

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Cutter Suction Dredger Design*

Dalam proses produksi pembangunan *cutter suction dredger*, desain kapal adalah syarat mutlak yang harus dipenuhi sebagai acuan seperti apa kapal yang akan dibangun. Tujuan utama dari desain adalah untuk meminimalkan kesalahan selama proses produksi dan mengurangi jumlah kerugian akibat kesalahan-kesalahan tersebut. Terlepas dari sisi desain kapal, perencanaan strategi pembangunan kapal juga sangat penting karena berpengaruh pada waktu yang dibutuhkan dalam proses produksi pembangunan kapal. Semakin cepat kapal dibangun maka akan sedikit biaya *overhead* yang timbul dan sebaliknya apabila mengalami keterlambatan maka semakin besar biaya yang dibutuhkan.

Beberapa aspek yang menjadi pertimbangan dalam merancang *cutter suction dredger* antara lain kondisi area (dangkal dan berlumpur), hambatan kapal (*ship resistance*), stabilitas kapal, dan juga sistem propulsinya. Dalam proses perancangan (desain) sebuah kapal membutuhkan persiapan awal yaitu membuat *lines plan*.

Lines plan merupakan gambar rencana bentuk dari lambung kapal. Gambar ini tersusun dari beberapa garis yang menggambarkan potongan lambung kapal secara memanjang, melintang dan horizontal. Dalam satu gambar *lines plan* terdiri dari 3 gambar, yaitu pandangan depan (*body plan*), pandangan samping (*sheer plan*) dan pandangan atas (*half breadth plan*). Gambar *lines plan* memiliki pengaruh besar karena merupakan dasar dari keseluruhan bagian gambar. Besarnya hambatan yang timbul dipengaruhi oleh bentuk lambung kapal. Semakin

kecil hambatan maka daya kapal yang dibutuhkan juga akan semakin kecil.

2.2 Definisi Kapal Keruk

Kapal keruk (*dredger*) adalah sebuah kapal yang memiliki peralatan khusus untuk melakukan pengerukan. Adapun alat yang digunakan dapat berupa penggalian (*dig*), pengangkutan (*transport*) dan juga tempat membuang (*dump*).

2.2.1 Pengerukan kapal keruk dapat dilakukan dengan dua cara yaitu hidraulik dan mekanik.

a. Pengerukan dengan cara hidraulik

Menggunakan aliran air untuk menghasilkan erosi, sebagai contoh aliran air yang dihasilkan oleh pompa kapal keruk (*dredge pump*) melalui pipa penghisapan di atas dasar pasir. Aplikasinya seperti penggalian hidraulik yang kebanyakan menggunakan bantuan *water jets*. Kelebihan sistem ini adalah hasil pengerukan langsung dialirkan ke darat dan dapat mengeruk pada media tanah yang agak keras dan *cutter head* dapat mengatur gerakan ke kanan dan kiri.

b. Penggalian dengan cara mekanik

Sistem pengoperasiannya menggunakan pisau *cutting edge* untuk jenis tanah yang bersifat kohesi (mengikat). Proses pengerukan dari sistem ini harus melalui tahap yaitu hasil pengerukan ditampung ke dalam tongkang dan dipompa kembali untuk dibuang dan material keras tidak dapat dikeruk menggunakan sistem ini.

Adapun sistem pembagian dari segi pengangkutan tanah yang diangkut, sebagai berikut:

	<i>Hydraulically</i>	<i>Mechanically</i>
<i>Continuously</i> (Terus-menerus)	<i>Transport via pipeline</i>	<i>Transport via conveyor belt</i>
<i>Discontinuously</i> (Terputus)		<i>Transport via grab, ship car</i>

Tabel 2.1 Sistem Pengangkutan Tanah
Sumber : *Cutter Suction Dredger Chapter 3.may 2005*

2.2.2 Tipe Kapal Keruk

Tipe kapal keruk dapat dibedakan menjadi hidraulik dan mekanik. Perbedaan antara kedua jenis tersebut adalah cara yang dilakukan dalam pengerukan tanah, baik itu secara mekanik maupun hidraulik. Dapat dilihat dibawah ini.

2.2.2.1 Kapal Keruk Mekanik (*Mechanical Dredgers*)

Tipe-tipe kapal keruk mekanik adalah sebagai berikut :

1. Kapal Keruk Timba (*Bucket Ladder Dredger*)

Sistem pengerukan kapal keruk timba pada tanah galian dengan menggunakan timba (*bucket*) yang bergerak secara simultan untuk mengangkat sedimen dari dasar air. Sangat sesuai pada segala jenis galian, baik itu tanah padat maupun batu-batuan, tetapi bukan tanah padas yang keras. Adapun contoh kapal keruk timba adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1. *The bucket ladder dredge "Big Dalton".*
Sumber : *Cutter Suction Dredger Chapter 3.may 2005*

2. Kapal Keruk Cengkeram (*Grab Dredger*)

Digunakan untuk beroperasi di sekitar *graving dock*, dermaga., karena alat ini merapat sampai ke tepi. Daya penggaliannya tergantung dari berat *grab bucket*, tetapi hasil kerusakannya tidak rata sehingga sukar untuk menentukan dalamnya penggalian. Adapun contoh kapal keruk cengkeram adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2. *Grab or Clamshell Dredger*

