

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Umum

Dalam merencanakan atau mendesain kapal bangunan baru, ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan sebuah kapal, baik dari segi teknis, ekonomis maupun segi artistiknya. Hal-hal dasar yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut :

1. Jenis Kapal

Jenis kapal yang dimaksudkan adalah fungsi kapal tersebut dalam pengoperasiannya. Termasuk tipe kapal barang (*general cargo*), kapal penumpang (*passenger ship*), kapal tangki (*tanker*), ataupun kapal ikan (*fishing vessel*). Jenis kapal dalam Tugas Akhir ini adalah Kapal Cargo.

2. Kecepatan Kapal

Dalam hal ini yang menentukan kecepatan kapal adalah tergantung dari permintaan pemesan/*owner* (dalam hal ini kecepatan dinas yang dikehendaki adalah 12,5 Knots).

3. Masalah Lain

Daya mesin, berat kapal dan radius pelayaran (*sea miles*). Dari masalah tersebut, maka perlu diperhatikan peraturan-peraturan yang berlaku sehingga tercipta kapal yang ekonomis dalam eksploitasinya, terjamin keamanannya dan secara langsung dapat memberikan kepuasan tersendiri kepada pemilik dan perencanaanya. Data-data kapal yang telah disetujui oleh pihak-pihak yang berwenang, segera dibawa ke perusahaan yang telah ditunjuk untuk direncanakan sehingga tercipta sebuah kapal baru yang sesuai dengan permintaan *owner*. Tentu saja perencanaannya harus sesuai dengan peraturan yang berlaku. Dalam hal ini penulis menggunakan klas dari Indonesia yaitu Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).

1.2. Karakteristik Kapal Cargo

Kapal Cargo adalah kapal yang mengangkut muatan berupa barang. Karena kapal cargo ini termasuk dalam jenis kapal barang, sehingga syarat-syarat yang diperlukan oleh suatu kapal laut berlaku pula untuk kapal Cargo. Namun demikian berbeda dengan jenis kapal umum lainnya seperti kapal Ikan, kapal Tanker mempunyai fungsi operasional yang berbeda. Kapal Cargo digunakan untuk mengangkut barang. Dengan demikian konstruksi dan desain kapal Cargo berbeda dengan konstruksi kapal ikan maupun dengan kapal Tanker.

1.3. Tahap Perencanaan

Tahap-tahap untuk merencanakan kapal (kapal Cargo) dapat melalui langkah-langkah dibawah ini :

Adapun perencanaan yang kami buat meliputi :

- a. *Lines Plan* (Rencana Garis)
- b. *General Arrangement* (Rencana Umum)
- c. *Profil Construction* (Rencana Konstruksi) dan *Midship Sections* (Potongan Melintang Kapal)
- d. *Shell Expansion* (Bukaan Kulit)
- e. *Piping System* (Sistem Pipa)

1. Perhitungan Rencana Garis

Perhitungan Rencana Garis adalah perhitungan yang mengarah pada bentuk kapal yang sebenarnya. Fungsi dari rencana garis (*Lines Plan*) adalah membentuk badan kapal (bentuk gading) sampai dengan lengkung *sheer* dan *chamber*.

a) Tahap perhitungan dasar

Hal ini meliputi : perhitungan panjang garis air, menentukan koefisien-koefisien bentuk kapal, luas garis air dan luas midship serta volume displacement.

b) Menentukan letak LCB terhadap *Midship*

Letak LCB dapat ditentukan menurut diagram NSP : yaitu dengan menghitung koefisien dari perhitungan di atas, kemudian hasil yang diperoleh dicari pada diagram NSP, maka akan didapatkan letak LCB terhadap panjang *displacement*.

c) Menentukan letak LCB menurut perhitungan tabel Van Lamerent

Perhitungan dimulai dengan mencari harga koefisien prismatic bagian depan (Q_f) dan belakang (Q_a) dari kapal tersebut. Dari harga-harga tersebut kemudian kita baca luas station yang merupakan harga prosentase terhadap luas midship, maka selanjutnya didapatlah harga luas masing-masing station.

