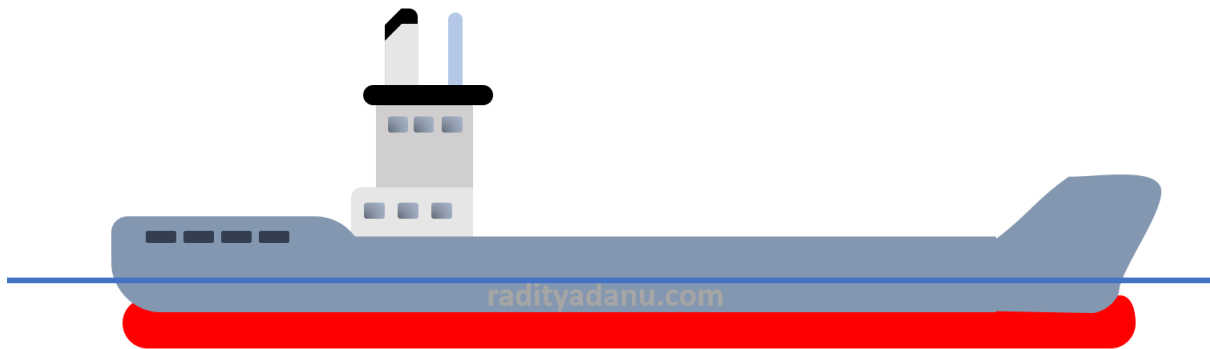


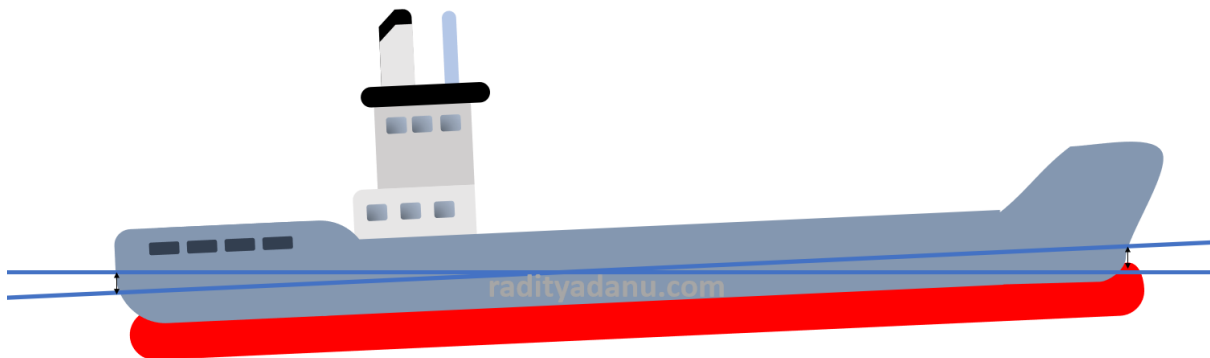
Trim

1 PENYEBAB TERJADINYA TRIM

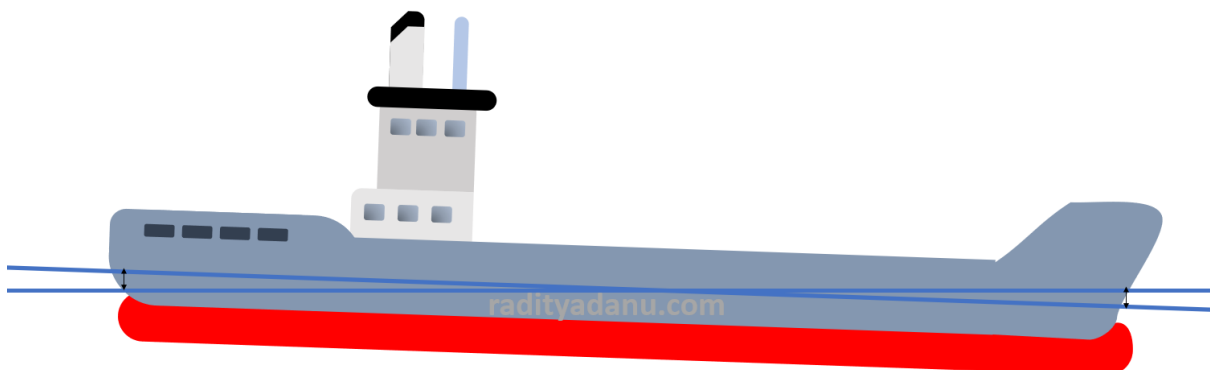
Secara harafiah, trim di istilah perkapalan di dalam Bahasa Indonesia berarti ‘anggukan’. Secara teknis, trim adalah list dalam sumbu longitudinal bangunan apung. Trim juga disebut sebagai stabilitas longitudinal = longitudinal stability. Trim, tidak seperti list, diukur dengan perbedaan draft antara *forward* dan *aft*. Jika perbedaan draft antara forward dan aft sama dengan nol, maka bangunan apung dalam posisi even keel. Ketika draft di forward lebih dalam daripada di aft, maka bangunan apung disebut trim by bow. Ketika draft di aft lebih dalam daripada di forward, maka bangunan apung disebut trim by stern.