Sumber : *Cutter Suction Dredger Chapter 3.may 2005*

3. Backhoe or Dipper Dredger

Digunakan untuk pekerjaan penggalian yang sukar dan ada rintangan, dimana jenis kapal keruk yang lain tidak mampu mengerjakannya. *Dipper dredger* memiliki sebuah *backhoe* seperti *excavator*. *Backhoe dredger* dapat pula menggunakan *excavator* untuk darat dan diletakkan diatas tongkang. *Backhoe dredger* memiliki tiga buah *spudcan*, yaitu tiang yang berguna sebagai pengganti jangkar agar kapal tidak bergerak dan *backhoe dredger* yang *high technology* serta hanya memerlukan satu orang untuk mengoperasikannya. Adapun contoh dari *backhoe dredger* sebagai berikut :



Gambar 2.3. Dipper dredger

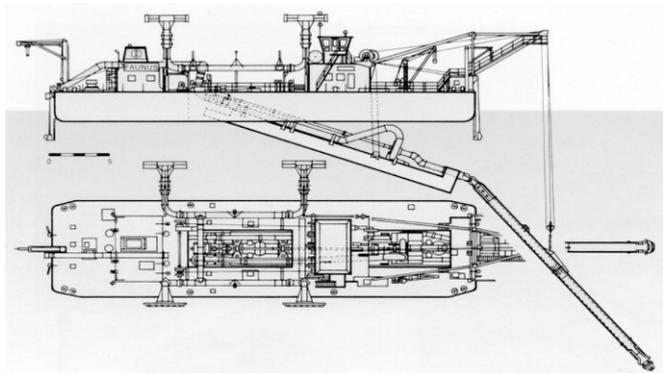
Sumber : *Cutter Suction Dredger Chapter 3.may 2005*

2.2.2.2 Kapal Keruk Hidraulik (*Hydraulic Dredgers*)

Kapal keruk hidraulik terbagi atas beberapa tipe antara lain sebagai berikut:

1. Plain Suction Dredger

Sistem pengerukan dengan cara mengisap menggunakan pipa isap. Jenis yang modern mempunyai *water jet* di sekeliling ujung pipa yang gunanya untuk menghancurkan material yang keras dengan menyemprotkan air dengan tekanan tinggi. Adapun contoh dari tipe *plain suction dredger* sebagai berikut:



Gambar 2.4. *Plain suction dredger*

Sumber : *Cutter Suction Dredger Chapter 3.may 2005*

2. *Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD)*

Sistem kerja tipe *trailing suction hopper dredger* adalah dengan menyeret pipa penghisap ketika bekerja dan mengisi material yang diisap tersebut ke satu atau beberapa penampung (*hopper*) di dalam kapal. Ketika penampung sudah penuh, *trailing suction hopper dredger* akan berlayar ke lokasi pembuangan dan membuang

material tersebut melalui pintu yang ada di bawah kapal atau dapat pula memompa material tersebut ke luar kapal. Adapun contoh dari tipe *trailing suction hopper dredger* sebagai berikut :

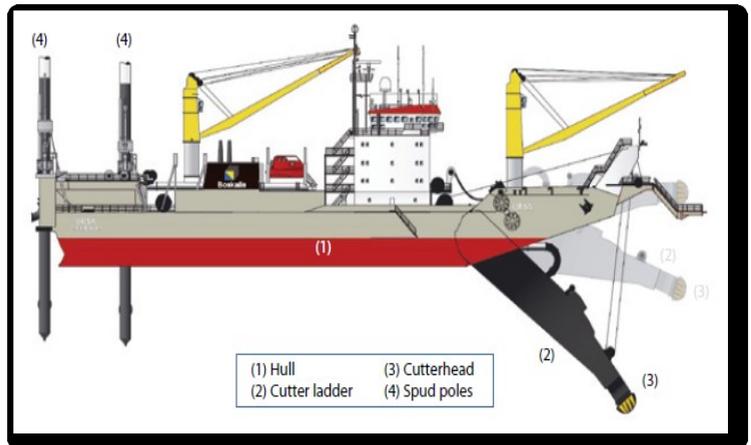


Gambar 2.5. *Trailing suction hopper dredger*
Sumber : *Cutter Suction Dredger Chapter 3.may 2005*

3. *Cutter Suction Dredger (CSD)*

Pada prinsipnya sama dengan jenis di atas, hanya dilengkapi dengan *Cutter* (alat penghancur) di ujung pipa isap sehingga dapat mengeruk tanah galian yang agak keras. Pada *cutter suction dredger* atau CSD, pipa penghisap memiliki kepala pemotong di pintu masuk penghisap. Pemotong dapat pula digunakan untuk material keras seperti kerikil atau batu. Material yang dikeruk biasanya diisap oleh pompa pengisap sentrifugal dan dikeluarkan melalui pipa atau ke tongkang. *Cutter suction dredger* memiliki pemotong yang lebih kuat dan digunakan untuk memotong batu. *Cutter suction dredger* memiliki dua buah *spud can* di bagian belakang serta dua *jangkar* dibagian depan kiri dan kanan.

Adapun contoh dari *cutter suction dredger* sebagai berikut :



Gambar 2.6. *Cutter suction dredger*

Sumber : *Cutter Suction Dredger Chapter 3.may 2005*

Jenis kapal keruk yang akan digunakan dalam perancangan adalah tipe *cutter suction dredger* (CSD), maka pembahasan selanjutnya akan difokuskan pada *cutter suction dredger*. Dalam aplikasinya, ada beberapa kriteria dasar yang harus diperhatikan dalam perancangan ini, antara lain:

