

BAB VI
PERHITUNGAN SISTEM PIPA
(PIPING SYSTEM)

A. Umum

Sistem pipa merupakan bagian utama suatu sistem yang menghubungkan titik dimana, fluida disimpan ke titik pengeluaran 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.

B. Bahan Pipa

Dalam memilih bahan yang paling cocok untuk sistem pipa yang bermacam-macam harus diperhatikan peraturan dari Biro Klasifikasi Indonesia antara lain :

1. Seamless drawn Steel Pipe (Pipa Baja Tanpa Sambungan)

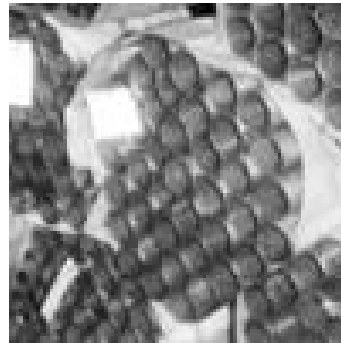
Pipa ini boleh digunakan untuk semua penggunaan dan dibutuhkan untuk pipa tekan pada sistem bahan bakar dan untuk pipa pengeluaran bahan bakar dari pompa injeksi bahan bakar dari motor pembakaran dalam



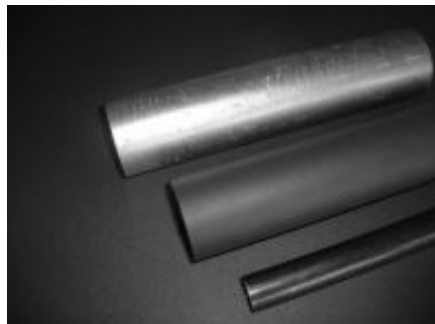
Gambar 6.1. Seamless Drawing Steel Pipe

2. Lap Welded atau Electrical Resistance Welded Steel Pipe

Pipa ini seharusnya tidak dipergunakan dalam sistem dimana tekanan kerja melampaui 350 Psi atau temperature lebih besar dari pada 450⁰ F dan juga tidak untuk tekanan dan temperatur manapun didalam sistem dimana pipa yang tidak bersambungan dibutuhkan



Gambar 6.3. Lap Welded Steel Pipe



Gambar 6.4. Electric Resistance Welded Steel Pipe

3. Seamless drawn Pipe dari Tembaga atau kuningan

Pipa ini dapat digunakan untuk semua tujuan dimana temperatur tidak melampaui 406^o F, tetapi tidak boleh dipergunakan pada superheated steam (uap dengan pemanas lanjut), biasa digunakan untuk pipa bahan bakar



Gambar 6.2. Seamless Drawn Pipe

4. Pipa dari Timah Hitam

Dapat digunakan untuk saluran supply air laut bila cukup dilindungi terhadap kerusakan mekanis, dapat juga digunakan untuk saluran sistem bilga kecuali didalam ruangan-ruangan dimana pipa-pipa itu mudah terkena api.

5. Pipa dari Baja Tempa

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

6. 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.

7. Baja Schedule 40

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



Gambar 6.5. Baja Schedule 40

8. Pipa Galvanis

Pipa jenis ini digunakan untuk suplai air laut (sistem Ballast dan Bilga).



Gambar 6.6. Pipa Galvanis

C. Bahan Katup dan Peralatan

Bahan dan peralatan (fitting) yang diijinkan sesuai Peratutan Biro Klasifikasi Indonesia antara lain :

1. 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 inchi dan tekanan kerja dapat lebih besar dari 330 Psi

2. 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.

3. Baja (Steel)

Digunakan untuk temperatur dan tekanan yang tinggi

4. Stainless Steel

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

D. Flens

Flens untuk sistem pipa dapat dipasang pada pipa-pipa dengan salah satu cara seperti dibawah ini, dengan mempertimbangkan bahan yang digunakan.

