

BAB I

PENDAHULUAN

A. 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 :

A.1 Jenis Kapal

Jenis kapal yang dimaksudkan adalah fungsi kapal tersebut dalam pengoperasiannya. Termasuk type kapal barang (*general cargo*), kapal penumpang (*passenger ship*), kapal tangki (*tanker*), kapal ikan (*fishing vessel*), ataupun kapal tunda (*tug boat*).

Jenis kapal dalam Tugas Akhir ini adalah Kapal Tunda (*Tug Boat*).

A.2 Kecepatan Kapal

Dalam Hal ini yang menentukan kecepatan kapal adalah tergantung dari permintaan pemesan / *owner* (dalam hal ini kecepatan dinas yang dikehendaki adalah 10,00 Knots).

A.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 perencananya. 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) edisi 2013.

B. Karakteristik Kapal Tunda

Sebagaimana telah diulas, kapal tunda adalah salah satu jenis kapal laut, sehingga syarat-syarat yang diperlukan oleh suatu kapal laut berlaku pula untuk kapal Tunda. Namun demikian berbeda dengan jenis kapal umum lainnya seperti kapal Ikan, kapal Tunda mempunyai fungsi operasional yang berbeda. Kapal Tunda digunakan untuk menarik kapal yang akan masuk atau keluar pelabuhan. Dengan demikian konstruksi dan desain kapal tunda juga memerlukan perhitungan khusus agar kapal yang dibangun dapat mengakomodasikan keinginan operasional.

C. Proses Pandu Kapal Tunda

Dewasa ini tongkang-tongkang untuk bangunannya menggunakan bahan besi/baja. Tongkang disini diartikan adalah semua sarana angkutan di atas air tanpa menggunakan mesin sendiri, yang menggerakkan dari satu tempat ke tempat lain dibantu oleh tugboat (kapal tunda).

Untuk menarik/menggandeng berbagai macam Tongkang dilakukan dengan cara tersendiri. Yang dimaksudkan disini adalah sistim menarik/menggandeng yang baik dan selamat sampai tujuan.

Sistem menarik/menggandeng tongkang antara lain:

1. Single Tow
2. Tandem Tow
3. Tandem Tugs
4. Breasted Tugs
5. Honolulu/X'mass Tree
6. Side Tow

Lashing mencakup kegiatan pengikatan kencang (securing) muatan (barang atau kendaraan) di atas dek atau di palka tongkang, agar muatan (barang) tersebut tidak bergeser dari letak penempatannya atau penyusunannya yang pertama.

Untuk pengamanan dalam penempatan atau penyusunan muatan/barang di dek tongkang agar tidak bergeser/berpindah letaknya, sering diperlukan ganjalan, penyangga (stopper) atau pengencang. Ganjalan, penyangga dan pengencang tersebut dapat berupa kayu (balok) atau besi (siku, channel).

D. Tahap Perencanaan

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

Adapun perencanaan yang saya buat meliputi :

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

D.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 *camber*.

- 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 didapatkan 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 dengan 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 :

AP	=	25 (L/3 + 10)
1/6 Lpp dari AP	=	11,1 (L/3 + 10)
1/3 Lpp dari AP	=	2,8 (L/3 + 10)
Bagian Midship	=	0
1/3 Lpp dari FP	=	5,6 (L/3 + 10)
1/6 Lpp dari FP	=	22,2 (L/3 + 10)
FP	=	50 (L/3 + 10)

i) Merencanakan bangunan atas

Panjang dari bangunan atas dan lain-lainnya ini berdasarkan standart yang berlaku dan disesuaikan dengan kebutuhan akomodasi termasuk penempatan sekat tubrukan dan *chamber*.

j) Daun kemudi

Digunakan untuk menentukan bentuk *stern* (buritan).

k) Rencana bentuk *sternclearance*

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

l) Perencanaan bentuk haluan kapal

Merencanakan dengan gambar bentuk kapal pada haluan kapal.

m) Perencanaan bentuk buritan kapal

Merencanakan dengan gambar bentuk kapal yang ada di buritan.