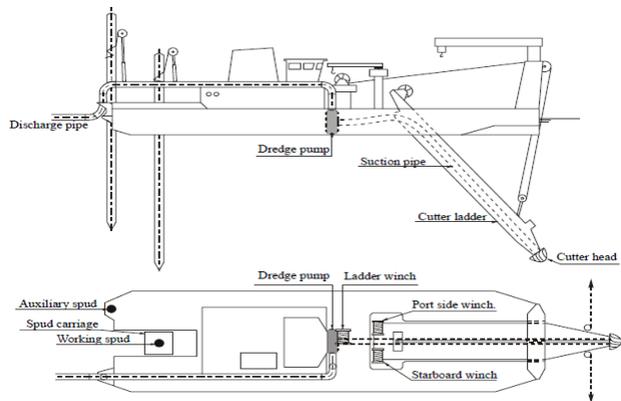
- Kapasitas produksi
- Kedalaman pengerukan
- Kondisi kerja yang berpengaruh pada ukuran kapal keruk

- d. Tipe tanah atau material yang akan dikeruk
- e. Jarak pengangkutan material
- f. Akses ke tempat operasi

Karakteristik penting dalam *cutter suction dredger* bisa dilihat pada gambar 2.7 *Cutter suction dredger* dan peralatannya

Metode yang digunakan dalam perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Setelah tangga (*ladder*) pada *cutter suction dredger* diletakkan pada bagian terendah bawah air
2. Pompa kapal keruk dihidupkan dan *cutter head* (alat penghancur) mengatur gerakannya.
3. *Cutter head* (alat penghancur) yang berada di ujung pipa isap, mengeruk tanah galian yang akan dituju. Kelebihan dari *cutter head* adalah dapat mengeruk tanah galian yang agak keras. Di sebuah *cutter-suction dredger*, pipa penghisap memiliki kepala pemotong di pintu masuk penghisap. Pemotong dapat pula digunakan untuk material keras seperti kerikil atau batu. Material yang dikeruk diisap oleh pompa pengisap sentrifugal melalui *suction pipe* dan dikeluarkan melalui *discharge pipe* ke *pontoon*. Kebanyakan hasil kerukan tersebut, diangkut dengan cara hidraulik melalui sambungan pipa (*via pipeline*), tetapi ada juga beberapa jenis kapal keruk menyediakan fasilitas tongkang (*barge loading*).



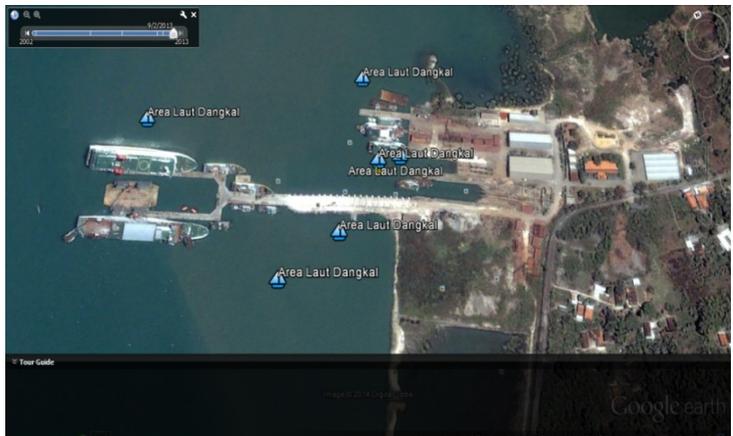
Gambar 2.7. *Cutter suction dredger* dan peralatannya
Sumber : *Cutter Suction Dredger Chapter 3.may 2005*

Cutter suction dredger memiliki ukuran diameter pipa pembuangan berkisar antara 150 mm – 1100 mm. Sedangkan untuk daya yang dibutuhkan untuk menjalankan *cutter head* berkisar antara 15 kw – 4500 kw. Pada bagian struktur *pontoon* sendiri terdapat beberapa peralatan antara lain *dredge pump*, *main engine* dan peralatan bantu.

Pada perancangan *extended pipe* sendiri, saluran pipa (*pipeline*) memiliki peranan yang cukup signifikan. Saluran pipa memiliki efek penting, baik itu pada performa dan juga pada efisiensi operasional pada *cutter suction dredger* sendiri. Diameter saluran pipa akan langsung berpengaruh terhadap efisiensi proses transfer

hidraulik. Jika diameter terlalu kecil, maka *head loss* yang terjadi karena gesekan bisa jadi akan terlalu tinggi. Tetapi jika diameter pipa terlalu besar, maka kecepatan aliran akan terlalu rendah sehingga persyaratan daya yang dibutuhkan akan semakin besar pula. Ketebalan pipa harus cukup untuk menahan tekanan dari dalam (*internal pressure*).

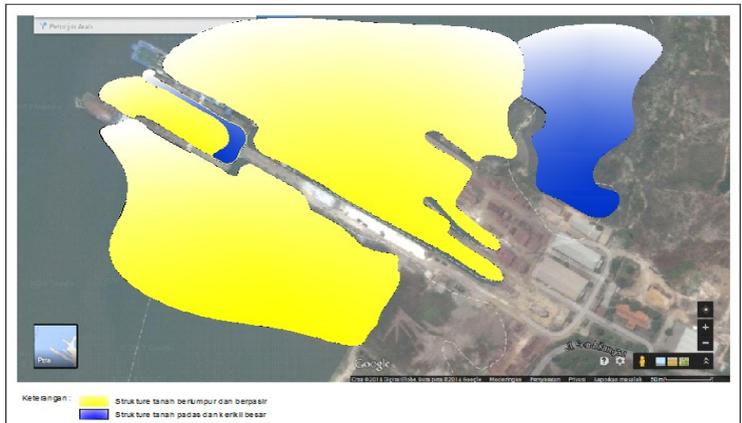
Berikut ini merupakan gambar posisi PT. ASSI dilihat dari atas



Gambar 2.8 Permukaan laut dangkal

Sumber :www.google.com (05-08-2014)

Berikut ini merupakan gambar posisi PT. ASSI dilihat dari atas



- Keterangan :
-  Struktur tanah padas dan kerikal besar
 -  Struktur tanah berlumpur dan pasir

Gambar 2.9 Struktur tanah

Sumber : www.google.earth.com(05-08-2014)

2.2.3 Floating Pipeline

Floating pipeline dikategorikan sebagai istilah kekuatan (*strength*) dan fleksibilitas (*flexibility*) karena memiliki kekuatan untuk menahan tekanan yang dialami sistem perpipaan dan bersifat fleksibel karena sambungan perpipaan tidak selalu lurus dan harus mampu menghadapi segala kondisi dan area kerja. Berikut adalah salah satu contoh gambar *floating pipeline*.



