

**KOMPETENSI 1**  
**MENGINTERPRETASIKAN PERPINDAHAN TITIK APUNG (CENTER OF BUOYANCY) DAN TITIK BERAT (CENTER OF GRAVITY)**

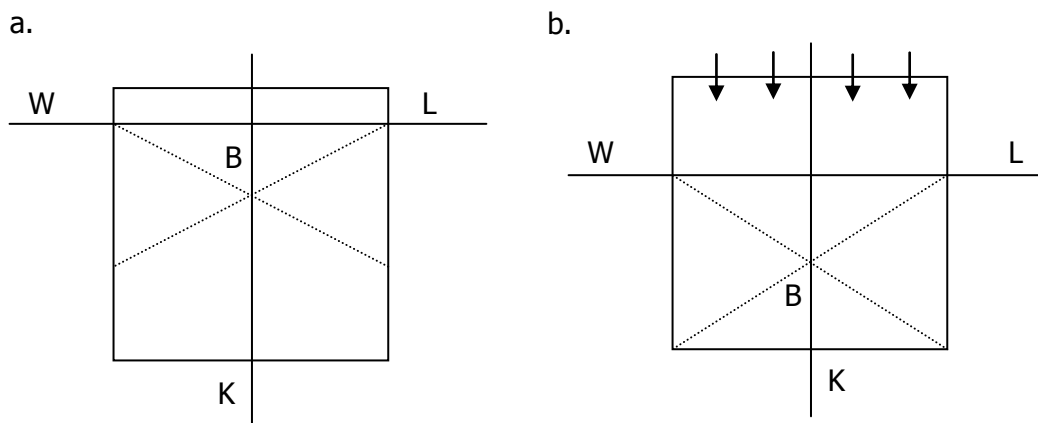
*Indikator : setelah mengikuti pembelajaran ini, siswa diharapkan agar dapat menginterpretasikan perpindahan titik apung dan titik berat dengan baik dan benar*

*Tujuan : siswa dapat menginterpretasikan perpindahan titik apung dan titik berat*

**1. Menginterpretasikan perpindahan titik apung (center of buoyancy) dan titik berat (center of gravity)**

**1.1 Perpindahan Titik Apung**

Mari perhatikan dengan seksama gambar dibawah ini, yang menunjukkan sebuah kapal dalam keadaan kosong dan kapal dalam keadaan diberi sejumlah beban.



Gambar 1. Kedudukan kapal dengan garis benaman yang berbeda

Keterangan :

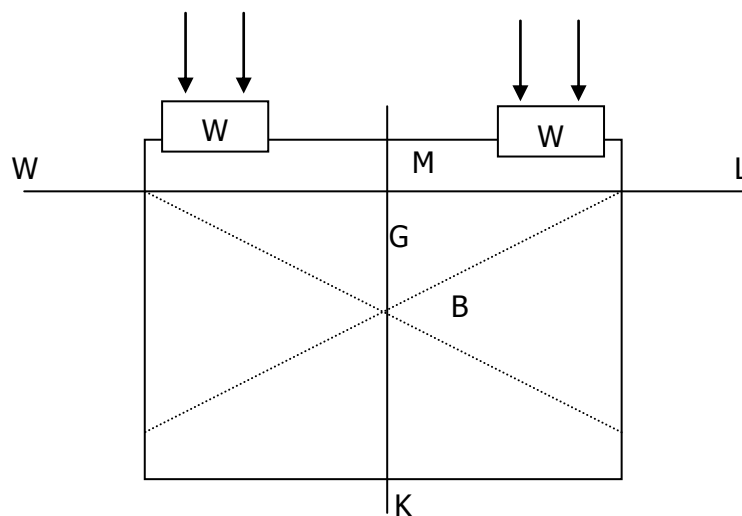
- WL = Water line = garis air
- B = Bouyancy = titik apung
- K = titik lunas

Pada gambar a menunjukkan bahwa kapal dalam keadaan kosong, dimana letak titik apung (b) berada tepat ditengah – tengah sarat (garis benaman). Sehingga pada kapal yang berbentuk kotak ini, besaran  $KB = \frac{1}{2} d$ .

