BAB VI
PERHITUNGAN SISTEM PIPA
(PIPING SYSTEM)

6.1 Sistem Pipa

6.1.1 Pengenalan Pipa Secara 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 CO_2, atau instalasi pipa yang mengalirkan udara dan uap bertekanan.

Menurut **Hukum Pascal** : Ketika tekanan pada bagian manapun suatu fluida yang tertutup berubah, maka setiap bagian fluida juga berubah dengan jumlah yang sama. Peraturan dan perhitungan instalasi pipa, terdapat pada Rules BKI volume III tahun 2013 tentang *Machinery Instalation.* 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 perpipaaan seperti hanya pada perlengkapan kapal lainnya.

- Macam-Macam Pipa dan Bahannya

  Pipa secara umum di kelompokkan menjadi dua bagian, yaitu :

  A. Jenis pipa tanpa sambungan (pembuatan pipa tanpa sambungan pengelasan).

  B. Jenis pipa dengan sambungan (pembuatan pipa dengan pengelasan).

     a. Bahan-bahan pipa secara umum :

        Bahan-bahan pipa yg dimaksud disini adalah struktur bahan baru pipa tersebut yang dapat dibagi secara umum sebagai berikut :

        1. Carbon steel

2. Carbon Moly
3. Galvanees
4. Ferro Nikel.
5. Stainless Steel
6. PVC (Paralon)
7. Chrom Moly

b. Sedangkan bahan-bahan pipa secara khusus dapat dikelompokkan sebagai berikut :
1. Vibre Glass
2. Aluminium (Aluminium)
3. Wrought Iron (besi tanpa tempa).
4. Cooper (Tembaga)
5. Red Brass (kuningan merah)
6. Nickel cooper = Monel (timah tembaga)
7. Nickel chrom iron = inconel (besi timah chrom)

- Pipa di Kapal

Pipa adalah suatu batang silindar berongga yang dapat berfungsi untuk dilalui atau mengalirkan zat cair, uap, gas ataupun zat padat yang dapat dialirkan yang berjenis serbuk/tepung. Untuk pembuatan pipa baja dapat dibuat dengan beberapa metoda antara lain seamless pipe, butt welded pipe dan spiral welded pipe. Pembuatan pipa disesuaikan dengan kebutuhan dan dibedakan dari batas kekuatan tekanan, ketebalan dinding pipa, temperatur zat yang mengalir, jenis material berkaitan dengan korosi dan kekuatan pipa tersebut. Untuk instalasi pipa dikapal tentu pipa-pipa tersebut tidak hanya pipa lurus melainkan terdapat belokan , cabang, mengecil, naik dan turun. Panjang dari pipa pun beraneka ragam ada yang penjang ataupun pendek. Berkaitan dengan hal ini maka kita akan mengenal beberpa jenis sambungan pipa seperti sambungan ulir, sambungan shock , sambungan dengan las (butt welded) dan sambungan dengan menggunakan flange. Selain itu dikenal juga istilah belokan atau ellbow, cabang T atau tee, cabang “Y” dan ada juga pipa yang diameternya mengecil disebut reducer.

Pada 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.

Instalasi pipa dikapal diganakan untuk mengalirkan fluida dari satu tanki/kompartment ke tanki lain, atau dari satu tangki ke peralatan permesinan dikapal, 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 sistim CO2, atau instalasi pipa yang mengalirkan udara dan uap bertekanan.

Jenis pipa yang terdapat dikapal memiliki beragam senis ditinjau dari material pipa sesuai dengan kegunaannya. Material pipa dikapal pada umumnya terbuat dari baja galvanis, baja hitam, baja campuran, stainless steel, kuningan, tembaga ataupun alumunium. Pada kegunaan tertentu terdapat pula pipa yang terbuat dari bahan non metal seperti rubber hose , gelas dan PVC.

Instalasi pipa di kapal memiliki beberapa sistem perpipaan sesuai dengan fungsinya, penjelasannya adalah sebagai berikut :

1. Sistem instalasi pipa air laut (*Sea water piping system*)

   Istalasi pipa air laut digunakan untuk mengalirkan air laut dari satu tanki ke tanki lain, dari luar ke dalam kapal, dari kapal ke laut dan lain sebagainya. Pengaliran air laut menggunakan sarana pompa, dapat berupa pompa hisap atau pompa tekan, pompa ini disebut Pompa air laut/Sea water pump. Selain pompa pengaturan aliran instalasi air laut dikontrol dengan menggunakan sistim katub/valve. Pompa air laut pada umumnya menggunakan jenis pompa centrifugal disesuaikan dengan kebutuhannya.

2. Sistem instalasi pipa bahan bakar (*Fuel oil piping system*)

   Instalasi pipa Bahan Bakar/Fuel Oil digunakan untuk mengalirkan kebutuhan bahan bakar dari tanki bahan bakar ke sistim di permesinan dan dari luar ke dalam kapal pada saat pengisian Bahan Bakar. Pengaliran bahan bakar menggunakan sarana pompa, dapat

berupa pompa Bahan bakar atau pompa transfer bahan bakar, pompa ini disebut Pompa bahan bakar/Fuel Oil pump and Fuel Oil Transfer pump. Selanjutnya dari pompa pengaturan aliran bahan bakar juga dikontrol dengan menggunakan sistim katub/valve.

3. Sistem instalasi pipa air kotor (*Sewage piping system*)

   Instalasi pipa Air Kotor/sewage piping system digunakan untuk mengalirkan air kotor dan air limbah dikapal dari dan ke tanki Sewage di dalam kapal. Pengaliran sewage menggunakan sarana pompa, berupa pompa Sewage/Sewage Pump. Air kotor/Sewage berasal dari buangan water closet dari setiap ruang akomodasi, yang mengalir ke tanki sewage secara gravity atau dengan tekanan air bilas/flushing , selanjutnya dari tanki sewage akan dipompa keluar kapal sesuai dengan peraturan pembuangan limbah. Pengaturan aliran air kotor juga dikontrol dengan menggunakan sistim katub/valve.

4. Sistem instalasi pipa air tawar (*Fresh water piping system*)

   Istalasi pipa air Tawar/Fresh water digunakan untuk mengalirkan air Tawar dari satu tanki ke sistim yang dibutuhkan, dari luar ke dalam kapal pada saat pengisian Air Tawar , dari tanki ke katup-katup didaerah ruang akomodasi untuk kebutuhan orang dikapal dan lain sebagainya. Pengaliran air Tawar menggunakan sarana pompa, dapat berupa pompa hisap atau pompa tekan, pompa ini disebut Pompa air Tawar/Fresh water pump. Selain pompa pengaturan aliran instalasi air Tawar dikontrol dengan menggunakan sistim katub/valve.

5. Sistem instalasi lainnya

   Selain sistim Instalasi pipa yang utama tersebut diatas masih ada beberapa instalasi pipa yang lain, diantaranya inatalasi pipa Minyak lumas, instalasi pipa Cargo (khusus untuk Tanker), Instalasi pipa pendingin mesin, instalasi pipa Udara, instalasi pipa Uap, dan instalasi pipa Bilga.

6.1.2 Komponen Instalasi Pipa

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

1. 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 dilindung sedemikian rupa sehingga terhindar dari kerusakan mekanis dan harus ditumpu/dijepit sedemikian rupa untuk menghindari getaran.

Tabel 6. 1 Standart Ukuran Schedule Pipa Baja Menurut Japan Interational Standart (JIS)

Inside Diameter (mm)	Nominal Size (Inch)	Outside Diameter (mm)	SGP Tebal (mm)	Schedule 30 (mm)
6	¼	10.5	2.0	2.4
10	3/8	17.3	2.3	3.2
15	½	21.7	2.8	3.7
20	¾	27.2	3.2	3.9
25	1	34.0	3.5	4.5
32	1 ¼	42.7	3.5	4.9
40	1 ½	48.6	3.8	5.1
50	2	60.5	4.2	5.5
65	2 ½	76.3	4.2	7.0
80	3	89.1	4.5	7.6
100	4	114.3	4.5	8.6
125	5	139.8	5.0	9.5
150	6	165.2	5.8	11.0
200	8	216.3	6.6	12.7
250	10	267.4	6.9	-
300	12	318.5	7.9	-
350	14	355.6	7.9	-
400	16	406.4	-	-
450	18	457.2	-	-
500	20	508.0	-	-

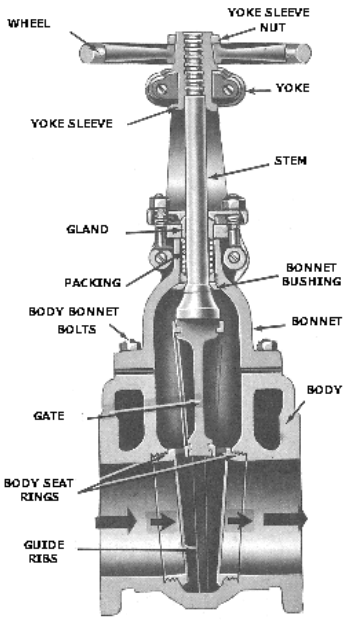
2. Valve

Valve atau yang biasa disebut katup adalah sebuah perangkat yang mengatur, mengarahkan atau mengontrol aliran dari suatu cairan (gas, cairan, padatan terfluidisasi) dengan membuka, menutup, atau menutup sebagian dari jalan alirannya. Pemilihan jenis *valve* bergantung pada :

- Jenis fluida yang mengalir
- Jumlah aliran
- Tujuan/fungsi *valve*nya

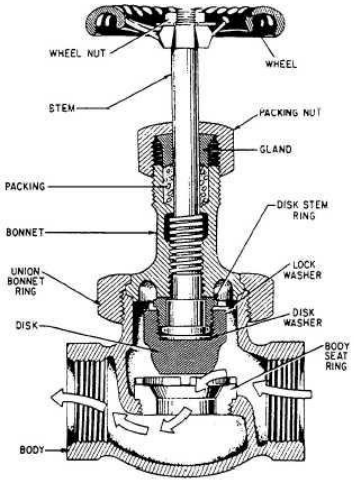
- Macam-macam valve :

1. **Gate Valve**



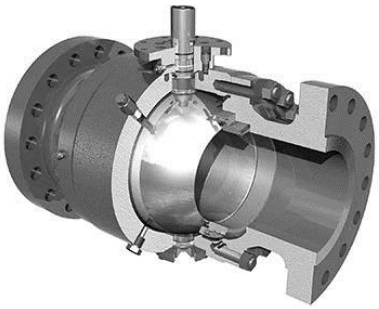
Gate Valve adalah jenis valve yang paling sering dipakai dalam sistem perpipaan. Yang fungsinya untuk membuka dan menutup aliran. Gate valve tidak untuk mengatur besar kecil laju suatu aliran fluida dengan cara membuka setengah atau seperempat posisinya, Jadi posisi gate pada valve ini harus benar benar terbuka (fully open) atau benar-benar tertutup (fully close).

2. **Global Valve**



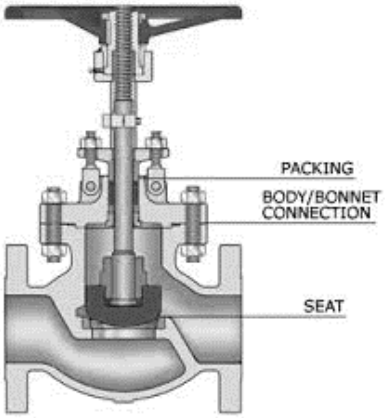
Global Valve digunakan untuk mengatur besar kecilnya laju aliran fluida dalam pipa (throttling). Prinsip dasar dari operasi Globe Valve adalah gerakan tegak lurus disk dari dudukannya. Hal ini memastikan bahwa ruang berbentuk cincin antara disk dan cincin kursi bertahap sedekat Valve ditutup.

3. **Ball Valve**



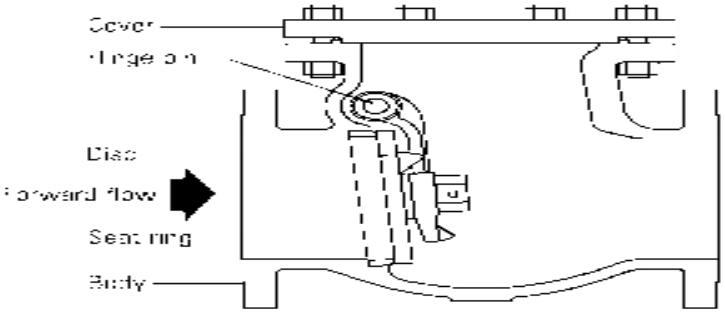
Ball Valve adalah sebuah Valve atau katup dengan pengontrol aliran berbentuk disc bulat (seperti bola/belahan). Bola itu memiliki lubang, yang berada di tengah sehingga ketika lubang tersebut segaris lurus atau sejalan dengan kedua ujung Valve / katup, maka aliran akan terjadi. Tetapi ketika katup tertutup, posisi lubang berada tegak lurus terhadap ujung katup, maka aliran akan terhalang atau tertutup.

4. **Globe Check Valve**



Modelnya hampir sama dengan globe valve, bedanya ada tambahan housing/casing pendukung yang otomatis jika ada media yang mengalir pada valve.

