

Kuliah Mekanika Fluida

Keseimbangan Benda Terapung

Ir. Djoko Luknanto M.Sc., Ph.D.
Dosen Jurusan Teknik Sipil FT UGM

21/03/2005

Jack la Motta

1

Fluida Diam

- Membahas sistem yang berhubungan dengan cairan:
 - yang tidak bergerak atau
 - bergerak dengan kecepatan (u) seragam
- Pada kedua kasus diatas tegangan geser ($\tau = \mu du/dy$) tidak terjadi sehingga kekentalan fluida (μ) tidak berpengaruh.
- Karena tidak ada gaya geser, maka analisis fluida diam lebih sederhana dari analisis fluida bergerak.

21/03/2005

Jack la Motta

2

Hukum Archimedes

- Setiap gaya hidrostatika tegak lurus bidang kerja: F_0, F_1, F_2
- Gaya F_0 mempunyai padanan:
 - F_1 untuk arah vertikal
 - F_2 untuk arah horisontal
- Komponen arah horisontal F_0 dan F_2 saling meniadakan
- Komponen arah vertikal F_0 dan F_1 sebesar

$$dF = (h_0 \gamma - h_1 \gamma) dA_x$$

$$= dh \times dA_x \times \gamma$$
- Sehingga gaya total yang bekerja pada benda terendam di air adalah $F = V \times \gamma$
- F disebut **gaya Archimedes** dan V adalah volume cairan yang dipindahkan benda yang terendam.

Komponen gaya horisontal saling meniadakan, karena besarannya sama tetapi arahnya berlawanan

21/03/2005 Jack la Motta 3

Benda terapung dalam air

- Berat benda

$$F_G = V_b \cdot \gamma_b$$
- Gaya apung

$$F_B = V_{air} \cdot \gamma_{air}$$
- Karena terapung

$$F_G = F_B$$
- Jadi:

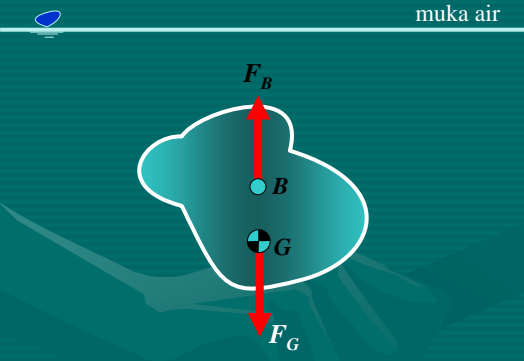
$$V_b \cdot \gamma_b = V_{air} \cdot \gamma_{air}$$

$$\gamma_b = (V_{air} / V_b) \cdot \gamma_{air}$$

$\gamma_b < \gamma_{air}$

21/03/2005 Jack la Motta 4

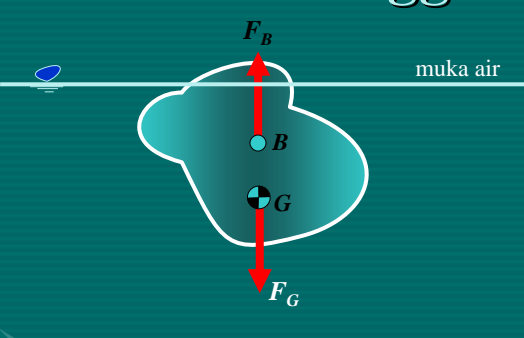
Benda melayang dalam air



- Berat benda
 $F_G = V_b \cdot \gamma_b$
- Gaya apung
 $F_B = V_{air} \cdot \gamma_{air}$
- Karena melayang
 $F_G = F_B$
- Jadi:
 $V_b \cdot \gamma_b = V_{air} \cdot \gamma_{air}$
 $\gamma_b = (V_{air} / V_b) \cdot \gamma_{air}$
 $\gamma_b = \gamma_{air}$

21/03/2005 Jack la Motta 5

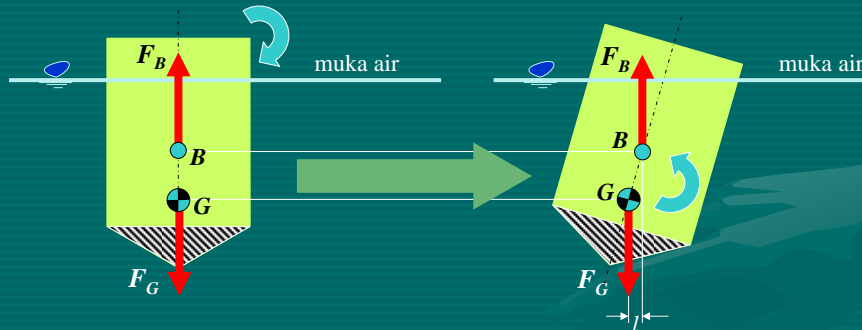
Benda tenggelam dalam air



- Berat benda
 $F_G = V_b \cdot \gamma_b$
- Gaya apung
 $F_B = V_{air} \cdot \gamma_{air}$
- Karena tenggelam
 $F_G > F_B$
- Jadi:
 $V_b \cdot \gamma_b > V_{air} \cdot \gamma_{air}$
 $\gamma_b > (V_{air} / V_b) \cdot \gamma_{air}$
 $\gamma_b > \gamma_{air}$