Sekarang bandingkan dengan gambar b, dimana pada kapal tersebut sudah ditambah sejumlah muatan yang menyebabkan saratnya berubah, walaupun sama bahwa nilai KB pada kapal yang berbentuk kotak tersebut  $\frac{1}{2}$  kali sarat atau  $K_b = \frac{1}{2} d$ . ini menunjukkan bahwa dengan penambahan dan pengurangan muatan, maka letak titik apung akan berubah. Dimana besaran nilai KB sangat tergantung pada bentuk dasar kapal

### 1.2 Perpindahan titik berat (G)

Perpindahan titik apung juga berpengaruh terhadap perpindahan titik berat (G). jika ketak titik B berubah, maka titik G pun berubah. Perhatikan gambar dibawah ini.



Gambar 2. Kedudukan titik G dan B di Kapal

Keterangan :

- WL = water line = garis air
- W = bobot yang digeserkan
- M = titik metasentris
- B = buoyancy = titik apung
- K = titik lunas

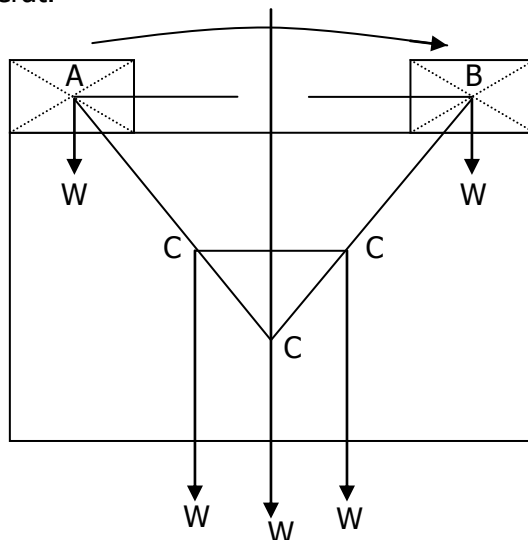
Titik berat sebuah kapal adalah titik tangkap dari semua gaya – gaya yang bekerja dibawah. Dalam kepustakaan lain dikatakan bahwa titik berat G adalah titik kerja resultante gaya berat seluruh bagian kapal, termasuk semua isi yang berada di dalamnya.

Pada gambar tersebut diatas, menunjukkan ketika kapal mendapat beban dari atas, maka letak titik apung dan titik berat berubah. Demikian juga letak garis air (WL) ikut berubah. Perubahan titik apung dan titik berat berpengaruh terhadap

stabilitas kapal. Mengingat perpindahan titik apung dan titik berat senantiasa berubah seiring dengan penambahan dan pengurangan muatan, maka terjadilah pergeseran gerak.

### 1.3 Menghitung KG Dengan Hukum Geser

Perhatikan di bawah ini, dimana terjadi pergeseran beban atau muatan di sebelah kiri ke sebelah kanan sejauh jauh jarak dalam hal ini adalah  $d$  atau  $AB$ . Pergeseran sejumlah beban bobot dari kiri ke kanan, juga berpengaruh terhadap kedudukan titik berat. Di mana dalam kondisi ini seakan – akan ada dua buah titik berat di kiri dan di kanan. Perubahan letak beban di kiri ke kanan atau dari atas ke bawah atau sebaliknya, itulah yang dinamakan pergeseran atau perpindahan titik berat.



Keterangan :

$W$  = Berat bobot yang digeserkan

$AB$  =  $d$

= Jarak geseran

= Titik berat kapal tanpa bobot geseran.

= Titik berat kapal dengan bobot geseran di sebelah kiri.

Gambar 3. Hukum Geser

= Titik berat kapal dengan bobot geseran setelah digeserkan ke kanan.

Ternyata bahwa, untuk dapat menyelaraskan antar teori dan praktek, di bawah ini terdapat beberapa contoh perhitungan memperoleh nilai KG sebagai akibat perpindahan titik apung dan titik berat.

Untuk menghitung sebuah stabilitas sebuah kapal tidak terlepas dari hukum geseran sebagai berikut :

$G$  berpindah ke  $G_1$  searah dengan perpindahan bobot geseran.

$$GG_1 // AB$$

$$GG_1 : AB = GG_2 : AG_2$$

$$GG_1 : d = W : \triangle$$

$$\triangle \cdot GG_1 = W \times d$$

$$GG_1 = \frac{W \times d}{\triangle}$$

Contoh 1 :

Displacement sebuah kapal ikan adalah 9.000 ton dengan KG = 22 kaki 800 ton ikan dipindahkan dari atas ke bawah sejauh 20 kaki. Berapakah KG setelah pemindahan ikan tersebut dilakukan (dikonversikan dalam meter) ?