1. Pipa-pipa baja dengan diameter nimal lebih dari 2 inchi harus dimuaikan (expended) kedalam flens baja atau dapat disekrup kedalam flens dan dilas.
2. Pipa-pipa yang lebih kecil dapat disekrup kedalam Flens tanpa dilas tetapi khusus untuk pipa-pipa uap air dan minyak juga dimuaikan (expended) untuk memastikan adanya kekedapan pada ulirnya (tight threads).
3. Flens dari besi tuang hanya dapat digunakan dengan sistem sambungan yang disekrup dan hanya boleh dipakai dalam sistem dimana penggunaannya tidak dilarang (kebocoran)
4. Pipa-pipa non ferrous harus dipatri (solder brazed), tetapi untuk diameter lebih kecil atau sama dengan 2 inchi dapat dengan sekrup.

Ketentuan Sambungan Pipa sesuai Standart JIS (hal.807)

d	d1	D	Pe	T	h	Jumlah Baut
15	21	80	60	9	12	4
20	27,7	85	65	10	12	4
25	34	95	75	10	12	4
32	42,7	115	90	13	15	4
40	48,6	120	95	13	15	4
50	60,5	130	105	14	15	4
65	76,3	150	130	14	15	4
80	89,1	180	145	14	19	4
100	114,3	200	165	16	19	8
125	143,8	235	200	16	19	8
150	175,2	265	235	18	19	8
200	239,3	320	280	20	20	8

Keterangan :

- d** = Diameter dalam pipa
- d1** = Diameter luar pipa
- Pe** = Diameter letak baut flens
- D** = Diameter flens
- t** = Tebal flens
- H** = Diameter baut
- J.Baut** = Jumlah baut

STANDART UKURAN PIPA BAJA

DIAMETER		THICKNESS			
Nominal size (mm)	Nominal Dia. (mm)	SGP (JIS G3452)	STPY (JIS G3457)	STPG-38 Sch.40 (JIS G3454)	STPG-38 Sch.80 (JIS G3454)
6	10.5	2.0	-	1.7	2.4
10	17.3	2.3	-	2.3	3.2
15	21.7	2.8	-	2.8	3.7
20	27.2	2.8	-	2.9	3.9
25	34.0	3.2	-	3.4	4.5
32	42.7	3.5	-	3.6	4.9
40	48.6	3.5	-	3.7	5.1
50	60.5	3.8	-	3.9	5.5
65	76.3	4.2	-	5.2	7.0
80	89.1	4.2	-	5.5	7.6
100	114.3	4.5	-	6.0	8.6
125	139.8	4.5	-	6.6	9.5
150	165.2	5.0	-	7.1	11.0
200	216.3	5.8	-	8.2	12.0
250	267.4	6.6	-	9.3	-
300	318.5	6.9	-	-	-
350	355.6	7.9	-	-	-
400	406.4	7.9	-	-	-
700	711.2	-	6.0	-	-

DART UKURAN PIPA TEMBAGA

DIAMETER		THICKNESS	
Nominal size (mm)	Out Side (mm)	SGP (JIS G3452)	STPY (JIS G3457)
4	6	1.0	1.2
6	8	1.0	1.2
8.9	10	1.0	1.2
10	15	1.2	1.4
15	20	1.2	1.6
20	25	1.6	1.8
25	30	1.6	1.8

32	35	1.6	2.3
40	45	2.0	2.3
50	55	2.0	3.0
65	70	2.0	3.5
80	85	2.5	4.0
100	110	3.0	4.0
125	140	3.0	5.0
150	170	3.5	5.5
200	210	3.5	7.0
250	270	4.0	8.5
300	320	4.0	10.0

E. 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 bengkakan dan sambungna las (brazing) sedapat mungkin dengan flens atau sambungan yang dapat dilepas atau dipisahkan bila mana perlu.
- Semua pipa harus dilindungi sedemikian rupa sehingga terhindar dari kerusakan mekanis dan harus ditutup atau dijepit sedemikian rupa 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 sedemikian rupa sehingga orang dengan sepintas lalu dapat melihat apakah terbuka atau tertutup.

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 sedemikian rupa 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 dibelakang 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, sparator ekspansi karet tidak diijinkan untuk dipergunakan dalam kamar mesin dan tangki-tangki.

d. Pipa hisap bilga dan saringan-saringan

- Pipa hisap harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak menyulitkan pembersihan pipa hisap dan kotak pengering pipa hisap dilengkapi dengan saringan yang tahan karat dan mudah dilepas

- Aliran piap 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.