Gambar 1. Even keel



Gambar 2. Trim by bow



Gambar 3. Trim by stern

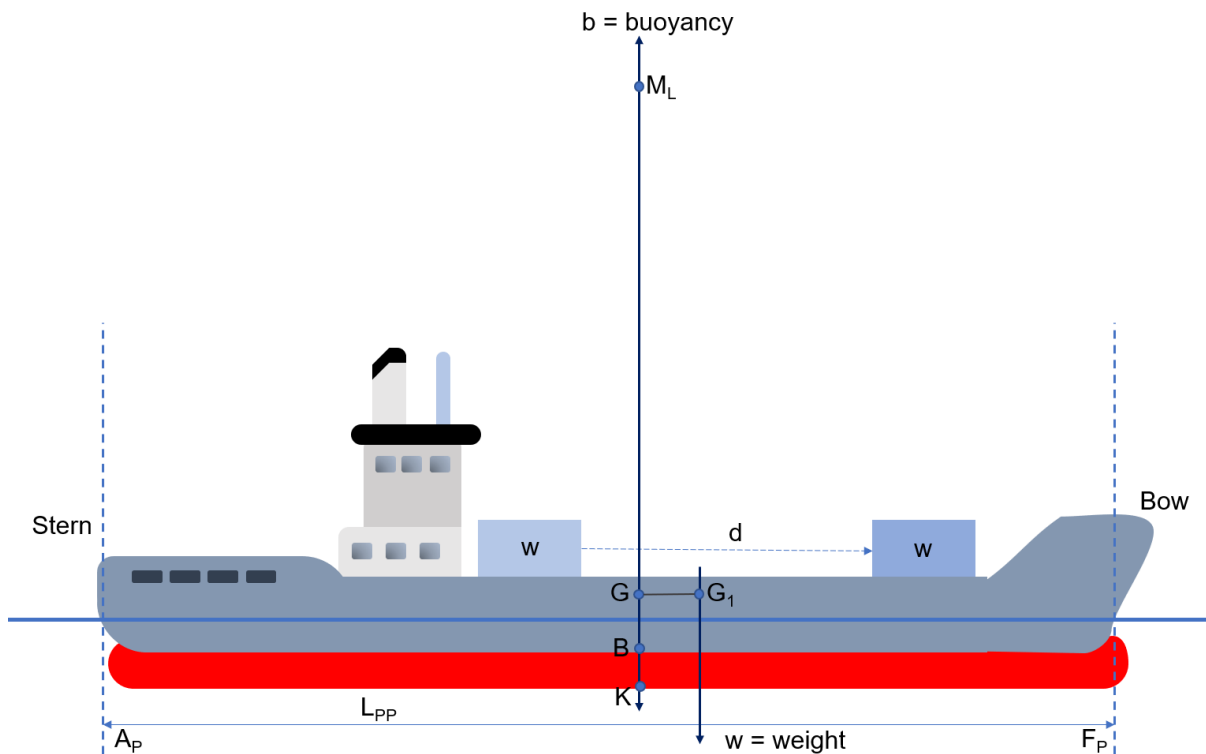
1.1 APA PENYEBAB TRIM?