21/03/2005 Jack la Motta 6

Keseimbangan Benda Terapung 1/3



- Benda terapung dalam air
- Gaya Berat F_G
- Gaya apung F_B
- Karena terapung, maka $F_G = F_B$
- Pada saat benda digoyang searah jarum jam, terjadi perubahan kesetimbangan.

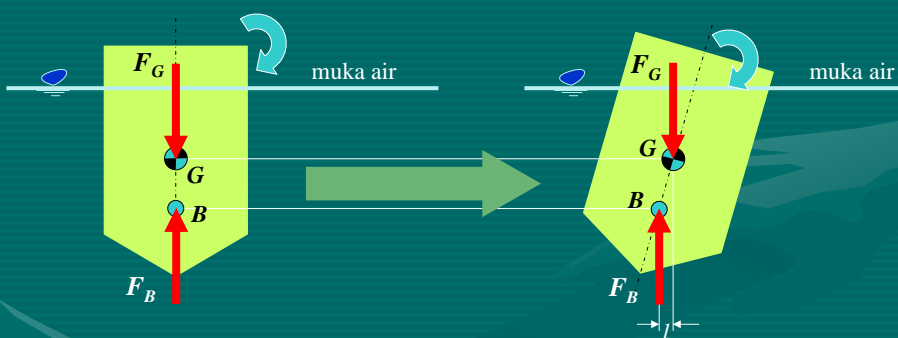
- Timbul momen kopel yang besarnya $M = F_B \times l$, arahnya berlawanan dengan goyangan awal.
- Benda disebut dalam kesetimbangan stabil

21/03/2005

Jack la Motta

7

Keseimbangan Benda Terapung 2/3



- Benda terapung $F_G = F_B$
- Pada saat benda digoyang searah jarum jam, terjadi perubahan kesetimbangan.

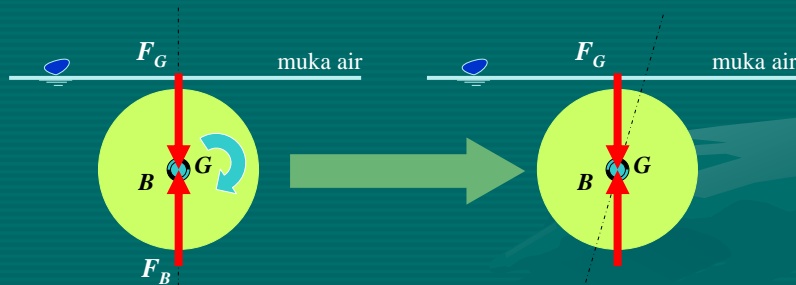
- Timbul momen kopel yang besarnya $M = F_B \times l$, arahnya sama dengan goyangan awal.
- Benda disebut dalam kesetimbangan labil

21/03/2005

Jack la Motta

8

Keseimbangan Benda Terapung 3/3



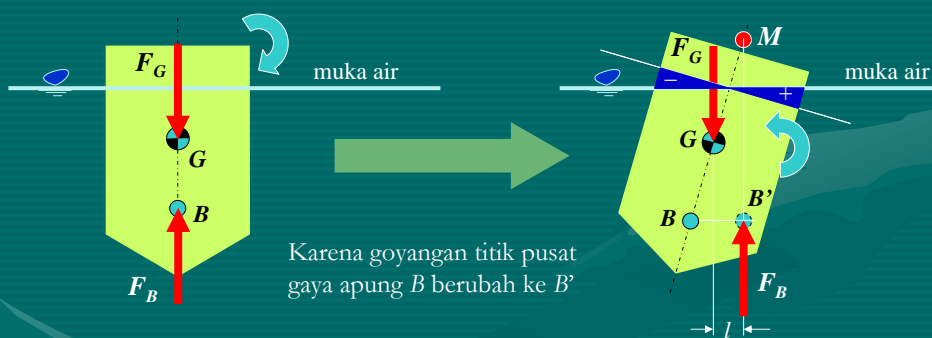
- Benda melayang $F_G = F_B$
- Pada saat benda digoyang searah jarum jam, terjadi perubahan kesetimbangan.
- Tidak timbul momen kopel karena B berimpit dengan G , sehingga benda tetap pada posisi tersebut.
- Benda disebut dalam keseimbangan indifferent

