

# **BANGUNAN DAN STABILITAS**

## **POLITEKNIK KELAUTAN DAN PERIKANAN SORONG**

**BADAN RISET DAN SUMBER DAYA MANUSIA KELAUTAN DAN PERIKANAN**

## ***PENGERTIAN STABILITAS***

# PENGERTIAN STABILITAS

Stabilitas atau keseimbangan adalah sifat/kecenderungan dari sebuah kapal untuk kembali berkedudukan semula setelah mendapat gaya luar.

Stabilitas Kapal Perikanan adalah

Kecenderungan kapal untuk kembali ke kesetimbangan awal setelah mendapatkan gaya luar (angin, arus, gelombang) akibat operasi penangkapan ikan.

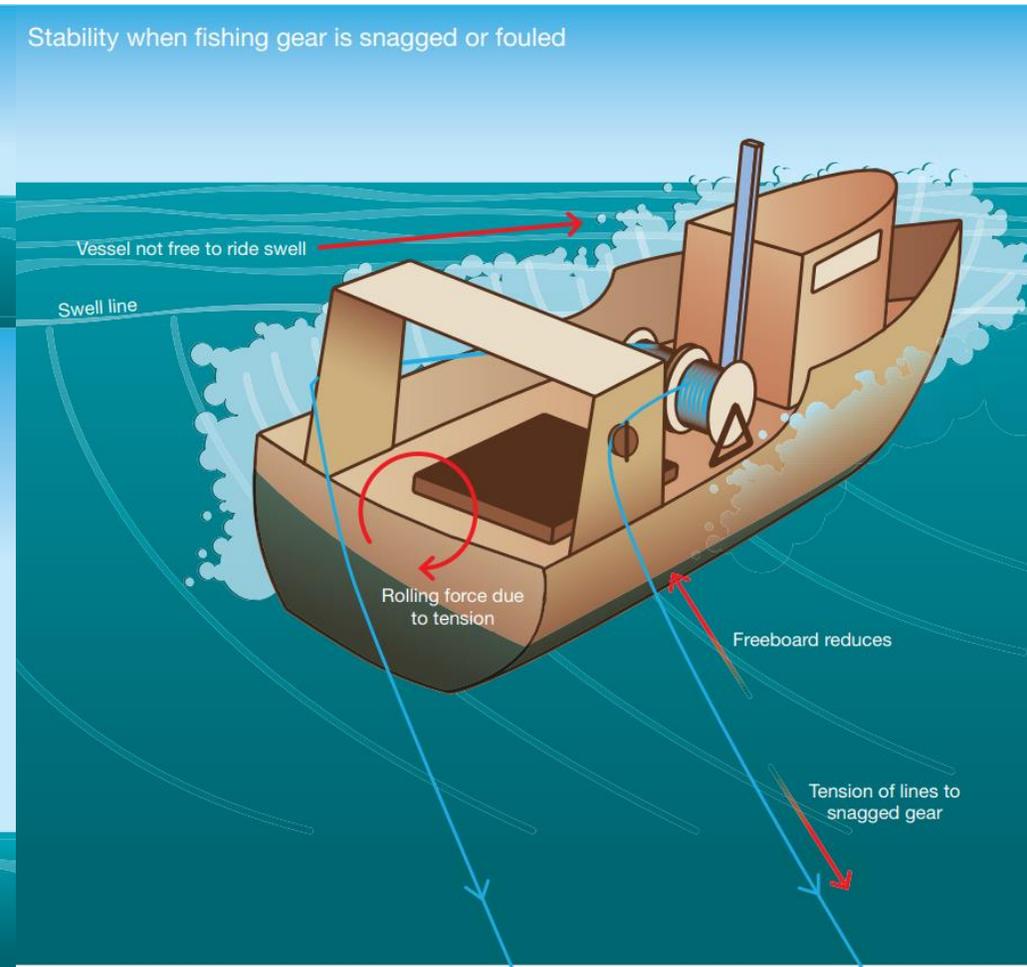
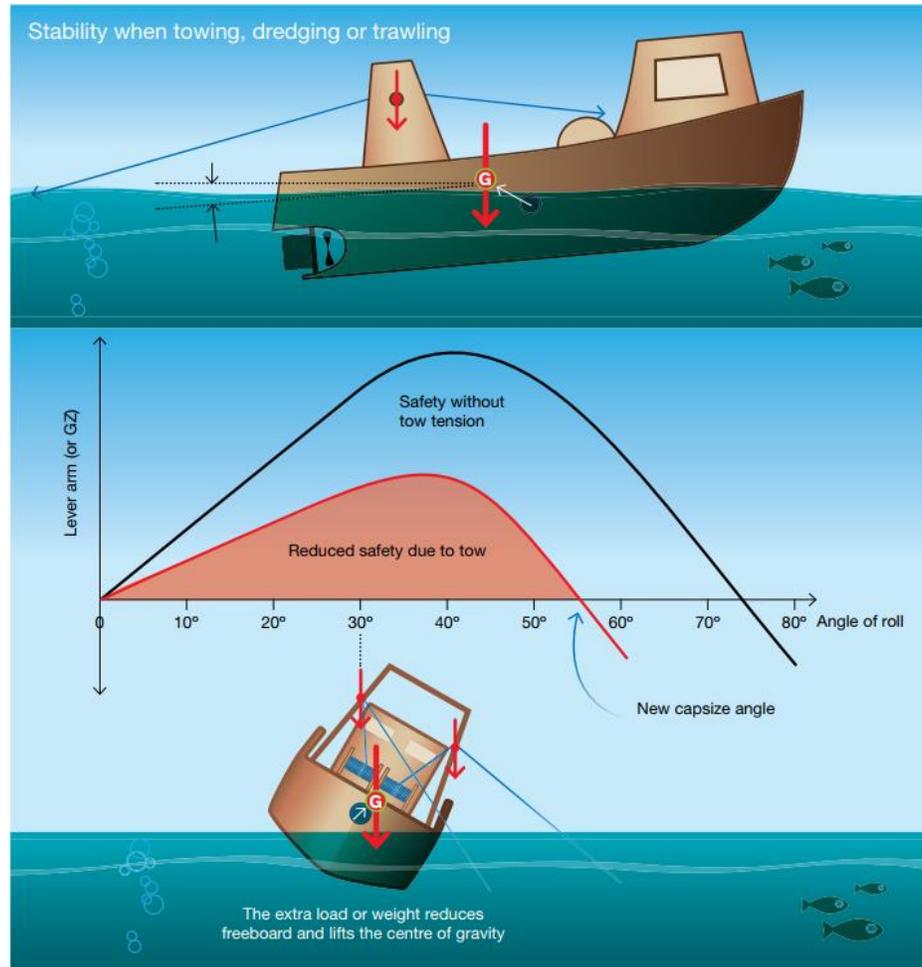
Hal - hal yang mempengaruhi keseimbangan kapal :

## 1. Faktor Internal

- Tata letak barang/cargo

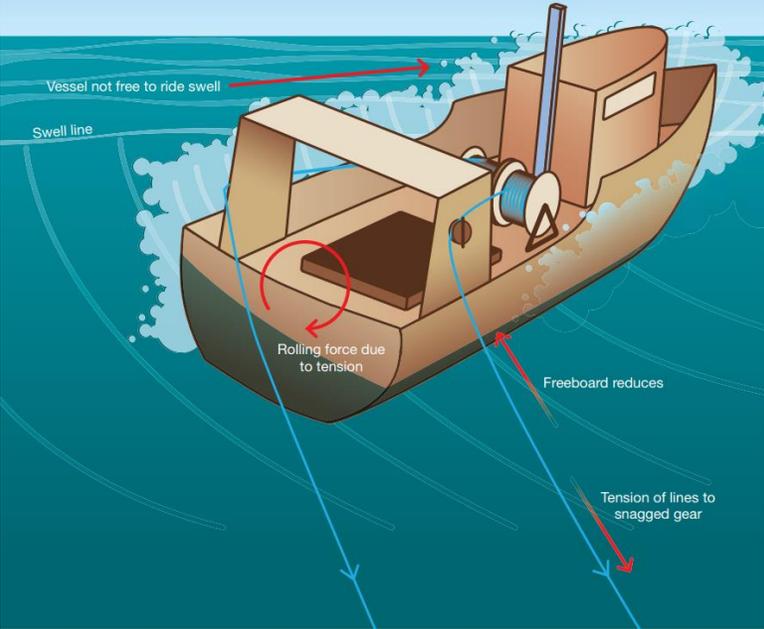
## 2. Faktor Eksternal

- Angin
- Arus
- Ombak
- Badai

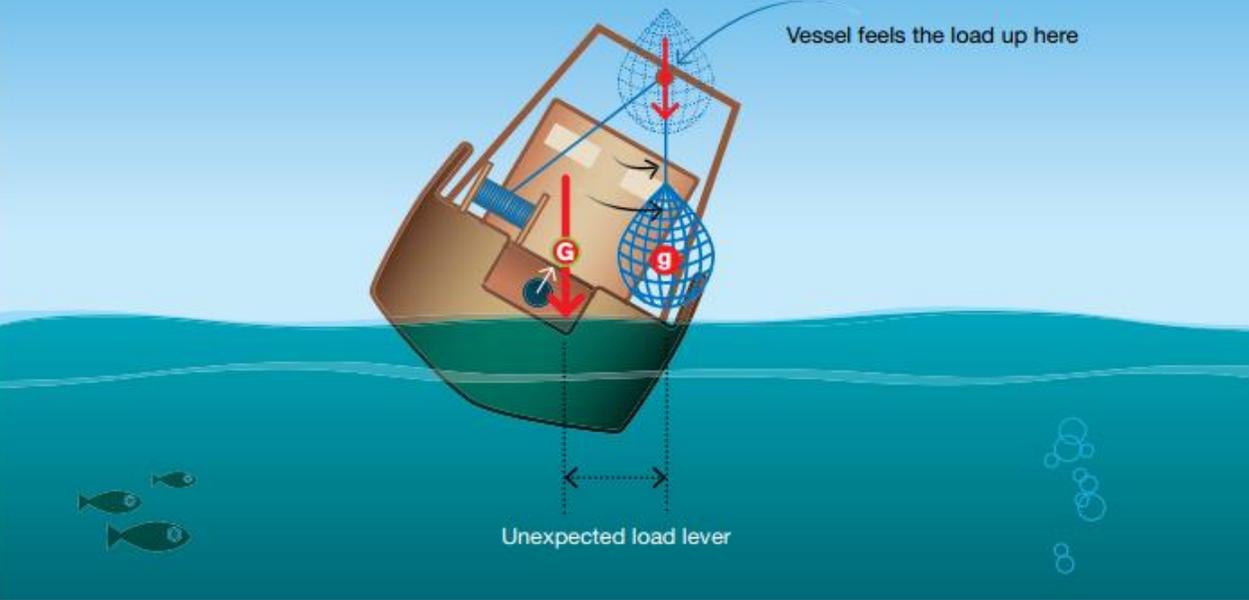


# Kapal Ikan Saat Operasi Penangkapan

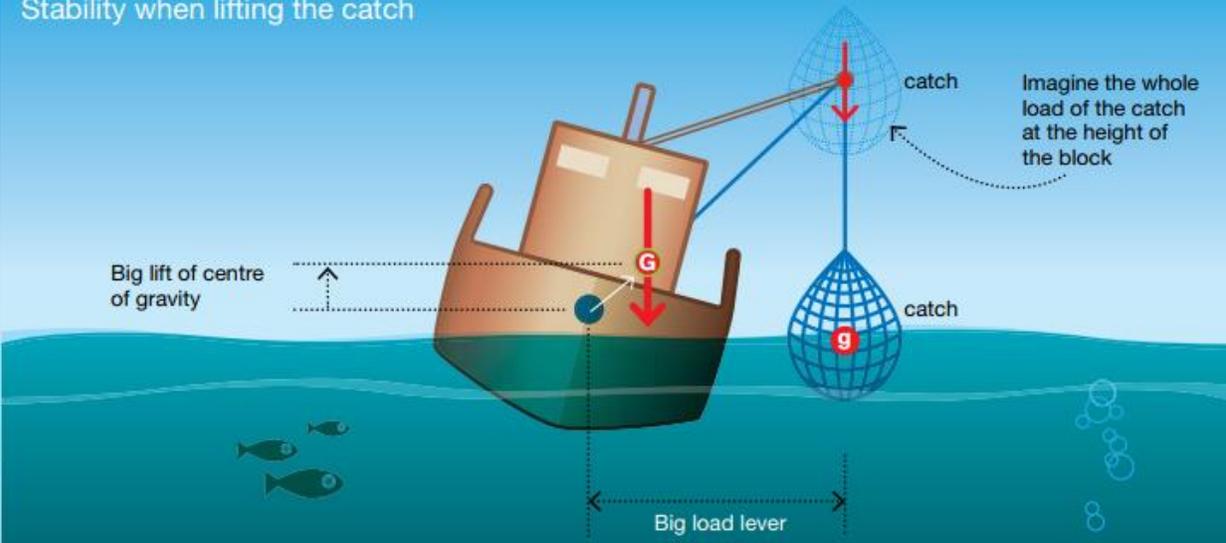
Stability when fishing gear is snagged or fouled