Penyelesaian :

Diketahui :

$$W = 800$$

$$d = 20$$

$$\triangle = 9.000$$

Ditanya : KG ?

Jawab :

$$GG_1 = \frac{W \times d}{\triangle}$$

$$GG_1 = \frac{800 \times 20}{9.000} = 1,7$$

$$KG = 22 - 1,7 = 20,3 \text{ kaki} \times 0,3 \text{ m} = 6,09 \text{ m}$$

## 2. MENGHITUNG PERPINDAHAN TITIK APUNG DAN TITIK BERAT

Pada bab yang terdahulu telah dijelaskan bahwa dengan perpindahannya sejumlah beban atau bobot gesera di kapal dari atas ke bawah atau sebaliknya, menyebabkan telah terjadinya pergeseran titik GG1 dar Kg.

Perubahan ini digambarkan dengan rumus :

$$GG_1 = \frac{W \times d}{\Delta}$$

Maka :

$$KG = KG \text{ awal} \pm GG_1$$

Contoh 1 :

Berat benaman sebuah kapal ikan adalah 10.000 ton dengan KG = 20 kaki. Kemudian 500 ton ikan dipindahkan dari bawah ke atas sejauh 10 kaki. Berapakah KG setelah pemindahan tersebut (dikonversikan ke dalam meter) ?

Jawab :

$$GG_1 = \frac{W \times d}{\Delta}$$

$$= \frac{500 \times 10}{10.000}$$

$$= 0,5 \text{ kaki}$$

$$KG = KG \text{ awal} - GG_1$$

$$= 20 - 0,5 = 19,5 \text{ kaki}$$

$$= 19,5 \text{ kaki} \times 0,3 \text{ m} = 5,85 \text{ m}$$

Contoh 2 :

Berat benaman sebuah kapal ikan adalah 11.000 ton dengan KG = 23 kaki. Kemudian 600 ton muatan dipindahkan dari bawah ke atas sejauh 15 kaki. Berapakah KG setelah perpindahan tersebut (dikoversikan ke dalam meter) ?

Jawab :

$$GG_1 = \frac{W \times d}{\Delta}$$

$$= \frac{600 \times 15}{11.000}$$

$$= 0,8 \text{ kaki}$$

$$KG = KG \text{ lama} - GG_1$$

$$= 23 - 0,8 = 22,2 \text{ kaki}$$

$$= 22,2 \text{ kaki} \times 0,3 \text{ m} = 6,66 \text{ m}$$

Contoh 3 :

Sebuah kapal ikan mempunyai berat benaman yang diketahui besarnya, dengan KG = 25 kaki. Kemudian 500 ton muatan dipindahkan dari bawah ke atas sejauh 20 kaki. Jika KG setelah perpindahan tersebut adalah 26,6 kaki, berapakah berat benaman kapal tersebut (dikoversikan ke dalam meter) ?

Jawab :

$$KG = KG \text{ lama} + GG_1$$

$$26,6 = 25 + GG_1$$

$$GG_1 = 26,6 - 25$$

$$= 1,6 \text{ kaki}$$

$$GG_1 = \frac{W \times d}{\triangle}$$

$$1,6 = \frac{500 \times 20}{\triangle}$$

$$1,6 \times \triangle = 10.000$$

$$\triangle = \frac{10.000}{1,6}$$

$$= 6.870 \text{ ton}$$

$$= 6.870 \text{ ton} \times 0,3 \text{ m} = 21.061 \text{ ton}$$

contoh 4 :

sebuah kapal ikan mempunyai berat benaman 15.000, dengan KG yang belum diketahui besarnya. Kemudian 500 ton muatan dipindahkan dari atas ke bawah sejauh 10 kaki. Jika KG setelah perpindahan tersebut adalah 22,5 kaki, berapakah nilai KG sebelum pemindahan (dikoversikan ke dalam meter) ?