2. Sistem Ballast

a. Susunan Pipa ballast secara umum

Pipa-pipa hisap dalam tangki ballast harus diatur sedemikian rupa 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 ketangki air ballast didepan 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 bottom ballast tank berguna untuk memperoleh sarat yang tepat dan untuk menghilangkan keolengan.

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.

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.

4. Sistem pipa Air Tawar

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.

5. Sistem Pipa Muat

Sistem pipa muat 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.

6. Sistem sanitari dan Scupper

- a. Diameter pipa sanitari dan scupper berkisar antara 50 – 100 mm, direncanakan pipa sanitari ϕ 100 mm / scupper ϕ 60 mm, tebal direncanakan 5 mm
- b. Lubang Pembuangan sanitasi 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
 - Lubang pembuangan dan ruangan dibawah garis muat musim panas harus dihubungkan pipa sampai kebilga dan harus dilindungi dengan baik.
 - Lubang pembuangan dan sanitair tidak boleh dipasang diatas garis muat kosong didaerah tempat peluncuran sekoci penolong.

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 sedemikian rupa sehingga tidak terjadi pengumpulan cairan dalam pipa tersebut.
- Pipa-pipa dari tangki penyimpanan minyak pelumas boleh berakhir dalam kamar mesin bila mana dinding tangki penyimpanan minyak lumas 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.

b. Pipa Duga

Diameter pipa duga harus paling tidak 32 mm, direncanakan 2 inchi atau 52,9 mm letak pipa duga secara umum menurut Biro Klasifikasi Indonesia'04 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 deck 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.

c. Bahan Pipa Duga

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

8. 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.

9. Pipa hisap bilga dan saringan-saringan

- a. Pipa hisap harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak memungkinkan pembersih pipa hisap dan katup pengering pipa hisap dilengkapi dengan saringan yang tahan karat dan mudah dilepas.
- b. Aliran pipa hisap bilga darurat tidak boleh terhalang dan pipa hisap tersebut terletak pada jarak yang cukup dari alas dalam.

10. Katup dan perlengkapan pipa bilga

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

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

F. Ukuran Pipa

1. Pipa Bilga Utama.

a. Perhitungan Diameter Pipa (diruang mesin)

berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia 2006 Vol III sec.11 N.2.3

$$d_H = 30\sqrt{(B+H)l_1} + 35 \text{ mm}$$

dimana :

$l_1 = 19,2 \text{ m}$ → jarak antara cofferdam atau sekat kedap ruang pompa dengan sekat kedap stern tube

$$B = 17,00 \text{ m}$$

$$H = 8,10 \text{ m}$$

Maka :

$$d_H = 3,0\sqrt{(17,00+8,10)19,2} + 35 \text{ mm}$$

$$= 102,873 \text{ mm} \rightarrow 125 \text{ mm}$$

b. Perhitungan Tebal Pipa Utama

Berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia 2006 sec 11- C.2.1

$$S = S_o + c + b$$

Dimana :

$$S_o = \frac{(da.Pc)}{20.\sigma_{perm}.V} \text{ mm}$$

$$da = \text{diameter pipa} = 125 \text{ mm}$$

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

$$\sigma_{perm} = 80 \text{ N/mm}^2 \text{ (maksimum tegangan rencana yg diijinkan untuk steel} = 120^\circ\text{C)}$$

$$V = 1,00$$

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

$$b = 0$$

$$S_o = \frac{(125.16)}{20.80.1} \text{ mm}$$

$$= 1,25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S &= S_o + c + b \\ &= 1,25 + 3 + 0 \\ &= 4,25 \quad \text{mm} \sim 6 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Pipa Ballast

a. Perhitungan diameter pipa

Berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi 2000 sec.11-25 N 2.1

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

Dimana :

$$\begin{aligned} L &= \text{Panjang Kapal (Lpp)} \text{ (m)} \\ &= 105,54 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= \text{Lebar kapal (m)} \\ &= 17,00 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= \text{Tinggi deck (m)} \\ &= 8,10 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_H &= 1,68 \times \sqrt{105,54 \times (17,00 + 8,10)} + 25 \quad \text{mm} \\ &= 1,68 \times \sqrt{2128,92} + 25 \\ &= 113,660 \text{ mm} \rightarrow 125 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menurut tabel dapat dikatakan diameter dalamnya yaitu $125 \text{ mm} = 0,125 \text{ m}$
 $= 4,930 \text{ inchi} = 5 \text{ inchi}$

b. Perhitungan Tebal Pipa

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

Dimana :

