

## **BAB VI**

### **PERHITUNGAN SISTEM PIPA**

#### **(*PIPING SYSTEM*)**

#### **6.1 Sistem Bilga (*Clean Bilge System and Oily Bilge System*)**

##### **6.1.1 Pengertian Sistem Bilga**

Sistem bilga yaitu sistem yang digunakan untuk membuang atau menguras air bila terjadi kebocoran baik akibat grounding atau collision, serta untuk penguras atau penering akibat air yang masuk keruang muat karena ombak atau karena cuaca buruk. Sistem bilga terdiri dari 2 macam yaitu :

1. Clean Bilge System yaitu sistem bilga yang berfungsi untuk membuang air yang tidak tercampur dengan minyak. Air tersebut bisa berasal dari kebocoran pada lambung kapal, ombak yang masuk ke geladak hujan, pengembunan, atau waktu pencucian cargo hold.
2. Oily Bilge System yaitu sistem bilga dimana air kotor dan minyak bercampur menjadi satu sebagai fluida yang akan diserap. Sistem ini terdapat pada kamar mesin yang mana pada kamar mesin banyak terdapat minyak yang berasal dari kebocoran pipa bahan bakar, pelumas, dan lain-lain.

##### **6.1.2 Komponen Instalasi Sistem Bilga**

Sistem instalasi pipa terdiri dari komponen-komponen yang mendukung proses pemindahan fluidanya. Komponen-komponen yang diperlukan dalam instalasi sistem pipa antara lain :

##### **Ñ Pipa**

Pipa adalah bagian utama dari sistem pipa yang berfungsi menyalurkan fluida. Pembagian kelas pipa diatur oleh Biro Klasifikasi Indonesia yang didasarkan pada tekanan dan temperatur

kerjanya. Pada system bilga ini menggunakan pipaSCH 40 diameter 65 mm / 2,5 inch tebal 5,2 mm

Tabel 6.1 Standart Ukuran Pipa Baja menurut “JIS”

<b>Inside Diameter</b> (mm)	<b>Nominal Size</b> (inch)	<b>Outside Diameter</b> (mm)	<b>SGP Tebal Min</b> (mm)	<b>Schedule 40</b> (mm)	<b>Schedule 80</b> (mm)
6	¼	10.5	2.0	1.7	2.4
10	3/8	17.3	2.3	2.3	3.2
15	½	21.7	2.8	2.8	3.7
20	¾	27.2	3.2	2.9	3.9
25	1	34.0	3.5	3.4	4.5
32	1 ¼	42.7	3.5	3.6	4.9
40	1 ½	48.6	3.8	3.7	5.1
50	2	60.5	4.2	3.9	5.5
65	2 ½	76.3	4.2	5.2	7.0
80	3	89.1	4.5	5.5	7.6
100	4	114.3	4.5	6.0	8.6
125	5	139.8	5.0	6.6	9.5
150	6	165.2	5.8	7.1	11.0
200	8	216.3	6.6	8.2	12.7
250	10	267.4	6.9	9.3	-
300	12	318.5	7.9	10.3	-
250	14	355.6	7.9	11.1	-
400	16	406.4	-	12.7	-
450	18	457.2	-	-	-
500	20	508.0	-	-	-

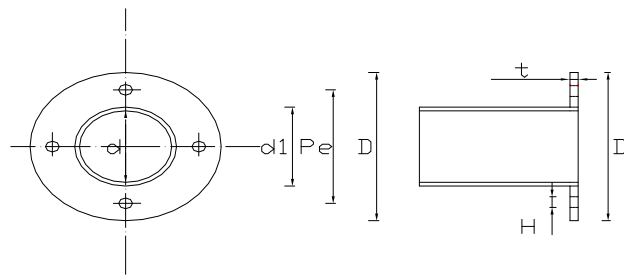
#### Ñ **Valve (Katup)**

Alat pemutus dan alat pengarah aliran (*valve*) adalah peralatan yang berguna untuk memutuskan, menghubungkan, serta merubah arah ke bagian yang lain dari sistem pipa dan juga untuk mengontrol aliran dan tekanan dari fluida. Didalam sistem bilga ini menggunakan jenis gate valve

#### Ñ **Flens (Flange)**

Pipa sesuai dengan panjangnya dihubungkan dengan flens untuk pipa baja. Flens baja dibentuk dengan las bubut, ulir atau menambah pipa. Dimana kedua ujung pipa yang akan disambung dipasang flens

kemudian diikat dengan baut (*bolt*). Flens pipa dikelompokkan menurut besarnya tekanan yang disesuaikan dengan tekanan kerja maksimum ataupun diatasnya.



**Gambar 6.1. Flens**

Keterangan:

$d$  = Diameter dalam

$d_1$  = Diameter luar pipa

$P_e$  = Diameter letak baut flens

$D$  = Diameter flens

$t$  = Tebal flens

$H$  = Diameter Baut

Sambungan antar pipa dengan flens harus sesuai dengan ketentuan, dimana ketentuan tersebut seperti yang terdaftar pada tabel di bawah ini.

Tabel 6.2

<b>d</b>	<b>d<sub>1</sub></b>	<b>Dc</b>	<b>D</b>	<b>T</b>	<b>H</b>	<b>Jumlah Baut</b>
15	21,0	60	80	9	12	4
20	27,7	65	85	10	12	4
25	34,0	75	95	10	12	4
32	42,7	90	115	12	15	4
40	48,6	95	120	12	15	4
65	76,3	130	150	14	15	4

80	89,1	145	180	14	15	4
100	114,3	165	200	16	19	4
125	159,8	200	135	16	19	8
150	165,2	135	265	18	19	8
200	216,3	280	320	20	20	8

Flens pipa secara umum dikelompok menjadi beberapa macam menurut cara penyambungan dan tipe dari permukaan flens. Berikut ini flens yang umum digunakan.

### 1. *Welded Neck Flange*

*Welded Neck Flange* adalah flens yang ujungnya dilas pada pipa dan berbentuk kerucut tipis untuk penguatan. Tipe flens seperti ini memiliki keamanan konstruksi yang lebih baik dan cocok untuk tekanan tinggi, suhu tinggi dan suhu yang rendah.

### 2. *Slip-on Welded Flanges*

Pada slip-on welded flens, pipa dimasukkan ke plate flens dan dilas tipis pada kedua sisi dari flens dan cocok untuk instalasi dengan tekanan dari rendah sampai dengan tekanan sedang.