Langkah selanjutnya, menghitung volume displacement untuk menentukan letak LCB. Adapun koreksi perhitungan untuk :

- 1) Letak LCB adalah 0,1 %
- 2) Volume displacement adalah 0,5 %

d) Perhitungan luas bidang garis air

Dengan sudah diketahuinya panjang garis air, lebar kapal serta koefisien prismatic bagian depan kapal, maka dapat dilukiskan bentuk daripada lengkung garis air, dimana ditentukan lebih dulu sudut masuk garis air dihaluan kapal berdasarkan koefisien prismatic depan dari diagram sudut masuk NSP. Kemudian dilakukan percobaan pembuatan lengkung garis air dan dihitung luasnya. Dari luas yang didapat, dicek kembali dengan luas yang diberikan secara perhitungan khusus pada bagian muka. Apabila hasilnya tidak melebihi dari 0,5 %, maka hasil percobaan dianggap cukup baik.

e) Merencanakan sudut masuk garis air

Sudut masuk garis air dapat direncanakan dengan bantuan diagram NSP dan berpedoman pada koefisien prismatic bagian depan (Q_f).

f) Merencanakan jari-jari bilga

Besarnya radius bilga dapat ditentukan berdasarkan luas yang dibentuk dari lebar kapal, sarat air kapal dan kenaikan dasar (*Rise of*

Floor) yang harus sebanding dengan luas midship, yang didapatkan dari hasil perhitungan.

g) Merencanakan bentuk *Body Plan*

Rencana bentuk *Body Plan* dilakukan dengan menggunakan Planimeter atau menggunakan rumus simpson. Dengan beberapa percobaan yang dilakukan dengan seksama, maka dapat direncanakan luasan-luasan tiap ordinat dan dengan demikian dapat terbentuk *Body Plan*.

h) Merencanakan *chamber* dan *sheer* Kapal

Besarnya Chamber kapal adalah (1/50) seperlima puluh lebar kapal, diukur pada tengah kapal diatas H atau tinggi kapal.

Sedangkan sheer kapal adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{AP} &= 25 (L/3 + 10) \\ 1/6 \text{ Lpp dari AP} &= 11,1 (L/3 + 10) \\ 1/3 \text{ Lpp dari AP} &= 2,8 (L/3 + 10) \\ \text{Bagian Midship} &= 0 \\ 1/3 \text{ Lpp dari FP} &= 5,6 (L/3 + 10) \\ 1/6 \text{ Lpp dari FP} &= 22,2 (L/3 + 10) \\ \text{FP} &= 50 (L/3 + 10) \end{aligned}$$

i) Merencanakan bangunan atas

Panjang dari bangunan atas seperti Poop Deck, Forecastle Deck, Railling dan lain-lainnya ini berdasarkan standart yang berlaku dan disesuaikan dengan kebutuhan akomodasi termasuk penempatan sekat tubrukan dan chamber.

j) Daun kemudi

Bertujuan untuk menentukan bentuk/ukuran daun kemudi untuk memungkinkan terbentuknya bentuk *stern* (buritan) kapal sehingga terbentuklah badan kapal keseluruhan. Untuk menentukan ukuran daun kemudi adalah sesuai dengan aturan *DET NORSKE VERITAS*.

k) Sepatu kemudi

Yaitu untuk menentukan bentuk, panjang dan penampang sepatu kemudi yang bertujuan untuk membentuk bagian *stern* kapal maupun *clereance* terhadap baling-baling.

l) Rencana bentuk *stern clearance*

Dalam hal ini perlu dihitung ukuran baling-baling yang bertujuan untuk menentukan ruang *clereance* antara *body* kapal, *stern* kapal, dengan baling-baling, ukuran *clereance* ditentukan berdasarkan batasan-batasan dari peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).

m) Perencanaan bentuk haluan kapal

n) Perencanaan bentuk buritan kapal

2. Perhitungan Rencana Umum

Perhitungan rencana umum meliputi tahap-tahap penyelesaian suatu bentuk lengkap dengan perlengkapan interiornya termasuk pembagian ruangan, kamar-kamar beserta fasilitas yang diperlukan.