D.2. Perhitungan Rencana Umum

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

Langkah-langkah perencanaan umum adalah sebagai berikut :

a) 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 .

b) Menentukan 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.

c) Pembagian Ruangan

- 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 3 buah, masing-masing sekat ceruk buritan, sekat depan kamar mesin, 5 sekat tengah kapal (batas tanki 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.

d) 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 ketentuanketentuan lain.

e) Menentukan pintu dan jendela

Ukuran pintu dan jendela diperoleh dari literature *Henske* dan *Practical Ship Building II* yang sudah merupakan standart internasional.

f) 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.

g) Perencanaan Ruang Navigasi

Ruang navigasi menempati tempat tertinggi dari geladak bangunan atas. Terdiri dari : ruang kemudi, ruang peta, dan ruang radio.

h) Lampu Navigasi

Terdiri: Lampu Jangkar (*Anchor Light*), Lampu Tiang Puncak (*Mast Light*), Lampu Samping (*Side Light*), Lampu Navigasi Buritan (*Stern Light*)

i) Perencanaan Ruang lain

Terdiri: Gudang Tali, Gudang cat, Gudang Lampu, Gudang Alat, Ruang CO₂, Ruang ESEP, dan Ruang mesin kemudi.

j) Perlengkapan Ventilasi

Bumbung udara (*deflektor*) jumlah kapasitas serta ukuran bumbung udara adalah berdasarkan volume ruangan yang memerlukan.

k) Peralatan Keselamatan Pelayaran

Peralatan keselamatan meliputi : *lifebuoy*, *liferaft* dan lain-lain.

l) Peralatan berlabuh dan bertambat

m)

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.

D.3. Perhitungan Rencana Konstruksi

Seluruh perhitungan konstruksi lambung kapal beserta rekomendasinya adalah mengambil dari buku peraturan BKI Volume II 2013 mengenai peraturan konstruksi lambung (*Rule of Hull Construction*). 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. Fungsi untuk menentukan perhitungan tebal pelat bangunan atas, lambung, ukuranukuran gading dan 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. 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) 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.
- 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) Perhitungan-perhitungan untuk mencari jarak gading sesuai dengan persyaratan BKI.
- 2) Mencari ukuran dan modulus gading-gading dalam tangki, gading bangunan atas dan rumah geladak, pembujur samping, gading besar dan lain-lain.
- 3) Penguat pada haluan kapal dan buritan kapal : meliputi perhitungan balok ceruk, pelat senta, penyangga jungkir dan sebagainya.
- 4) Gading-gading besar dalam kamar mesin : meliputi persyaratan dan ukuran gading-gading.

e) Geladak

Mencakup ukuran tebal pelat geladak dan persyaratanpersyaratan 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 2006 Volume II.

f) Balok geladak dan penumpu konstruksi geladak

- 1) Perhitungan pada dasarnya mengikuti persyaratanpersyaratan 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 persyaratanpersyaratan yang telah ditentukan. Ukuran sekat meliputi pula ukuran modulus penegarnya, 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, sesuai dengan persyaratan
 - 2) Linggi buritan (*Stern stem*)
Perhitungan meliputi ukuran linggi baling-baling, sepatu kemudi dan tongkat kemudi sesuai persyaratan yang ada.
- i) *Bracket bracket* biasanya digunakan untuk menghubungkan dua buah profil, yang mana diatur oleh bagian yang lebih kecil. (*BKI 20013 Sec. 3 D.2.2*).
- j) Perlengkapan (Equipment)
- Yang dimaksud perlengkapan adalah semua yang dianggap permanen atau pokok seperti :
- 1) Papan dalam (*Ceilling*)
 - 2) Ukuran pelat kubu-kubu

D.4. Perhitungan Rencana Buka-an Kulit

Seluruh perhitungan konstruksi perhitungan pelat-pelat untuk merencanakan pemasangan pelat pada konstruksinya. Tahap perencanaanya adalah 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. Fungsi 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. Geladak

Mencakup ukuran tebal pelat geladak dan persyaratanpersyaratan bukaan pelat geladak.

- 1) Bukaannya pada pelat geladak, sudut-sudutnya harus dibuat radius dan harus diperkuat (*didoubling*), kecuali untuk bukaan yang mempunyai ukuran diameter kurang dari 300 mm.
- 2) Tentang ukuran pelat geladak dapat diambil dari tabel I BKI 20013 Volume II dan ABS 1993.

D.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 harus dipertimbangkan secara teliti karena keamanan dari sebuah kapal akan tergantung pada susunan perpipaan seperti hanya 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 katup 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, Hydrosore, Cooler, Purifier, Strainer (Filter), Botol angin dalam sea chest, kondensor pada instalasi pendingin.

g. Pompa-pompa

Dalam hal ini menerangkan tentang perhitungan kapasitas pompa dan daya angkut pompa dalam setiap sistem perpipaan.

h. Perhitungan *Sea Chest*

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

