

BAB I

PENDAHULUAN

A. GAMBARAN UMUM PERKAPALAN

Kapal merupakan salah satu bentuk transportasi laut yang mengangkut, baik berupa barang, penumpang, bahan tambang, dan lain-lain pada semua daerah yang mempunyai wilayah perairan tertentu. Karena sebagian besar $\frac{3}{5}$ permukaan bumi adalah air, kapal sejak dahulu digunakan manusia sebagai sarana transportasi yang sangat penting untuk hubungan dagang, penyebaran agama, pencarian emas atau rempah-rempah, hubungan diplomatik, dan lain-lain.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi membuat industri perkapalan pun ikut berkembang. Bila dahulu kapal hanya digunakan untuk sarana transportasi laut, maka sekarang ini kapal mampu untuk melakukan berbagai kebutuhan seperti mengangkut manusia atau barang, membawa muatan cair atau gas, perang, eksplorasi, ekspor/impor, penelitian di laut, penangkapan ikan, pengeboran (*drilling*), dan lain-lainya. Berdasarkan kebutuhan diatas, kapal dibagi menjadi beberapa macam (*type*) berdasarkan fungsinya yaitu : Kapal Barang (*Cargo Ship*); Kapal Penumpang (*Passenger Ship*); Kapal Tanki (*Tanker Ship*); Kapal Peti Kemas (*Container Ship*); Kapal Pengangkut Muatan Curah (*Bulk Carrier Ship*); dan kapal-kapal khusus seperti Kapal Keruk (*Dredger Vessel*), Kapal Ikan (*Fishing Vessel*), Kapal Perang, dan Kapal Tunda (*Tug Boat*).

Berkaitan dengan judul Tugas Akhir yang kami buat, kapal yang akan kami rencanakan adalah jenis Kapal Tunda (*Tug Boat*) dengan dimensi utama sebagai berikut :

- Nama Kapal = T.B. “PRATAMA”
- *Length Over All* (LOA) = 28,40 Meter
- *Length Between Perpendicular* (LBP) = 26,80 Meter
- *Breadth* (B) = 7,40 Meter
- *Depth* (H) = 3,30 Meter
- *Draught* (T) = 2,70 Meter
- *Main Engine* = Caterpillar Marine Propulsion
Engine Type 3516-B 2 x 650 BHP
, 1600 RPM
- *Service Speed* (Vs) = 11,00 Knots
- Radius Pelayaran (a) = 680 *Sea Miles*
- *Register* = Biro Klasifikasi Indonesia

B. KAPAL TUNDA (*TUG BOAT*)

Kapal tunda digunakan untuk memberikan pelayanan kepada kapal yang mempunyai panjang lebih dari 70 m yang melakukan gerak di perairan wajib pandu, baik yang akan sandar, *docking*, *undocking*, ataupun meninggalkan pelabuhan, dengan cara menggandeng, mendorong dan menarik. Pemanduan ini dimaksudkan untuk kepentingan keselamatan pelayaran.

Kapal tunda digunakan pula untuk menarik tongkang, kapal rusak, serta berbagai kebutuhan lainnya. Kapal tunda memiliki tenaga yang besar bila dibandingkan dengan ukurannya. Kapal tunda zaman dulu menggunakan mesin uap, namun saat ini menggunakan mesin diesel. Mesin utama Kapal Tunda biasanya berkekuatan antara 750~3000 *Horse Power* (500~2000 kW), bergantung pada daerah operasi dan kelas Kapal Tundanya.

Kapal Tunda dibagi menjadi lima kelas berdasarkan daerah pengoperasiannya, yaitu :

