

## **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 sistem 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 sistem. 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 baterey 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 *hidrofhore*.



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

e. *Manometer*

*Manometer* merupakan alat sederhana yang digunakan untuk mengukur tekanan dengan menggunakan cairan. Ini bekerja berdasarkan asas hukum Pascal. Dalam sistem tertutup yang mengandung cairan saat diam, perubahan tekanan akan di teruskan melalui cairan tanpa batas.

*Manometer* mengukur perbedaan tekanan udara atau cairan dengan membandingkannya dengan sumber luar, sebagai contoh biasanya atmosfer bumi. Ada beberapa jenis *manometer*, yang paling sederhana adalah tabung *piezometer*, yang merupakan tabung tunggal dan alas yang menahan cairan. *Manometer* yang lebih umum berbentuk U dan memiliki tabung yang saling berhubungan.

*Manometer* digunakan dalam survei atmosfer, analisis cuaca, analisis gas dan penelitian atmosfer planet lain. Mereka biasanya terbuat dari kaca atau plastik, dan sementara sebagian besar digunakan untuk pengukuran, beberapa dapat mengukur perubahan secara digital. *Manometer* tabung



tunggal hanya mengukur tekanan cairan, karena tidak ada tempat alternatif untuk membandingkan dengan gas. *Manometer* berbentuk U pada dasarnya memiliki dua tekanan gas yang berbeda satu sama lain, dan mengukur tekanan gas yang ditangkap. Gas yang mengalir bebas biasanya tiangkat udara pada atmosfer saat ini.

Cara kerja *Manometer* yaitu Cairan ditempatkan di dalam tabung, biasanya cairan responsif seperti merkuri yang stabil di bawah tekanan. Salah satu ujung tabung U kemudian diisi dengan gas yang akan diukur, biasanya dipompa sehingga tabung bisa disegel di belakangnya. Ujung satunya dibiarkan terbuka supaya mendapat tekanan alami dari luar. Cairan tersebut kemudian diimbangi di bagian bawah U, tergantung tekanan gasnya. Tekanan atmosfer menekan cairan, memaksanya turun dan masuk ke ujung tabung yang tertutup. Gas yang terjebak di ujung yang tertutup juga mendorong ke bawah, memaksa cairan kembali ke sisi lain.

Kemudian pengukuran diambil untuk melihat seberapa jauh cairan di ujung yang disegel telah didorong baik di bawah titik cairan di ujung terbuka atau di atasnya. Jika cairannya rata, langsung di kedua tabung, maka tekanan gasnya sama dengan tekanan udara luar. Jika cairan naik di atas level ini di ujung yang disegel, maka tekanan udara lebih berat daripada gas. Jika gas lebih berat daripada udara, maka akan mendorong cairan di ujung yang tertutup rapat di bawah titik yang sama.



Gambar 2.5 *Manometer*

f. *Unloader device*

Kompresor udara unloader adalah katup kecil, tetapi penting, bagian dari kompresor piston *reciprocating*. Ini memadamkan tekanan di dalam pipa pembuangan ketika kompresor berhenti. (Ada jenis lain dari katup unloader, yang dapat ditemukan di inlet kompresor sekrup putar, juga disebut katup inlet atau katup pemuatan).

Katup *unloader* yang menggabungkan katup pilot dan katup unloader untuk menjalankan kompresor udara secara terus menerus. Sementara jenis katup ini paling sering digunakan pada kompresor udara bertenaga gas, itu juga dapat digunakan pada model listrik. Saat kompresor udara berjalan, pilot tetap tertutup sampai tekanan mencapai pengaturan *unload*. Ketika itu terjadi, pilot membuka dan menekan katup unloader, menyebabkan katup unloader membuka dan udara berlebih dari kompresor untuk melampiaskan ke atmosfer. Karena udara tekan digunakan dan tekanan turun ke pengaturan beban, pilot menutup dan menekan katup unloader. Katup *unloader*

kemudian menutup dan tekanan mulai membangun lagi dan mengulangi siklus.



Gambar 2.6 *Unloader Device*

g. *Safety Valve*

Pengetahuan mengenai fungsi valve dan jenis-jenisnya perlu untuk dipahami karena dalam suatu industri terutama yang bergerak dalam pengolahan liquid seperti kilang minyak pasti memiliki sistem perpipaan yang berfungsi sebagai tempat mengalirnya liquid atau fluida. Seperti pada umumnya, setiap rangkaian pipa tentu memiliki suatu alat yang digunakan untuk mengatur jumlah aliran agar proses pengolahan atau pengaliran dapat berjalan sesuai dengan yang ditentukan. Alat ini tentu sudah tidak asing lagi bagi kita, contoh sederhananya yaitu katup air yang hampir kita gunakan setiap hari. Namun, tidak hanya katup untuk pipa air, masih ada banyak jenis valve yang digunakan pada bidang-bidang tertentu.



Gambar 2.7 Safty valve

#### h. 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 .