

BAB VI

PERHITUNGAN SISTEM PIPA (*PIPING SYSTEM*)

A. UMUM

Sistem perpipaan adalah instalasi atau konstruksi pipa pada suatu pabrik atau kilang ataupun alat transportasi, dimana pipa digunakan sebagai alat transportasi dari aliran baik berupa gas atau cairan. Semua pipa baik untuk memindahkan tenaga atau pemompaan harus dipertimbangkan secara teliti karena keamanan dari sebuah kapal akan tergantung pada susunan perpipaan seperti halnya pada perlengkapan kapal lainnya. Sedangkan elemen-elemen yang meliputi sistem perpipaan tersebut yaitu :

A.1. Pipa

Merupakan bagian utama dari suatu sistem yang menghubungkan titik dimana *fluida* disimpan ke titik pengeluaran. Dalam memilih bahan yang paling cocok untuk sistem pipa yang bermacam-macam harus diperhatikan peraturan dari Biro Klasifikasi Indonesia antara lain :

a) ***Seamless Drawn Steel Pipe* (Pipa Baja Tanpa Sambungan)**

Pipa ini boleh digunakan untuk semua penggunaan dan dibutuhkan untuk pipa tekan pada sistem bahan bakar dan untuk pipa pengeluaran bahan bakar dari pompa injeksi bahan bakar dari motor pembakaran dalam.



Gambar 6.1 : *Seamless Drawn Steel Pipe*

b) *Lap Welded Pipe* atau *Electrical Resistance Welded Steel Pipe*

Pipa ini seharusnya tidak dipergunakan dalam sistem dimana tekanan kerja melampaui 350 Psi atau temperatur lebih besar dari pada 450°F dan juga tidak untuk tekanan dan temperatur manapun di dalam sistem dimana pipa yang tidak bersambungan dibutuhkan.



Gambar 6.2 : *Lap Welded Pipe*



Gambar 6.3 : *Electric Resistance Welded Pipe*

c) *Butt Welded Pipe*

Dalam perdagangan, pipa dengan diameter lebih dari 2 inch tidak boleh digunakan untuk tekanan 100 Psi.



Gambar 6.4 : *Butt Welded Pipe*

d) *Seamless Drawn Pipe* dari Tembaga atau Kuningan

Pipa ini dapat digunakan untuk semua tujuan dimana temperatur tidak melampaui 406^oF, tetapi tidak boleh dipergunakan pada *Superheated Steam* (uap dengan pemanas lanjut), biasa digunakan untuk pipa bahan bakar.



Gambar 6.5 : *Seamless Drawn Pipe*

e) *Pipa dari Baja Tempa*

Pipa jenis ini dipergunakan untuk semua pipa bahan bakar dan minyak termasuk sistem pipa lainnya yang melalui pipa bahan bakar.



Gambar 6.6 :Pipa baja tempa

f) Pipa *Schedule 80 – 120*

Pipa jenis ini diisyaratkan mempunyai ketebalan yang lebih tebal dibandingkan dengan jenis pipa yang lain. Dalam penggunaan pipa *schedule 80 – 120* dapat difungsikan sebagai pipa *hidrolis* yaitu pipa dengan aliran *fluida* bertekanan tinggi.



Gambar 6.7 :Pipa *Schedule 80 – 120*

g) Pipa *Schedule 40*

Pipa ini dilindungi terhadap kerusakan mekanis yaitu perlindungan menyeluruh dengan sistem *galvanis*. Dengan sistem perlindungan tersebut maka pipa dapat digunakan untuk *supply* air laut, dapat juga untuk saluran sistem bilga, kecuali dalam ruangan yang kemungkinan mudah terkena api sehingga dapat melebar dan merusak sistem bilga.



Gambar 6.8 : Pipa *Schedule 40*



Gambar 6.9 : Pipa *Galvanis*

A.2. Sambungan

Merupakan peralatan yang menghubungkan pipa-pipa dari sistem serta bagian-bagiannya ke badan kapal. Salah satu cara penyambungan pipa yaitu dengan menggunakan *flens (flange)* pada kedua pipa yang akan disambung dipasang *flens* kemudian diikat dengan baut. *Flens* untuk sistem pipa dapat dipasang pada pipa-pipa dengan salah satu cara seperti dibawah ini, dengan mempertimbangkan bahan yang digunakan.

- a) Pipa-pipa baja dengan diameter minimal lebih dari 2 inch harus dimuaikan (*expended*) ke dalam *flens* baja atau dapat disekrup ke dalam *flens* dan dilas.
- b) Pipa-pipa yang lebih kecil dapat disekrup ke dalam flens tanpa dilas tetapi khusus untuk pipa-pipa uap air dan minyak juga dimuaikan (*expended*) untuk memastikan adanya kekedapan pada ulirnya (*tight threads*).

- c) *Flens* dari besi tuang hanya dapat digunakan dengan sistem sambungan yang disekrup dan hanya boleh dipakai dalam sistem dimana penggunaannya tidak dilarang (kebocoran).
- d) Pipa-pipa *non ferrous* harus dipatri (*solder brazed*), tetapi untuk diameter lebih kecil atau sama dengan 2 inch dapat dengan sekrup.

Pipe		Flens									Bolt		
d1	d2	D	B	K	N1	N2	H	C	f	R	L	n	Size
15	21,7	95	22	65	45	35	20	14	2	4	14	4	M12
20	27,2	105	27,5	75	58	45	24	14	2	4	14	4	M12
25	34,0	115	34,5	85	68	52	24	16	2	4	14	4	M12
32	42,7	140	43,5	100	78	60	26	18	2	6	18	4	M16
40	48,6	150	49,5	110	88	70	26	18	2	6	18	4	M16
50	60,5	165	61,5	125	102	84	34	20	2	6	18	4	M16
65	76,3	185	77,5	145	122	104	38	22	2	6	18	8	M16
80	89,1	200	90,5	160	138	118	40	24	2	8	18	8	M16
100	114,3	235	116	190	162	145	44	26	2	8	18	8	M20
125	139,8	270	141,5	220	188	170	48	28	2	10	18	8	M24
150	165,2	300	170,5	250	218	200	52	30	2	10	22	8	M24
200	216,3	360	221,5	310	278	256	52	32	2	10	22	12	M24

Tabel 6.1 : Ketentuan sambungan pipa dengan *Flens*

Keterangan :

- | | |
|--------------------------------------|---|
| d1 = Diameter dalam pipa | d2 = Diameter luar pipa |
| D = Diameter luar <i>flens</i> | B = Diameter lubang masuk pipa |
| K = Diameter lingkaran baut | N1 = Diameter <i>Boss Flens</i> dalam |
| N2 = Diameter <i>Boss Flens</i> luar | H = Panjang <i>Boss Flens</i> |
| C = Tebal <i>Boss Flens</i> | f = <i>Clearance For Packing Rubber</i> |
| R = <i>Corner Radius</i> | L = Diameter baut |
| n = Jumlah lubang baut | |



Gambar 6.10 : *Flens*

A.3. Katup dan Peralatannya (*Valve and Fitting*)

Merupakan bagian yang berfungsi untuk memutus, menghubungkan, merubah arah, serta mengontrol aliran *fluida* dalam sistem pipa. Bahan dan peralatan (*fitting*) yang diijinkan sesuai Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia antara lain :

a) Kuningan (*Brass*)

Katup dengan bahan ini digunakan untuk temperatur dibawah 450 °F. Bila temperatur lebih besar dari 550 °F, maka digunakan material perunggu yang biasanya mempunyai diameter 3 inch dan tekanan kerja dapat lebih besar dari 330 Psi.

b) Besi (*Iron*)

Macamnya yaitu mulai dari *cast iron* yang biasanya digunakan untuk katup-katup kecil sampai dengan *high strength alloy lest* yang digunakan untuk katup besar.

c) Baja (*Steel*)

Digunakan untuk temperatur dan tekanan yang tinggi.

d) *Stainless Steel*

Digunakan untuk katup yang memerlukan gambar detail pipa air tawar menembus sekat / geladak dengan temperatur rendah atau aliran korosif.