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

$$\delta_{perm} = 80, P_c = 16$$

$$\begin{aligned} S_o &= \frac{(125 \cdot 16)}{20 \cdot 80 \cdot 1} \quad \text{mm} \\ &= 1,25 \quad \text{mm} \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} S &= S_o + c + b \\ &= 1 + 3 + 0 \\ &= 4 \text{ mm} \sim \text{diambil } 6 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Pipa Pemadam

a. Perhitungan Diameter Pipa

Berdasarkan Buku Sistem Dalam Kapal Hal 2 :

$$D = 26 + ((2,78 \times L \times (B+H))^{0,5})$$

Dimana :

L = Panjang Kapal (Lpp) (m)

$$= 105,54 \text{ m}$$

B = Lebar kapal (m)

$$= 17,00 \text{ m}$$

H = Tinggi deck (m)

$$= 8,10 \text{ m}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} D &= 26 + ((2,78 \times 105,54 \times (17,00+8,10))^{0,5}) \\ &= 26 + (7742,647^{0,5}) \\ &= 26 + 87,992 \\ &= 113,992 \text{ mm} \rightarrow 125 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Tebal pipa

Berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi 2006 sec. 11-C.2.1

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

Dimana :

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

$$\delta_{perm} = 80, P_c = 16$$

$$S_o = \frac{(125 \cdot 16)}{20 \cdot 80 \cdot 1} \quad \text{mm}$$

$$= 1,25 \quad \text{mm}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} S &= S_o + c + b \\ &= 1,25 + 3 + 0 \\ &= 4,25 \quad \text{mm} \sim \text{diambil } 6 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Pipa Bahan Bakar

Kebutuhan Bahan Bakar :

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

$$\begin{aligned} \text{BHP mesin Induk} &= 4200 \text{ HP} \\ \text{BHP mesin Bantu} &= 20\% \times 4200 = 840 \text{ HP} \\ \text{BHP total} &= (2 \times \text{BHP AE}) + \text{BHP ME} \\ &= (2 \times 840) + 4200 \\ &= 5880 \text{ HP} \end{aligned}$$

Kebutuhan Bahan Bakar tiap Jam (Q_{b1})

Jika 1 HP dimana koefisien pemakaian bahan bakar dibutuhkan 0,18 kg/HP/jam,
BHP total = 5880 HP

$$\begin{aligned} \text{Maka} &= 0,18 \text{ kg/HP/jam} \times 5880 \text{ HP} \\ &= 882 \quad \text{kg/jam} \\ &= 0,882 \quad \text{Ton / jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{b1} &= \text{kebutuhan bahan bakar} \times \text{spesifik Volume berat bahan bakar} \\ &= 0,882 \text{ Ton /jam} \times 1,25 \text{ m}^3 / \text{Ton} \\ &= 1,1025 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Direncanakan pengisian tangki pengendapan tiap 10 jam

$$\begin{aligned} \text{Sehingga Volume Tangki} &= Q_{b1} \times 1 \times h \\ &= 1,1025 \times 1 \times 10 \\ V &= 11,025 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter Pipa } Q &= 5,75 \cdot 10^{-3} \\ D_b &= \sqrt{Q/5,75 \cdot 10^{-3}} \\ &= \sqrt{11,025/5,75 \cdot 10^{-3}} \\ &= 43,78 \text{ mm} \sim 45 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk diameter pipa pengisian pada Bunker direncanakan 2 x dari pipa service harian, yaitu = $45 \times 2 = 90$ mm

