

BAB VI
PERHITUNGAN SISTEM PIPA
(*PIPING SYSTEM*)

6.1 PENGENALAN SISTEM PIPA DAN PERLENGKAPANNYA

1. UMUM

Pipa adalah suatu batang silinder berongga yang dapat berfungsi untuk dilalui atau mengalirkan zat cair, uap, gas ataupun zat padat yang dapat dialirkan, yaitu berjenis serbuk/ tepung. Instalasi pipa di kapal digunakan untuk mengalirkan fluida dari satu tanki/*compartment* ke tanki lain, atau dari satu tanki ke peralatan permesinan di kapal, atau mengalirkan fluida dari kapal keluar kapal atau sebaliknya. Selain itu terdapat instalasi pipa yang lain berfungsi mengalirkan gas non-cair seperti pipa gas buang, pipa sistem CO₂, atau instalasi pipa yang mengalirkan udara dan uap bertekanan. Setiap kapal yang memiliki perlengkapan permesinan yang terdiri dari mesin induk, mesin bantu dan pompa-pompa atau kapal yang tidak dilengkapi mesin penggerak namun memiliki permesinan lain dan pompa-pompa, selalu dilengkapi dengan instalasi perpipaan. Semua pipa baik untuk memindahkan fluida atau untuk saluran pemompaan harus dipertimbangkan secara teliti karena keamanan dari sebuah kapal akan bergantung pada susunan perpipaannya.

2. Komponen Instalasi Sistem Pipa

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

a. 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. Sistem pipa harus dilaksanakan sepraktis mungkin dengan bengkokan

dan sambungan las atau brazing sedapat mungkin dengan flens atau sambungan yang dapat dilepas dan dipindahkan jika perlu semua pipa harus dilindungi sedemikian rupa sehingga terhindar dari kerusakan mekanis dan harus ditumpu/ dijepit sedemikian rupa untuk menghindari getaran.

Inside Diameter (mm)	Nominal Size (inch)	Outside Diameter (mm)	SGP Tebal (mm)	Schedule (mm)	Schedule (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	-	-	-

Tabel 6.1. Standart Ukuran Pipa Baja

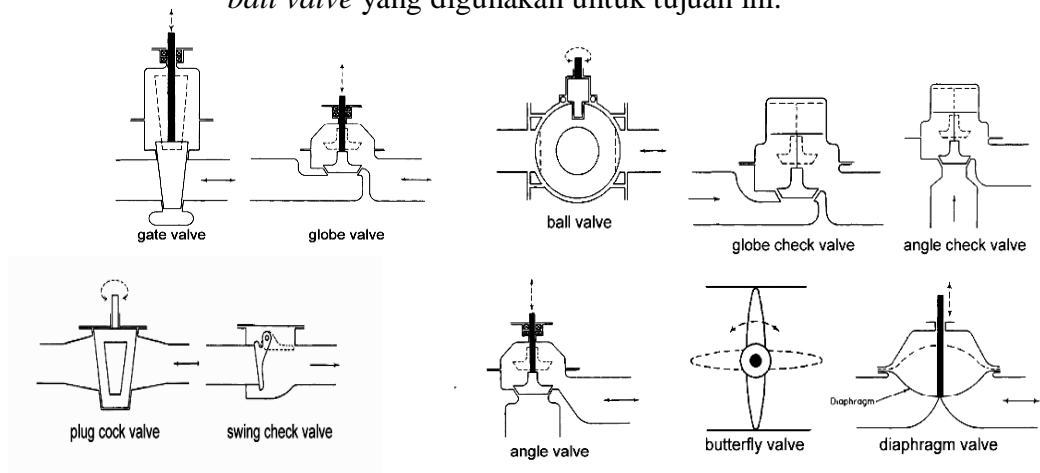
b. Valve (Katup)

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.

Pemilihan jenis *valve* bergantung pada:

- Jenis fluida yang mengalir
- Jumlah aliran
- Tujuan/ fungsi *valve* , antara lain:
 - a. Untuk mengontrol kecepatan valve yang panjang ekuivalensinya besar, misalnya *diaphragm valve*, *globe valve*, dan *needle valve*.
 - b. Untuk mengontrol arah aliran (aliran balik yang tidak diinginkan), maka dapat digunakan *non return valve*, *swing check valve*, *angle check valve*, dan *globe check valve*.
 - c. Untuk membuka/menutup aliran (*shut off valve*). Untuk *shut off valve* maka harus betul-betul dapat tertutup rapat pada waktu tertutup, dan dapat memberikan tahanan aliran yang kecil jika sedang terbuka. Jenis *gate valve*, *plug valve*, dan *ball valve* yang digunakan untuk tujuan ini.





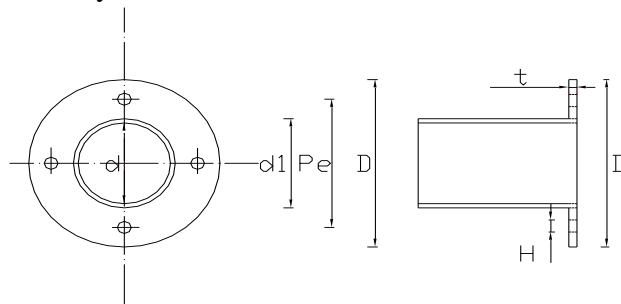
Gambar 6.1. Jenis-Jenis Valve

c. Valve Gear

Pengatur katup (*valve gear*) adalah peralatan untuk mengontrol katup pada sistem pipa baik dari tempat itu (*local control*) maupun dari tempat yang jauh (*remote control*).

d. Flens (Flange)

Pipa sesuai dengan panjangnya dihubungkan dengan flens untuk pipa baja. Flens baja dibentuk dengan las bubut, ulir atau menambal 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 di atasnya. Tetapi tekanan kerja maksimum pada uap, udara kompresi, udara/gas, air, minyak dan lain-lain, instalasi pipa disesuaikan dengan besarnya tekanan dan kondisi fluida.



Gambar 6.2

. 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. *¹

d	d₁	P_e	D	T	h	Jumlah Baut
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

Tabel 6.2. Tabel ketentuan pipa dan flens

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*

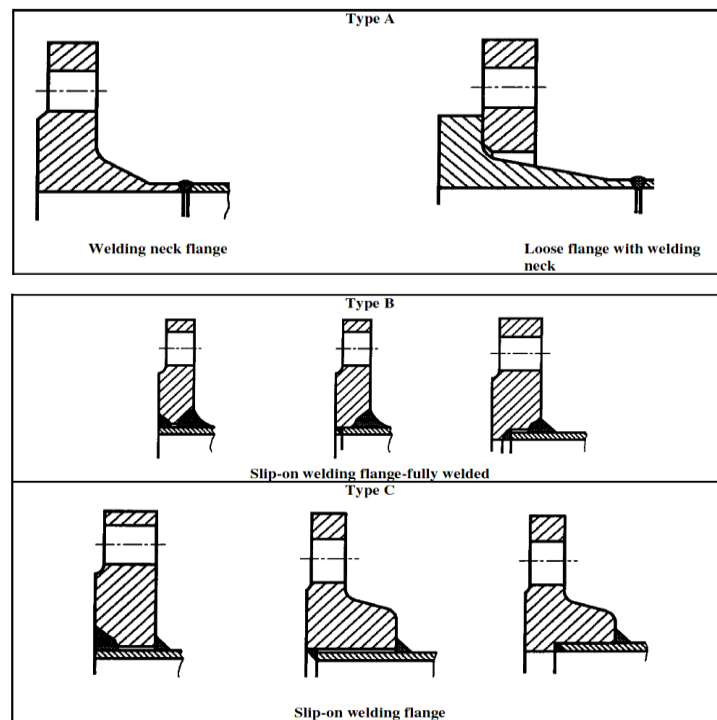
Welded Neck Flange adalah flens yang ujungnya dilas pada pipa dan berbentuk kerucut tipis untuk penguatan. Tipe flens seperti ini memiliki keamanan konstruksi yang lebih baik dan cocok untuk tekanan tinggi, suhu tinggi dan suhu yang rendah.

2. Slip-on Welded Flanges

Pada slip-on welded flens, pipa dimasukkan ke plat 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 branze* sedangkan bagian luar flens menggunakan baja lunak.



Gambar VI..3. Tipe-Tipe Flens

- e. Peralatan lain, peralatan ini biasanya digunakan dalam sistem tertentu, antara lain adalah sebagai berikut.
- Pipa khusus untuk pemasukan (*pipe line*),
 - Kotak lumpur (*mud boxes*),
 - Saringan pemasukan (*grating*),

- *Separator* untuk memisahkan air laut dengan lumpur, pasir dan batu
- *Steam trap* untuk menampung pengembunan uap air di dalam sistem pipa,
- *Sprinklers* yaitu sistem pemadam dengan menggunakan air bertekanan dalam pipa,
- Pompa untuk menghisap dan memindahkan fluida antar tanki, atau dari luar kapal ke dalam kapal atau sebaliknya.

3. Pemilihan Ukuran Pipa

Ukuran diameter dalam sebuah pipa ditentukan berdasarkan:

- Jenis fluida yang mengalir di dalam pipa.
- Jumlah volume fluida yang akan dipindahkan.
- Kecepatan aliran dari fluida yang akan dipindahkan, dimana perlu juga diperhatikan adanya tekanan akibat gesekan.
- Harga pipa, dimana semakin berat pipa harganya makin mahal.

Dengan demikian dapatlah disimpulkan bahwa:

- Makin besar penampang pipa makin tinggi harganya,
- Makin kecil penampang pipa, makin banyak pipa yang dibutuhkan, makin banyak pula tempat yang dibutuhkan.
- Makin kecil aliran fluida dalam pipa, makin kecil tahanannya dan dapat memberikan aliran yang laminar.

Untuk menentukan ukuran pipa yang akan dipakai, saya menggunakan ketentuan ukuran pipa standar berdasarkan kapasitas tangki dan ukuran untuk pipa standar Jepang (*Japan International Standart*).

Ukuran Pipa Berdasarkan Kapasitas Tanki *²

Kapasitas Tangki (Ton)	Diameter Dalam Pipa & Fitting (mm)
0 – 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
1300 – 1700	215

Tabel 6.3. Tabel ukuran pipa

6.2 SISTEM INSTALASI PERPIPAAN DAN PERHITUNGANNYA

Sistem dan instalasi pipa yang menyangkut pelayanan terhadap kapal antara lain:

1. Sistem Bilga (*Clean Bilge System and Oily Bilge System*)

a. Sistem Bilga

Sistem bilga dibagi menjadi dua *system* yaitu bilga bersih (*clean bilge*) dan bilga berminyak (*oily bilge*) :

1) *Clean bilge system*

Bilga digunakan untuk menampung air buangan dari ruang muat atau kebocoran pipa dari system pendingin dan lainnya. Karena bilga merupakan salah satu penunjang keselamatan dari kapal maka kapasitas minimum pipa bilga

² Buku Ajar *Sistem dalam Kapal*. BAB II : Pipa dan Sambungan

dan diameter diatur oleh kelas. Pompa *ballast* dan general servis pump (pompa dinas umum) biasanya juga digunakan sebagai pompa bilga. Sistem perpipaan bilga terdiri dari saluran pertama dan cabang, saluran langsung serta darurat.

- Pipa utama dan cabang

Dalam sistem perpipaan terdapat sumuran (*bilga well*) di kamar mesin dan ruang muat yang nantinya dihisap pompa bilga yang ada pada kamar mesin. Dalam setiap saluran hisap terdapat *rose box*. Saluran cabang dihubungkan dengan pipa utama untuk dihubungkan dengan saluran hisap pompa bilga.

- *Direct bilge pipe*

Saluran langsung dari hisapan yang terdapat dari bagian belakang kamar mesin ke pompa bilga.

- *Emergency bilge pipe*

Saluran darurat dihubungkan hisapan bilga dan dihubungkan dengan kapasitas terbesar pompa yang ada di kamar mesin, biasanya pompa utama pendingin air laut.

2) *Oily bilge system*

Sistem ini digunakan untuk memompa bilga dari limpahan atau buangan air yang telah bercampur minyak pelumas atau bahan bakar di kamar mesin. Hal ini dikarenakan untuk menjaga lingkungan dengan tidak membuang limbah kelaut sesuai aturan yang ada. Pembuangan limbah hanya dilakukan ketika dalam pelayaran di daerah tertentu (sejauh mungkin dari pelabuhan >12 mil) dengan syarat kapasitas 60 liter/mil, kandungan minyak 100 ppm atau kurang.

Untuk mengurangi pencemaran maka sebelum dibuang limbah dari bilga melewati separator dengan alarm,

bila telah memenuhi syarat kandungan minyak yang harus dibuang maka limbah dibuang bila belum memenuhi maka aliran kembali ke separator.

b. Cara kerja

Cara kerja dari system bilga ini adalah menampung berbagai zat cair tersebut kedalam sebuah tempat yang dinamakan dengan *bilge well*, kemudian zat tersebut dihisap dengan menggunakan pompa bilga dengan ukuran tertentu untuk dikeluarkan dari kapal melalui *overboard*. Sedangkan zat cair yang tercampur dengan minyak yang berada pada kamar mesin akan di tampung didalam bilga well yang biasanya terletak di bawah kamar mesin (*sludge tank*), kemudian disalurkan menuju Incenerator dan *Oily water separator* untuk dipisahkan antara air dan campuran minyaknya. Untuk minyak biasanya digunakan lagi dan untuk air dan kotoran langsung dikeluarkan melalui *Overboard*.

c. Bilge well

Merupakan suatu tempat dengan ukuran tertentu yang telah ditentukan untuk menampung berbagai kotoran atau dalam bentuk zat cair yang ada di kapal. Jumlah dari *bilge well* minimum dua buah untuk kiri dan kanan sepasang dan setimbang, tergantung pada jumlah tangki ballast, ditambah dengan beberapa *bilge well* yang terletak dibawah ruang mesin. Letak *bilge well* dalam tangki ballas diupayakan pada paling pinggir dan paling belakang dalam tangki tersebut. Juga berdekatan dengan *man hole*. Volume dari *bilge well* tersebut maksimal $0,57 \text{ m}^3$, sedangkan *bilge well* tersebut memiliki 0,5 tinggi *double bottem*. Pada bagian atas *bilge well* harus ditutup dengan *straining*.

d. Pipa cabang dan Pipa utama

Perpipaan pipa terdiri dari pipa bilga utama dan pipa bilga cabang, pipa bilga langsung dan pipa bilga darurat. Sistem bilga utama dan cabang, system ini adalah untuk memindahkan bilga yang terdapat pada tempat-tempat bilga pada kapal dengan menggunakan

pipa bilga di kamar mesin. Sisi hisap bilga dikamar mesin biasanya dipasang di dalam *bilge well* dibagian depan kamar mesin (*port* dan *starboard*) bagian belakang kamar mesin, bagian belakang shaft tunnel. Saluran cabang bilga dihubungkan dengan saluran utama bilga yang mana dihubungkan kesisi hisap pompa bilga.

Pipa bilga langsung adalah untuk menghubungkan secara langsung *bilge well* (*port* dan *starboard*) pada bagian depan kamar mesin dengan pompa bilga. Diameter dalamnya sama dengan saluran bilga utama.

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

e. Rule dan Rekomendasi

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.

7) Pompa Bilga

Apabila digunakan pompa sentrifugal untuk pompa bilga, pompa itu harus merupakan selfpriming atau dihubungkan ke sebuah alat pemisah udara.