Gambar 6.11 : *Fitting*



Gambar 6.12 : *Valve*

A.4. Peralatan-peralatan lain

Biasanya ada pada sistem-sistem tertentu, misal *pipe line inlet*, kotak lumpur (*mud boxes*), saringan pemasukan, separator, dan lain-lain.

B. KETENTUAN UMUM SISTEM PIPA

Berdasarkan *USSR Shipping Register* semua sistem pipa secara umum harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- Sistem pipa harus dilaksanakan sepraktis mungkin, dengan minimum bengkokan dan sambungna las (*brazing*) sedapat mungkin dengan *flens* atau sambungan yang dapat dilepas atau dipisahkan bilamana perlu.
- Semua pipa harus dilindungi sedemikianrupa sehingga terhindar dari kerusakan mekanis dan harus ditumpu atau dijepit sedemikianrupa untuk menghindari getaran.
- Pada tempat-tempat dimana pipa-pipa menembus dinding kedap air, pipa-pipa dari seluruh sistem diatas kapal harus diletakan pada dinding kedap itu dengan bantuan *flens-flens* yang dilas atau dikeling.
- Semua lubang saluran masuk samping kapal harus ditutup dengan sebuah saringan atau kisi-kisi untuk mencegah masuknya kotoran yang akan menyumbat saluran-saluran dari *bottom valves*.

- Semua alat-alat pemutusan hubungan (*disconnecting fittings*) harus dibuat sedemikianrupa sehingga orang dengan sepintas lalu dapat melihat apakah terbuka atau tertutup.
- Semua saluran keluar kotoran sedapat mungkin dipasang pada bagian samping yang sama dari kapal, sebaiknya pada bagian *port* (kiri).

Inside Diameter (mm)	Nominal Size Pipa (inch)	Outside Diameter (mm)	SGP Tebal Min (mm)	Schedule	
				40 (mm)	80 (mm)
6	¼	10.5	2	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	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
80	3	89.1	4.5	5.5	7.6
100	4	114.3	4.5	6	8.6
125	5	139.8	5	6.6	9.5
150	6	165.2	5.8	7.1	11
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	-	-	-

Tabel 6.2 : Standart ukuran pipa baja

C. MACAM-MACAM SISTEM PERPIPAAN

C.1. Sistem Bilga

a) Susunan Pipa Bilga Secara Umum

Susunan pipa bilga harus diketahui atau ditentukan sesuai dengan ketentuan dari Biro Klasifikasi Indonesia.

- Pipa-pipa bilga dan penghisapnya harus diatur sedemikianrupa sehingga dapat dikeringkan sempurna walaupun dalam keadaan miring atau kurang menguntungkan.
- Pipa-pipa hisap harus diatur pada kedua sisi kapal, untuk ruangan-ruangan pada kedua ujung kapal masing-masing cukup dilengkapi dengan satu pipa hisap yang dapat mengeringkan ruangan tersebut.
- Ruangan yang terletak dimuka sekat tubrukan dan di belakang tabung poros *propeller* yang tidak dihubungkan dengan sistem pipa pompa bilga umum harus dikeringkan dengan sistem yang memadai.

b) Pipa Bilga yang Melalui Tangki-Tangki

- Pipa-pipa bilga tidak boleh dipasang melalui tangki minyak lumas dan air minum.
- Bilamana pipa bilga melalui tangki bahan bakar yang terletak diatas alas ganda dan berakhir dalam ruangan yang sulit dicapai selama pelayaran, maka harus dilengkapi dengan katup periksa atau *check valve* tambahan, tepat dimana pipa bilga tersebut dalam tangki bahan bakar.

c) Pipa Ekspansi

Pipa ekspansi dari jenis yang telah disetujui harus digunakan untuk menampung ekspansi panas dari sistem pipa bilga, separator ekspansi karet tidak diijinkan untuk dipergunakan dalam kamar mesin dan tangki-tangki.

d) Pipa Hisap Bilga dan Saringan-Saringan

- Pipa hisap harus dipasang sedemikianrupa sehingga tidak menyulitkan pembersihan pipa hisap dan kotak pengering pipa hisap dilengkapi dengan saringan yang tahan karat dan mudah dilepas.
- Aliran pipa hisap darurat tidak boleh terhalang dengan pipa hisap tersebut terletak pada jarak yang cukup dari alas dalam.

e) Katup dan Perlengkapan Katup Bilga

- Katup-katup alih dan perlengkapan dalam sistem bilga harus berada pada tempat yang mudah dicapai dalam ruangan dimana pompa bilga ditempatkan.
- Katup-katup alih atau perlengkapan dalam sistem bilga pada posisi peralihan tidak boleh terjadi hubungan antara pipa bilga dengan pipa ballast.

C.2. Sistem *Ballast*

a) Susunan Pipa *Ballast* Secara Umum

Pipa-pipa hisap dalam tangki ballast harus diatur sedemikianrupa sehingga tangki-tangki tersebut dapat dikeringkan sewaktu kapal mengalami trim.

b) Pipa *Ballast* yang Melewati Ruang Muat

Jika pipa ballast terpasang dari ruang pompa belakang ke tangki air ballast di depan tangki muatan, maka tebal dinding pipa harus dipertebal lengkung pipa untuk mengatasi pemuaian harus ada pada pipa ini.

c) Penempatan Sistem *Ballast*

- *Ballast* pada *afterpeak* dan *forepeak* berguna untuk mengubah trim dari kapal.
- *Double bottomballast tank* berguna untuk memperoleh sarat yang tepat dan untuk menghilangkan keolengan.

C.3 Sistem Bahan Bakar

a. Susunan Pipa Bahan Bakar Secara Umum

Pipa bahan bakar tidak boleh melewati tangki-tangki air minum maupun tangki minyak lumas. Pipa bahan bakar tidak boleh diletakan disekitar komponen-komponen mesin yang panas. Pompa Bahan Bakar pada umumnya menggunakan jenis pompa *rotary* disesuaikan dengan kebutuhannya dan dilengkapi sistem penyaringan / *filter*, selain menggunakan pompa bahan bakar utama, untuk kepentingan darurat sistem instalasi juga dilengkapi dengan pompa tangan bahan bakar jenis *rotary / FO Rotary Hand pump*.

b. Pipa Pengisian dan Pengeluaran

Pengisian bahan bakar cair harus disalurkan melalui pipa-pipa yang permanen dari geladak terbuka atau tempat-tempat pengisian bahan bakar dibawah geladak. Disarankan meletakkan pipa pengisian pada kedua sisi kapal. Penutupan pipa diatas geladak harus dilakukan. Bahan bakar dapat dialirkan menggunakan pipa-pipa pengisian. Untuk pipa bahan bakar yang keluar dari tangki harian dan mengalir menuju mesin harus dilengkapi dengan katup dengan sistem penutup otomatis dengan pegas dan dapat dioperasikan secara cepat / *Quick closing valve*.

C.4. Sistem Air Tawar

- Digunakan untuk mengalirkan air tawar dari satu tanki ke sistem yang dibutuhkan, dari luar ke dalam kapal pada saat pengisian air tawar, dari tanki ke katup didaerah ruang akomodasi untuk kebutuhan orang dikapal dan lain sebagainya.
- Pompa air tawar pada umumnya menggunakan jenis pompa sentrifugal disesuaikan dengan kebutuhannya dan dilengkapi sistem *Hydrophore*.
- Pipa-pipa yang bukan berisi air tawar tidak boleh melalui pipa air tawar, pipa udara dan limbah air tawar tidak boleh dihubungkan dengan pipa lain dan juga tidak boleh melalui tangki-tangki yang bukan berisi

air tawar yang dapat diminum. Ujung-ujung dari pipa limbah harus dilindungi dari kemungkinan masuknya serangga kedalam pipa tersebut.