Jawab :

$$GG_1 = \frac{W \times d}{\triangle}$$

$$= \frac{500 \times 10}{15.000}$$

$$= 0,33 \text{ kaki}$$

$$KG \text{ baru} = KG \text{ lama} - GG_1$$

$$KG \text{ lama} = KG \text{ baru} - GG_1$$

$$= 22,5 - 0,33$$

$$= 22,17 \text{ kaki}$$

$$= 22,17 \text{ kaki} \times 0,3 \text{ m} = 6,651 \text{ m}$$

Contoh 5 :

Sebuah kapal ikan mempunyai benaman 15.000, dengan KG = 26 kaki. Kemudian sebuah muatan dipindahkan dari atas ke bawah sejauh 10 kaki. Jika KG setelah perpindahan tersebut 25 kaki, berapakah besaran bobot yang harus dipindahkan tersebut (dikonversikan ke dalam meter) ?

Jawab :

$$\text{KG baru} = \text{KG lama} - \text{GG}_1$$

$$\text{GG}_1 = \text{KG lama} - \text{KG baru}$$

$$= 26 - 25$$

$$= 1 \text{ kaki}$$

$$\text{GG}_1 = \frac{W \times d}{\triangle}$$

$$W = \frac{\text{GG}_1 \times \triangle}{d}$$

$$= \frac{1 \times 15.000}{10}$$

$$= 1.500 \text{ ton}$$

$$= 1.500 \text{ ton} \times 0,3 \text{ m} = 450 \text{ ton}$$

Contoh 6 :

Sebuah kapal ikan mempunyai benaman 10.000 ton, dengan KG = 25 kaki. Kemudian 500 ton muatan dipindahkan dari bawah ke atas dengan jarak yang belum diketahui. Jika KG setelah dipindahkan tersebut adalah 27 kaki, berapakah jarak muatan yang dipindahkan tersebut (dikoversikan ke dalam meter) ?

Jawab :

$$\text{KG baru} = \text{KG lama} + \text{GG}_1$$

$$\text{GG}_1 = \text{KG baru} - \text{KG lama}$$

$$= 27 - 25$$

$$= 2 \text{ kaki}$$

$$\text{GG}_1 = \frac{W \times d}{\triangle}$$

$$d = \frac{\text{GG}_1 \times \triangle}{W}$$

$$= \frac{2 \times 10.000}{500}$$

$$= 40 \text{ kaki}$$

$$= 40 \text{ kaki} \times 0,3 \text{ m} = 12 \text{ m}$$

### **3. Rangkuman**

Dalam uraian materi di atas dapat dirangkum sebagai berikut :

1. Untuk menghitung perpindahan titik tersebut berat dapat dipergunakan rumus pergeseran sebagai berikut :

$$GG1 = \frac{W \times d}{\triangle}$$

2. KG baru = KG lama  $\pm$  GG1
3. Rumus tersebut di atas masih dapat divariasikan yang disesuaikan dengan jenis soal dan pertanyaan.



**KOMPETENSI 2**  
**Menghitung TPI dan TPC**

*Indikator : Setelah Mengikuti Pembelajaran Ini, Siswa Diharapkan Agar Dapat Mengidentifikasi Satuan Muatan Kapal ( Perubahan Sarat Kapal ) Dengan Baik Dan Benar*

*Tujuan : Siswa Dapat Mengidentifikasi Satuan Muatan Kapal*

**1. Menghitung TPI dan TPC**

**1.1 Satuan Muatan Kapal ( Perubahan Sarat Kapal )**

Materi ini yang digunakan juga menghitung luas bidang air mempergunakan Simpson Rule. Untuk menghitung satuan muatan kapal (perubahan sarat kapal) diperlukan data TPI (*Tons Per Inch Immertion*) atau TPC (*Tons Per Inch Immertion*). Data tersebut dapat diperoleh dari *DWT Scae* atau *hydrostatic curve* dengan memakai argumen sarat rata – rata. TPI ialah jumlah berat yang harus dimuat atau dibongkar untuk mengubah sarat rata – rata kapal sebanyak satu inchi. Sedangkan TPC ialah jumlah yang harus dimuat atau dibongkar untuk mengubah sarat rata – rata kapal sebanyak satu centi meter. Bila dimuat bobot seberat W ton dan sarat rata – rata kapal bertambah dengan 1 inchi, maka  $W = TPI$  dan  $WW_1 = LL_1 = 1 = 1/12$  kaki.