Gambar 4 berikut merupakan kondisi bangunan apung dalam posisi upright dengan titik berat bangunan apung G dan titik tangkap gaya apung akibat displacement B, yang berada dalam satu garis lurus. Lalu terdapat muatan dengan berat 'w' yang sudah ada di atas bangunan apung, berpindah dengan jarak 'd'. Akibat perpindahan ini, titik berat G akhirnya berpindah ke titik berat baru G1. Sehingga jarak GG1 dapat dihitung dengan persamaan perpindahan beban:

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

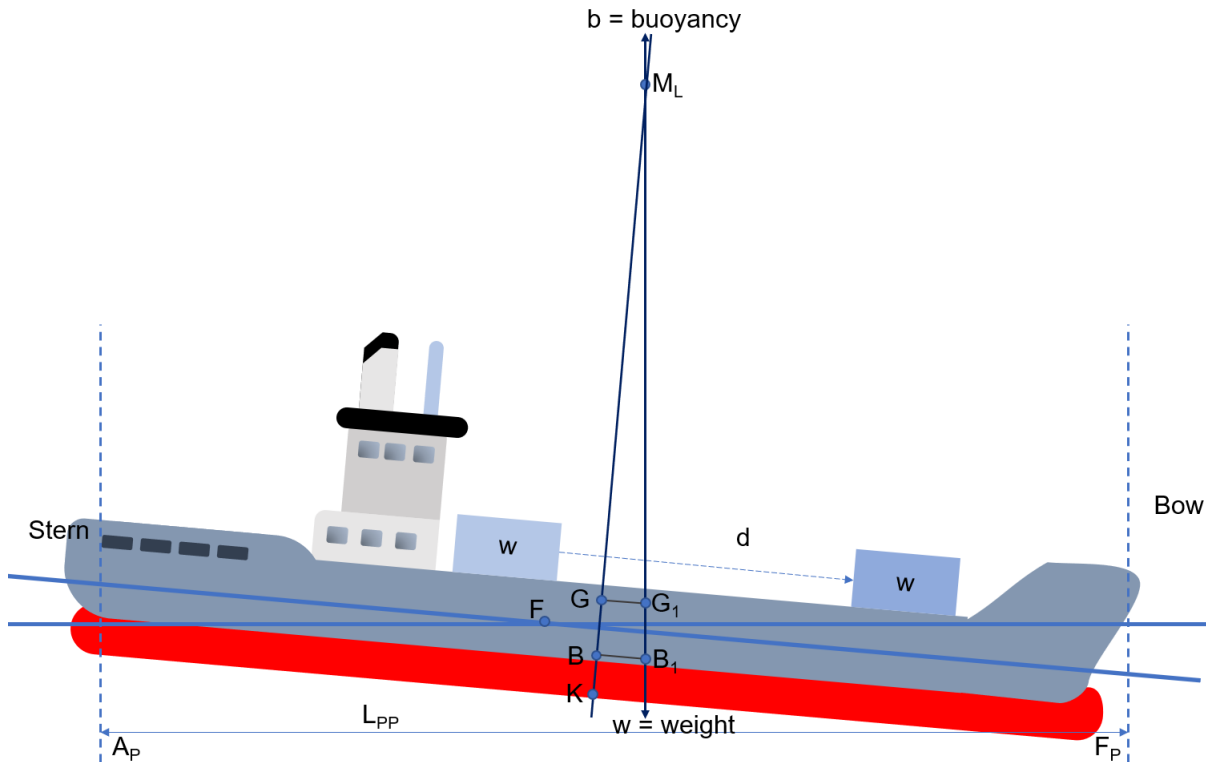
Sehingga momen penyebab trim $\Delta \times GG_1$ dapat dihitung dengan

$$\text{Trimming moment} = w \times d$$



Gambar 4. Mekanisme trim

Dapat dilihat dari persamaan di atas, ternyata momen trim adalah jarak perpindahan muatannya dikali dengan berat muatan yang dipindah. Setelah muatan dipindah, bangunan apung akan mengalami trim seperti tertera pada Gambar 5. Bangunan apung akan mengalami trim dengan titik tumpu di titik F. Air yang ada di baji LFL1 akan berpindah ke baji WFW1 dengan volume yang identic sama. Titik F, yang biasa disebut LCF (Longitudinal Center of Floatation) merupakan titik pusat 'rotasi' bangunan apung ketika terjadi trim, yang secara fisik mirip seperti titik pusat jungkat-jungkit. Semua perhitungan lengan momen dalam trim dimulai dari titik F.



Gambar 5. Bangunan apung yang mengalami trim

2 PERHITUNGAN TRIM PADA BOX SEDERHANA

Di bentuk bangunan apung box sederhana, LCF berada tepat di tengah, yaitu di centerline dan amidship pada draft tertentu. Namun pada bangunan bangunan apung, titik F biasanya berada di centerline namun agak belakang midship, atau dalam beberapa kasus ada di depan midship. Pada kuliah ini, jika titik F tidak disebutkan secara spesifik, maka titik F diasumsikan berada di centerline-midship.