- Pipa-pipa juga harus cukup tinggi terletak diatas geladak dan tidak boleh melalui tangki-tangki yang isinya bukan air tawar. Pipa air tawar tidak boleh dihubungkan dengan pipa lain yang bukan berisi pipa minum.

C.5. Sistem Muatan

Sistem muatan pada tangki kapal harus dipasang secara permanen dan sepenuhnya terpisah dari pipa lainnya. Pada umumnya tidak boleh keluar daerah tangki muat air. Pipa yang mempunyai kelengkungan harus memiliki kelengkungan muai yang diukur seperlunya. Sistem muatan dari kapal tanker harus mencakup :

- Pemuatan dan pembongkaran muatan secepat mungkin.
- Mengosongkan tangki-tangki selengkap-lengkapny.
- Kesederhanaan dalam konstruksi dan pelaksanaan.

C.6. Sistem Sanitari dan *Scupper*

- c. Diameter pipa sanitari dan *scupper* berkisar antara 50 – 100 mm, direncanakan pipa sanitari ϕ 100 mm / *scupper* ϕ 65 mm, tebal pipa 2,5 inch.
- d. Lubang Pembuangan Sanitari dan *Scupper*
 - Lubang pembuangan dalam jumlah dan ukuran cukup untuk mengeluarkan air laut harus dipasang pada geladak cuaca dan pada geladak lambung timbul didalam bangunan atas dan rumah geladak yang tertutup kedap air harus disalurkan keluar.
 - Pompa *Sewage* pada umumnya menggunakan jenis pompa *rotary* atau pompa *piston* dengan putaran rendah.

- Lubang pembuangan dan ruangan di bawah garis muat musim panas harus dihubungkan pipa sampai kebilga dan harus dilindungi dengan baik.
- Lubang pembuangan dan sanitari tidak boleh dipasang diatas garis muat kosong didaerah tempat peluncuran sekoci penolong.
- Untuk pembersihan sistem instalasi *sewage* ini, dilengkapi dengan instalasi pembersih/ *flushing system* menggunakan air laut.

C.7 Sistem Pipa Udara dan Pipa Duga

a) Susunan Pipa Udara Secara Umum

- Susunan tangki dan ruangan kosong dan lain-lain pada bagian yang tertinggi harus dilengkapi dengan pipa udara yang dalam keadaan biasa harus berakhir diatas geladak terbuka.
- Pipa-pipa udara dan tangki-tangki pengumpulan atau pelampung minyak yang tidak dipanasi boleh terletak pada tempat yang mudah terlihat pada kamar mesin.
- Pipa-pipa udara harus dipasang sedemikianrupa sehingga tidak terjadi pengumpulan cairan dalam pipa tersebut.
- Pipa-pipa dari tangki penyimpanan minyak pelumas boleh berakhir dalam kamar mesin bilamana dinding tangki penyimpanan minyak tersebut merupakan bagian dari lambung kapal maka pipa-pipa udaranya harus berakhir diselubung kamar mesin diatas geladak lambung timbul.
- Pipa-pipa udara dari tangki-tangki *cofferdam* dan ruangan yang merupakan pipa hisap bilga harus dilengkapi dengan pipa-pipa udara yang berakhir dengan atau ruangan yang terbuka.

C.8. Pipa Duga

Diameter pipa duga minimal 32 mm, direncanakan $\phi 50$ mm, tebal pipa 2 inch, letak pipa duga secara umum menurut Biro Klasifikasi Indonesia 2014 adalah sebagai berikut:

- Tangki-tangki ruangan *cofferdam* dan bilga dalam ruang-ruang yang tidak mudah dicapai setiap waktu harus dilengkapi dengan pipa-pipa sedapat mungkin pipa duga tersebut memanjang kebawah sampai geladak atas.
- Pipa duga yang ujungnya terletak dibawah garis lambung harus dilengkapi dengan katup otomatis pipa duga seperti yang diijinkan dalam ruangan yang dapat diperiksa dengan temperatur.
- Pipa duga juga harus dilengkapi / dilapisi dengan pelapis dibawahnya bilamana pipa duga tersebut dihubungkan dengan kedudukan samping atas pipa cabang, dibawah pipa duga tersebut harus dipertebal secukupnya.
- Pipa duga tangki harus dilengkapi dengan lubang pengatur tekanan yang dibuat sedikit mungkin dibawah geladak tangki.

b) Bahan Pipa Duga

Pipa duga harus dilindungi terhadap pengkaratan pada bagian dalam dan lainnya.

C.9. Pipa Ekspansi

Pipa ekspansi dari jenis yang telah disetujui harus dihubungkan untuk menampung ekspansi panas dan sistem bilga konsperator ekspansi karet tidak diijinkan untuk dipergunakan dalam kamar mesin dan tangki-tangki.

C.10. Pipa Hisap Bilga dan Saringan-Saringan

- e. Pipa hisap harus dipasang sedemikianrupa sehingga tidak memungkinkan pembersih pipa hisap dan katup pengering pipa hisap dilengkapi dengan saringan yang tahan karat dan mudah dilepas.

- f. Aliran pipa hisap bilga darurat tidak boleh terhalang dan pipa hisap tersebut terletak pada jarak yang cukup dari alas dalam.

C.11. Katup dan perlengkapan pipa bilga

- g. Katup-katup dan perlengkapan dalam sistem bilga pada posisi peralihan tidak boleh terjadi pada hubungan antara pipa-pipa bilga dengan pipa *ballast*.
- h. Katup-katup dan perlengkapan pada pipa bilga harus terletak pada tempat-tempat yang dijangkau dalam ruangan-ruangan dimana pompa bilga ditempatkan.

Kapasitas Tanki (ton)	Diameter dalam pipa-pipa & <i>fitting</i> (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

Tabel 6.3 : Ketentuan pipa dan *fitting* berdasarkan isi ruangan

D. UKURAN PIPA

D. 1. Pipa Bilga Utama

a) Perhitungan Diameter Pipa Utama

Berdasarkan Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia 2014 Vol - III sec.11 N.2.3 untuk kapal tanker, besar diameter pipa bilga utama :

$$d_H = 3,0\sqrt{(B + H) \times l_1} + 25 \text{ mm}$$

Dimana :

$$l_1 = 23,8 \text{ m (jarak antara sekat kedap ruang pompa dengan sekat kedap *Stern Tube*)}$$

$$B = 16,20 \text{ m (Lebar kapal)}$$

$$H = 7,4 \text{ m (Tinggi kapal)}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} d_H &= 3,0\sqrt{(16,20 + 7,4) \times 23,8} + 25 \text{ mm} \\ &= 96,099 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan diameter dalam pipa bilga utama (d_H) = **100 mm = 4 Inch**, diameter luar pipa bilga utama (d_a) = **114,3 mm**.

b) Perhitungan Tebal Pipa Utama

Berdasarkan Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia 2014 Vol – III sec 11- C.2.1

$$S = S_o + c + b$$

Dimana :

$$S_o = \frac{d_a \cdot P_c}{20 \cdot \sigma_{per} \cdot V} \quad (\text{mm})$$

$$d_a = \text{Diameter luar pipa} = 114,3 \text{ mm}$$

$$P_c = 16 \text{ bar}$$

$$\sigma_{per} = \text{Toleransi tegangan maksimum} = 80 \text{ N/mm}^2$$

$$V = 1,00 \text{ (faktor efisiensi)}$$

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

$$b = 0$$

$$S_o = \frac{(114,3 \times 16)}{20 \times 80 \times 1} \text{ mm} = 1,143 \text{ mm}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} S &= S_o + c + b \\ &= 1,143 + 3 + 0 \\ &= 4,143 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