Gambar 2.10 .*Floating pipeline*
Sumber Cutter Suction Dredger Chapter 3.may 2005

2.3 Sistem Konstruksi Kapal

System konstruksi kapal ada 3 jenis konstruksi yang ada di kapal antara lain :

2.3.1 Konstruksi Melintang

Kapal yang terbuat dari material baja mempunyai pelat alas (bottom plate) umumnya dipasang memanjang. Setiap deret pelat dinamakan lajur (strake). Pada bahagian tengah ada pelat yang disebut lunas pelat (flat plate keel) yang memanjang kapal atau ad juga lunas batang (bar keel) yaitu sebuah batang yang memanjang. Tepat di bagian tengah kapal dan tegak lurus pelat lunas rata ada lunas d alam tengah (centre keelson). Pelat alas diperkuat oleh wrang (floor) yang dibuat melintang kapal. Setiap sisi kapal yang sejajar lunas dalam tengah terdapat lunas dalam samping (side keelson). Lunas dalam tengah, lunas samping dan wrang terdiri dari pelat bilah (web plate) yang tegak lurus pelat dasar dan pelat hadap (face plate) yang menumpang

datar di atasnya, sehingga masing-masing membentuk huruf T. Konstruksi demikian disebut konstruksi alas tunggal (single bottom). Jika semua pelat hadap diganti dengan sebidang pelat yang menutup seluruh dasar, maka diperoleh konstruksi dasar yang rangkap dua.

Konstruksi ini disebut alas dalam (tank top). Alas dalam tersebut biasa terus mendatar sampai bertemu dengan pelat sisi, namun sering juga pelat alas dalam menyerong ke bawah di bagian tepi penumpu tengah (centre girder) dan penumpu samping (side girder). Alas ganda ini juga lebih kuat dari dasar tunggal, hingga sebagian wrangnya dapat dibuat lebih ringan. Jadi wrang alas penuh (solid floor) yang seluruhnya terbuat dari pelat dan ada wrang terbuka (open floor / bracket floor) yang terdiri dari dua buah lutut(bracket) , gading dasar (bottom frame) yang menempel pada alas dalam. Alas ganda selalu dipakai untuk tangki dan untuk membatasi tangki yang satu dengan yang lainnya dipasang wrang kedap air (water tight floor) atau wrang kedap minyak (oil tight floor). Antara tangki dengan tangki yang berlainan sering ada ruang kosong. Ruang ini disebut ruang pemisah(cofferdam). Pelat alas dan pelat lambung atau pelat sisi saling dihubungkan oleh pelat melengkung yang disebut pelat bilga (bilga plate). Pada pelat bilga dipasang lunas bilga (bilga keel) yang memanjang. Pelat sisi diperkuat oleh gading-gading (frame) yakni baja siku yang dipasang tegak melintang. Gading dan wrang terletak sebidang dan saling dihubungkan dengan lutut bilga (bilga bracket, tank side bracket). Gading-gading ini dipasang pada jarak tertentu sepanjang kapal dan jarak ini disebut jarak gading (frame spacing). Sebagian dari gading digantikan oleh gading besar (web frame) yang dihubungkan dengan wrang alas penuh.

Daerah memanjang pelat sisi kadang-kadang dipasang satu atau lebih senta sisi atau senta lambung (side stringer). Gading besar dan senta sisi di atas pelat balik dan pelat hadap. Pelat sisi yang bertemu dengan geladak kekuatan (strength deck) dan disebut pelat lajur atas (sheer strake) dan biasanya lebih tebal dari pelat sisi lainnya. Geladak terdiri dari pelat geladak (deck plate) dan pelat geladak kekuatan yang bertemu dengan pelat sisi (deck stringer, stringer plate). Dengan demikian system konstruksi di atas, dapat dikatakan bahwa kekuatan melintang kapal terdapat pada pelat yang melintang kapal. Jadi kekuatan ada pada pelat yang melintang kapal; maka system konstruksi ini disebut konstruksi melintang.

2.3.2 System Konstruksi Memanjang

System konstruksi memanjang, alas tunggal dibuat sebagai berikut : pelat alas serta semua lunas dibuat seperti pada konstruksi melintang, yaitu baja siku yang dipasang pada jarak tertentu selebar kapal. Jarak ini dinamakan jarak pembujur (longitudinal spacing). Pembujur ini ditumpu pelintang atas (bottom transversal) yang terdiri dari pelat bilah dan pelat hadap. System konstruksi kerangka memanjang alas ganda dibuat sebagai berikut : pelat alas dalam dan semua penumpu alas dibuat sama seperti system kerangka melintang. Pelat alas diperkuat oleh pembujur alas, sedangkan pelat alas dalam diperkuat oleh pembujur alas dalam (tanktop longitudinal). Kedua pembujur ini ditumpu oleh pelintang alas yang dipasang tiap beberapa jarak gading melintang. Pelat sisi diperkuat oleh pembujur

sisi (side longitudinal) yang memanjang kapal dan pembujur ini ditumpu oleh pelintang sisi (side transverse) yang berupa pelat bilah dan pelat hadap. System konstruksi kerangka memanjang pelat geladak diperkuat oleh pembujur geladak (deck longitudinal) yang memanjang pada arah melintang kapal ditumpu oleh pelintang geladak (deck girder) yang terletak memanjang. Pelintang alas dan sisi dan pelintang geladak diletakan pada satu bidang sehingga membentuk satu cincin yang kokoh. Daerah sekeliling palkah tetap dipasang penumpu sisi palka dan balok anjungan palka. System konstruksi kerangka memanjang, penguat berada pada pelat memanjang kapal, semua pembujur yang dipasang memanjang kapal. System konstruksi kerangka memanjang kapal biasanya digunakan untuk kapal-kapal yang panjang di atas 50 meter.