Langkah-langkah perencanaan umum adalah sebagai berikut :

b) Menentukan Jumlah *Crew* (ABK)

Menentukan jumlah *crew* adalah berdasarkan kebutuhan sesuai dengan jenis kapal, aksi radius kapal. Dengan diketahui jumlah *crew* dan radius pelayaran maka langkah selanjutnya dapat dengan mudah menentukan kebutuhan yang diperlukan bagi kapal tersebut.

c) Perhitungan Berat Kapal

Yaitu menentukan Displacement, Berat kapal kosong (*Light Weight Tonnage*), dan bobot mati kapal (*Death Weight Tonnage*.)

Langkah pertama ditentukan dahulu besarnya displacement kapal dengan rumus-rumus yang ada. Langkah kedua berdasarkan jumlah *crew*, besarnya mesin kapal, dan aksi radius (radius pelayaran).

maka dapat menentukan :

1) Berat bahan bakar

2) Berat minyak lumas

- 3) Berat pemakaian air tawar
- 4) Berat kebutuhan bahan makanan
- 5) Berat crew dan perlengkapannya

Dimana bobot mati (DWT) adalah besarnya displacement kapal dikurangi berat kapal kosong. Sedang berat kapal kosong adalah berat baja kapal itu sendiri, berat peralatan kapal dan berat mesin kapal. Jadi DWT adalah mencakup seluruh kebutuhan pada langkah kedua, ditambah muatan bersih kapal hingga mencapai sarat air maximum atau displacement kapal.

d) Pembagian Ruang Utama Kapal

- 1) Menentukan jarak gading

Bertujuan untuk mempermudah menentukan jarak tiap ruangan atau pembagian ruangan. Perhitungan jarak gading dapat diambil dari perhitungan *Lines Plan* (Rencana Garis).

- 2) Pemasangan sekat kedap air

Sesuai dengan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) untuk panjang kapal ini sekat cukup dipasang 5 buah, masing-masing sekat ceruk buritan, sekat depan kamar mesin, 2 sekat tengah kapal (batas ruang muat) dan sekat tubrukan. Jarak sekat ceruk haluan dan sekat ceruk buritan telah ditentukan berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), sedang sekat yang lain diatur sedemikian rupa.

- 3) Perhitungan Dasar Ganda

Yaitu untuk menghitung volume ruang mesin maka harus membuat dengan CSA geladak dan CSA tinggi dasar ganda.

e) Menentukan ruang akomodasi *crew*

Berdasarkan jumlah *crew* (anak buah kapal) yang letak serta kapasitasnya disesuaikan dengan tingkatan jabatannya. Untuk ruangan-ruangan lainnya seperti gudang, ruang peta, ruang radio dan sebagainya disesuaikan dengan kebutuhan dan ketentuan-ketentuan lain.