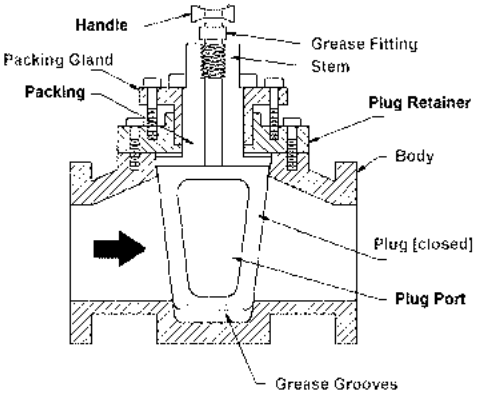
5. **Swing Check Valve**



Swing check valve terdiri atas sebuah disk seukuran dengan pipa yang digunakan, dan dirancang menggantung pada poros (hinge pin) di bagian atasnya. Apabila terjadi aliran maju atau foward flow, maka disk akan terdorog oleh tekanan sehingga terbuka dan fluda dapat mengalir menuju saluran outlet. Sedangkan apabila terjadi

aliran balik atau reverse flow, tekanan fluida akan mendorong disk menutup rapat sehingga tidak ada fluida yang mengalir. Semakin tinggi tekanan balik semakin rapat disk terpasang pada dudukannya.

6. Plug Valve

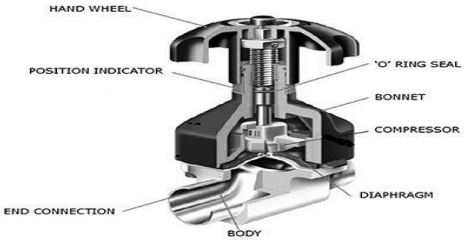


Kegunaan dari plug valve adalah untuk fully open dan fully close (isolation atau on/off control). untuk mengontrol (membuka dan menutup) aliran pada plug valve, plug mempunyai celah atau lubang tempat aliran lewat.

7. Butterfly Valve

Butterfly Valve memiliki bentuk yang unik jika dibandingkan dengan valve-valve yang lain. Butterfly menggunakan plat bundar atau disk yang dioperasikan dengan ankel untuk posisi membuka penuh atau menutup penuh dengan sudut 90°. Disk ini tetap berada ditengah aliran, dan dihubungkan ke ankel melalui shaft. Saat valve dalam keadaan tertutup, Disk tersebut tegak lurus dengan arah aliran, sehingga aliran terbendung, dan saat valve terbuka wafer sejajar/ segaris dengan aliran, sehingga zat dapat mengalir melalui valve.

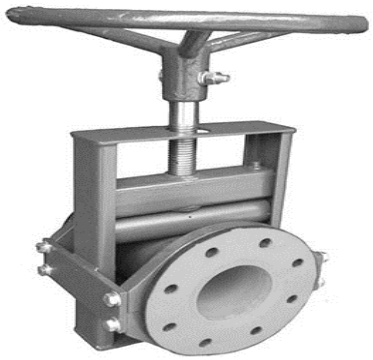
8. Diaphragm Valve



Diaphragm valve bisa digunakan untuk mengatur aliran (trhottling) dan bisa juga digunakan sebagai on/off valve. Diaphgram valve handal

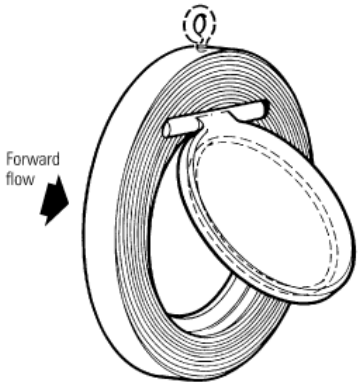
dalam penanganan material kasar seperti fluida yang mengandung pasir, semen, atau lumpur, serta fluida yang mempunyai sifat korosif

9. Pinch Valve



Pinch valve digunakan untuk menangani fluida yang berlumpur, endapan, dan yang mempunyai partikel-partikel solid yang banyak serta fluida-fluida yang mempunyai kecenderungan untuk terjadi kebocoran (leak).

10. Swing Check Valve



Dalam penggunaan swing check valve dan lift check valve terbatasi hanya untuk pipa ukuran besar (diameter DN80 atau lebih).

Jadi sebagai solusinya adalah dengan menggunakan Disk check valve. Dengan menggunakan Disk ceck valve dapat digunakan tubing dengan ukuran yang mengerucut pada satu sisinya sehingga dapat diaplikasikan pada pipa yang lebih kecil ukurannya.

a. 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).*

b. Flens (Flange)

Pipa sesuai dengan panjangnya dihubungkan dengan flens untuk pipa baja. Flens baja dibentuk dengan las bubut, ulir atau menambah pipa. Dimana kedua ujung pipa yang akan disambung dipasang flens kemudian diikat dengan baut *(bolt).* Flens pipa dikelompokkan menurut besarnya tekanan yang disesuaikan dengan tekanan kerja maksimum ataupun diatasnya. Tetapi tekanan kerja maksimum pada uap, udara kompresi,

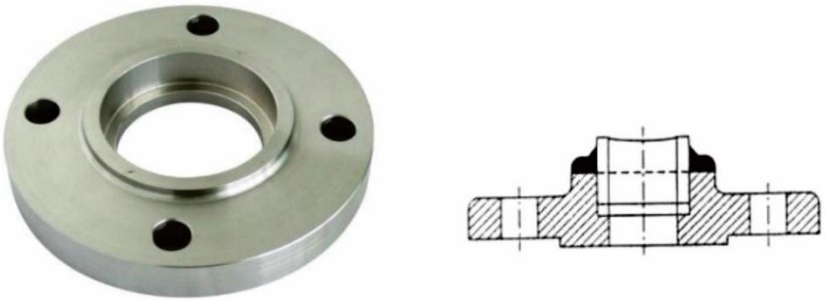
udara/gas, air, minyak dan lain-lain, instalasi pipa disesuaikan dengan besarnya tekanan dan kondisi fluida.

- Jenis-jenis flange pipa bisa dibedakan, antara lain :
  a. Jenis flange berdasarkan ukuran (dimensi) ANSI,misalnya: ANSI#150,ANSI#300,ANSI#600 dan seterusnya.
  b. Jenis flange berdasarkan scedule,misalnya: sch 30,sch 40,sch 80,sch XS (extra strong) dan lain-lain.
  c. Jenis flange berdasarkan tipe face pada pipa,misalnya:type flat face,type raised face dan ring type joint.
  d. Jenis flange berdasarkan bentuknya menurut ANSI.

Berdasarkan ANSI (American National Standards Institute), flange dibedakan jenisnya menjadi :

1. Socket Flanges (Flange tipe soket)

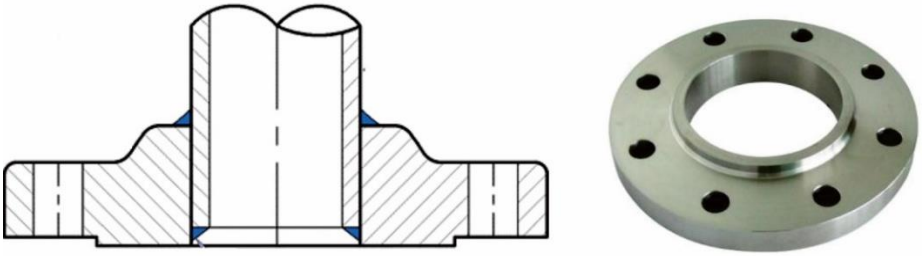
   Yaitu flange yang pada sisi terluar terdapat tahanan yang menyebabkan pipa yang dimasukkan ke dalamnya tidak tembus keluar.



Gambar 6. 1 Socket Flanges

2. Slip On Flanges (Flange tipe slip on)

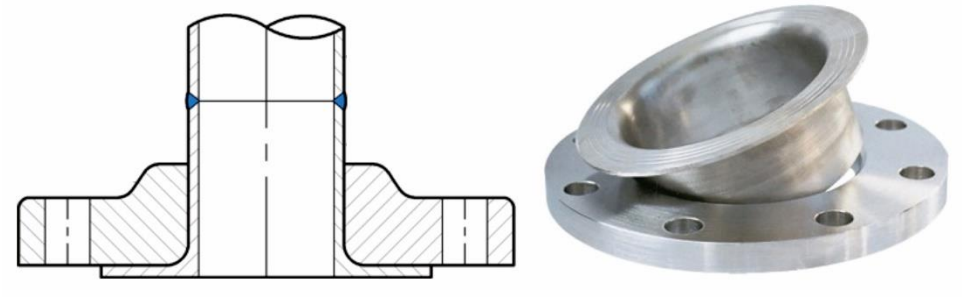
   Dalam slip on, flange hanya masuk sebagain, sisi luar dan dalamnya akan di las. Oleh karena itu diametar inside flange slip on harus lebih besar daripada diameter outside pipa.



Gambar 6. 2 Slip On Flanges

3. Lap Joint Flanges

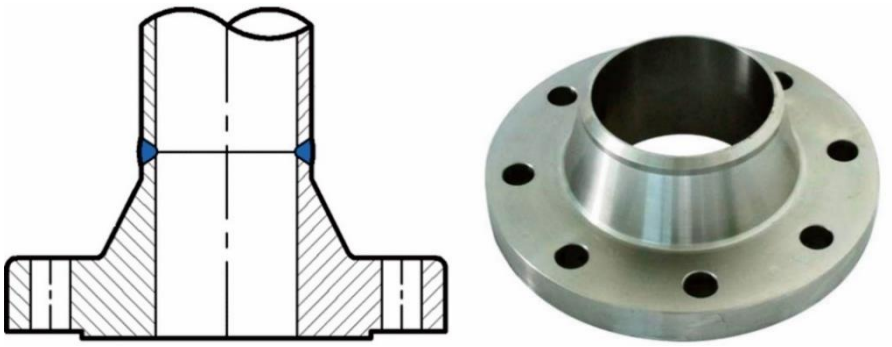
Yaitu jenis flange yang bisa diputar posisi lubang bautnya. Jenis flange ini tidak disarankan untuk pressure yang tinggi.



Gambar 6. 3 Lap Joint Flanges

4. Weldneck Flanges (Flange tipe weldneck)

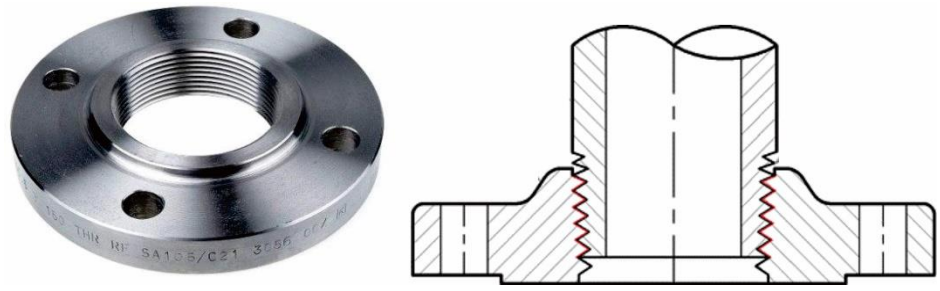
Flange jenis ini biasa dan paling banyak digunakan dalam sebuah plant,karena sifatnya mudah untuk disambungkan dengan pipa.Selain dapat digunakan untuk pressure dan temperatur yang rendah,baik juga untuk pressure dan temperature yang tinggi.



Gambar 6. 4 Weldneck Flanges

5. Threaded Flanges (Flange tipe Ulir)

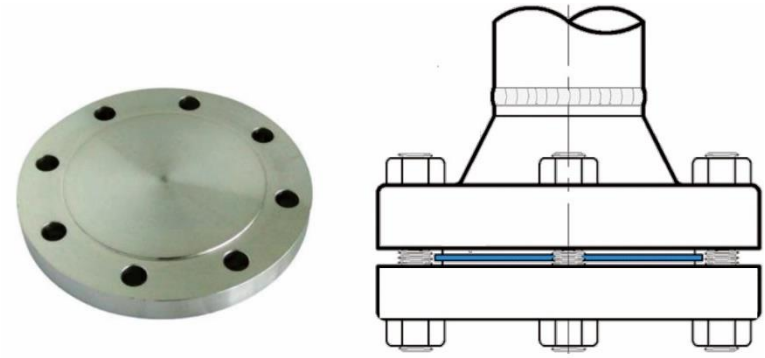
Seperti namanya, jenis flange ini memiliki tipe penyambungan mengunakan ulir. Biasanya digunakan untuk system yang sangat rawan kebakaran kalau mengunakan las.



Gambar 6. 5 Treaded Flanges

6. Blind Flanges

Yaitu flange yang berfungsi untuk menutup aliran, seperti halnya cap dalam fitting. Jenis flange ini rata, tidak berlubang karena memang berfungsi untuk menutup.