D.2. Pipa *Ballast*

a) Perhitungan Diameter Pipa Utama

Berdasarkan Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia 2014 sec.11-25 N 2.1

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

Dimana :

$$L = \text{Panjang kapal (Lpp) (m)} = 105,20 \text{ m}$$

$$B = \text{Lebar kapal (m)} = 16,20 \text{ m}$$

$$H = \text{Tinggi geladak (m)} = 7,40 \text{ m}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} d_H &= 1,68 \times \sqrt{105,20 \times (16,20 + 7,40)} + 25 \text{ mm} \\ &= 1,68 \times \sqrt{2482} + 25 \\ &= 108,6970 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan diameter dalam pipa bilga utama (dH) = **125 mm = 5 Inch**, diameter luar pipa bilga utama (da) = **139,8 mm**.

b) Perhitungan Tebal Pipa Utama

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

Dimana :

$$S_o = \frac{d_a \cdot P_c}{20 \cdot \sigma_{per} \cdot V} \quad (\text{mm})$$

$$d_a = \text{Diameter luar pipa} = 139,8 \text{ mm}$$

$$P_c = 16 \text{ bar}$$

$$\sigma_{per} = \text{Toleransi tegangan maksimum} = 80 \text{ N/mm}^2$$

$$V = 1,00 \text{ (faktor efisiensi)}$$

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

$$b = 0$$

$$S_o = \frac{(139,8 \times 16)}{20 \times 80 \times 1} \text{ mm} = 1,398 \text{ mm}$$

Sehingga:

$$S = S_o + c + b$$

$$= 1,398 + 3 + 0$$

$$= 4,398 \text{ mm}$$

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

D.3. Pipa Pemadam

a) Perhitungan Diameter Pipa Utama

Berdasarkan Buku Sistem Dalam Kapal Hal 2 :

$$D = 26 + \sqrt{2,78 \times L \times (B + H)}$$

Dimana :

$$L = \text{Panjang kapal (Lpp) (m)} = 105,20 \text{ m}$$

$$B = \text{Lebar kapal (m)} = 16,20 \text{ m}$$

$$H = \text{Tinggi deck (m)} = 7,40 \text{ m}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} D &= 26 + \sqrt{2,78 \times 105,20 \times (16,20 + 7,40)} \\ &= 26 + \sqrt{6901,9616} \\ &= 109,0780 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan diameter dalam pipa bilga utama (dH) = **125 mm = 5 Inch**, diameter luar pipa bilga utama (da) = **139,8 mm**.

b) Perhitungan Tebal Pipa Utama

Berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia 2014 sec. 11-C.2.1

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

Dimana :

$$S_o = \frac{d_a \cdot P_c}{20 \cdot \sigma_{\text{per}} \cdot V} \quad (\text{mm})$$

$$d_a = \text{Diameter luar pipa} = 139,8 \text{ mm}$$

$$P_c = 16 \text{ bar}$$

$$\sigma_{\text{per}} = \text{Toleransi tegangan maksimum} = 80 \text{ N/mm}^2$$

$$V = 1,00 \text{ (faktor efisiensi)}$$

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

$$b = 0$$

$$S_o = \frac{(139,8 \times 16)}{20 \times 80 \times 1} \text{ mm} = 1,398 \text{ mm}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} S &= S_o + c + b \\ &= 1,398 + 3 + 0 \\ &= 4,398 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

D.4. Pipa Bahan Bakar

Kebutuhan Bahan Bakar :

Sesuai dengan perhitungan Rencana Umum pada Bab III maka dibutuhkan untuk mesin induk dan mesin bantu adalah :

$$\begin{aligned}\text{BHP mesin Induk} &= 3850 \text{ HP} \\ \text{BHP mesin Bantu} &= 20\% \times 3850 = 770 \text{ HP} \\ \text{BHP total} &= (2 \times \text{BHP AE}) + \text{BHP ME} \\ &= (2 \times 770) + 3850 \\ &= 5390 \text{ HP}\end{aligned}$$

Kebutuhan Bahan Bakar tiap Jam (Q_{b1})

Jika 1 HP dimana koefisien pemakaian bahan bakar dibutuhkan 0,18 kg/HP/jam, BHP total = 5390 HP

$$\begin{aligned}\text{Maka} &= 0,18 \text{ kg/HP/jam} \times 5390 \text{ HP} \\ &= 970,2 \text{ kg/jam} \\ &= 0,970 \text{ Ton / jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{b1} &= \text{kebutuhan bahan bakar} \times \text{spesifik Volume berat bahan bakar} \\ &= 0,970 \text{ Ton /jam} \times 1,25 \text{ m}^3 / \text{Ton} \\ &= 1,2125 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Direncanakan pengisian tangki pengendapan tiap 10 jam

$$\begin{aligned}\text{Sehingga Volume Tangki} &= Q_{b1} \times 1 \times h \\ &= 1,2125 \times 1 \times 10\end{aligned}$$

$$V = 12,125 \text{ m}^3$$

$$\text{Diameter Pipa } Q = 5,75 \cdot 10^{-3}$$

$$D_b = \sqrt{Q/5,75 \cdot 10^{-3}}$$

$$= \sqrt{12,125 / 5,75 \cdot 10^{-3}} = 45,92 \text{ mm} \sim \mathbf{50 \text{ mm}}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan diameter dalam pipa bilga utama (d_H) = **50 mm = 2 Inch**, diameter luar pipa bilga utama (d_a) = **60,5 mm**.

Perhitungan tebal pipa utama :

$$S = S_o + c + b$$

Dimana :

$$S_o = \frac{d_a \cdot P_c}{20 \cdot \sigma_{per} \cdot V} \quad (\text{mm})$$

$$d_a = \text{Diameter luar pipa} = 60,5 \text{ mm}$$

$$P_c = 16 \text{ bar}$$

$$\sigma_{per} = \text{Toleransi tegangan maksimum} = 80 \text{ N/mm}^2$$

$$V = 1,00 \text{ (faktor efisiensi)}$$

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

$$b = 0$$

$$S_o = \frac{(60,5 \times 16)}{20 \times 80 \times 1} \text{ mm} = 0,605 \text{ mm}$$

Sehingga:

$$S = S_o + c + b$$

$$= 0,605 + 3 + 0$$

$$= 3,605 \text{ mm}$$

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

D.5 Pipa Muatan

a) Perhitungan diameter pipa utama

$$d_H = 3,0 \sqrt{(B + H) \times l_1} + 25 \text{ mm}$$

Dimana :

$$L = \text{Panjang tangki muat (m)} = 61,2 \text{ m}$$

$$B = \text{Lebar kapal (m)} = 16,20 \text{ m}$$

$$H = \text{Tinggi geladak (m)} = 7,40 \text{ m}$$

Sehingga :

$$d_H = 3,0 \sqrt{(16,20 + 7,40) \times 61,2} + 25 \text{ mm}$$

$$= 3,0\sqrt{1444,32 + 25}$$

$$= 139,012 \text{ mm}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan diameter dalam pipa bilga utama (dH) = **150 mm = 6 Inch**, diameter luar pipa bilga utama (da) = **165,2 mm**.