Berat  $W = TPI$

= berat air yang dipindah sebuah kotak  $WW_1 LL_1$

Volume  $WW_1 LL_1 = AWP \times 1/12$

=  $\frac{AWP}{12}$  kaki<sup>3</sup>

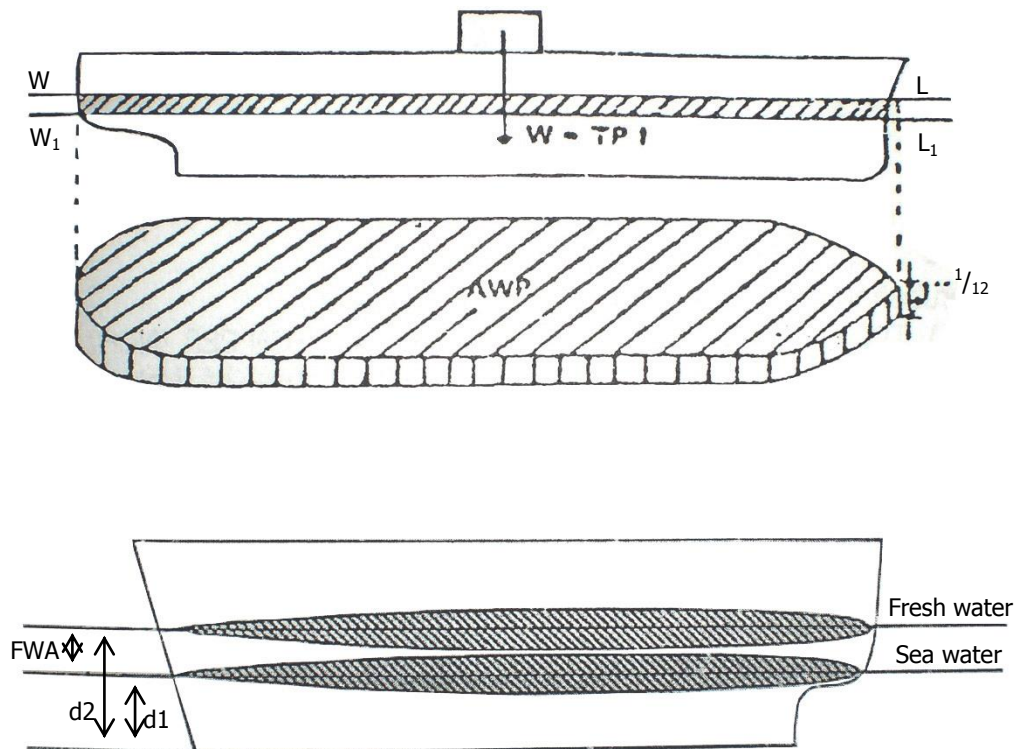
12

Beratnya =  $\frac{AWP}{12 \times 35} = \frac{AWP}{420}$

$A = AWP =$  luas bidang air

Jadi :

**$TPI = \frac{AWP}{420}$**



Gambar 4. Perubahan sarat kapal

Keterangan :

1 ton air laut volumenya 35 kaki<sup>3</sup>

1 ton air tawar volumenya 36 kaki<sup>3</sup>

$V_1$  = Volume badan kapal dalam air (air laut)

$V_2$  = Volume badan kapal dalam air (air tawar)

$D_1$  = Sarat rata – rata kapal di air laut

$D_2$  = Sarat rata – rata kapal di air tawar

FWA =  $d_2 - d_1$

Berat =  $\frac{Vol}{SF}$

Vol. = Berat x 35  $\Phi$  SF air laut = 35

$V_1$  = Displacement x 35 ft<sup>3</sup> x 1,025

$V_2$  = Displacement x 35 ft<sup>3</sup> x 1,000

Selisih Vol =  $(1,025 - 1,000) \times \Delta \times 35 \text{ ft}^3$

Selisih sarat (dalam feet) =  $\frac{0,025 \times \Delta \times 35 \times \text{ft}^3}{A \text{ ft}^3}$

$$\text{Selisih sarat (dalam inchi)} = \frac{0,025 \times \Delta \times 35 \times \text{ft}^3}{A}$$

$$\text{TPI} = \frac{A}{420}$$

$$A = \text{TPI} \times 420$$

$$\text{Selisih sarat (dalam inchi)} = \frac{1}{40} \times \frac{\Delta \times 35 \times 12''}{\text{TPI} \times 420}$$

$$\text{FWA} = \frac{\Delta}{40 \times \text{TPI}}$$

FWA = dalam inchi

TPI = Ton Per Inchi

a. Perubahan sarat karena muat atau bongkar di kapal :

$$(1) \text{ TPI} = \frac{A \text{ W P}}{12 \times 35}$$

TPI = TON PER INCHI air laut  
 AWP = Area Of Waterplane =  
 luas bidang air

12 = 1 feet (12 inchehs)

