

BAB II

DASAR TEORI

II.1. Pengertian Stabilitas Kapal

Stabilitas yang memadai merupakan salah satu syarat faktor terpenting dalam keamanan dan kenyamanan operasional kapal. Oleh karena aspek stabilitas sangat mempengaruhi operasi kapal maka perlu diuraikan lebih dahulu apa yang dimaksud dengan stabilitas pada kapal.

Stabilitas sebuah kapal adalah kemampuan untuk menegak kembali setelah kapal tersebut mengalami momen oleng sementara akibat gaya dari luar seperti angin, gelombang, perpindahan berat, air di dalam dek dan lain-lain (Soekarsono N.A, Teori Bangunan Kapal). Sedang dari jenisnya kita mengenal dua macam stabilitas :

1. Stabilitas Memanjang (terjadi pada waktu trim).
2. Stabilitas Melintang (terjadi pada olengan).

Pada umumnya stabilitas memanjang itu tidak perlu diperhitungkan, karena biasanya dianggap cukup besar. Maka yang selalu mendapat

perhatian pada waktu perencanaan kapal hanyalah stabilitas melintang saja.

Stabilitas pada sudut-sudut olengan yang kecil ($\leq 6^\circ$) disebut stabilitas awal.

Selanjutnya kita mengenal juga :

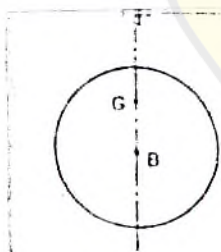
1. Stabilitas Statis.
2. Stabilitas Dinamis.

Baik stabilitas statis maupun dinamis itu ada yang positif, negatif dan nol.

II.2. Macam Keseimbangan.

Benda yang melayang itu dinyatakan seimbang kalau titik beratnya G dan titik tekannya B berada disuatu garis yang tegak (lihat gambar).

A. Benda Yang Melayang

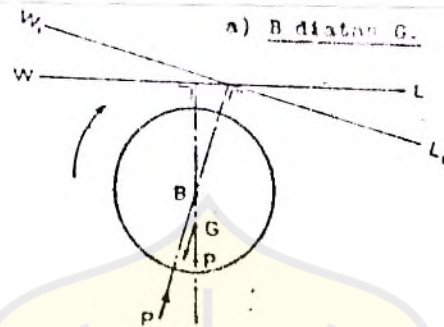


Gambar 1.

Benda yang melayang itu dinyatakan seimbang kalau titik beratnya G dan titik tekannya B berada di satu garis yang tegak. Dalam hal ini terdapat tiga kemungkinan, yaitu :

- a. B diatas G .
- b. B pada G .
- c. B dibawah G .

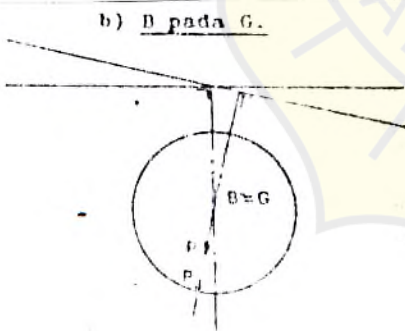
a. B diatas G



Gambar 2.

Dalam hal ini keseimbangan benda tadi dinyatakan stabil. Sebab kopel yang dibentuk oleh gaya apung dan berat benda akan menegak benda tersebut. maka stabilitasnya adalah positif (gambar 2).

b. B pada G



Gambar 3.

Dalam keadaan ini maka keseimbangannya dinyatakan *Indifferent* atau bimbang. Sebab garis gaya apung dan garis berat benda adalah berimpitan. Sehingga tidak terjadi apa yang disebut Koppel (Momen Koppel = 0). Maka dalam segala kedudukan benda tadi akan selalu seimbang sehingga stabilitasnya adalah nol (gambar 3).

c. B dibawah G

Dalam keadaan ini maka keseimbangan benda tadi dinyatakan Labil. Sebab disini ternyata bahwa koppel yang disebabkan oleh gaya apung dan berat benda bukannya akan menegakkan tetapi sebaliknya akan lebih melambungkan benda tersebut. Jadi stabilitasnya adalah negatif (gambar 4). Maka jika sebuah benda mempunyai keseimbangan yang labil ia akan berputar 180° , maka keseimbangannya akan menjadi stabil tetapi kepala benda tersebut berada di bawah.