b) Perhitungan Tebal Pipa Utama

Berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia 2014 sec 11-C.2.1

$$S = S_o + c + b$$

Dimana :

$$S_o = \frac{d_a \cdot P_c}{20 \cdot \sigma_{per} \cdot V} \quad (\text{mm})$$

$$d_a = \text{Diameter luar pipa} = 165,2 \text{ mm}$$

$$P_c = 16 \text{ bar}$$

$$\sigma_{per} = \text{Toleransi tegangan maksimum} = 80 \text{ N/mm}^2$$

$$V = 1,00 \text{ (faktor efisiensi)}$$

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

$$b = 0$$

$$S_o = \frac{(165,2 \times 16)}{20 \times 80 \times 1} = 1,652 \text{ mm}$$

Sehingga :

$$S = S_o + c + b$$

$$= 1,652 + 3 + 0$$

$$= 4,652 \text{ mm}$$

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

D.6 Pipa Minyak Lumas

a) Perhitungan Diameter Pipa Utama

Diameter pipa minyak lumas sesuai dengan perhitungan kapasitas tangki minyak lumas yaitu :

$$\text{Volume Tangki Minyak Lumas} = 42,556 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat Jenis minyak} = 1,25 \text{ ton / m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas tangki minyak lumas} &= V \times \text{BJ minyak} \\ &= 42,556 \times 1,25 \\ &= 53,195 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= \text{Kapasitas minyak lumas, direncanakan 15 menit} = \frac{1}{4} \text{ jam} \\ &= 53,195 / 0,25 \\ &= 212,78 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{\frac{Q_s}{5,75 \times 10^{-3}}} \\ &= \sqrt{\frac{212,78}{0,00575}} \\ &= 192,367 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga sesuai standart ukuran pipa baja (BKI) direncanakan diameter pipa minyak lumas = **200 mm = 8 Inch**, diameter luar pipa = **216,3 mm**

Kapasitas Pompa Minyak Lumas

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

(Ref : 6.10. BKI Th.2014 Vol. III Sec. 11.C.3.1)

$$\begin{aligned} &= 5,75 \times 10^{-3} \times 200^2 \\ &= 230,00 \text{ m}^3 / \text{jam} \end{aligned}$$

b) Perhitungan Tebal Pipa Utama

$$S = S_o + c + b$$

Dimana :

$$S_o = \frac{d_a \cdot P_c}{20 \cdot \sigma_{per} \cdot V} \quad (\text{mm})$$

$$d_b = \text{Diameter luar pipa} = 216,3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
P_c &= 16 \text{ bar} \\
\sigma_{per} &= \text{Toleransi tegangan maksimum} = 80 \text{ N/mm}^2 \\
V &= 1,00 \text{ (faktor efisiensi)} \\
c &= 3,00 \text{ (faktor korosi } sea \text{ water lines)} \\
b &= 0 \\
S_o &= \frac{(216,3 \times 16)}{20 \times 80 \times 1} = 2,163 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
S &= S_o + c + b \\
&= 2,163 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0 \\
&= 5,163 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa = **5,8 mm**

c) Tangki Harian Air Pendingin

Dari perhitungan Rencana umum :

$$V_c = 14,75 \text{ ton}$$

Berat jenis air $1 \text{ m}^3 / \text{ton}$

$$S_v = 1 \times 14,75 = 14,75 \text{ m}^3$$

Lama Pengisian 1 Jam

d) Kapasitas Pompa Pendingin Mesin

$$\begin{aligned}
Q_c &= 14,75 / 1 \\
&= 14,75 \text{ m}^3 / \text{jam}
\end{aligned}$$

e) Diameter Pipa (db)

Menurut diktat SDK halaman 10 tahun 1982 ITS harga diameter pipa dapat dilihat pada tabel

Untuk $V_c = 14,75 \sim$ diameter = 70 mm

D.7. Pipa Air Tawar

a) Perhitungan Diameter Pipa Utama

(Berdasarkan diktat Sistem Dalam Kapal ITS, halaman 10)

$$Q_b = 0,565 \times db^2 \quad (\text{m}^3/\text{jam})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Q_b &= \text{Volume Tanki Air tawar Kapasitas air tawar} \\ &= 36,164 \text{ m}^3 / 10 \text{ jam} = 3,6164 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$db = \text{Diameter pipa air tawar}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} db &= \sqrt{Q_b / 0,565} \quad (\text{cm}) \\ &= \sqrt{3,6164 / 0,565} \\ &= 2,529 \text{ cm} = 25,29 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga sesuai standart ukuran pipa baja (BKI) direncanakan diameter pipa air tawar = **40 mm = 1,5 Inch**, diameter luar pipa = **48,6 mm**

b) Perhitungan Tebal Pipa (Berdasarkan BKI Th. 2014)

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

Dimana :

$$S_o = \frac{d_a \cdot P_c}{20 \cdot \sigma_{per} \cdot V} \quad (\text{mm})$$

$$d_a = \text{Diameter luar pipa} = 48,6 \text{ mm}$$

$$P_c = 16 \text{ bar}$$

$$\sigma_{per} = \text{Toleransi tegangan maksimum} = 80 \text{ N/mm}^2$$

$$V = 1,00 \text{ (faktor efisiensi)}$$

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

$$b = 0$$

$$S_o = \frac{48,6 \times 16}{20 \times 80 \times 1} = 0,486 \text{ mm}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} S &= S_o + c + b \\ &= 0,486 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0 \\ &= 3,486 \text{ mm} \end{aligned}$$

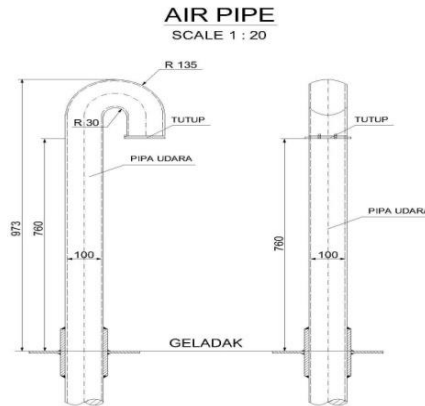
Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa = **3,5 mm**

D.8. Pipa Udara dan Pipa Duga

- a) Pipa udara dipasang pada tiap tangki dengan diameter minimal 50 mm dan dengan tebal 5,0 mm untuk dasar ganda berisi air sedangkan diameter minimal adalah 100 mm untuk ruangan yang berisi bahan bakar.
- b) Pipa udara dipasang pada tangki bahan bakar, tangki air tawar, dan tangki *ballast*.

D.9. Pipa Sanitari dan Pipa Sewage

- a) Pipa sanitari berdiameter antara 50 – 150 mm, direncanakan 50 mm dengan ketebalan pipa 8 mm.
- b) Pipa *sewage* (pipa buangan air tawar), pipa ini berdiameter 100 mm, dengan ketebalan 8 mm.



Gambar 6.13 : Air Pipe

D.10. Deflector Pemasukan dan Pengeluaran

a) Diameter Deflector Pemasukan Ruang Pompa

$$d = \sqrt{\frac{V \cdot n \cdot \partial o}{900 \cdot \pi \cdot v \cdot \partial 1}}$$