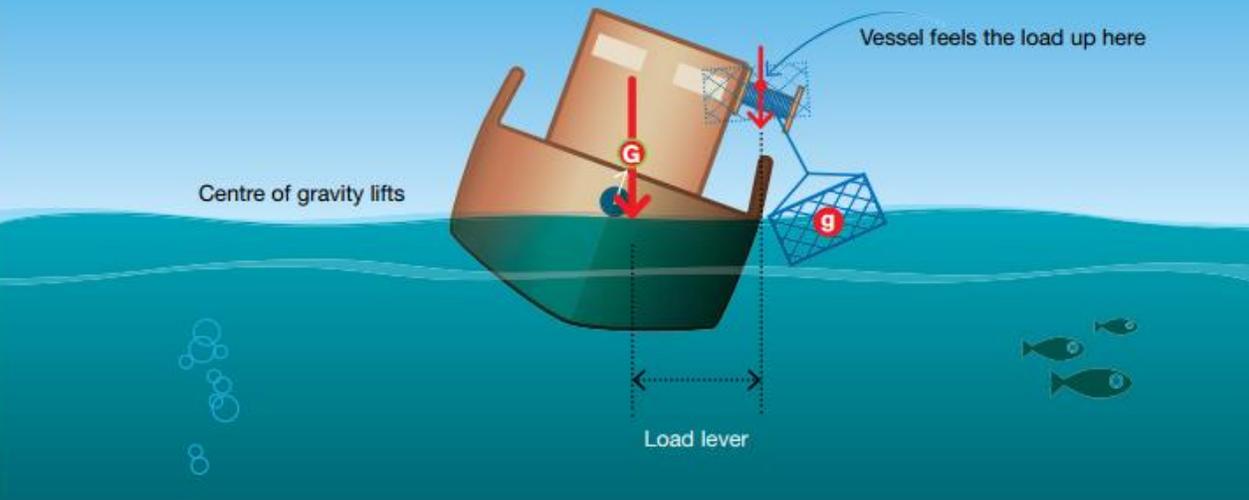
Lifting the catch at the stern



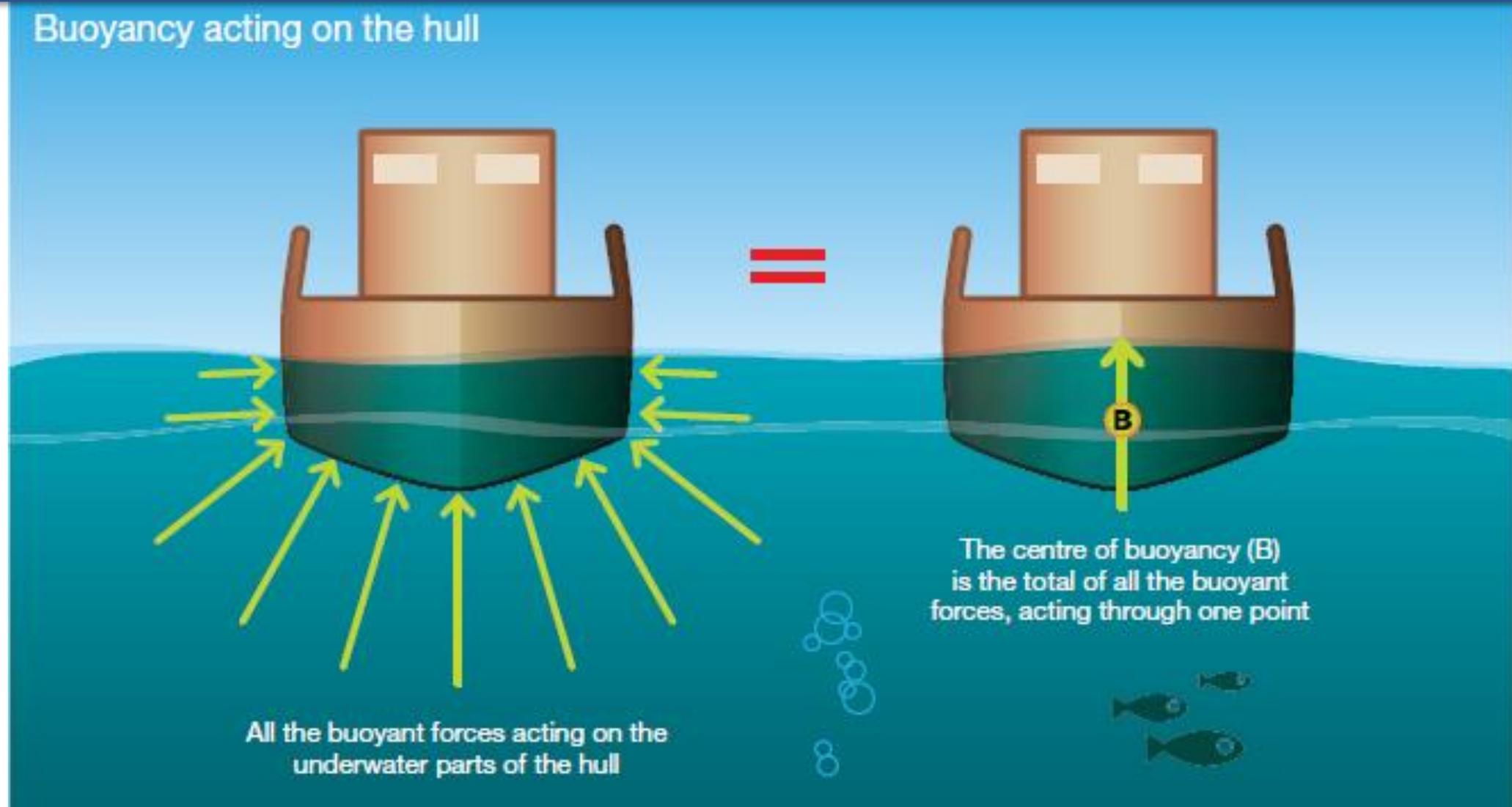
Stability when lifting the catch



Lifting at the bulwark



## Buoyancy (Gaya Apung)

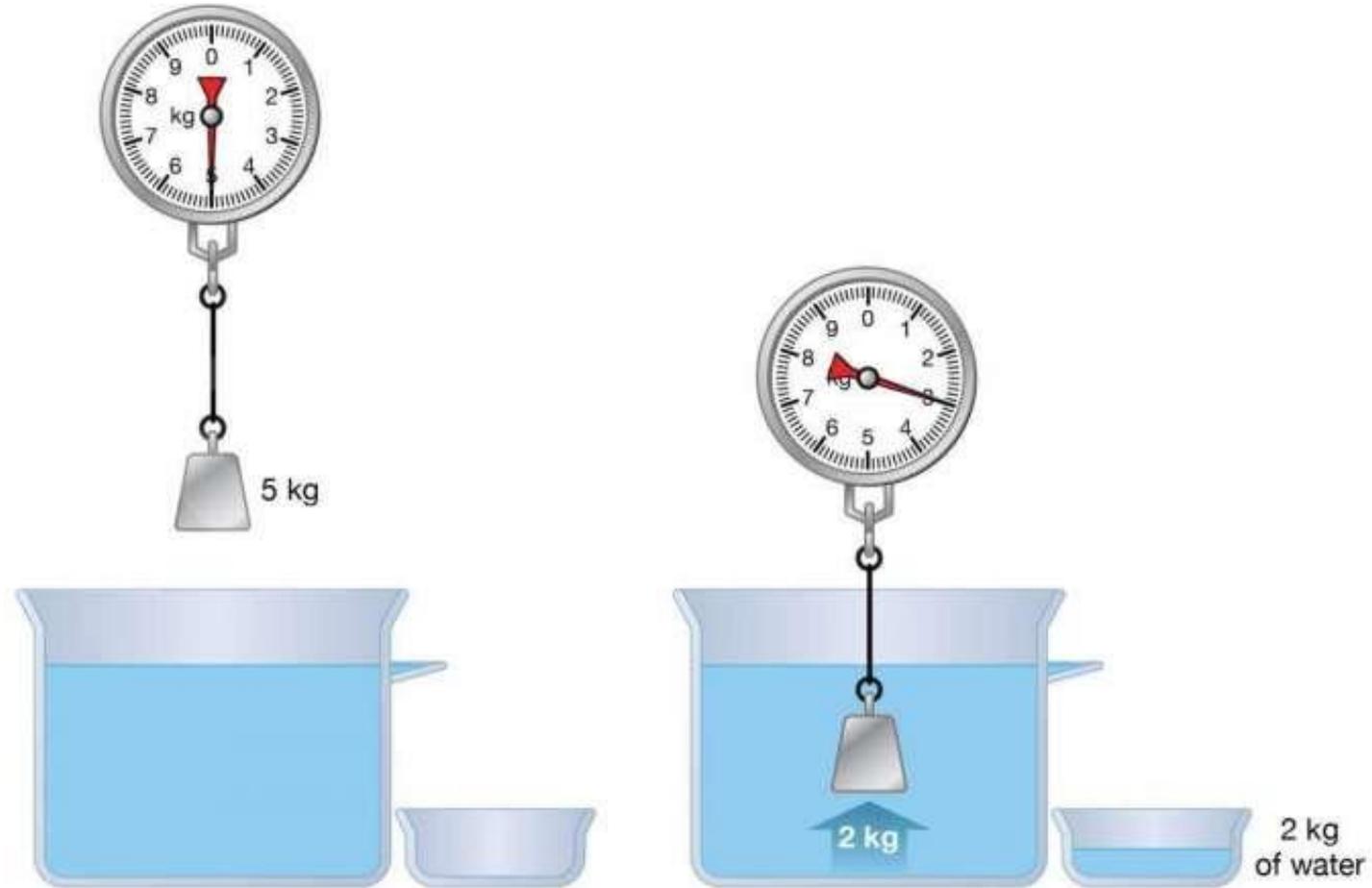


Buoyancy adalah gaya apung pada kapal akibat luasan area yang tercelup sesuai dengan Gaya Archimedes. Gaya Buoyancy selalu ke arah atas. Centre of Buoyancy (B) adalah titik pusat gaya apung.

# Hukum Archimedes

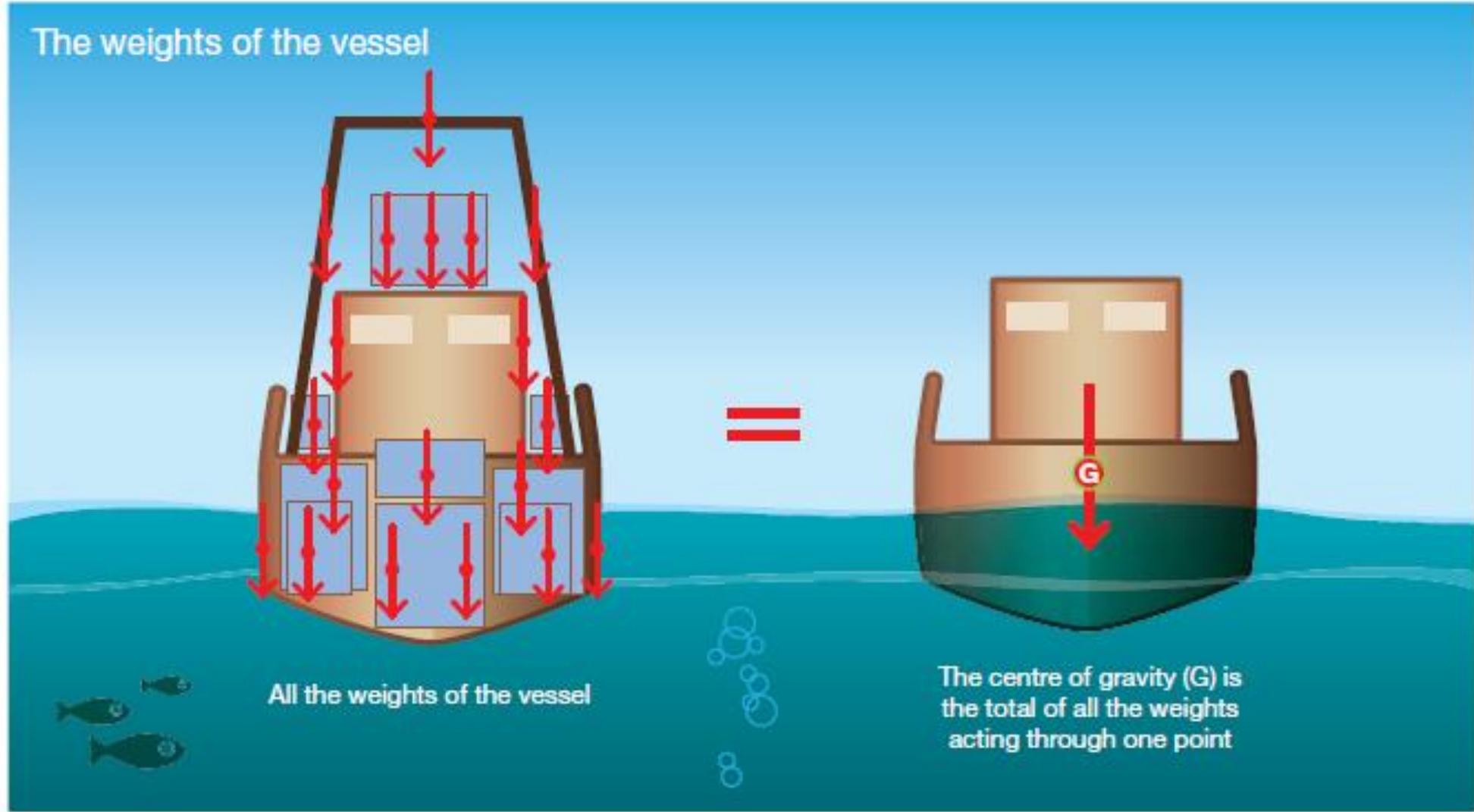
Gaya tekan keatas/gaya apung = berat air yang dipindahkan