Gambar 4.

B. Benda Mengapung



Gambar 5.

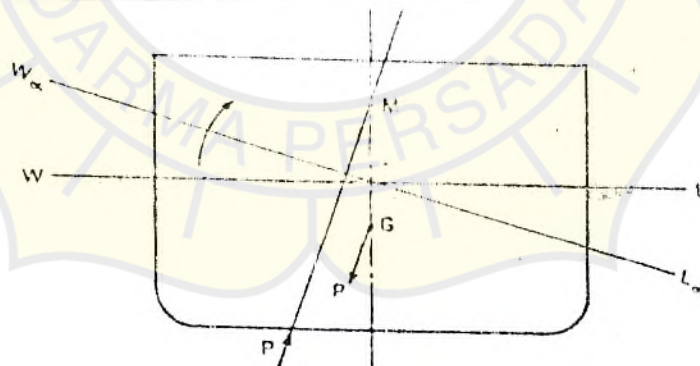
Benda mengapung dinyatakan seimbang kalau titik beratnya G dan titik tekannya B berada pada satu garis yang tegak (gambar 5). Bedanya dengan keseimbangan dari benda yang melayang adalah sebagai berikut :

- a. Keseimbangan dari benda yang melayang ditentukan oleh jarak antara G dan B .
- b. Keseimbangan dari benda yang mengapung di tentukan oleh jarak antara titik metasentra (M) terhadap titik beratnya (G).

Adapun letak M terhadap G itu terdapat juga 3 (tiga) kemungkinan, yaitu :

- a. M diatas G
- b. M pada G
- c. M di bawah G

a. M diatas G

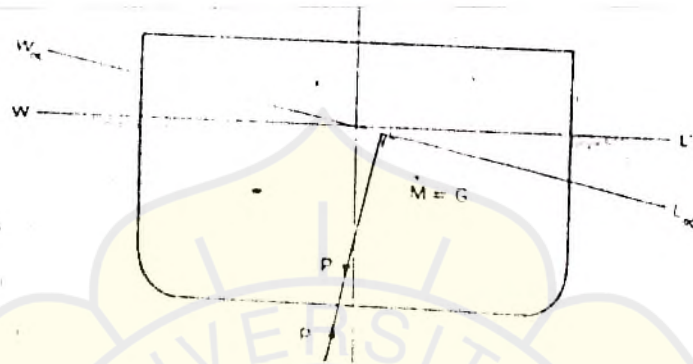


Gambar 6.

Dalam keadaan ini maka keseimbangan benda tadi dinyatakan Stabil, sebab gaya apung keatas dan gaya berat benda merupakan koppel yang

menyebabkan benda tersebut akan berdiri tegak lagi, maka stabilitasnya adalah positif (gambar 6).

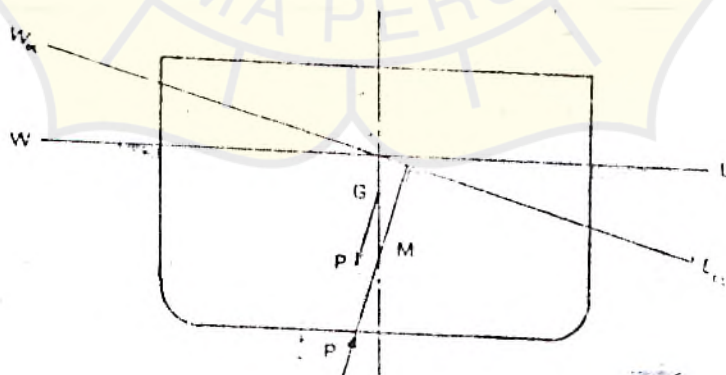
b. M pada G



Gambar 7.