21/03/2005

Jack la Motta

9

Metasentrum 1/4



Karena goyangan titik pusat gaya apung B berubah ke B'

- Benda terapung $F_G = F_B$
- Pada saat benda digoyang searah jarum jam, terjadi perubahan kesetimbangan.
- Timbul momen yang besarnya $M = F_B \times l$, arahnya berlawanan dengan goyangan awal.
- Benda disebut dalam kesetimbangan stabil

21/03/2005

Jack la Motta

10

Metasentrum 2/4

Karena goyangan titik pusat gaya apung B berubah ke B'

- Jika B' berada di sebelah kanan G , atau M (titik metasentrum) di atas G , maka terjadi momen yang melawan. Jadi benda stabil

- Jika B' berada di sebelah kiri G , atau M (titik metasentrum) di bawah G , maka terjadi momen yang searah. Jadi benda tidak stabil

21/03/2005
Jack la Motta
11

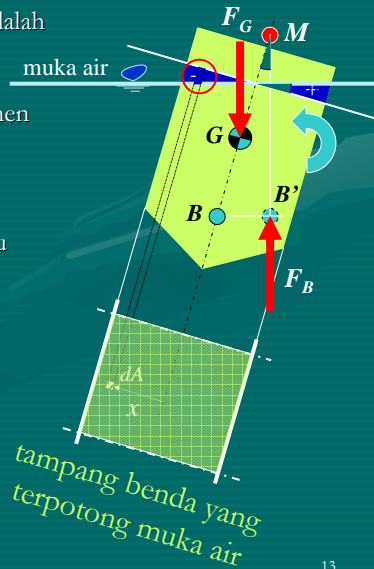
Metasentrum 3/4

- Sebuah benda terapung dengan titik berat G dan titik apung B .
- Dalam kedudukan seperti ini $B = B' = M$
- Karena goyangan, maka titik pusat gaya apung B berpindah ke kanan (B')
- Jika B' berada di sebelah kiri G , atau M (titik metasentrum) di bawah G , maka terjadi momen yang searah. Jadi benda tidak stabil
- Jika B' berada di sebelah kanan G , atau M (titik metasentrum) di atas G , maka terjadi momen yang berlawanan arah. Jadi benda stabil

21/03/2005
Jack la Motta
12

Metasentrum 4/4

- Besarnya perubahan momen karena goyangan adalah sama dengan
 $M = F_B \times BB'$
- Momen sebesar ini adalah diakibatkan oleh momen kopel perubahan gaya apung.
- Gaya apung: $dF_B = x \text{ tg } \alpha \, dA \, \gamma$ dengan $x \text{ tg } \alpha$ adalah tinggi elemen.
- Momen kopel $dM = x \, dF_B = x (x \text{ tg } \alpha \, dA \, \gamma)$ atau $dM = x^2 \text{ tg } \alpha \, dA \, \gamma$
- Momen total $M = \gamma \text{ tg } \alpha \int x^2 \, dA$
- $F_B \times BB' = \gamma \text{ tg } \alpha \, I$
 $V \gamma \times BM \sin \alpha = \gamma \text{ tg } \alpha \, I$
- Untuk nilai α kecil
 $\sin \alpha = \text{tg } \alpha$, maka $BM = I/V$
- Catatan: I adalah momen inersia tampang benda yang terpotong muka air



21/03/2005

Jack la Motta

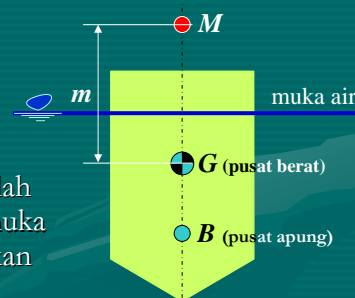
13

Tinggi Metasentrum 1/2

$$GM = BM - BG$$

$$m = \frac{I}{V} - BG$$

- m disebut tinggi metasentrum dan I adalah momen inersia benda yang terpotong muka air, V adalah volume air yang dipindahkan benda, G adalah pusat berat benda, B adalah pusat gaya apung.
- Benda dalam keseimbangan stabil jika nilai m positif, dan dalam keseimbangan labil jika nilai m negatif.
- Nilai BG positif jika G di atas B , dan nilai BG negatif jika G di bawah B .
- Jadi jika G di bawah B , maka benda selalu seimbang stabil.



21/03/2005

Jack la Motta

14

Tinggi Metasentrum 2/2

$GM = BM - BG$
 $m = \frac{I}{V} - BG$

Jika potongan benda oleh muka air berbentuk seperti gambar di samping kanan, maka: $I_x = \frac{1}{12}bh^3 > I_y = \frac{1}{12}b^3h$

Oleh karena itu jika goyangan terhadap sumbu y adalah stabil, maka goyangan terhadap sumbu x pasti lebih stabil.

21/03/2005 Jack la Motta 15