- Kelas I : *Ocean Going Tug*
Kapal Tunda kelas ini memiliki ukuran dan tenaga yang besar. Panjang berkisar antara 40~80 meter, daya mesin induk berkisar 4000~20000 HP, dan daya tarik *Bollard* antara 55~180 Ton. Kecepatan kapal berkisar antara 15~16 knots. Dengan ukuran dan tenaga yang besar, kapal ini mampu untuk menarik kapal yang dalam keadaan darurat di tengah laut.
- Kelas II : *Coast Wise and Estuary Tug*
Kapal Tunda jenis ini beroperasi pada daerah pantai dan daerah muara sungai. Kegunaannya untuk patroli daerah pantai dan muara sungai serta memberi pertolongan pada kapal-kapal yang macet pada daerah operasi Kapal Tunda ini.
- Kelas III : *Harbour Tug*
Kapal Tunda jenis ini beroperasi pada daerah pelabuhan. Kegunaannya untuk melayani kapal yang akan sandar atau meninggalkan pelabuhan, peluncuran kapal, *docking-undocking* kapal-kapal besar, patroli daerah pelabuhan, pengatur lalu-lintas daerah pelabuhan, dan lain-lain. Panjang Kapal Tunda kelas ini berkisar antara 25~40 meter, daya mesin 1500~5000 HP, dan daya tarik *Bollard* berkisar antara 20~55 Ton.
- Kelas VI : *River Tug*
Kapal Tunda jenis ini beroperasi pada daerah sungai. Kapal ini melayani penarikan kapal-kapal kecil pada daerah sungai, dan lain-lain.
- Kelas V : *Shallow Draught Pusher Tug*
Kapal Tunda jenis ini untuk menarik dan mendorong kapal-kapal pada daerah pelabuhan yang memiliki sarat air yang dangkal. Panjang kapal berkisar antara 20~30 meter, daya tarik *Bollard* 6~30 Ton, dan kecepatan kapal antara 5~13 knots.
Dari pembagian Kapal Tunda berdasarkan kelasnya, Kapal Tunda **T.B. "PRATAMA"** dikelaskan pada Kelas III : *Harbor Tug*.

C. TAHAP-TAHAP PERENCANAAN KAPAL

Untuk menghasilkan kapal yang baik, kapal harus direncanakan dengan matang. *Owner* dan *ship designer* harus bisa bekerja sama untuk merancang kapal agar nantinya kapal bisa beroperasi dan bekerja maksimal sesuai dengan fungsi kapalnya. Merencanakan kapal dilakukan secara bertahap dengan memakai metode terbaru yang lebih efisien. Hal ini dimaksudkan untuk meminimalisasi kesalahan dan mendapatkan kapal yang ideal. Tahap-tahap untuk merencanakan Kapal Tunda kami, *T.B. "PRATAMA"*, adalah sebagai berikut.

1. *Lines Plan* (Rencana Garis),
2. *General Arrangement* (Rencana Umum),
3. *Profil Construction* (Rencana Konstruksi),
4. *Midship Sections* (Potongan Melintang Kapal) & *Shell Expansion* (Bukaan Kulit),
5. *Piping System* (Sistem Pipa)

C.1. *Lines Plan* (Rencana Garis)

Rencana Garis adalah gambar garis penampang memanjang kapal yang dipotong-potong vertikal maupun horizontal untuk membentuk *body* kapal yang *streamline*. Bentuk badan dan lambung kapal secara umum harus memenuhi kebutuhan daya apung, stabilitas, kecepatan, kekuatan mesin, olah gerak dan yang terpenting adalah kapal bisa dirancang. Fungsi dari Rencana Garis (*Lines Plan*) adalah membentuk kapal yang mempunyai stabilitas yang baik dan *body* kapal yang *stream line*.

Tahap-tahap perhitungan Rencana Garis adalah sebagai berikut.

a. Perhitungan Dasar

Perhitungan dasar meliputi: Perhitungan Panjang Garis Air (LWL), Panjang *Displacement* (L_{DISPL}), *Coefficient Block* (C_b), *Coefficient Midship* (C_m), *Coefficient Prismatic* (C_p), *Coefficient Water Line* (C_w), Luas Garis Air (AWL), Luas *Midship* (A_m), *Volume*

Displacement (V_{DISPL}), *Displacement*, dan *Coefficient Prismatic Displacement* (C_{pDISPL}).

b. Menentukan Letak LCB terhadap *Midship*

Letak LCB ditentukan dengan 2 (dua) cara, yaitu:

- Dengan Diagram *Nederlandshe Scheepsbouw Proefstasioen*.
LCB_{DISPL} pada grafik NSP didapat dengan cara menarik C_{pDISPL} secara horizontal terhadap grafik NSP. Dari grafik NSP didapatkan letak LCB terhadap *Midship* Panjang *Displacement* dan *Midship* LPP. Luas perordinat juga didapat dari grafik NSP. LCB_{NSP} dan $V_{DISPL-NSP}$ didapat dengan rumus *Simpsons* (Integrasi Numerik). Terakhir koreksi nilai penyimpangan LCB_{NSP} dan $V_{DISPL-NSP}$ dengan nilai toleransi sebesar 0,1% dan 0,5%.