### 3. *Composite Flange*

Flens komposit yang digunakan pada instalasi pipa *copper* atau paduan *copper* dengan diameter 50 mm atau lebih sesuai ketentuan yang ada. Sebagai contoh misalnya bagian dalam flens menggunakan *cast bronze* sedangkan bagian luar flens menggunakan baja lunak.

## Ñ Separator

Fungsi separator adalah untuk memisahkan minyak dengan air. Prinsip terjadinya adalah dalam separator terdapat poros dan mangkuk-mangkuk yang berhubungan pada tepi-tepinya. Setelah minyak yang masih tercampur dengan air masuk ke separator maka

mangkuk-mangkuk tersebut akan berputar bersama padanya. Dengan perbedaan masa jenisnya maka air akan keluar melalui pembuangan sedangkan minyak akan masuk melalui lubang-lubang pada mangkuk yang selanjutnya akan ditampung ketangki harian.

### **6.1.3 Cara Kerja Sistem Bilga**

Cara kerja dari sistem bilga adalah menampung berbagai zat cair tersebut ke dalam sebuah tempat yang dinamakan dengan *bilge well*, kemudian zat cair tersebut dihisap dengan menggunakan pompa bilga dengan ukuran tertentu untuk dikeluarkan dari kapal melalui *overboard*. Sedangkan zat cair yang mengandung minyak yang tercecer di dalam *engine room* akan ditampung didalam *bilge well* yang terletak dibawah *main engine*, kemudian akan disalurkan menuju *Oily Water Separator* untuk dipisahkan antara air, kotoran dan minyaknya. Untuk minyaknya dapat digunakan lagi sedangkan untuk air dan kotoran yang tercampur akan dikeluarkan melalui *overboard*.

### **6.1.4 Susunan Pipa Bilga Secara Umum**

Perpipaan bilga terdiri dari pipa bilga utama dan pipa bilga cabang, pipa bilga langsung, dan pipa bilga darurat. Sistem bilga utama dan cabang fungsinya untuk memindahkan air yang tercecer yang terdapat pada tempat-tempat bilga pada kapal dengan menggunakan pompa bilga di kamar mesin. Sisi hisap bilga di kamar mesin biasanya dipasang di dalam *bilge well* di bagian depan kamar mesin (*port dan starboard*), bagian belakang kamar mesin, dan bagian belakang *shaft tunnel*. Saluran cabang bilga ini dihubungkan dengan saluran utama bilga yang mana dihubungkan ke sisi hisap pompa bilga. Pipa-pipa bilga langsung adalah untuk menghubungkan secara langsung *bilge well* pada bagian depan kamar mesin dengan pompa bilga. Diameter dalamnya sama dengan saluran bilga utama. Pipa bilga darurat adalah pipa hisap bilga yang dihubungkan ke pompa

yang mempunyai kapasitas terbesar di kamar mesin dan biasanya dihubungkan ke pompa utama pendinginan air laut di mesin kapal. Diameter dalam pipa bilga darurat biasanya sama dengan diameter hisap pompa.

Susunan pipa bilga secara umum harus ditentukan dengan persyaratan dari Biro Klasifikasi Indonesia, yaitu:

1. Pipa-pipa bilga dan penghisapannya harus ditentukan sedemikian rupa sehingga kapal dapat dikeringkan sempurna walaupun dalam keadaan miring/ kurang sempurna.
2. Pipa-pipa hisap harus diatur kedua sisi kapal pada ruangan-ruangan kedua ujung masing-masing kapal cukup dilengkapi dengan satu pipa hisap yang dapat mengeringkan ruangan-ruangan tersebut.
3. Ruangan yang terletak di depan sekat tubrukan dan di belakang tabung poros *propeller* yang tidak dihubungkan dengan sistem pompa bilga umum harus dikeringkan dengan cara yang memadai.
4. Pipa Bilga yang melalui tanki-tanki.
  - Pipa bilga yang melewati tanki-tanki tidak boleh dipasang melalui tanki minyak lumas, minyak panas, dan air minum.
  - Jika pipa bilga melalui tanki bahan bakar yang terletak di atas alas ganda dan berakhir pada ruangan yang sulit dicapai selama pelayaran maka harus dilengkapi dengan katup *non-return* tambahan, tepat dimana pipa dari sisi hisap bilga tersebut masuk ke tanki bahan bakar.
5. Pipa Hisap Bilga dan Saringan-saringan
  - Pipa hisap harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak menyulitkan dalam membersihkan pipa hisap. Kotak pengering pipa hisap dilengkapi dengan saringan yang tahan karat.

- Aliran pipa hisap bilga darurat tidak boleh terhalang dan pipa hisap tersebut terletak pada jarak yang cukup dari alas dalam.
6. Katup dan Perlengkapan Sistem Bilga
- Katup dan perlengkapan pada pipa bilga terletak pada tempat yang strategis, sehingga efisien dalam penggunaannya.

### 6.1.5 Perhitungan Pipa Bilga dan Perlengkapannya

#### 1. Pipa Bilga Utama

- a) Perhitungan Diameter Dalam Pipa(Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-27. N-2.2)

$$d_H = 1,68 \sqrt{L \times (B+H)} + 25 \text{ (mm)}$$

Dimana:

$$L = 36,85 \quad \text{m}$$

$$B = 9,45 \quad \text{m}$$

$$H = 3,60 \quad \text{m}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} d_H &= 1,68 \sqrt{36,85 \times (9,45 + 3,60)} + 25 \text{ mm} \\ &= 61,84 \text{ mm} \\ &= 65 \text{ mm} \\ &= 2,5 \text{ inch tebal } 5.2 \text{ mm Sch } 40 \end{aligned}$$

- b) Perhitungan Tebal Pipa Utama(Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-9. C-2.1)