Perhitungan Tebal Pelat Pipa :

$$S = S_o + c + b$$

$$S_o = \frac{(db.Pc)}{20.\sigma_{perm}.V} \quad mm$$

$$= \frac{(45.16)}{20.80.1} \quad mm$$

$$= 0,45 \quad mm$$

Jadi :

$$S = S_o + c + b$$

$$= 0,45 + 3 + 0$$

$$= 3,45 \quad mm \text{ diambil } 5 \text{ mm}$$

5. Pipa Tanki Muat

a. Perhitungan Diameter Pipa Tanki Muatan

$$d_H = 30\sqrt{(B+H)l_1} + 35 \quad mm$$

$$= 30\sqrt{(18,1+8,15)19,2} + 35 \quad mm$$

$$= 102,873 \text{ mm} \rightarrow 125 \text{ mm}$$

b. Perhitungan Tebal Pipa Utama

Berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia 2006 sec 11-C.2.1

$$S = S_o + c + b$$

Dimana :

$$S_o = \frac{(db.Pc)}{20.\sigma_{perm}.V} \quad mm$$

$$d_a = \text{diameter pipa} = 100 \text{ mm}$$

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

$$\delta_{perm} = 80 \text{ N/mm}^2 \text{ (maksimum tegangan rencana yg diijinkan untuk steel = } 120^\circ\text{C)}$$

$$V = 1,00$$

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

$$b = 0$$

$$\begin{aligned} S_o &= \frac{(125.16)}{20.80.1} \text{ mm} \\ &= 1,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= S_o + c + b \\ &= 1,25 + 3 + 0 \\ &= 4,25 \text{ mm} \sim 6 \text{ mm} \end{aligned}$$

6. Perhitungan Diameter Pipa Minyak Lumas

a. Kapasitas Tangki yang diperlukan

$$\begin{aligned} V_c &= 2,5 \times 10^{-6} \text{ ton / Hp / jam} \times 24 \times 12 \times 3500 \\ &= 2,52 \text{ Ton} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} S_v &= 1,25 \times 2,52 \\ &= 3,15 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Lama pengisian direncanakan 15 menit (0,25 jam)

$$\begin{aligned} Q_s &= S_v / 0,25 \\ &= 3,15 / 0,25 = 12,6 \text{ m}^3 / \text{jam} \end{aligned}$$

Diameter Pipa Minyak Lumas

$$\begin{aligned} d_b &= \sqrt{\frac{Q_s}{5,75.10^{-3}}} \\ &= \sqrt{\frac{12,6}{5,75.10^{-3}}} \\ &= 46,808 \text{ mm diambil } 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Tangki Harian Air Pendingin

Dari perhitungan Rencana umum :

$$V_c = 31,244 \text{ ton}$$

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

$$S_v = 1 \times 31,244 = 31,244 \text{ m}^3$$

Lama Pengisian 1 Jam

c. Kapasitas Pompa Pendingin Mesin

$$Q_c = 31,244 / 1 \\ = 31,244 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

d. Diameter Pipa (db)

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

$$\text{Untuk } V_c = 31,244 \sim \text{diameter} = 32 \text{ mm}$$

7. Pipa air Tawar

a. Perhitungan Pipa Air Tawar

(Berdasar diktat SDK, ITS, halaman 10)

$$Q_b = 0,565 \times d_b^2 \dots\dots\dots \text{m}^3/\text{jam}$$

Dimana :

$$Q_b = \text{Volume Tanki Air tawar Kapasitas air tawar} \\ = 21,734 \text{ m}^3 / 10 \text{ jam} = 2,173 \text{ Ton}$$

d_b = diameter pipa air tawar

Maka :

$$d_b = \sqrt{Q_b / 0,565} \dots\dots\dots \text{cm} \\ = \sqrt{2,173 / 0,565} \\ = 1,96 \text{ cm} = 19 \text{ mm} \rightarrow 30 \text{ mm}$$

Dari tabel diperoleh diameter pipa = 30 mm (kapasitas sampai 20)

b. Perhitungan Tebal Pipa (Berdasarkan BKI'06)

$$S = S_o + C + b \dots\dots\dots \text{mm}$$

dimana :

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

d_a = diameter luar pipa = 30 mm

$$\begin{aligned}P_c &= 16 \text{ bar} \\ \sigma_{per} &= 18,5 \\ b &= 0 \\ V &= 1 \\ C &= 0,8 \text{ (faktor korosi fresh water lines)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_o &= \frac{30 \times 16}{20 \times 18,5 \times 1} \\ &= 1,29 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}S &= 1,29 + 0,8 + 0 \\ &= 2,09 \text{ mm} \rightarrow 2,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

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.