- Dengan *Tabel Van Lamerent*.

Perhitungan dimulai dengan mencari koefisien prismatic bagian depan (Q_f) dan belakang (Q_a) dari kapal dengan memakai nilai C_p . Dari koefisien tersebut kemudian kita baca luas station yang merupakan harga *percentage* terhadap Luas *Midship*. Masukkan nilai luas station tersebut pada tabel. Langkah selanjutnya, menghitung *Volume Displacement* dengan rumus *Simpsons* untuk menentukan letak LCB. Adapun koreksi perhitungan untuk:

- a. Letak LCB, toleransinya adalah 0,1 %, dan
- b. *Volume Displacement*, toleransinya adalah 0,5 %.

c. Perhitungan Luas Bidang Garis Air

Dengan sudah diketahuinya panjang garis air, lebar kapal serta koefisien prismatic bagian depan kapal (Q_f), maka digambarkan bentuk lengkung garis air, dimana ditentukan lebih dulu sudut masuk garis air dihaluan kapal berdasarkan koefisien prismatic

depan dari grafik *Lastlun*. Kemudian dilakukan percobaan pembuatan lengkung garis air dan dihitung luasnya. Dari luas yang didapat, *dicheck* hasilnya dengan toleransi kesalahan sebesar 0,5 %. Bila tidak melebihi batas toleransi, bentuk garis air sudah *stream line*.

d. Merencanakan Radius Bilga, *Camber*, dan *Sheer*

- Merencanakan Jari-Jari Bilga

Besarnya radius Bilga dapat ditentukan berdasarkan luas yang dibentuk dari lebar kapal, sarat air kapal dan kenaikan garis dasar (*Rise of Floor*) yang harus sebanding dengan Luas *Midship* yang didapatkan dari hasil perhitungan.

- Merencanakan *Camber* dan *Sheer*

Tinggi *Camber* adalah 1/50 kali lebar kapal diukur pada tengah kapal di atas H atau tinggi kapal. Sedangkan tinggi *Sheer* 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)
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)

e. Merencanakan Bangunan Atas

Tinggi bangunan atas seperti *Wheel House Deck*, *Bridge Deck* adalah 2,4 meter dari *Main Deck*. Sedangkan tinggi *railing*, tiang *mast*, dan lain-lain disesuaikan dengan ketentuan standar BKI.

f. Merencanakan Jarak Gading

Jarak gading yang direncanakan adalah 0,54 meter sesuai dengan aturan BKI.

g. Merencanakan Bentuk *Body Plan*

Langkah-langkah membuat *Body Plan* antara lain:

- Membuat ukuran empat persegi panjang dengan ukuran $\frac{1}{2}B$ dengan tinggi T
- Buat garis horizontal dengan jarak Y dari *center line* sesuai dengan nomor ordinat yang akan dibentuk : $Y = \frac{1}{2} B$
- Buat garis vertikal dengan jarak B dari *center line* sesuai dengan nomor ordinat yang akan dibentuk : $B = \text{Luas Station}/2 \cdot T$
- Bentuk garis lengkung sedemikian rupa sehingga luasan lengkung sama besar. *Check* hasil lengkung dengan *Planimeter* untuk mendapatkan hasil luas yang akurat.
- Koreksi *Volume Body Plan* dengan *Volume Displacement*, dengan nilai toleransi sebesar 0,5%

h. Perhitungan Ukuran Daun Kemudi

Ukuran daun kemudi bergantung pada panjang kapal, sarat air, tipe kapal, tipe kemudi, profil kemudi, dan rancangan kemudi.

i. Rencana Bentuk *Stem*, *Stern* dan *Clearance*

Didahulukan dengan menghitung ukuran baling-baling yang bertujuan untuk menentukan ruang *clereance* antara *body* kapal. Selanjutnya jarak antara baling-baling dihitung berdasarkan ketentuan standar untuk mendapat hasil *stern* yang ideal.