$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

Dimana:

$$S_o = \frac{(d_a \times P_c)}{(20 \times \sigma_{perm} \times V) + P_c}$$

$d_a$  =Diameter Luar Pipa(Standar Ukuran Pipa Baja. *Japan International Standar. Pipe*)

$$= 76,3 \text{ mm}$$

$P_c$  =Ketentuan Tekanan(Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-2. Table 11.1)

$$=16 \text{ Bar}$$

$\sigma_{\text{perm}}$ =Toleransi Tegangan Max(Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-10. C-2.3.3)

$$=80 \text{ N/mm}^2$$

$v$  =Faktor Efisiensi (Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-10. C-2.5)

$$= 1,00$$

$$S_o = \frac{(76,3 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16}$$

$$= 0,755 \text{ mm}$$

$c$  =Faktor korosi *Seawater Lines*(Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-11. Table 11.10a)

$$=3,00$$

$$b =0$$

Sehingga:

$$S = 0,755 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0$$

$$= 3,755 \text{ mm} \quad 4 \text{ mm}$$

c. Kapasitas Pompa Bilga Utama (Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-28. N-3.1)

$$Q = 5,75 \times 10^{-3} \times d_H^2$$

$$= 5,75 \times 10^{-3} \times 65^2$$

$$= 24,294 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

## 2. Pipa Bilga Cabang

a) Perhitungan Diameter Pipa(Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-27. N-2.2)

$$d_z = 2,15 \sqrt{1 \times (B+H)} + 25 \text{ (mm)}$$

$$= 2,15 \sqrt{7,150 \times (9,45 + 3,60)} + 25 \text{ (mm)}$$

$$= 23,38 \text{ mm}$$

$$= 1 \text{ inch tebal } 3.5 \text{ mm Sch } 40$$

b) Perhitungan Tebal Pipa Cabang



$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

Dimana:

$$S_o = \frac{(d_a \times P_c)}{(20 \times \sigma_{perm} \times V) + P_c}$$

$d_a$  = Diameter Luar Pipa

$$= 34 \text{ mm}$$

$P_c$  = Ketentuan Tekanan

$$= 16 \text{ Bar}$$

$\sigma_{perm}$  = Toleransi Tegangan Max

$$= 80 \text{ N/mm}^2$$

$v$  = Faktor Efisiensi

$$= 1,00$$

$$S_o = \frac{(34 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16}$$

$$= 0,336 \text{ mm}$$

$c$  = Faktor korosi *Seawater Lines* (Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-11. Table 11.10a)

$$= 3,00$$

$b$  = 0

Sehingga:

$$S = 0,336 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0$$

$$= 3,336 \text{ mm} \quad 4 \text{ mm}$$



## **6.2 Sistem *Ballast* dan *Sea Chest* ( Kotak Laut )**

### **6.2.1 Pengertian Sistem *Ballast* Kapal**

Sistem *ballast* adalah salah satu sistem untuk menjaga keseimbangan posisi kapal. Sistem ini ditujukan untuk menyesuaikan derajat kemiringan dan draft kapal, sebagai akibat dari perubahan muatan kapal sehingga stabilitas kapal dapat dipertahankan.

### **6.2.2 Komponen Instalasi Sistem *Ballast***

- **Pipa**

Pada system ini secara umum menggunakan pipa jenis timah hitam, karena sesuai dengan kebutuhan yaitu menyuplai air laut untuk system *ballast*. Pipa yang digunakan yaitu SCH 40 diameter 80 mm / 3 inch tebal 5,5 mm

- **Valve**

Valve yang digunakan dalam system ini adalah globe valve karena sesuai dengan tekanan yang dihisap maupun yang dikeluarkan pada system *ballast*

- **Botol Angin Dan *Sea Chest***

Fungsinya apabila kotak lautnya terdapat banyak kotoran atau binatang laut, angin akan menyemprotkan udara yang bertekanan ke dalam kotak laut tersebut.

### **6.2.3 Cara Kerja Sistem *Ballast***

Cara kerja sistem *ballast*, secara umum adalah untuk mengisi tanki *ballast* yang berada di *double bottom*, dengan air laut, yang diambil dari *sea chest* melalui pompa *ballast* kemudian disaring dan salurkan melalui pipa utama, kemudian disalurkan menuju masing-masing pipa cabang seperti untuk pendingin mesin utama dan bantu, mengisi tanki *ballast*, untuk sistem pemadam kebakaran dan sistem kebersihan kapal, melalui masing-masing pompa tiap cabang.

### **6.2.4 Susunan Pipa *Ballast* Secara Umum**

Menurut peraturan Biro Klasifikasi Indonesia *Volume III* 2013 *Section 11-P* dinyatakan:

### **1. Jalur Pipa Ballast**

- Pipa hisap dalam tanki-tanki *ballast* harus diatur sedemikian rupa sehingga tanki-tanki tersebut dapat dikeringkan sewaktu kapal dalam keadaan trim atau kapal dalam keadaan kurang menguntungkan.
- Kapal yang memiliki tanki *double bottom* yang sangat lebar juga dilengkapi dengan sisi isap pada sebelah luar dari tanki. Dimana panjang dari tanki air *ballast* lebih dari 30 m, Kelas mungkin dapat meminta sisi isap tambahan untuk memenuhi bagian depan dari tanki.

### **2. Pipa yang Melalui Tanki**

Pipa air *ballast* tidak boleh melalui instalasi tanki air minum, tanki air baku, tanki minyak bakar, dan tanki minyak pelumas.

### **3. Sistem Perpipaan**

- Bilamana tanki air *ballast* akan digunakan khususnya sebagai pengering palka, tanki tersebut juga dihubungkan ke sistem bilga.
- Katup harus dapat dikendalikan dari atas geladak cuaca (*freeboard deck*).
- Bilamana *fore peak* secara langsung berhubungan dengan suatu ruang yang dapat dilalui secara tetap (misalnya ruang *bow thruster*) yang terpisah dari ruang kargo, katup ini dapat dipasang secara langsung pada *collision bulkhead* di bawah ruang ini tanpa peralatan tambahan untuk pengaturannya. Pada desain kapal ini tidak menggunakan bow thuster.

### **4. Pompa Ballast**

Jumlah dan kapasitas dari pompa harus memenuhi kebutuhan operasional dari kapal.