Dimana :

$$V = \text{Volume Ruang Pompa} = 411,461 \text{ m}^3$$

$$n = \text{Banyaknya penggantian jumlah udara tiap jam} = 15 / \text{jam}$$

$$v = \text{Kec. udara melalui Deflector (2-4) m/s} \rightarrow \text{diambil 4 m/s}$$

$$\partial o = \text{Density Bj udara bersih} = 1 \text{ kg/m}^3$$

$$\partial 1 = \text{Density Bj udara dalam ruang} = 1 \text{ kg/m}^3$$

Jadi :

$$d = \sqrt{\frac{935,7 \times 15 \times 1}{900 \times 3,14 \times 4 \times 1}}$$

$$d = 1,164 \text{ m}$$

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

$$= \frac{1}{2} \times 1,164$$

$$= 0,582 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = \pi \cdot r^2$$

$$= 3,14 \times (0,582)^2 = 1,0635 \text{ m}^2$$

Deflector direncanakan 2 buah, luas penampang tiap *Deflector* :

$$L = \text{Luas} / 2$$

$$= 1,0635 / 2 = 0,5317 \text{ m}^2$$

$$D \text{ satu lubang } \textit{Deflector} = \sqrt{\frac{4L}{\pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 0,5317}{3,14}}$$

$$= \sqrt{0,6773} = 0,822 \text{ m}$$

Ukuran *Deflektor* Pemasukan Ruang Pompa :

$$d_1 = 0,822 \text{ m}$$

$$a = 0,16 \times d = 0,16 \times 0,822 = 0,1315 \text{ m}$$

$$b = 0,30 \times d = 0,30 \times 0,822 = 0,2466 \text{ m}$$

$$c = 1,5 \times d = 1,5 \times 0,822 = 1,233 \text{ m}$$

$$R = 1,25 \times d = 1,25 \times 0,822 = 1,0275 \text{ m}$$

a. Diameter *Deflector* Pengeluaran Ruang Pompa

Diameter *Deflector* Pengeluaran Ruang Pompa sama dengan *Deflector* Pemasukan Ruang Pompa.

$$D = 0,822 \text{ m}$$

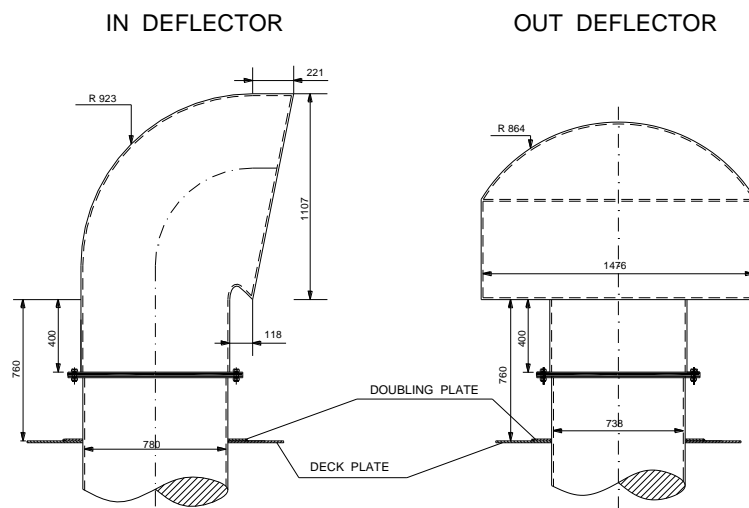
$$R1 = 1,17 \times d = 1,17 \times 0,822 = 0,9617 \text{ m}$$

$$R2 = 0,9 \times d = 0,9 \times 0,822 = 0,7398 \text{ m}$$

$$R3 = 1,8 \times d = 1,8 \times 0,822 = 1,4796 \text{ m}$$

$$a = 2 \times d = 2 \times 0,822 = 1,644 \text{ m}$$

$$b = 0,73 \times d = 0,73 \times 0,822 = 0,60006 \text{ m}$$



Gambar 6.14 : *Deflector* ruang pompa

b) Diameter *Deflector* Pemasukan Ruang Mesin

$$d = \sqrt{\frac{V.n.\rho_0}{900.\pi.v.\rho_1}}$$

Dimana :

$$V = \text{Volume Ruang Mesin} = 906,992 \text{ m}^3$$

$$n = \text{Banyaknya jumlah penggantian udara tiap jam} = 15 / \text{jam}$$

$$v = \text{Kecepatan udara yang melalui } \textit{Deflector} (2-4) \text{ m/s}$$

Diambil 4 m/s

$$\rho_0 = \text{Density Bj udara bersih} = 1 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_1 = \text{Density Bj udara dalam ruang} = 1 \text{ kg/m}^3$$

Jadi :

$$d = \sqrt{\frac{906,992 \times 15 \times 1}{900 \times 3,14 \times 4 \times 1}} = \sqrt{4,814} = 2,194 \text{ m}$$

Pada Kamar Mesin direncanakan dipasang 2 buah *Deflector* Pemasukan Udara, sehingga diameter masing – masing *Deflector* adalah :

$$\begin{aligned} d &= d_2 / 2 \\ &= 2,194 / 2 \\ &= 1,09 \text{ m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r &= d / 2 \\ &= 1,09 / 2 \\ &= 0,5485 \text{ m.} \end{aligned}$$

Luas masing - masing lubang permukaan *Deflector* adalah :

$$\begin{aligned} L &= 3,14 \times r^2 \\ &= 3,14 \times 0,5845^2 \\ &= 0,83316 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Deflector direncanakan 2 buah, maka luas penampang tiap *Deflector* adalah $L = \text{Luas} / 2 = 1,09 / 2 = 0,545 \text{ m}^2$

Jadi diameter satu lubang *Deflector* :

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{\frac{4L}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,545}{3,14}} \\ &= 0,8331 \text{ m} \end{aligned}$$

Ukuran *Deflector* Pemasukan Ruang mesin :

$$\begin{aligned} d_1 &= 0,8331 \text{ m} \\ R &= 1,25 \times d = 1,25 \times 0,8331 = 1,041375 \text{ m} \\ a &= 0,16 \times d = 0,16 \times 0,8331 = 0,133296 \text{ m} \\ b &= 0,3 \times d = 0,3 \times 0,8331 = 0,24993 \text{ m} \\ c &= 1,5 \times d = 1,5 \times 0,8331 = 1,24965 \text{ m} \\ e \text{ min} &= 0,4 \text{ m} \end{aligned}$$

- a. Diameter *Deflector* pengeluaran ruang mesin sama dengan diameter *Deflector* pemasukan pada ruang mesin.

$$d_1 = 0,8331 \text{ m}$$

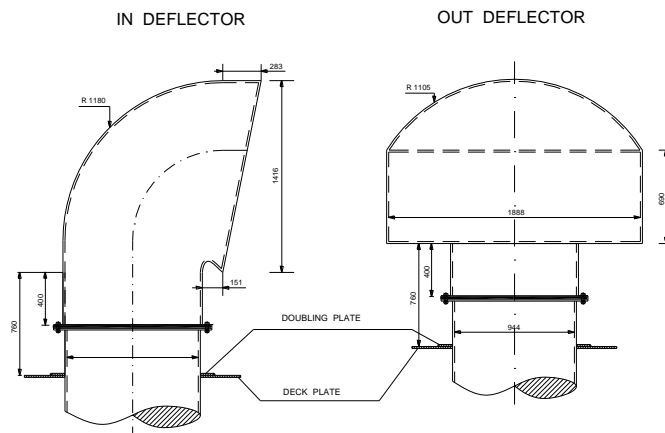
$$R1 = 1,17 \times d = 1,17 \times 0,8331 = 1,105 \text{ m}$$

$$R2 = 0,9 \times d = 0,9 \times 0,8331 = 0,7850 \text{ m}$$

$$R3 = 1,8 \times d = 1,8 \times 0,8331 = 1,700 \text{ m}$$

$$a = 2 \times d = 2 \times 0,8331 = 1,888 \text{ m}$$

$$b = 0,73 \times d = 0,73 \times 0,8331 = 0,6690 \text{ m}$$



Gambar 6.15 : *Deflector* ruang mesin

E. POMPA - POMPA

E.1. Pompa *Drainage* / Pengeringan

a) Kapasitas *Main Cargo Pump*

$$Q = \frac{0,7}{t} \times L \times B \times H$$

Dimana :

Q = Total Kapasitas Pompa Muatan yang ada (m³/Jam)

T = Waktu Bongkar Muat = 12–24 jam (untuk tanki besar)