C.2. *General Arrangement* (Rencana Umum)

Perhitungan Rencana Umum adalah penyelesaian terhadap suatu rancangan kapal secara lengkap termasuk di dalamnya penentuan jumlah kru kapal, perhitungan berat kapal, penentuan permesinan penggerak kapal,

pembagian ruangan beserta fasilitas pendukung, perhitungan volume ruangan dan tanki-tanki, penentuan letak sekat, peralatan keselamatan, penentuan daya tarik *Towing Hook*, dan lain-lain.

Langkah-langkah perencanaan umum adalah sebagai berikut.

a. Menentukan Jumlah Kru Kapal (ABK)

Menentukan jumlah *crew* didasarkan berat kapal dan daya mesin, atau tipe kapal dan posisi yang harus diisi. Jumlah kru tidaklah harus banyak, yang terpenting masing-masing kru dapat menjalankan tugasnya dengan baik.

b. Perhitungan Berat Kapal

- Berat Kapal Kosong (*Light Weight Tonnage*)

Berat kapal kosong terdiri atas:

1. Berat Baja Badan Kapal (Pst)
2. Berat Peralatan Kapal (Pp), terdiri dari: Peralatan tarik, peralatan tambat, peralatan labuh, peralatan navigasi, peralatan olah gerak, peralatan keselamatan, peralatan akomodasi, dan lain-lain.
3. Berat Mesin Penggerak Kapal (Pmc)

- Berat Mati Kapal (*Dead Weight Tonnage*)

Berat mati kapal terdiri atas:

1. Berat Bahan Bakar (Pf)
2. Berat Air Tawar (Pa)
3. Berat Minyak Lumas (Pl)
4. Berat Bahan Makanan (Pm)
5. Berat Kru Kapal & Barang Bawaannya (Pc)
6. Berat Peralatan Tarik

c. Pembagian Ruang Utama Kapal

- Penentuan Jarak Gading

Gading utama kapal berguna untuk memperkuat konstruksi badan kapal. Jarak antar gading yang direncanakan adalah 0,54 meter, sesuai dengan ketentuan Biro Klasifikasi Indonesia Volume II *Rules of Construction Hull Section 9-1*, dimana jarak antar gading tidak melebihi 600 mm. Sedangkan jarak antar gading besar adalah 4 kali jarak gading utama.

- Penentuan Sekat Kedap Air

Lambung kapal dibagi secara melintang oleh sekat-sekat, diantaranya sekat tubrukan (*Collision Bulkhead*), sekat tabung buritan (*Stern Tube Bulkhead*), sekat depan kamar mesin, dan sekat lainnya. Pada umumnya jumlah sekat kedap air bergantung dari panjangnya kapal, yaitu:

$$L \leq 65 \quad = 3 \text{ Sekat}$$

- Perencanaan Pembagian Ruang dan Perhitungan Volumennya

Volume ruang dan tanki dihitung menggunakan metode integrasi numerik, yaitu aturan trapesium dan aturan *Simpson*, yaitu :

$$V = k \times a \times \Sigma$$

Dimana :

V = Volume Ruang, *Double Bottom*, atau Tanki (m³)

k = Angka Pengali

a = Jarak gading (m)

Σ = Jumlah Hasil (m²)

- Penentuan Ruang Akomodasi

Ruang akomodasi menempati *boat deck* dengan tinggi 2400 mm dari *upper deck* berdasarkan *Accommodation Convention In Geneva 1949* dari *International Labour Organization*. Tinggi

geladak akomodasi tidak boleh kurang dari 2,4 meter untuk memastikan kecukupan *head room* untuk ABK atau penumpang setelah dikurangi tinggi *beam* serta kabel dan pipa ventilasi. Yang termasuk ruang akomodasi adalah ruang tidur, dan ruang sanitari (*Bath Room*).