8) Menggunakan Pompa Lain Untuk Pompa Bilga

- Pompa-pompa ballast *stand-by*, pompa pelayaran umum dapat juga digunakan sebagai pompa *independent* yang dilengkapi dengan *self-priming* dan yang diisyaratkan.
- Dalam kejadian kegagalan salah satu dari pompa bilga yang diisyaratkan, salah satu pompa harus dapat bertindak sebagai pompa pemadam dan pompa bilga.
- Pompa pelumas dan bahan bakar tidak boleh dihubungkan ke sistem bilga.
- Ejektor bilga dapat diterima sebagai susunan pompa bilga yang disediakan dengan sebuah suplai air laut independent.

f. Komponen dalam sisem bilga antara lain :

1) Pompa *bilga Clean*

Satu buah pompa *vertical sentry fulgal self-priming* penggerakan listrik.

2) Pompa bilga (*oily*)

Sebuah pompa piston digunakan untuk memindahkan aliran *bilge well* ke aliran tangki.

3) *Bilge Separator*

Sebuah separator dengan kapasitas mampu melakukan pengolahan limbah bilga sehari dengan waktu yang seminimal mungkin.

4) *Bilge well (suction)*

Pompa hisap harus tetap dapat di pompa meskipun kapal dalam keadaan miring (*trim*). Lokasi dari hisapan biasanya terletak di kedua sisi kapal. Untuk bagian depan dan belakang dapat dipasang satu di tempat yang menjamin terhisapnya sebuah air pada ruang tersebut. Kapasitas *bilge well* 0.2 m³.

5) Bilge Tank

Tangki untuk menampung bilga bercampur minyak, untuk sehari atau dua hari pada operasi di pelabuhan.

g. Aksesoris dalam system bilge

- *Valve*
- *Sluge Tank*
- *Strainer/Filter*
- *Sparator Bilga Pump*
- *Change Over Valve*
- *None Return Valve*
- *Three Way Valve*

h. Perhitungan Pipa Bilga dan Perlengkapannya

1) **Pipa Bilga Utama**

a) Perhitungan Diameter Dalam Pipa

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

(Ref : 6.1. BKI Kapal Cargo Th.2013 Vol. III Sec. 11.N.2.2a)

Dimana:

$$L = 73.93 \text{ m}$$

$$B = 12.64 \text{ m}$$

$$H = 6.06 \text{ m}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} d_H &= 1,68\sqrt{(12.64 + 6.06) \times 73.93} + 25 \text{ mm} \\ &= \mathbf{60.679 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan diameter dalam pipa bilga utama (d_H) = **60.679 mm = 3 Inch**, diameter luar pipa bilga utama (d_a) = **89,1 mm**

Inside Diamet (mm)	Nomin Size (inch)	Outside Diamet (mm)	SGP Teba (mm)	Schedul (mm)	Schedul (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	-
350	14	355.6	7.9	11.1	-

Sumber : JIS Th. 2002

Tabel 6.4. Tabel ukuran pipa JIS

b) Perhitungan Tebal Pipa Bilga Utama

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

(Ref : 6.1. BKI Kapal Cargo Th.2013 Vol. III Sec. 11.C.2.1)

Dimana:

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

$$\begin{aligned} d_a &= \text{Diameter Luar Pipa } *^3 \\ &= 89,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \sigma_{perm} &= \text{Toleransi Tegangan Max} \\ &= 65 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= \text{Faktor Efisiensi } *^4 \\ &= 1,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_o &= \frac{(89,1 \times 16)}{(20 \times 65 \times 1) + 16} \\ &= 1,083 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} S &= 0,094 \text{ mm} + 2,5 \text{ mm} + 0 \\ &= \mathbf{2,594 \text{ mm (tebal minimum)}} \end{aligned}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa bilga utama (S) = **4,5 mm**

c) Kapasitas Pompa Bilga Utama

Kapasitas Pompa *Ballast*:

(Ref : 6.5. BKI Kapal Cargo Th.2013 Vol. III Sec. 11.N.3.1)

$$\begin{aligned} Q &= 3,79 \times 10^{-3} \times d_H^2 \\ &= 3,79 \times 10^{-3} \times 60.679^2 \\ &= \mathbf{23,766 \text{ m}^3 / \text{jam}} \end{aligned}$$

2. Pipa Bilga Cabang

a) Perhitungan Diameter Pipa

(Ref : 6.2. BKI Kapal Cargo Th.2013 Vol. III Sec. 11.N.2.2b)

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

³ Standar Ukuran Pipa Baja. *Japan International Standar*. Pipe

⁴ Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-10. C-2.5

Dimana :

$$l = \text{panjang kompartemen yang kedap air} = 3 \text{ m}$$

Maka :

$$\begin{aligned} d_z &= 2,15\sqrt{3l(10+5,1)} + 25 \text{ mm} \\ &= \mathbf{63,60 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan diameter dalam pipa bilga cabang (d_z) = **67 mm = 3 Inch**, diameter luar pipa bilga cabang (d_a) = **89,1 mm**

b) Perhitungan Tebal Pipa Cabang

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

(Ref : 6.3. BKI Kapal Cargo Th.2013 Vol. III Sec. 11.C.2.1)

Dimana:

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

$$\begin{aligned} d_a &= \text{Diameter Luar Pipa} \\ &= 76,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{perm}} &= \text{Toleransi Tegangan Max} \\ &= 65 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} c &= \text{Faktor korosi } \textit{Seawater Lines}^{*5} \\ &= 3,00 \end{aligned}$$

$$b = 0$$

$$\begin{aligned} S_o &= \frac{(89,1 \times 16)}{(20 \times 65 \times 1) + 16} \\ &= 1,088 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga:

$$S = 1,088 \text{ mm} + 2,5 \text{ mm} + 0$$

⁵ Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-11. Table 11.10a

= **3,588 mm (minimum)**

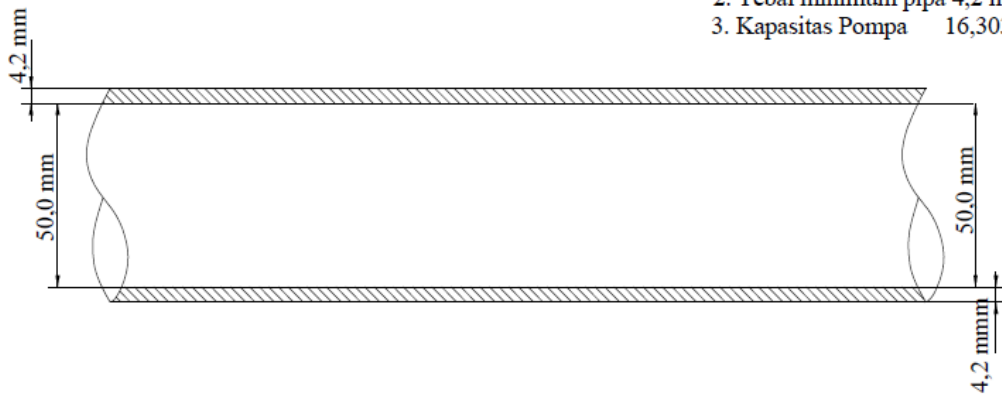
Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa bilga cabang (S) = **4,5 mm**

PIPA BILGA UTAMA

1 : 5

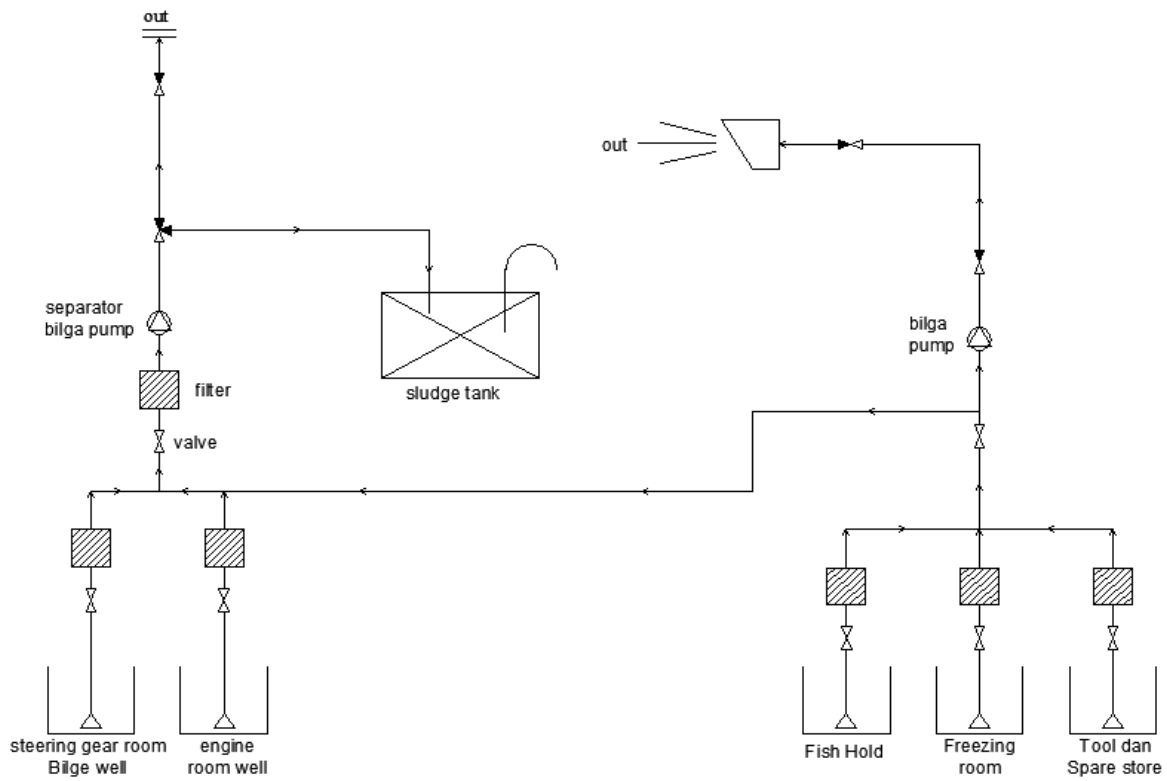
Keterangan :

1. Diameter Dalam Pipa 50,0 mm (JIS)
2. Tebal minimum pipa 4,2 mm (JIS)
3. Kapasitas Pompa 16,303 m /jam



Gambar 6.4. Pipa Bilga

BILGE PIPING SYSTEM



Gambar 6.4. Skema Diagram *Bilge System*

- **Sistem Ballast**

- a. **Fungsi Sistem *Ballast***

Ballast digunakan untuk menyesuaikan sarat kapal dalam kondisi ballast atau menyesuaikan keseimbangan kapal karena muatan dengan cara memindahkan air *ballast* dari tangki ke tangki pada tangki ballast dasar ganda, tangki depan dan belakang untuk menjaga keselamatan kapal. Pompa *ballast* selain untuk memindahkan dan mengisi air ditangki ballast juga digunakan untuk pompa bilga dan dihubungkan dengan *generator service pump* (PDU). Dalam perpipanya diujung pipa hisap dipasang strainer untuk melindungi pompa *ballast non-return valve* juga dipasang pada saluran keluar untuk menjaga tangki baik di pompa serta aliran balik dan tangki.

b. 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*, dan saluran pipa utama dan pipa cabang. Seachest terletak pada bagian kamar mesin yang paling depan dan paling bawah. Hal ini dimaksudkan bahwa air yang disedot kedalam tidak mengandung kotoran dari pembuangan atau outboard dan masih bersifat laminar. Kemudian sisa air yang tidak dipakai akan dikeluarkan melalui outboard yang letaknya harus 0,76 m dari garis air atau WL dan harus diberi katup dengan jenis SDNRV.

c. Rule dan Rekomendasi

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

a. 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.

b. Pipa yang Melalui Tanki

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

c. 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 cargo, katup ini dapat dipasang secara langsung pada *collision bulkhead* di bawah ruang ini tanpa peralatan tambahan untuk pengaturannya.

d. Pompa *Ballast*

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

d. Komponen dalam sistem ballast

1) Pompa ballast

Dua buah (*1 stand by*) pompa sentrifugal dengan penggerak listrik. Untuk pompa cadangan dapat digabungkan dengan *general service pump* dan bilga.

e. Aksesoris dalam system ballast

- *Manifole*
- *Filter/Strainer*
- *Valve*
- *Non Return Valve*

f. Perhitungan Pipa *Ballast* dan Perlengkapannya

1) **Diameter Pipa *Ballast***

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

$$\text{Volume Tanki Air Ballast} = 265,83 \text{ m}^3$$

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

$$\text{Kapasitas tanki air } \textit{ballast} = V \times \text{berat jenis air laut}$$

$$= 265,83 \times 1,025$$

$$= \mathbf{272,475 \text{ ton}}$$

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

BKI Kapal Cargo Th. 2013 Vol. III)

Tabel 6.34. Tabel Standart ukuran diameter pipa BKI

Sehingga standart ukuran pipa baja (BKI) sesuai kapasitas tangki direncanakan diameter pipa ballast = **125 mm = 5 Inch**, diameter luar pipa ballast = **139,8 mm**

2) Kapasitas Pompa *Ballast*

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

(Ref : 6.4. *BKI Kapal Cargo Th.2013 Vol. III Sec. 11.N.3.1*)

Dimana :

$$\begin{aligned} Q &= \text{kapasitas air ballast diijinkan dengan 2 buah pompa} \\ &+ 1 \text{ cadangan yang terletak di } \textit{Main Engine}. \\ &= 3,79 \times 10^{-3} \times 44,985^2 \\ &= 7,670 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

3) Perhitungan Tebal Pipa *Ballast*

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

(Ref : 6.5. *BKI Kapal Cargo Th.2013 Vol. III Sec. 11.C.2.1*)

Dimana:

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

d_a = Diameter Luar Pipa

$$\begin{aligned}
&= 89,1 \text{ mm} \\
P_c &= \text{Ketentuan Tekanan} \\
&= 16 \text{ Bar} \\
\sigma_{\text{perm}} &= \text{Toleransi Tegangan Max} \\
&= 80 \text{ N/mm}^2 \\
V &= \text{Faktor Efisiensi} \\
&= 1,00 \\
c &= \text{Faktor korosi } \textit{Seawater Lines} *^6 \\
&= 3,00 \\
B &= 0 \\
S_o &= \frac{(89,1 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16} \\
&= 0,882 \text{ mm}
\end{aligned}$$

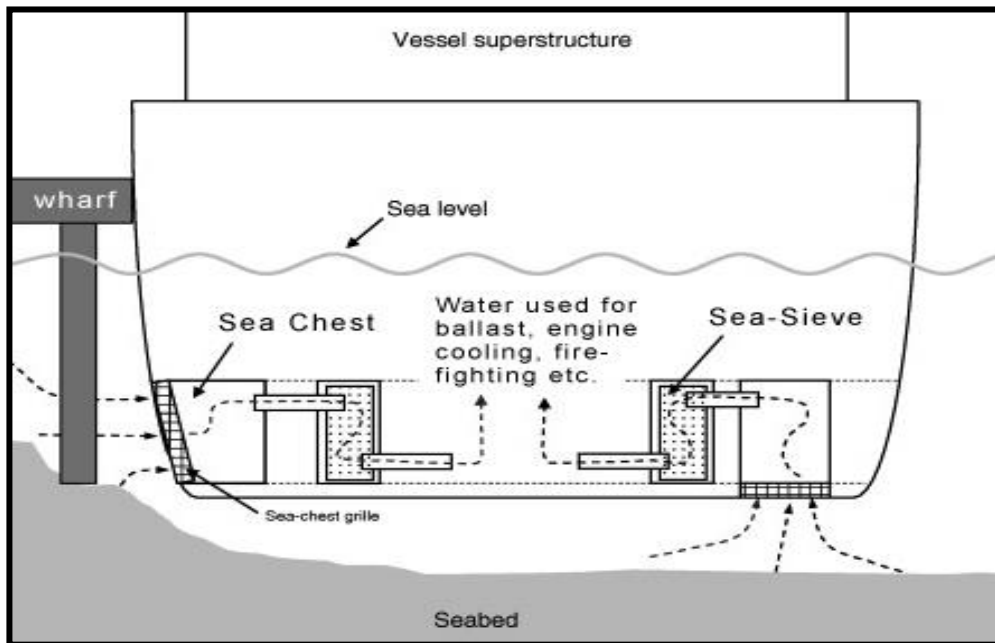
Sehingga :

$$\begin{aligned}
S &= 0,882 \text{ mm} + 2,5 \text{ mm} + 0 \\
&= 3,382 \text{ mm(minimum)}
\end{aligned}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa ballast (S) = **4,5 mm**

4) 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 bervariasinya kedalaman perairan yang dilewati.