L = Panjang Kapal = 105,20 m

B = Lebar Kapal = 16,20 m

H = Tinggi Kapal = 6,10 m

Sehingga :

$$\begin{aligned} Q &= \frac{0,7}{12} \times 105,20 \times 16,20 \times 6,10 \\ &= 606,4254 \text{ m}^3/\text{Jam} \end{aligned}$$

b) Kapasitas *Stripping Oil Pump*

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas SOP} &= 25\% \times Q \\ &= 25\% \times 606,4254 \\ &= 151,60635 \text{ m}^3/\text{Jam} \end{aligned}$$

E.2. Pompa Penampungan

Untuk memindahkan sejumlah air yang terkumpul pada saluran/ penampungan (*bilga tank*/sumur di badan kapal). Pada tiap kapal terdapat 2 buah pompa. Perhitungan diameter pipa bilga :

a) Pipa Utama (BKI Vol.II tahun 2014 sec.15-4.1.3

$$dh = 1,68 \sqrt{(B + H) \cdot l_2 - (b + h) \cdot l_1} + 25 \text{ mm}$$

Dimana :

B = Lebar Kapal = 16,20 m

H = Tinggi Kapal = 6,10 m

l₂ = Panjang total ruang muat + *coff*

$$\begin{aligned}
 &= 63,51 + 3,93 &&= 67,44 \text{ m} \\
 l1 &= \text{Panjang total tangki muat} &&= 63,51 \text{ m} \\
 h &= \text{Tinggi maksimal ruang muat} &&= 9,05 \text{ m} \\
 sb &= \text{Lebar maksimum ruang muat} &&= 14,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 dh &= 1,68 \sqrt{(16,20 + 6,10).67,44 - (14,5 + 9,05).63,51} + 25 \text{ mm} \\
 &= 29,8258 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga sesuai standart ukuran pipa baja (BKI) direncanakan diameter pipa minyak lumas = **65 mm = 2,5 Inch**, diameter luar pipa = **76,3 mm**

b) Pipa Cabang

$$\begin{aligned}
 dz &= 2,15 \sqrt{(B + H).l2 - (b + h).l1} + 25 \text{ mm} \\
 &= 2,15 \sqrt{(16,20 + 6,10).67,44 - (14,5 + 9,05).63,51} + 25 \text{ mm} \\
 &= 31,175 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga sesuai standart ukuran pipa baja (BKI) direncanakan diameter pipa minyak lumas = **65 mm = 2,5 Inch**, diameter luar pipa = **76,3 mm**

c) Perhitungan Tebal Pipa

$$S = S_o + c + b$$

Dimana :

$$S_o = \frac{d_a \cdot P_c}{20 \cdot \sigma_{per} \cdot V} \quad (\text{mm})$$

$$d_a = \text{Diameter luar pipa} = 76,3 \text{ mm}$$

$$P_c = 16 \text{ bar}$$

$$\sigma_{per} = \text{Toleransi tegangan maksimum} = 80 \text{ N/mm}^2$$

$$V = 1,00 \text{ (faktor efisiensi)}$$

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

$$b = 0$$

$$S_o = \frac{76,3 \times 16}{20 \times 80 \times 1} = 0,763 \text{ mm}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 S &= S_o + c + b \\
 &= 0,763 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0 \\
 &= 3,763 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa = 4 mm

E.3. Pompa Air Tawar

Untuk memindahkan air ke *service tank*, dimana *service tank* ini terletak pada *Poop Deck*, sedangkan distribusi dengan gravitasi.

$$\begin{aligned}
 Z &= \text{tinggi kapal} + \text{tinggi Double Bottom K.M} + \text{tinggi B.A. efektif} \\
 &= 7,40 + 1,4 + 2 \times (2,2) \\
 &= 13,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan air tawar ± 150 liter / hari

Jumlah ABK = 34 orang

Kebutuhan air tawar = $150 \times 34 = 5100$ liter

Volume service tank 20% - 40% dari tangki air tawar, diambil 30%. Total pemakaian per hari,

$$\text{Diambil} = 0,3 \times 5100 = 1530 \text{ liter} = 1,53 \text{ m}^3$$

Direncanakan *Volume Service Tank* = $1,8 \text{ m}^3$

Waktu pengisian 1 jam

a) Kapasitas pompa air tawar

$$Q_w = 1,8 / 1 = 1,8 \text{ m}^3 / \text{jam} = 0,5 \text{ lt/det}$$

b) Daya angkut pompa (*head Pressure*)

$$H = Z + P/\gamma + V^2/2g$$

Dimana :

$$Z = 13,2 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$P / \gamma = 16,625 \text{ m}$$

Sehingga :

$$H = 13,2 + 16,625 + 1,8^2/2 \cdot (9,81)$$

$$= 45,7172 \text{ m/det}^2$$

E.4 Pompa Air Kotor

Untuk mengeringkan *sewage tank*, dimana *sewage tank* ini untuk menampung air kotor atau kotoran selama kapal berlabuh dan didaerah yang terlindungi dari pencemaran air, jumlah kotoran ditampung dari tiap orang perhari diperkirakan :

-	Dari <i>toilet bowls</i>	= 10 liter	
-	Dari <i>Urinals</i>	= 2 liter	
-	Dari peralatan lain	= 5 liter	+
	TOTAL	= 17 liter/ orang/ hari	
	Jumlah <i>Crew</i>	= 34 orang	
	Lama tambat Maksimal	= 7 hari	

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Volume Sewage Tank} &= \text{Crew} \times \text{jumlah Kotoran} \times \text{Lama Tambat} \\ &= 34 \times 17 \times 7 \\ &= 4046 \text{ liter} = 4,046 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Kapasitas Pompa Air kotor (Waktu Pengosongan 1,5 jam)

$$\begin{aligned} Q &= 4,046 / 1,5 \\ &= 2,7 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Head Pressure

$$H = Z + P/\gamma + V^2/2g$$

Dimana :

$$Z = \text{Tinggi kapal} = 7,40 \text{ m}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} H &= 7,40 + 16,625 + 1,8^2/2.(9,81) \\ &= 39,9172 \text{ m/det}^2 \end{aligned}$$

E.5. Pompa Bahan Bakar

Untuk memompa bahan bakar dari tangki bahan bakar ketangki pengendapan serfis koefisien pemakaian bahan bakar = 0,18 kg/HP/ jam

- Tangki harus direncanakan untuk 10 jam
- Berat jenis bahan bakar = 0,85
- *Volume* Tangki Harian = $0,18 \times 10 \times 1/0,85 \times 3500 \times 0,01$
 $= 74,115 \text{ m}^3$
- Waktu pengisian direncanakan 10 jam
- Kapasitas Pompa Bahan Bakar (Q_d) = $74,115 / 10 = 7,4115 \text{ m}^3/\text{jam}$
- *Head Pressure*

$$\begin{aligned} H &= Z + p/\gamma + V^2/2 \cdot (9,81) \\ &= 7,40 + 16,625 + 1,8^2/2(9,81) \\ &= 39,9172 \text{ m/det}^2 \end{aligned}$$

E.6. Pompa Pemadam

Kapasitas pompa pemadam adalah

$$Q_b = 122 \times 60 \times ((\pi/4) \times d^2) \times 10^{-6}$$

Dimana :

$$Q = \text{Kapasitas total pompa pemadam (m}^3/\text{h)}$$

$$Q_b = \text{Kapasitas satu pompa bilga (m}^3/\text{h)}$$

$$d = \text{Diameter dalam pipa bilga utama (mm)}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} Q_b &= 122 \times 60 \times ((3,14/4) \times 125^2) \times 10^{-6} \\ &= 7320 \times 0,785 \times 15625 \times 10^{-6} \\ &= 89,784 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= (4/3) \times Q_b \\ &= (4/3) \times 89,784 = 119,712 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

F. KOMPONEN-KOMPONEN DALAM SISTEM PIPA

F.1. Separator

Fungsi separator untuk memisahkan minyak dengan air. Prinsip terjadinya adalah dalam separator terdapat poros dan mangkok-mangkok yang berhubungan dengan tepi-tepinya. setelah minyak yang tercampur dengan air masuk keseparator maka mangkok-mangkok tersebut akan berputar bersama padanya. Dengan perbedaan masa jenisnya maka air akan keluar melalui pembuangan sedangkan minyak akan masuk melalui lubang-lubang pada mangkok yang selanjutnya akan ditampung ketangki harian.