Keseimbangan macam ini dinyatakan Indifferen. Sebab garis gaya apung dan garis berat benda tidak membentuk momen koppel karena terletak berimpitan (momen koppel = 0). Dengan demikian maka benda tadi dalam segala kedudukannya adalah seimbang sehinggang stabilitasnya adalah nol (gambar 7).

c. M di bawah G



Gambar 8.

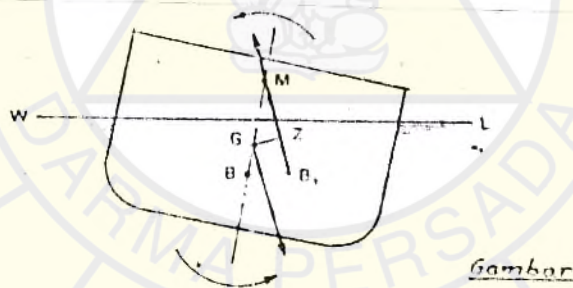
1. Berat beban menekan ke bawah melalui Centre of Gravity (G) atau titik pusat gaya berat.
2. Bouyancy menekan ke atas melalui titik pusat bouyancy (B).

Titik pusat gaya berat (G) dan titik pusat bouyancy (B) berada dalam satu garis vertical.

Ada tiga kemungkinan dalam kapal diam terapung, yaitu :

1. Keseimbangan Stabil (Stabil Equilibrium)

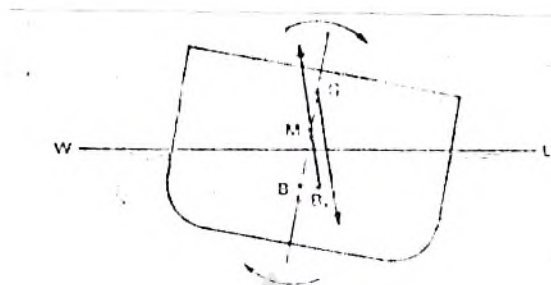
Keadaan ini bila kapal sedikit miring ke kanan atau ke kiri cenderung kembali tegak pada posisi semula (G di bawah N).



Gambar 9.

2. Keseimbangan Labil (Unstable equilibrium)

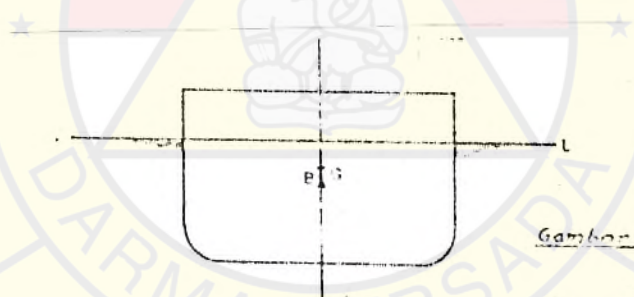
Bila kapal sedikit miring ke kanan atau ke kiri cenderung kembali tetapi lebih besar dari posisi tengahnya (G di atas M).



Gambar 10.

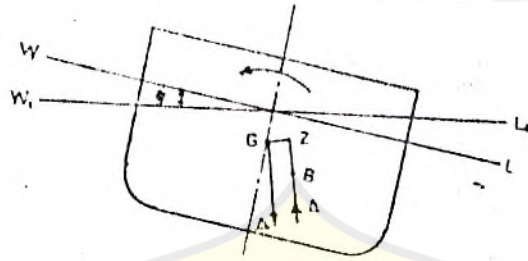
3. Keseimbangan Netral (Neutral Equilibrium)

Kadaan ini adalah yang jarang terjadi. Dapat juga terjadi bila G dan M berimpit.



Gambar 11.

Jika B dan G tidak segaris vertikal dan kedua tenaga yaitu bouyancy dan gaya berat. Meskipun tenaga tersebut sama besarnya dan arahnya berlawanan maka kapal bergerak sesuai arah panah (gambar 12).