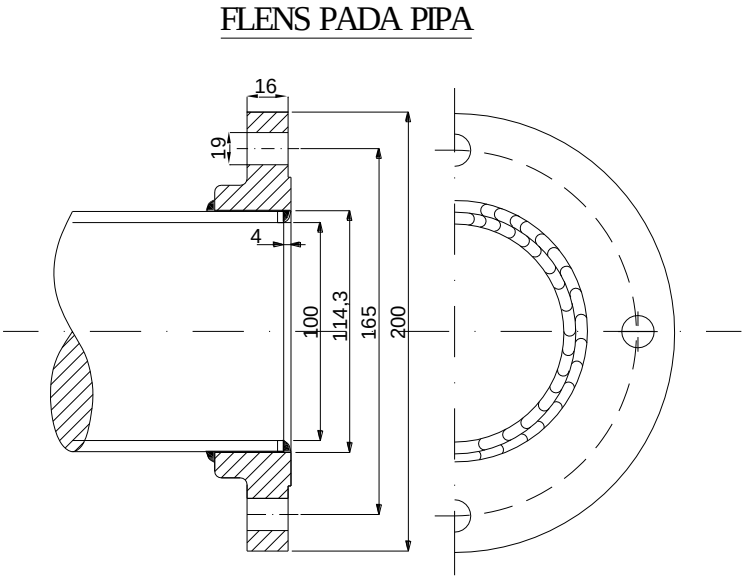


Gambar 6. 6 Blind Flanges

Ketentuan sambungan antar pipa dengan flens, dimana ketentuan tersebut seperti yang terdaftar di tabel di bawah ini:

Tabel 6. 2 Tabel Ketentuan Pipa dan Flens

D	d1	Pe	D	T	h	Jumlah
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



Gambar 6. 7 Contoh Flens pada Pipa

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

1. *Welded Neck Flange*

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

2. *Slip-on Welded Flanges*

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

3. *Composite Flange*

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

c. Peralatan Lain

Peralatan lain ini biasanya digunakan dalam sistem tertentu, antara lain adalah sebagai berikut :

1) Pipa khusus untuk pemasukan *(pipe line),*
2) Kotak lumpur *(mud boxes),*
3) Saringan pemasukan *(grating),*
4) *Separator* untuk memisahkan air laut dengan lumpur, pasir dan batu
5) *Steam trap* untuk menampung pengembunan uap air di dalam sistem pipa,
6) *Sprinklers* yaitu sistem pemadam dengan menggunakan air bertekanan dalam pipa
7) Pompa untuk menghisap dan memindahkan fluida antar tanki, atau dari luar kapal ke dalam kapal atau sebaliknya.

d. Pemilihan Ukuran Pipa

Ukuran diameter dalam sebuah pipa ditentukan berdasarkan:

1) Jenis fluida yang mengalir di dalam pipa.
2) Jumlah volume fluida yang akan dipindahkan.
3) Kecepatan aliran dari fluida yang akan dipindahkan, dimana perlu juga diperhatikan adanya tekanan akibat gesekan.
4) 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, tetapi hal ini memberikan keuntungan karena pada penginstalasian pipa mudah diselipkan di tempat-tempat yang tidak terpakai.
- Makin kecil aliran fluida dalam pipa, makin kecil tahanannya dan dapat memberikan aliran yang laminer.

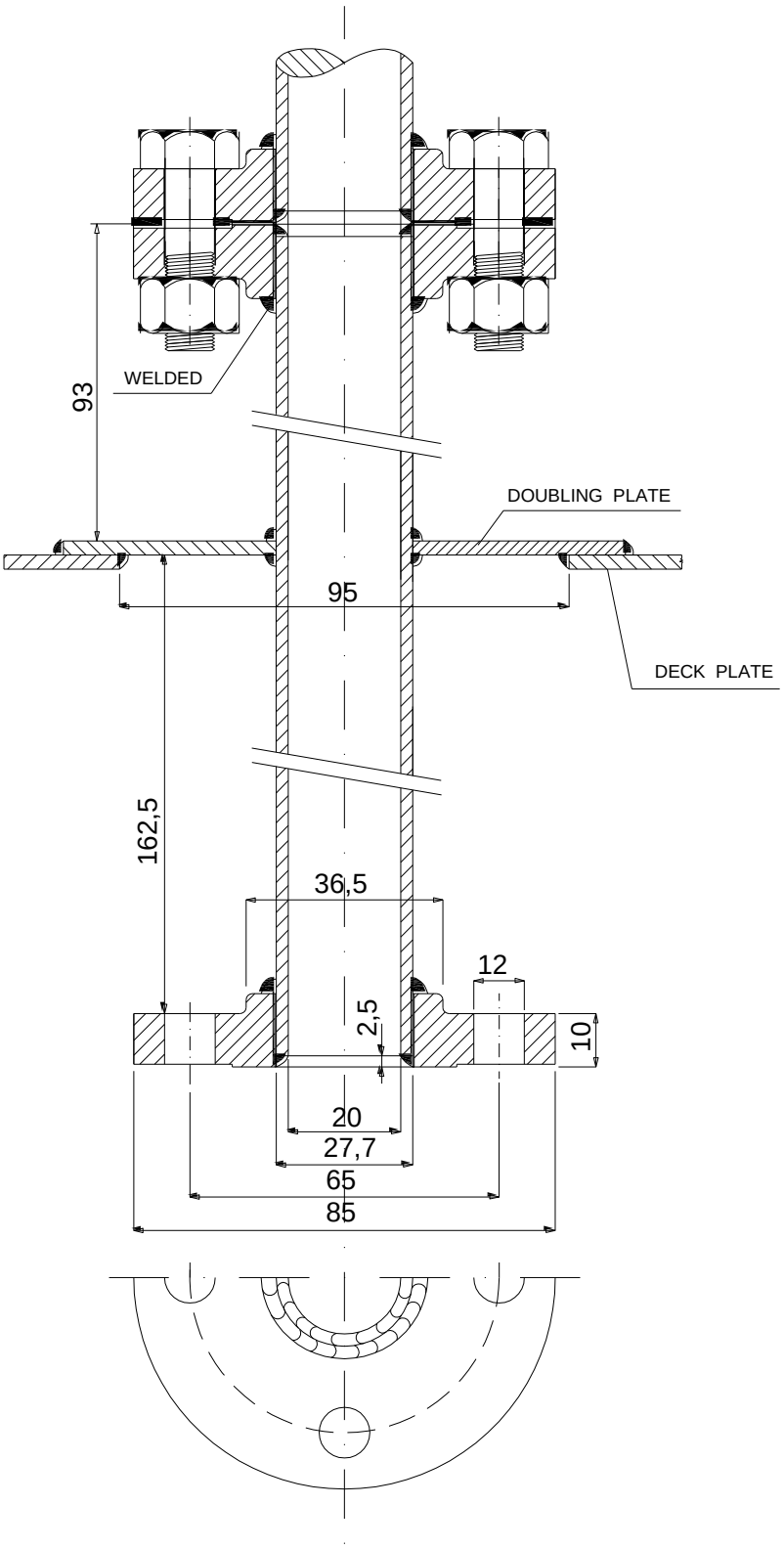
Untuk menentukan ukuran pipa yang akan dipakai, digunakan ketentuan ukuran pipa standar berdasarkan kapasitas tangki dan ukuran untuk pipa standar Jepang *(Japan International Standart).*

Ketentuan ukuran pipa standar Jepang (JIS)

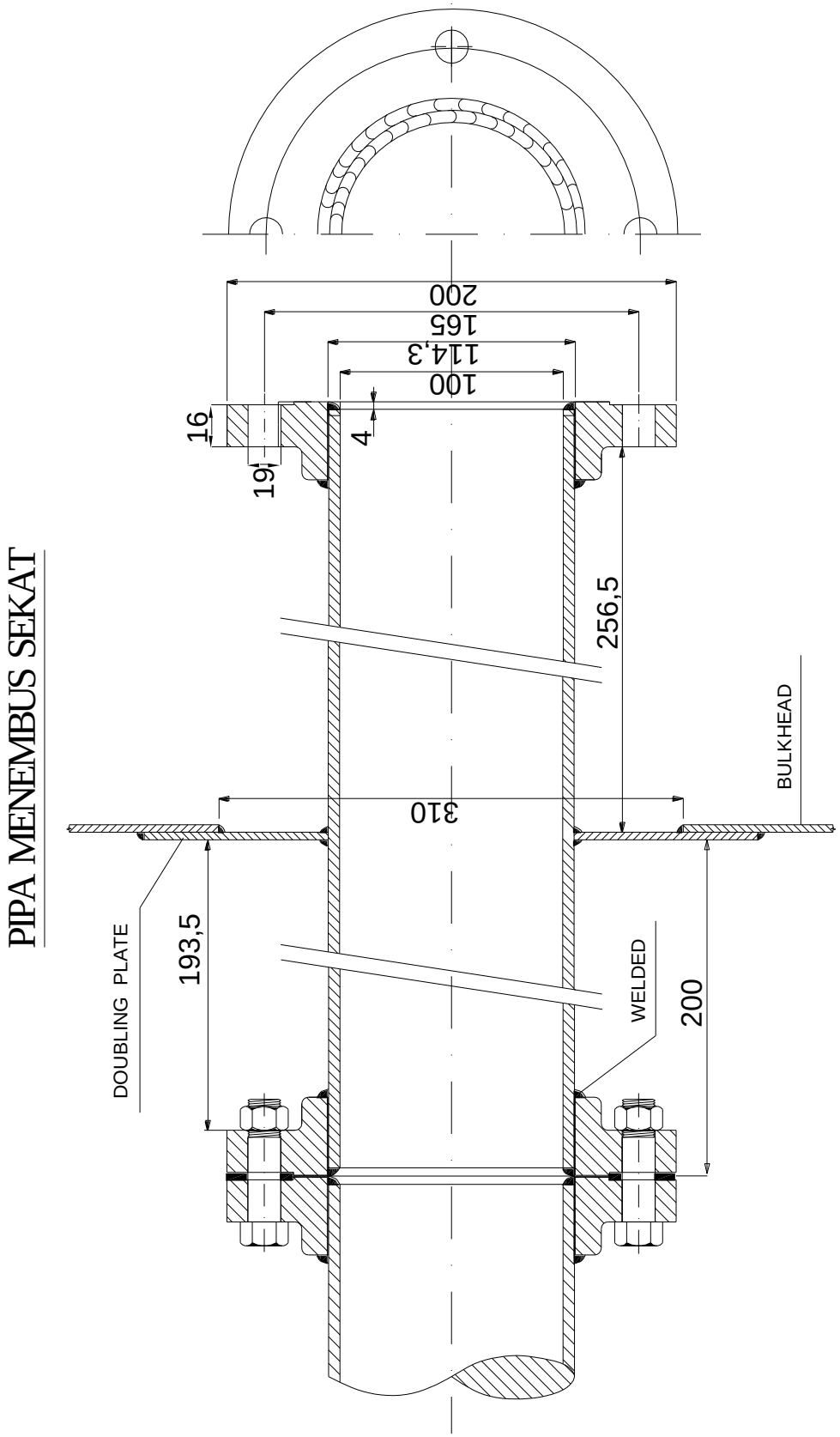
Tabel 6. 3 Tabel Diameter dalam Pipa Terhadap Kapasitas Tangki Menurut Japan International Standart (JIS)

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 - 1.000	175
1.000 - 1.300	200
1.300 - 1.700	215

PIPA MENEMBUS PELAT GELADAK



Gambar 6. 8 Pipa Menembus Pelat Geladak



Gambar 6. 9 Contoh Pipa Menembus Sekat Geladak

6.2 Sistem Instalasi Pipa dan Perhitungannya

Sistem dan instalasi pipa yang menyangkut pelayanan terhadap kapal, khususnya kapal tanker MT. "JIHAN" antara lain :

6.2.1 Sistem Bilga (Clean Bilge System and Oily Bilge System)

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 lainya. Karena bilga merupakan salah satu penunjang keselamatan dari kapal maka kapasitas minimum pipa bilga dan diameter diatur oleh badan klasifikasi. Pompa *ballast* dan *general service pump* (pompa dinas umum) biasanya juga digunakan sebagai pompa bilga. Sistem perpipaan bilga terdiri dari saluran pertama dan cabang, saluran langsung serta darurat.

a. 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 dihubungakan dengan pipa utama untuk dihubungkan dengan saluran hisap pompa bilga.

b. Direct Bilge Pipe

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

c. 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. Pempuangan 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.

6.2.1.1 Cara Kerja Sistem Bilga

Cara kerja dari sistem 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 dari kapal melalui *overboard*. Sedangakan zat cair yanag tercampur dengan minyak yang berada pada kamar mesin akan di tampung di dalam bilga well yang biasanya terletak di bawah kamar mesin *(sluge 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.*

6.2.1.2 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 *bige well* minimum dua buah untuk kiri dan kanan sepasang dan setimbang, tergantung pada jumlah tangki ballas, ditambah dengan beberapa *bilga 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 m^3, sedangkan *bilge well* tersebut memiliki 0,5 tinggi *double bottem*. Pada bagian atas *bilge well* harus ditutup dengan *straining*.

6.2.1.3 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, sistem ini adalah untuk memindahkan bilga yang terdapat pada tempat- tempat bilga pada kapal dengan menggunakan pipa bilga di kamar mesin. Sisi hisap bilga di kamar

mesin biasanya dipasang di dalam *bilge well* di bagian depan kamar mesin *(port* dan *starboard)* bagian belakang kamar mesin, 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 biga darurat biasanya sama dengan diameter pipa bilga utama.

6.2.1.4 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 kesebuah alat pemisah udara.

8) Menggunakan pompa lain untuk pompa bilga

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

6.2.1.5 Komponen Sistem Bilga

1) Pompa bilga (Clean)

   1 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 memiliki kapasitas yang mampu melakukan pengolahan limbah bilga sehari-hari 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 m^3.