6.6. Gambar Letak *Sea Chest*

a) **Kapasitas *Sea Chest***

Kapasitas *sea chest* adalah antara 10% ~ 17% *Displacement*, diambil 10%. *⁷

1.1 Perhitungan *Displacement*

a. **Volume Badan Kapal Dibawah Garis Air (V)**

$$\begin{aligned}
 V &= L_{pp} \times B \times T \times C_b \\
 &= 61,4 \times 10 \times 4,65 \times 0,73 \\
 V &= 2084,22 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

b. **Displacement**

$$D = V \times \gamma \times C \text{ ton}$$

Dimana :

V	= Volume badan kapal	: 2084.22m ³
γ	= Berat jenis air laut	: 1,025 Ton/m ³

⁶ Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-11. Table 11.10a

⁷ Sistem Dalam Kapal Hal: 31. 1982. Surabaya: ITS

C = Coefisien berat jenis : 1,004

Jadi :

$$D = V \times \gamma \times C \text{ ton}$$
$$= 2084.22 \times 1,025 \times 1,004$$

$$D = \mathbf{2144,87 \text{ Ton}}$$

$$V_{SC} = 10\% \times D$$
$$= 10\% \times 2144.87$$
$$= 214.487 \text{ Ton}$$

b) Diameter Dalam Pipa *Sea Chest*

Menurut tabel ukuran pipa berdasarkan kapasitas tanki, untuk kapasitas tanki antara 190-215 ton, diameter dalam pipa *Sea Chest* (d_{sc}) adalah 110 mm.

c) Perhitungan Tebal Plat *Sea Chest*

$$T = 12 \cdot a \cdot \sqrt{P \cdot k} + tk \text{ *8}$$

Dimana :

$$a = \text{Frame Spacing} = 0,60 \text{ M}$$

$$P = \text{Tekanan Blow Up} = 2 \text{ Bar}$$

$$tk = \text{Faktor Korosi} = 1,5$$

$$k = \text{Faktor Bahan} = 1$$

Sehingga:

$$T = 12 \times 0,60 \times \sqrt{2 \times 1} + 1,5$$

$$= \mathbf{11,68 \text{ mm} \approx \text{diambil } 12 \text{ mm}}$$

4) Modulus Penegar Kotak *Sea Chest*

$$W = k \times 56 \times a \times p \times l^2$$

(Ref : 6.15. BKI Kapal Cargo Th.2013 Vol. II Sec.

8.B.5.3.1)

$$= 1 \times 56 \times 0,60 \times 2 \times (0,27)^2$$

$$= \mathbf{4,90 \text{ cm}^3}$$

⁸ Biro Klasifikasi Indonesia. 2013. Volume II. Section 8-4. B-5.4.1

a) **Perhitungan Lubang *Sea Chest***

- Luas Penampang Pipa

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 110^2 \\ &= \mathbf{9498,5 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

- Luas Penampang *Sea Greating*

Direncanakan 2 kali luas penampang pipa

$$\begin{aligned} A_1 &= 2 \times A \\ &= 2 \times 9498,5 \\ &= \mathbf{18997 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

- Jumlah lubang *sea greating* direncanakan 5 buah maka luas tiap lubang *sea greating* :

$$\begin{aligned} a &= A_1/5 \\ &= 12717 / 5 \\ &= \mathbf{3799,4 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

- Bentuk lubang direncanakan persegi dengan panjang 80 mm maka :

$$\begin{aligned} L &= 2543/p \\ &= 3799,4 / 80 \\ &= \mathbf{47,492 \text{ mm} \approx \text{diambil } 48 \text{ mm}} \end{aligned}$$

- Ukuran kisi-kisi *sea greating*

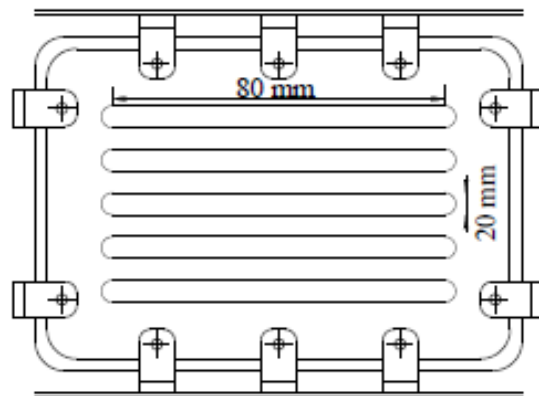
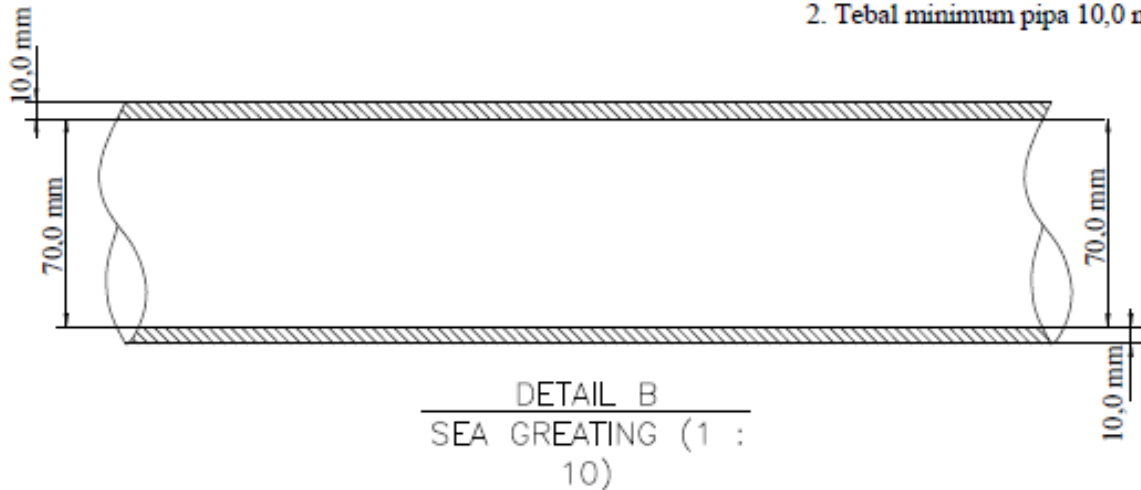
Panjang (P) = **80 mm** dan lebar (L) = **48 mm**

SEA CHEST

1 : 5

Keterangan :

1. Diameter Dalam Pipa 70,0 mm (JIS)
2. Tebal minimum pipa 10,0 mm (JIS)



Gambar 6.52. Pipa sea chest dan sea grating

- **Sistem Bahan Bakar (*Fuel Oil System*)**

- a. **Sistem Bahan Bakar**

Sistem bahan bakar biasanya terdiri dari :

- ***Fuel oil supply***

- a. Sistem bahan bakar mesin induk dan mesin bantu

Sistem ini mensuplai bahan bakar untuk mesin induk dan mesin bantu . Sistem mesin bantu dan mesin induk memiliki

satu saluran yaitu untuk *diesel oil* . Bahan bakar *diesel oil* dihisap dari FOT (*Fuel Oil Tank*) di bawah *double bottom*. Dari FOT dihisap oleh pompa yang melewati strainer, katup bolak balik dan katup searah yang nantinya ditampung ke dalam Fuel Oil Daily Tank (Tangki harian). Pada tangki harian bahan bakar tersebut dikirim ke main engine dan AE yang melewati katup dan strainer. Akan tetapi apabila pada tangki harian sudah penuh dan melebihi kapasitas, pada tangki tersebut dipasang sensor yang berguna untuk mengembalikan bahan bakar tersebut ke dalam Fuel Oil Tank yang ada pada *double bottom* tadi. Setelah itu sisa dari pembakaran ME dan AE (minyak sisa) akan disalurkan ke dalam sudge tank. Pada sludge tank nantinya akan dikeluarkan.

- ***Fuel oil purifying piping system***

Purifying (Pemurnian) terdiri dari pemurnian *diesel oil*. Bentuknya adalah memurnikan dan memindahkan *diesel oil* dari tanki pengendapan (*settling*) ke tanki harian melalui *purifier /separator*. Untuk jenis pemurnian ini bahan bakar dipanaskan oleh kumparan pemanas pada tanki pengendapan dan ketika keluar melalui pemanas *purifier* menuju tanki harian dengan bantuan pompa.

- ***Fuel oil transfer piping system***

Bahan bakar diisikan ketanki induk di *double bottom* melalui saluran pengisian (*filling connection*) yang terdapat di sisi kanan dan kiri deck, lalu bahan bakar diantara dua tangki tersebut dipindahkan ke tanki pengendapan. Saluran pengisian harus dapat dicapai untuk pengisian dari luar kedua sisi badan kapal tanpa menyebabkan timbulnya bahaya. Pada ujung pipa pengisian dipasang blind flange di deck.

Pompa transfer pada *diesel oil* dan *heavy fuel oil* masing-masing digunakan sebagai pompa cadangan dari kedua *system*,

sehingga terdapat saluran yang berpotongan untuk saluran masuk dan keluar.

- ***Fuel oil drain piping system***

Saluran limbah dan pembuangan dari *system* bahan bakar dialirkan dan dikumpulkan dengan menggunakan gravitasi menuju tangki pengumpul. Saluran berawal dari mesin induk, mesin bantu, *fuel oil purifier* dan pompa, saluran memasukan, tangki-tangki dan lain-lain.

b. Cara Kerja Sistem Bahan Bakar

Cara kerja pada *system* bahan bakar yaitu semua *system* bermula pada storage tank menuju pada *main engine* dan *auxiliary engine*. Dengan cara dipompa dengan menggunakan pompa yang digerakan dengan elektrick motor menuju *settling tank*, dari *settling tank* bahan bakar di pompa dengan menggunakan pompa bahan bakar menuju *service tank* melalui *centrifluge* yang dipasang *parallel* untuk memisahkan bahan bakar dengan endapan yang terjadi dan juga air.

Dari *service tank* bahan bakar didorong dengan menggunakan *supply pump* yang digerakan secara elektris dengan menjaga tekanannya sebelum masuk ke *circulating pump*. Bahan bakar kemudian didorong masuk ke *main engine* melalui *heater* dan *full flow filter*, dan perlu dipastikan *circulating pump* harus melebihi jumlah yang telah dibutuhkan oleh *main engine* sehingga kelebihannya bahan bakar yang di suplai akan kembali ke *service tank* melalui *venting box* dan *de aerating valve* yang mana pada *valve* tersebut akan melepaskan gas dan membiarkan bahan bakar masuk kembali ke pipa *circulating pump*.

c. 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.

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

d. Rule dan Rekomendasi

Menurut peraturan Biro Klasifikasi Indonesia *Volume III 2013 Section 12-P* dinyatakan:

- a. Sistem bunker dari system bahan bahan bakar dimana peletaknya berada di deck terbawah dan harus diisolasikan dari ruangan lainnya.
- b. Tanki harus dipisahkan oleh *cofferdam* terhadap tanki lain.
- c. Pipa bahan bahan bakar tidak boleh melewati tanki yang berisi *feedwater*, air minum, pelumas, dll.
- d. Plastik dan glass tidak boleh digunakan untuk operasi bahan bakar.
- e. *Transfer, feed* dan *booster* harus direncanakan untuk kebutuhan temperature operasi pada kondisi medium.
- f. Untuk saluran masuk menggunakan *filter simplex*.
- g. *Purifier* untuk membersihkan bahan bakar dan minyak pelumas harus mendapat persetujuan klasifikasi setempat.
- h. Untuk penggunaan filter secara bersamaan antara bahan bakar dan minyak lumas pada *supply system* maka harus ada pemisah (pengontrol) agar bahan bakar dan minyak pelumas tidak tercampur.
- i. Untuk operasional dengan *heavy fuel*, dipasang system pemanas.
- j. *Settling tank* dan *daily tank* harus dilengkapi peralatan *drain*.
- k. *Settling tank* yang disediakan harus berkapasitas minimal dapat menyediakan bahan bakar selama 1 hari.
- l. *Daily tank* harus mampu menyediakan bbm selama minimal 8 jam.
- m. Sediakan 2 *mutually independent pre-heater*.

e. **Komponen dalam sistem Bahan Bakar**

1) *Storage tank*

Merupakan digunakan untuk mensuplai bahan bakar dari *service tank* ke *engine*. Yang terletak di *double bottom* dan di lengkapi dengan pemanas.

2) *Coarser Filter*

Yaitu jenis filter dengan ukuran kerapatan 1-2 mm, yang digunakan untuk menahan kotoran sebelum bahan bakar masuk ke pompa dan separator.

3) *Transfer Pump* (Diesel Oil)

Tipe pompa adalah pompa gear penggerak listrik, dengan jumlah masing-masing dua buah dan ditambah sebuah pompa cadangan untuk ke dua *system*.

4) *Purifier/ Separator*

Sebagai alat untuk memurnikan bahan bakar dari air dengan *type sentrifugal*. Waktu pemurnian yang dibutuhkan di *settling tank* adalah 2-4 jam.

5) *Setling Tank*

Kapasitas tanki menunjang kebutuhan segala kondisi pelayaran. Fungsi dari tanki ini adalah untuk mengendap untuk mengeluarkan lumpur/kotoran. Kapasitas tanki harus dapat mensuplai bahan bakar untuk satu hari.

6) *Heater*

Secara umum fungsi dari pemanas ini adalah untuk menjaga kekentalan atau viskositas dari bahan bakar agar tetap sesuai kondisi yang diperlukan mesin untuk melakukan pembakaran.

7) *Service Tank*

Kapasitas dari tanki harus menjamin kelancaran operasi mesin baik dalam kondisi dipelabuhan maupun dalam pelayaran. Tanki berisi bahan bakar yang sudah dipersiapkan untuk digunakan oleh mesin induk.

$$\begin{aligned}
\text{Konsumsi Bahan Bakar} &= 0,18 \times 1560 \text{ HP} \\
&= 280,8 \text{ kg/jam} \\
&= \mathbf{0,280 \text{ Ton/jam}}
\end{aligned}$$

2) Kebutuhan Bahan Bakar Tiap Jam

$$\begin{aligned}
Q_{b_1} &= \text{Kebutuhan Bahan Bakar} \times \text{Spesifik volume berat} \\
&\quad \text{bahan bakar} \\
&= 0,280 \text{ ton/jam} \times 1,25 \text{ m}^3/\text{ton} \\
&= \mathbf{0,35 \text{ m}^3/\text{jam}}
\end{aligned}$$

3) Direncanakan Pengisian Tangki Bahan Bakar Tiap 10 Jam

Sehingga volume tangki :

$$\begin{aligned}
V &= Q_{b_1} \times h \\
&= 0,35 \text{ m}^3/\text{h} \times 10 \\
&= \mathbf{3,5 \text{ m}^3}
\end{aligned}$$

Pengisian Tangki Harian diperlukan waktu 1 jam, maka pada tiap pompa tangki bahan bakar ke tangki harian :

$$\begin{aligned}
Q_{b_2} &= V / \text{waktu hisap} \\
&= 3,5 / 1 \\
&= \mathbf{3,5 \text{ m}^3/\text{jam}}
\end{aligned}$$

4) Diameter pipa dari tanki harian menuju mesin :

$$d = \sqrt{\frac{Q_{b_1}}{5,75 \times 10^{-3}}}$$

(Ref : 6.7. BKI Kapal Cargo Th.2013 Vol. III Sec.