Archimedes' principle



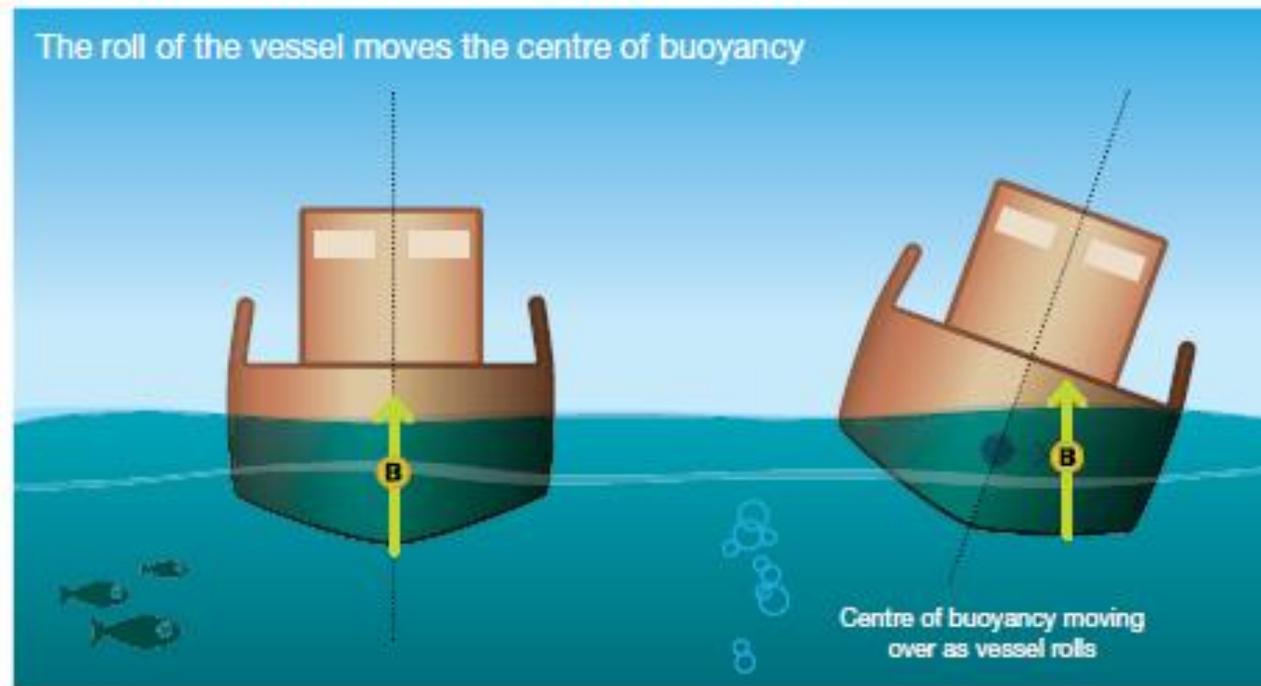
© 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.

## Gravity (Gaya Berat)

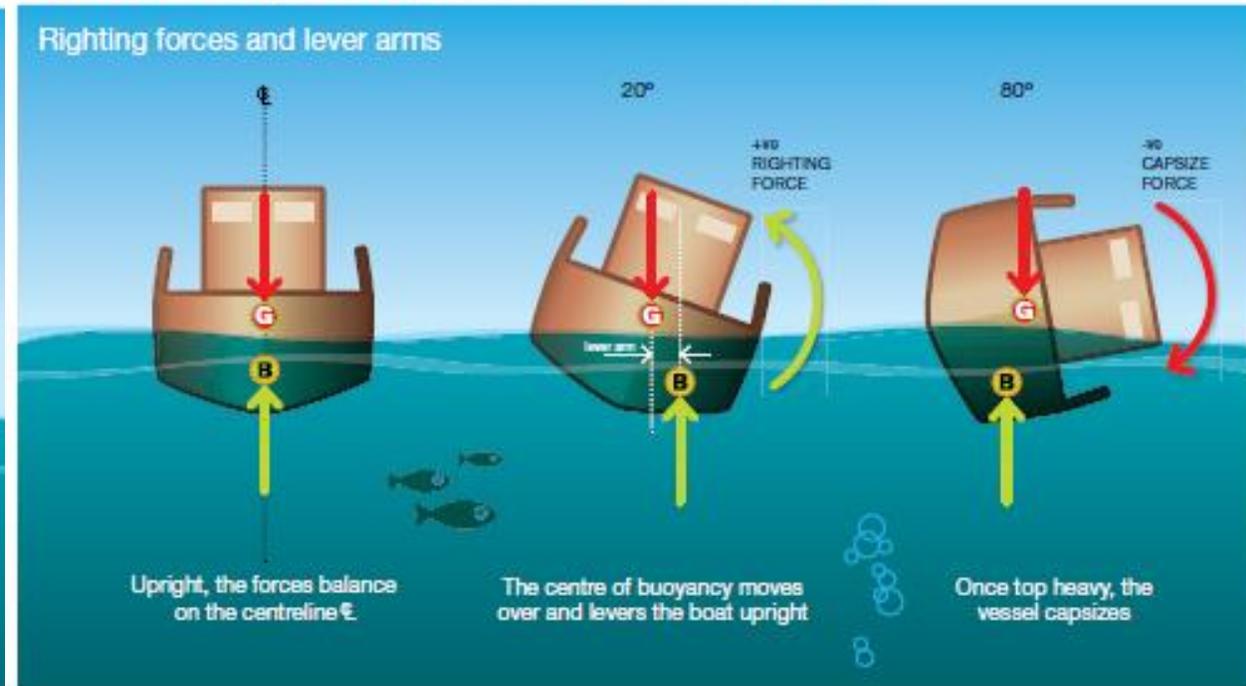


Gravity adalah Berat total pada kapal. Gaya berat selalu mengarah ke bawah. Centre of Gravity (G) adalah titik pusat gaya berat.

## How the centre of buoyancy moves



## How stability changes as a vessel rolls over



Gaya luar

Kapal

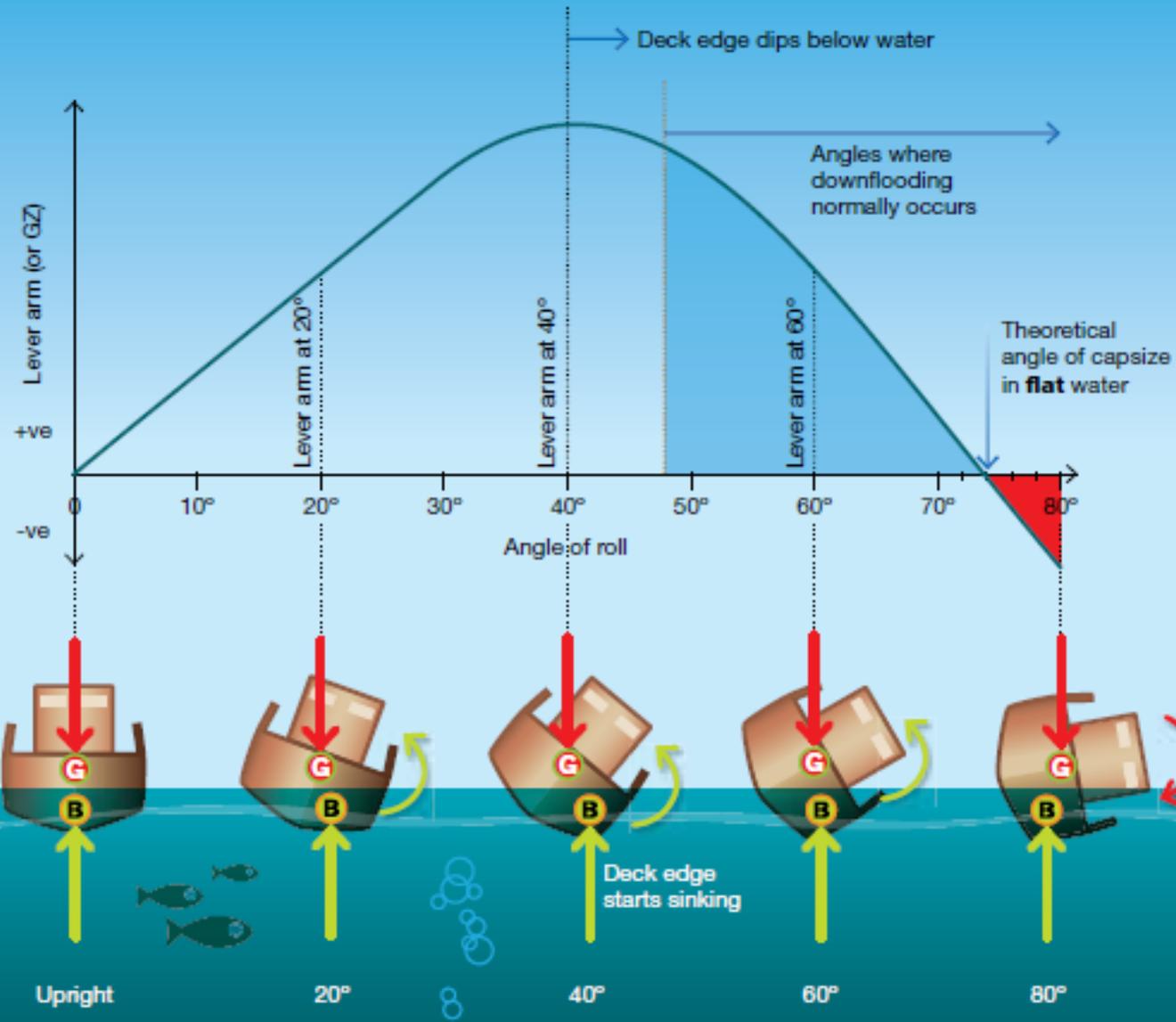
Perubahan luas area tercelup

Titik B bergeser

Ada momen pengembali (righting force)

Jika kapal rolling terlalu besar, titik B tidak mampu kembali ke posisi kesetimbangan

## What stability curves show



Righting arm/lengan pengembali adalah parameter yang digunakan untuk mengukur kestabilan kapal. Righting arm adalah jarak antara Titik G dan Titik B.