- Penentuan Ukuran dan Jumlah Pintu, Jendela, dan Tangga
Ukuran pintu, jendela, dan tangga diperoleh dari *literature Henske* dan *Practical Ship Building II* yang sudah merupakan standar internasional.
- Perencanaan Ruang Konsumsi
Ruang konsumsi yang direncanakan adalah:
 1. *Dry Provision Room* (Gudang Makanan Kering)
 2. *Cold Storage Room* (Gudang Makanan Dingin)
 3. *Galley* (Dapur), dan
 4. *Mess Room* (Ruang Makan)
- Perencanaan Ruang Navigasi
Ruang navigasi yang direncanakan adalah:
 1. *Wheel House* (Ruang Kemudi)
 2. *Chart Room* (Ruang Peta)
 3. *Radio Room* (Ruang Radio)
- Perencanaan *Battery Room*
Battery Room adalah tempat untuk menyimpan *Emergency Source of Electrical Power* (ESEP).
- Perencanaan Lampu Navigasi
Tujuan melengkapi lampu navigasi pada kapal untuk mencegah atau menghindari tubrukan di laut. Lampu navigasi adalah lampu yang harus menyala pada saat pelayaran di malam hari

sedangkan lampu signal menyala pada malam hari bila dibutuhkan.

- Perencanaan Ruangan-Ruangan Lain

Yang termasuk didalamnya adalah:

1. Ruang Mesin Kemudi
2. Gudang Tali
3. Gudang Lampu, dan
4. Gudang Alat-Alat Keselamatan

d. Perlengkapan Ventilasi

Perlengkapan ventilasi yaitu berupa deflektor pemasukan dan pengeluaran yang terletak pada *deck* dan berfungsi sebagai pergantian udara. Pada ruangan dapur, dilengkapi *exhaust fan* yang berfungsi untuk menghisap asap yang ditimbulkan akibat masak makanan.

e. Perlengkapan Keselamatan Pelayaran

Dari buku perlengkapan kapal diperoleh ketentuan jumlah, ukuran dan persyaratan keselamatan kapal yang disesuaikan dengan jumlah *crew*. Peralatan keselamatan meliputi : *Lifebuoy*, *Liferaft*, *Lifejacket*, alat pemadam kebakaran, tanda bahaya dengan *signal* atau radio, dan lain-lain.

f. Perencanaan Perlengkapan Berlabuh dan Bertambat

Peralatan dan perlengkapannya meliputi:

- Jangkar dan Rantai Jangkar

Ukuran jangkar, rantai jangkar dan tali tambat ditentukan berdasarkan angka penunjuk harga Z. Dengan diperolehnya angka penunjuk Z, maka dari peraturan BKI 2006 didapat :

1. Ukuran Jangkar
2. Berat Jangkar
3. Ukuran Rantai Jangkar

4. Ukuran Tali Tambat dan Tali Penarik

Dengan diketahuinya panjang rantai maka langkah selanjutnya adalah menghitung volume total seluruh rantai untuk menentukan volume bak rantai.

- Pipa Rantai (*Hawse Pipe*)

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

- Derek Jangkar (*Windlass*)

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

- *Bollard*

- *Fairleads-Chock*

Berguna untuk mengurangi gesekan antara tali dengan lambung kapal pada saat penambatan kapal.

- *Capstan*

Digunakan untuk penarikan tali-tali apung pada waktu penambatan kapal.

g. Perencanaan Peralatan Tarik (*Towing Hook*)

Tipe *Towing Hook* yang digunakan adalah *Disc Towing Hook*.

C.3. Profile Construction (Konstruksi Profil)

Perhitungan konstruksi lambung kapal menggunakan ketentuan Biro Klasifikasi Indonesia 2013 *Volume II Rule of Hull Construction*. Untuk menjamin keselamatan kapal dalam beroperasi, maka dalam pemilihan baja kapal yang akan digunakan, diperhatikan mutu baja kapal tersebut yang meliputi kekuatan tarik baja, kelelahan baja kapal, ketahanan terhadap

korosi, material baja, dan lain-lain. Berkaitan dengan material baja, baja kapal harus sesuai dengan persyaratan yang diizinkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia sebelum digunakan untuk membangun kapal baru. Baja-baja kapal tersebut akan digunakan untuk memperkuat konstruksi badan kapal agar kapal yang akan dirancang memiliki ketahanan terhadap gelombang, tubrukan, maupun deformasi akibat tekanan beban dari kapal itu sendiri. Baja-baja ini berupa profil baja T, profil baja L, maupun kulit baja kapal untuk bagian lambung, alas kapal, *deck* kapal, dan lain-lain.