## **6.2.5 Perhitungan Pipa Ballast dan Perlengkapannya**

### 1. Diameter Pipa *Ballast*

Diameter pipa *ballast* disesuaikan dengan kapasitas tanki air *ballast* yaitu:

$$\text{Volume Tanki Air Ballast} = 61,119 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat Jenis Air Laut} = 1,025 \text{ ton / m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas tanki air } \textit{ballast} &= V \times \text{berat jenis air laut} \\ &= 61,119 \times 1,025 \\ &= 62,646 \text{ ton} \end{aligned}$$

Tabel 6.3

Kapasitas Tangki (ton)	Diameter dalam pipa & fitting (mm)
Sampai 20	60
20 – 40	70
40 – 75	80
75 – 120	90
120 – 190	100
190 – 265	110
265 – 360	125
360 – 480	140
480 – 620	150
620 – 800	160
800 – 1000	175
1000 – 1300	200

Menurut tabel 6.1 ukuran pipa berdasarkan kapasitas tanki, untuk kapasitas tanki antara 40~75 ton, diameter dalam pipa ( $d_B$ ) adalah 80 mm = 3 inch tebal 5.5 mm Sch 40

**2. Kapasitas Pompa *Ballast*** (Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-28. N-3.1)

$$Q_b = 5,75 \times 10^{-3} \times d_B^2$$

$$= 5,75 \times 10^{-3} \times 80^2$$

$$= 36,8 \text{ m}^3/\text{jam}$$

**3. Perhitungan Tebal Pipa *Ballast***

$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

Dimana:

$$S_o = \frac{(d_a \times P_c)}{(20 \times \sigma_{perm} \times v) + P_c}$$

$$d_a = \text{Diameter Luar Pipa}$$

$$= 89,1 \text{ mm}$$

$$P_c = \text{Ketentuan Tekanan}$$

$$= 16 \text{ Bar}$$

$$\sigma_{perm} = \text{Toleransi Tegangan Max}$$

$$= 80 \text{ N/mm}^2$$

$$v = \text{Faktor Efisiensi}$$

$$= 1,00$$

$$S_o = \frac{(89,1 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16}$$

$$= 0,882 \text{ mm}$$

$$c = \text{Faktor korosi *Seawater Lines* (Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-11. Table 11.10a)}$$

$$= 3,00$$

$$b = 0$$

Sehingga :

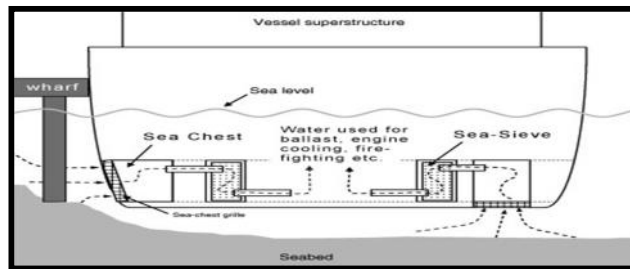
$$S = 0,882 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0$$

$$= 3,882 \text{ mm} \quad 4 \text{ mm}$$



### 6.2.6 Kotak Laut (*Sea Chest*) dan Perhitungannya

Pada kapal baja maupun kapal kayu yang mempunyai instalasi mesin di dalam (*type inboard engine*), pemakaian kotak laut (*sea chest*) yang dipasang pada lambung kapal bagian bawah air mutlak diperlukan. Karena dari *sea chest* ini semua kebutuhan air laut dalam kapal di saat kapal melakukan tugasnya dapat terpenuhi. Di dalam kapal, air laut dibutuhkan untuk pendingin mesin induk dan mesin bantu, untuk keperluan *ballast*, pemadam kebakaran, dan sebagainya. Pada umumnya *sea chest* dipasang pada dua tempat yang berbeda ketinggiannya, karena bervariasi kedalaman perairan yang dilewati.



Gambar 6.4 Letak Sea Chest

#### 6.2.6.1 Kapasitas *Sea Chest*

Kapasitas *sea chest* adalah antara 10% ~ 17% *Displacement*, diambil 10%. (Sistem Dalam Kapal Hal: 31. 1982. Surabaya: ITS)

$$\begin{aligned}V_{SC} &= 10\% \times D \\ &= 10\% \times 562,635 \\ &= 56,263 \text{ Ton}\end{aligned}$$

#### 6.2.6.2 Diameter Dalam Pipa *Sea Chest*

$$\begin{aligned}V_{SC} &= 56,263 \text{ Ton} \\ d_{sc} &= 80 \text{ mm}\end{aligned}$$

#### 6.2.6.3 Perhitungan Tebal Plat *Sea Chest* (Biro Klasifikasi Indonesia.

2013. *Volume II. Section 8-4. B-5.4.1*)

$$T = 12 \cdot a \cdot \sqrt{P \cdot k} + tk$$

Dimana :



a	= <i>Frame Spacing</i>	= 0,55 M
P	= Tekanan <i>Blow Up</i>	= 2 Bar
tk	= Faktor Korosi	= 1,5
k	= Faktor Bahan	= 1

Sehingga:

$$T = 12 \times 0,55 \times \sqrt{2 \times 1} + 1,5$$

$$= 8,47 \text{ mm} \quad = 10 \text{ mm}$$

#### 6.2.6.4 Perhitungan Lubang *Sea Chest*

- Luas Penampang Pipa

$$A = \frac{1}{4} \cdot d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 80^2$$

$$= 5024 \text{ mm}^2$$

- Luas Penampang *Sea Grating*

Direncanakan 2 kali luas penampang pipa

$$A_1 = 2 \times A$$

$$= 2 \times 5024$$

$$= 10048 \text{ mm}^2$$



### **6.3 Sistem Bahan Bakar (*Fuel Oil System*)**

#### **6.3.1 Pengeertian Sistem Bahan Bakar**

Sistem bahan bakar adalah sistem yang digunakan untuk mensuplai bahan bakar yang diperlukan motor induk. Sistem bahan bakar ini secara umum terdiri atas fuel oil transfer, filtery dan purifering; fuel oil circulating, fuel oil supply, dan heater. Bahan bakar di kapal disimpan di storage tank.

#### **6.3.2 Komponen Sistem Bahan Bakar**

- **Pipa**

Pada system ini dipilih pipa berjenis *Seam less drawing stell pipe* (pipa baja tanpa sambungan) karena sesuai untuk semua penggunaan dan dibutuhkan untuk pipa tekan dan sistem bahan bakar dari pompa injeksi bahan bakar motor pembakaran dalam. Dipilih ukuran SCH 40 diameter 32 mm / 1,25 inch tebal 3,6 mm

- **Valve**

Dalam system bahan bakar dipilih tipe gate valve karena sesuai dengan kebutuhan tekanan aliran pada system ini serta sangat mudah pengoperasiannya.

- **Purifier**

Secara prinsip sama dengan separator yaitu sebagai pemisah antara minyak dengan air. Hanya pada purifier kotoran yang telah dipisahkan akan dibuang pada saat kapal mengadakan pendedokan atau bersandar ke pelabuhan untuk menghindari pencemaran lingkungan.

- **Strainer/Filter**

Fungsi dari alat ini adalah sebagai saringan yang bagian dalamnya terdapat lensa penyaring.

#### **6.3.3 Susunan Pipa Secara Umum**

Pipa bahan bakar tidak boleh melalui tanki air tawar maupun tanki minyak lumas. Pipa bahan bakar tidak boleh terletak disekitar komponen-komponen yang panas.