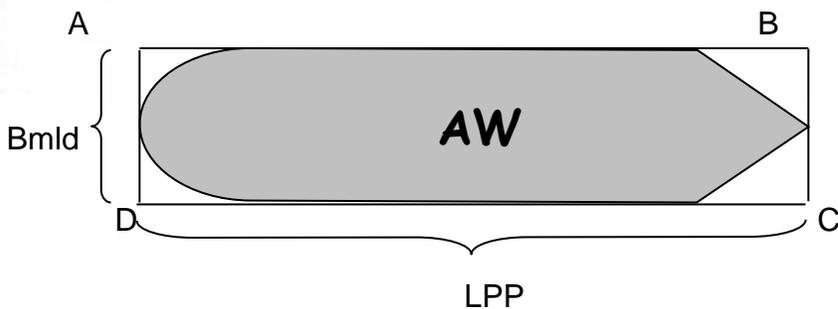
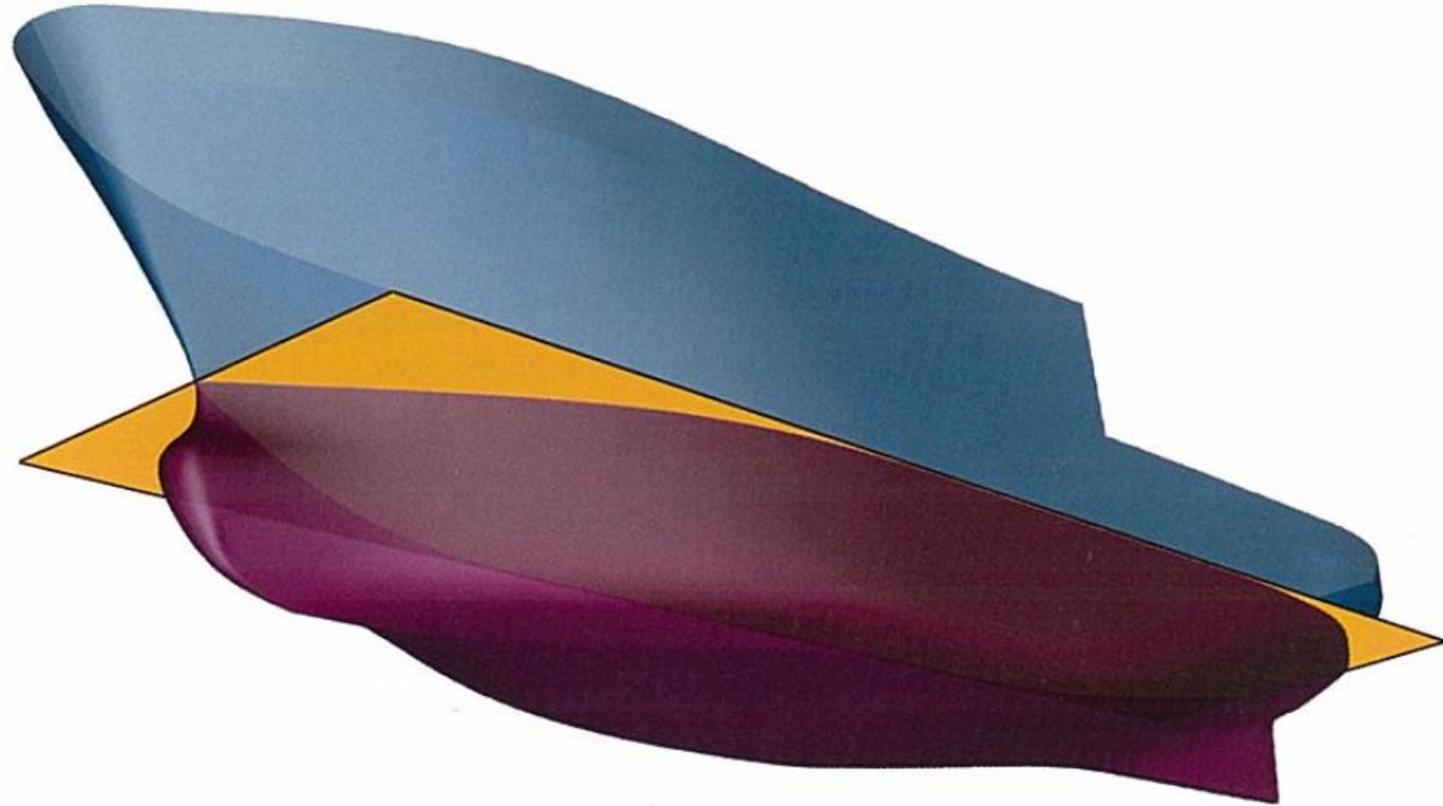
## *KOEFISIEN BENTUK KAPAL*

# PENGERTIAN

## 2.1 Water-plane coefficient, $C_w (\alpha)$

$$\text{Waterplane-coefficient } (C_w) = \frac{A_w}{L_{pp} \times B_{mld}}$$

The water-plane coefficient gives the ratio of the area of the water-plane ( $A_w$ ) and the rectangular plane bounded by  $L_{pp}$  and breadth moulded ( $B_{mld}$ ). A large waterplane coefficient in combination with a small block coefficient (or coefficient of fineness) is favourable for the stability in both transverse and longitudinal direction.

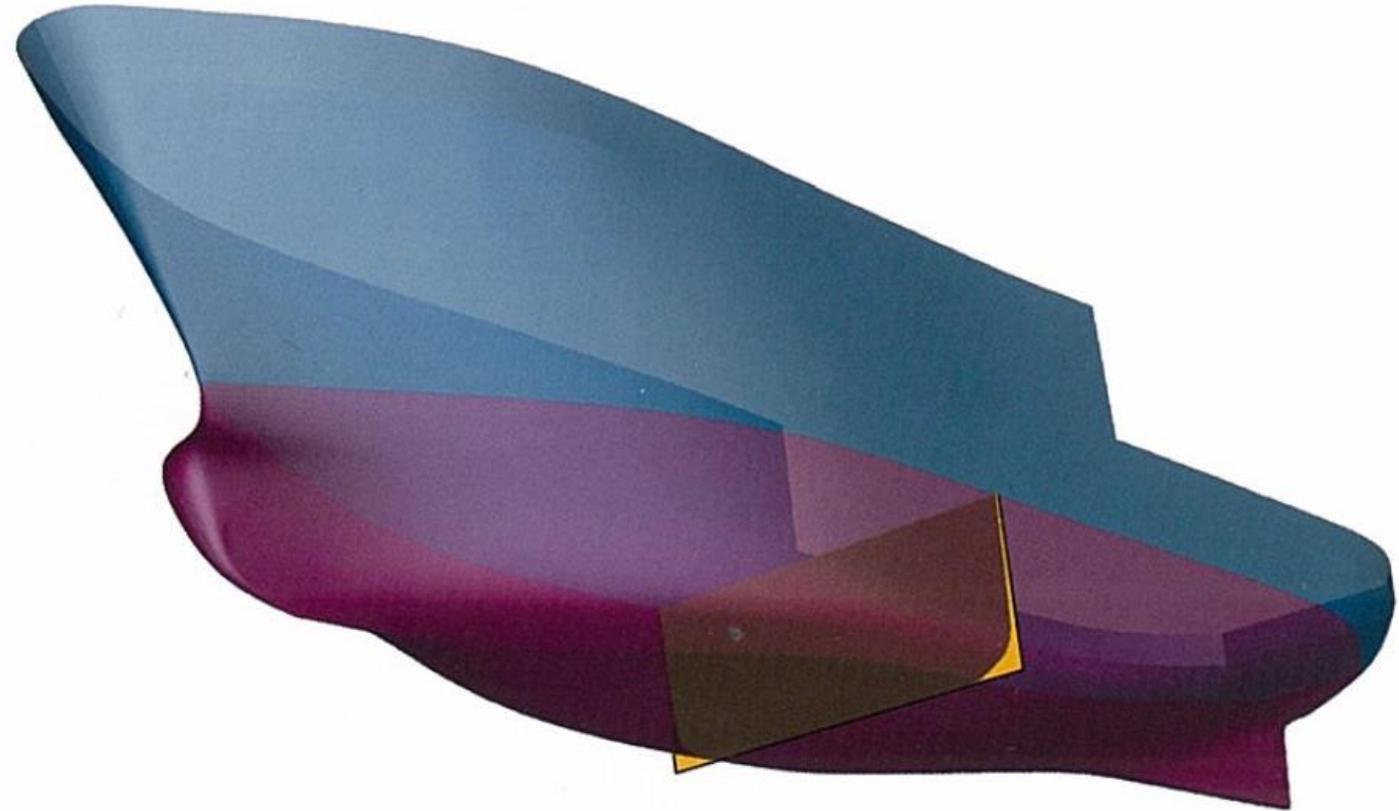
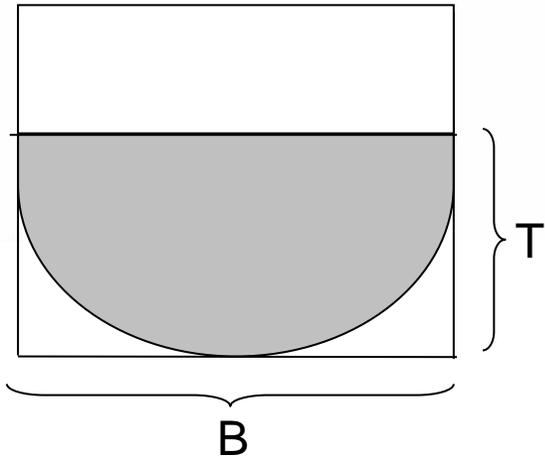


# PENGERTIAN

## 2.2 Midship Section coefficient, $C_m$ ( $\beta$ )

$$\text{Midship-coefficient } (C_m) = \frac{A_m}{B_{mld} \times T}$$

The midship coefficient gives the ratio of the area of the midship section ( $A_m$ ) and the area bounded by  $B_{mld}$  and  $T$ .



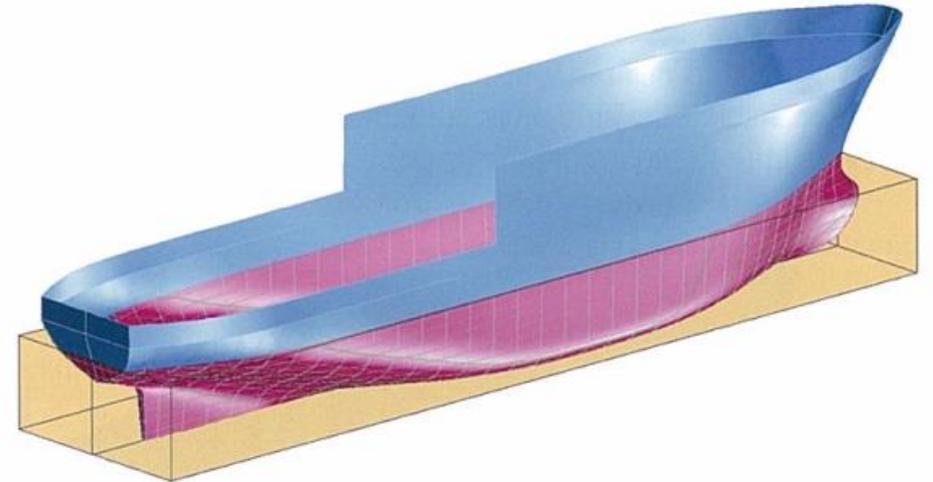
# PENGERTIAN

## 2.3 Block coefficient, coefficient of fineness, $C_b$ . ( $\delta$ )

Perbandingan Volume Benaman Seb Kapal Pd Suatu Sarat Tertentu Dengan Volume Balok Persegi Panjang Yang Panjangnya Sama Dgn Panjang Kapal Dan Lebarinya Sama Dgn Lebar Kpl Serta Dalamnya Sama Dgn Sarat Kapal.

Ship type	Block coefficient $C_b$	Appr. ship speed
Lighter	0.90	5 – 10 knots
Bulk carrier	0.80 – 0.85	12 – 17 knots
Tanker	0.80 – 0.85	12 – 16 knots
General cargo	0.55 – 0.75	13 – 22 knots
Container ship	0.50 – 0.70	14 – 26 knots
Ferry boat	0.50 – 0.70	15 – 26 knots

$$\text{Block coefficient } (C_b) = \frac{\text{Volume}}{L_{pp} \times B_{mld} \times T}$$

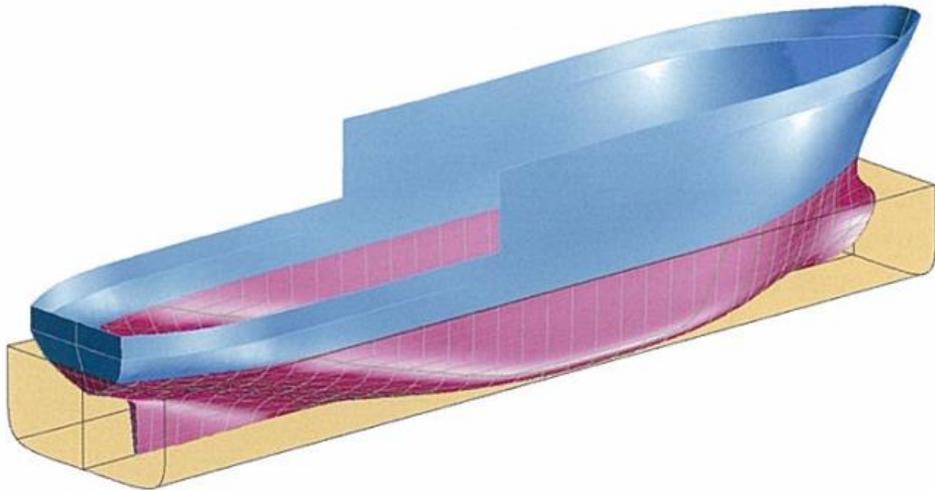


# PENGERTIAN

## 2.4 Prismatic coefficient, $C_p$ . (phi)

Perbandingan Volume Benaman Sebuah Kapal Pada Suatu Sarat Tertentu Dengan Volume Sebuah Prisma Yang Mempunyai Panjang Sama Dengan Panjang Kapal Sepanjang Garis Air Dan Luas Area Bidang Melintang Tengah Kapal.

