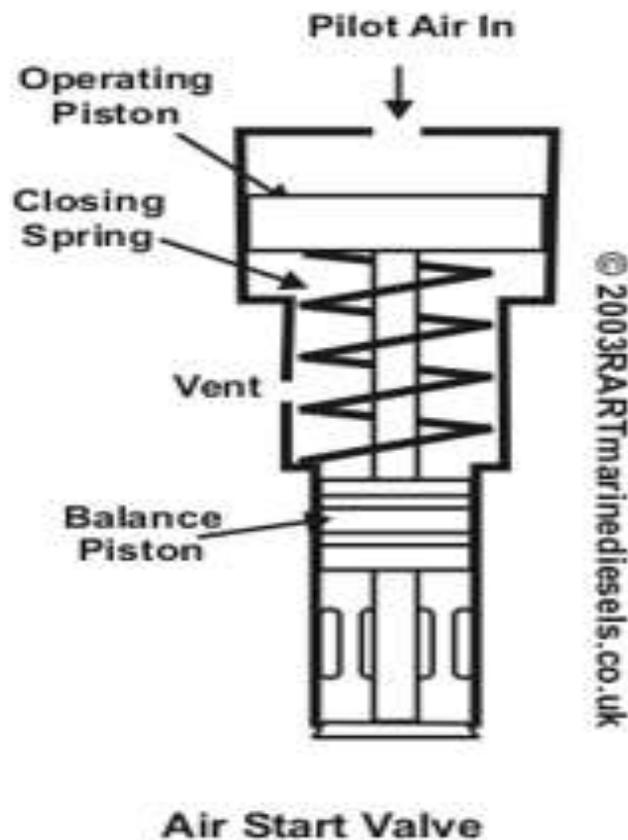
Gambar 3. Botol angin (*Main Air Receiver*)

3. *Main starting valve*

Berfungsi sebagai katup penyalur untuk membagi ke masing-masing *cylinder head* dan penyalur udara untuk *start*.

4. *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.



Gambar 4. *Air starting valve*

5. *Distributor*

Distributor biasanya terdiri dari kumpulan *pilot valve* yang di susun secara seri. Biasanya pada masing-masing silinder ada satu saluran *pilot valve*. Pergerakan dari *pilot valve* ini di gerakan oleh *camshaft*. *Distributor* sangat mempengaruhi untuk proses sistem *starting valve* jadi pipa-pipa pada *distributor* harus benar-benar sangat di rawat karena sampek terjadinya korosi sedikit saja sistem *starting valve* akan terhambat.



Gambar 5. *Distributor*

2.2 Prinsip kerja sistem *starting valve*

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

- a. Udara dari bejana udara minimal 15 kg/cm² (15bar) karena bila udara dibawahnya maka udara tersebut tidak mampu menekan piston ke bawah.
- b. Katup tekanan di bejana udara dibuka penuh, maka udara akan keluar ke main *starting valve*. Setelah udara tersebut direduksi tekanannya hingga kurang lebih 10bar.
- c. Bila *handle start* ditekan kebawah, maka udara keluar dari sistem sebagian masuk dulu ke *distributor valve* dan sebagian *cylinder head air starting valve*. Udara *start* ini diatur oleh *distributor valve* dengan tekanan 10bar mana yang bekerja pada proses ekspansi (hanya ada 1silinder yang bekerja) melalui plunyer yang di hubungkan firing ordernya.
- d. *Distributor valve* mengatur *plunyer* yang bekerja dan udara ini langsung menggerakkan piston melalui air *starting valve cylinder head*.

7. 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 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 manual book dari mesin yang digunakan .