Sama seperti di perhitungan list dan heel, titik-titik penting dalam kalkulasi stabilitas memanjang adalah M, G, B, K. Longitudinal metacenter M_L adalah titik perpotongan antara garis vertical gaya apung dengan sudut yang berbeda. Radius metacenter memanjang (longitudinal metacenter radius) BML, dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$BM_L = \frac{I_L}{V}$$

Dimana:

I_L = Longitudinal second moment of waterplane terhadap LCF (m^4)

V = volume displacement (m^3)

Sama seperti stabilitas transversal, melalui persamaan di atas dapat kita ketahui I_L pada bangunan box sederhana dengan mengingat bahwa I_L box adalah:

$$I_L = \frac{BL^3}{12}$$

Dimana

L = Panjang dari waterplane area

B = Lebar dari waterplane area.

Penting untuk diperhatikan bahwa alih-alih B yang dipangkatkan 3, dalam perhitungan trim, yang dipangkatkan 3 adalah nilai L, karena yang menahan momen di gerakan trim adalah sumbu longitudinalnya (searah dengan L bangunan apung).

Sehingga:

$$BM_L = \frac{BL^3}{12V}$$

$$BM_L = \frac{BL^3}{12 \times L \times B \times T}$$

$$BM_L = \frac{L^2}{12T}$$

Dimana:

L = Panjang bangunan apung berbentuk box (m)

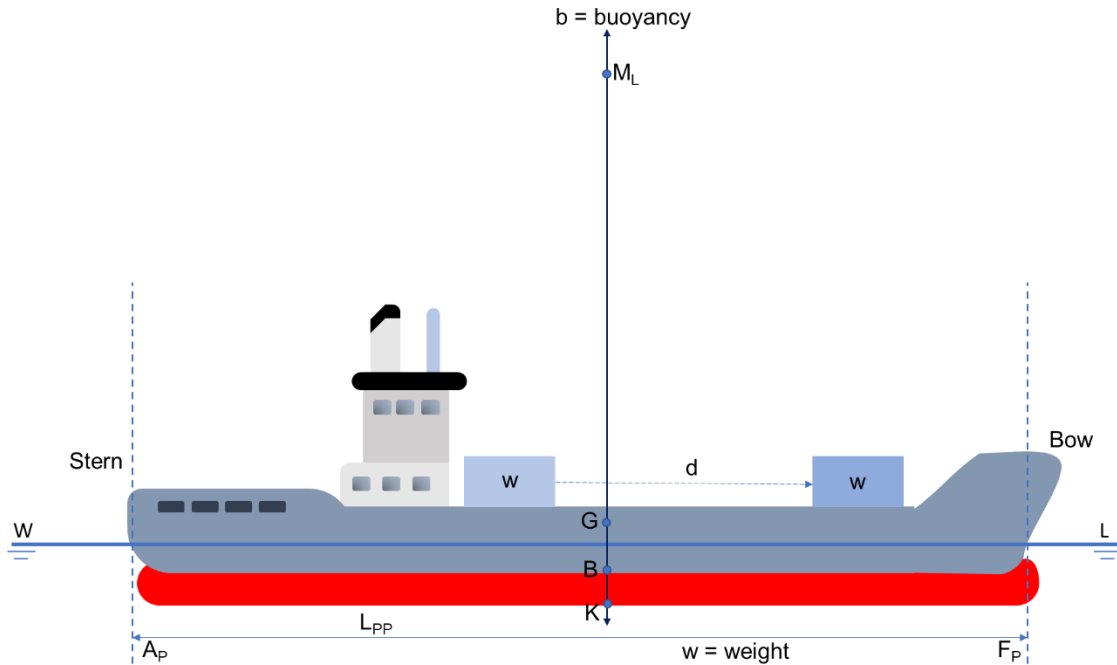
T = Draft bangunan apung berbentuk box (m)

Dari persamaan BML di atas, ternyata lebar bangunan apung B tidak memiliki pengaruh terhadap stabilitas longitudinalnya.