$$\frac{V}{L_{pp} \times A} = \frac{L_{pp} \times B \times T \times C_b}{L_{pp} \times B \times T \times C_m} = \frac{C_b}{C_m}$$

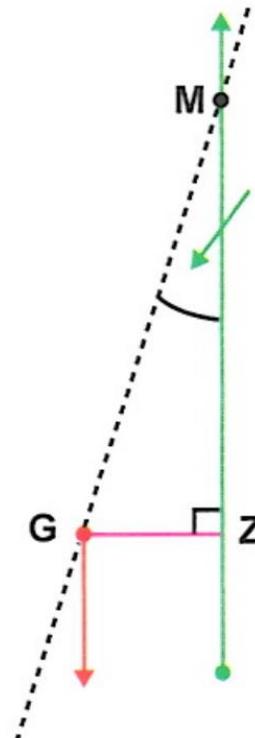
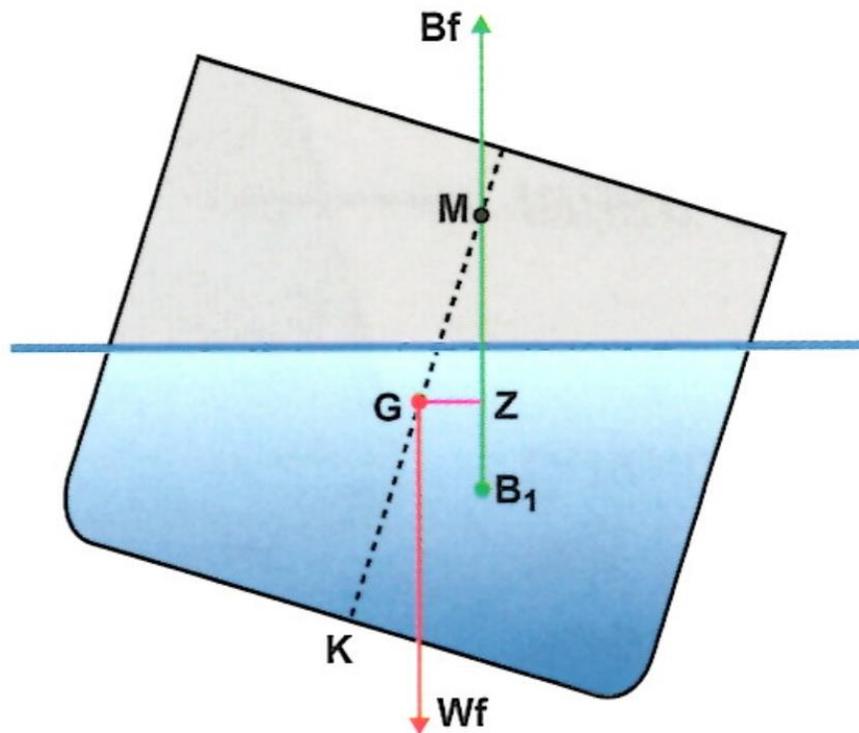


## *PENGERTIAN KG, KM, GM*

# PENGERTIAN

## Titik Metasentris

ialah sebuah titik perpotongan yang dibentuk oleh garis vertical pusat gaya apung dan garis vertical pusat gaya berat. Titik **M** yang tidak boleh dilampaui oleh titik **G** agar supaya stabilitas kapal tetap positif. meta berarti berubah ubah, jadi metasentrum diartikan sebagai titik pusat yang selalu berubah-ubah tempatnya. perubahan letak titik **M** tergantung dari besarnya sudut oleng, makin besar sudut oleng perpindahan titik **M** semakin jauh.



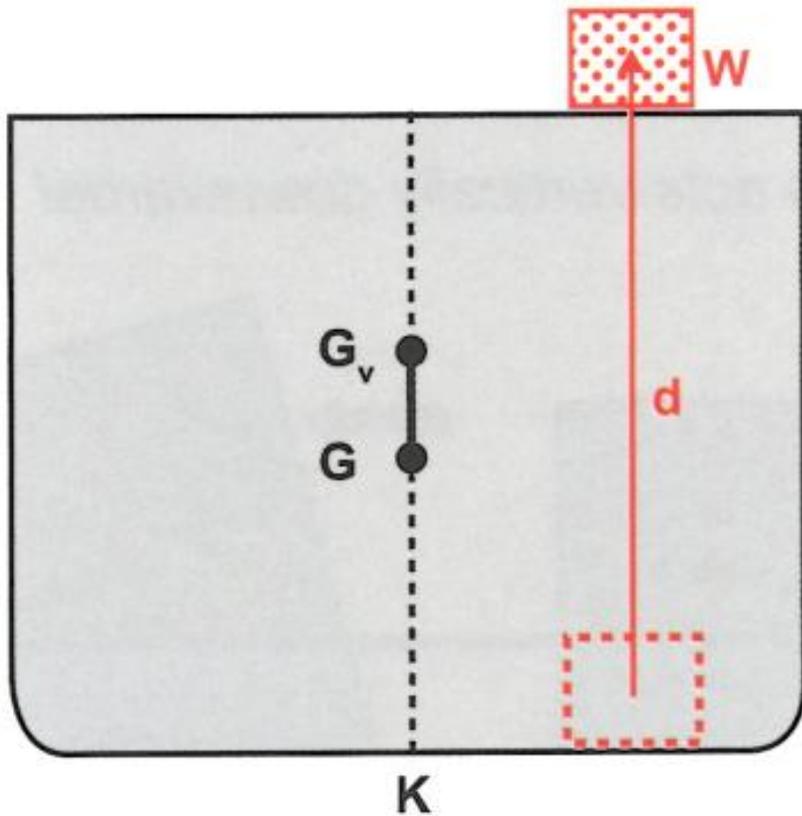
PADA SUDUT OLENG KECIL, **M** ADALAH TITIK POTONG ANTARA DENGAN GARIS GAYA YANG BEKERJA MELALUI TITIK APUNG KAPAL (**B**).

PADA SUDUT OLENG KECIL, PERPINDAHAN LETAK TITIK **M** MASIH KECIL SEHINGGA MASIH DIANGGAP TETAP.

## *PENGERTIAN KG, KM, GM*

## Pengaruh Pergeseran Beban yang Sudah Ada di Kapal

Setiap kali beban yang sudah ada di kapal digeser,  $G$  akan bergerak sejajar dan dalam arah yang sama dengan pergeseran pusat gravitasi berat ( $g$ )



Pergeseran posisi  $G$  ke  $G_v$  dapat dihitung menggunakan rumus:

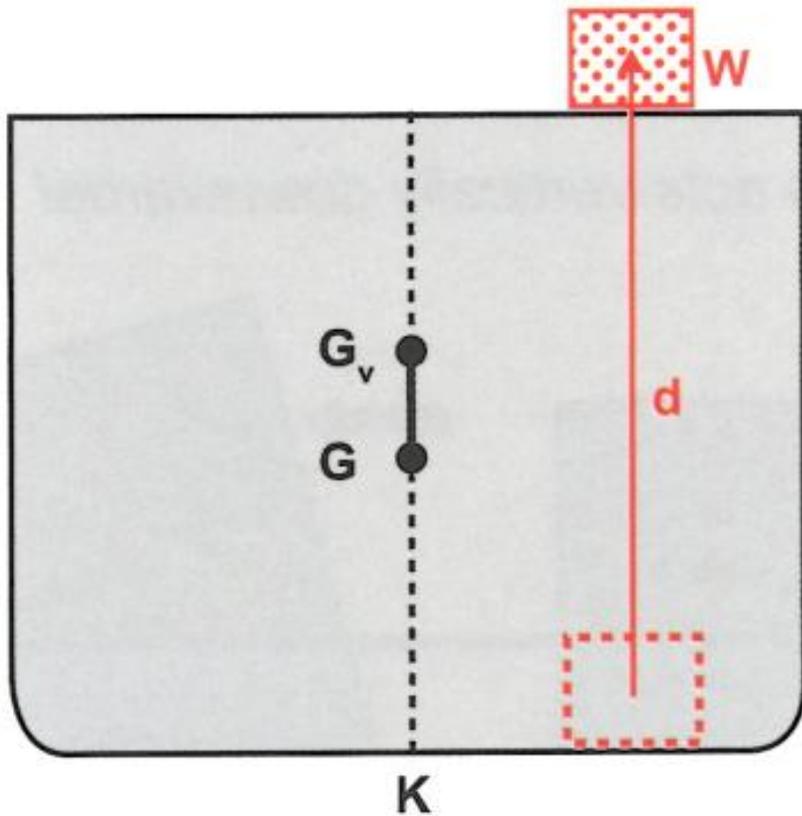
$$GG_v = \frac{w \times d}{W}$$

di mana:

- ' $w$ ' adalah berat yang digeser.
- ' $d$ ' adalah jarak perpindahan beban.
- ' $W$ ' adalah displacement pusat berat kapal, termasuk beban yang digeser.

## Pengaruh Pergeseran Beban yang Sudah Ada di Kapal

Setiap kali beban yang sudah ada di kapal digeser, G akan bergerak sejajar dan dalam arah yang sama dengan pergeseran pusat gravitasi berat (g)



Pergeseran posisi G ke  $G_v$  dapat dihitung menggunakan rumus:

$$GG_v = \frac{w \times d}{W}$$

di mana:

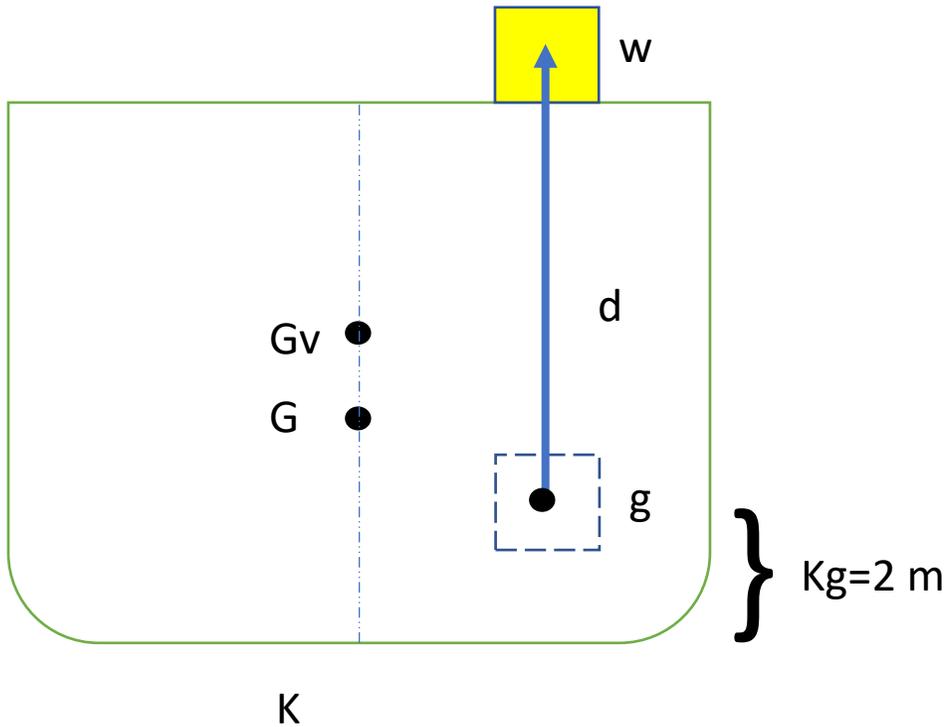
- ' $w$ ' adalah berat yang digeser.
- ' $d$ ' adalah jarak perpindahan beban.
- ' $W$ ' adalah displacement pusat berat kapal, termasuk beban yang digeser.

## Pengaruh Pergeseran Beban yang Sudah Ada di Kapal

Sebuah kapal dengan berat displacement 5000 t dan memiliki KG awal 4,5 m. Hitung KG akhir jika beban 20 t dipindahkan vertikal ke atas dari palka bawah (Kg 2,0 m) ke geladak atas (Kg 6,5 m).