Dalam tahap penyelesaian perhitungan konstruksi, kekuatan kapal dihitung berdasarkan gaya-gaya dan beban yang bekerja pada setiap komponen lambung kapal. Beban-beban kapal tersebut berpengaruh pada tebal pelat kapal dan pemilihan ukuran profil konstruksi. Tahap demi tahap perencanaan perhitungan konstruksi lambung kapal adalah sebagai berikut .

a. Perhitungan Beban yang Bekerja pada Kapal

Yang termasuk beban pada kapal yaitu:

- Beban Geladak

Beban geladak mencakup beban geladak cuaca dan beban geladak bangunan atas. Perhitungan didasarkan pada gaya-gaya yang bekerja pada geladak yang bersangkutan.

- Beban Lajur Sisi Kapal dan Alas Kapal

Perhitungannya meliputi beban sisi kapal (sisi di bawah garis air dan di atas garis air), beban sisi bangunan atas dan juga beban alas kapal. Beban-beban ini menentukan perhitungan tebal pelat bangunan atas, lambung, ukuran-ukuran gading dan semua ukuran profil yang turut menahan beban sisi dan alas kapal.

b. Perhitungan Pelat Geladak Kekuatan dan Pelat Kulit

- Pelat Alas

Meliputi perhitungan ukuran dan tebal pelat lunas, pelat alas dan pelat alas lajur bilga. Dengan diketahuinya beban dan gaya-gaya yang bekerja pada alas kapal dan sisi di bawah garis air, maka dapatlah dihitung tebal pelat.

- Pelat Sisi

Meliputi pelat sisi bagian buritan (*Range A*), pelat sisi bagian tengah kapal (*Range M*), sampai bagian haluan (*Range F*) mencakup pula ukuran pelat sisi lajur atas.

- Pelat Penguat pada Linggi buritan, Penyangga Baling-Baling dan Lunas Bilga

- Bukaan pada Pelat kulit

Meliputi bukaan untuk jendela, 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*.

- Pelat Geladak

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

c. Konstruksi Alas Ganda

Konstruksi alas ganda meliputi persyaratan pemakaian alas dalam, dan konstruksi yang ada pada sistem konstruksi alas dalam.

Adapun sistem konstruksi dari alas dalam meliputi:

- Ketentuan-ketentuan, ukuran-ukuran dan tebal pelat penumpu tengah, penumpu samping, pelat alas dalam.
- Alas ganda sebagai tanki, meliputi ketentuan-ketentuan pemakaian tanki.

- Alas ganda dalam sistem gading-gading melintang, mencakup persyaratan-persyaratan dan ukuran-ukuran wrang-wrang kapal.
 - Konstruksi alas dalam kamar mesin, yaitu meliputi perhitungan konstruksi alas ganda dan pondasi.
- d. Perhitungan Gading-Gading
- Perhitungan jarak gading sesuai dengan persyaratan Biro Klasifikasi Indonesia.
 - Mencari ukuran dan modulus gading-gading badan kapal, gading bangunan atas dan rumah geladak, serta modulus gading besar.
 - Penguat pada haluan kapal dan buritan kapal: meliputi perhitungan balok ceruk, pelat senta, penyangga jungkir dan sebagainya.
- e. Perhitungan Balok-Balok Geladak
- Mencakup balok geladak termasuk geladak utama, geladak akil, pembujur geladak, pelintang geladak, balok geladak akomodasi dan bangunan atas yang efektif.
- f. Perhitungan Penumpu Geladak (*Deck Girder*)
- Mencakup penumpu *main deck*, dan penumpu bangunan atas.
- g. Sekat Kedap Air (*Bulkhead*)
- Perhitungan sekat kedap air didasarkan pada beban yang bekerja pada sekat dengan memperhatikan persyaratan-persyaratan yang telah ditentukan. Ukuran sekat meliputi pula ukuran modulus penegarinya, begitu pula ukuran pelat lutut sebagai penghubungnya.
- h. Tanki-Tanki
- Semua perhitungan sekat tanki didasarkan atas beban yang bekerja, tinggi dan jenis cairan dalam tanki dengan mempertimbangkan jarak bentangan dan lebar tanki. Ukuran pelat tanki termasuk modulus penegar-penegarnya dan pelat lutut.