Gambar 12.

Ini dikarenakan momen tenaga terhadap kapal adalah nol (0). Bila kapal dipaksakan miring dan di lepas kembali, maka kapal tersebut bergoyang (*Rolling*) dalam beberapa saat sehingga kedua tenaga (*action weight and bouyancy*) mencapai satu garis vertikal, baru kemudian kapal tenang dalam posisi semula terapung.

Meta Sentra Melintang (*Transverse Meta Centre*)

Pada gambar 13 menggambarkan penampang melintang kapal miring dengan sudut besar di posisi tegak, akibat kemiringan tersebut volume displasemen adalah sama. Dalam hal ini dinyatakan bahwa tidak ada beban dalam kapal tersebut yang digeser. Demikianlah bahwa centre gravitinya tidak berubah, meskipun displasemen sama tetapi bentuk volume displasemen berubah. Dengan ini titik bouyancy bergeser dari posisi awal.

Lihat gambar 13 dalam posisi tegak, garis air (water line) ialah WL sesudah kemiringan garis airnya berubah menjadi W_1L_1 . Volume yang berbentuk baji (*wedge*) yaitu W_sW disebut baji timbul dan L_sL disebut baji tenggelam.

Volume baji timbul dan baji tenggelam adalah sama, selama kapal tersebut tidak berubah displasemennya. Dengan catatan bahwa keadaan tersebut bila kemiringannya itu hanya untuk sudut yang kecil, dimana WL dan W_1L_1 berpotongan pada titik s yang jatuh pada garis tengah kapal.

Bila dalam kemiringan bersudut kecil dari posisi tegaknya maka titik pusat bouyancy berubah posisi B. Tenaga yang menekan ke atas lewat B yang mana beban kapal itu sendiri menekan vertikal ke bawah melalui titik berat G yang menjadi titik berat kapal.



Gambar 13.

Pada garis tengah yang berpotongan dengan B membentuk sudut kemiringan yang kecil pada titik M disebut *tranverse meta centre* (meta sentra melintang).

GZ tegak vertikal melalui titik B, sehingga terdapat tenaga yang berlawanan dengan jarak GZ. Demikian sistem dari koppel kedua tenaga tersebut cenderung kapal kembali pada posisi tegak. Pada kapal yang keseimbangan stabil (*stabel equilibrium*) untuk kemiringan ke kiri atau ke kanan, titik berat M selalu di atas centre gravity (titik berat) dari kapal.

Keadaan inilah untuk kapal niaga biasanya titik M tidak akan bergeser posisinya pada kemiringan lebih dari 15° . Di bawah ini ketentuan yang ada pada posisi yang berbeda.

Kesimpulan :

1. G terletak di bawah M, maka keseimbangan Stabil.
2. G terletak di atas M, maka keseimbangan Labil.
3. G berimpitan dengan M, maka keseimbangan Netral.

Jelasnya posisi dari centre gravity dan meta sentra melintang sangat penting sekali untuk diperhatikan dalam stabilitas kapal. Jarak GM disebut tinggi meta sentra vertikal (transverse meta centre height) dan bila M berada di atas G, tinggi meta sentra adalah negatif. Pada sudut kemiringan kecil, artinya M dalam keadaan konstan bila sudut tersebut di atas 15° .

$$GZ = GM \sin \phi$$

$$GZ = GM \sin \phi$$

Di koppel yang berlawanan dalam kapal

$$\Delta \times GZ \text{ atau } \Delta \times GM \sin \phi$$

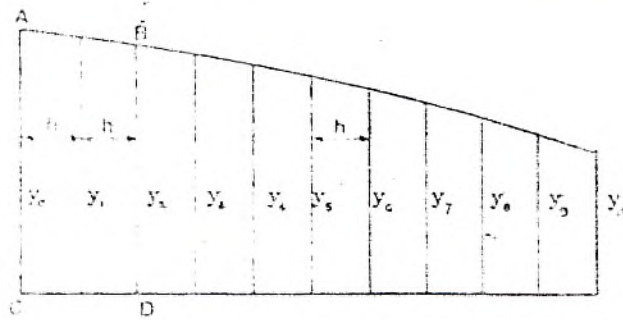
disebut momen stabilitas statis. Dalam metode meta sentra untuk penentuan stabilitas hanya dipakai pada sudut kecil dari 15° .