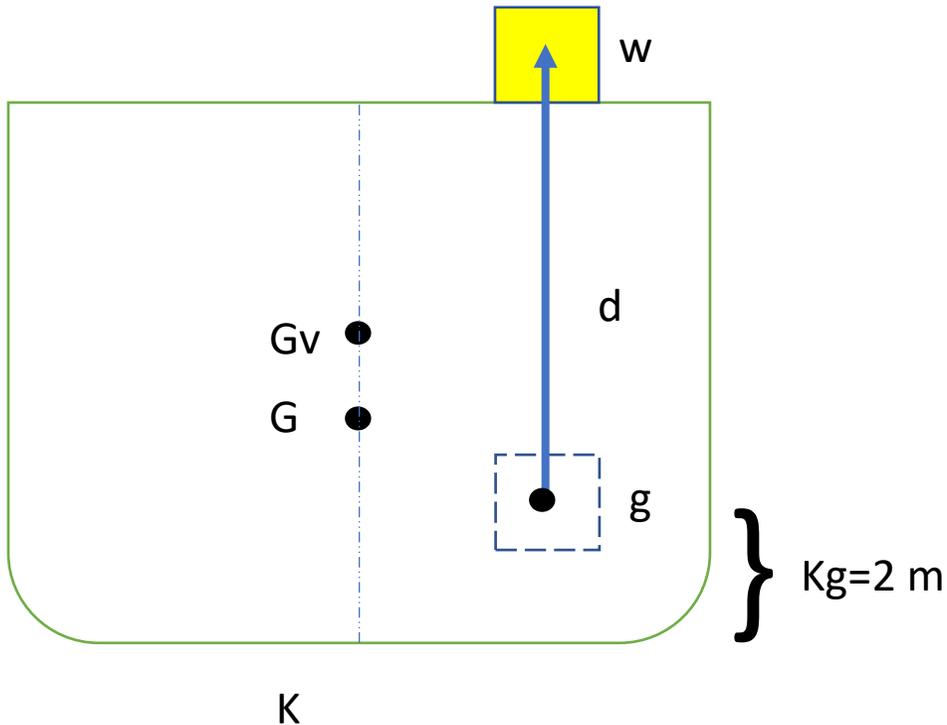
Pergeseran posisi G ke G<sub>v</sub> dapat dihitung menggunakan rumus:

$$GG_v = \frac{w \times d}{W}$$



## Pengaruh Pergeseran Beban yang Sudah Ada di Kapal

Sebuah kapal dengan berat displacement 5000 t dan memiliki KG awal 4,5 m. Hitung KG akhir jika beban 20 t dipindahkan vertikal ke atas dari palka bawah (Kg 2,0 m) ke geladak atas (Kg 6,5 m).



Pergeseran posisi G ke Gv dapat dihitung menggunakan rumus:

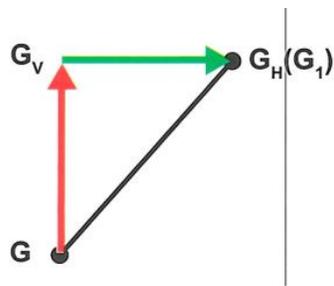
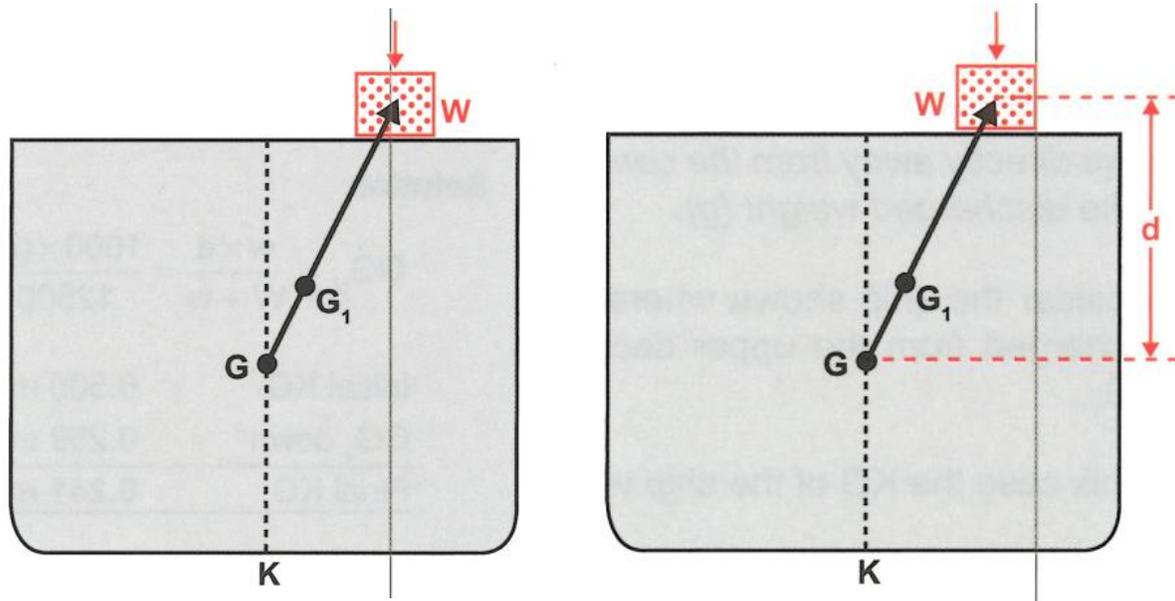
$$GG_v = \frac{w \times d}{W}$$

$$GG_v = \frac{w \times d}{W} = \frac{20 \times (6.5 - 2.0)}{5000} = 0.018 \text{ m}$$

Initial KG	4.500 m
GG <sub>v</sub> up	0.018 m
<b>Final KG</b>	<b>4.518 m</b>

# Pengaruh Penambahan Muatan di Kapal

Setiap kali suatu beban dibebani, G akan bergerak langsung menuju pusat gravitasi dari beban yang dibebani (g).



Komponen vertikal dari pergeseran G dihitung dengan rumus:

$$GG_v = \frac{w \times d}{W + w}$$

di mana:

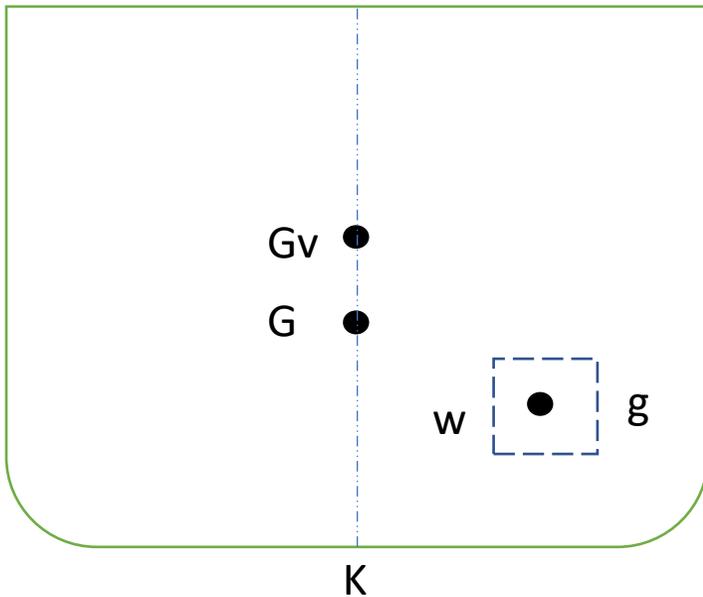
- '**w**' adalah berat yang dimuat.
- '**d**' adalah jarak vertikal antara G kapal dan g berat yang dimuat
- '**W**' adalah berat displacement awal kapal

Pada tahap ini hanya komponen vertikal dari pergeseran G yang dipertimbangkan karena hanya komponen ini yang akan mempengaruhi KG.

## Pengaruh Penambahan Muatan di Kapal

Sebuah kapal memiliki berat displacement awal 12500 t dan memiliki KG awal 6,5 m.  
Hitung KG akhir. Jika 1000 kargo dimuat ke palka bawah pada Kg 3,0 m.

Pergeseran posisi G ke Gv dapat dihitung menggunakan rumus:

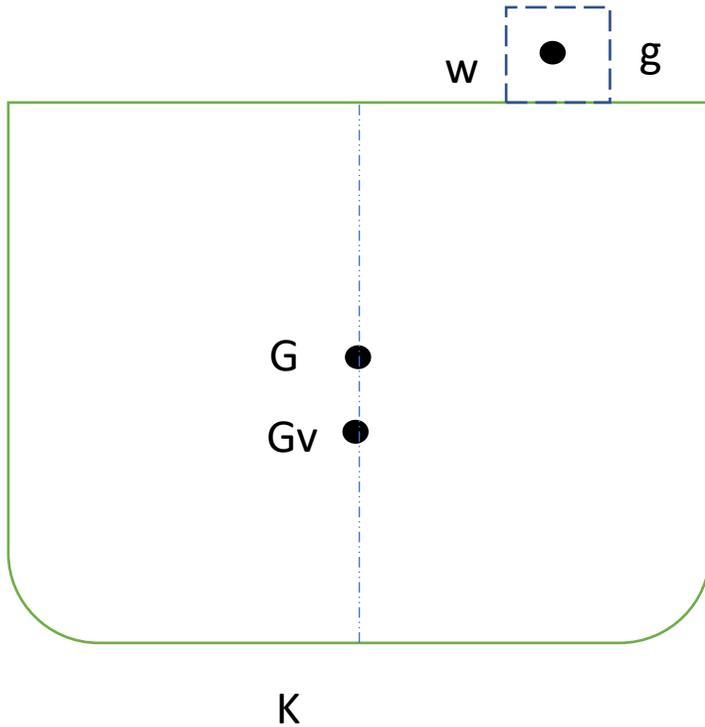


$$GG_v = \frac{w \times d}{W + w} = \frac{1000 \times (6.5 - 3.0)}{12500 + 1000} = 0.259 \text{ m}$$

Initial KG	6.500 m
GG <sub>v</sub> down	0.259 m
<b>Final KG</b>	<b>6.241 m</b>

## Pengaruh Penambahan Muatan di Kapal

Sebuah kapal dengan berat displacement awal 17200 t dan memiliki KG awal 8,4 m.  
Hitung KG akhir jika muatan 400 t dimuat ke geladak utama pada Kg 10,5 m.



Pergeseran posisi G ke Gv dapat dihitung menggunakan rumus:

$$GG_v = \frac{w \times d}{W + w} = \frac{1400 \times (10.5 - 8.4)}{17200 + 1400} = 0.158 \text{ m}$$

Initial KG                      8.400 m

GG<sub>v</sub> up                         0.158 m

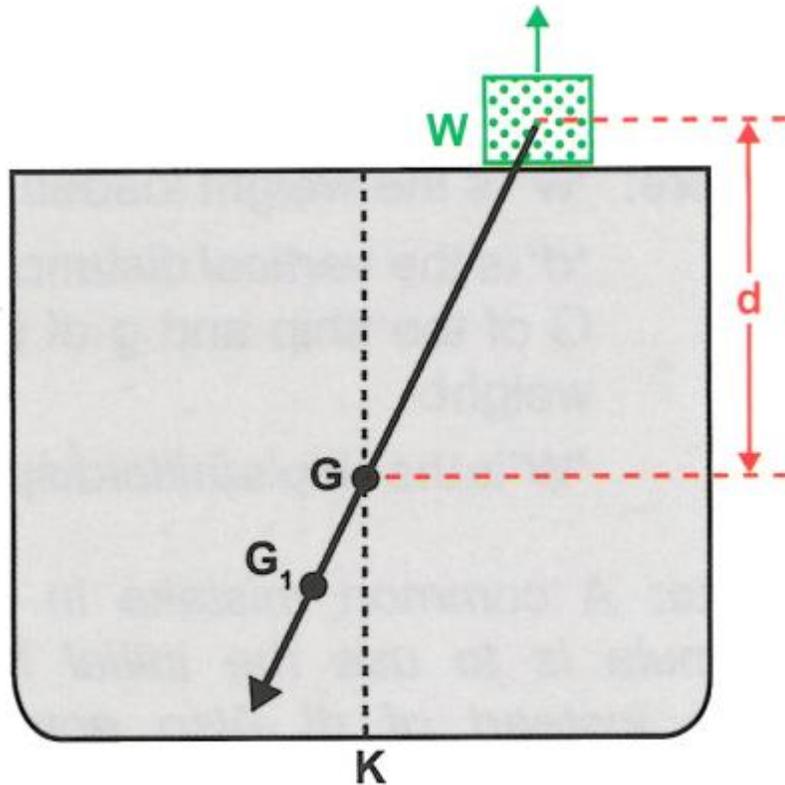
---

Final KG                         **8.558 m**

---

## Pengaruh pembongkaran muatan di Kapal

Ketika suatu beban dilepaskan,  $G$  akan bergerak menjauh dari pusat gravitasi muatan ( $g$ ).



Pada tahap ini hanya komponen vertikal dari pergeseran  $G$  yang dipertimbangkan karena hanya komponen ini yang akan mempengaruhi  $KG$ .