2.3.3 System Konstruksi Campuran

System konstruksi campuran adalah system konstruksi yang terdiri dari system kerangka melintang dan memanjang kapal. Konstruksi alas kapal, baik alas tunggal maupun alas ganda dibuat menurut system kerangka memanjang kapal. Jadi pelat alas diperkuat oleh pembujur-pembujur alas. Konstruksi sisi kapal dibuat menurut system kerangka melintang kapal, ini berarti pelat sisi diperkuat oleh gading-gading melintangnya. Konstruksi geladak dibuat menurut system kerangka memanjang kapal, maka pelat geladak diperkuat oleh pembujur geladak. Jadi dengan demikian daerah yang mendapat pembebanan tarik dan tekan yang paling besar, yakni di alas dan di geladak system kerangka memanjang

kapal, sedangkan untuk daerah yang terutama mendapat pembebanan geser yaitu pelat sisi dan sekat digunakan system kerangka melintang kapal. Dilihat dari karakteristik beban yang bekerja pada kapal, dapat dilakukan pengelompokan sebagai berikut :

- (1) Beban statis yaitu, beban yang bersifat tetap; misalnya beban dari berat kapal dan beban dari gaya tekan ke atas.
- (2) Beban dinamis dengan frekuensi rendah yaitu beban yang timbul dalam tenggang waktu beberapa saat dengan frekuensi getaran yang cukup rendah dibandingkan dengan frekuensi getaran lambung kapal.
- (3) Beban dinamis berfrekuensi tinggi yaitu, beban yang berubah-ubah dengan frekuensi yang cukup tinggi dan dapat menimbulkan tegangan pada konstruksi kapal; misalnya beban hidrodinamis yang disebabkan oleh putaran propeller di kapal dan adanya putaran motor penggerak kapal.

2.3.3.1 Perhitungan Perkiraan Beban

- a. Yang dianggap sebagai geladak cuaca adalah semua geladak yang bebas kecuali geladak yang tidak efektif yang terletak di belakang 0,15L dari garis tegak haluan.
- b. Beban geladak cuaca dihitung berdasar profil sebagai berikut (Sec. 4. B 1.1):

$$PD = P_o \frac{20 T}{10 Z - T x H} C$$

(BKI Rule for Hull section 4 - design loads)

Dimana :

$$P_o = 2,1 \times (C_b + 0,7) \times C_o \times C_L \times f \times C_{rw} \text{ KN/m}^2$$

Cb = koefisien block 0,9

Co = $\frac{L}{25} \times 4,1$ untuk L < 90 m

$$CL = \sqrt{\frac{L}{90}}$$

f = 1,0 faktor kemungkinan untuk plate kulit dengan geladak cuaca

f = 0,75 faktor kemungkinan untuk main frame, stiffener dan balok geladak

f = 0,60 faktor kemungkinan untuk side girder, center girder, side deck girder, center girder, web frame, stringer.

z = jarak vertical dari pusat beban ke base line.

Crw= 0,75 untuk kapal antar pulau

1. Beban yang berada di area belakang sampai berada di area depan kapal.

$$PD = po \frac{20 \times T \times CD}{(10 + Z - T) \times H}$$

(BKI Rule for Hull section 4 - design loads)

Dimana :

PD = beban deck area After, midship, Fore peak

Po = beban pada semua deck

T = sarat kapal

CD = koefisien pada deck

H = tinggi kapal

2. Beban untuk daerah belakang kapal (After)

$$ZA = H + 1/3 \times [1/50 \times B]$$

Beban untuk daerah tengah kapal (Midship)

$$ZM = H + 1/3 \times [1/50 \times B]$$

$$\text{Beban untuk daerah depan kapal (Forepeak)} \\ ZF = H + 1/3 \times [1/50 \times B]$$

3. Beban dibawah garis air untuk daerah After, Midship, dan Forepeak.

$$Ps1A = 10(T-Z1) + po \times CFA (1+Z1/T)$$

Dimana :

Ps1A = beban dibawah garis air

T = sarat kapal

CFA = koefisien geladak pada area
After

4. Beban pada alas kapal

Beban pada alas kapal dirumuskan sebagai berikut:

Sehingga

$$PBA = 10 \times T + po \times CFA$$

$$PBM = 10 \times T + po \times CFM$$

$$PBF = 10 \times T + po \times CFF$$

Dimana :

PB = beban pada alas kapal

T = sarat kapal

Po = beban pada semua deck

CFA = koefisien geladak posisi after

CFM = koefisien geladak posisi midship

CF = koefisien geladak posisi forepeak

2.3.3.2 Perencanaan tebal plate yang akan dipakai.

1. Tebal plate dasar (Bottom Plate)

Tebal plat dasar pada daerah 0,14L Amidship,
untuk $L < 90$ m :

$$t_B = 1,9 \times n_t \times a_0 \times \sqrt{p_{BM}} \times k + t_k \text{ (mm)}$$