- f) Menentukan pintu dan jendela
Ukuran pintu dan jendela diperoleh dari literature *Henske* dan *Practical Ship Building II* yang sudah merupakan standart internasional.
- g) Tangga samping (*Side Ladder*)
Untuk menentukan tangga samping terutama panjangnya, pertama dihitung dulu sarat air minimum kapal, kemudian dari titik tersebut ditarik garis miring 45° yang merupakan kemiringan tangga tersebut. Dari situ dapatlah diketahui ukuran panjangnya tangga samping.
- h) Merencanakan Ruang Konsumsi
Luas gudang bahan makanan antara 0,05-0,01 m²/orang. Terdiri atas gudang kering, gudang dingin, dapur, *pantry* dll. Gudang kering diletakan di *poop deck* bagian belakang berdekatan dengan dapur. Dipergunakan untuk menyimpan bahan makan kering dengan luas 2/3 gudang makanan.
- i) Perencanaan Ruang Navigasi
Ruang navigasi menempati tempat tertinggi dari geladak bangunan atas. Terdiri dari : ruang kemudi, ruang peta, dan ruang radio.
- j) Lampu Navigasi
Terdiri: Lampu jangkar (*Anchor Light*), Lampu tiang puncak (*Mast Light*), Lampu Samping (*Side Light*), Lampu navigasi buritan (*Stern Light*), dan lampu isyarat tanpa komando (*Not Under Command Light*)
- k) Perencanaan Ruang lain
Terdiri: Gudang Tali, Gudang cat, Gudang Lampu, Gudang Alat, Ruang CO₂, Ruang ESEP, dan Ruang mesin kemudi.
- l) Perlengkapan Ventilasi
Bumbung udara (*deflektor*) jumlah kapasitas serta ukuran bumbung udara adalah berdasarkan volume ruangan yang memerlukan.
- m) Peralatan Keselamatan Pelayaran
Peralatan keselamatan meliputi : sekoci penolong beserta ukuran dewi-dewinya, *lifebuoy*, *liferaft* dan lain-lain.

n) Peralatan berlabuh dan bertambat

1) Jangkar

Ukuran jangkar, rantai jangkar dan tali tambat adalah ditentukan berdasarkan angka petunjuk dari tabel 2.a dan peraturan BKI 2006 Volume II. Dari tabel 2.a peraturan BKI 2006 didapat : Ukuran jangkar, Berat jangkar, Ukuran rantai jangkar (panjang dan diameter), Ukuran tali tambat dan tali penarik. Dengan diketahuinya panjang rantai maka dapat dihitung volume total seluruh rantai untuk menentukan volume bak rantai

2) Bak Rantai Jangkar

Letak *Chain Locker* didepan *collosion bulkhead* dan diatas FP tank. *Chain Locker* berbentuk segi empat.

3) Pipa rantai (*hawse pipe*) dan *chain pipe*

Berdasarkan diameter rantai dapat ditentukan ukuran diameter, tebal pipa rantai sekaligus ukuran diameter dan tebal *chain pipe*.

4) *Electric Windlass*

Dari Rule perlengkapan kapal dapat dihitung daya tarik torsi pada *cable lifter*, torsi pada poros *windlass*, daya efektif *windlass*, dari perhitungan ini, dapat ditentukan *electric windlass* yang dipakai.

5) *Bollard*

Dengan diketahui diameter rantai jangkar maka dapat ditentukan ukuran *bollard* yang diperoleh dari pembacaan gambar berdasarkan ukuran tabel.

o) Peralatan Bongkar Muat

Yaitu merencanakan panjang dan lebar ambang palkah, merencanakan tinggi dan diameter tiang muat.

3. Perhitungan Rencana Konstruksi

Seluruh perhitungan konstruksi lambung kapal beserta rekomendasinya adalah mengambil dari buku peraturan BKI Volume II 2006 mengenai peraturan konstruksi lambung (*Rule of Hull Construction*).

Dalam hal ini untuk menjamin keamanan kapal dalam operasinya, maka dalam perhitungan baja yang akan dipakai benar-benar diperhatikan mulai dari mutu baja kapal, yang meliputi perhitungan kekuatan tarik baja yang akan digunakan serta segala sesuatu yang berkaitan dengan material baja harus sesuai dengan persyaratan yang diijinkan oleh BKI, sebelum digunakan untuk membangun kapal baru.