- i. Linggi Haluan dan Linggi Buritan
 - Linggi Haluan (*Fore Stem*)
Perhitungan meliputi balok linggi haluan dan pelat linggi haluan, sesuai dengan persyaratan.
 - Linggi Buritan (*Stern Stem*)
Perhitungan meliputi ukuran linggi baling-baling, sepatu kemudi dan tongkat kemudi sesuai persyaratan Biro Klasifikasi Indonesia.
- j. Lubang Palka (*Hatch Way*)
Perhitungan meliputi tebal pelat ambang palka, tinggi pelat ambang palka, tutup palka, balok palka dengan perencanaan profilnya.
- k. Perlengkapan (*Equipment*)
Yang dimaksud perlengkapan adalah semua yang dianggap permanen, antara lain:
 - Perlengkapan jangkar
 - Tali tambat
 - Papan dalam (*Ceilling*)
 - Ukuran pelat kubu-kubu
 - Lubang pembuangan (*Scupper*)
 - *Sanitary*
 - Pipa udara
 - Pipa limbah
 - Pipa duga
 - Bumbung udara (*Ventilasi*)
 - Bak rantai
 - Perlengkapan keselamatan jiwa dan alat peluncur
 - Ukuran jendela dan pintu

C.4. Shell Expansion (Bukaan Kulit)

Adalah perhitungan pelat-pelat untuk merencanakan pemasangan pelat pada konstruksinya.

Tahap perencanaannya adalah sebagai berikut.

a. Penentuan Perkiraan Beban

- 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 berkaitan.

- Beban Lajur Sisi Kapal dan Alas Kapal

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

b. Perhitungan Pelat Geladak Kekuatan dan Pelat Kulit

- 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.

- Pelat Sisi

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

- Penguat Alas di Haluan

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

- 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.
 - 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 *didoubling*.
- c. Geladak
- Mencakup ukuran tebal pelat geladak dan persyaratan-persyaratan bukaan pelat geladak.
- 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.
 - Radius pembulatan ambang palkah, ambang palkah mesin (selubung kamar mesin) harus sedemikian rupa sehingga sesuai dengan persyaratan.
 - Tentang ukuran pelat geladak dapat diambil dari tabel I Biro Klasifikasi Indonesia 2006 Volume II.

C.5. Piping System (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 Biro Klasifikasi Indonesia antara lain: *Seamless Drawing Steel Pipe* (Pipa Baja Tanpa Sambungan), *Seamless Drawn* dari tembaga atau kuningan, *Lap Welded/Electric Resistance Welded Steel Pipe*, Pipa Hitam *Schedule 40*, *Schedule 80*, Pipa dari Baja Tempa atau Besi Kuningan (Besi Tempa).

b. Bahan Katup dan Peralatan Pipa (*Fitting*)

Bahan katup dan peralatan yang diijinkan menurut peraturan Biro Klasifikasi Indonesia antara lain : Kuningan (*Bross*), Besi (*Iron*), *Cast Steel*, dan *Stainless Steel*.

c. Sambungan Pipa (*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 Bilga, Sistem *Ballast*, Sistem Bahan Bakar, Sistem Air Tawar, Sistem *Saniter* dan *Scupper*, Sistem Pipa Udara dan Pipa Duga. Dan Sistem *Starting Air*

e. Ukuran Pipa

Perhitungan ukuran pipa yang digunakan dalam setiap sistem yang sesuai dengan ketentuan dan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia.

f. Pompa-Pompa

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

g. Komponen Sistem Pipa

Komponen-komponen dalam sistem pipa antara lain: *Separator*, *Hydrospore*, *Cooler*, *Purifier*, *Strainer (Filter)*, Botol Angin dalam *Sea Chest*, dan Kondensor.