11.N.3.1)

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{\frac{3,5}{5,75 \times 10^{-3}}} \\
&= \mathbf{4,490 \text{ mm}}
\end{aligned}$$

Sehingga sesuai standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan diameter pipa tangki harian menuju mesin = **6 mm = 1/4 Inch**, diameter luar pipa = **10,5 mm**

Inside Diameter (mm)	Nominal Size (inch)	Outside Diameter (mm)	SGP Tebal Min (mm)	Schedule 40 (mm)	Schedule 80 (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

Sumber : JIS Th. 2002

Tabel 6.35. Tabel Standart ukuran diameter pipa JIS

5) Perhitungan tebal pipa dari tangki harian menuju mesin :

$$S = S_o + c + b$$

(Ref : 6.8. BKI Kapal Cargo Th.2013 Vol. III Sec. 11.C.2.1)

Dimana :

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

d_a = diameter luar pipa

$$= 10,5 \text{ mm}$$

P_c = Ketentuan Tekanan

$$= 16 \text{ Bar}$$

σ_{perm} = Toleransi tegangan max

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

V = Faktor efisiensi

$$= 1,00$$

c = Faktor korosi *sea water lines*

$$= 3,00$$

b = 0

$$S_o = (10,5 \times 16) / (20 \times 80 \times 1 + 16)$$

$$= 0,103 \text{ mm}$$

Sehingga :

$$S = 0,103 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0$$

$$= \mathbf{3,103 \text{ mm (minimum)}}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa = **2,3 mm**

6) Diameter Pipa dari tanki Bahan Bakar Menuju Tanki Harian

$$db = \sqrt{\frac{Qb_2}{5,75 \times 10^{-3}}}$$

(Ref : 6.6. BKI Kapal Cargo Th.2013 Vol. III Sec. 11.N.3.1)

$$= \sqrt{\frac{3,5}{0,00575}}$$

$$= \mathbf{24,490 \text{ mm (minimum)}}$$

Sehingga sesuai standart ukuran pipa baja (BKI) direncanakan

diameter pipa tangki bahan bakar menuju tangki harian = **25 mm**

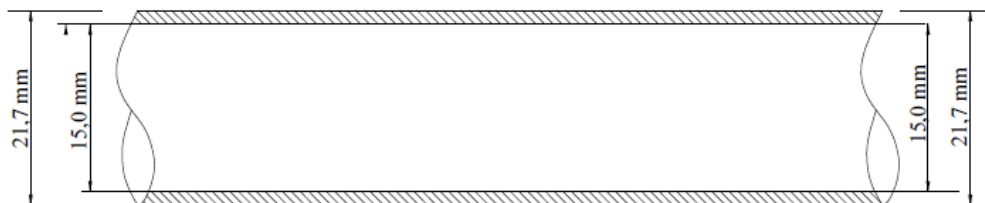
= **1 Inch**, diameter luar pipa = **34,0 mm**

PIPA TANGKI BAHAN BAKAR KE TANGKI HARIAN

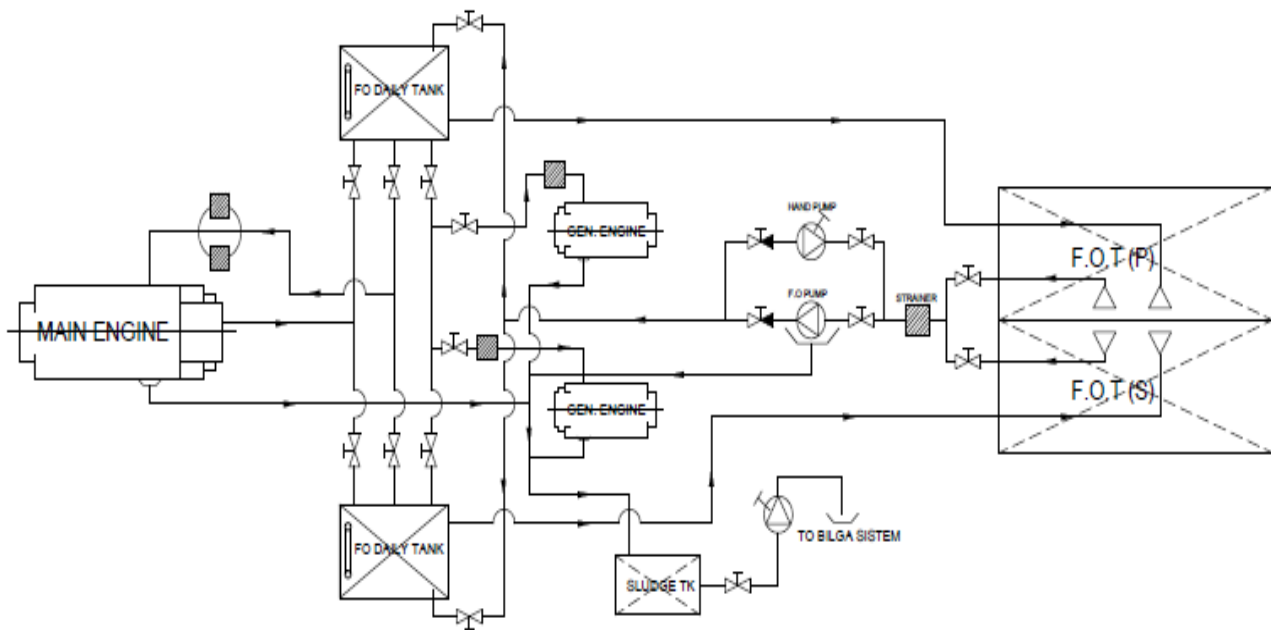
1 : 2

Keterangan :

1. Diameter Dalam Pipa 15,0 mm (JIS)
1. Diameter Luar Pipa 21,7 mm (JIS)



FUEL OIL PIPING SYSTEM



Gambar 6.7. Skema Diagram Fuel Oil System

- **Sistem Minyak Lumas (*Lubricating System*)**

- 1. Sistem minyak lumas**

System Pelumasan biasanya terdiri dari : *main lubrication oil system, turbo charge lubrication, cam shaft lubrication, cylinder oil lubrication, generator engine lubrication oil system, LO transfer system, purification system, stern tube system* dan lain-lain. Dari berbagai *system* yang ada pada *system minyak pelumas* yang akan dibahas hanyalah yang berhubungan dengan mesin induk dan tidak secara mendetail.

Berikut adalah uraian beberapa system diatas :

a) *Main Lubrication oil system*

Minyak lumas dihisap dari *sump tank* yang berada di bawah mesin dengan pompa oli untuk dialirkan ke mesin melalui *filter* dan *cooler*. Dan temperatur keluar minyak pelumas dari *cooler* (engine inlet) otomatis *dicontrol* untuk menghasilkan suhu konstan untuk mendapatkan viscositas oli yang di inginkan ketika masuk kemesin. Dan minyak pelumas yang melewati main bearing dan juga yang ada kembali lagi ke *sump tank*.

Selain itu, ada banyak bagian mesin seperti piston didingin kan oleh minyak pelumas, dalam hal itu minyak pelumas didistribusikan ke main bearing LO system dan *piston cooling oil system* oleh *distribution valve* pada *main diesel engine* dan dan kemudian minyak pelumas kembali lagi ke *sump tank*.

b) *Cylinder oil system*

Minyak pelumas untuk *cylinder* dialirkan mulanya dari *cylinder oil storage tank* ke *measuring tank* dengan cara gravitasi. Kemudian minyak pelumas mengalir ke bagian – bagian mesin induk, syylinder liner melalui pompa *plunger* yang dipasang di *cylinder oil lubrication*.

c) *Rocker arm oil system*

Minyak pelumas pada awalnya mengalir dari *storage tank* ke *feeder tank* dengan jalam gravitasi dan melalui *lubricantor* untuk melumasi katup keluar, *rocker arm lubrication tank* dan juga segera melalui distributor.

d) *Generator lubrication oil*

Pada pelumas mesin bantu terdiri dari pelumas untuk *bearing* dan *rocker air system* pada pelumas *bearing* dan *rocker oil system*. Pada pelumas bearing minyak pelumas dialirkan melalui cooler dari *sump tank/carter* mesin bantu dengan bantuan

pompa gear dan nantinya juga kembali ke *sump tank* setelah melumasi *bearing* dan *camshaft*.

e) *Lubrication transfer oil system*

Sistem minyak pelumas dan *cylinder* diisi masing – masing tankinya dari *upper deck* melalui saluran pengisian dan dialirkan ke masing – masing tank pelayanan dengan gravitasi atau pompa.

f) *Lubrication oil purification system*

Ada dua macam *system* pemurnian minyak pelumas yaitu *batch purification* dan *by pass purification*. *Batch purification* adalah metode pemurnian yang mana minyak pelumas awalnya dialirkan dari *sump tank* ke *settling tank* oleh pompa transfer lalu dipanaskan di tanki *settling* kemudian di kembalikan ke *sump tank* melalui separator. Pemurnian ini digunakan untuk pemurnian dalam jumlah yang besar dalam waktu pendek ketika berada di pelabuhan.

Dalam *system* pemurnian *by pass purifying* yaitu pemurnian dengan cara terus-menerus pada waktu mesin dijalankan normal *sea going*, yang mana minyak pelumas diambil *sump tank* dan kemudian kembalikan lagi setelah melalui *purifier*.

g) *Stern tube lubrication oil system*

Sistem yang terdapat dalam pelumas *stern tube* adalah pelumas *forward* dan *aft seal* serta *stern tube*.

2. Rule Dan Rekomendasi

Menurut peraturan Biro Klasifikasi Indonesia *Volume III 2013 Section 13-i* dinyatakan:

a) Persyaratan umum

- Sistem minyak pelumas harus dikonstruksi untuk menjamin keandalan pelumas pada semua range kecepatan dan selama mesin mengalami penurunan kerja dan untuk menjamin pemindahan panas yang cukup.

- Pompa – pompa utama harus tersedia untuk menyuplai minyak pelumas ke mesin.
- Pelumasan darurat, suplai minyak pelumas darurat yang sesuai (seperti tanki gravitasi) harus disusun sehingga secara otomatis dapat digunakan pada saat suplai dari pompa mengalami kegagalan.

b) *Lubricating oil treatment*

- Peralatan yang diperlukan untuk treatment yang sesuai dari minyak pelumas (*purifier*, saringan, back-flusing otomatis, saringan, dan *centrifuge free-jet*) harus disediakan.
- Pada kasus mesin bantu kerja pada *heavy oil* yang mana disuplai dari suatu lubricating oil drain tank biasa, peralatan yang sesuai harus dipasang untuk menjamin apabila terjadi kegagalan dari system treatment minyak lumas biasa.

c) Jalur pipa

- Saluran pengisian dan hisap pada tangki gravitasi, tanki *settling* dan tanki *storage* dari minyak pelumas diletakan diatas dasar ganda yang mana dialirkan menuju tanki dibawah tank top harus dipasang dengan tanki dengan katup shut off yang dioperasikan dengan *remote* yang mana dapat juga ditutup dari luar ruangan dimana tanki disusun.
- Ketika saluran minyak pelumas harus dialirkan di sekitar mesin –mesin panas seperti turbin uap, pipa – pipa baja yang mana seharusnya panjangnya sama dan apabila perlu dilindungi, harus digunakan.

d) Saringan

- Saringan minyak lumas harus diatur pada saluran tekan pompa.
- Ukuran mesin dan kapasitas saringan harus didasarkan pada persyaratan pembuat mesin.

- Suplai yang tidak terganggu dari minyak yang disaring harus dijamin dibawah kondisi pembersihan dan perawatan dari peralatan saringan.
 - Mesin untuk suplai daya darurat dan untuk pompa kebakaran darurat disediakan dengan *simplex filters*.
 - Saringan saluran pertama harus disediakan dengan monitoring tekanan yang berbeda. Sebagai tambahan, *siklus back flushing* dari saringan otomatis harus dimonitor.
- e) Pendingin minyak pelumas
- Pada perencanaan turbin dan mesin besar direkomendasikan untuk disediakan lebih dari satu pendingin.
- f) Indikator ketinggian minyak
- Mesin – mesin yang mempunyai minyak sendiri harus disediakan suatu peralatan untuk menentukan ketinggian minyak dari luar selama operasi. Persyaratan ini juga diaplikasikan pada gear reduksi, thrust bearing dan shaft bearing.
- g) Pompa – pompa minyak lumas
- Pompa – pompa utama dan *stand-by* yang independen harus diatur. Pompa utama yang digerakan oleh mesin induk harus didesain sehingga suplai minyak pelumas dijamin pada range operasi.

3. Komponen – komponen dalam system minyak lumas

1) Main lubricating oil pump

Dua buah pompa type gear pump yang digerakan oleh mesin. Hal ini memberi keuntungan antara lain : Melindungi roda gigi yang masih memutar ketika aliran listrik mati, membutuhkan tempat yang sedikit, saluran hisap yang lebih pendek dari tanki, mengurangi beban tenaga dari mesin bantu.

2) Lubricating oil thermostat

3) Automatic back flushing filter

Alat ini sangat dianjurkan untuk dipasang jika mesin menggunakan bahan bakar HFO. *Automatic back flushing filter* akan bekerja sebagai kotoran dari jumlah keseluruhan pelumas.

4) *Duplex filter*

Dilengkapi oleh *magnetic separator*, dan harus dipasang dekat dengan mesin.

5) *Protective strainer for main engine*

Saringan untuk melindungi mesin yang terpasang antara mesin dengan duplex filter dengan ukuran 0,2 mm.

6) Separator

7) *Elektric pre heater*

Untuk meningkatkan suhu minyak pelumas sebelum masuk ke separator dari 40⁰C hingga 85⁰C.

8) *Cooler*

9) *Lubricating oil ransfer pump*

Yaitu sebuah pompa gear yang menggunakan penggerak listrik.

10) *Lubricating oil tank (sump tank)*

Kapasitasnya harus direncanakan mampu menunjang operasi kapal meskipun di laut yang ganas untuk menghindari *back pressure*.

11) *Stern tube lubricating oil*

Dua buah pompa gear dengan penggerak listrik.