13 = SF air laut

$$(2) \text{ TPI} = \frac{A \text{ W P}}{\text{tawar}}$$

TPI = TON PER INCHI di air

$$12 \times 36$$

AWP = Area OF Waterplane =  
 luas bidang air

12 = 1 feet (12 inches)

36 = SF air tawar

$$(3) \text{ TPC} = \frac{1,025 \text{ AWP}}{100}$$

TPC = TON PER CM DI air  
 tawar

$$100$$

AWP = Area Of Waterplane =  
 luas bidang air

100 = 1 meter (100 cm)

b. perubahan BJ. Air dimana kapal mengapung :

Untuk menghitung perubahan sarat kapal diperlukan data FWA (Fresh Water Allowance) yang dapat diperoleh dari Load Line Certifikat atau PLimsoll Mark.

Nilai FWA adalah jarak garis muat S ke atau T ke TF.

$$(1) FWA = \frac{\triangle}{40 \times TPI}$$

FWA = dalam inchi

$\triangle$  = displacement

TPI = TON PER INCH

$$(2) FWA = \frac{\triangle}{4 \times TPC}$$

FWA = dalam mm

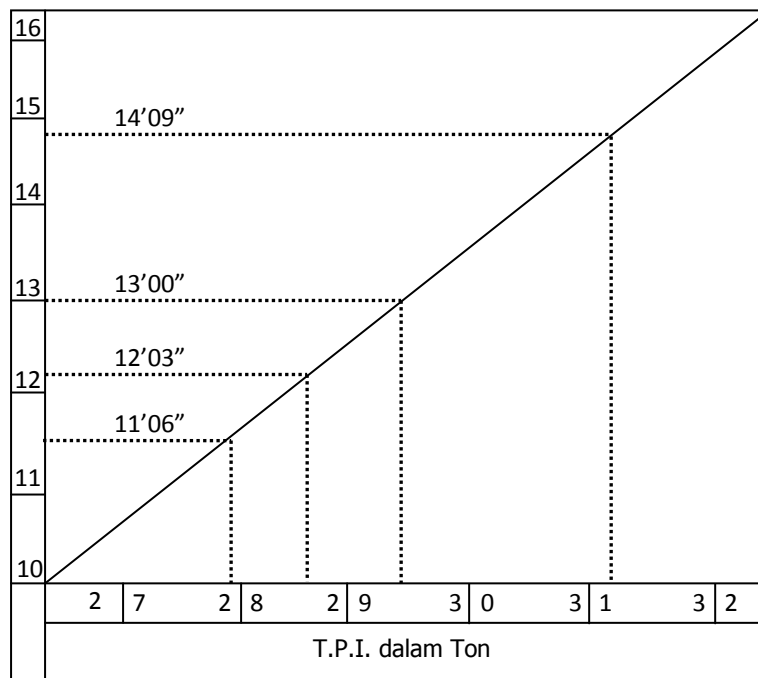
$\triangle$  = displacement

TPC = TON PER CM

Luas bidang air dari kapal berbentuk kotak adalah sama dalam semua keadaan sarat dan trim. Dengan sendirinya TPI nya akan sama setiap sarat. Oleh kerana bidang air kapal itu tidak sama untuk keadaan setiap sarat, maka nilai tidak sama atau berubah sesuai perubahan saratnya. TPI dihitung bagi sarat kapal kosong sampai kapal bermuatan penuh. Pada tabel atau grafik akan terdapat TPI pada sarat – sarat yang berurutan.

### 1.2. Lingkup TPI

Apabila menggambar lengkungan TPI, maka TPI itu digambar untuk setiap sarat yang bersangkutan. Pada umumnya lebih baik menggambar saratnya pada garis yang tegak dan TPI nya pada garis yang mendatar.