(BKI- Rule for Hull 2014 section 6 shell plating)

Dimana :

p_{BM}	= Beban pada bagian Midship
n_f	= 1,0 untuk frame melintang
k	= 0,91 faktor material
t_k	= 1,5 mm (untuk $t' < 10$ mm)
a_0	= 0,6

2. Tebal plate lunas (Keel) untuk daerah 0,7 L
Amidship

$$t_k = t + 2 \text{ (mm)} \quad t = \text{tebal plat alas}$$

3. Tebal plat sisi Daerah 0,5 L tengah kapal
(daerah M)

Untuk kapal dengan $L \leq 90$ m

4. Tebal plat Daerah 0,8 L dari FP (haluan)

$$t_{s1} = 1,21 \times n_f \times a_0 \times \sqrt{p_{s1f}} \times k + t_k$$

Dimana :

p_{s1f}	= Beban pada bagian Haluan
n_f	= 1,0 untuk frame melintang
a_0	= 0,91
k	= 1,5 mm (untuk $t' < 10$ mm)
t_k	= 0,6

5. Tebal plat Daerah 0,15 L dari AP (Buritan)

$$ts1 = 1,21 \times nf \times a0 \times \sqrt{ps1A \times k+tk}$$

Dimana :

ps1A = Beban pada bagian Buritan

nf = 1,0 untuk frame melintang

a0 = 0,91

k = 1,5 mm (untuk $t' < 10$ mm)

tk = 0,6

6. Tebal plat sisi pada bangunan atas

Semua bangunan atas terletak diluar daerah 0,4 L tengah kapal = $0,4 \times 24$ (Panjang kapal) = 9,6 m tengah kapal. Maka bangunan atas termasuk dalam *Non Effective*

Untuk *Non Effective* superstructures tebal plat sisinya diambil yang terbesar.

$$ta = 1,26 \times a \times \sqrt{ps \times k+tk}$$

$$\text{atau } tb = 0,8 \times t2$$

Dimana :

ta = tebal plat sisi bangunan atas

a = 0,6

k = 0,9 faktor material

tk = 1,5 bagian sisi

7. Untuk main dan whell deck

Akibat beban pada geladak bridge, navigation dan top deck (Pda) lebih kecil dari poop dan boat deck maka dengan sendirinya tebal plat geladak ($t1$) juga makin mengecil ($t1 < t2$) sehingga plat whell deck yang diambil $t2 = 6$ mm.

8. Tebal plat pada sput dan engsel tumpuan pipa isap. Dengan tebal plat sisi terbesar 0,4 L tengah kapal.

9. Tebal plat inner bottom

$$t = 1,1 \times a \times \sqrt{p} \times k + t_k$$

Dimana $a = 0,6$

$k = 0,91$ faktor material

$t_k = 1,5$ inner bottom

2.3.3.3 Perhitungan Kontruksi Alas

1. Tinggi double bottom (dasar ganda)

Tinggi double bottom tidak boleh kurang dari :

$$h = 350 + 45 \times B$$

Tinggi center girder = tinggi double bottom 1000 mm. Tebal center girder pada daerah $0,7 \times L$ tengah kapal untuk $L \leq 1200$ mm adalah

$$t = (h/100 + 1) \times \sqrt{k}$$

Pada daerah $0,15L$ dari AP dan FP tebal center girder boleh dikurangi 10%. Untuk tinggi bottom terhadap deck mengikuti ukuran tongkang abadi.

2. Perhitungan side girder (penumpu samping)

Dalam satu bagian dari double bottom satu side girder dipasang bila jarak antara sisi kapal dan penumpu tengah $> 4,5$ m. Dua side girder dipasang bila jarak antara sisi kapal dan center girder > 8 m diketahui jarak antara center girder dan sisi kapal = $B/2$, jadi direncanakan dipasang satu side girder disetiap sisi dari double bottom. Tebal side girder tidak boleh kurang dari : h_{DB} 1000mm

$$t = h/120 \times \sqrt{k}$$

3. Perhitungan wrang plate

Jarak wrang alas penuh (solid floor) diambil jarak plat : $e = 4 \times a_0$

untuk tebal wrang plat tidak boleh kurang dari
 $= [h/100-1] \times \sqrt{k}$

Penampang bilah wrang plat tidak boleh kurang dari :

$$A_u = e \times T \times l \times e^x (1-2y/l) \times k \text{ cm}^2$$

Dimana :

$$l = B = 7,62 \text{ m}$$

$$y = 0,4 \times l = 3,05 \text{ m}$$

$$e = 0,3$$

4. Lubang peringan (lightening hole)

Berbentuk bulat atau elips, lebar keseluruhan tidak boleh lebih dari setengah lebar wrang alas penuh, tinggi lubang peringan tidak boleh lebih dari setengah tinggi wrang alas penuh. Didesign tinggi hole = 400 mm. Tebal minimum wrang terbuka = tebal wrang plat = 8 mm.