4. Aksesoris Dalam Sistem Minyak Lumas

- *Valve*
- *Strainer/Filter*
- *Change Over Valve*
- *None Return Valve*
- *Three Way Valve*
- *Full Flow Filter*
- *Viscous*
- *Heater*
- *L.O. Cooler*
- *Fine Filter*

5. Perhitungan Pipa Minyak Lumas

a. Diameter pipa minyak lumas Sesuai dengan perhitungan

kapasitas tangki minyak lumas yaitu :

$$\text{Volume Tangki Minyak Lumas} = 12,38 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat Jenis minyak} = 0,9 \text{ ton/ m}^3$$

$$\text{Kapasitas tangki Minyak Lumas} = V \times 0,9$$

$$= 12,38 \text{ m}^3 \times 0,9 \text{ ton/m}^3$$

$$= 11,142 \text{ ton.}$$

$$Q_s = \text{Kapasitas minyak lumas, direncanakan 15 menit} = \frac{1}{4} \text{ jam}$$

$$= 11,142 \times 0,25$$

$$= \mathbf{2.785}$$

$$d = \sqrt{\frac{Q_s}{5,75 \times 10^{-3}}}$$

$$= \sqrt{\frac{2,785}{0,00575}}$$

$$= \mathbf{22 \text{ mm}}$$

Sehingga sesuai standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan diameter pipa tangki lumas menuju tangki harian = **20 mm = 3/4**

Inch, diameter luar pipa = **27,2 mm**

Kapasitas Pompa Minyak Lumas :

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

$$= 5,75 \times 10^{-3} \times 27,2^2$$

$$= \mathbf{4,254 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

Inside Diameter (mm)	Nominal Size (inch)	Outside Diameter (mm)	SGP Tebal Min (mm)	Schedule 40 (mm)	Schedule 80 (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

Sumber : JIS Th. 2002

Tabel 6.36. Tabel Standart ukuran diameter pipa JIS

b. Tebal pipa minyak lumas

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

(Ref : 6.8. BKI Kapal Ikan Th.2013 Vol. III Sec. 11.C.2.1)

Dimana :

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

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

$$d_a = \text{diameter luar pipa} = 27,2 \text{ mm}$$

$$P_c = \text{Ketentuan Tekanan} = 16 \text{ Bar}$$

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

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

$$V = \text{factor efisiensi}$$

$$= 1,00$$

$$c = \text{faktor korosi sea water lines} = 3,00$$

$$b = 0$$

$$S_o = (27,2 \times 16) / (20 \times 80 \times 1 + 16)$$

$$= 0,269 \text{ mm}$$

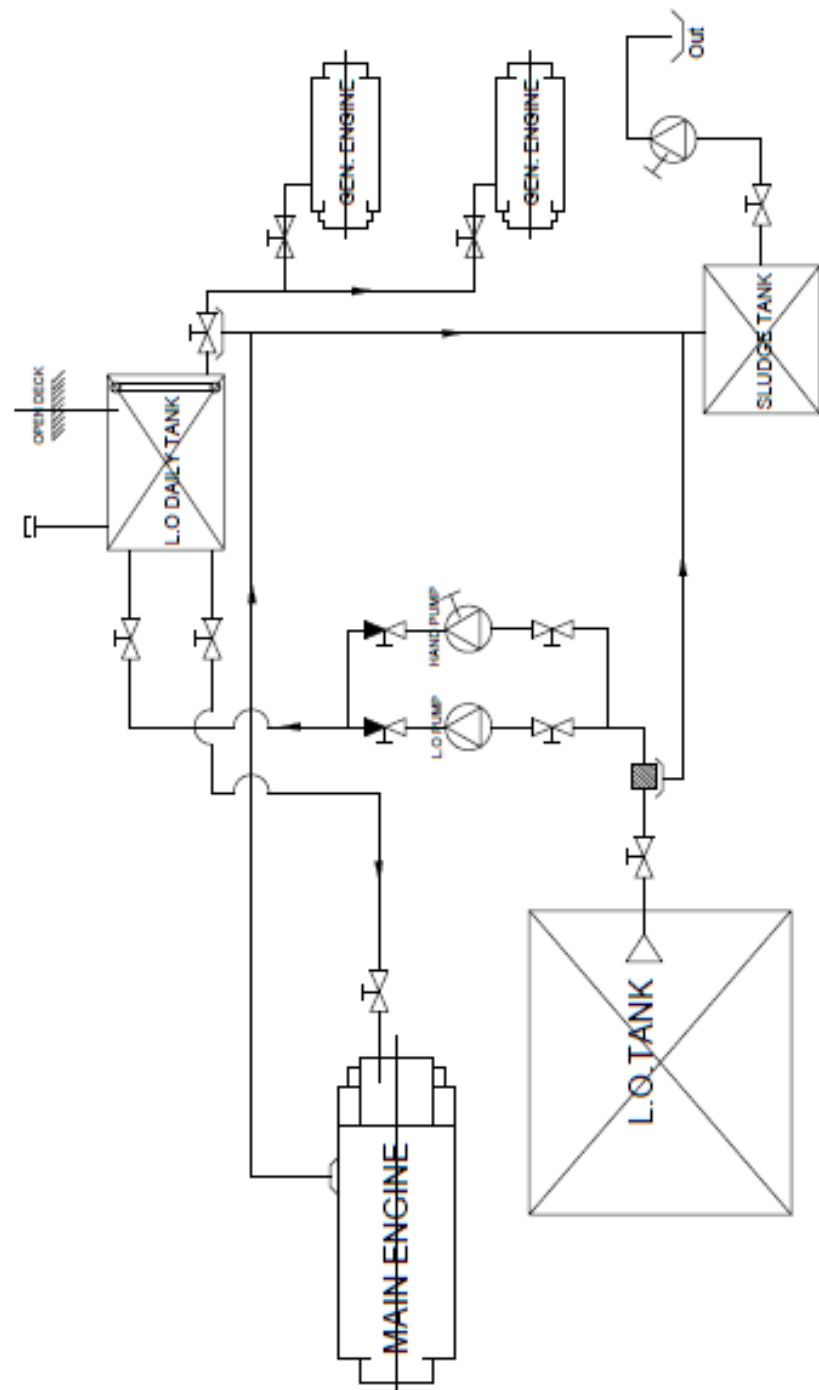
Jadi :

$$S = 0,269 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0$$

$$= \mathbf{3,269 \text{ mm}}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa = **3,8 mm**

LUBRICATION OIL PIPING SYSTEM



Gambar 6.8. Skema Diagram Lubricating Oil System

5. Fresh Water System

a. Umum

Sistem pelayanan air ini biasanya terdiri dari system air tawar untuk mandi, cuci dan minum, serta *system* air laut untuk keperluan sanitari. Kedua *system* perencanaanya sama untuk otomatisasi pompa penyedia air ke tanki yang mana ditekan oleh udara bertekanan. Tekanan udara disesuaikan dengan kebutuhan penyediaan air dalam *system*.

a. *Fresh water system*

Sistem ini digunakan untuk mensuplai kebutuhan air tawar untuk pelayanan awak kapal dan permesinan. Dalam system terdapat *hydropore tank*, pompa air water start dan stop dengan mendeteksi tekanan di *hydropore*. *Hydropore* digunakan untuk mengurangi kerja pompa secara terus-menerus dan untuk mendapatkan kuantitas supali air yang konstan.

b. *Hot Water Sistem*

Dalam system terdapat *calorifier* dan pompa sirkulasi air panas. Air tawar dan *hydropore* air tawar dipanaskan di *calorifier* dan sirkulasi dengan pompa. *Calorifie* dipanaskan dengan *heater* listrik.

b. 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 yang bukan air minum.

c. Rule dan Rekomendasi

Pada peraturan BKI 2013 Voll.III Sec. 11 Dinyatakan :

1) Sistem untuk pendingin air tawar

Sistem pendingin air tawar diatur hingga motor dapat secara baik didinginkan dibawah berbagai kondisi suhu.

2) Menurut kebutuhan dari motor system pendingin air tawar yang di perlukan :

- Suatu sirkuit tunggal untuk keseluruhan pembangkit.
- Sirkuit terpisah untuk pembangkit daya induk dan bantu.
- Beberapa sirkuit independent untuk komponen motor induk yang memerlukan pendinginan (*cylinder, piston* dan katu bahan bakar) dan untuk motor bantu.

3) Sirkuit pendingin diatur sehingga bila salah satu sirkuit mengalami kegagalan maka dapat diambil alih oleh sirkuit pendingin yang lain. Bila mana perlu dibuatkan pengaturan untuk tujuan tersebut.

4) Sedapat mungkin pengatur suhu dari motor induk dan bantu dibuatkan sirkuit yang terpisah dan independent satu sama lainnya.

5) Bila mana pada motor pembangkit otomatis, penukar panas untuk bahan bakar dan pelumas melibatkan sikuit air pendingin, system air pendingin di monitor terhadap kebocoran dari minyak bahan bakar dan pelumas.

6) Sistem air pendingin umum untuk pembangkit induk dan bantu dipasang katup shub-off untuk memungkinkan reparasi tetap tidak mengganggu pelayanan dari system tersebut.

7) Penukar panas dan pendingin

- Pendingi dari *system* air pendingin, motor, dan peralatanya dipasang untuk menjamin bahwa temperatur air pendingin yang telah ditentukan dapat diperoleh dari berbagai jenis

kondisi. Temperatur air pendingin dipasang sesuai untuk keperluan yang dibutuhkan oleh motor dan peralatan.

- Penukar panas untuk peralatan bantu pada sirkuit aor pendingin utama jika memungkinkan dilengkapi dengan jalur *by-pass*, bila mana terjadi gangguan pada penukar panas, untuk menjaga kelangsungan operasi *system*.
- Dipastikan bahwa peralatan bantu dapat tetap bekerja saat perbaikan dan peralatan pendingin utama. Bila mana perlu diberikan pengalih aliran ke penukar panas yang lain, permesinan atau peralatan sepanjang suatu penukaran panas sementara dapat diperoleh.
- Katup *shot-off* dipasang pada sisi hisap dan tekan dari semua penukar panas.
- Tiap penukar panas dan pendingin dilengkapi dengan ventilasi dan corong kuras.

8) Pompa pendingin air tawar

- Pompa air pendingin utama dan cadangan harus terdapat disetiap system pendingin air tawar.
- Pompa air pendingin dapat digerakan langsung oleh motor induk atau bantu yang mana dimaksudkan untuk mendinginkan sehingga jumlah pasokan yang layak dari air pendingin dapat dicapai pada berbagai kondisi operasi.
- Pompa air pendingin cadangan digerakan secara independent oleh motor induk.
- Pompa air pendingin cadangan berkapasitas sama seperti pompa air pendingin utama.
- Motor induk dilengkapi sekurangnya oleh suatu pompa pendingin utama dan cadangan.
- Bila mana menurut konstruksi dari motor memerlukan lebih dari satu sirkuit air pendingin satu pompa cadangan dipasang untuk tiap pompa pendingin utama.

- Suatu pompa pendingin cadangan dari suatu system pendingin dapat digunakan sebagai satu pompa cadangan untuk system lain yang dilengkapi dengan lajur sambungan yang memungkinkan. Katup shut-off pada sambungan ini harus dilindungi dari penggunaan yang tidak diinginkan.
 - Peralatan yang melengkapi system untuk pendinginan darurat dari system lain dapat disetujui jika dan pembangkitnya sesuai untuk tujuan ini.
- i. Pengukur suhu, sirkuit air pendingin dilengkapi dengan pengatur suhu sesuai yang diperlukan dan sesuai dengan peraturan yang ada. Alat pengatur yang mengalami kerusakan dapat mempengaruhi fungsi keandalan dari motor yang dilengkapinya atau saat dia bekerja.

d. Komponen-komponen dalam sistem pipa air tawar

a) Fresh Water service Pump

Dua buah (*1 stand-by*) pompa *sentrifugal* berpengerak.

b) Hydropore

Sebuah tangki tekan dengan kapasitas yang disesuaikan kebutuhan tekanan dan pemakaian.

c) Fresh Water Tank

Tangki yang berfungsi untuk menampung air tawar.

d) Hot Water Circulating Pump

Dua buah pompa sentrifugal dengan berpengerak listrik (*1 stand-by*)

e) Calorifier

Sebuah *calorifier* dengan kapasitas yang disesuaikan kebutuhan yang dilengkapi pemanas listrik.

f) Sterilizer

Digunakan bila *system* juga digunakan untuk memenuhi kebutuhan air minum, *type* yang digunakan adalah *ultra violet*.

e. Aksesoris dalam system air tawar

- *Valve* • *F.w. Tank*
- *Non-Return Valve*
- *Pump*
- *cooler*
- *Filter/Strainer*
- *Expansion Tank*

f. Perhitungan Pipa Air Tawar

1) Diameter Pipa Air Tawar

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

$$\begin{aligned} \text{Volume tanki air tawar} &= 21,14 \text{ m}^3 \\ \text{Berat Jenis Air Tawar} &= 1,0 \text{ Ton/ m}^3 \\ \text{Kapasitas Tanki Air Tawar} &= V_{\text{FWT}} \times \text{Berat Jenis Air Tawar} \\ &= 21,14 \text{ m}^3 \times 1 \text{ Ton/ m}^3 \\ &= \mathbf{21,14 \text{ Ton}} \end{aligned}$$

Sehingga sesuai kapasitas tangki standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan diameter pipa tangki air tawar menuju tangki harian = **40 mm = 1,5 Inch**, diameter luar pipa = **48,6 mm**

2) Kapasitas Pompa Air Tawar

$$\begin{aligned} Q &= 5,75 \times 10^{-3} \times d_F^2 \\ &= 5,75 \times 10^{-3} \times 48,6^2 \\ &= 13,581 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

3) Perhitungan Tebal Pipa Air Tawar

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

(Ref : 6.9. BKI Kapal Cargo Th.2013 Vol. III Sec. 11.C.2.1)

Dimana:

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

d_a = Diameter Luar Pipa
= 48,6 mm

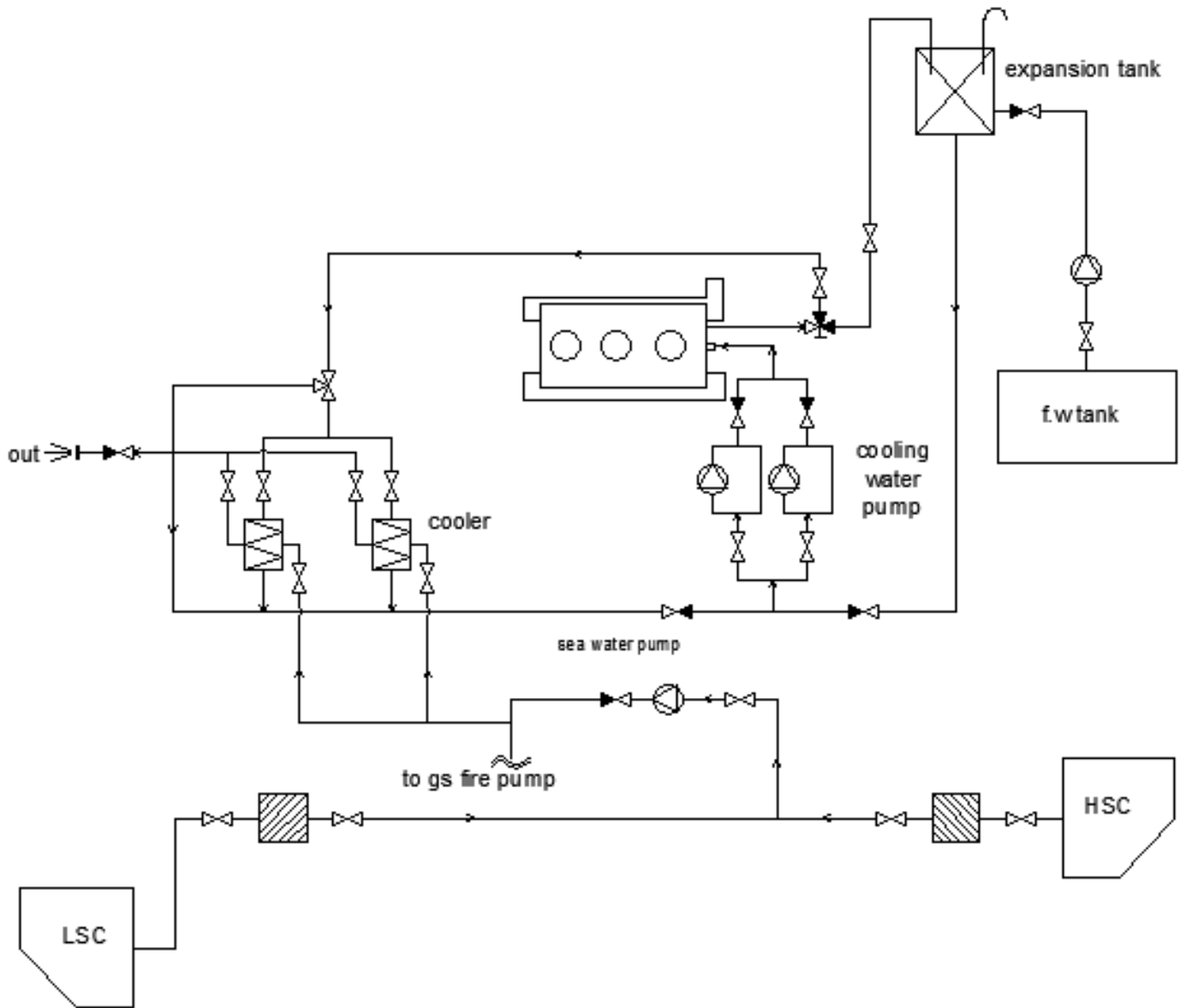
P_c = Ketentuan Tekanan

$$\begin{aligned}
&= 16 \text{ Bar} \\
\sigma_{\text{perm}} &= \text{Toleransi Tegangan Max} \\
&= 80 \text{ N/mm}^2 \\
V &= \text{Faktor Efisiensi} \\
&= 1,00 \\
S_o &= \frac{(48,6 \times 16)}{(20 \times 80 \times 1) + 16} \\
&= 0,481 \text{ mm} \\
c &= \text{Faktor korosi } \textit{Fresh Water} \text{ *}^{10} \\
&= 0,5 \\
B &= 0 \\
\text{Sehingga:} \\
S &= 0,481 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0 \\
&= \mathbf{3,481 \text{ mm}}
\end{aligned}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa = **3,5 mm**

¹⁰ Biro Klasifikasi Indonesia 2013. Volume III. Section 11-11. Table 11.10a

COOLING WATER SYSTEM



Gambar 6.9 Skema Diagram *Cooling Water System*

6. System Sanitary dan Sewage System

a. Sistem *sanitary*

adalah sistem yang berhubungan dengan proses pembuangan limbah kotoran yang dihasilkan manusia diatas kapal. Sistem ini menjadi sangat penting mengingat ketatnya peraturan yang menjamin cairan yang keluar dari kapal haruslah sudah treatment.