Gambar 5. Lengkung TPI

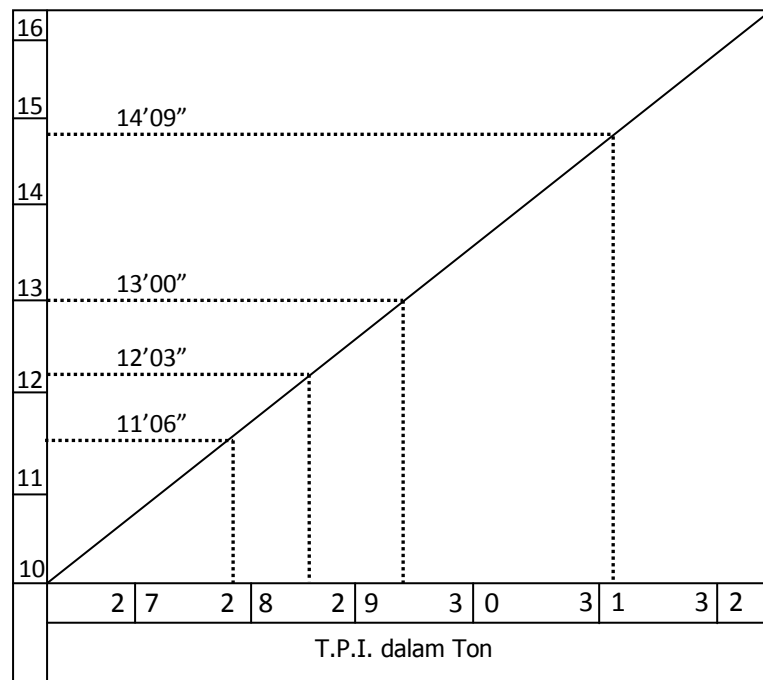
Contoh soal 1 :

Gambarkan grafik TPI dari data dibawah ini.

- Sarat rata – rata (*mean draft*) dalam kaki : 10 12 14 16  
TPI dalam ton : 26,5 28,5 30,4 32,3
- Dari diagram ini carilah TPI pada sarat 11 ` 06 ` dan 14 ` 00 `.
- Apabila kapal terapung pada sarat rata – rata yaitu 13`00` dan kemudian memuat 50 ton ikan tuna, 10 ton ikan lemuru, dan bahan bakar 25 ton, dengan ballast sebanyak 45 ton dipompa keluar/dibuang. Hitunglah sarat rata – rata terakhir ?

Jawab :

- Untuk diagram lihat gambar...



- TPI pada sarat : 11 ` 06 ` = 28,0 ton
  - : 12 ` 03 ` = 28,7 ton
  - : 14 ` 09 ` = 31,1 ton
- TPI pada sarat 13 ` 00 ` = 29,5 ton
- Dimuat ikan tuna = 50 ton  
Ikan lemuru = 10 ton

$$\begin{aligned}
 \text{Bahan bakar} &= 25 \text{ ton} + \\
 \text{Jumlah dimuat} &= 85 \text{ ton} \\
 \text{Dibongkar ballast} &= 45 \text{ ton} - \\
 \text{Jlh akhir muat} &= 40 \text{ ton} \\
 \text{Penambahan sarat} &= \frac{40}{29,5} \text{ ton} \\
 &= 00' 01,4'' \\
 \text{Sarat mula - mula} &= 13' 00'' + \\
 \text{Sarat rata -rata baru} &= 13' 01,4''
 \end{aligned}$$

Bila kertasnya segi panjang, maka yang memanjang dipergunakan skala displasemen dan lebarnya untuk skala sarat. adalah sangat penting agar skala dimulai dari angka 0 apabila diperlukan untuk mengetahui sarat – saratnya antara kapal kosong dan kapal bermuatan penuh.

## 2. Perhitungan TPI Dan TPC ( Satuan Muatan Kapal )

Rumus mencari FWA dalam inchi

Untuk mencari FWA dapat dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$\text{FWA} = \frac{\triangle}{40 \text{ TPI}}$$

Contoh soal :

Berat benaman sebuah kapal adalah 11.000 ton dan TPI untuk sarat musim panasnya 40. Hitunglah berapa FWA bagi kapal tersebut ?

Jawab :

$$\begin{aligned}
 \text{FWA} &= \frac{\triangle}{40 \text{ TPI}} \\
 &= \frac{11.000}{40 \times 40} \\
 &= \frac{11.000}{1.600} = 6,87 \text{ inchi}
 \end{aligned}$$

Rumus mencari FWA dalam centimeter (cm)

$$\text{FWA} = \frac{\triangle}{4 \times \text{TPC}}$$

Contoh soal :

Berat benaman sebuah kapal adalah 13.000 ton dan TPC nya 50.