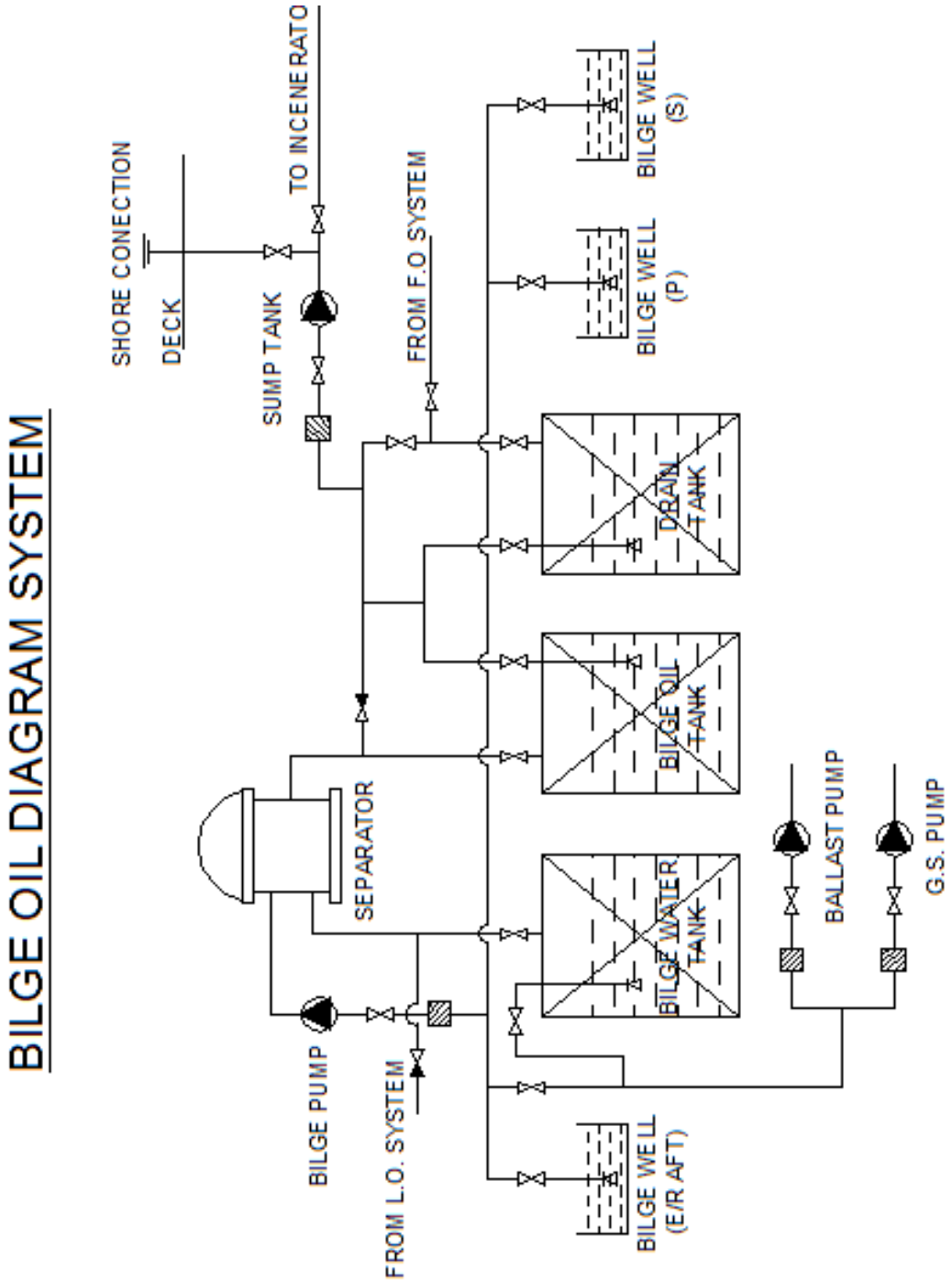
5) Bilga Tank

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

6) Aksesoris dalam system bilga

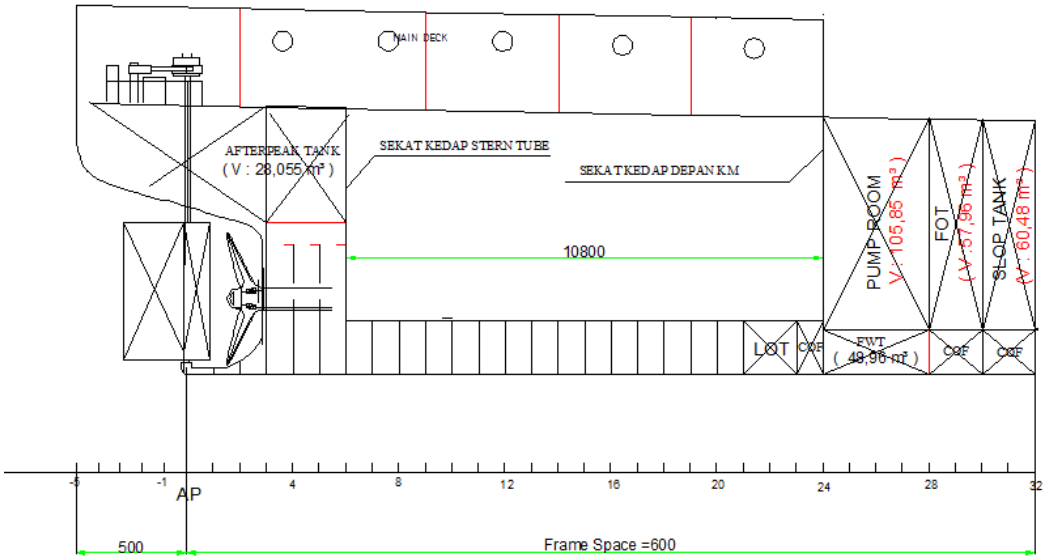
- Valve
- Strainer/Filter
- Change Over Valve
- None Return Valve
- Three Way Valve

6.2.1.6 Bilge Oil Diagram System



Gambar 6. 10 Diagram Bilge Oil System

6.2.1.7 Perhitungan Pipa Bilga dan Perlengkapannya



Gambar 6. 11 Jarak dari Sekat Kedap Stern Tube Sampai Sekat Kedap Depan Kamar Mesin

Jarak dari sekat kedap stern tube sampai sekat kedap depan kamar mesin

Berdasarkan Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia 2014 Vol – III sec.11-2.3 halaman 11/47 untuk kapal tanker, besar diameter adalah :

1) Pipa Bilga Utama

a. Perhitungan Diameter Dalam Pipa

$$dH = 3{,}0\sqrt{(B + H)\, l_1} + 35 \quad mm$$

Dimana :

l_1 = 11,40 m (jarak antara sekat kedap ruang pompa dengan sekat kedap *Stern Tube*)

B = 15,00 m (Lebar kapal)

H = 7,00 m (Tinggi kapal)

Sehingga :

$$dH = 3{,}0\sqrt{(15{,}0 + 7{,}00)11{,}40} + 35 \quad mm$$

$$= 74{,}207 \quad mm$$

Ukuran pipa baja (JIS) direncanakan diameter dalam pipa bilga utama (dH) = **80 mm = 3 Inch,** diameter luar pipa bilga utama **(**da) = **89,1 mm**.

b. Perhitungan Tebal Pipa Utama

Berdasarkan Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia 2014 Vol – III sec 11- C.2.1 halaman 11/47.

S = So + c + b

Dimana:

So $= \frac{(da \ x \ pc}{(20x\sigma_{perm} \ x \ V) + Pc}$ (mm)

da = Diameter Luar Pipa

= 89,1 mm

Pc = Ketentuan Tekanan

= 16 Bar

∑perm = Toleransi Tegangan Max

= 80 N/mm^2

V = Faktor Efisiensi

= 1,00

So $= \frac{(da \ x \ pc}{(20x\sigma_{perm} \ x \ V) + Pc}$ (mm)

$= \frac{(89,1 \ x \ 16}{(20x80 \ x \ 1) + 16}$

= 0,88 mm

c = Corrosive allowance

= 3,0 (For Sea Water Line)

b = Allowance For Bends

= 0

Sehingga :

S = So + c + b [mm]

= 0,88 + 3 + 0

= 3,88 mm

Sehingga menurut Standart Ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa bilga utama (S) = 4,5 mm.

2) Pipa Bilga Cabang

a. Perhitungan Diameter dalam Pipa

dH $= 2,15\sqrt{(B + H) \ l_1} + 35$ mm

Dimana :

l_1 = 11,40 m (jarak antara sekat kedap ruang pompa dengan sekat kedap *Stern Tube*)

B = 15,00 m (Lebar kapal)

H = 7,00 m (Tinggi kapal)

Sehingga :

dH $= 2{,}15\sqrt{(15{,}0+7{,}00)}.11{,}40+35\ mm$

= 63,098 mm

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan diameter dalam pipa bilga cabang (dH) = **80 mm = 3 Inch,** diameter luar pipa bilga cabang **(**da) = **89,1 mm**.

b. Perhitungan Tebal Pipa Cabang

Berdasarkan Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia 2014 Vol – III sec 11- C.2.1 halaman 11/47

S = So + c + b

Dimana:

So $= \frac{(da\ x\ pc}{(20x\sigma_{perm}\ x\ V) + Pc}$ (mm)

da = Diameter Luar Pipa

= 89,1 mm

Pc = Ketentuan Tekanan

= 16 Bar

∑ perm = Toleransi Tegangan Max

= 80 N/mm^2

V = Faktor Efisiensi

= 1,00

So $= \frac{(da\ x\ pc}{(20x\sigma_{perm}\ x\ V) + Pc}$ (mm)

$= \frac{(89{,}1\ x\ 16}{(20x80\ x\ 1) + 16}$

= 0,88 mm

c = Corrosive Allowance

= 3,0 (For Sea Water Line)

B = Allowance For Bends

= 0

Sehingga :

S = So + c + b [mm]

= 0,88 + 3 + 0

= 3,88 mm

Sehingga menurut Standart Ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa bilga cabang (S) = 4,5 mm.

3) Kapasitas Pompa Bilga

Menurut BKI 2014 Vol. III sec.11 – 3.1 halaman 11/48:

$Q = 5,75 \cdot 10^{-3} \cdot d_H^2$ [m^3/h]

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

$= 36,8$ m^3/h

6.2.2 Sistem Ballast

6.2.2.1 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 di tangki ballast juga digunakan untuk pompa bilga dan dihubungkan dengan *generator service pump* (PDU). Dalam perpipaannya 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.

6.2.2.2 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 yanag paling depan dan paling bawah. Hal ini dimaksudkan bahwa air yang disedot ke dalam tidak mengandung kotoran dari pembuangan atau autboard dan masih bersifat laminar. Kemudian sisa air yang tidak dipakai akan dikeluarkan melalui outboard yang letaknya harus 0,76 m dari

gari air atau water line.

6.2.2.3 Rule dan Rekomendasi

Menurut peraturan Biro Klasifikasi Indonesia *Volume* III 2013 *Section* 11-P halaman 11/56 dinyatakan:

1. Jalur Pipa Ballast

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

2. Pipa yang Melalui Tanki

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

3. Sistem Perpipaan

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

4. Pompa *Ballast*

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

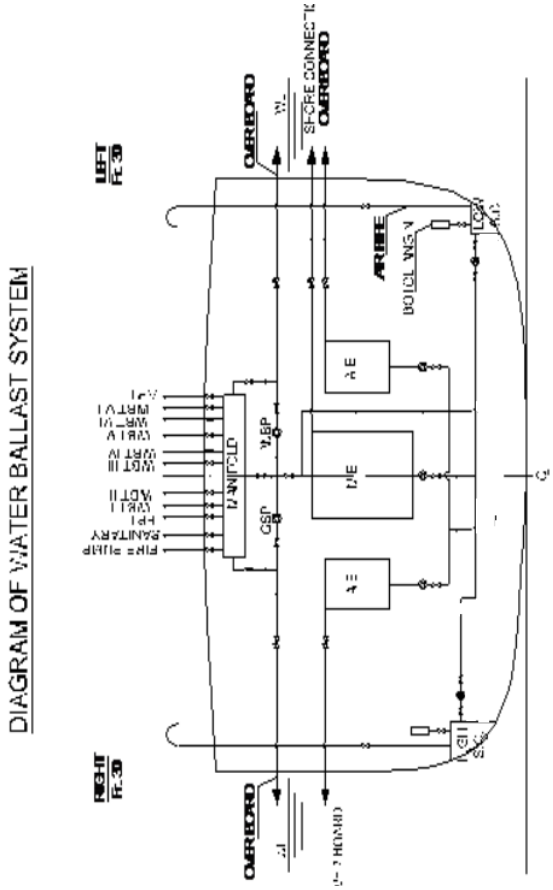
6.2.2.4 Komponen dalam Sistem Ballast

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

Aksesoris dalam system ballast meliputi :

- Manifold
- Filter/Strainer
- Valve
- Non Return Valve

6.2.2.5 Diagram Sistem Pipa Ballast



Gambar 6. 12 Diagram Water Ballast System

6.2.2.6 Perhitungan Pipa Ballast dan Perlengkapannya

a. **Diameter Dalam Pipa**

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

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

Dimana :

L = 84,00 m (Panjang kapal = Lpp)

B = 15,00 m (Lebar kapal)

H = 7,00 m (Tinggi kapal)

Sehingga :

dH $= 1{,}68\sqrt{(15{,}00+7{,}00)}84{,}0 + 25\ mm$

$= 84{,}79\ mm$

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

b. **Perhitungan Tebal Pipa Ballast**

Berdasarkan Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia 2013 Vol – III sec 11-C.2.1

S = So + c + b

Dimana:

So $= \frac{(da\ x\ pc}{(20x\sigma_{perm}\ x\ V) + Pc}$ (mm)

da = Diameter Luar Pipa

= 114,3 mm

Pc = Ketentuan Tekanan

= 16 Bar

□perm = Toleransi Tegangan Max

= 80 N/mm^2

V = Faktor Efisiensi

= 1,00

So $= \frac{(da\ x\ pc}{(20x\sigma_{perm}\ x\ V) + Pc}$ (mm)

$= \frac{(114{,}3\ x\ 16}{(20x80\ x\ 1) + 16}$

= 1,13 mm

c = corrosive allowance

= 3,0 (for sea water line)

b = allowance for bends

= 0

Sehingga :

S = So + c + b [mm]

= 1,13 + 3 + 0

= 4,13 mm

Sehingga menurut Standart Ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa bilga utama (S) = 4,5 mm.