Dalam tahap penyelesaian perhitungan konstruksi, semua perhitungan kekuatan harus ditinjau oleh gaya-gaya dan beban yang bekerja pada setiap komponen lambung kapal. Tahap demi tahap perencanaan perhitungan konstruksi lambung kapal adalah meliputi sebagai berikut :

a) Penentuan Perkiraan Beban

1. Beban geladak

Yang dimaksud beban geladak disini adalah yang mencakup beban geladak cuaca, beban geladak muatan dan beban geladak bangunan atas, geladak akomodasi serta beban pada alas dalam. Perhitungan berdasarkan atas jenis muatan dan gaya-gaya yang bekerja pada geladak yang bersangkutan.

2. Beban lajur sisi kapal dan alas kapal

Perhitungan meliputi sisi kapal termasuk pelat sisi bangunan atas dan juga beban alas kapal. Untuk menentukan perhitungan tebal pelat bangunan atas, lambung, ukuran-ukuran gading dan semua ukuran profil yang turut menahan beban sisi dan alas kapal.

b) Pelat Kulit

1) Pelat alas

Meliputi perhitungan ukuran dan tebal pelat lunas, pelat alas dan pelat alas lajur bilga. Dengan diketahuinya beban dan gaya-gaya yang bekerja maka dapatlah dihitung tebal pelat.

2) Pelat sisi

Meliputi pelat sisi tengah kapal sampai bagian haluan dan buritan, mencakup pula ukuran pelat sisi lajur atas.

- 3) Penguat alas di haluan
Yaitu perhitungan mengenai daerah penguatan yang meliputi penempatan dan persyaratan wrang-wrang, pelat lunas samping, pelat alas dan beberapa penguat pembujur intercostal.
 - 4) Penguat pada linggi buritan, penyangga baling-baling dan lunas bilga.
Tebal pelat pada linggi buritan yang diperkuat, linggi poros, sekitar celana poros, pelat penyangga baling-baling dan pelat lunas bilga.
 - 5) Bukaannya pada pelat kulit
Meliputi bukaan untuk jendela, lubang kluis, lubang pembuangan, katup laut dan lain-lain pada pelat kulit. Maksudnya pada setiap bukaan pada sudut-sudutnya harus dibuat radius, khusus pada bagian 0,4 L tengah kapal harus dipertebal atau di doubling.
- c) Konstruksi alas ganda
Konstruksi alas ganda meliputi : persyaratan pemakaian alas dalam, konstruksi yang ada pada sistem konstruksi alas dalam.
Adapun sistem konstruksi dari alas dalam meliputi :
- 1) Ketentuan-ketentuan, ukuran-ukuran dan tebal pelat penumpu tengah, penumpu samping, pelat alas dalam, pelat tepi dan dan pelat buhul.
 - 2) Alas ganda sebagai tangki, meliputi ketentuan-ketentuan pemakaian tangki.
Semua perhitungan sekat tangki berdasarkan atas beban yang bekerja, tinggi dan jenis cairan dalam tangki dengan mempertimbangkan jarak bentangan dan lebar tangki.
 - 3) Alas ganda dalam sistem gading-gading melintang, mencakup persyaratan-persyaratan, ukuran-ukuran dan wrang-wrang kapal.
 - 4) Konstruksi alas dalam kamar mesin, yaitu meliputi perhitungan konstruksi alas ganda dan pondasi.

d) Gading-gading

1) Bangunan atas dan Rumah geladak

Perhitungan meliputi pelat samping, pelat geladak, gading-gading bangunan atas, sekat ujung dimana kesemuanya itu berdasarkan rumus dan ketentuan yang ada serta masih berlaku.

2) Perhitungan-perhitungan untuk mencari jarak gading sesuai dengan persyaratan BKI.

3) Mencari ukuran dan modulus gading-gading dalam tangki, gading bangunan atas dan rumah geladak, pembujur samping, gading besar dan lain-lain.

4) Penguat pada haluan kapal dan buritan kapal : meliputi perhitungan balok ceruk, pelat senta, penyangga jungkir dan sebagainya.