Hitunglah FWA dalam cm ?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{FWA} &= \frac{\triangle}{4 \times \text{TPC}} \\ &= \frac{13.000}{4 \times 50} \\ &= 6,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Rumus mencari TPI

Untuk mencari TPI dapat dipergunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{TPI} = \frac{\text{AWP}}{420}$$

Contoh soal :

Sebuah kapal dengan panjang garis airnya 420 kaki dibagi – bagi ordinat – ordinat yang berjarak sama antara satu dan lainnya. Panjang ordinat untuk separuh bidang air adalah sebagai berikut : 0; 0,2; 0,8; 1,2; 2,5; 3,2; 3,5; 3,5;. Hitunglah luas bidang air dan TPI bagi sarat itu ?

Jawab :

No.	ordinat	Pengali	Hasil
a	0	1	1,0
b	0,2	4	0,8
c	0,8	2	1,6
d	1,2	4	4,8
e	2,5	2	5,0
f	3,2	4	12,8
g	3,5	1	3,5
		Jumlah	29,5

$$h = 420/6 = 70 \text{ kaki}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang air} &= 2 \times h/3 (a + 4b + 2c + 4d + 2e + 4f + g) \\ &= 2 \times 70/3 (29,5) = 1.376,7 \text{ kaki}^2 \end{aligned}$$

$$\text{TPI} = \frac{\text{AWP}}{420} = \frac{1.376,7}{420} = 2,28$$

### 3. Rangkuman

Dari uraian materi diatas, dapat dapat dirangkum sebagai berikut :

1. Untuk mencari FWA dalam inchi dapat dipergunakan rumus :

$$\text{FWA} = \frac{\triangle}{40 \text{ TPI}}$$

2. Untuk mencari FWA dalam mm dapat dipergunakan rumus :

$$\text{FWA} = \frac{\triangle}{4 \times \text{TPC}}$$

3. Untuk mencari TPI dapat dipergunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{TPI} = \frac{\text{AWP}}{420}$$

4. Untuk melukis TPI dapat dipergunakan lengkung TPI



## DAFTAR PUSTAKA

- Coakley, Ned; Y, Bnn; Glan Conway; Fishing boat construction: 2 Building a fibreglass fishing boat, Fao Fisheries Technical Paper, 321, Clwyd LL28 SSL UNJUK KERJA, Food And Agriculture Organization Of The United Nations; Rome, 1991
- Commercial Fishing Supplies, Commercial Long Line Gear Gear Options and LONGLINE HARDWARE, Bnsbane Road, Mooloolaba, Qld, Australia, 2007
- Departemen Kelautan dan Penkanaan Republik Indonesia, Identifikasi Beberapa Alat Penangkapan Ikan Yang Diperbolehkan dan Yang Dilarang Oleh Pemerintah Indonesia, 2003
- Departemen Kelautan dan Penkanaan Republik Indonesia, Juklak Prosedur Pengukuran dan Pengujian Kelayakan Kapal Perikanan. 2005
- Eldon j Levi, design and operation of a small two-boat purse seine, short papers and notes, National oceanic and atmosphenc administration, national marine fishenes service southeast
- Fao - Figis, Tuna Fishing Techniques Industnal Tuna Longlin ng Eishing Technology Service, Fiit 19-09-2003 Figs Fishing Techniques Fact Sheets, Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Semarang, 2005.
- Her Majesty's Stationery Office, The Fishing Vessels (Safety of 1S-24 Metre Vessels) Regulations 2002, Crown copyright 2002. ISBN O 11042712 2, HMSO, London, 2002
- Santos, Victor, Fishing Vessel Safety Regulations, Canadian Marine Advisory Council (Cmac), Discussion Paper, Ottawa, Ontario Kla On8, 2005
- Standar Nasional Indonesia, Bentuk Baku Kapal Pukat Cincin (Purse Seine) 75 - 150 GT, SNI-01-7239-2006
- Thomas Lamb, Ship Design and Construction, Volume 11, Published in 2004 byThe Society of Naval Architects and Manne Engineers 601 Pavonia Avenue, Jersey City, NJ, 07306, 2004