Satu catatan penting lagi, bahwa dalam perhitungan stabilitas memanjang, secara matematis nilai BML akan sangat tinggi karena panjang bangunan apung yang dipangkatkan 3, alih-alih lebar bangunan apung seperti di perhitungan stabilitas transversal. Secara fisik, tidak seperti stabilitas melintang dengan lengan momen yang kecil, lengan momen pengembali pada trim sangat besar karena panjang bangunan apung akan sangat berbeda jauh jika dibandingkan dengan lebarnya. Akibatnya, nilai jarak BG (jarak antara titik berat dan titik tangkap buoyancy force akibat displacement) akan sangat kecil jika dibandingkan dengan BM_L nya. Sehingga dapat dianggap valid bahwa dalam perhitungan stabilitas, nilai GM_L disubstitusikan dengan BM_L dengan error yang dapat dianggap tidak terlalu signifikan. Konsep ini sangat penting untuk dipegang, terutama dalam perhitungan MTC (Moment to Trim per 1 cm).

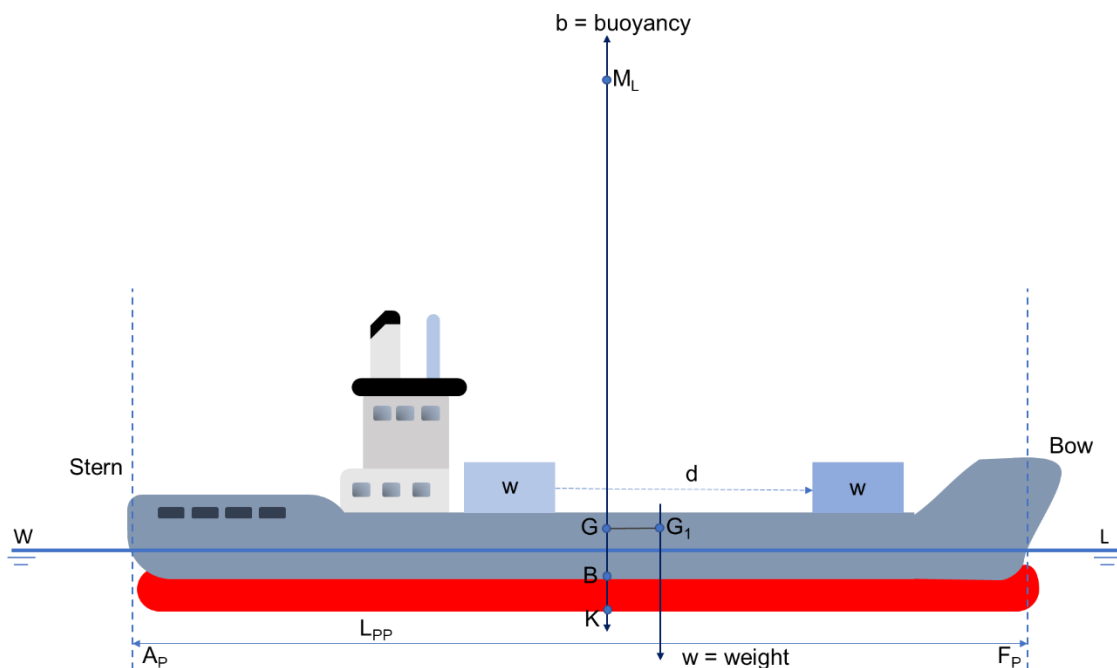
3 MTC (MOMENT TO TRIM PER 1 CM)

Gambar 6 adalah ilustrasi kapal dengan kondisi even keel dan dalam kondisi equilibrium. Kapal memiliki panjang L dengan asumsi $L = L_{pp}$.