#### **6.3.4 Pipa Pengisi dan Pengeluaran**

Pengisian pipa bahan bakar cair harus disalurkan melalui pipa yang diletakkan dari geladak terbuka/tempat-tempat pengisian bahan bakar di bawah geladak. Disarankan pada pengisian dari kedua sisi kapal. Penutupan pipa di atas geladak harus dapat dilakukan pengaliran bahan bakar menggunakan pipa pengisian.

#### **6.3.5 Alur Sistem Bahan Bakar**

Bahan bakar dihisap pompa dari tanki bahan bakar kemudian dialirkan melalui filter lalu dialirkan menuju tanki harian. Kemudian dari tanki harian disalurkan menuju purfier untuk dipisahkan antara minyak dan kotoran, setelah itu minyak dihisap dengan pompa supply menuju mesin utama dan mesin bantu, kotarannya akan dialirkan menuju bilge tank, kemudian minyak yg tercecceh diruang mesin akan dialirkan menuju sludge tank.

#### **6.3.6 Perhitungan Pipa Bahan Bakar**

BHP Mesin Induk = 1400 HP

BHP mesin bantu = 185 x 2  
= 370 HP

Sehingga Total HP = BHP AE + BHP ME  
= 370 + 1400  
= 1770HP

#### **1. Debit *Fuel* yang Mengalir pada Pipa Bahan Bakar ( $Q_{F1}$ ) dan Volume Tanki Harian ( $V_{FOT-DAY}$ )**

Konsumsi bahan bakar untuk mesin diesel adalah (0,17~0,18) kg/HP/jam

Sehingga konsumsi bahan bakar mesin diesel dengan daya total 1770 HP :

$$\begin{aligned}
\text{Konsumsi Bahan Bakar} &= 0,17 \times 1770 \\
&= 300,9 \text{ kg/jam} \\
&= 0,3 \text{ Ton/jam}
\end{aligned}$$

Debit bahan bakar yang mengalir dalam pipa ( $Q_{F1}$ ) :

$$\begin{aligned}
&= \text{Konsumsi Bahan Bakar} \times \text{Spesifik Volume Berat Bahan Bakar} \\
&= 0,3 \text{ Ton/Jam} \times 1,25 \text{ m}^3/\text{Ton} \\
&= 0,375 \text{ m}^3/\text{jam}
\end{aligned}$$

Pengisian tanki bahan bakar tiap 12 jam, sehingga volume tanki harian :

$$\begin{aligned}
V_{\text{FOT-DAY}} &= Q_{F1} \times 12 \\
&= 0,375 \times 12 \\
&= 4,5 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

## 2. Debit *Fuel* yang Mengalir pada Pipa dari FOT ke FOT-DAY ( $Q_{F2}$ )

Pengisian tanki harian diperlukan waktu 1 jam, maka debit bahan bakar yang mengalir dari tanki bahan bakar ke tanki harian :

$$\begin{aligned}
Q_{F2} &= \frac{V_{\text{FOT-DAY}}}{h} \\
&= \frac{4,5}{1 \text{ Jam}} \\
&= 4,5 \text{ m}^3/\text{jam}
\end{aligned}$$

## 3. Diameter Dalam Pipa Bahan Bakar dari Tanki Harian Menuju Mesin

$$\begin{aligned}
d &= \sqrt{\frac{Q_{F1}}{5,75 \times 10^{-3}}} \\
&= \sqrt{\frac{0,375}{0,00575}} \\
&= 8,075 \text{ mm} \\
&= 10 \text{ mm} = 0,3 \text{ inch} = 0,5 \text{ inch tebal 2.8 mm sch 40} \\
&\text{(Dicocokkan dengan Standar Ukuran Pipa Baja Menurut JIS)}
\end{aligned}$$

**4. Diameter DalamPipa Bahan Bakar dari Tanki Bahan Bakar Menuju Tanki Harian**

$$\begin{aligned}d &= \sqrt{\frac{Q_{F2}}{5,75 \times 10^{-3}}} \\&= \sqrt{\frac{4,5}{0,00575}} \\&= 27,975 \text{ mm} \\&= 32 \text{ mm} = 1,25 \text{ inch} \text{ tebal } 3.6 \text{ mm sch } 40 \text{ (Dicocokkan dengan Standar Ukuran Pipa Baja Menurut JIS)}\end{aligned}$$

**5. Perhitungan Tebal Pipa dari Tanki Bahan Bakar ke Tanki Harian**

$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

Dimana:

$$S_o = \frac{(d_a \times P_c)}{(20 \times \sigma_{perm} \times v) + P_c}$$

$$\begin{aligned}d_a &= \text{Diameter Luar Pipa} \\&= 42,7 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_c &= \text{Ketentuan Tekanan} \\&= 16 \text{ Bar}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{perm} &= \text{Toleransi Tegangan Max} \\&= 80 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}v &= \text{Faktor Efisiensi} \\&= 1,00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_o &= \frac{(42,7 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16} \\&= 0,422 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}c &= \text{Faktor korosi } \textit{FuelLines} \text{ (Biro Klasifikasi Indonesia 2006. Volume III. Section 11-11. Table 11.10)} \\&= 1,00\end{aligned}$$

$$b = 0$$

Sehingga:

$$S = 0,422 \text{ mm} + 1 \text{ mm} + 0$$

$$= 1,422 \text{ mm} \quad 1,5 \text{ mm}$$

#### 6.4 Perhitungan Pipa Minyak Lumas

$$\begin{aligned} \text{Volume Tanki Minyak Lumas (V}_{\text{LOT}}) &= 0,968 \text{ m}^3 \\ \text{Berat Jenis minyak} &= 0,8 \text{ ton/ m}^3 \\ \text{Kapasitas tangki Minyak Lumas} &= V \times 0,8 \\ &= 0,968 \text{ m}^3 \times 0,8 \text{ ton/m}^3 \\ &= 0,774 \text{ ton.} \end{aligned}$$

##### 6.4.1 Sistem Kerja Minyak Lumas

Minyak lumas dihisap pompa dari tanki minyak lumas double bottom melalui non return valve, kemudian menuju strainer lalu menuju L.O.cooler, kemudian dialirkan menuju mesin utama dan mesin bantu.