5. Modulus pembujur alas (bottom longitudinal)

$$W = m \times a \times l^2 \times p$$

Dimana :

W = modulus pembujur alas

$$m = k \times n = 1 \times 0,7 = 0,7$$

a = jarak penegar 0,6 m

$$l = 0,7 \times B$$

p = blow out pressure 2 bar

6. Modulus Inner Bottom

$$W = m \times a \times l \times p$$

Dimana :

W = modulus Inner Bottom

$$m = k \times n = 1 \times 0,7 = 0,7$$

a = jarak penegar 0,6 m

$$l = 0,7 \times B$$

p = blow out pressure 2 bar

7. Perhitungan wrang kedap

Tebal plat wrang kedap air tidak boleh kurang dari :Dipilih yang terbesar antara

$$- t_1 = 1,1 \times a \times \sqrt{p \times k + tk}$$

$$- t_2 = 0,9 \times a \times \sqrt{p \times k + tk}$$

dimana ρ = berat jenis fluida = 1 t/m³

t_1 dan t_2 = tebal wrang kedap air

a = jarak penegar 0,6 m

k = 1

8. Modulus penegar wrang kedap

$$W_1 = 0,55 \times a \times l^2 \times p \times k$$

Dimana W_1 = modulus penegar wrang kedap

a = jarak penegar 0,6 m

k = 1

p = blow out pressure 2 bar

l^2 = 4 x 0,65

9. Tebal center girder pada ujung –ujung kapal boleh dikurangi 10% ,tebal plat untuk sea chest

$$t = 12 \times a \times \sqrt{p \times k + tk}$$

dimana : a = jarak penegar = 0,6 m

(dalam hal ini penegar pada ruang mesin dipasang tiap jarak gading = 0,6 m)

2.4 Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal merupakan komponen dasar dari kelayakan kapal sehingga dapat beroperasi dengan aman di laut sehingga perancang, operator, maupun pemilik kapal memiliki perhatian lebih dalam hal ini. Sehingga kapal yg memiliki stabilitas yg memuaskan dapat

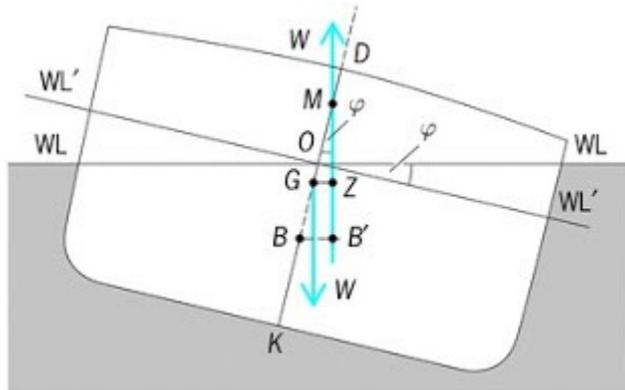
memastikan keamanan penumpang orang dan atau barang yg berada di atas kapal.

Stabilitas adalah kemampuan suatu benda untuk kembali ke keadaan atau posisi semula. Jadi stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk bisa tegak kembali ketika mengalami kemiringan ke kanan atau ke kiri karena ombak maupun beban lainnya. Pada suatu proses desain kapal, stabilitas kapal adalah perhitungan yang mutlak dilakukan untuk mengetahui apakah desain kapal yang dibuat cukup stabil dan aman ketika beroperasi nantinya.

Dalam menghitung stabilitas kapal terdapat dua cara yaitu menggunakan *intact stability* dan *damage stability*.

1. *Intact stability* adalah perhitungan stabilitas kapal utuh (tidak bocor) yang dihitung pada beberapa kondisi tangki untuk tiap-tiap derajat kemiringan kapal. Perhitungan ini berguna untuk mengetahui kemampuan kapal kembali pada posisi kesetimbangannya setelah mengalami kemiringan.
2. *Damage stability* adalah perhitungan kapal bocor (*damage*) yang dihitung pada beberapa kondisi untuk tiap-tiap derajat kemiringan. Perhitungan ini berguna untuk mengetahui kemampuan kapal untuk menahan kebocoran agar tetap stabil ketika lambung kapal rusak / bocor.

Proses perhitungan stabilitas kapal terdapat beberapa kriteria yang menjadi persyaratan untuk mengetahui stabilitasnya telah terpenuhi atau belum. Kriteria tersebut secara umum tercantum pada *IMO regulation* untuk stabilitas dan peraturan (*rule*) yang diterbitkan oleh BKI, DNV, ABS, dll.



Gambar 2.11 .Stabilitas kapal
Sumber : ebook Teknik Kapal Baja Jilid 1

Untuk mempelajari tentang stabilitas kapal, sebaiknya kita mengenal terlebih dahulu simbol-simbol dasar pada sebuah bangunan apung seperti pada gambar di atas.

M = titik metacentra, merupakan titik semu yg merupakan titik gerak 'pendulum' pada kapal dan pasti posisinya tegak lurus antara titik B dan G.

G = titik pusat gravitasi, bisa disebut titik berat

B = titik buoyancy, titik tangkap gaya apung dari kapal

W L = Water Line atau garis air

φ = sudut oleng kapal

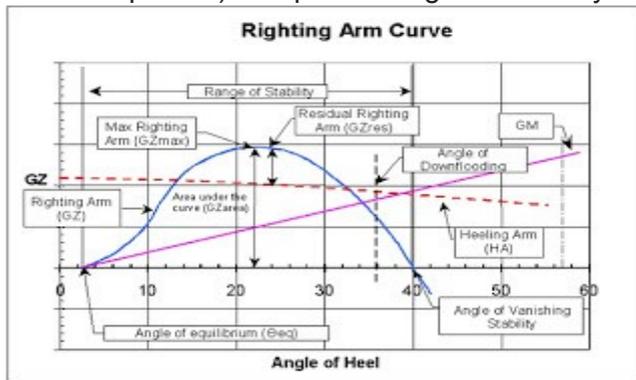
K = keel, atau sering disebut lunas kapal

w = berat muatan

d = posisi muatan di atas kapal

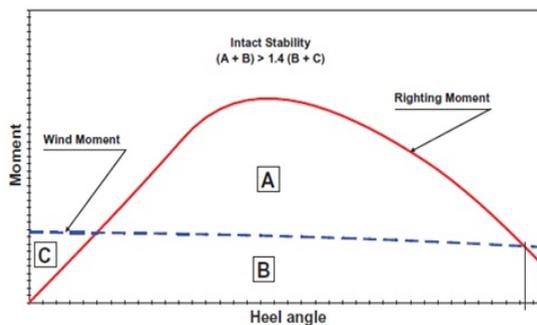
Dari simbol di atas kita telah mengetahui apa saja yg menjadi dasar perhitungan stabilitas kapal. Mulai dari titik metacentra M, titik berat G, titik buoyancy B, sarat air W L, keel K, dan seterusnya. Variasi dari padanya dapat mempengaruhi stabilitas dari sebuah benda apung dalam hal ini adalah kapal.