5) Gading-gading besar dalam kamar mesin : meliputi persyaratan dan ukuran gading-gading.

e) Geladak

Mencakup ukuran tebal pelat geladak dan persyaratan-persyaratan bukaan pelat geladak

1) Bukaan pada pelat geladak, sudut-sudutnya harus di buat radius dan harus diperkuat (didoubling), kecuali untuk bukaan yang mempunyai ukuran diameter kurang dari 300 mm.

2) Radius pembulatan ambang palka, ambang palka mesin (selubung kamar mesin) harus sedemikian rupa sehingga sesuai dengan persyaratan.

3) Tentang ukuran pelat geladak dapat diambil dari tabel I BKI 2013 Volume II.

f) Balok geladak dan penumpu konstruksi geladak

1) Perhitungan pada dasarnya mengikuti persyaratan-persyaratan yang ada.

- 2) Balok geladak termasuk geladak utama, geladak akil, pembujur geladak, pelintang geladak, balok geladak akomodasi dan bangunan atas yang efektif.
 - 3) Penumpu, dalam hal ini mencakup seluruh bangunan atas yang ada.
 - 4) Ukuran pelat lutut, perhitungan pada pelat lutut adalah berdasarkan atas besarnya modulus profil yang berhubungan dengan pelat lutut.
- g) Sekat kedap air
Perhitungan sekat kedap air adalah berdasarkan beban yang bekerja pada sekat dengan memperhatikan persyaratan-persyaratan yang telah ditentukan. Ukuran sekat meliputi pula ukuran modulus penegarinya, begitu pula ukuran pelat lutut penghubungnya.
- h) Linggi haluan dan linggi buritan
- 1) Linggi haluan (*Fore stem*)
Perhitungan meliputi balok linggi haluan dan pelat linggi haluan.
 - 2) Linggi buritan (*Stern stem*)
Perhitungan meliputi ukuran linggi baling-baling, sepatu kemudi dan tongkat kemudi sesuai persyaratan yang ada.
- i) Lubang palka (*Hatch Way*)
Perhitungan meliputi tebal pelat ambang palka, tinggi pelat ambang palka, tutup palka, balok palka dengan perencanaan profilnya.
- j) Perlengkapan (*Equipment*)
Yang dimaksud perlengkapan adalah semua yang dianggap permanen atau pokok seperti :
- 1) Papan dalam (*Ceilling*)
 - 2) Ukuran pelat kubu-kubu
- k) *Bracket*
bracket biasanya digunakan untuk menghubungkan dua buah profil, yang mana diatur oleh bagian yang lebih kecil. (*BKI 2013 Sec. 3 D.2.2*).

4. Perhitungan Rencana Bukaan Kulit

Seluruh perhitungan konstruksi perhitungan pelat-pelat untuk merencanakan pemasangan pelat pada konstruksinya. Tahap perencanaanya adalah sebagai berikut :

a. Penentuan Perkiraan Beban

1) Beban Sisi Kapal

Perhitungan meliputi sisi kapal termasuk pelat sisi bangunan atas dan juga beban alas kapal. Fungsi untuk menentukan perhitungan tebal pelat bangunan atas, lambung, ukuran-ukuran gading dan semua ukuran profil yang turut menahan beban sisi dan alas kapal.

2) Beban alas kapal

Alas ganda sebagai tangki, meliputi ketentuan-ketentuan pemakaian tangki.

b. Pelat Kulit

1) Pelat sisi

Meliputi pelat sisi tengah kapal sampai bagian haluan dan buritan, mencakup pula ukuran pelat sisi lajur atas

2) Pelat alas

Meliputi perhitungan ukuran dan tebal pelat lunas, pelat alas dan pelat alas lajur bilga. Dengan diketahuinya beban dan gaya-gaya yang bekerja maka dapatlah dihitung tebal pelat.