##### 6.4.2 Debit Fluida yang Mengalir pada Pipa Minyak Lumas ( $Q_L$ )

Pengisian tanki minyak lumas diperkirakan 15 menit =  $\frac{1}{4}$  jam

$$\begin{aligned} Q_L &= \frac{V_{\text{LOT}}}{h} \\ &= \frac{0,968}{0,25} \\ &= 3,872 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

##### 6.4.3 Diameter Pipa Minyak Lumas

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{\frac{Q_L}{5,75 \times 10^{-3}}} \\ &= \sqrt{\frac{3,872}{0,00575}} \\ &= 25,949 \text{ mm, diambil} \\ &= 25 \text{ mm} = 1 \text{ inch tebal } 3.4 \text{ mm sch } 40 \text{ (Dicocokkan dengan} \\ &\quad \text{Standar Ukuran Pipa Baja Menurut JIS)} \end{aligned}$$

##### 6.4.4 Kapasitas Pompa Minyak Lumas : 25 mm ( BKI 2013 sec II N.3.1 )

$$\begin{aligned}
Q &= 5,75 \times 10^{-3} \times d_H^2 \\
&= 5,75 \times 10^{-3} \times 25^2 \\
&= 3,593 \text{ m}^3/\text{jam}
\end{aligned}$$

#### 6.4.5 Perhitungan Tebal Pipa Minyak Lumas

$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

Dimana:

$$S_o = \frac{(d_a \times P_c)}{(20 \times \sigma_{perm} \times v) + P_c}$$

$$\begin{aligned}
d_a &= \text{Diameter Luar Pipa} \\
&= 34 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_c &= \text{Ketentuan Tekanan} \\
&= 16 \text{ Bar}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sigma_{perm} &= \text{Toleransi Tegangan Max} \\
&= 80 \text{ N/mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
v &= \text{Faktor Efisiensi} \\
&= 1,00
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S_o &= \frac{(34 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16} \\
&= 0,336 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
c &= \text{Faktor korosi } \textit{Lubricant Lines} \text{ (Biro Klasifikasi Indonesia} \\
&\text{ 2013. Volume III. Section 11-11. Table 11.10a)} \\
&= 0,3
\end{aligned}$$

$$b = 0$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}
S &= 0,336 \text{ mm} + 0,3 \text{ mm} + 0 \\
&= 0,636 \text{ mm} \quad 1 \text{ mm}
\end{aligned}$$







## **6.5 Sistem Pipa Air Tawar**

### **6.5.1 Pengertian Sistem Air Tawar**

Sistem air tawar adalah sistem yang digunakan untuk mensuply air bersih pada dek kapal seperti untuk mandi, cuci, bersih-bersih dek. Air tawar disimpan didalam tanki double bottom dan kemudian dipompa menuju tanki harian untuk keperluan setiap harinya.

### **6.5.2 Instalasi Sistem Air Tawar**

- **Pipa**

Pemilihan pipa pada instalasi ini yaitu *Seam less Drawn pipe* (pipa dari tembaga atau kuningan) Pipa jenis ini tidak boleh digunakan pada temperatur lebih dari 406 °F dan tidak boleh digunakan pada super heater (uap dan panas lanjut) dengan ukuran SCH 40 diameter 65 mm / 2,5 inch tebal 5,2 mm

- **Hydrosphore**

Dalam hydrosphore terdapat 4 bagian dimana  $\frac{3}{4}$  nya berisi air sedangkan  $\frac{1}{4}$  nya berisi udara dengan tekanan kerja 3 kg/cm<sup>2</sup> maka hydrosphore akan bekerja mendistribusikan masing-masing ke ruang mesin-mesin kemudi dan geladak dengan bantuan kompresor otomatis.

- **Valve**

Dalam system air tawar dipilih tipe butterfly valve karena sesuai dengan kebutuhan tekanan aliran pada system ini serta sangat mudah pengoperasiannya.

### **6.5.3 Susunan Pipa Secara Umum**

Susunan pipa air tawar secara umum adalah sebagai berikut.

1. Pipa-pipa yang berisi air tawar tidak boleh melalui pipa-pipa yang bukan berisi air tawar. Pipa udara dan pipa limbah air tawar boleh dihubungkan dengan pipa lain dan juga tidak boleh melewati tanki-tanki yang berisi air tawar yang dapat diminum.

2. Ujung-ujung atas dari pipa udara harus dilindungi terhadap kemungkinan masuknya serangga kapal ke dalam pipa tersebut, juga harus cukup tinggi dari geladak, dan terbuka serta tidak boleh melalui tanki isinya bahan cair yang bukan digunakan untuk air minum. Pipa air tawar tidak boleh dihubungkan pipa air lain yang bukan air minum.

#### 6.5.4 Perhitungan Pipa Air Tawar

##### a) Diameter Pipa Air Tawar

Diameter pipa air tawar sesuai dengan perhitungan kapasitas tanki air tawar yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tanki air tawar} &= 12,829 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat Jenis Air Tawar} &= 1,0 \text{ Ton/ m}^3 \\
 \text{Kapasitas Tanki Air Tawar} &= V_{\text{FWT}} \times \text{Berat Jenis Air} \\
 \text{Tawar} & \\
 &= 12,829 \times 1 \\
 &= 12,829 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Menurut tabel ukuran pipa berdasarkan kapasitas tanki, untuk kapasitas tanki antara 0 ~ 20 ton, diameter dalam pipa air tawar ( $d_F$ ) adalah 60 mm. dicocokkan standar pipa JIS, diameter dalam pipa yang diambil adalah 65 mm 2,5 inch tebal 5.2 mm sch 40

##### 2. Kapasitas Pompa Air Tawar

$$\begin{aligned}
 Q &= 5,75 \times 10^{-3} \times d_F^2 \\
 &= 5,75 \times 10^{-3} \times 65^2 \\
 &= 24,294 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

##### 3. Perhitungan Tebal Pipa Air Tawar

$$S = S_o + c + b \text{ (mm)}$$

Dimana:

$$S_o = \frac{(d_a \times P_c)}{(20 \times \sigma_{\text{perm}} \times v) + P_c}$$

$$d_a = \text{Diameter Luar Pipa} \\ = 76,3 \text{ mm}$$

$$P_c = \text{Ketentuan Tekanan}$$

=16 Bar

$\sigma_{perm}$  =Toleransi Tegangan Max  
=80 N/mm<sup>2</sup>

v =Faktor Efisiensi  
= 1,00

$S_o = \frac{(76,3 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16}$   
= 0,755 mm