Gambar 6. Kapal dengan kondisi even keel

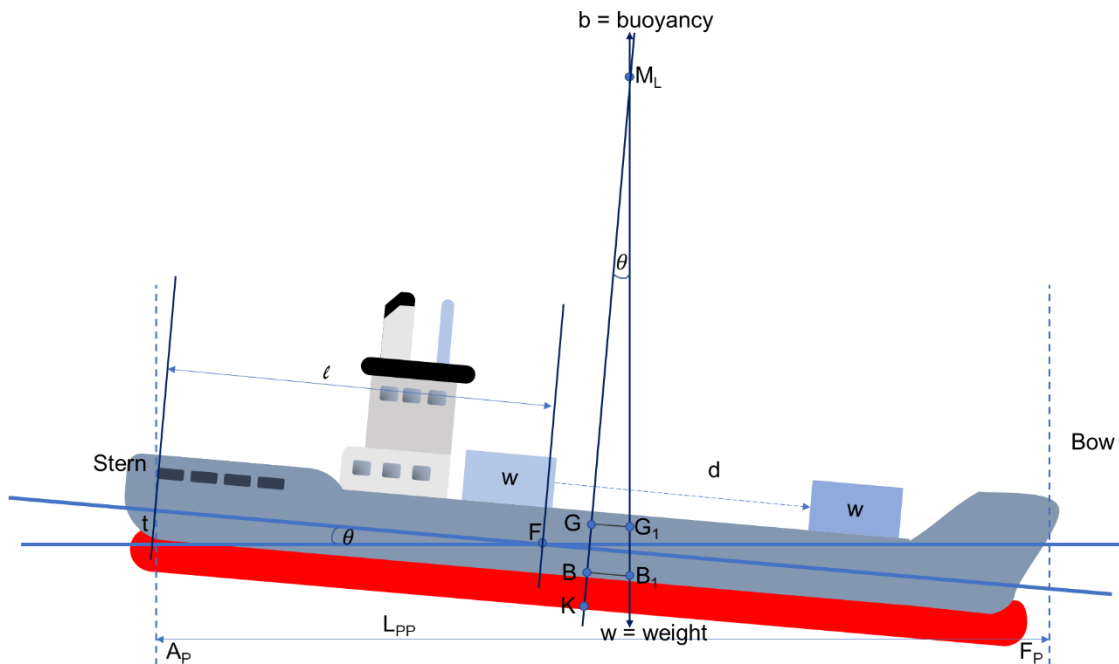
Lalu terdapat perpindahan muatan 'w' tonnes dari aft ke fore dengan jarak 'd' meters. Titik G sebagai titik berat kapal akan berpindah ke G_1 seiring dengan perpindahan muatan 'w', dengan moment trim = $\Delta \times GG_1$, seperti tertera di Gambar 7.



Gambar 7. Perpindahan w sejauh d akan mengakibatkan perpindahan G ke G_1

Dengan perpindahan titik berat seperti dijelaskan di atas, maka terjadilah trim yang menyebabkan titik B berpindah ke B_1 akibat berubahnya bentuk volume displacement yang di bawah garis air baru W_1L_1 . Titik tangkap gaya tekan ke atas akibat buoyancy akan berpindah sampai pada posisi B_1 dimana titik B_1 akan berada pada garis lurus vertical ke atas yang

sama dengan G_1 sehingga terjadi equilibrium baru akibat trimming, seperti tertera pada Gambar 8.



Gambar 8. Terjadinya trim akibat moment trim

Seperti yang telah dijelaskan di atas, bahwa titik 'putar' trim ada pada titik F, dengan panjang l jika diukur dari AP, dan dengan sudut trim θ . Longitudinal Metacenter (M_L) merupakan titik potong dua titik tangkap gaya apung akibat buoyancy pada kondisi even keel dan kondisi trim. Maka:

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

Dan

$$GG_1 = GM_L \tan \theta$$

Sehingga

$$\tan \theta = \frac{w \times d}{\Delta \times GM_L}$$

Perhatikan Gambar 9. Dengan sudut θ yang sama, dapat diketahui bahwa tangen θ adalah jarak trim (t) dibagi dengan jarak LCF ke AP (L).

Sehingga:

$$\tan \theta = \frac{t}{L}$$

Gambar 9. Theta merupakan depan/samping sudut, alias t/L

Jika kita asumsikan jarak trim (t) adalah 1cm maka:

$$\tan \theta = \frac{1}{100L}$$

Dengan demikian maka:

$$\frac{1}{100L} = \frac{w \times d}{\Delta \times GM_L}$$

Dimana *moment to trim* = $w \times d$, maka:

$$\frac{1}{100L} = \frac{\text{moment to trim}}{\Delta \times GM_L}$$

Seperti yang telah dijelaskan di atas bahwa jarak trim (t) adalah 1 cm maka persamaan di atas merupakan persamaan *moment to trim* per 1 cm, atau dapat dituliskan sebagai:

$$\text{moment to trim per 1 cm} = \mathbf{MTC} = \frac{\Delta \times GM_L}{100L} \text{ (tonnes.m per cm)}$$

Karena $GM_L \approx BM_L$, maka persamaan di atas dapat didekat dengan:

$$\mathbf{MTC} = \frac{\Delta \times BM_L}{100L_{CF}} \text{ (tonnes.m per cm)}$$