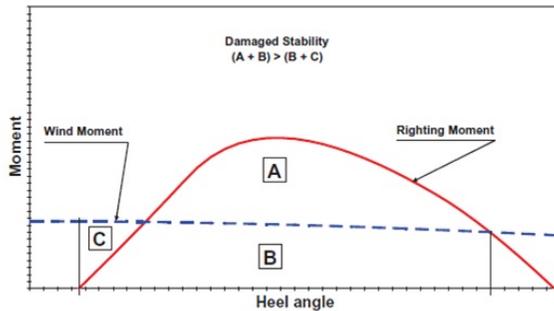
Pada grafik dibawah ini, kita lihat dimana sumbu Y adalah momen sedangkan sumbu X adalah sudut oleng. Mudahnya membaca grafik tersebut adalah, ketika kapal oleng sekian derajat maka momen angin (garis merah putus2) berapa dan begitu seterusnya.



. Gambar 2.12 .Grafik stabilitas kapal
Sumber : ebook Teknik Kapal Baja Jilid 1

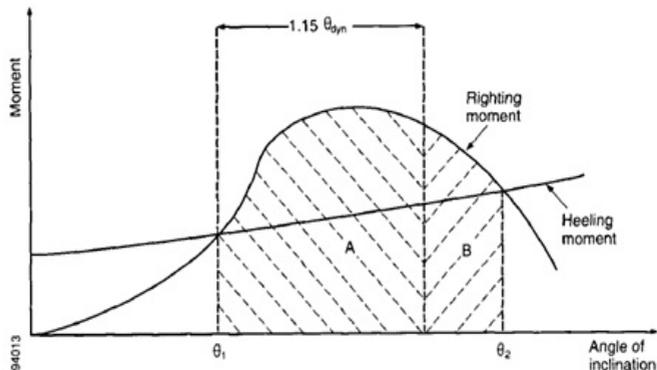
Untuk criteria stabilitas kapal dapat dilihat di IMO (-a749-Code on Intact Stability For All Types of Ships Covered by IMO Instruments), DNV OS-H101_2011-10 (marine operation, general). Berikut ini merupakan grafik stabilitas kapal yang memenuhi criteria IMO dan DNV.



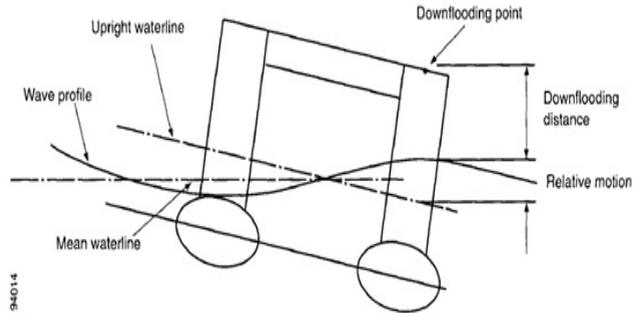


Gambar 2.13 .Kriteria grafik *stabilitas* kapal memenuhi standart IMO dan DNV
(Sumber : ebook Teknik kontruksi Kapal Baja Jilid 1)

Grafik tersebut merupakan syarat stabilitas untuk barge transport. Untuk intact stability dan damage stability mempunyai kriteria yang berbeda. Dimana untuk intact stability disyaratkan $(A+B) > 1.4(B+C)$ sedangkan untuk damage stabilitiy syaratnya $(A+B) > (B+C)$



Gambar 2.14 .Kriteria grafik *stabilitas* posisi A dan B
(Sumber : ebook Teknik kontruksi Kapal Baja Jilid 1)



Gambar 2.15. Perhitungan intact stability disyaratkan dan damage stabilitas disyaratkan
(Sumber : ebook Teknik konstruksi Kapal Baja Jilid 1)

2.5 Hambatan Kapal (*Ship Resistance*)

Hambatan kapal atau *ship resistance* adalah aspek penting dalam proses mendesain suatu kapal, karena aspek ini berujung pada masalah pembiayaan. Semakin besar hambatan kapal, maka akan semakin besar pula daya mesin induk (*main engine*) yang dibutuhkan untuk mendorong kapal. Semakin tinggi kebutuhan daya mesin induk yang digunakan, maka harga yang dibutuhkan akan semakin besar, selain itu biaya operasional kapal yang tinggi menyebabkan kebutuhan bahan bakar meningkat.

Bentuk lambung memiliki pengaruh besar terhadap hambatan kapal, selain itu tonjolan-tonjolan pada lambung kapal (*appendages*) dan kekasaran permukaan lambung kapal juga sangat berpengaruh. Dalam mendesain bentuk lambung harus didesain sebegitu mungkin agar memiliki hambatan yang kecil. Ada beberapa metode yang digunakan untuk menghitung hambatan kapal, diantaranya *Holtrop*, *Savitsky*, *Latiharju*, *Planning* dan beberapa metode lainnya. Tiap-tiap metode memiliki karakter yang berbeda-beda, biasanya tergantung pada jenis kapal dan lambungnya.