Pembuangan limbah yang tidak distreatment di perairan teritorial pada umumnya tidak dibolehkan oleh perundang – undangan. Peraturan internasional berlaku untuk pembuangan limbah dengan jarak yang ditetapkan dari daratan. Sebagai hasilnya semua kapal harus mempunyai sistem pembuangan sesuai standart yang ditentukan.

b. Rule yang digunakan

Biro klasifikasi indonesia (BKI) Volume III 2013 Sec. 14

- Pipa – pipa pembuangan dari pompa – pompa pembuangan air kotor harus dilengkapi dengan storm valve dan pada sisi lambung dengan gate valve. Katup tak balik harus diatur pada bagian hisap atau bagian tekan pada pompa air kotor yang bekerja sebagai alat pelindung aliran kembali kedua.
- Pipa – pipa pengering saniter yang terletak dibawah geladak sekat pada kapal – kapal penumpang, harus dihubungkan dengan tangki –tangki pengumpul kotoran. Umumnya tangki semacam itu akan dilengkapi untuk tiap –tiap kompartmen kedap air.
- Jika pipa – pipa pengering dari beberapa kompartmen kedap air dihubungkan pada satu tangki, pemisahan kompartemen – kompartemen ini harus terjamin dengan *gate valve (remote control gate valve)* jarak jauh pada sekat kedap air. Katup tersebut harus dapat dilayani dari atas geladak sekat dan dilengkapi indikator dengan tanda terbuka atau tertutup.
- Bahan – bahan pipa umumnya harus tahan terhadap korosi baik pada bagian dalam maupun pada bagian luar.

c. Katup - katup dari bahan *bronze (marine)*, sesuai dengan peraturan BKI.

1) Pipa Saniter dan Scupper berkisar antara 50 s/d 100 mm

Direncanakan 3" (80 mm) tebal direncanakan 4,2 mm.

2) Lubang Pembuangan *Scupper* dan *Saniter*

- Lubang pembuangan dalam jumlah dan ukuran yang cukup untuk mengeluarkan air, harus dipasang pada geladak cuaca dan geladak lambung timbul dalam bangunan atas dan rumah geladak yang tertutup.
- Pipa pembuangan di bawah garis muat musim panas harus dihubungkan pipa sampai bilga dan harus dilindungi dengan baik.
- Lubang pembuangan dan saniter tidak boleh dipasang di atas garis muat kosong di daerah peluncuran sekoci penolong.

3) Pipa *Sewage* (saluran kotoran)

Diameter pipa sewage paling kecil 100 mm. Direncanakan berdiameter = 4" tebal 4,5 mm

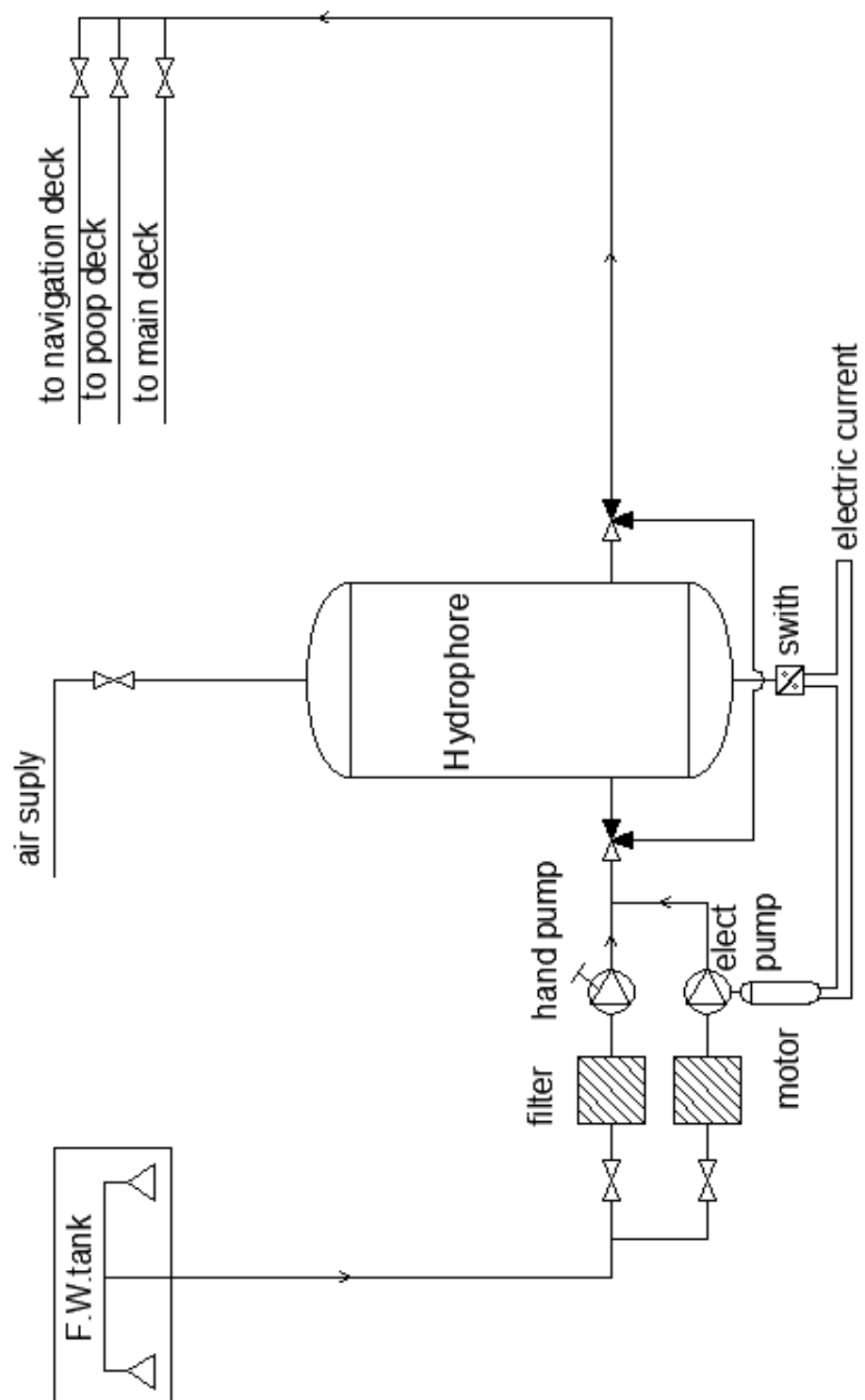
4) Perencanaan Pipa Saniter dan Pipa *Sewage*

(a) Pipa *saniter* berdiameter antara 50 – 150 mm

Direncanakan diameter 100 mm dengan ketebalan pipa 8,0 mm.

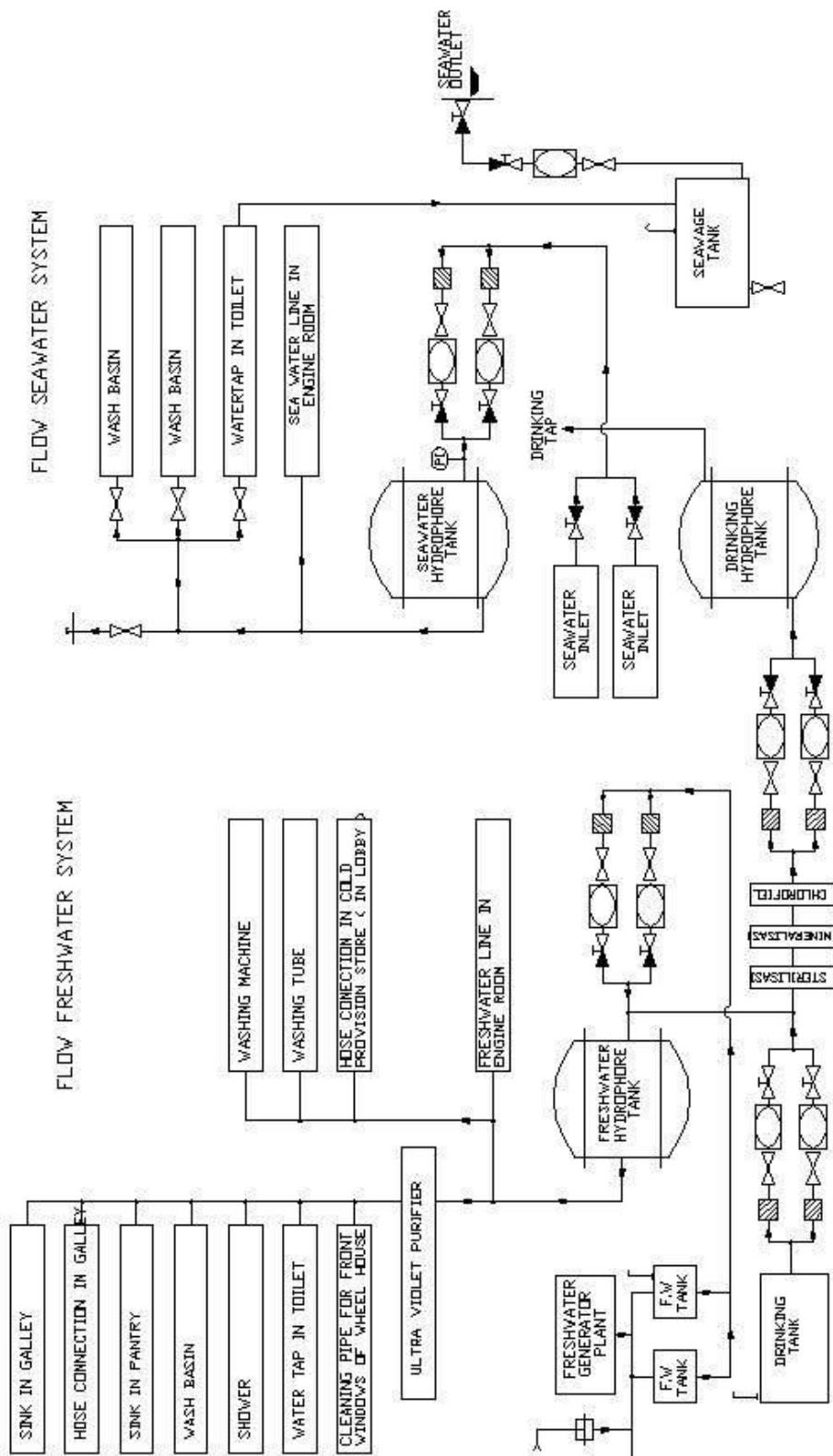
(b) Pipa *sewage* (pipa buangan air tawar)

Pipa *sewage* berdiameter 100 mm dengan ketebalan 8,0 mm.



Gambar 6.55. Skema Diagram Fresh Water System

SANITARY SYSTEM



Gambar 6.10. Skema Diagram Sanitary System

7. Sistem Pemadam Kebakaran

a. Sistem pemadam kebakaran

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

- Sistem penanggulangan kebakaran pasif, system ini berupa aturan jelas mengenai penggunaan bahan pada daerah beresiko tinggi terjadi kebakaran dan juga pemasangan instalasi fix pada daerah beresiko kebakaran.
- Sistem penaggulangan kebakaran aktif, system ini berupa penaggulangan kecelakaan yang bersifat lebih aktif missal, 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.

Sistem pipa pemadam kebakaran terbagi atas sistem pemadaman hidran dengan air laut untuk seluruh bagian kapal dan sistem pemadaman dengan gas CO₂ khusus untuk kamar mesin.

b. Cara kerja

Sistem pemadam kebakaran terdapat 3 jenis pemadam kebakaran dengan menggunakan air laut, dengan menggunakan *foam*, dan gas. Pada prinsipnya cara kerja ketiganya sama, yaitu menghilangkan salah satu dari 3 penyebab kebakaran (panas atau titik nyala, oksigen dan material). Sistem pemadam kebakaran dikapal berfungsi untuk memadamkann kebakaran baik oleh material padat dengan memakai *sea water fier system*, material minyak berupa cair (di *engine room*) yang dipadamkan dengan menggunakan foam, ataupun kebakaran oleh listrik yang dipadamkan dengan menggunakan CO₂ atau inert gas.

c. Rule dan Rekomendasi

Menurut peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)

- Pelindung api
Semua ruangan yang diletakan motor bakar, burner, atau pengendap minyak atau tangki harian di letakan harus terjangkau dan diberikan ventilasi secara layak.
- Peralatn dengan resiko terbakar tinggi
Sistem ini dapat merupakan bagian dari system pelindung api ruangan kamar mesin.
- Unit pemadam lokal harus layak untuk pemadaman apai yang efektif pada suatu area.
- *System* minyak dengan tekanan kerja lebih dari 15 bar yang tidak termasuk dalam permesinan bantu ataupun induk (seperti *hidrolik*, *stering gear*) haru dipasang diruangan yang terpisah.
- Perlindungan dari jalur dan peralatan yang melalui temperature yang tinggi. Pelindung harus dapat dipastikan tidak akan menjadi retak atau robek karena getaran.
- 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 termasuk *bulkhead* harus diberi isolasi tahan panas dan harus terlindungi dari pemanasan yang berlebihan.
- 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.
- Peralatan *stop* darurat (*emergency stop*)
Pompa bahan bakar dengan tenaga listrik, *purifier*, motor *fan*, *fan boiler* minyak termal dan pompa cargo harus dilengkapi dengan peralatan pemutus darurat, sepraktis mungkin, yang di kelompokkan

secara bersama diluar ruangan yang mana peralatan tersebut dipasang dan harus dapat dijangkau meskipun dalam kondisi terputus akses karena api.

- Peralatan pemutus dengan *remote control*.

Alat ini dipasang pada pompa bahan bakar dengan penggerak uap, jalur pipa bahan bakar kemotor induk , motor bantu dan pipa keluaran dari tangki bahan bakar yang diletakan di *double bottom*.

- Ruang pengamananan (*safety station*)
- Disarankan bahwa peralatan pengaman berikut di kelompokkan menjadi satu, sewaktu – waktu dapat di jangkau dari luar ruangan kamar mesin.

d. Komponen Dalam Sistem Pemadam Kebakaran

1) Hidrant

Hidrant dek terletak diatas dek dengan jumlah yang disesuaikan.