Dimana:

MTC = Moment to trim per cm (tonnes.m)

BM_L = Longitudinal metacenter radius

L_{CF} = Longitudinal center of floatation dihitung dari AP

4 MENENTUKAN PERUBAHAN DRAFT AKIBAT TRIM

Berikut adalah persamaan untuk menentukan perubahan draft pada AP dan FP akibat trim.

$$\text{Change of draft AP (cm)} = \frac{L_{CF}}{L_{PP}} \times \text{Change of trim (cm)}$$

$$\text{Change of draft FP (cm)} = \frac{L_{PP} - L_{CF}}{L_{PP}} \times \text{Change of trim (cm)}$$

4.1 CONTOH 1: MENENTUKAN PERUBAHAN DRAFT KARENA PERPINDAHAN MUATAN DI ATAS KAPAL

Kapal dengan LPP 126 m memiliki draft di kondisi even keel 6 m di AP dan FP. Posisi LCF 3 m ke arah AP dari midship. MTC = 240 tonnes.m. Displacement = 6000 tonnes. Tentukan draft baru jika muatan yang sudah ada di atas kapal seberat 120 tonnes, berpindah ke arah forward dengan jarak 45 m!

STEP 1. Menghitung trimming moment dan change of trim

$$\begin{aligned} \text{Trimming moment} &= w \times d \\ &= 120 \times 45 \\ &= 5400 \text{ tonnes.m ke arah forward} \end{aligned}$$

$$\text{Change of trim} = \frac{\text{trimming moment}}{MTC}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5400}{240} \\
 &= 22.5 \text{ cm ke arah forward}
 \end{aligned}$$

STEP 2. Menghitung change of draft di AP dan FP

$$\begin{aligned}
 \text{Change of draft AP} &= \frac{L_{CF}}{L_{PP}} \times \text{change of trim} \\
 &= \frac{60}{126} \times 22.5 \\
 &= 10.7 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Change of draft FP} &= \frac{L_{PP} - L_{CF}}{L_{PP}} \times \text{change of trim} \\
 &= \frac{126 - 60}{126} \times 22.5 \\
 &= \frac{66}{126} \times 22.5 \\
 &= 11.8 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

STEP 3. Menghitung new draft akibat trim

B	AP (M)	FP (M)
ORIGINAL DRAFT	6.000	6.000
CHANGE DUE TO TRIM	-0.107	+0.118
NEW DRAFT	5.893	6.118

4.2 MENGHITUNG MTC DAN PERUBAHAN TRIM PADA BANGUNAN APUNG BOX SEDERHANA

Bangunan apung sederhana berbentuk box dengan ukuran L x B x H = 90 x 10 x 6 m mengapung di air laut dengan kondisi even keel dengan draft = 3 m. Tentukan draft baru di AP dan FP jika terdapat muatan yang sudah ada di atas kapal dengan berat 64 tonnes bergeser 40 meter ke AP.

STEP 1. Menghitung BM_L

$$\begin{aligned}
 BM_L &= \frac{L^2}{12T} \\
 &= \frac{90 \times 90}{12 \times 3} \\
 &= 225 \text{ m}
 \end{aligned}$$

STEP 2. Menghitung MTC

$$\begin{aligned}
 \Delta &= L \times B \times T \times \rho_{sw} \\
 &= 90 \times 10 \times 3 \times 1.025 \\
 &= 2767.5 \text{ tonnes}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MTC} &= \frac{\Delta \times BM_L}{100L_{PP}} \\
 &= \frac{2767.5 \times 225}{100 \times 90} \\
 &= 69.19 \text{ tonnes.m/cm}
 \end{aligned}$$

STEP 3. Menghitung perubahan draft

$$\begin{aligned}
 \text{Change of trim} &= \frac{w \times d}{MTC} \\
 &= \frac{64 \times 40}{69.19} \\
 &= 37 \text{ cm ke arah AP}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Change of draft AP} &= \frac{LCF}{LPP} \times \text{Change of trim} \\
 &= \frac{45}{90} \times 37
 \end{aligned}$$

$$\text{Change of draft AP} = \text{Change of draft FP} = 18.5 \text{ cm}$$

STEP 4. Menghitung new draft akibat trim

	AP (M)	FP (M)
ORIGINAL DRAFT	3.000	3.000
CHANGE DUE TO TRIM	+0.185	-0.185
NEW DRAFT	3.185	2.815