C =Faktor korosi *Fresh Water Lines Close Circuit* (BKI 2013.  
Volume III. Section 11-11. Table 11.10a)  
= 0,5

b =0

Sehingga:

S =0,755 mm + 0,5 mm + 0

= 1,255 mm 1,5 mm



## 6.6 Sistem Pipa Udara, Pipa Duga dan Deflektor

### 6.6.1 Pipa Udara

#### 1. Susunan Pipa Secara Umum

- Semua tanki dan ruangan kosong dan lain-lain harus dilengkapi dengan pipa udara yang ujungnya berakhir di geladak biasa.
- Pipa-pipa udara dari tanki-tanki pengumpulan atau penampungan minyak yang tidak dipanasi boleh terlihat di geladak mesin.
- Pipa-pipa udara harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak terjadi pengumpulan cairan dalam pipa tersebut.
- Pipa udara dari tanki penyimpanan minyak lumas, boleh berakhir pada kamar jika dinding tanki penyimpanan minyak lumas tersebut merupakan bagian dari lambung kapal. Maka pipa-pipa udaranya harus berakhir di selubung kamar mesin di atas geladak lambung timbul.
- Pipa udara dari tanki-tanki *cofferdam* dan ruangan yang merupakan pipa hisap bilga harus dipasang dengan pipa udara yang berakhir di rungan terbuka.

#### 2. Penentuan Ukuran Pipa Udara

Pipa udara dipasang pada semua tanki untuk mengeluarkan udara pada waktu tanki sedang diisi secara sempurna dan menghindarkan adanya kenaikan tekanan.

Aturan untuk pipa udara menurut Biro Klasifikasi Indonesia *Volume III Section 11-33*.

- Tinggi pipa udara :
  - Di atas *Freeboard Deck* : 760 mm
  - Di atas *Super Structure Deck* : 450 mm
- Ukuran pipa udara

*Fresh Water Tank* : > 1 ½ “

*Water Ballast Tank* : > 2 “

*Fuel Oil Tank* : > 2 ½ “

### 6.6.2 Pipa Duga

Diameter Pipa Duga minimal adalah 32 mm dan direncanakan 1 ¼”, letak pipa duga secara umum menurut BKI 2013 adalah sebagai berikut:

- Tanki-tanki ruangan, *cofferdam* dan bilga dalam ruangan yang tidak mudah dicapai setiap saat harus dilengkapi pipa duga, sedapat mungkin pipa duga tersebut harus memanjang ke bawah sampai mendekati alas.
- Pipa duga yang ujungnya terletak di bawah garis lambung timbul harus dilengkapi dengan katup otomatis. Pipa duga seperti itu hanya diijinkan dalam ruangan yang dapat diperiksa dengan temperatur.
- Pipa duga harus dilengkapi dengan pelapis dibawahnya bilamana pipa duga tersebut dihubungkan dengan kedudukan samping atas pipa cabang di bawah pipa tersebut harus dipertebal secukupnya.
- Pipa duga tanki dilengkapi dengan lubang pengatur tekanan yang dibuat sedikit mungkin di bawah geladak tanki.

### 6.7 Sistem Pemadam Kebakaran

Sistem pemadam kebakaran merupakan sistem yang sangat vital dalam sebuah kapal. Sistem ini berguna untuk menanggulangi bahaya api yang terjadi di kapal. Sistem pemadam kebakaran secara garis besar dapat dibagi menjadi dua, dilihat dari peletakan sistem yang ada yaitu :

- A. Sistem penanggulangan kebakaran pasif, sistem ini berupa aturan kelas mengenai penggunaan bahan pada daerah beresiko tinggi terjadi kebakaran dan juga pemasangan instalasi *fix* pada daerah beresiko kebakaran.



- B.** Sistem penanggulangan kebakaran aktif, sistem ini berupa penanggulangan kecelakaan yang bersifat lebih aktif misal, penempatan alat pemadam api ringan pada daerah yang beresiko kebakaran.

Pada dasarnya prinsip pemadaman adalah memutus “segitiga api” yang terdiri dari panas, oksigen, dan bahan bakar sehingga dengan mengetahui hal ini maka dapat dilakukan pemilihan media pemadaman sesuai dengan resiko dan kelas dari kecelakaan tersebut.

### **1. Fungsi Sistem Pemadam Kebakaran**

Fungsi dari sistem pemadam kebakaran adalah untuk penanganan jika terjadi kebakaran di kapal. Maka peralatan yang digunakan, berasal dari sistem pemadam kebakaran. Oleh karena itu, sistem pemadam kebakaran harus bisa menangani kebakaran di setiap bagian kapal.

### **2. Rule dan Rekomendasi**

Menurut Volume III BKI 2013 *Section 12* mengenai peralatan pelindung api dan pemadam, dinyatakan sebagai berikut:

#### **a) Pelindung Api**

- Pengaturan di ruangan mesin haruslah menjamin keselamatan dari penanganan cairan yang mudah terbakar agar tidak terbakar.
- Semua ruangan yang diletakkan motor bakar, *burner*, atau pengendap minyak atau tangki harian diletakkan harus terjangkau dan diberikan ventilasi secara layak.
- Bilamana terjadi kebocoran dari cairan yang mudah terbakar selama pekerjaan perawatan rutin, harus diperhatikan agar cairan tersebut terhindar dari kontak dari sumber api.
- Bahan yang digunakan pada ruangan permesinan sebaiknya secara normal tidak meningkatkan kemungkinan untuk mudah terbakar.

- Bahan yang digunakan sebagai lantai *bulkhead lining*, atap atau geladak ruang pengendali dengan tangki minyak haruslah tidak mudah terbakar. Dimana bila terjadi bahaya yang mana minyak dapat terserap ke bahan penyekat, penyekat tersebut harus dapat terlindungi dari serapan minyak atau uap minyak.