6.2.3 Kotak Laut (Sea Chest)

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 s*ea 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.

6.2.3.1 Kapasitas Sea Chest

Kapasitas *sea chest* adalah antara 10% ~ 17% *Displacement*, diambil 13%.

VSC = 13% x D

= 13% x 3130,15

= 406,91 Ton

Berdasarkan tabel 3.6 ukuran pipa standart jepang (jis), didapat diameter pipa sebesar 140

6.2.3.2 Tebal Pelat Sea Chest

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

Dimana :

a = *Frame Spacing* = 0,6 m

P = Tekanan *Blow Up* = 2 Bar

tk = Faktor Korosi = 1,5

k = Faktor Bahan = 1

Sehingga :

T = 12. 0,61 . $\sqrt{2x1}$ + 1,5

= 11,85 mm , diambil **13 mm**

6.2.3.3 Perhitungan Lubang Sea Chest

→ Luas Penampang :

A = ¼ π.d^2

= ¼ x 3,14 x 140 ^{2}

= 15.400 mm^2

→ Luas Penampang Sea Greating

Direncanakan 8 kali luas penampang pipa :

A_1 = 8 x A

= 8 x 15400

= 123.200 mm^2

→ Jumlah lubang *Sea Greating* direncakan 21 buah maka luas setiap lubang *sea greating* :

a = A_1 / 21

= 123.200 / 21

= 733,3 mm^2

→ Bentuk lubang direncanakan persegi dengan panjang 80 mm, maka :

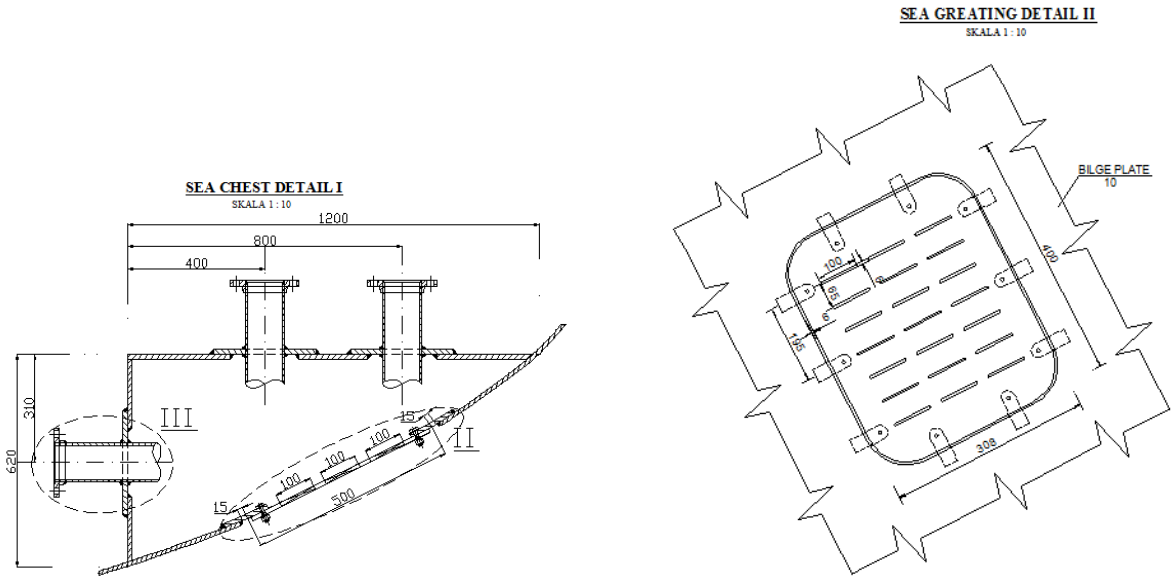
L = a / p

= 733,3 / 21

= 9,16 mm diambil 10 mm

→ Ukuran kisi-kisi *sea greating*

Panjang (P) = 80 mm dan lebar (L) = 10 mm



Gambar 6. 13 Sea Greating Dan Detail Sea Chest

6.2.4 Sistem Bahan Bakar (Fuel Oil System)

6.2.4.1 Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar biasanya terdiri dari :

1. Fuel oil supply
   - Sistem bahan bakar mesin induk

     Sistem ini mensuplai bahan bakar untuk mesin induk, mesin bantu dan *boiler*. Sistem mesin bantu mesin induk memiliki satu saluran yaitu untuk *diesel oil*. Bahan bakar DO dihisap dari tangki harian dengan menggunakan *supply pump/pressure pump* kesaluran bahan bakar pada mesin induk. Bahan bakar disalurkan ke *fuel injection pump* pada masing-masing *cylinder* melalui sebuah katup.

     Kelebihan bahan bakar yang masuk ke mesin disirkulasikan ke tanki untuk kembali dialirkan ke mesin, di tanki tersebut terdapat ventilasi untuk mengekuarkan gas dari bahan bakar.

     Jaminan bahan bakar yang masuk kekentalan, temperatur dan kebersihanya terjamin maka dipasang *Temperature control*, *Viscosity control* dan *duplex filter* pada saluran sebelum masuk mesin.
   - Sistem bahan bakar mesin bantu

     Sistem bahan bakar selain mensuplai bahan bakar untuk mesin induk juga mensuplai mesin bantu kapal, *Diesel Oil* dari tanki *service* disambung ke mesin bantu dengan pemompaan atau gravitasi. Kelebihan bahan bakar dari mesin dikembalikan ke *service tank* melalui *pressure control valve* yang dipasang disaluran utama bahan bakar. Pada *system* ini *diesel oil* tidak dapat dipompa oleh pompa *supply* ke mesin karena perencanaan peralatan pompa bahan bakar yang tersendiri.
2. Fuel Oil Purifying Piping System

   Purifying (Pemurnian) terdiri dari pemurnian *diesel oil* dan *heavy fuel 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.

3. 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.

4. Fuel Oil Drain Piping System

   Saluran limpahan 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.

6.2.4.2 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.

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 kelebihanya 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.

6.2.4.3 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.

6.2.4.4 Rule dan Rekomendasi

Menurut peraturan Biro Klasifikasi Indonesia *Volume* III 2014 *Section* 11.G. 3 halaman 11/33 dinyatakan:

- Sistem *bunker* dari system bahan bahan bakar dimana pelatakanya berada dideck terbawah dan harus diisolasikan dari ruangan lainya.
- Tanki harus dipisahkan oleh *cofferdam* terhadap tanki lain.
- Pipa bahan bahan bakar tidak boleh melewati tanki yang berisi *freshwater*, air minum, pelumas, dll.
- Plastik dan glass tidak boleh digunakan untuk operasi bahan bakar.
- *Transfer, feed* dan *booster* harus direncanakan untuk kebutuhan temperatur operasi pada kondisi medium.
- Untuk saluran masuk menggunkan *filter simplex*.
- *Purifier* untuk membersihkan bahan bakar dan minyak pelumas harus mendapat persetujuan klasifikasi setempat.
- 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.
- Untuk operasional dengan *heavy fuel,* dipasang system pemanas.
- *Settling tank* dan *daily tank* harus dilengkapi peralatan untuk mengeringkan. *Settling tank* yang disediakan harus berkapasitas minimal dapat menyediakan bahan bakar selama 1 hari.

- *Daily tank* harus mampu menyediakan bahan bakar selama minimal 8 jam.
- Sediakan 2 *mutually independent pre-heater*

6.2.4.5 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 lengkapai 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 (HFO dan DO)

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

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 tangki ini adalah untuk mengendap untuk mengeluarkan lumpur/kotoran. Kapasitas tangki 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 masin baik dalam kondisi dipelabuhan maupun dalam pelayaran. Tanki berisi bahan

bakar yanag sudah dipersiapkan untuk digunakan oleh mesin induk.

8) Venting Tank

Berfungsi untuk mencampur bahan bakar yang kembali dari mesin dengan bahan bakar dari tangki harian.

9) Viscocity control

Mengontrol kekentalan cairan yang masuk ke mesin untuk pengoptimalan *injection nozzle.*

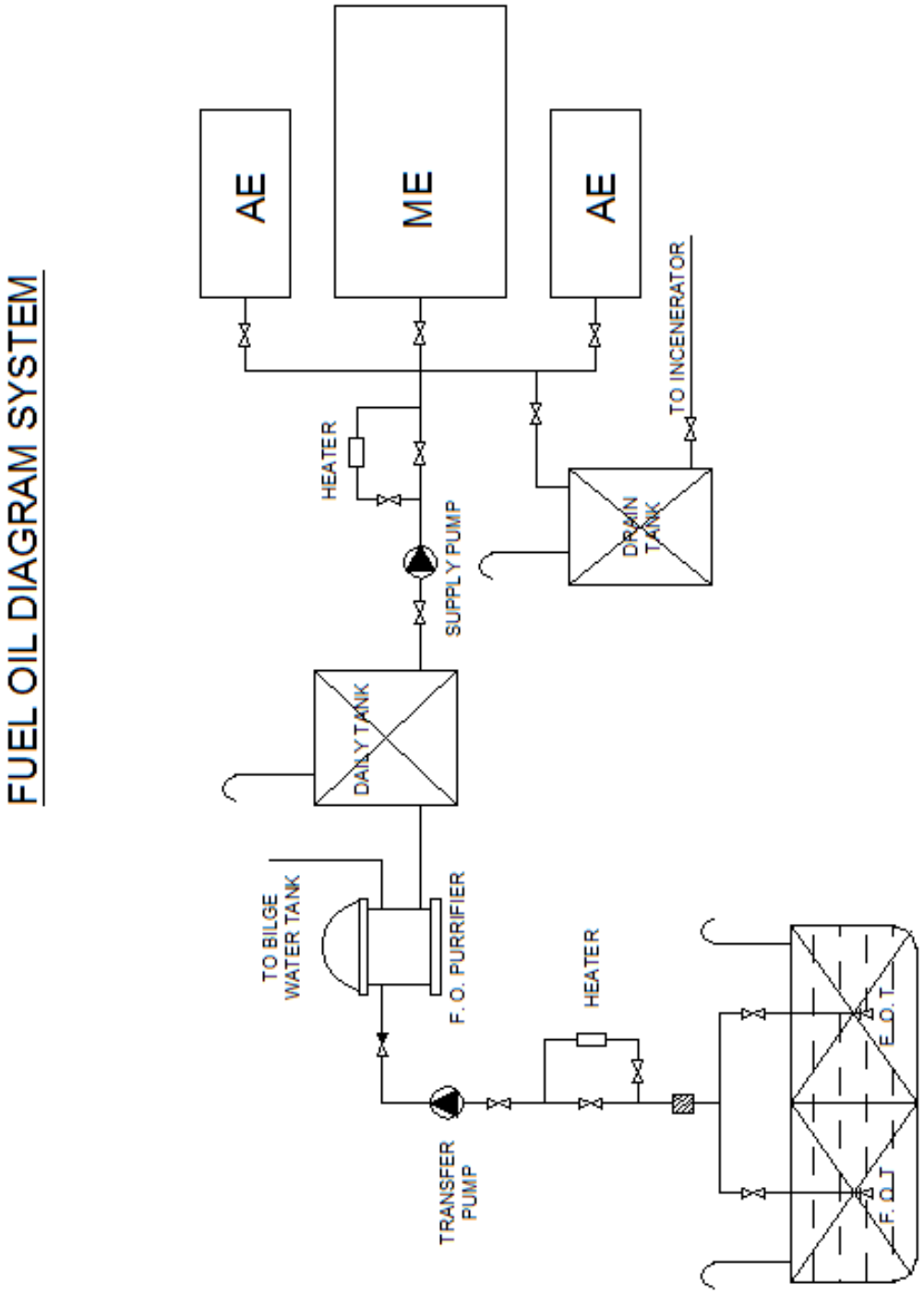
10) Sludge Tank Fuel Oil

Kebutuhan sesuai dengan mesin induk atau kapasitas *purifier*, kapasitas minimum kurang lebih 0.5 m3 dan dapat digunakan bersamaan dengan sistem pelumasan.