II.3. Dasar Teori Perhitungan Pada Stabilitas

1. Rumus Simpson Rule

A. Simpson's I = Simpson's First Rule

Rumus ini dipakai untuk mencari luas (area) pada kurva yang mempunyai jumlah ordinat ganjil dan jarak antara ordinat tersebut sama besarnya. Contoh pada gambar 14.



Gambar 14.

$$\begin{array}{cccccccc}
 1 & 4 & 1 & 1 & 4 & 1 & 1 & 4 & 1 \\
 & & & 1 & 4 & 1 & & 1 & 4 & 1 \\
 \hline
 1 & 4 & 2 & 4 & 2 & 4 & 2 & 4 & 2 & 4 & 1
 \end{array}$$

Luas ABCD = $h / 3 (Y_0 + 4Y_1 + Y_2)$

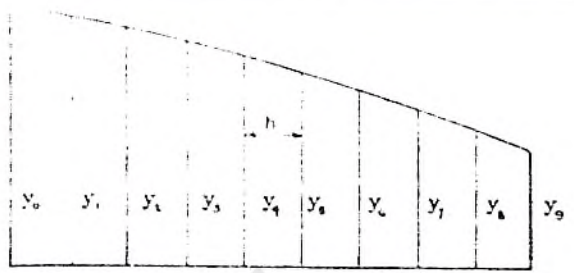
Dimana : h = Jarak yang sama panjang

B. Simpson's II = Simpson's Second Rule

Rumus ini dipakai untuk menghitung luas kurva yang jumlah ordinatnya sama dengan (3 n + 1) pada jarak yang sama, dimana 1, 2, 3, 4, dan seterusnya.

Pada gambar kurva AB di batasi oleh 4 ordinat yaitu : Y_0, Y_1, Y_2 dan Y_4 .

Contoh pada gambar 15.



Gambar 15.

$$\begin{array}{cccccccc}
 1 & 3 & 3 & 1 & & 1 & 3 & 3 & 1 \\
 & & & 1 & 3 & 3 & 1 & & \\
 \hline
 1 & 3 & 3 & 2 & 3 & 3 & 2 & 3 & 3 & 1
 \end{array}$$

Luas ABCD = $3h / 8 (Y_0 + 3Y_1 + 3Y_2 + Y_a)$

C. Hukum Tchebycheff

Luas Bidang = $L/n (Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n)$

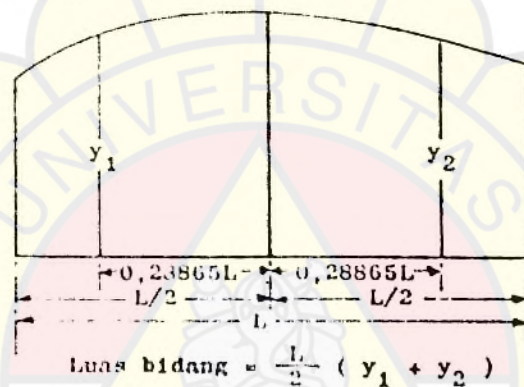
Dimana :

- L = Panjang Bidang
- n = Jumlah Ordinats
- Y = Panjang Ordinats

Kalau kita menggunakan hukum Tchebycheff, maka ordinat – ordinatnya mempunyai jarak yang tertentu tergantung dari jumlah ordinat yang digunakan.