9. Pipa Sanitari dan Pipa Sewage

- a. Pipa sanitair 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

10. Deflektor Pemasukan dan Pengeluaran

Deflektor Pemasukan Udara pada Ruang Mesin.

$$d_2 = \sqrt{\frac{V_1 \times N \times \gamma_0}{900 \times \eta_v \times \gamma_2}}$$

Dimana :

$$V_1 = \text{Volume Ruang Mesin}$$

$$= 2084,176 \text{ m}^3.$$

$$N = \text{Banyaknya pergantian udara tiap jam} = 30 \text{ kali}$$

$$V = \text{Kecepatan udara yang melalui Deflektor pemasukan, yaitu antara} \\ 2 \sim 4 \text{ m / detik, diambil } 4 \text{ m / detik.}$$

$$\gamma_0 = \text{Density udara bersih} : 1 \text{ Kg / m}^3$$

$$\gamma_1 = \text{Density udara dalam ruangan} : 1 \text{ Kg / m}^3$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{2084,176 \times 30 \times 1}{900 \times 3,14 \times 4 \times 1}}$$

$$= 2,212 \text{ m.}$$

Pada Kamar Mesin direncanakan dipasang 3 buah Deflektor Pemasukan Udara, sehingga diameter masing – masing deflektor adalah :

$$d = d_2 / 3$$

$$= 2,212 / 3$$

$$= 0,737 \text{ m.}$$

$$r = d / 2$$

$$= 0,737 / 2$$

$$= 0,3865 \text{ m.}$$

Luas masing masing lubang permukaan deflektor adalah :

$$L = 3,14 \times r^2$$

$$= 3,14 \times 0,3865^2$$

$$= 0,469 \text{ m}^2$$

Deflector Direncanakan 2 buah, maka luas penampang tiap deflector adalah

$$L = \text{Luas} / 2 = 0,469 / 2 = 0,234 \text{ m}^2$$

jadi diameter satu lubang deflector :

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{\frac{4L}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,234}{3,14}} \\ &= 0,545 \text{ m} \end{aligned}$$

Ukuran Deflektor Pemasukan Ruang Mesin :

$$d_1 = 0,545 \text{ m.}$$

$$r = 0,272 \text{ m.}$$

$$a = 1,2 \times d = 1,2 \times 0,545 = 0,654 \text{ m.}$$

$$b = 0,42 \times d = 0,42 \times 0,545 = 0,228 \text{ m.}$$

$$c = 0,55 \times d = 0,55 \times 0,545 = 0,299 \text{ m.}$$

$$d = 1,5 \times d = 1,5 \times 0,545 = 0,817 \text{ m.}$$

Deflektor Pengeluaran Udara pada Ruang Mesin.

Ukuran diameter Deflektor Pengeluaran udara pada Ruang Mesin sama dengan diameter Deflektor pemasukan udara :

$$d_1 = 0,545 \text{ m.}$$

$$r = 0,272 \text{ m.}$$

$$a = 1,65 \times d = 1,65 \times 0,545 = 0,899 \text{ m.}$$

$$b = 0,42 \times d = 0,42 \times 0,545 = 0,228 \text{ m.}$$

$$c = 1,2 \times d = 1,2 \times 0,545 = 0,654 \text{ m.}$$

$$d = 0,55 \times d = 0,55 \times 0,545 = 0,299 \text{ m.}$$

G. POMPA - POMPA

1. Pompa Drainage / Pengeringan

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 2000 sec.15-4.1.3)

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

dimana : B = Lebar Kapal = 17,0 m

H = Tinggi Kapal = 8,10 m

$l_2 = \text{panjang total ruang muat} + \text{coff} = 67,6 + 1,3$
 $= 68,9 \text{ m}$