Komponen vertikal dari pergeseran  $G$  dihitung dengan rumus:

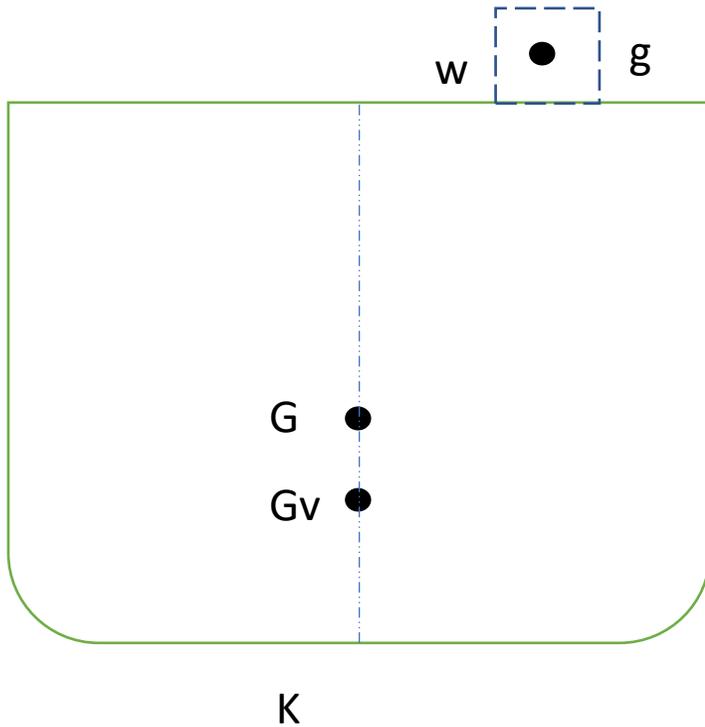
$$GG_v = \frac{w \times d}{W - w}$$

di mana:

- ' $w$ ' adalah berat yang dimuat.
- ' $d$ ' adalah jarak vertikal antara  $G$  kapal dan  $g$  berat yang dimuat
- ' $W$ ' adalah berat displacement awal kapal

## Pengaruh pembongkaran muatan di Kapal

Sebuah kapal memiliki berat displacement 13400 t dan KG awal 4,22 m. 320 ton muatan di dek diturunkan dari kapal posisi Kg 7,14 m. Hitung KG akhir dari kapal.



Pergeseran posisi KG dapat dihitung menggunakan rumus:

$$GG_v = \frac{w \times d}{W - w} = \frac{320 \times (7.14 - 4.22)}{13400 - 320} = 0.071 \text{ m down}$$

Initial KG            4.220 m

$GG_v$                 0.071 m

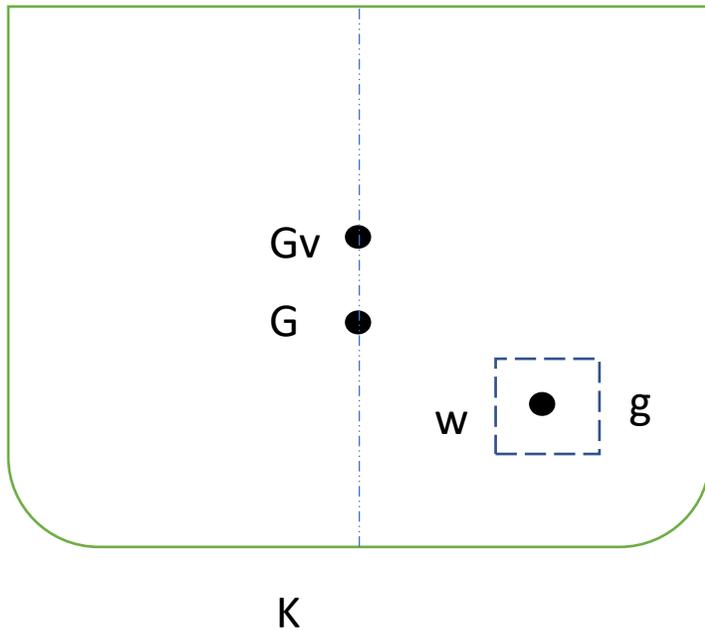
---

Final KG            **4.149 m**

## Pengaruh pembongkaran muatan di Kapal

Sebuah kapal memiliki berat displacement 13400 t dan KG awal 4,22 m. 320 ton muatan di dek diturunkan dari kapal posisi Kg 7,14 m. Hitung KG akhir dari kapal.

Pergeseran posisi KG dapat dihitung menggunakan rumus:



$$GG_1 = \frac{w \times d}{W - w} = \frac{10000 \times (5.3 - 3.0)}{18000 - 10000} = 2.875 \text{ m}$$

Initial KG            5.300 m

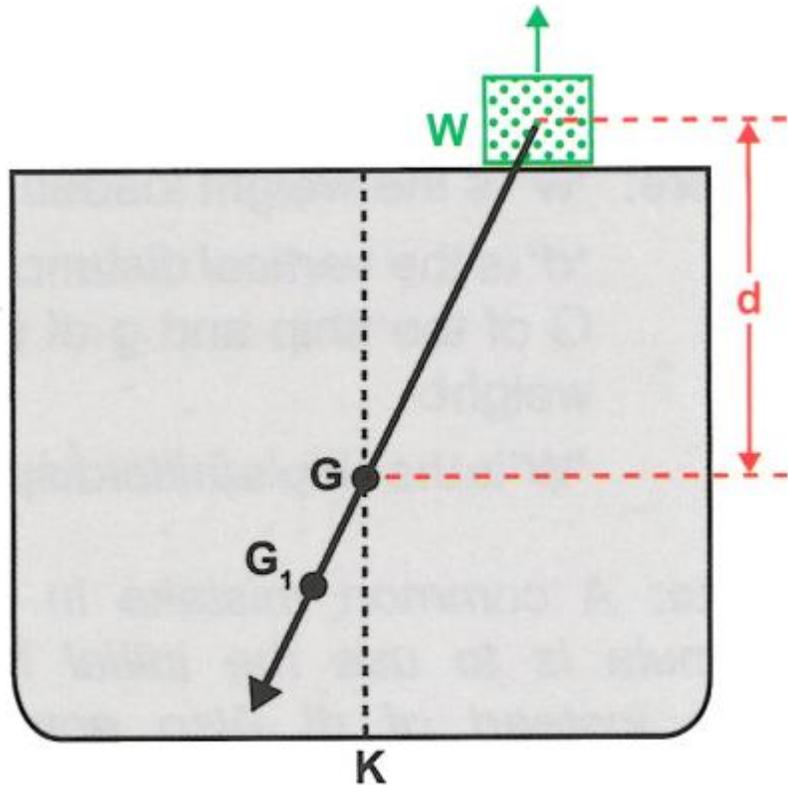
$GG_v$  up            2.875 m

---

Final KG            **8.175 m**

## Pengaruh pembongkaran muatan di Kapal

Ketika suatu beban dilepaskan,  $G$  akan bergerak menjauh dari pusat gravitasi muatan ( $g$ ).



Komponen vertikal dari pergeseran  $G$  dihitung dengan rumus:

$$GG_v = \frac{w \times d}{W - w}$$

di mana:

- ' $w$ ' adalah berat yang dimuat.
- ' $d$ ' adalah jarak vertikal antara  $G$  kapal dan  $g$  berat yang dimuat
- ' $W$ ' adalah berat displacement awal kapal

Pada tahap ini hanya komponen vertikal dari pergeseran  $G$  yang dipertimbangkan karena hanya komponen ini yang akan mempengaruhi  $KG$ .

### Multiple Weight Problems

It would be very tedious to do a calculation for every single weight that is shifted, loaded on or discharged from the ship.

In practice '*moments about the keel*' are taken to determine the final KG of the ship, where:

$$\text{Moments (t-m)} = \text{Weight (t)} \times \text{Distance (m)}$$

If a ship is considered, then:  $\text{Moments (t-m)} = \text{Displacement (t)} \times \text{KG (m)}$

Therefore:

$$\text{KG (m)} = \frac{\text{Moments (t-m)}}{\text{Displacement (t)}}$$

## Pengaruh pembongkaran muatan di Kapal

When a number of weights are shifted, loaded or discharged, the moments for each weight are calculated. These are summed up and simply divided by the final displacement of the ship to give the final KG.

A tabular approach is adopted and the method is easily illustrated by way of an example. One important point to note is that the first weight to be entered into the table is that of the ship's *initial displacement* along with the ship's *initial KG*.

### Example 6

A ship displaces 10000 t and has a KG of 4.5 m.

The following cargo is worked:

Load:	120 t at Kg 6.0 m;
	730 t at Kg 3.2 m.
Discharge:	68 t from Kg 2.0 m;
	100 t from Kg 6.2 m.
Shift:	86 t from Kg 2.2 m to Kg 6.0 m.

Calculate the final KG.

Consider the table shown. Each weight is multiplied by its KG to give a moments value. The sign of this value (+ or -) depends on whether the weight is loaded or discharged. In the case of the weight that is shifted, this is simply treated as two separate weights: one that is discharged; and another of same weight that is loaded!

## Pengaruh pembongkaran muatan di Kapal

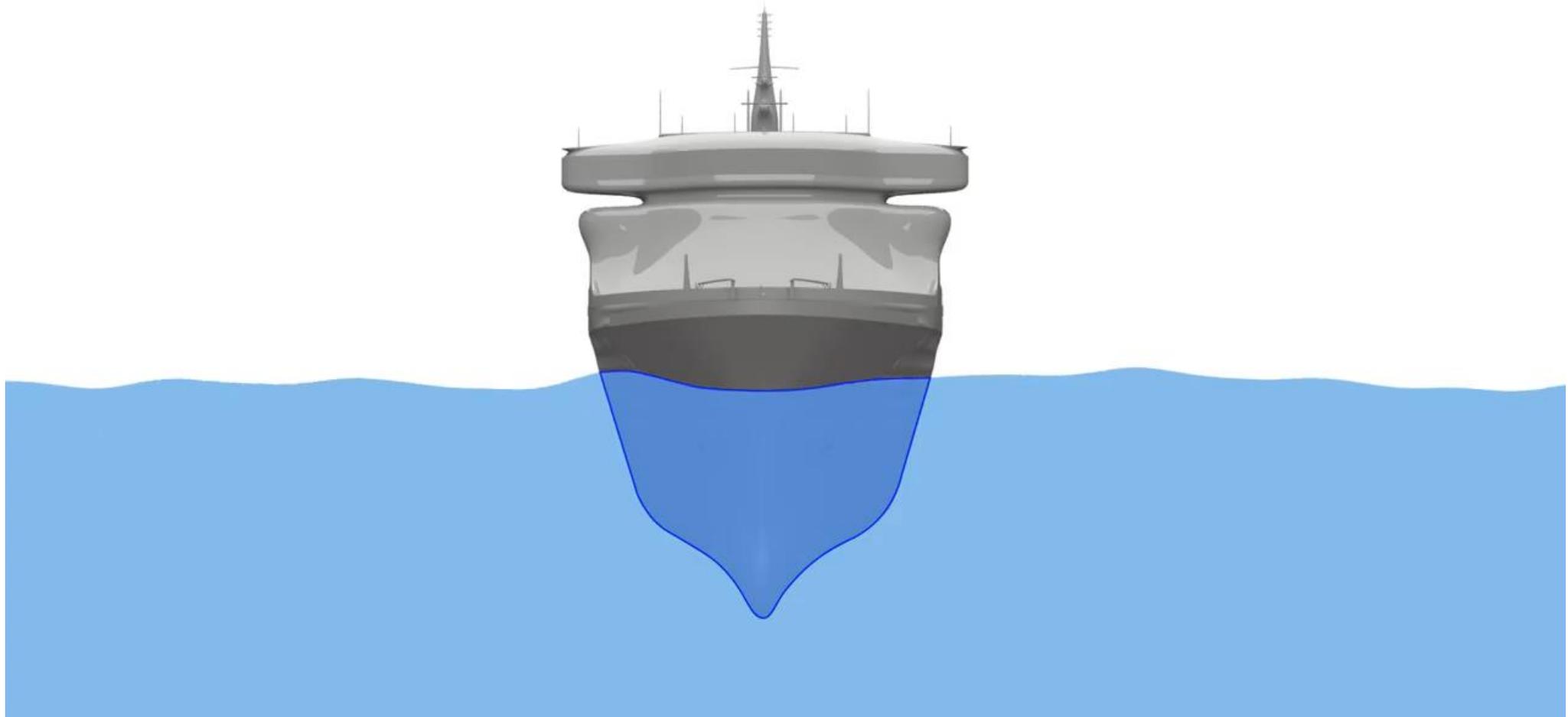
	Weight (t)	KG (m)	Moments (t-m)
Ship (+)	10000	4.50	45000.00
Load (+)	120	6.00	720.00
Load (+)	730	3.20	2336.00
Discharge (-)	-68	2.00	-136.00
Discharge (-)	-100	6.20	-620.00
*Discharge (-)	-86	2.20	-189.20
*Load (+)	86	6.00	516.00
<b>Final</b>	<b>10682</b>	<b>4.459</b>	<b>47626.80</b>

The final KG (4.459 m) is simply found using the formula:

$$\text{KG (m)} = \frac{\text{Moments (t-m)}}{\text{Displacement (t)}}$$

$$\text{i.e. } \frac{47626.80}{106882.00} = 4.459 \text{ m}$$

**Note:** Answers should be given to 3 decimal places. This method may be used for single weight problems also, with the advantage being that the direction of movement of G (either up or down) need not be considered. A final KG is 'automatically' calculated!