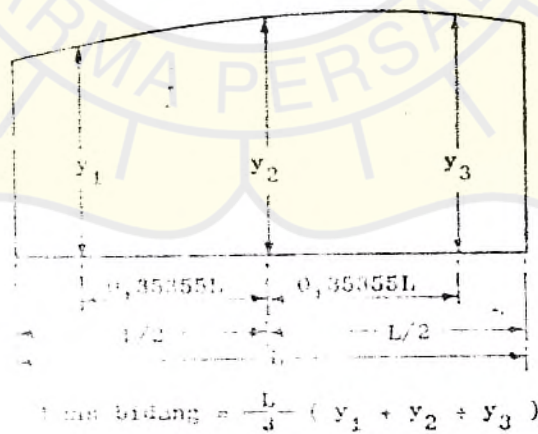
Contoh pada gambar 16 dan 17.

Untuk $n = 2$:



Gambar 16.

Untuk $n = 3$:



Gambar 17.

D. Rumus Moment Of Inertia

Momen luas dari suatu titik atau sumbu adalah sama dengan jumlah dari unsur – unsur luas bidang kali jarak tiap unsur dari titik tersebut. Dan untuk menyederhanakannya momen kelembaman dari luas bidang teratur dapat diperkecil dengan formula seperti di bawah ini :

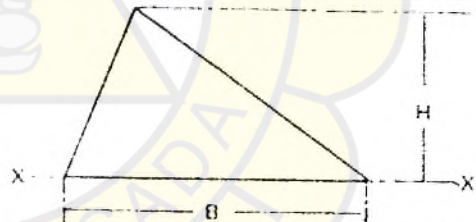
1. Untuk segi empat panjang.

$$I_{xx} = \frac{L \times B^3}{12}$$



2. Untuk segi tiga yang tingginya H dan garis dasar B terhadap sumbu – sumbu bidang melalui titik gaya berat dan tegak lurus terhadap H ialah :

$$I = \frac{B \times H^3}{6}$$



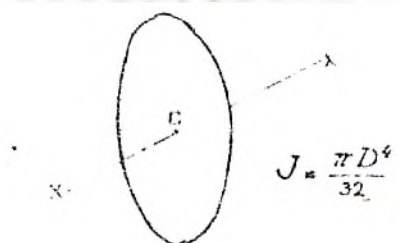
3. Untuk lingkaran yang berdiameter D terhadap sumbu bidang melalui titik pusat lingkaran adalah :

$$I = \frac{\pi \times D^4}{64}$$



4. Untuk lingkaran dengan sumbu polar.

$$J = \frac{\pi \times D^4}{32}$$



5. Untuk bulat panjang (ellips) yang berdiameter a dan b terhadap diameter a adalah :

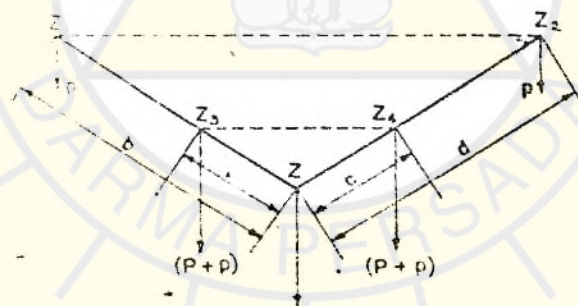
$$I = \frac{\pi \times a \times b^3}{64}$$

E. Hukum Pergeseran

Rumus Pergeseran :

$$Z_3 Z_4 = \frac{P \cdot Z_1 \cdot Z_2}{(P + \rho)}$$

Untuk lebih jelas lihat gambar 18.



Gambar 18.

Hukum pergeseran ini terbagi atas beberapa, yaitu :

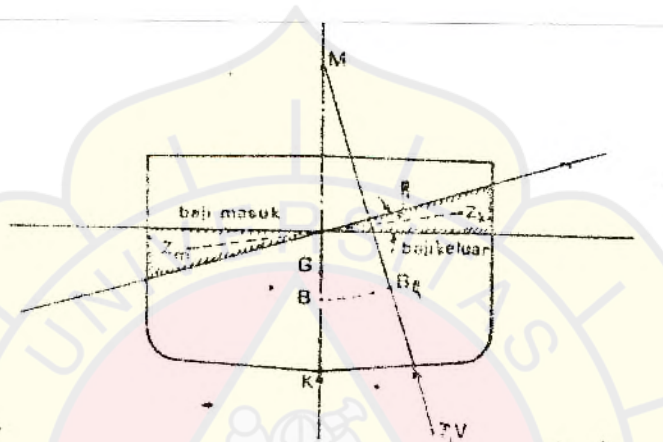
1. Pergeseran Titik Tekan (B).