$l_1 = \text{panjang total tangki muat} = 67,6 \text{ m}$

h = tinggi maksimal ruang muat = 7,10 m

sb = lebar maksimum ruang muat = 15,00 m

$$dh = 1,68\sqrt{(17,0 + 8,10)68,9 - (15,0 + 7,10)67,6} + 25 \text{ mm}$$

= 50,859 mm ~ 50 mm = 2 inchi

b. Pipa Cabang

$$dz = 2,15\sqrt{(B + H)l_2 - (b + h)l_1} + 25 \text{ mm}$$

$$= 2,15\sqrt{(18,1 + 8,15)68,9 - (16,1 + 7,15)67,6} + 25 \text{ mm}$$

$$= 58,093 \text{ mm} \sim 58 \text{ mm} = 1,1 \text{ inchi}$$

c. Perhitungan Tebal Pipa

$$S = S_o + c + b$$

$$S_o = (db \times Pc) / (20\delta\text{perm. } V)$$

$$= (30 \times 16) / (20 \times 80 \times 1)$$

$$= 0,3 \text{ mm}$$

$$S = 0,3 + 3 + 0$$

$$= 3,3 \text{ mm} \sim 3,6 \text{ mm}$$

2. Pompa Air Tawar

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

$$\begin{aligned} Z &= \text{tinggi kapal} + \text{tinggi double bottom K.M} + \text{tinggi B.A. efektif} \\ &= 8,10 + 1,2 + 2 \times (2,2) \\ &= 13,70 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Kebutuhan air tawar \pm 150 liter / hari

Jumlah ABK = 30 orang

Kebutuhan air tawar = 150 x 30 = 4500 liter

Volume service tank 20% - 40% dari tangki air tawar, diambil 30%. Total pemakaian perhari, diambil = 0,3 x 4800 = 1440lt \rightarrow 2000 lt = 2 m³

Direncanakan Volume Service Tank = 1,4 m³

Waktu pengisian 1 jam

a. Kapasitas Pompa Air Tawar

$$Q_w = 2 / 1 = 2 \text{ m}^3 / \text{jam} = 0.56 \text{ lt/det}$$

b. Daya angkut Pompa (head Pressure)

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

Dimana :

$$Z = 13,70 \text{ m}$$

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

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

Jadi :

$$H = 13,75 + 16,625 + 2^2/2(9,81)$$

$$= 30,57 \text{ m/det}^2$$

3. 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 toilet bowls = 10 liter
- Dari Urinals = 2 liter
- Dari peralatan lain = 5 liter

TOTAL = 19 liter/ orang/ hari

Jumlah Crew = 30 orang

Lama tambat Maksimal = 7 hari

Jadi :

$$\begin{aligned}\text{Volume Sewage Tank} &= \text{Crew} \times \text{jumlah Kotoran} \times \text{Lama Tambat} \\ &= 30 \times 19 \times 7 \\ &= 3990 \text{ liter} = 3,99 \text{ m}^3\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}Q &= 3,99 / 1,5 \\ &= 2,66 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Head Pressure

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

Dimana Z = tingi kapal = 8,10 m

Maka :

$$\begin{aligned}H &= 8,10 + 16,625 + 2^2/2(9,81) \\ &= 24,978 \text{ m/det}^2\end{aligned}$$

4. 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 = $0,18 \times 10 \times 1/0,85 \times 3000 \times 0,01$
= 63,529 m³
- Waktu pengisian direncanakan 30 menit = 0,5 jam
- Kapasitas Bahan Bakar (Qd) = $63,529/0,5 = 127,058$ m³/jam
- Head Pressure

$$\begin{aligned} H &= Z + p/\gamma + V^2/2(9,81) \\ &= 8,15 + 16,625 + 2^2/2(9,81) \\ &= 24,978 \text{ m/det}^2 \end{aligned}$$

5. Pompa Pemadam

Kapasitas pompa pemadam adalah

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

Dimana :

Q = kapasitas total pompa pemadam (m³/h)

Q_b = kapasitas satu pompa bilga (m³/h)

d = diameter dalam pipa bilga utama (mm)

maka :

$$\begin{aligned} Q_b &= 122 \times 60 \times ((3,14/4) \times 100^2) \times 10^{-6} \\ &= 7320 \times 0,785 \times 10000 \times 10^{-6} \\ &= 57,462 \text{ m}^3/\text{h} \\ Q &= (4/3) \times Q_b \\ &= (4/3) \times 57,462 \\ &= 76,62 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

H. Komponen-komponen Dalam Sistem Pipa

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 ke separator 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.

2. Hydrosphore

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

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)

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.

5. Strainer / Filter

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

6. Botol Angin dan Sea Chest

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

7. Kondensator pada Instalasi Pendingin

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