6.2.4.6 Aksesoris dalam system Bahan Bakar

- Valve
- Strainer/Filter
- Change Over Valve
- None Return Valve
- Three Way Valve
- Full Flow Filter
- Aerating Valve

6.2.4.7 Fuel Oil Diagram System



Gambar 6. 14 Diagram Fuel Oil System

6.2.4.8 Perhitungan Pipa Bahan Bakar

BHP Mesin Induk = 2000 HP

BHP Mesin Bantu = 420 HP

Untuk 2 mesin bantu = 2 x 420

= 840 HP

Sehingga Total HP = BHP AE + BHP ME

= 840 + 2000

= 2840 HP

Kebutuhan Bahan Bakar tiap Jam (Qb_1)

Jika 1 HP dimana koefisien pemakaian bahan bakar dibutuhkan 0,18 kg/HP/jam, BHP total = 2840 HP

Maka , = 0,18 kg/HP/jam x 2840 HP

= 511,2 kg/jam

= 0,511 Ton / jam

Qb_1 = kebutuhan bahan bakar x spesifik *Volume* berat bahan bakar

= 0,511 Ton /jam x 1,25 m^3 / Ton

= 0,639 m^3/jam

Direncanakan pengisian tangki pengendapan tiap 12 jam

Sehingga *Volume* Tangki = Qb_1 x 1 x h

= 0,639 x 1 x 12

V = 7,668 m^3

Pengisian tangki harian diperlukan waktu 1 jam, maka kapasitas pompa dari tangki ke bahan bakar ke tangki harian :

$$Qb = \frac{V}{1 jam}$$

$$= \frac{7,668}{1 jam}$$

$$= \mathbf{7,668\ m^3/jam}$$

1. **Pipa dari tangki bahan bakar menuju tangki harian**

   a) **Diameter Pipa**

   Db_1 = $\sqrt{Qb/5,75.10^{-3}}$

$= \sqrt{9{,}012/5{,}75.10^{-3}}$

= 39,589 mm, diambil**40 mm**

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan diameter dalam pipa bahan bakar (dH) = **40 mm = 1,5 Inch,** diameter luar pipa bahan bakar **(**da) = **48,6 mm**

b) Ketebalan Pipa

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

S = So + c + b

Dimana :

So $= \frac{(da\ x\ Pc)}{(20\ x\ \sigma_{perm}\ x\ V)+Pc}$ [mm]

da = Diameter Luar Pipa

= 48,6 mm

Pc = Ketentuan Tekanan

= 16 Bar

∑ perm = Toleransi Tegangan Max

= 80 N/mm^2

v = Faktor Efisiensi

= 1,00

So $= \frac{(da\ x\ Pc)}{(20\ x\ \sigma_{perm}\ x\ V)+Pc}$ [mm]

$= \frac{(48{,}6\ x\ 16)}{(20\ x\ 80\ x\ 1)+16}$

= 0,48 mm

c = Corrosive Allowance

= 1,0 (For Fuel Line)

b = Allowance For Bends

= 0

Sehingga :

S = So + c + b [mm]

= 0,48 + 1 + 0

=1,48 mm

Sehingga menurut Standart Ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa bahan bakar (S) = 3,8 mm.

2. Pipa tangki harian menuju mesin

a) Diameter Pipa

Db_1 $= \sqrt{Qb/5{,}75.10^{-3}}$

$= \sqrt{9{,}012/5{,}75.10^{-3}}$

= 39,589 mm, diambil**40 mm**

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan diameter dalam pipa bahan bakar (dH) = **65 mm = 1,5 Inch,** diameter luar pipa bahan bakar **(**da) = **48,6mm**

b) Ketebalan Pipa

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

S = So + c + b

Dimana:

So $= \frac{(da\ x\ Pc)}{(20\ x\ \sigma_{perm}\ x\ V)+Pc}$ [mm]

da = Diameter Luar Pipa

= 48,6 mm

Pc = Ketentuan Tekanan

= 16 Bar

∑ perm = Toleransi Tegangan Max

= 80 N/mm^2

v = Faktor Efisiensi

= 1,00

So $= \frac{(da\ x\ Pc)}{(20\ x\ \sigma_{perm}\ x\ V)+Pc}$ [mm]

$= \frac{(48{,}6\ x\ 16)}{(20\ x\ 80\ x\ 1)+16}$

= 0,48 mm

c = Corrosive Allowance

= 1,0 (For Fuel Line)

b = Allowance For Bends = 0

Sehingga :

S = So + c + b [mm]

= 0,48 + 1 + 0

= 1,48 mm

Sehingga menurut Standart Ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa bahan bakar (S) = 3,8 mm.

6.2.5 Sistem Minyak Lumas (Lubricating System)

6.2.5.1 Sistem Minyak Lumas

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

1. 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 *ditribution valve* pada *main diesel engine* dan dan kemudian minyak pelumas kembali lagi ke *sump tank.*

2. Cylinder Oil System

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

3. 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*.

4. Generator lubrication oil

   Pelumas mesin bantu terdiri dari pelumas untuk *bearing* dan *rocker air system*. Pada pelumas *bearing* minyak pelumas dilirkan melalui *cooler* dari *sump tank/carter* mesin bantu dengan bantuan pompa gear dan nantinya juga kembali ke *sump tank* setelah melumasi *bearing* dan *camshaft*.

5. Lubrication transfer oil system

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

6. Lubrication oil purification system

   Ada dua macam sistem pemurnian minyak pelumas yaitu *batch* purification dan *by pass purification*. *Bacth 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.

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

7. Stern tube lubrication oil system

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

6.2.5.2 Rules dan Rekomendasi

Menurut peraturan Biro Klasifikasi Indonesia Volume III 2014 Section 11. H.2 halaman 11/39 dinyatakan:

1) Persyaratan umum
   - Sistem minyak pelumas harus dikontruksi 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.
2) 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 sistem treatment minyak lumas biasa.
3) Jalur pipa
   - Saluran pengisian dan hisap pada tangki gravitasi, tanki setling dan tanki penyimpanan dari minyak pelumas diletakan diatas dasar ganda yang mana dialirkan menuju tangki dibawah *tank top* harus dipasangi dengan tanki dengan katup *shutoff* yang dioperasikan dengan remote yang mana dapat juga ditutup dari luar ruangan dimana tangki 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.
4) Saringan
   - Saringan minyak lumas harus diatur pada saluran tekan pompa.
   - Ukuran mesin dan kapasitas saringan harus didasarkan pada persyaratan pembuat mesin.
   - Suplai yang tidak tergangu 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.

5) Pendingin minyak pelumas

   Pada perencanaan turbin dan mesin besar direkomendasikan untuk disediakan lebih dari satu pendingin.

6) Indikator ketinggian minyak

   Mesin – mesin yang mempunyai minyak sendiri harus disediakan suatu peralatan untuk menentukan ketingian minyak dari luar selama operasi. Persyaratan ini juga diaplikasikan pada gear reduksi, *thrust bearing* dan *shaft bearing*.

7) 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.

6.2.5.3 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

   Saringan 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 mengunakan penggerak listrik.

10) Lubricating oil tank (sump tank)

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

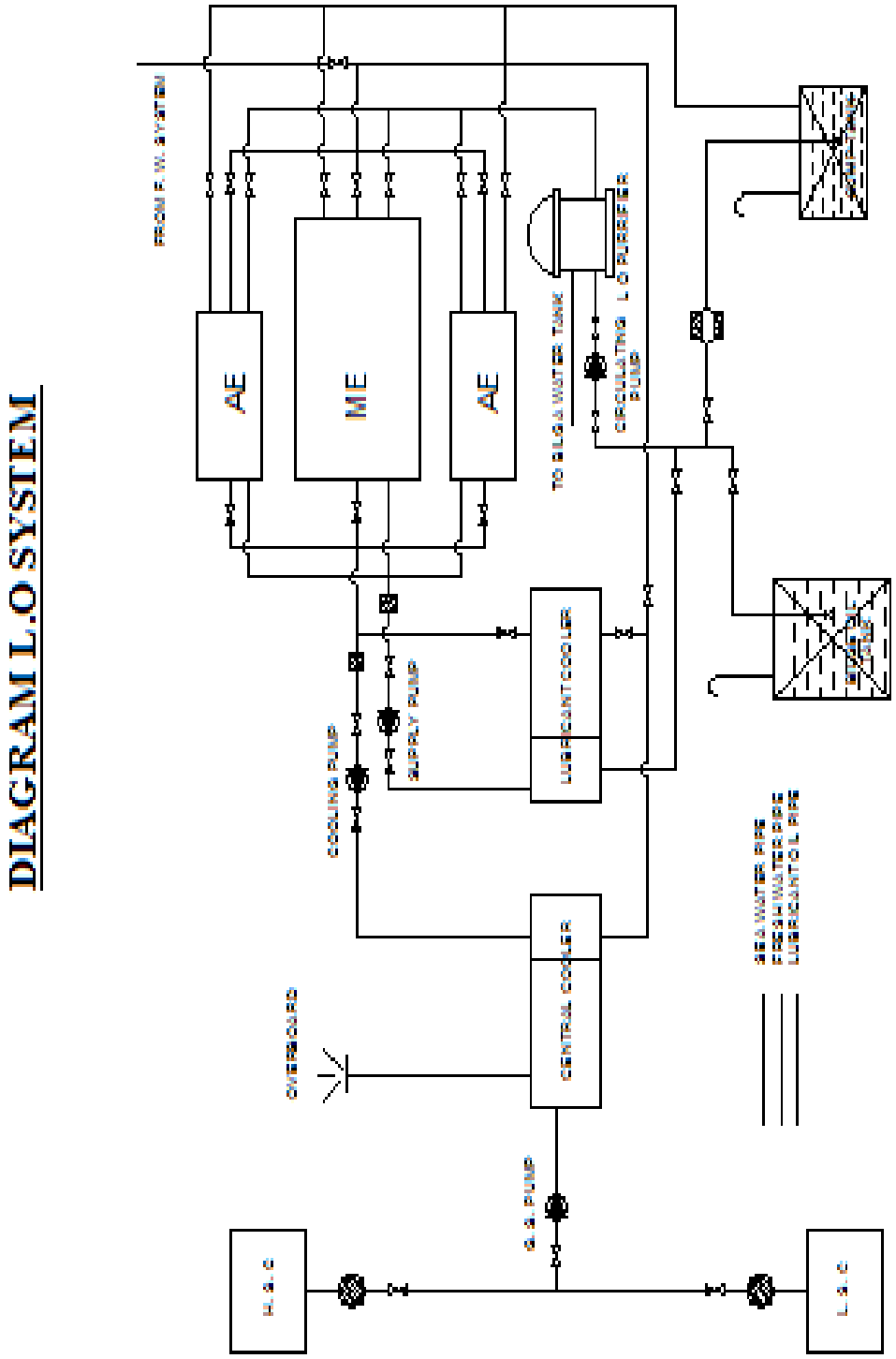
11) Stern tube lubricating oil

Dua buah pompa gear dengan penggerak listrik.

6.2.5.4 Aksesoris dalam Sistem Minyak Lumas

- Valve
- Strainer/Filter
- Change Over Valve
- None Return Valve
- Three Way Valve
- Full Flow Filter
- Viscous

6.2.5.5 Diagram L.O System



Gambar 6. 15 Diagram L . O System

6.2.5.7 Perhitungan Pipa Minyak Lumas

a. Diameter Pipa Minyak Lumas

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

Volume Tangki Minyak Lumas = 2,19 m^3

Berat Jenis minyak = 0,952 ton/m^3

Kapasitas tangki minyak lumas = V x BJ minyak

= 2,19 m^3 x 0,952 ton/m^3

= 2,085 ton

Q_L = Kapasitas minyak lumas, direncanakan 15 menit = ¼ jam

= 2,085 / 0,25

= 10,964 m^3 / jam

$$d_L = \sqrt{\frac{Q_L}{5{,}75x10^{-3}}}$$

$$= \sqrt{25{,}9\ /5{,}75.10^{-3}}$$

= 67,11 mm , diambil **80 mm**

Sehingga menurut standart ukuran pipa baja (JIS) direncanakan diameter dalam pipa bahan bakar (dH) = **80 mm = 3 Inch,** diameter luar pipa bilga utama **(**da) = **89,1 mm.**

Kapasitas Pompa Minyak Lumas :

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

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

= 36,800 m^3 / jam

b. Tebal Pipa Minyak Lumas

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

S = So + c + b

Dimana:

$$So = \frac{(da\ x\ Pc)}{(20\ x\ \sigma_{perm}\ x\ V) + Pc}\ [mm]$$

da = Diameter Luar Pipa

= 89,1 mm

Pc = Ketentuan Tekanan

= 16 Bar

∑ perm= Toleransi Tegangan Max

= 80 N/mm^2

v = Faktor Efisiensi

= 1,00

So $= \frac{(da\ x\ Pc)}{(20\ x\ \sigma_{perm}\ x\ V) + Pc}$ [mm]

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

= 0,88 mm

C = Corrosive allowance

= 0,3 (for lubrication oil line)

b = Allowance for bends

= 0

Sehingga :

S = So + c + b [mm]

= 0,88 + 0,3 + 0

= 1,18 mm

Sehingga menurut Standart Ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa minyak lumas (S) = 4,5 mm.