2) Hydropore

Hydropore dilengkapi dengan pompa supai 1 buah.

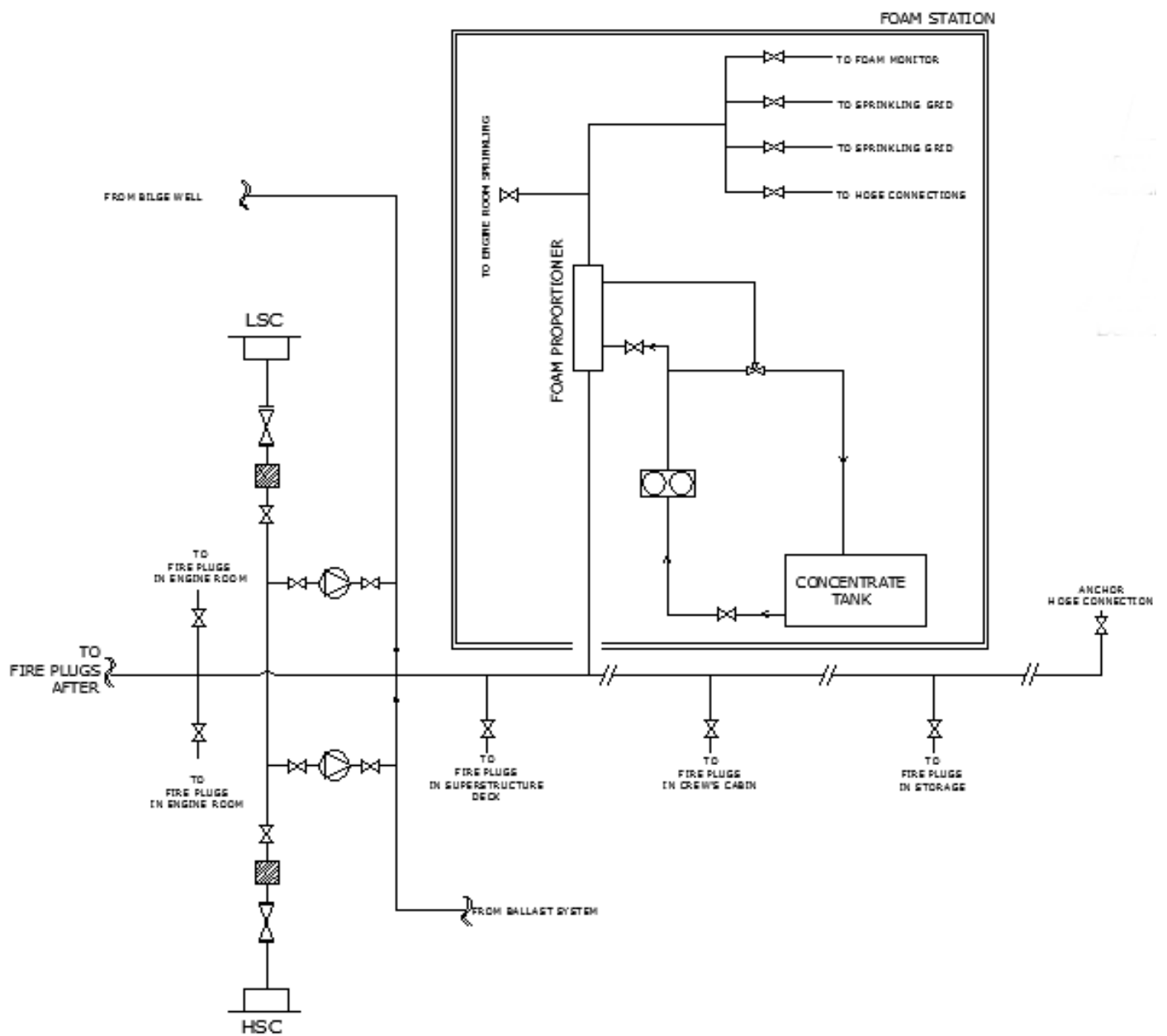
3) Sprinkle

Digunakan sebagai alat pemadam kebakaran pada deck akomodasi, dengan jumlah yang disesuaikan.

4) Emergency Fire Pump

Jumlah pompa pemadam disyaratkan 2 buah, diamana salah satunya digunakan sebagai *emergency pump*.

FIRE EMERGENCY SYSTEM



Gambar 6.11. Skema Diagram *Fier Emergency System*

8. Sistem Udara Start Dan Udara Bertekanan

. Sistem starting adalah system yang digunakan untuk mensuplai udara yang digunakan untuk melakukan start main engine dan mensuplai udara yang dibutuhkan oleh *hydropore*.

a. Tahap *starting* dan *system control* udara pada *main engine*

Udara *start* dengan tekanan 30 bar disuplai oleh compressor ketabung udara (*receiver*) dan dari *receiver* menuju ke main engine melalui *inlet*. Melalui tahap penurunan tekanan, udara bertekanan disuplai ke *engine* seperti :

- Kontrol udara untuk *system maneuvering*, dan pegas udara *exhaust valve*.
- Udara pengaman untuk *emergency stop*
- Melalui *reducing valve* udara bertekanan 10 bar disuplai untuk membutuhkan *turbo charge (soft blasting)*, dan *volume* yang sedikit digunakan untuk menguji katup bahan bakar.

b. Cara kerja

Konsumsi udara *control air*, *safety air*, pembersihan *turbo charge*, pelapis udara untuk *exhaust valve* dan untuk menguji katup bahan bakar dan untuk *starting aux engine* yang dilayani dengan laju aliran tabung udara dan kompresor.

Pipa udara start, yang terdiri dari katup *start* utama, *non-return valve*, distributor udara dan katup *start*. Katup *start* dikombinasi dengan *system maneuvering* yang mengontrol *starting engine*.

Distributor udara mengatur suplai control air ke katup start berdasarkan aturan pengapian. Katup exhaust dibuka secara hidrolis, dan gaya menutupnya didapat dengan pegas pneumatic yang menyebabkan *valve spindle* berputar bebas. Udara bertekannya diambil dari *system maneuvering*.

Pelapis ke katup udara untuk spindle katup *exhaust* didapat dari *system maneuvering* dan diaktifkan oleh *control air pressure*.

c. Rule dan Rekomendasi

Untuk peraturan kelas yang digunakan adalah peraturan BKI 2013 Vol. III sec 11. L , Yaitu :

1) Jalur udara tekan

- Saluran tekanan yang dihubungkan ke kompresor udara harus dipasang dengan *non-return valve* pada outlet kompresor.
- Saluran udara start tidak boleh digunakan sebagai jalur pengisian untuk *receiver* udara.
- Hanya selang yang telah diuji yang terbuat dari bahan metalik yang boleh digunakan pada jalur udara *start* mesin *diesel* yang mana dijaga dibawah tekanan.
- Jalur udara start kemasing – masing mesin harus dipasang dengan sebuah *non-return valve* dan drain.
- *Typons* harus dihubungkan ke sekurang – kurangnya dua *receiver* udara tekan.
- Sebuah *safety valve* harus dipasang dibelakang masing – masing *pressure – reducing valve*.
- Tangki air tekan dan tangki – tangki lainya yang dihubungkan kesistem udara tekan dianggap sebagai bejana bertekanan dan harus memenuhi peraturan pada bagian 8 mengenai tekanan kerja dari system udara bertekanan.
- Untuk udara bertekanan yang diperuntukan sebagai pembilas pada *seachest* diatur seperti ketentuan.
- Untuk supali udara tekan ke katup yang dioperasikan secara *pneumatic*.

2) System udara control

System udara control untuk penggunaan essensial harus disediakan dengan peralatan yang penting untuk treatment udara.

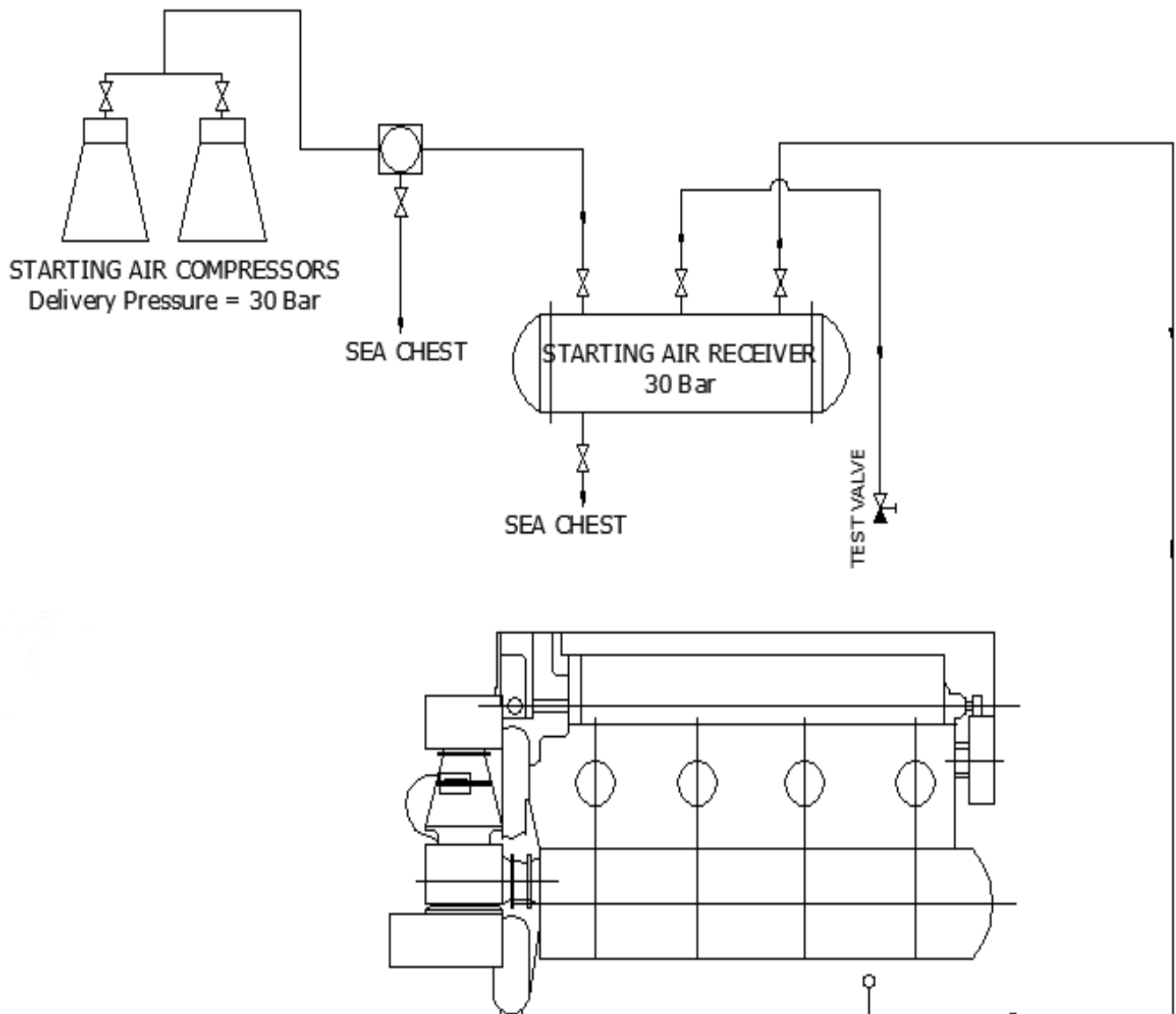
3) Mesin utama yang di start dengan udara bertekanan harus dilengkapi dengan sekurang – kurangnya 2 kompresor udara *start*.

Salah satunya harus berdiri secara independent dari mesin utama dan harus di suplai sekurang – kurangnya 50% dari total kapasitas yang disyaratkan (BKI Vol III sec 2 Hal 2-16).

d. Komponen Dalam Starting Air Sistem

- Kompresor
Kompresor udara harus berpendingin air *type* dua tingkat. Lebih dari dua kompresor boleh dipasang untuk mensuplai sesuai kapasitas.
- Tabung udara *start*
Harus disediakan dengan manhole dan flange untuk sambungan pipa.
- *Reducing valve*
Berfungsi untuk menurunkan tekanan starting air system main engine.
- *Turning gear*
Roda putar (*turning wheel*) memiliki gigi yang silindris dan dipasang ke *trust shaft*.

STARTING AIR SYSTEM



Gambar 6.58. Skema Diagram *Starting Air System*

9. Deflektor Pemasukan dan Pengeluaran

a. Deflektor pemasukan pada ruang mesin

$$d = \sqrt{\frac{V_4 \times n \times \gamma^0}{900 \times \pi \times v \times \lambda^1}} + 0,05$$

(Diklat Perlengkapan Kapal Jilib. B IV.2.a&b)

Dimana :

d = Diameter deflektor

V = Volume ruang mesin : 280,841 m²

v = Kecepatan udara yang melewati ventilasi
= (2,2 – 4 m/det) : 3 m/det

γ^0 = Density udara bersih : 1 kg/m³

γ^1 = Density udara dalam ruangan : 1 kg/m³

n = Banyaknya pergantian udara tiap jam : 15 m³/jam

Maka :

$$d = \sqrt{\frac{280,841 \times 15 \times 1}{900 \times 3,14 \times 3 \times 1}} + 0,05$$

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

$$r = \frac{1}{2} \times d$$

$$= 0,5 \times 0,755$$

$$= 0,377 \text{ m}$$

Luas lingkaran deflektor

$$L = \pi \times r^2$$

$$= 3,14 \times (0,377)^2$$

$$= 0,445 \text{ m}^2$$

Menggunakan 2 buah deflektor pemasukan

Jadi luas 1 buah deflektor

$$L_d = \frac{1}{2} \times L$$

$$= 0,5 \times 0,445$$

$$= 0,222 \text{ m}^2$$

Jadi diameter satu lubang deflektor

$$\begin{aligned}d &= \sqrt{\frac{Ld}{1/4 \times \pi}} \\&= \sqrt{\frac{0,222}{1/4 \times 3,14}} \\&= \mathbf{0,534}\end{aligned}$$