## 6.6 Calculating the Moment of Statical Stability at *Small* Angles of Heel

In triangle GZM:  $\sin \theta = \frac{\text{OPP}}{\text{HYP}} = \frac{\text{GZ}}{\text{GM}}$

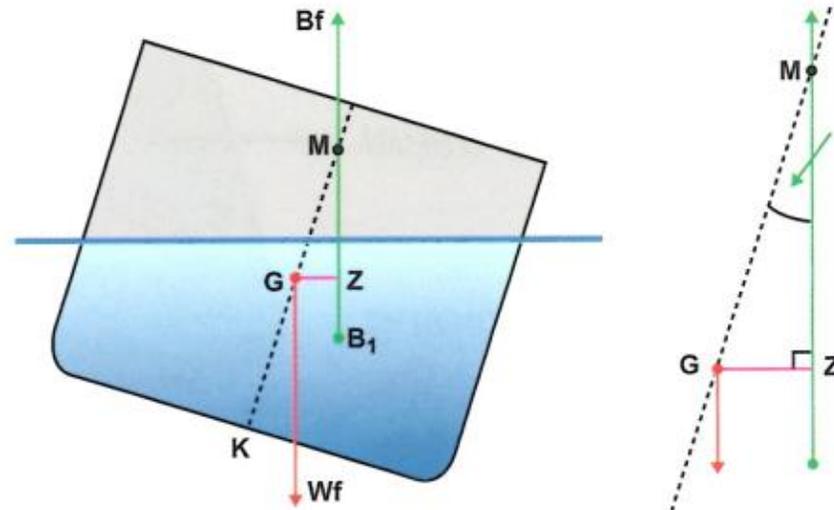
Therefore:

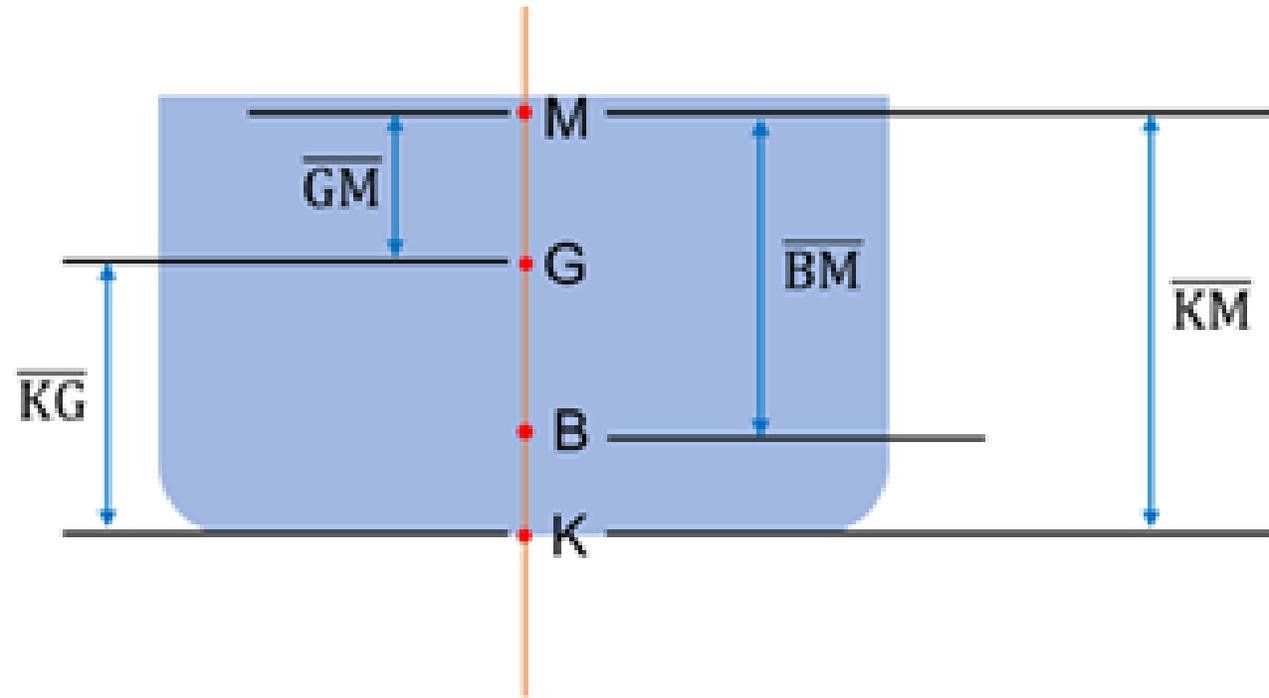
$$\text{GZ} = \text{GM} \times \sin \theta$$

Having found GZ:

$$\text{Righting Moment} = \text{GZ} \times \text{Displacement}$$

**Note:** The above formula for GZ can only be used for *small* angles of heel.





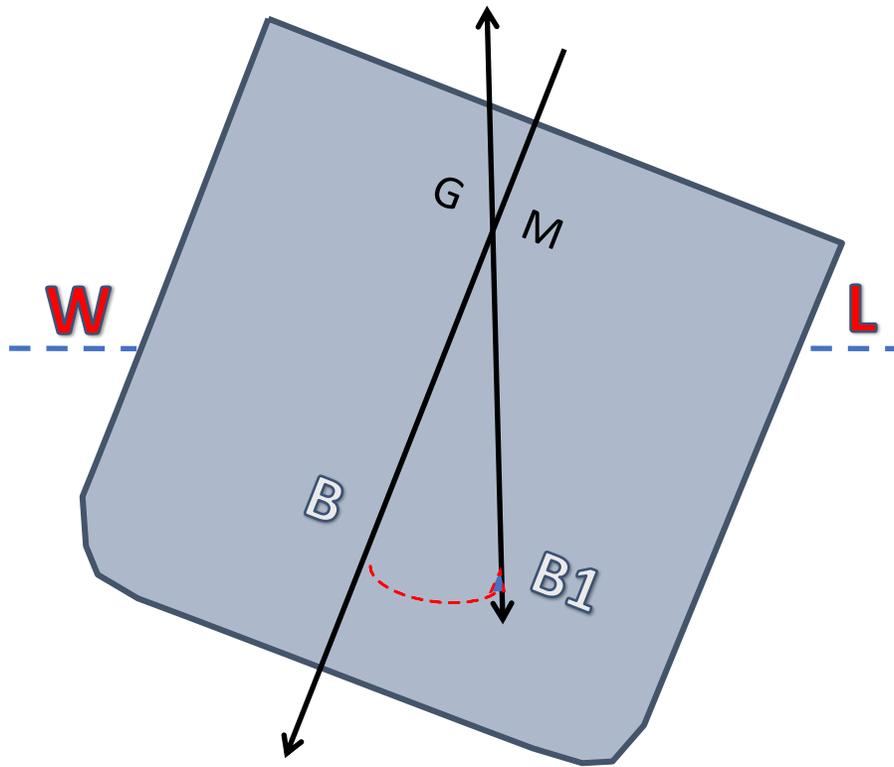
$$KM - KG = GM$$

# **MACAM-MACAM STABILITAS**



## 2. STABILITAS NETRAL ATAU NEUTRAL EQUILIBRIUM

IALAH KEADAAN DIMANA TITIK **G** BERIMPIT DENGAN TITIK **M**.

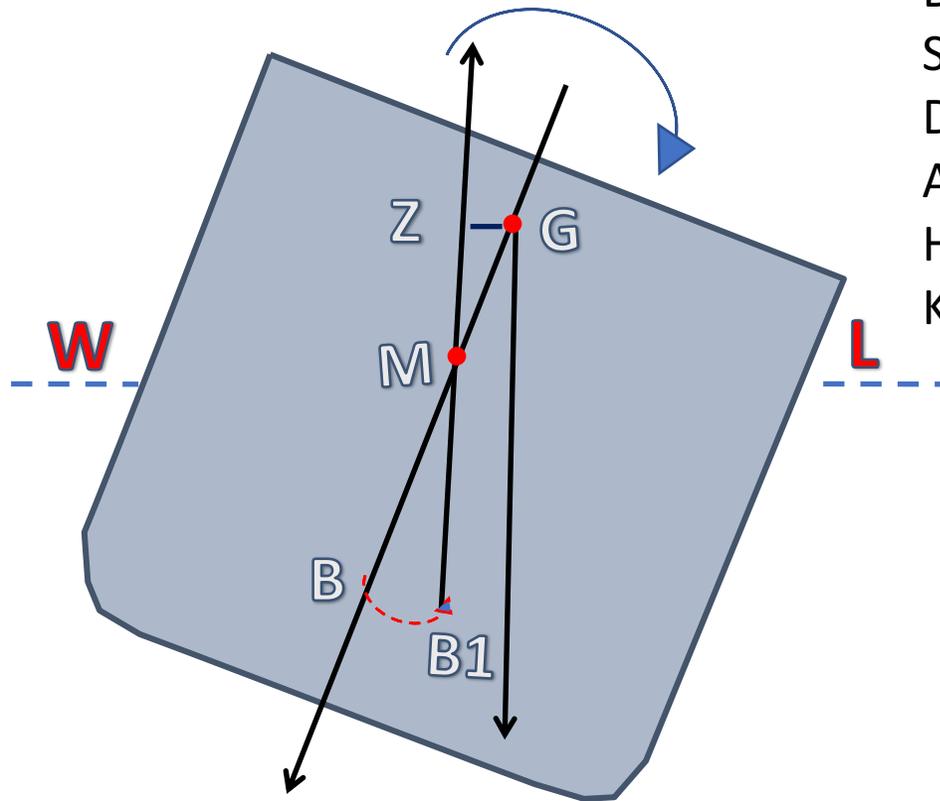


BILA KAPAL MENGALAMI OLENG KARENA GAYA DARI LUAR, TIDAK TERDAPAT MOMEN PENEGAK MAUPUN MOMEN PENERUS. KAPAL AKAN TETAP MIRING DENGAN SUDUT OLENG YANG SAMA.

SEBABNYA IALAH LETAK TITIK **G** YANG TERLALU TINGGI, KARENA TERLALU BANYAK KONSENTRASI BERAT MUATAN DI BAGIAN ATAS KAPAL.

### 3. STABILITAS NEGATIF ATAU UNSTABLE EQUILIBRIUM

IALAH KEADAAN DIMANA TITIK **G** BERADA DI ATAS TITIK **M**.



BILA KAPAL MIRING KARENA GAYA DARI LUAR, MAKA TIMBULLAH SEBUAH MOMENT YANG DINAMAKAN MOMEN PENERUS ATAU CAPSIZING MOMENT ATAU HEELING MOMENT SEHINGGA KAPAL AKAN BERTAMBAH MIRING.

## KAPAL LANGSAR ATAU TENDER

ialah sebuah kapal dengan stabilitas positif, hanya saja nilai **GM** (tinggi metasentrisnya) terlalu kecil sehingga moment penegaknya juga terlalu kecil.

Bila kapal mengalami oleng karena gaya dari luar, kembalinya ke kedudukan tegak lambat sekali.

**Sifatnya** : olengan kapal lambat sekali

**Penyebabnya** : terlalu banyak konsentrasi berat muatan di bagian atas kapal

**Kerugiannya** : dalam keadaan cuaca buruk, mungkin kapal akan terbalik

**Mengatasinya** : 1 . mengisi penuh tangki-tangki dasar berganda  
2 . memindahkan muatan atau bobot dari atas ke bawah

1 dan 2 mempunyai tujuan untuk menurunkan letak titik g agar supaya GM menjadi lebih besar

## **KAPAL KAKU ATAU STIFF**

ialah sebuah kapal dengan stabilitas positif, hanya saja nilai **GM** (tinggi metasentrisnya) terlalu besar sehingga momen penegaknya juga terlalu besar. Bila kapal mengalami oleng karena gaya dari luar, kembalinya ke kedudukan tegak cepat sekali.

- Sifatnya** : olengan kapal cepat dan menyentak-nyentak
- Penyebabnya** : terlalu banyak konsentrasi berat muatan di bagian bawah kapal
- Kerugiannya** : 1 . tidak menyenangkan / nyaman bagi orang di kapal  
2 . dapat merusak konstruksi kapal, terutama bagian-bagian sambungan.
- Mengatasinya** : 1 . mengosongkan tangki-tangki dasar berganda  
2 . memindahkan muatan dari bawah ke atas

1 dan 2 mempunyai tujuan untuk menaikkan letak titik g agar GM menjadi lebih kecil. Untuk menghindari kapal kaku dan kapal langsar muatan harus diatur sedemikian rupa agar gm tidak terlalu besar/terlalu kecil.

# TERIMA KASIH



Yani Nurita P., S.T., M.T.  
Nurul Huda, S.T. M.T.

**POLITEKNIK KELAUTAN DAN PERIKANAN SORONG**  
**BADAN RISET DAN SUMBER DAYA MANUSIA KELAUTAN DAN PERIKANAN**