6.2.6 Sistem Air Tawar (Fresh Water System)

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

1) Fresh water system

Sistem ini dugunakan untuk mensuplai kebutuhan air tawar untuk pelayanan awak kapal dan permesinan. Dalam system terdapat *hydropore tank*, pompa air *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.

2) Hot Water Sistem

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

6.2.6.1 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.

6.2.6.2 Rule dan Rekomendasi

Pada peraturan BKI 2014 Vol.III Sec. 11.K halaman 11/42 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 memerkukan pendinginan (*cylinder, piston* dan katup 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 dipasangi katup *shut-off* untuk memungkinkan reparasi tetap tidak menggangu pelayanan dari sistem tersebut.
7) Penukar panas dan pendingin
   - Pendingin dari si*stem* air pendingin, motor, dan peralatanya dipasang untuk menjamin bahwa temperatur air pendingin yang telah ditentukan dapat diperoleh dari bebagai jenis kondisi. Temperatur air pendingin dipasang sesuai untuk keperluan yang dibutuhkan oleh motor dan peralatan.
   - Penukar panas untuk peralatan bantu pada sirkuit air pendingin utama jika memungkinkan dilengkapi dengan jalur *by-pass*, bila mana terjadi gangguan pada penukar panas, untuk menjaga kelangsungan operasi sistem.
   - 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 *shut-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 pasok 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 pending utama dan cadangan.
- Bila mana menurut konstruksi dari motor memerlukan lebih dari satu sirkuit air pendingin satu pompa candangan dipasang untuk tiap pompa pendingin utama.
- Suatu pompa pendingin cadangan dari suatu sistem pendingin dapat digunakan sebagai satu pompa cadangan untuk sistem lain yang dilengkapai dengan lajur sanbungan yang memungkinkan. Katup *shut-off* pada sambungan ini harus dilindungi dari penggunaan yang tidak diinginkan.
- Peralatan yang melengkapi sistem untuk pendinginan darurat dari sistem lain dapat disetujui jika dan pembangkitnya sesuai untuk tujuan ini.
- Pengukur suhu, sirkuit air pendingin dilengkapi dengan pengatur suhu sesuai yang diperluakan dan sesuai dengan peraturan yang ada. Alat pengatur yang mengalami kerusakan dapat mempengaruhi fungsi keandalan dari monitor yang dilengkapinya atau saat dia bekerja.

6.2.6.3 Komponen-Komponen dalam Sistem Pipa Air Tawar

- Fresh Water service Pump

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

  Sebuah tangki tekan dengan kapasitas yang disesuaikan kebutuhan tekanan dan pemakaian.
- Fresh Water Tank

  Tangki yang berfungsi untuk menampung air tawar.
- Hot Water Curculating Pump

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

  Sebuah *calofier* dengan kapasitas yang disesuaikan kebutuhan yang

dilengkapi pemanas listrik.

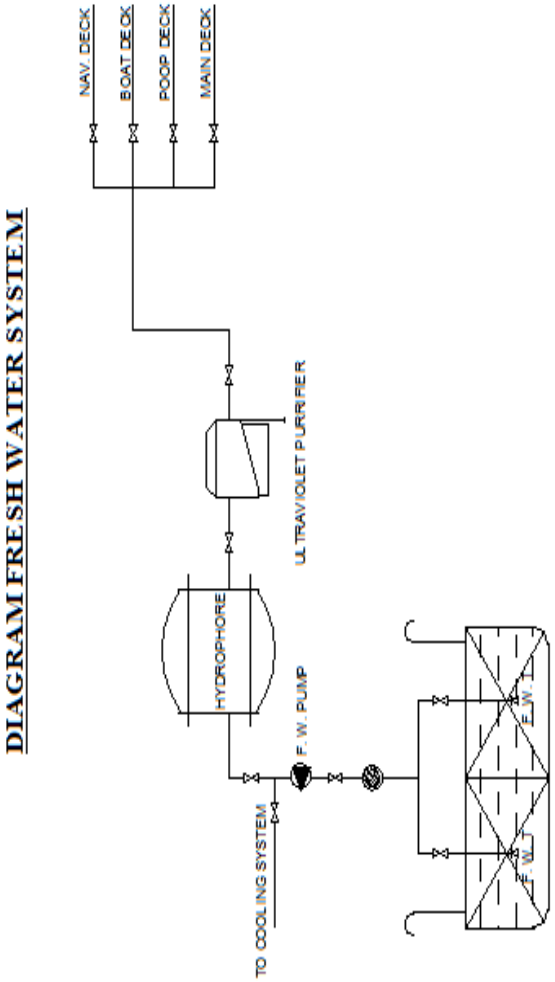
- Stelizer

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

6.2.6.4 Aksesoris alam System Air Tawar

- Valve
- Non-Return Valve
- Pompa
- Manifole
- Filter/Strainer
- Heater

6.2.6.5 Diagram Fresh Water System



Gambar 6. 16 Diagram Fresh Water System

6.2.6.6 Perhitungan Pipa Air Tawar

a. Diameter Pipa Utama

Qb = 0,565 x db^2 (m^3/jam)

Dimana :

Qb = *Volume* Tanki Air tawar Kapasitas air tawar

= 48,96 m^3/ 12 jam = 4,08 m^3/jam

db = Diameter pipa air tawar

Sehingga :

db = $\sqrt{Qb/0{,}565}$

= $\sqrt{4{,}08\ /0{,}565}$

= 2,687 cm = 21,10 mm

Sehingga sesuai standart ukuran pipa baja (BKI) direncanakan diameter pipa air tawar = **25 mm** = **1 Inch,** diameter luar pipa = 34,0 **mm**

b. Tebal Pipa Air Tawar

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

S = So + c + b

Dimana:

So = $\frac{(da\ x\ Pc\ )}{(20\ x\ \sigma_{\ perm}\ x\ V)+Pc}$ [mm]

da = Diameter Luar Pipa

= 34,0 mm

Pc = Ketentuan Tekanan

= 16 Bar

∑ perm = Toleransi Tegangan Max

= 80 N/mm^2

v = Faktor Efisiensi

= 1,00

So = $\frac{(da\ x\ Pc\ )}{(20\ x\ \sigma_{\ perm}\ x\ V)+Pc}$ [mm]

= $\frac{(34{,}0\ x\ 16\ )}{(20\ x\ 80\ x\ 1)+16}$

= 0,34 mm

c = Corrosive Allowance

= 0,8 (For Lubrication Oil Line)

b = Allowance For Bends

= 0

Sehingga :

S = So + c + b [mm]

= 0,34 + 0,8 + 0

= 1,14 mm

Sehingga menurut Standart Ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa minyak lumas (S) = **3,5 mm.**

6.2.7 System Sanitary and Sewage System

6.2.7.1 Sistem Sanitary

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

6.2.7.2 Rule yang Digunakan

Biro klasifikasi indinesia (BKI) Volume III 2014 Sec. 14

1) 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 kotoran yang bekerja sebagai alat pelindung aliran kembali kedua.
2) 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 kompartment kedap air.

3) Jika pipa–pipa pengering dari beberapa kompartmen kedap air dihubungkan pada satu tangki, pemisahan kompartement–kompartement 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.
4) Bahan–bahan pipa umumnya harus tahan terhadap korosi baik pada bagian dalam maupun pada bagian luar.

6.2.7.3 Katup-Katup dari Bahan Bronze (Marine), Sesuai Dengan Peraturan BKI 2014 Vol III Sec. 11. T Halaman 11/65

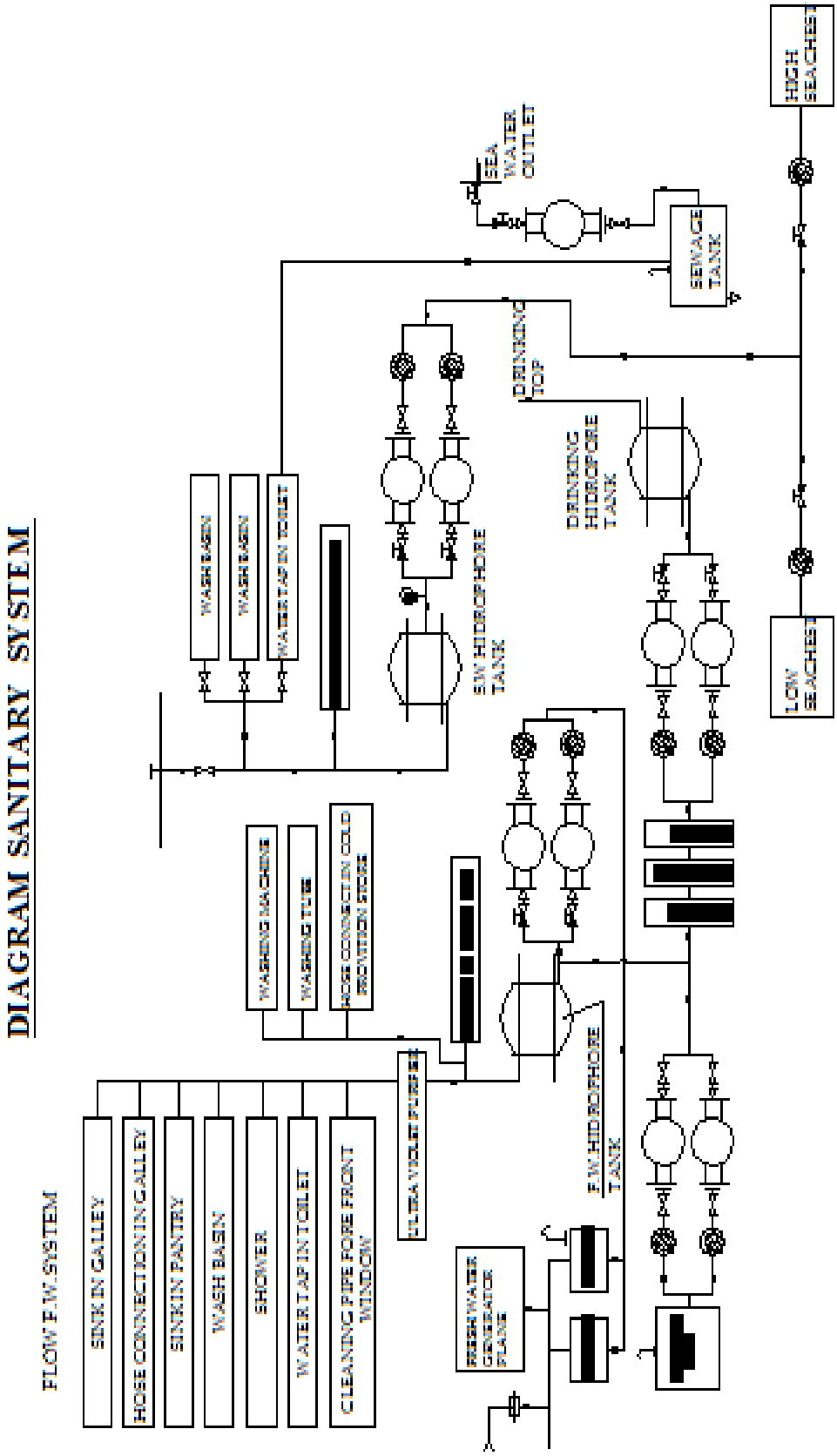
1) Pipa Saniter dan *Scupper* berkisar antara 50 s/d 100 mm
Direncanakan 3” (80 mm) tebal direncanakan 4,5 mm.

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*
- Pipa *saniter* berdiameter antara 50 – 150 mm
  Direncanakan diameter 100 mm dengan ketebalan pipa 4,5 mm.
- Pipa *sewage* (pipa buangan air tawar) Pipa *sewage* berdiameter 100 mm dengan ketebalan 4,5 mm.

6.2.7.4 Diagram Sanitary System



Gambar 6. 17 Diagram Sanitary System

6.2.8 Sistem Pemadam Kebakaran

6.2.8.1 Sistem Pemadam

Sistem pemadam kebakaran merupakan sistem yang sangat vital dalam sebuah kapal, sistem ini berguna menangulangi bahaya api yang terjadi dikapal. Sistem pemadam kebakaran secara garis besar dapat dibagai menjadi dua dilhat dari peletakan sisten yang ada yaitu :

1) Sistem penagulangan kebakaran pasif, sistem ini berupa aturan jelas mengenai penggunaan bahan pada daerah beresiko tinggi terjadi kebakaran dan juga pemasangan instalasi fix pada daerah beresiko kebakaran.
2) Sistem penaggulangan kebakaran aktif, sistem ini berupa penaggulangan kecelakaan yang bersifat lebih aktif misal, penempatan alat pemadam api ringan pada daerah yang beresiko kebakaran.

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

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.

6.2.8.2 Cara kerja

Sistem pemadam kebakaran terdapat 3 jenis pemadam kebakaran dengan mengunkan air laut, dengan menggunakan busa 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 fire system,* material minyak berupa cair (di *engine room)* yang dipadamkan dengan menggunakan busa, ataupun kebakaran oleh listrik yang dipadamkan dengan menggunakan CO2 atau inert gas.

6.2.8.3 Rule dan Rekomendasi

Menurut Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Vol III sec.12 halaman 12/1 dijelaskan bahwa :

1) Pelindung api

   Semua ruangan yang diletakan motor bakar, burner, atau pengendap minyak atau tangki harian di letakan harus terjangkau dan diberikan ventilasi secara layak.