3) Penguat alas di haluan

Yaitu perhitungan mengenai daerah penguatan yang meliputi penempatan dan persyaratan wrang-wrang, pelat lunas samping, pelat alas dan beberapa penguat pembujur intercostal.

4) Penguat pada linggi buritan, penyangga baling-baling dan lunas bilga

Tebal pelat pada linggi buritan yang diperkuat, linggi poros, sekitar celana poros, pelat penyangga baling-baling dan pelat lunas bilga.

5) Bukaan pada pelat kulit

Meliputi bukaan untuk jendela, lubang kluis, lubang pembuangan, katup laut dan lain-lain pada pelat kulit. Maksudnya pada setiap bukaan pada sudut-sudutnya harus dibuat radius, khusus pada bagian 0,4 L tengah kapal harus dipertebal atau di doubling.

c. Geladak

Mencakup ukuran tebal pelat geladak dan persyaratan-persyaratan bukaan pelat geladak.

- 1) Bukaan pada pelat geladak, sudut-sudutnya harus di buat radius dan harus diperkuat (didoubling), kecuali untuk bukaan yang mempunyai ukuran diameter kurang dari 300 mm.
- 2) Radius pembulatan ambang palkah, ambang palkah mesin (selubung kamar mesin) harus sedemikian rupa sehingga sesuai dengan persyaratan.
- 3) Tentang ukuran pelat geladak dapat diambil dari tabel I BKI 2013 Volume II.

5. Perhitungan Sistem Pipa

Sistem pipa merupakan bagian utama suatu sistem yang menghubungkan titik dimana fluida disimpan ke titik pengeluaran semua pipa baik untuk memindahkan tenaga atau pemompaan. Dipertimbangkan secara teliti karena keamanan dari sebuah kapal akan tergantung pada susunan perpipaan seperti halnya pada perlengkapan kapal lainnya. Pembahasan mengenai sistem pipa antara lain mencakup :

a. Bahan pipa

Bahan pipa yang diijinkan BKI antara lain: *Seam less drawing stell pipe* (pipa baja tanpa sambungan), *Seam less drawn* dari tembaga atau kuningan, *Lap welded/electric reesistence welded steel pipe*, pipa hitam *schedule 40, schedule 80*, pipa dari baja tempa atau besi kuningan (besi tempa).

b. Bahan katub dan peralatan (*fitting*)

Bahan katub dan peralatan yang diijinkan menurut peraturan BKI antara lain: Kuningan (*Bross*), Besi (*Iron*), *Cast Steel*, *Stainless Steel*.

c. *Flens*

Flens adalah salah satu sistem sambungan pipa dalam sistem perpipaan kapal.

d. Ketentuan umum sistem pipa

Sistem pipa harus dilaksanakan sepraktis mungkin dengan bengkokan dan sambungan las dengan flens atau sambungan yang dapat dilepas dan dipindahkan jika perlu semua pipa harus dilindungi sedemikian rupa sehingga terhindar dari kerusakan mekanis dan harus ditumpu/dijepit untuk menghindari getaran. Adapun sistem pipa antara lain : Sistem pipa muatan, Sistem bilga, Sistem ballast, Sistem bahan bakar, Sistem air tawar, Sistem saniter dan scupper, sistem pipa udara dan pipa duga.

e. Ukuran pipa

Perhitungan ukuran pipa yang digunakan dalam setiap sistem yang sesuai dengan ketentuan dan peraturan BKI.

f. Komponen-komponen dalam sistem pipa

Komponen-komponen dalam sistem pipa antara lain : *Separator*, *Hydrospore*, *Cooler*, *Purifier*, *Strainer (Filter)*, Botol angin dalam *sea chest*, *kondensor* pada instalasi pendingin.

g. Perhitungan *Sea Chest*

Kapasitas tangki antara 10% - 17% DI. Setelah mendapatkan diameter yang direncanakan, maka sudah bisa menentukan ukuran berdasarkan tabel