$$BBQ = \frac{\omega \cdot z \cdot k^2 \cdot m}{V}$$

Dimana :

ω = Volume baji masuk / baji keluar

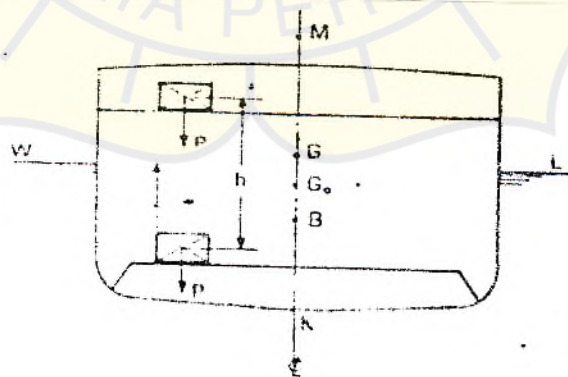
V = Volume kapal



Gambar 19.

2. Pergeseran Tegak.

$$GoG = \frac{P \times h}{p}$$



Gambar 20.

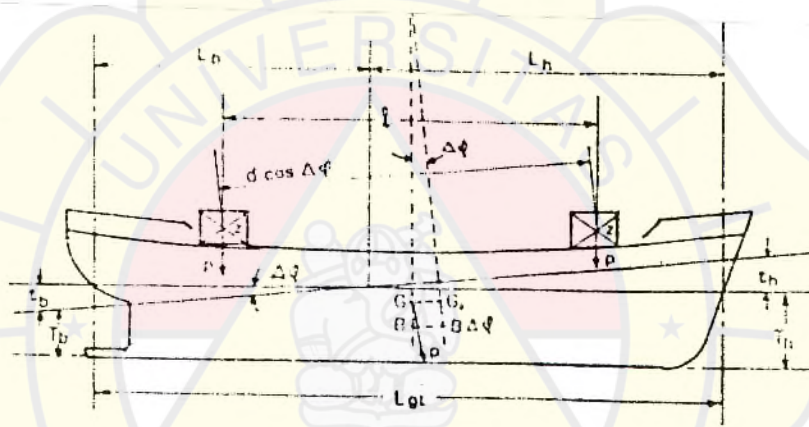
3. Pergeseran Datar Memanjang.

$$\text{Tg } \Delta Q l = \frac{P \times l}{p \times m_L G}$$

Dari gambar 21 ternyata kapal mengalami perubahan trim sebesar

T , maka :

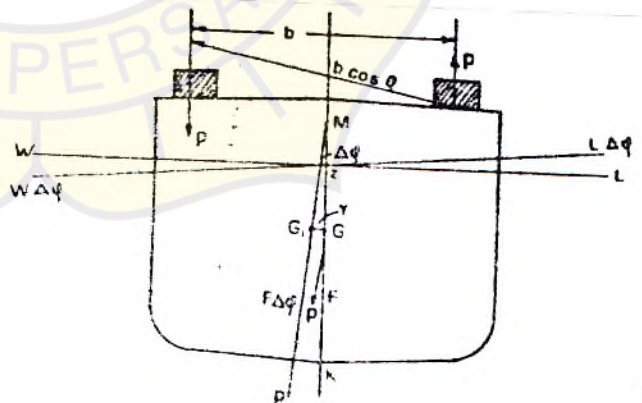
$$t = LGt = \frac{P \times l}{p \times m_L G}$$



Gambar 21.

4. Pergeseran Datar Melintang.

$$\text{Tg } \Delta \phi = \frac{P \times l}{p \times m_L G}$$



Gambar 22.