2) Peralatan dengan resiko terbakar tinggi

   Sistem ini dapat merupakan bagian dari sistem pelindung api ruangan kamar mesin.

3) Unit pemadam lokal harus layak untuk pemadaman api yang efektif pada suatu area.

4) Sistem 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.

5) Perlindungan dari jalur dan peralatan yang melalui temperatur yang tinggi. Pelindung harus dapat dipastikan tidaka akan menjadi retak atau robek karena getaran.

6) 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.

7) 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.

8) Peralatan *stop* darurat *(emergency stop)*

   Pompa bahan bakar dengan tenaga listrik, *purifier,* motor *fan, fan boiler* minyak termal dan pompa kargo harus dilengkapi dengan peralatan pemutus darurat, sepraktis mungki, yang di kelompokan secara bersama diluar ruangan yang mana peralatan tersebut dipasang dan harus dapat dijangkau meskipun dalam kondisi terputus akses karena api.

9) Peralatan pemutus dengan *remote control.*

   Alat ini dipasang pasang pada pompa bahan bakar demgan pengerak uap,

jalur pipa bahan bakar kemotor induk , motor bantu dan pipa keluaran dari tangki bahan bakar yang diletakan di double bottom.

10) Ruang pengamanan *(safety station)*

11) Disarakan bahwa peralatan pengaman berikut di kelompokan menjadi satu, sewaktu – waktu dapat di jangkau dari luar ruangan kamr mesin**.**

6.2.8.4 Komponen dalam Sistem Pemadam Kebakaran

1) Hidrant

   Hidrant dek terletak diatas dek dengan jumlah yang disesuaikan.

2) Hydropore

   Hydropore dilengkapi dengan pompa suplai 1 buah.

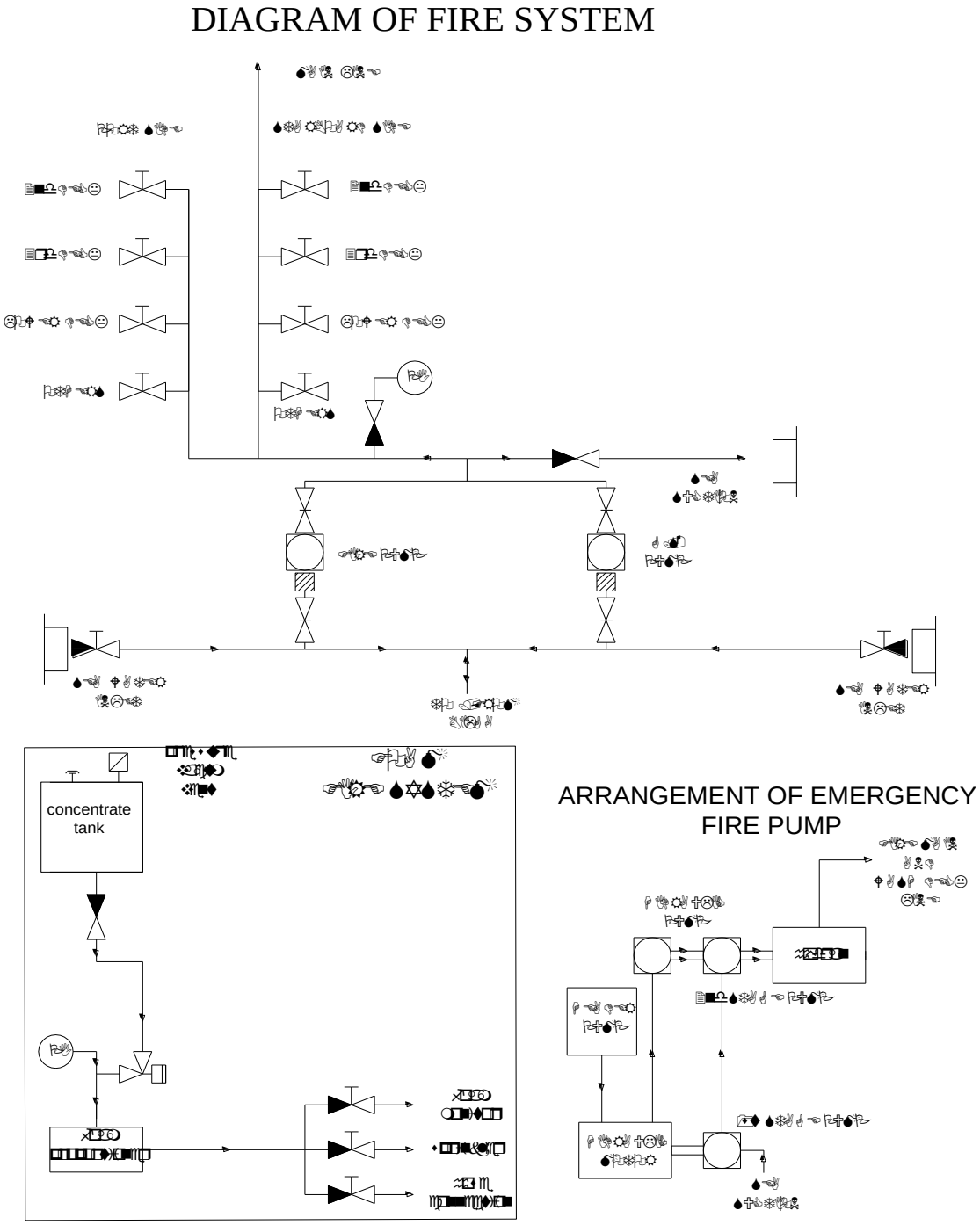
3) Sprinkle

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

4) Emergency Fire Pump

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

6.2.8.5 Diagram Sistem Pemadam Kebakaran



Gambar 6. 18 Diagram Fire System

6.2.9 Sistem Muatan (Cargo Oil Piping System)

Muatan yang banyak akan berdampak pada keuntungan kapal semakin banyak, dengan demikian, penting bagi pemilik kapal dan seluruh ABK menjaga keselamatan kapal dari awal pelayaran sampai tujuan. Sistem ini berfungsi untuk mengatur muatan agar kondisi kapal tetap seimbang selama pelayaran.

6.2.9.1 Cara Kerja Sistem Muatan

Cara kerja sistem muatan, secara umum adalah untuk mengisi tanki muat yang berada di palkah dengan muatan yang sudah ditentukan oleh pemilik kapal dengan konsumen. Sistem cargo menerima minyak dari kilang distribusinya kemudian bongkar muat di pelabuhan atau kilang tujuan.

6.2.9.2 Rule dan Rekomendasi

Menurut peraturan Biro Klasifikasi Indonesia *Volume* III 2014 *Section* 15. 2B 2.1 halaman 15/1 dinyatakan:

1) Jalur Pipa Muat
   - Pipa hisap dalam tanki-tanki muat 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 muat yang sangat lebar juga dilengkapi dengan sisi isap pada sebelah luar dari tanki. Dimana panjang dari tanki muat lebih dari 30 m, Kelas mungkin dapat meminta sisi isap tambahan untuk memenuhi bagian depan dari tanki.
2) Pipa yang Melalui Tanki

   Pipa muat tidak boleh melalui instalasi tanki air minum, tanki air baku, tanki minyak bakar, dan tanki minyak pelumas
3) Sistem Perpipaan
   - Katup harus dapat dikendalikan dari atas geladak cuaca *(freeboard deck).*
   - Bilamana *fore peak* secara langsung berhubungan dengan suatu ruang yang dapat dilalui secara tetap (misalnya ruang *bow thruster*) yang terpisah dari ruang kargo, katup ini dapat dipasang secara langsung pada *collision bulkhead* di bawah ruang ini tanpa peralatan tambahan untuk pengaturannya.

4) Pompa Muat

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

6.2.9.3 Komponen dalam System Muat

1) Pompa muat

Empat buah pompa *rotary gear* penggerak listrik, untuk masing – masing PS dan SS adalah 2 buah.

2) Stripping Cargo pump

Dua buah *rotary gear* penggerak listrik

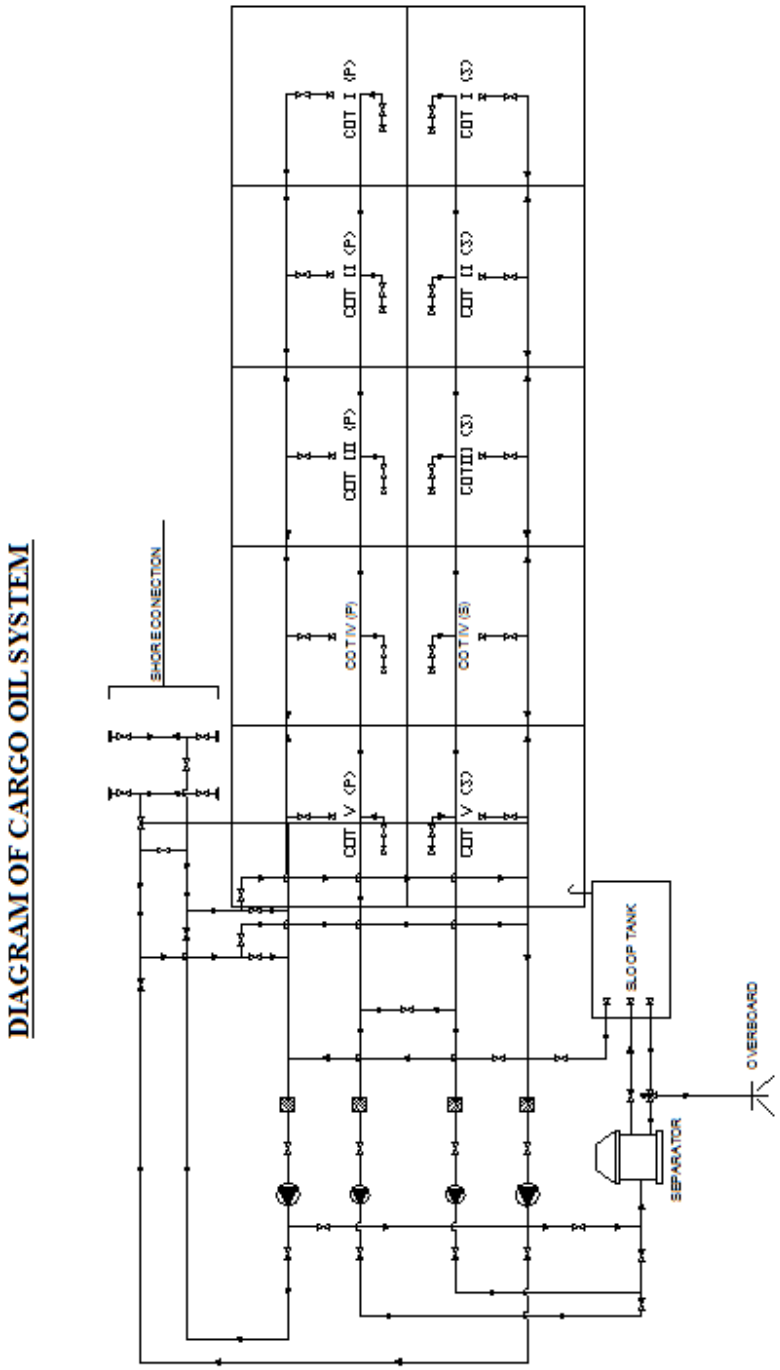
3) Eductor

Benda ini digunakan untuk melakukan pembilasan *waste oil* diruang *slop tank* maupun di *cargo oil tank*

4) Slop Tank

Ruangan yang berfungsi untuk menampung *waste oil* dari *cargo tank* maupun dari *main deck* sebelum disalurkan ke darat melalui *tank cleaning machine*.

6.2.9.4 Diagram Sistem Pipa Muat



Gambar 6. 19 Diagram Cargo Oil System

6.2.9.5 Perhitungan Pipa Muat

a. Perhitungan Diameter Pipa Utama

d_H = $3{,}0\sqrt{(B\ x\ H)L} + 25$ [mm]

Dimana :

L = Panjang tangki muat (m) = 57,60 m

B = Lebar kapal (m) = 15,00 m

H = Tinggi geladak (m) = 7,00 m

Sehingga :

d_H = $3{,}0\ \sqrt{(15{,}0 + 7{,}00)}57{,}60 + 25$ [mm]

= 107,486

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

b. Perhitungan Tebal Pipa Utama

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

S = So + c + b

Dimana:

So = $\frac{(da\ x\ Pc)}{(20\ x\ \sigma_{perm}\ x\ V) + Pc}$ [mm]

da = Diameter Luar Pipa

= 139,8

Pc = Ketentuan Tekanan

= 16 Bar

□perm = Toleransi Tegangan Max

= 80 N/mm^2

v = Faktor Efisiensi

= 1,0

So = $\frac{(da\ x\ Pc)}{(20\ x\ \sigma_{perm}\ x\ V) + Pc}$ [mm]

= $\frac{(139{,}8x\ 16)}{(20\ x\ 80\ x\ 1) + 16}$

= 1,38 mm

c = Corrosive allowance

= 2,0 (for cargo oil line)

b = Allowance for bends

= 0

Sehingga :

S = So + c + b [mm]

= 1,38 + 2,0 + 0

= 3,38 mm

Sehingga menurut Standart Ukuran pipa baja (JIS) direncanakan tebal minimum pipa minyak lumas (S) = **5,0 mm.**