Gambar 6.16 : *Separator*

F.2. *Hydrophore*

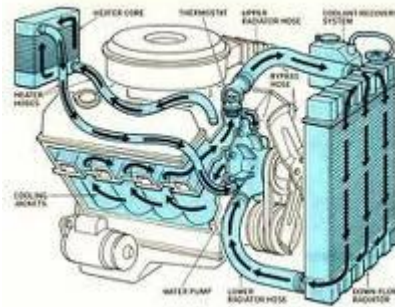
Dalam *Hydrophore* terdapat empat bagian dimana $\frac{3}{4}$ nya berisi air sedangkan $\frac{1}{4}$ nya berisi udara dengan tekanan 3 kg/cm^2 , maka *Hydrophore* akan bekerja mendistribusikan masing-masing keruang mesin-mesin kemudi dan geladak dengan bantuan kompresor otomatis.



Gambar 6.17 : *Hydrophore*

F.3. *Cooler*

Fungsi dari *Cooler* adalah sebagai pendingin yang bagian dalamnya terdapat pipa kecil untuk masuknya air laut sebagai pendingin minyak masuk melalui celah pipa air laut yang masuk secara terus menerus. Dengan demikian minyak akan selalu dingin sebelum masuk keruang mesin (ME dan AE).



Gambar 6.18 : *Cooler*

F.4. *Purifier*

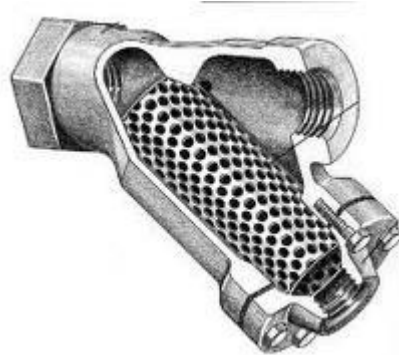
Secara prinsip sama dengan separator yaitu sebagai pemisah antara minyak dengan air. Hanya dengan purifier kotoran yang telah dipisahkan akan dibuang pada saat kapal mengadakan pendedokan atau bersandar di pelabuhan untuk menghindari pencemaran lingkungan.



Gambar 6.19 : *Purifier*

1. *Strainer / Filter*

Fungsi dari alat-alat ini sebagai jaringan yang bagian dalamnya terdapat busa penyaring.



Gambar 6.20 : *Strainer / Filter*

2. *Botol Angin dan Sea Chest*

Fungsinya apabila kotak lautnya terdapat banyak kotoran atau binatang laut, botol angin akan menyembrotkan udara yang bertekanan kedalam kotak laut tersebut.



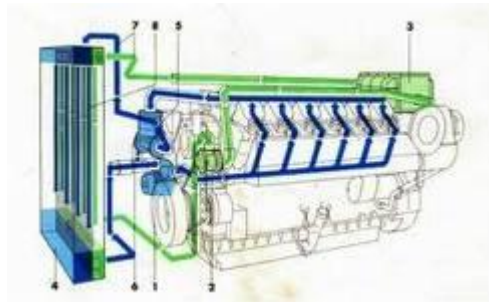
Gambar 6.21 : Botol Angin



Gambar 6.22 : *Sea Chest*

3. Kondensator pada Instalasi Pendingin

Fungsinya adalah untuk mengubah uap air menjadi air untuk keperluan pendingin.



Gambar 6.23 : *Kondensator*

G. PERHITUNGAN *SEA CHEST*

G.1. Perhitungan *Displacement*

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

$$\begin{aligned}
 V &= L_{pp} \times B \times T \times C_b \\
 &= 105,20 \times 16,20 \times 6,10 \times 0,78 \\
 V &= 8108,7739 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

b) Displacement

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

Dimana :

$$V = \text{Volume badan kapal} : 8108,7739 \text{ m}^3$$

$$\gamma = \text{Berat jenis air laut} : 1,025 \text{ Ton/m}^3$$

$$C = \text{Coefficient berat jenis} : 1,004$$

Sehingga :

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

$$= 8108,7739 \times 1,025 \times 1,004$$

$$D = 8344,7392 \text{ Ton}$$

G.2. Diameter Dalam Pipa

Kapasitas tangki antara 10% - 17% D

(Ref : 6.13 Diktat SDK Hal 31 ITS Th. 1982)

Direncanakan 14% D :

$$d = 14\% \times 8344,7392$$

$$= 1168,263494 \text{ ton}$$

Berdasarkan tabel didapat diameter pipa sebesar 200 mm.

G.3. Perhitungan Tebal Pelat Sea Chest

Tebal pelat *sea chest* tidak boleh kurang dari :

$$T = 12 \times a \sqrt{P \times k} + tk \quad (\text{mm})$$

(Ref : 6.14. BKI Th.2014 Vol. II Sec. 8.B.5.3)

Dimana :

$$P = 2 \text{ Mws}$$

$$a = 0,68 \text{ m}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}t &= 12 \times 0,68 \times \sqrt{2 \times 1} + 1,5 \\ &= 13,039 \text{ mm diambil} \longrightarrow \mathbf{14 \text{ mm}}\end{aligned}$$

G.4. Modulus Penegar Kotak *Sea Chest*

$$\begin{aligned}W &= k \times 56 \times a \times p \times l^2 \\ &\quad \text{(Ref : 6.15. BKI Th.2014 Vol. II Sec. 8.B.5.3.1)} \\ &= 1 \times 56 \times 0,68 \times 2 \times (6,2)^2 \\ &= 2927,5904 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

G.5. Perhitungan Lubang *Sea Chest*

a) Luas Penampang Pipa

$$\begin{aligned}A &= \frac{1}{4} \pi \cdot r^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 100^2 \\ &= 7850 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

b) Luas Penampang *Sea Greeting*

$$\begin{aligned}A_1 &= 2 \times A \\ &= 2 \times 7850 \\ &= 15700 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

c) Jumlah Lubang *Sea Greeting* Direncanakan 16 Buah Maka Luas Tiap Lubang *Sea Greeting*:

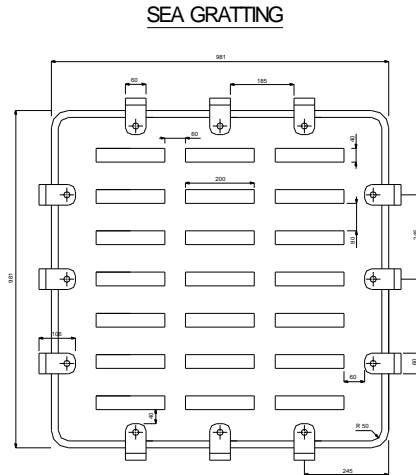
$$\begin{aligned}a &= A_1 / 16 \\ &= 15700 / 16 \\ &= 981,25 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

d) Bentuk Lubang Direncanakan Persegi dengan Panjang 100 mm maka:

$$\begin{aligned}L &= a/p \\ &= 981,25 / 100 \\ &= 9,8125 \text{ mm}\end{aligned}$$

e) **Ukuran Kisi-kisi *Sea Grating***

Panjang (P) = 100 mm dan lebar (L) = 10 mm



Gambar 6.24 : *Sea Grating*