Ukuran deflektor pemasukan pada ruang mesin

$$\mathbf{d = 0,534 \text{ m}}$$

$$a = 0,16 \times d : 0,16 \times 0,534 : 0,085 \text{ m}$$

$$b = 0,3 \times d : 0,3 \times 0,534 : 0,160 \text{ m}$$

$$c = 1,5 \times d : 1,5 \times 0,534 : 0,801 \text{ m}$$

$$r = 1,25 \times d : 1,25 \times 0,534 : 0,667 \text{ m}$$

$$e \text{ min} = 0,4 \text{ m}$$

Deflektor pengeluaran pda ruang mesin

$$\mathbf{d = 0,534 \text{ m}}$$

$$a = 2 \times d : 2 \times 0,534 : 1,068 \text{ m}$$

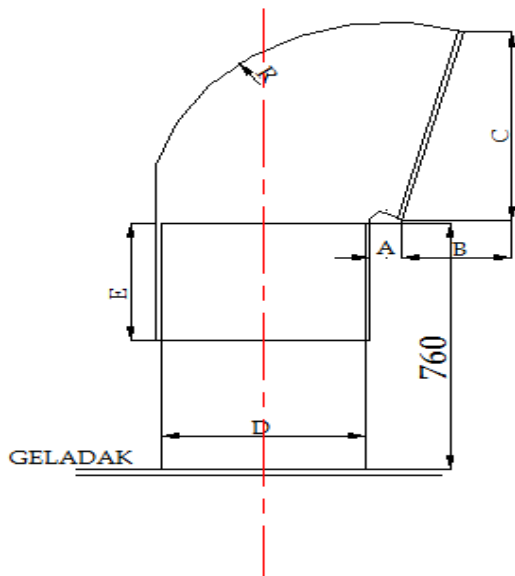
$$b = 0,73 \times d : 0,2 \times 0,534 : 0,106 \text{ m}$$

$$c = 0,6 \times d : 0,6 \times 0,534 : 0,320 \text{ m}$$

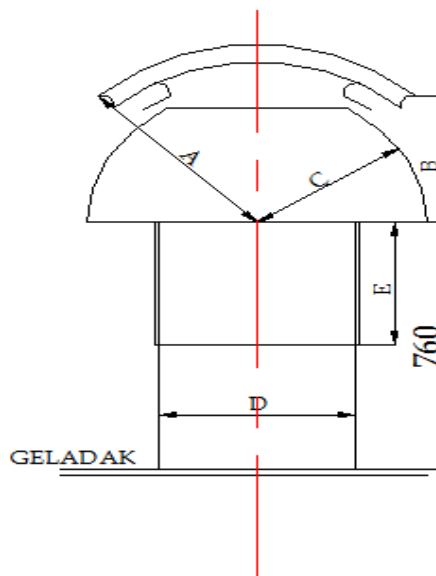
$$r = 1,7 \times d : 1,7 \times 0,534 : 0,907 \text{ m}$$

$$e \text{ min} = 0,4 \text{ m}$$

DEFLEKTOR PEMASUKAN KAMAR MESIN
SKALA 1 : 20



DEFLEKTOR PENGELUARAN KAMAR MESIN
SKALA 1 : 20



Gambar 6.59. Deflektor Pemasukan dan Pengeluaran Kamar Mesin

b. Deflektor Pemasukan pada ruang muat I :

$$d_1 = \sqrt{\frac{V_1 \times n \times \gamma^0}{900 \times \pi \times v \times \lambda^1}} + 0,05$$

Dimana :

d_1 = Diameter deflektor

V_1 = Volume ruang muat I : 455,728 m²

v = Kecepatan udara yang melewati ventilasi
= (2,2 – 4 m/det) : 3 m/det

γ^0 = Density udara bersih : 1 kg/m³

γ^1 = Density udara dalam ruangan : 1 kg/m³

n = Banyaknya pergantian udara tiap jam : 15 m³/jam

Maka :

$$d_1 = \sqrt{\frac{455,728 \times 15 \times 1}{900 \times 3,14 \times 3 \times 1}} + 0,05$$

$$= 0,947 \text{ m}$$

$$r = \frac{1}{2} \times d$$

$$= 0,5 \times 0,947$$

$$= 0,473 \text{ m}$$

Luas lingkaran deflektor

$$\begin{aligned} L &= \pi \times r^2 \\ &= 3,14 \times 0,473^2 \\ &= 0,703 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Menggunakan 2 buah deflektor pemasukan

Jadi luas 1 buah deflektor

$$\begin{aligned} L_d &= \frac{1}{2} \times L \\ &= 0,5 \times 0,703 \\ &= 0,351 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Jadi diameter satu lubang deflektor

$$\begin{aligned} d_1 &= \sqrt{\frac{L_d}{1/4 \times \pi}} \\ &= \sqrt{\frac{0,351}{1/4 \times 3,14}} = \mathbf{0,67 \text{ m}} \end{aligned}$$

Ukuran deflektor pemasukan pada ruang muat I

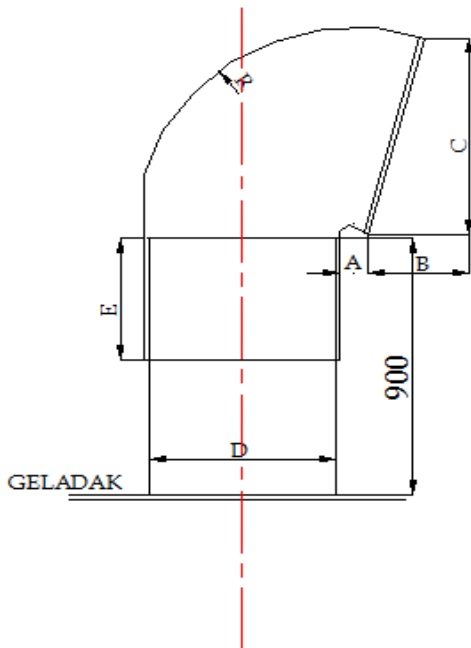
$$\begin{aligned} d_1 &= \mathbf{0,67 \text{ m}} \\ a &= 0,16 \times d_1 : 0,16 \times \mathbf{0,67} : 0,107 \text{ m} \\ b &= 0,3 \times d_1 : 0,3 \times \mathbf{0,67} : 0,201 \text{ m} \\ c &= 1,5 \times d_1 : 1,5 \times \mathbf{0,67} : 1,005 \text{ m} \\ r &= 1,25 \times d_1 : 1,25 \times \mathbf{0,67} : 0,837 \text{ m} \\ e \text{ min} &= 0,4 \text{ m} \end{aligned}$$

Deflektor pengeluaran pada ruang muat I :

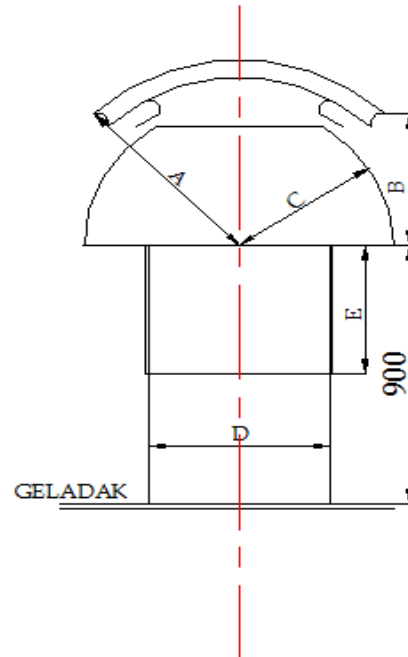
Dipakai 2 buah deflektor pengeluaran dengan diameter sama dengan diameter pemasukan :

$$\begin{aligned} d_1 &= \mathbf{0,67 \text{ m}} \\ a &= 2 \times d_1 : 2 \times \mathbf{0,67} : 1,34 \text{ m} \\ b &= 0,25 \times d_1 : 0,25 \times \mathbf{0,67} : 0,167 \text{ m} \\ c &= 0,6 \times d_1 : 0,6 \times \mathbf{0,67} : 0,402 \text{ m} \\ e \text{ min} &= 0,4 \text{ m} \end{aligned}$$

DEFLEKTOR PEMASUKAN RUANG MUAT I
SKALA 1 : 20



DEFLEKTOR PENGELUARAN RUANG MUAT I
SKALA 1 : 20



Gambar 6.60. Deflektor Pemasukan dan Pengeluaran Ruang Muat I

c. Deflektor pemasukan pada ruang muat II

$$d_2 = \sqrt{\frac{V_2 \times n \times \gamma^0}{900 \times \pi \times v \times \lambda^1}} + 0,05$$

Dimana :

D_2 = Diameter deflektor

V_2 = Volume ruang muat II : 976,145 m²

v = Kecepatan udara yang melewati ventilasi

= (2,2 – 4 m/det) : 3 m/det

γ^0 = Density udara bersih : 1 kg/m³

γ^1 = Density udara dalam ruangan : 1 kg/m³

n = Banyaknya pergantian udara tiap jam : 15 m³/jam

Maka :

$$d_2 = \sqrt{\frac{976,145 \times 15 \times 1}{900 \times 3,14 \times 3 \times 1}} + 0,05$$

$$= 1,364 \text{ m}$$

$$r = \frac{1}{2} \times d$$

$$= 0,5 \times 1,364$$

$$= 0,682 \text{ m}$$

Luas lingkaran deflektor

$$L = \pi \times r^2$$

$$= 3,14 \times 0,682^2$$

$$= 1,460 \text{ m}^2$$

Menggunakan 2 buah deflektor pemasukan

Jadi luas 1 buah deflektor

$$L_d = \frac{1}{2} \times L$$

$$= 0,5 \times 1,460 = 0,730 \text{ m}^2$$

Jadi diameter satu lubang deflektor

$$d_2 = \sqrt{\frac{L_d}{\frac{1}{4} \times \pi}}$$
$$= \sqrt{\frac{0,730}{\frac{1}{4} \times 3,14}} = \mathbf{0,96 \text{ m}}$$

Ukuran deflektor pemasukan pada ruang muat II

$$d_2 = \mathbf{0,96 \text{ m}}$$

$$a = 0,16 \times d_2 : 0,16 \times \mathbf{0,96} : 0,153 \text{ m}$$

$$b = 0,3 \times d_2 : 0,3 \times \mathbf{0,96} : 0,288 \text{ m}$$

$$c = 1,5 \times d_2 : 1,5 \times \mathbf{0,96} : 1,44 \text{ m}$$

$$r = 1,25 \times d_2 : 1,25 \times \mathbf{0,96} : 1,2 \text{ m}$$

$$e \text{ min} = 0,4 \text{ m}$$

Deflektor pengeluaran pada ruang muat II

Dipakai 2 buah deflektor pengeluaran dengan diameter sama dengan diameter pemasukan :

$$d_2 = \mathbf{0,96 \text{ m}}$$

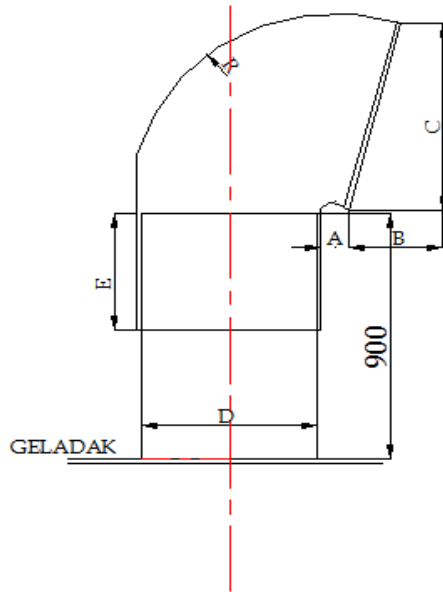
$$a = 2 \times d_2 : 2 \times \mathbf{0,754} : 1,92 \text{ m}$$

$$b = 0,25 \times d_2 : 0,25 \times \mathbf{0,754} : 0,24 \text{ m}$$

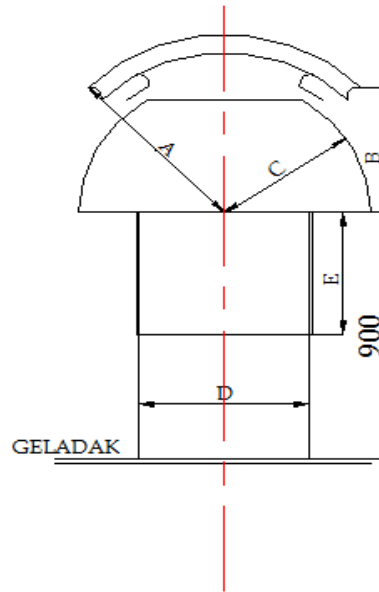
$$c = 0,6 \times d_2 : 0,6 \times \mathbf{0,754} : 0,576 \text{ m}$$

$$e \text{ min} = 0,4 \text{ m}$$

DEFLEKTOR PEMASUKAN RUANG MUAT II
SKALA 1 : 20



DEFLEKTOR PENGELUARAN RUANG MUAT II
SKALA 1 : 20



Gambar 6.61. Deflektor Pemasukan dan Pengeluaran Ruang Muat II

d. Deflektor pemasukan pada ruang muat III

$$d_2 = \sqrt{\frac{V_2 \times n \times \gamma^0}{900 \times \pi \times v \times \lambda^1}} + 0,05$$

Dimana :

D_2 = Diameter deflektor

V_2 = Volume ruang muat II : 946,576 m²

v = Kecepatan udara yang melewati ventilasi
= (2,2 – 4 m/det) : 3 m/det

γ^0 = Density udara bersih : 1 kg/m³

γ^1 = Density udara dalam ruangan : 1 kg/m³

n = Banyaknya pergantian udara tiap jam : 15 m³/jam

Maka :

$$d_2 = \sqrt{\frac{946,576 \times 15 \times 1}{900 \times 3,14 \times 3 \times 1}} + 0,05$$

$$= 1,344 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{1}{2} \times d \\
 &= 0,5 \times 1,344 \\
 &= 0,672 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Luas lingkaran deflektor

$$\begin{aligned}
 L &= \pi \times r^2 \\
 &= 3,14 \times 0,682^2 \\
 &= 1,417 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Menggunakan 2 buah deflektor pemasukan

Jadi luas 1 buah deflektor

$$\begin{aligned}
 L_d &= \frac{1}{2} \times L \\
 &= 0,5 \times 1,417 = 0,708 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Jadi diameter satu lubang deflektor

$$\begin{aligned}
 d_2 &= \sqrt{\frac{L_d}{\frac{1}{4} \times \pi}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,708}{\frac{1}{4} \times 3,14}} = \mathbf{0,95 \text{ m}}
 \end{aligned}$$

Ukuran deflektor pemasukan pada ruang muat II

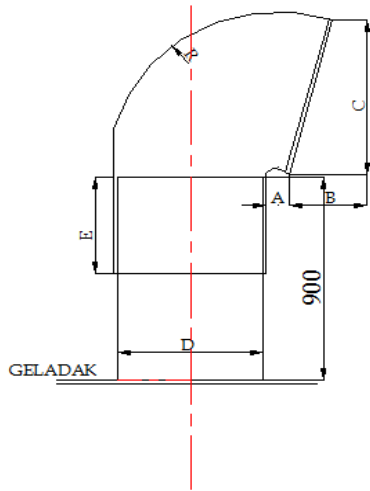
$$\begin{aligned}
 d_2 &= \mathbf{0,96 \text{ m}} \\
 a &= 0,16 \times d_2 : 0,16 \times \mathbf{0,95} : 0,152 \text{ m} \\
 b &= 0,3 \times d_2 : 0,3 \times \mathbf{0,95} : 0,288 \text{ m} \\
 c &= 1,5 \times d_2 : 1,5 \times \mathbf{0,95} : 1,425 \text{ m} \\
 r &= 1,25 \times d_2 : 1,25 \times \mathbf{0,95} : 1,187 \text{ m} \\
 e \text{ min} &= 0,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Deflektor pengeluaran pada ruang muat II

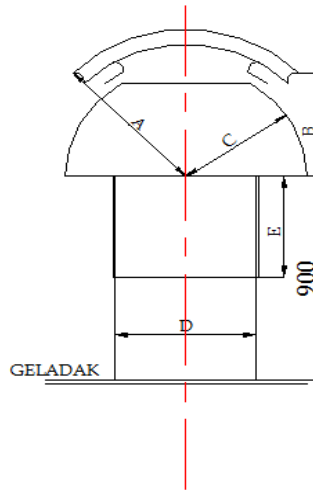
Dipakai 2 buah deflektor pengeluaran dengan diameter sama dengan diameter pemasukan :

$$\begin{aligned}
 d_2 &= \mathbf{0,95 \text{ m}} \\
 a &= 2 \times d_2 : 2 \times \mathbf{0,95} : 1,90 \text{ m} \\
 b &= 0,25 \times d_2 : 0,25 \times \mathbf{0,95} : 0,237 \text{ m} \\
 c &= 0,6 \times d_2 : 0,6 \times \mathbf{0,95} : 0,570 \text{ m} \\
 e \text{ min} &= 0,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

DEFLEKTOR PEMASUKAN RUANG MUAT II
SKALA 1 : 20



DEFLEKTOR PENGELUARAN RUANG MUAT II
SKALA 1 : 20



Gambar 6.62. Deflektor Pemasukan dan Pengeluaran Ruang Muat III