#### **b) Peralatan dengan Resiko Terbakar Tinggi**

- Peralatan pengolahan minyak awal (*oil fuel preparation equipment*) seperti *purifier*, harus dipasang pada ruangan yang terpisah. Ruangan ini ditutupi oleh sekat baja, dilengkapi dengan pintu baja yang dapat tertutup sendiri, dilengkapi dengan ventilasi mekanis yang terpisah, dilengkapi sistem deteksi api dan alarm, dan sistem pemadam api yang tetap.
- Sistem ini dapat merupakan bagian dari sistem pelindung api ruangan kamar mesin.
- Jika hal tersebut tidak praktis untuk menempatkan sistem pengolahan minyak bahan bakar di ruangan yang terpisah, perhatian harus dilakukan terhadap api dengan suatu penanganan api dari komponen dan dari kemungkinan kebocoran. Sebagai tambahan sistem perlindungan api secara tetap, di ruang kamar mesin, suatu unit pemadam lokal dapat diberikan pada daerah tersebut.
  - Unit pemadam lokal harus layak untuk pemadaman api yang efektif pada suatu area. Langkah kerja yang dilakukan dapat secara otomatis atau manual sebaik mungkin tidak mempengaruhi operasi dari peralatan lain. Penggunaan secara otomatis dan tiba-tiba tidak boleh merusak komponen lain. Bila peralatan tersebut manual, dapat dipasang pada ruang pengendali permesinan atau

disuatu tempat yang memberikan perlindungan yang cukup.

- Sistem minyak dengan tekanan kerja lebih dari 15 bar yang tidak termasuk dalam bagian permesinan bantu ataupun induk (seperti hidrolis, *steering gear*) harus dipasang diruangan yang terpisah.
- Perlindungan dari jalur dan peralatan yang melalui temperatur yang tinggi.
- Semua bagian yang memiliki temperatur diatas 220°C seperti uap, minyak panas dan jalur gas buang, dan silencers, dan sebagainya harus dilindungi oleh bahan tidak yang tidak mudah terbakar dan tidak dapat menyerap minyak.
- Pelindung harus dapat dipastikan tidak akan menjadi retak atau robek karena getaran.

### **1. Daerah *Bulkhead***

Semua pipa dengan kelas A atau B menurut SOLAS 1974 harus tahan terhadap suhu yang mana telah dirancang sebelumnya. Pipa uap, gas dan minyak termal yang melalui bulkhead harus diberi isolasi tahan panas dan harus terlindungi dari pemanasan yang berlebihan.

### **2. Ruang Darurat**

Untuk ruangan permesinan dan *boiler*, kanal sirkulasi udara ke ruangan tersebut harus dilengkapi dengan *fire damper* yang dibuat dari bahan tidak mudah terbakar yang mana dekat dengan geladak. Bukaannya kamar mesin (*sky light*), pintu dan *hatch* serta bukaan lainnya diatur sehingga dekat dengan ruangan lainnya.

### **3. Peralatan Stop Darurat (*Emergency Stop*)**

Pompa bahan bakar dengan tenaga listrik, *purifier*, *motor fan*, *fanboiler* minyak termal dan pompa kargo harus dilengkapi dengan peralatan pemutus darurat, sepraktis mungkin, yang dikelompokkan secara bersama diluar ruangan yang mana

peralatan tersebut dipasang dan harus dapat dijangkau meskipun dalam kondisi terputus akses karena api.

#### **4. Peralatan Pemutus dengan *Remote Control***

Alat ini dipasang pada Pompa bahan bakar dengan penggerak uap, jalur pipa bahan bakar ke motor induk, motor bantu dan pipa keluaran dari tanki bahan bakar yang diletakkan di *double bottom*. Tempat dan pengelompokan dari peralatan pemutus ini diatur seperti bagian sebelumnya.

#### **5. Ruang Pengaman (*Safety Station*)**

Disarankan bahwa peralatan pengaman berikut dikelompokkan menjadi satu, sewaktu –waktu dapat dijangkau dari luar ruangan kamar mesin:

- Katup pemutus untuk ruang kamar mesin, penghembus *boiler*, pompa transfer bahan bakar *purifier*, dan pompa minyak termal
- Perhatian diberikan khusus pada:
  1. Katup penutup singkat bahan bakar
  2. Pintu kedap air yang dikendalikan pada ruang permesinan.
- Kondisi kerja dari peralatan pemadam api.

#### **6.8 Sistem Udara Start (*Starting Air System*)**

Pada umumnya, sistem *start* dibagi menjadi 2 kategori, yaitu *Direct* dan *Indirect*. *Direct* yaitu *starting* dilakukan dengan perlakuan langsung terhadap ruang bakar / piston dengan menyuplay tekanan udara ke ruang bakar sehingga piston akan bergerak. Sedangkan untuk *Indirect* yaitu *starting engine* yang dilakukan dengan perlakuan terhadap *crankshaft*nya atau *flywheel*nya yaitu dengan memutar *flywheel* menggunakan motor.

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 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 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 *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* di dalam *automatic valve* yang menghentikan pembukaan katup jika turning gear engine menempel. Katup ini mencegah udara balik yang telah dikompresikan oleh *engine* ke dalam sistem.

#### **6.8.1 Starting dengan Udara Bertekanan**

- *Main engine* yang distart dengan udara bertekanan dilengkapi dengan paling tidak dua kompresor. Satu diantaranya berpengerak independen dari *main engine*, dan harus mampu 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 *manoeuvering*, atau *tyfon* semuanya disuplai dari tabung udara maka harus dipertimbangkan dalam perhitungan kapasitas tabung udara.

### 6.8.2 Starting dengan Listrik

- Jika *Main engine* distart dengan listrik maka harus tersedia dua *battery* yang independen. Rangkaian *battery* ini direncanakan tidak dapat dihubungkan paralel antara satu dengan yang lainnya karena masing - masing *battery* harus mampu untuk starting *main engine* dalam kondisi dingin. Total kapasitas *battery* harus cukup untuk operasi selama 30 menit tanpa pengisian.
- Jika dua atau lebih *auxiliary engine* distart dengan listrik paling tidak tersedia dua *battery* yang independen. Kapasitas *battery* harus cukup paling tidak 3x operasi *start-up* untuk setiap engine. Jika hanya satu *auxiliary engine* distart dengan listrik, satu *battery* cukup.
- Baterai *start* hanya boleh digunakan untuk *starting* (pemanas mula jika perlu) dan untuk memonitor peralatan yang ada pada *engine*.

### 6.8.3 Jalur Udara Bertekanan

- 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 slang/pipa dengan material yang sudah dites yang dapat dipasang pada jalur starting *diesel engine* dimana tetap terjaga tekanannya.
- Jalur udara start untuk setiap engine dilengkapi dengan *non return valve* dan penguras (*drain*).
- *Tyfans* harus disambungkan pada dua tabung udara.
- Sebuah *safety valve* harus dipasang dibelakang pad setiap katup penurunan tekanan (*reducing valve*).
- Tekanan tangki air dan tangki lainnya yang dihubungkan ke sistem udara bertekanan dipertimbangkan sebagai tabung tekan dan harus sesuai persyaratan standar.

